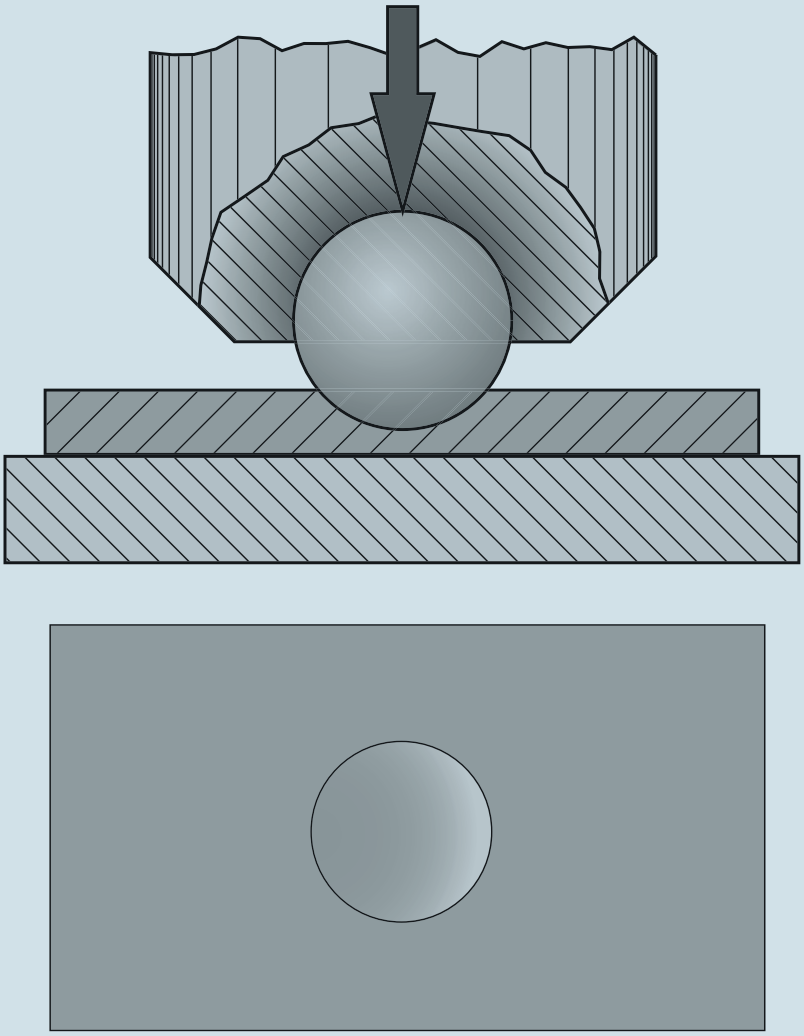
Frank Schmidt-Döhl

Materialprüfung im Bauwesen



Fraunhofer IRB Verlag

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Frank Schmidt-Döhl

Materialprüfung im Bauwesen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Frank Schmidt-Döhl

Materialprüfung im Bauwesen

Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der
TU Hamburg-Harburg

Fraunhofer IRB Verlag

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (E-Book): 978-3-8167-8747-1

Herstellung: Katharina Kimmerle, Tim Oliver Pohl
Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Alle Rechte vorbehalten.
Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.
Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2013
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 7 11 9 70-25 00
Telefax +49 7 11 9 70-25 08
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Danksagung 23

1 Gliederung und Gebrauch des Buches 26

2 Einleitung in die Materialprüfung im Bauwesen 27

3 Zerstörungsfreie Prüfung 28

4 Bedeutung des Untersuchungszieles und Zusammenarbeit mit Dienstleistern 29

5 Bauaufsicht, Regeln, Kennzeichnung und Verwendbarkeit von Bauprodukten, rechtliche Rahmenbedingungen 30

5.1 Allgemeines 30
5.2 Baurecht und Bauaufsicht 30
5.3 Bauregellisten, Zulassungen und Liste der Technischen Baubestimmungen 31
5.4 PÜZ-Stellen 33
5.5 Zertifizierung 34
5.6 Kennzeichnung und Konformitätskontrolle von Bauprodukten 34
5.7 Normen und andere Regeln der Technik 36
5.8 Zusätzliche Anforderungen in bestimmten Bereichen 38
5.9 Gegebenheiten in Österreich und in der Schweiz 39
5.9.1 Allgemeines 39
5.9.2 Österreich 39
5.9.3 Schweiz 39

6 Qualitätsmanagement 41

7 Messunsicherheit und Statistik 42

8 Aufbau einer Messkette und Signalverarbeitung 44

9 Probenentnahme, -herstellung, -aufbereitung und -aufarbeitung . . . 46

9.1 Allgemeines 46
9.2 Mindestgröße von Proben 46
9.3 Probenentnahme 47
9.3.1 Allgemeines 47
9.3.2 Probenahme aus Bauteilen, festen Baustoffen und anderen größeren Festkörpern . 47
9.3.3 Probenahme aus Haufwerken 50
9.3.4 Probenahme aus Böden 50
9.3.5 Probenahme aus Flüssigkeiten 50
9.3.6 Probenahme aus Fest-Flüssig-Gemischen 51
9.3.7 Entnahme von Proben aus Gasen, Raumluft und Stäuben 51

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

9.4 Mischen, Homogenisieren und Teilen von Haufwerken 51

9.5 Probenherstellung – Mischen von Suspensionen, Hinweise zur Verminderung von Streuungen, Verdichtung, Probenvorlagerung bei definierten Umgebungsbedingungen 52

9.6 Zerkleinerung 55

9.7 Sägearbeiten 57

9.8 Schleifen und Abgleichen von Proben für mechanische Prüfungen 57

9.9 Herstellen von Dünn- oder Anschliffen 58

9.10 Extraktion, Eluation, Destillation und Probenaufschluss 59

9.11 Dichtetrennung 61

9.12 Weitere Aufbereitungs- und Aufarbeitungsschritte 62

10 Erzeugung definierter Klimarandbedingungen sowie hoher und tiefer Temperaturen oder Drücke 63

10.1 Allgemeines 63

10.2 Erzeugung definierter Bedingungen der Temperatur und relativen Luftfeuchte 63

10.3 Einstellung definierter Windgeschwindigkeiten und Verdunstungsbedingungen 64

10.4 Untersuchungen im Freiland 65

10.5 Erzeugung erhöhter Drücke 65

11 Einfache Voruntersuchungen 67

12 Untersuchung des mechanischen Verhaltens von Baustoffen und Bauteilen 70

12.1 Allgemeines 70

12.2 Belastungseinrichtungen und ihre Regelung 73

12.3 Verfahren und Sensoren zur Dehnungs-, Weg-, Kraft- bzw. Spannungs- und Schwingungsmessung 76

12.3.1 Allgemeines 76

12.3.2 Ausmessen von Verformungen anhand von Markierungen auf der Probe 77

12.3.3 Mechanische Messuhren 77

12.3.4 Setzdehnungsmesser 77

12.3.5 Dehnungsmessstreifen (DMS) 78

12.3.6 Mehrdimensionale Dehnungsaufnehmer für Langzeitbeobachtungen 79

12.3.7 Induktive Wegaufnehmer 79

12.3.8 Extensometer 80

12.3.9 Interferometrie und andere Methoden zur Messung von Ganzfeldverformungen . . . 81

12.3.10 Verformungsmessung auf der Basis von Lichtwellenleitern – faseroptische Messsysteme 81

12.3.11 Schwingsaitenaufnehmer 83

12.3.12 Piezosensoren 84

12.3.13 Laser-Vibrometer 84

12.3.14 Messung der Verformungen und Geometrien großer Bauteile und Bauwerke 85

12.3.15 Kraftaufnehmer 86

12.3.16 Spannungsaufnehmer zum Einsatz im Beton mit Kraftmessdose als Messinstrument 86

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.3.17 Quantitative elektromagnetische Verfahren (QEM) zur Messung mechanischer Größen . . . 87
12.3.18 Weitere Verformungs-, Weg-, Kraft- und Spannungsmesstechnik . . . 89

12.4 Beschleunigungssensoren . . . 89

12.5 Detektion sowie Messung der Breite und Bewegung von Rissen sowie von Poren und anderen oberflächennahen Fehlstellen . . . 89
12.5.1 Allgemeines . . . 89
12.5.2 Rissbreitenmaßstab, Rissbreitenlupe und entsprechende digitale Systeme . . . 90
12.5.3 Optische Rissprüfsysteme für große Flächen . . . 91
12.5.4 Gipsmarken . . . 91
12.5.5 Rissmonitor . . . 91
12.5.6 Rissfortschrittssensoren . . . 92
12.5.7 Farbeindringverfahren . . . 92
12.5.8 Magnetpulververfahren (magnetische Rissprüfung) . . . 92
12.5.9 Wirbelstromverfahren . . . 93
12.5.10 Prüfung auf Poren und Risse mit elektrischer Spannung . . . 93

12.6 Schallemissionsanalyse . . . 93

12.7 Druckversuch und Ermittlung der Druckfestigkeit . . . 94
12.7.1 Allgemeines . . . 94
12.7.2 Ermittlung der Druckfestigkeit von Beton und Mörtel am Bauwerk . . . 98
12.7.3 Schätzung der Druckfestigkeit von Beton auf der Basis der Reife . . . 100
12.7.4 Ermittlung der Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton . . . 100
12.7.5 Prüfung der Kornfestigkeit leichter Gesteinskörnung . . . 101
12.7.6 Scheiteldruckprüfung und mechanische Prüfungen an Abwasserbauteilen . . . 101
12.7.7 Prüfung von Abdichtungsbahnen gegen Durchstoßen bei statischer Druckbelastung 101

12.8 Zentrischer Zugversuch, Zugfestigkeit und Verbundverhalten normal zur Belastung 102
12.8.1 Allgemeines . . . 102
12.8.2 Abschätzung der Zugfestigkeit von Stählen über eine Härteprüfung . . . 105
12.8.3 Prüfung des Seilrecks von Spanndrahtlitzen . . . 105
12.8.4 Prüfung der Rissüberbrückungsfähigkeit . . . 105
12.8.5 Abreiß-Versuch (pull-off test), Haftzugversuch, Haftzugfestigkeit und Oberflächenzugfestigkeit . . . 105
12.8.6 Gitterschnittprüfung und Kreuzschnittprüfung . . . 107

12.9 Ausziehversuch (pull-out test) und Durchziehversuch . . . 108

12.10 Prüfung der Lochleibungsfestigkeit von Holz und des Weiterreißwiderstandes von Elastomeren und Abdichtungsbahnen . . . 108

12.11 Versuche mit Biegebeanspruchung . . . 109
12.11.1 Biegeversuch und Bestimmung der Biegezugfestigkeit . . . 109
12.11.2 Biegehaftzugversuch . . . 112
12.11.3 Biegebrechversuch (break-off test) . . . 113
12.11.4 Dornbiegeversuch . . . 113
12.11.5 Bestimmung des Brechpunktes nach Fraaß . . . 113
12.11.6 Prüfung des Kaltbiegeverhaltens bzw. der Kaltbiegetemperatur von Bitumenbahnen . . . 113
12.11.7 Prüfung des Verhaltens von Abdichtungsbahnen beim Falzen bei tiefen Temperaturen . . . 113
12.11.8 Rückbiegeversuch . . . 114
12.11.9 Hin- und Herbiegeversuch . . . 114
12.11.10 Ringfaltversuch . . . 114

12.12 Spaltzugversuch . . . 114

12.13 Schälversuch . . . 117

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.14 Versuche mit Scherbeanspruchung und Prüfung des Verbundes in Belastungsrichtung . . . 118
12.15 Torsionsversuche . . . 123
12.16 Messung des dynamischen E-Moduls, Biegemoduls oder Schubmoduls . . . 124
12.16.1 Messung des dynamischen E-Moduls mittels Ultraschalltechnik . . . 124
12.16.2 Messung des dynamischen E-Moduls, Biegemoduls oder Schubmoduls aus Resonanzmessungen . . . 124
12.17 Versuche mit Stoßbeanspruchung . . . 124
12.18 Prüfungen mit extrem hoher Beanspruchungsgeschwindigkeit . . . 127
12.19 Prüfung des Widerstandes gegen Beschuss, manuellen Angriff (Einbruch) und Sprengwirkung . . . 127
12.20 Härteprüfung . . . 128
12.20.1 Allgemeines . . . 128
12.20.2 Mohs´sche Ritzhärteprüfung . . . 128
12.20.3 Makroskopische Eindruckhärteprüfung . . . 128
12.20.4 Mikrohärteprüfung . . . 130
12.20.5 Weitere Härteprüfverfahren . . . 131
12.20.6 Messung des Eindringwiderstandes bei Holz . . . 131
12.20.7 Eindringversuch an Asphalt . . . 131
12.21 Prüfung des Verschleißverhaltens . . . 131
12.21.1 Allgemeines . . . 131
12.21.2 Schleifverschleiß nach Böhme und mit der Amsler-Laffon Maschine . . . 131
12.21.3 Micro-Deval-Test . . . 132
12.21.4 Ermittlung des Polierverhaltens, des Abriebs und der Griffigkeit von Gesteinskörnungen und Fahrbahnoberflächen . . . 132
12.21.5 Verschleißwiderstand von Estrichen und von Estrichen mit Bodenbelägen . . . 133
12.21.6 Prüfung des Abriebwiderstandes . . . 134
12.21.7 Prüfung des Widerstandes von Gesteinskörnung gegen Zerstrümmerung . . . 135
12.21.8 Prüfung des Abriebs von Asphalt durch Spikereifen . . . 136
12.21.9 Prüfung des Abriebs von Rohrsystemen mit der Kipprinne und durch Hochdruckwasserstrahl . . . 136
12.21.10 Prüfung des Abriebs von Abgasrohren . . . 136
12.22 Bruchmechanische Untersuchungen . . . 136
12.23 Prüfungen mit mehraxialer Beanspruchung . . . 137
12.24 Thermomechanische Analyse . . . 138
12.25 Temperaturdehnungen – Dilatometrie . . . 138
12.26 Ermittlung von Schrumpf-, Schwind- und Quelldehnungen . . . 139
12.26.1 Allgemeines . . . 139
12.26.2 Messung des chemischen Schwindens zementgebundener Baustoffe . . . 139
12.26.3 Messung des autogenen Schwindens/Quellens zementgebundener Baustoffe . . . 140
12.26.4 Messungen des Schwindens und Quellens unter Feuchteaufnahme oder -abgabe über die äußere Oberfläche an Baustoffen im festen Zustand . . . 140
12.26.5 Messungen des Schwinden und Quellens an sehr kleinen Probekörpern . . . 141
12.26.6 Messung von Schwindverformungen erhärtender Baustoffsuspensionen ab dem Anmischen und des schwindbedingten Aufschüsselns . . . 142
12.26.7 Messung des Schwindens bei Zwängung der schwindenden Schicht durch den Untergrund . . . 143
12.26.8 Messungen der Volumen- und Gewichtsveränderungen von Rissfüllstoffen (Quellen, Schwinden, Schrumpfen) . . . 143
12.26.9 Messung des Schrumpfens von Polymeren für die Betoninstandsetzung . . . 143

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.26.10 Schnellprüfung der Feuchtedehnung von Mauerziegeln und keramischen Fliesen und Platten . . . 143
12.27 Ermittlung von Expansionsdrücken . . . 143
12.28 Rasterkraftmikroskopie . . . 143
12.29 Prüfung des zeitabhängigen mechanischen Verhaltens . . . 144
12.29.1 Allgemeines . . . 144
12.29.2 Kriechversuch (Dauerstandversuch, Zeitstandversuch) . . . 144
12.29.3 Relaxationsversuch (Entspannungsversuch) . . . 146
12.30 Prüfungen unter zyklischer und dynamischer Beanspruchung . . . 147
12.30.1 Allgemeines . . . 147
12.30.2 Dauerschwingversuche . . . 148
12.30.3 Verhalten von Klebern unter zyklischer Beanspruchung . . . 150
12.30.4 Prüfung von Asphalt bei zyklischer Beanspruchung . . . 150
12.30.5 Betriebsfestigkeitsuntersuchungen . . . 152
12.31 Prüfung des dynamischen Verhaltens von Bauteilen und Bauwerken . . . 152
12.32 Bauteilversuche und Probebelastungen . . . 152
12.32.1 Besonderheiten bei Bauteilversuchen . . . 152
12.32.2 Probebelastungen am Bauwerk . . . 153

13 Chemische Elementanalytik . . . 155

13.1 Allgemeines . . . 155
13.2 Gravimetrie und Volumetrie – klassische nasschemische Methoden . . . 155
13.2.1 Allgemeines . . . 155
13.2.2 Vergleich mit anderen Methoden . . . 155
13.2.3 Bestimmung des Gehaltes an Zement und Gesteinskörnung in erhärtetem Beton und der Zementart, Auflösung von Zementmörtel der Mörtelgruppe III bei ständiger Wasserdurchströmung . . . 156
13.2.4 Referenzverfahren der Zementanalytik, Analyse von Baukalken, Magnesiabinder, Calciumsulfatbaustoffen und löslichen Salzen in Mauerziegeln . . . 157
13.2.5 Chloridanalytik an Festbeton . . . 157
13.2.6 Chloridanalytik an Frischbeton, Zement, Gesteinskörnung und Zusatzmitteln . . . 159
13.2.7 Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanzementen . . . 160
13.2.8 Analyse des wasserlöslichen Sulfats, des säurelöslichen Sulfats, des säurelöslichen Sulfids und des Gesamtschwefels in Gesteinskörnung . . . 160
13.2.9 Prüfung von Wasser- und Bodenproben auf betonangreifende Stoffe . . . 160
13.3 Photometrie . . . 160
13.3.1 Allgemeines . . . 160
13.3.2 Photometrische Bestimmung des Borgehaltes in wässrigen Lösungen und Nachweis von kupfer- und chromhaltigen Holzschutzmitteln in verbautem Holz . . . 161
13.3.3 Photometrische Fluorid-Bestimmung . . . 161
13.3.4 Photometrische Ermittlung der Konzentration gelöster Kieselsäure und Phosphat in wässrigen Lösungen . . . 161
13.4 Analytische Fertigtests . . . 161
13.5 Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA, XRF) . . . 162
13.5.1 Allgemeines . . . 162
13.5.2 Wichtigste Gerätevarianten . . . 163
13.5.3 Analysierbare Proben, Probenvorbereitung und mögliche Zerstörung der Probe . . . 164
13.5.4 Quantitative Analyse . . . 165
13.5.5 Vergleich mit dem Rasterelektronenmikroskop und der Elektronenstrahl-Mikrosonde . . . 167

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13.5.6 Ermittlung der Konzentration einer Komponente in einem mehrkomponentigen Baustoff . . . 168
13.5.7 Beispiel für eine Identitätsprüfung eines Mörtels und Überprüfung der ordnungsgemäßen Herstellung . . . 168
13.5.8 Untersuchung eines Putzmörtels mit Anstrich auf die Ursache von dunklen Verfärbungen . . . 169
13.5.9 Standardlose chemische Elementanalyse eines nichtrostenden Stahls . . . 170
13.5.10 Analyse eines nichtrostenden Stahls mittels Fundamentalparametermethode unter Verwendung eines Standards . . . 171
13.5.11 Bestimmung von Stofftransportkoeffizienten in Baustoffen mittels ortsauflösender Elementanalyse . . . 172
13.5.12 Elementanalyse korrodierter Randschichten . . . 172

13.6 Atomspektroskopie (AAS, AES bzw. OES) . . . 173

13.7 Ionenchromatographie (IC) . . . 175

13.8 Messungen mit pH- und Ionenselektiven Elektroden (ISE) sowie Redoxelektroden . 175
13.8.1 Allgemeines . . . 175
13.8.2 Verwendung von Ionenselektiven Elektroden und der elektrischen Leitfähigkeit zur Messung von Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten . . . 176

13.9 Elementaranalytik (H_2O, N, C, S) . . . 177

13.10 Rasterelektronenmikroskop (REM), Elektronenstrahl-Mikrosonde, Transmissionselektronenmikroskop (TEM) und Elementanalytik . . . 177
13.10.1 Allgemeines . . . 177
13.10.2 Identitätsprüfung . . . 180
13.10.3 Nachweis von Schwermetallen in Anstrichstoffen mittels REM/EDX . . . 181

13.11 Elementanalyse mittels Polarisationsmikroskopie . . . 181

13.12 Porenlösungsanalytik von Festkörpern . . . 182

14 Phasenanalytik, Analytik organischer Stoffe, Gasanalysen und sonstige Analysemethoden . . . 183

14.1 Allgemeines . . . 183

14.2 Gravimetrische und volumetrische Methoden sowie Farbreaktionen in der Bauchemie außerhalb der Elementanalytik . . . 183
14.2.1 Allgemeines . . . 183
14.2.2 Bestimmung des Epoxydäquivalentes, der Expoxidzahl oder des Epoxid-Wertes . . 183
14.2.3 Bestimmung der Aminzahl . . . 183
14.2.4 Bestimmung des Isocyanatgehaltes . . . 183
14.2.5 Bestimmung der Hydroxylzahl OH_V und des Hydroxylgehaltes . . . 184
14.2.6 Bestimmung der Säurezahl . . . 184
14.2.7 Bestimmung des Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen . . . 184
14.2.8 Bestimmung des Glühverlustes und Bestimmung der Asche . . . 184
14.2.9 Bestimmung des Glas- und Füllstoffgehaltes in faserverstärkten Kunststoffen . . . 184
14.2.10 Phasenanalyse von Gips und Nachweis von Gipsadditiven . . . 184
14.2.11 Nachweis von erhärtungsstörenden organischen Stoffen sowie von Tonen in Gesteinskörnungen . . . 185
14.2.12 Nachweis von Zucker in Anmachwasser für zementgebundene Werkstoffe . . . 185
14.2.13 Nachweis von Eiweiß in Baustoffen . . . 185
14.2.14 Nachweis von Harnstoff bzw. Harnstoff-Formaldehyd-Harz . . . 185
14.2.15 Bestimmung des Formaldehydgehaltes von Holzwerkstoffen . . . 186
14.2.16 Chrom (VI) Analyse in Zement . . . 186
14.2.17 Bestimmung des freien CaO (Freikalk) und Calciumhydroxids in Baustoffen . . . 186
14.2.18 Bestimmung braunverfärbender Eisensulfide in Gesteinskörnung . . . 186

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.2.19	Bestimmung des Kondensationsgrades gelöster Silikatanionen mit der Molybdatmethode und anderer chemischer Methoden	186
14.2.20	Bestimmung der kalklösenden Kohlensäure in Wasser	187
14.2.21	Kalkgehaltsbestimmung in ansonsten säureunlöslichen Materialien	187
14.3	Phasenanalye mittels Rasterelektronenmikroskop, Elektronenstrahl-Mikrosonde und Transmissionselektronenmikroskop	187
14.3.1	Allgemeines	187
14.3.2	Nachweis von Asbest, anderer Fasern, von Schwermetallen und Bestimmung des Asbest-Fasergehaltes in der Raumluft	187
14.4	Polarisations- und Fluoreszenzmikroskopie	188
14.4.1	Allgemeines	188
14.4.2	Analysierbare Proben und Probenvorbereitung	191
14.4.3	Vergleich mit anderen Methoden	191
14.4.4	Nachweis von Komponenten in mineralischen Baustoffen im Rahmen einer Identitätsprüfung	192
14.4.5	Nachweis und Quantifizierung von Hüttensand im Zement und im Festbeton	193
14.4.6	Mikroskopische Untersuchung unhydratisierter Zementreste	193
14.4.7	Untersuchung von Fliesenablösungen	194
14.4.8	Limonit als Ursache von Verfärbungen	194
14.4.9	Anwendung der Fluoreszenzmikroskopie	194
14.4.10	Mikroskopie im Zusammenhang mit Alkalireaktion	195
14.5	Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD bzw. XRPD)	195
14.5.1	Allgemeines	195
14.5.2	Untersuchung der Ursache von Gipsputzablösungen auf Betonuntergründen	198
14.5.3	Ermittlung der Maximaltemperatur bei einem Brand, insbesondere von Beton in der Nähe von Spanngliedern	199
14.5.4	Nachweis von gipshaltigem Mauerwerk	200
14.5.5	Nachweis von neu gebildetem Ettringit und Gips und Sulfattreiben im Beton	200
14.5.6	Anwendung der Röntgenpulverdiffraktometrie bei Alkalireaktion	200
14.5.7	Bestimmung der Kristallinität von teilkristallinen Polymeren	201
14.5.8	Nachweis von Hochofenzement und Portlandzement-HS mit dem ATA-Verfahren	201
14.5.9	Bestimmung des Gehaltes an Freikalk und Calciumhydroxid in Stahlwerksschlacken	202
14.5.10	Bestimmung des Hydratationsgrades der Klinkerminerale in zementgebundenen Baustoffen	202
14.5.11	Rietveld-Analyse von Zement	202
14.6	Thermische Analyse (Thermoanalyse, TA)	202
14.6.1	Allgemeines	202
14.6.2	Thermogravimetrische Analyse (TG/TGA/DTG)	203
14.6.3	Differenz-Thermoanalyse (DTA)	204
14.6.4	Dynamische Wärmestrom-Differenz-Kalorimetrie (DSC, DDK)	205
14.6.5	Thermomechanische Analyse (TMA)	206
14.6.6	Kofler-Bank	206
14.6.7	Thermoanalytischer Nachweis und Quantifizierung von Portlandit, Calcit, Gips, Friedelschem Salz und Quarz in mineralischen Baustoffen	206
14.6.8	Bestimmung des Rußgehaltes und der Oxidationsstabilität von Kunststoffen	207
14.6.9	Bestimmung der Glasübergangstemperatur von Polymeren	207
14.6.10	Bestimmung der Wärmekapazität mit der Saphirmethode	208
14.7	Infrarotspektroskopie (IR, FT-IR, NIR, MIR, FIR)	208
14.7.1	Allgemeines	208
14.7.2	Untersuchung eines Kunststoffmörtels auf Material- und Verarbeitungsfehler	211
14.7.3	Infrarot-Untersuchungen zur Vermeidung von Materialunverträglichkeiten	211
14.7.4	Infrarot-Untersuchungen zur Wechselwirkung von Hydrophobierungsmitteln mit Baustoffoberflächen	212

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.7.5 Identifizierung von Klebern für Holzbauteile und Infrarot-Untersuchung von Zusatzmitteln . . . 212
14.7.6 Identifizierung der Polymerbasis eines Kunststoffes . . . 212
14.8 UV/VIS-Spektroskopie . . . 212
14.9 Chromatographische Methoden . . . 213
14.9.1 Allgemeines . . . 213
14.9.2 Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) . . . 214
14.9.3 Ionenchromatographie (IC) . . . 215
14.9.4 Gaschromatographie (GC) . . . 216
14.9.5 Weitere chromatographische und damit verwandte Methoden . . . 217
14.9.6 Analyse des Füllgases von Mehrscheiben-Isoliergläsern und der Gasverlustrate . . . 218
14.9.7 Zellgasanalyse . . . 218
14.9.8 Untersuchung des Wirkstoffgehaltes in Holzschutzmitteln und Zusatzmitteln, von Hydrophobierungen und von Schadstoffgehalten . . . 218
14.9.9 Untersuchung einer Fugenmasse auf polychlorierte Biphenyle (PCB) . . . 218
14.9.10 Bestimmung der Molekulargewichtsverteilung, Untersuchungen zur Konformation und zum Verzweigungsgrad von Polymeren mittels Gel-Permeationschromatographie . . . 218
14.10 Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) und Kernspintomographie . . . 219
14.11 Leitfähigkeitsmessungen . . . 221
14.12 Brechungsindex . . . 222
14.13 Fluoreszenzerscheinungen bei der Prüfung mit einer UV-Lampe . . . 222

15 Untersuchung des Eluations- und Emissionsverhaltens von Bauprodukten . . . 223

15.1 Allgemeines . . . 223
15.2 Eluationsuntersuchungen . . . 223
15.3 Emissionsuntersuchungen . . . 225

16 Kalorimetrische Untersuchungen . . . 227

17 Untersuchung von Dispersionen, Partikeln und Grenzflächeneigenschaften von Festkörpern ohne Betrachtung der Rheologie . . . 229

17.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung, der Kornform und der äußeren Oberfläche eines Pulvers oder Haufwerks, Granulometrie . . . 229
17.1.1 Allgemeines . . . 229
17.1.2 Korngrößenanalyse mittels Siebung . . . 229
17.1.3 Bestimmung der maximalen Korngröße einer feinkörnigen Dispersion . . . 231
17.1.4 Korngrößen- und -formanalyse mittels Laser-Granulometrie . . . 231
17.1.5 Korngrößenuntersuchungen mittels dynamischer Lichtstreuung . . . 232
17.1.6 Korngrößen- und Kornformanalyse mit fotooptischen und mikroskopischen Methoden . . . 232
17.1.7 Korngrößenuntersuchung mittels Sedimentationsanalyse . . . 232
17.1.8 Kornformanalyse von Gesteinskörnungen . . . 232
17.1.9 Bestimmung der äußeren Oberfläche von Pulvern – Blaine-Wert . . . 233
17.2 Zeta-Potential . . . 234
17.3 Adsorption von organischen Substanzen auf Festkörperoberflächen in Suspension und Ladungsmengenbestimmung von Polymeren . . . 235

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.4 Mikroskopische Untersuchung von Partikeln und Dispersionen 236
17.5 Prüfung der Oberflächenenergie eines Baustoffs 237
17.6 Prüfung von Partikeln auf dünne Oberflächenschichten (abschlämmbare Bestandteile) 237
17.7 Bestimmung des Wasserzementwertes von Frischbeton- bzw. Frischmörtelsuspensionen – Darrversuch 237
17.8 Prüfung des Wassergipswertes 238
17.9 Bestimmung der Packungsdichte und des Wasseranspruchs mit dem Puntke-Verfahren 238
17.10 Ermittlung des Wasseranspruchs nach dem β_p-Wert-Verfahren 239
17.11 Prüfung des Zusammenhangs zwischen Dichte und Wassergehalt von Partikelgemischen 239
17.12 Luftgehalt von Frischbeton und -mörtel 239
17.13 Bestimmung der Porengrößenverteilung von Gasblasen in Suspensionen 241
17.14 Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens von Suspensionen 241
17.15 Prüfung des Wasserabsonderns und der Volumenveränderungen von Baustoffsuspensionen 241
17.16 Prüfung der Eindringstabilität von Rissfüllstoffen 242
17.17 Prüfung der Injektionsfähigkeit 242
17.18 Prüfung der Sedimentationsstabilität 242
17.19 Prüfung der Erosionsstabilität von Dispersionen mit dem Ausspülverfahren 242
17.20 Prüfung des Gehaltes von Fasern in Frischbeton 242
17.21 Prüfung der Teilchenpolarität von Bitumenemulsionen 243
17.22 Verhalten von Bitumenemulsionen vermischt mit Zement (Mischstabilität) 243
17.23 Haftung von Bitumen auf Gesteinskörnung 243
17.24 Prüfung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt 243
17.25 Prüfung der Entmischungsneigung und des Ablaufens von Asphalt 244

18 Rheologische bzw. rheometrische Untersuchungen an Flüssigkeiten und Suspensionen 245

18.1 Allgemeines 245
18.2 Einfache rheologische Untersuchungsmethoden 246
18.2.1 Allgemeines 246
18.2.2 Übliche Konsistenzprüfverfahren für Beton und Mörtel 246
18.2.3 Prüfung der Auslaufzeit 249
18.2.4 Prüfung der Tauchzeit 250
18.2.5 Prüfungen für erdfeuchte Betone 250
18.2.6 Prüfung des Erstarrens von Bindemittelleimen 251
18.2.7 Prüfung der Verarbeitbarkeitszeit bzw. -dauer, Topfzeit, Offenzeit und Korrigierbarkeitszeit 252
18.2.8 Prüfung der statischen Fließgrenze mit der Kugelharfe 252
18.2.9 Prüfung der Fließgrenze mit dem Pendelgerät 253
18.2.10 Prüfung der Verarbeitbarkeit bei Überkopfanwendungen 253
18.2.11 Prüfung der Ablaufneigung 253
18.2.12 Prüfung des Abrutschens von Fliesen und Platten auf Klebemörtel 253

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

18.2.13 Prüfung der Oberflächentrocknungszeit von Beschichtungen . . . 253
18.2.14 Prüfgeräte zur Messung der Viskosität technischer Flüssigkeiten . . . 253
18.2.15 Ermittlung des Schmelzindexes . . . 254
18.2.16 Prüfung der Benetzungsfähigkeit und Ausbreitfähigkeit von Klebern . . . 254
18.2.17 Nadelpenetration von Bitumen . . . 254
18.2.18 Bestimmung der Bitumenzahl . . . 255
18.2.19 Erweichungspunkt bzw. Erweichungstemperatur Ring und Kugel . . . 255
18.2.20 Bestimmung der Wärmestandfestigkeit von Bitumenbahnen . . . 255
18.2.21 Vicat-Erweichungstemperatur von Thermoplasten (VST) . . . 255

18.3 Viskosimeter und Rheometer . . . 255

19 Dichtebestimmung . . . 258

19.1 Allgemeines . . . 258

19.2 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten . . . 258
19.2.1 Dichtebestimmung mittels Flüssigkeits-Pyknometer . . . 258
19.2.2 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten mittels Tauchkörper . . . 259
19.2.3 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten mittels Aräometer . . . 259

19.3 Dichtebestimmung von Festkörpern . . . 259
19.3.1 Allgemeines . . . 259
19.3.2 Bestimmung der Schüttdichte von Festkörpern . . . 260
19.3.3 Rohdichtebestimmung von Festkörpern durch Ausmessen . . . 260
19.3.4 Bestimmung der Rohdichte von Festkörpern durch Unterwasserwägung (Tauchwägung) . . . 260
19.3.5 Rohdichtebestimmung von porösen Festkörpern mittels Feststoff-Pyknometer . . . 261
19.3.6 Bestimmung der Dichte von Partikeln durch Mischen zweier Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte . . . 262
19.3.7 Bestimmung der Trockenrohdichte von Festkörpern mit dem Messzylinderverfahren oder einem anderen volumetrischen Gefäß . . . 262
19.3.8 Bestimmung der Rohdichte von Gesteinskörnungen . . . 262
19.3.9 Bestimmung der wirksamen Kornrohdichte leichter Gesteinskörnung . . . 262
19.3.10 Bestimmung der scheinbaren Rohdichte von Gesteinskörnung . . . 263
19.3.11 Bestimmung der Rohdichte von Mauersteinen . . . 263
19.3.12 Roh- und Reindichtebestimmung von Festkörpern mittels Quecksilberdruckporosimetrie . . . 263
19.3.13 Reindichtebestimmung von pulverförmigen Festkörpern mittels Feststoff-Pyknometer . . . 263
19.3.14 Reindichtebestimmung von Festkörpern mittels Helium-Pyknometer . . . 263
19.3.15 Dichtebestimmung mittels Compton-Streuung . . . 264

19.4 Rohdichtebestimmung von Baustoffsuspensionen . . . 264

20 Untersuchung des Gefüges von Baustoffen und Bauteilen . . . 265

20.1 Allgemeines . . . 265

20.2 Visuelle Untersuchung von Bauwerken, der Baustoff- und Bauteiloberfläche und von Bohrkernen . . . 265
20.2.1 Allgemeines . . . 265
20.2.2 Beschreibung und Interpretation eines Bohrkerns . . . 266
20.2.3 Visuelle Untersuchung von Holz . . . 266

20.3 Gefügeuntersuchungen mittels mikroskopischer Methoden . . . 267
20.3.1 Allgemeines . . . 267
20.3.2 Untersuchung korrodierter Randschichten mit lichtmikroskopischen Methoden . . . 267
20.3.3 Luftporenbestimmung am Festbeton/-mörtel . . . 268
20.3.4 Untersuchung von Gefügestörungen in einem schadhaften Verlegemörtel . . . 268

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.3.5	Untersuchung von Fließstrukturen in Baustoffen	270
20.3.6	Lichtmikroskopie zur Wasserzementwertbestimmung am Festbeton	272
20.4	Rasterkraftmikroskopie (AFM) und Rastertunnelmikroskopie (STM)	272
20.5	Quecksilberdruckporosimetrie (MIP)	273
20.5.1	Allgemeines	273
20.5.2	Schnellbeurteilung der Frostbeständigkeit von Ziegeln mit Quecksilberdruckporosimetrie	274
20.5.3	Untersuchung der Porenstruktur von Salzbeton	275
20.6	Untersuchung der inneren Oberfläche durch Adsorption von Gas	275
20.7	Nutzung von Kenngrößen der Feuchtespeicherung zur Gefügeuntersuchung	275
20.8	Offene und geschlossene Porosität, Gesamtporosität	276
20.9	Sättigungswert	277
20.10	Bestimmung des Volumenanteils offener und geschlossener Zellen bei Schaumstoffen	277
20.11	Feststellung von Hohlstellen unter Beschichtungen mittels Abklopfen und mit der Putzharfe	277
20.12	Endoskopie	278
20.13	Volumenbestimmung von Hohlräumen durch Evakuierung	279
20.14	Ermittlung des Fasergehaltes von Festbeton und Festmörtel	279
20.15	Durchstrahlungsprüfung	280
20.16	Röntgen 3D-Computertomographie (CT) und andere tomographische Verfahren	280
20.17	Geräte zur Ortung der Bewehrung und Messung der Betonüberdeckung	281
20.18	Bauwerksradar	282
20.19	Prüfungen mittels Ultraschall	283
20.20	Impact-Echo-Verfahren (Resonanzverfahren)	288
20.21	Mikroseismik	290
20.22	Thermographie	290
20.23	Bohrwiderstandsmethode	292
20.24	Wirbelstromverfahren	292
20.25	Schichtdickenmessung	292
20.26	Bruchortung in Stählen mit elektromagnetischen Resonanzmessungen	294
20.27	Remanenzmagnetismus-Verfahren zur Bruchortung in Stählen	294
20.28	Bestimmung der spezifischen Oberfläche mittels Röntgenkleinwinkelstreuung (SAXS)	294
20.29	Bestimmung der Oberflächenrauhigkeit bzw. der Rauhtiefe	295
20.30	Messung der Wandrauheit von Rohren	295
20.31	Messung der Griffigkeit von Oberflächen und des Gleitwiderstandswertes mit dem Pendeltest (SRT)	296
20.32	Messung der Rutschhemmung auf geneigten Oberflächen und des Reibungskoeffizienten	296
20.33	Nutzung elektrischer Widerstandsmessungen zur Gefügeuntersuchung	297

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

21 Ermittlung elektrischer Eigenschaften von Baustoffen 298

21.1 Elektrischer Widerstand von Baustoffen 298

21.2 Untersuchung der elektrischen Aufladung von Personen beim Begehen von Bodenbelägen 298

21.3 Elektrische Messverfahren zur Feuchte- und Gefügeuntersuchung 298

21.4 Impedanzspektroskopie 300

22 Bestimmung optischer Kenngrößen von Baustoffen 301

23 Temperaturmessung 302

23.1 Allgemeines 302

23.2 Temperaturmessung über die Ausdehnung von Flüssigkeiten – Flüssigkeitsthermometer 302

23.3 Widerstandsthermometer 302

23.4 Thermoelemente 302

23.5 Strahlungsthermometer 302

23.6 Messung von Temperaturprofilen entlang sehr langer Messstrecken 303

23.7 Weitere Temperaturmessverfahren 303

24 Feuchtemessung 304

24.1 Allgemeines 304

24.2 Gravimetrisches Referenzverfahren zur Feuchtemessung (Darren) 304

24.3 CM-Methode 306

24.4 Elektrische Widerstandsmessung 306

24.5 Kapazitive Feuchtemessung 307

24.6 Mikrowellenverfahren zur Feuchtemessung 307

24.7 Feuchtemessung mittels Kernspinresonanz (NMR) und Kernspintomographie 308

24.8 Neutronen-Radiometrie und Neutronenaktivierungsanalyse 308

24.9 Schwächung von Gammastrahlung 309

24.10 Nutzung der Wärmeleitfähigkeit zur Feuchtigkeitsmessung 309

24.11 Thermographie und Infrarot-Reflektometrie 309

24.12 Karl-Fischer Titration (KFT) 309

24.13 Messung der relativen Luftfeuchte 310

24.13.1 Allgemeines 310

24.13.2 Mechanische Hygrometer 310

24.13.3 Kapazitive Messsysteme 310

24.13.4 Faseroptische Feuchtesensoren 310

24.14 Bestimmung der Oberflächenfeuchte und der Wahrscheinlichkeit einer Betauung einer Oberfläche 311

24.15 Messung der Oberflächenfeuchte von Körnungen mit dichtem Gefüge nach Thaulow 311

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

25 Untersuchung von Wärme-, Feuchte- und Stofftransporteigenschaften 312

25.1 Allgemeines 312

25.2 Diffusion 312
25.2.1 Allgemeines 312
25.2.2 Gasdiffusion 313
25.2.3 Diffusion gelöster Teilchen 315

25.3 Kapillare Transportprozesse 318

25.4 Feuchtetransport in Polymeren 321

25.5 Strömungsprozesse von Flüssigkeiten und Gasen sowie Dichtigkeitsprüfung 321
25.5.1 Permeabilitätsuntersuchungen 321
25.5.2 Wasserundurchlässigkeitsprüfung (WU-Prüfung) 323
25.5.3 Untersuchung der Wasserundurchlässigkeit von Materialien zur Dacheindeckung und von Abdichtungsstoffen 324
25.5.4 Prüfung der Wasser- und Luftdichtigkeit von Rohrsystemen 325
25.5.5 Prüfung des Eindringens wassergefährdender Stoffe in Beton 325
25.5.6 Prüfung der Dichtigkeit von Dichtungen im Tunnelbau 325
25.5.7 Untersuchung der Wasserdichtheit injizierter Risse 325
25.5.8 Prüfung der Durchlässigkeit von Asphalt 326
25.5.9 Durchdringung von Textilien mit Wasser 326
25.5.10 Luftdurchlässigkeit von Bauteilen und Gebäuden 326
25.5.11 Leckageortung 326
25.5.12 Schlagregendichtigkeit von Fenstern, Türen und Vorhangfassaden sowie Widerstand gegen eindringendes Wasser bei Toren 326

25.6 Ermittlung der Trocknungsgeschwindigkeit von Hydrophobierungen und Imprägnierungen 327

25.7 Ermittlung der Eindringtiefe von Hydrophobierungen und Imprägnierungen 327

25.8 Wärmeleitfähigkeit, Wärmedurchlasswiderstand und Temperaturleitfähigkeit 327

26 Ermittlung von Speicherfunktionen und Kenngrößen der Feuchtespeicherung 331

26.1 Untersuchung der Feuchtespeicherfunktion 331

26.2 Ermittlung von weiteren Kenngrößen der Feuchtespeicherung 332
26.2.1 Allgemeines 332
26.2.2 Maximale freie Wasseraufnahme, Vakuum-Wasseraufnahme und maximale Wasseraufnahme 333
26.2.3 Technische Kenngrößen für die Wasseraufnahme 334
26.2.4 Durchfeuchtungsgrad, Feuchtezustand, Restsaugfähigkeit, praktischer Feuchtegehalt 334

26.3 Untersuchung der Speicherfunktion von gelösten Teilchen und von Gasen, außer Wasserdampf 334

27 Untersuchungen zum Brandverhalten 335

27.1 Allgemeines 335

27.2 Flammpunkt und Selbstentzündungstemperatur 335

27.3 Wärmekapazität 335

27.4 Baustoff-Brandversuche 335
27.4.1 Allgemeines 335

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

27.4.2 Messung der Verbrennungswärme, Brennwert und Heizwert 335
27.4.3 Prüfung der Nichtbrennbarkeit durch Erwärmung ohne Beflammung von außen . . . 336
27.4.4 Prüfung der Entzündbarkeit durch Beflammung mit einer kleinen Flamme 337
27.4.5 Baustoff-Brandversuche mit großflächiger Beflammung 338
27.4.6 Flammenausbreitung auf Bodenbelägen 340
27.4.7 Gefügezusammenhalt von Gipsbauplatten bei hoher Temperatur 340

27.5 Prüfung des Feuerwiderstandes von Bauteilen 341

28 Untersuchung des schalltechnischen Verhaltens 346

28.1 Messung der Luftschalldämmung 346

28.2 Messung der Trittschalldämmung 347

28.3 Schallschutzprüfung an Armaturen 348

28.4 Kurzmessverfahren der Luft- und Trittschalldämmung sowie des Schalls haustechnischer Anlagen 349

28.5 Messung der Nachhallzeit, Bestimmung der äquivalenten Absorptionsfläche und des Schallabsorptionsgrades 350

28.6 Weitere Schallschutzprüfungen 351

29 Dauerhaftigkeitsuntersuchungen ohne direkte Schädigung durch Organismen 352

29.1 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfverfahren sowie Prüfungen der Temperaturwechselbeständigkeit 352
29.1.1 Allgemeines 352
29.1.2 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Gesteinskörnung 352
29.1.3 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Beton 353
29.1.4 Frostprüfung von künstlichen Steinen, Mauerwerk und anderen Bauteilen 354
29.1.5 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Naturstein und Wasserbausteinen 355
29.1.6 Prüfung des Verhaltens von Wärmedämmstoffen bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung 356
29.1.7 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung sowie Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Beschichtungen, Hydrophobierungen und Mörteln 356
29.1.8 Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Fugendichtungsbändern 357
29.1.9 Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von keramischen Fliesen und Platten und künstlichen Steinen 357
29.1.10 Prüfung des Widerstandes von Naturstein gegenüber Wärmeschock 357
29.1.11 Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Rohrverbindungen 357

29.2 Raumbeständigkeitsprüfungen 357
29.2.1 Allgemeines 357
29.2.2 Prüfung der Raumbeständigkeit von Bindemitteln, Stahlwerksschlacken und mit Bindemitteln behandeltem Boden 357
29.2.3 Prüfung der Raumbeständigkeit von Gesteinskörnung 358
29.2.4 Prüfung von keramischen Baustoffen auf treibende Einschlüsse 358

29.3 Prüfungen im Zusammenhang mit Alkalireaktion 359
29.3.1 Allgemeines 359
29.3.2 Prüfungen zur Beurteilung von Gesteinskörnungen 359
29.3.3 Performance-Prüfungen zur Untersuchung von Betonrezepturen 361
29.3.4 Prüfungen an geschädigten Bauwerken 362

29.4 Prüfung der Dauerhaftigkeit im Kontakt mit chemisch angreifenden Lösungen und Gasen 363
29.4.1 Allgemeines 363

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.4.2	Säureprüfung nach der Hamburger Sielbau-Richtlinie, GSTT Informationen Nr. 18 und DWA Merkblatt M-143-17	366
29.4.3	Prüfungen der äquivalenten Leistungsfähigkeit im Falle eines Säureangriffs	367
29.4.4	Dauerhaftigkeitsprüfungen nach DIN EN 13529	367
29.4.5	Beständigkeitsprüfungen nach Zulassungsgrundsätzen des DIBt	367
29.4.6	Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen nach DIN EN ISO 2812	368
29.4.7	Prüfung der Beständigkeit von Kunststoffen in Lösungen	368
29.4.8	DECHEMA-Richtlinie zur chemischen Beständigkeit von Beschichtungs-, Verlege- und Verfugmassen	368
29.4.9	Verfahren zur Prüfung des Sulfatwiderstandes von Zementen, Mörteln und Betonen	368
29.4.10	Prüfung der chemischen Beständigkeit von keramischen Baustoffen	369
29.4.11	Prüfung des Widerstandes von Asphalt gegenüber chemischen Auftaumitteln	370
29.4.12	Prüfung der Treibstoffbeständigkeit von Asphalt	370
29.4.13	Weitere Verfahren zur Prüfung der chemischen Beständigkeit	370
29.5	Prüfung der Beständigkeit gegen Verschmutzung	370
29.6	Prüfungen zur Verträglichkeit von Baustoffen untereinander	371
29.6.1	Allgemeines	371
29.6.2	Prüfung des Alkaliwiderstandes von Glasfasern	371
29.6.3	Prüfung der Alkalibeständigkeit von Rissfüllstoffen	371
29.6.4	Prüfung der Alkalibeständigkeit von Farbpigmenten	371
29.6.5	Prüfung der Verträglichkeit von Putzen und Mauerwerk	371
29.6.6	Prüfung der Verträglichkeit von Beschichtungen und Beton	371
29.6.7	Prüfung der Verträglichkeit von Kunststoffen und Rissfüllstoffen	371
29.6.8	Prüfung der Verträglichkeit von Dichtstoffen mit Beschichtungssystemen und anderen Baustoffen	372
29.6.9	Prüfung des Verhaltens von polymeren Baustoffen bei Kontakt mit Bitumen	372
29.6.10	Prüfung der Beständigkeit von Hydrophobierungen auf Betonuntergründen	372
29.7	Prüfung der Kondenswasserbeständigkeit und der Säurebeständigkeit von beschichtetem Glas, Neutralsalz-Sprühversuch	373
29.8	Bestimmung der Beständigkeit von Naturstein gegenüber Salzsprühnebel	373
29.9	Bestimmung der Beständigkeit von Naturstein gegenüber SO_2	373
29.10	Prüfung des Widerstandes von Naturstein gegen Salzkristallisation	373
29.11	Prüfung auf Sonnenbrenner Basalt	373
29.12	Prüfung des Widerstandes gegen Glasurrisse	373
29.13	Prüfungen von Hochofenstückschlacke auf Dicalciumsilikat- und Eisenzerfall	374
29.14	Prüfung des Verfärbungspotentials von Bindemitteln und Mörteln	374
29.15	Prüfung der Warmwasserbeständigkeit, des Verhaltens bei Nass-Trocken-Lagerung und bei Wärme-Regen-Wechsel	374
29.16	Prüfung der Dauerhaftigkeit von Betonersatzsystemen bei Wasserwechselbeanspruchung	374
29.17	Prüfung der Zerfallsbeständigkeit eines Haufwerks bei Einlagerung in eine Flüssigkeit und der Erosionsbeständigkeit bei Durchströmung mit einer Flüssigkeit	375
29.18	Prüfung der Dauerhaftigkeit von Konstruktionsklebstoffen	375
29.19	Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen und Beurteilung von Schäden an Beschichtungen	375
29.20	Prüfung der Wetterbeständigkeit von Pigmenten	376
29.21	Freilandbewitterung von Kunststoffen	376

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.22 Beanspruchung durch sichtbares Licht und UV-Strahlung sowie ggf. weiteren Faktoren 376
29.23 Künstliche Alterung von Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen 377
29.24 Prüfung der Alterung von Asphalt (SATS-Prüfung) 377
29.25 Dekontaminierbarkeit 377
29.26 Prüfungen im Zusammenhang mit der Korrosion von Stahlbetonbewehrung 377
29.26.1 Messung der Carbonatisierungstiefe von Beton 377
29.26.2 Messung des Carbonatisierungswiderstandes 378
29.26.3 Analyse von Chloridprofilen im Beton und Untersuchung des Eindringens von Chloriden in Beton 378
29.26.4 Beurteilung von Rissbreiten und Betonüberdeckungsmessungen 378
29.26.5 Prüfung von Beschichtungen zum Korrosionsschutz von Bewehrung 379
29.26.6 Korrosions-Stellvertretersensorik 379
29.26.7 Elektrochemische Korrosionsmessverfahren am Bauwerk 380
29.26.8 Laborprüfung des Korrosionsverhaltens von Stahl in Beton 382
29.27 Korrosionsprüfungen für metallische Baustoffe 383

30 Untersuchungen zum Befall und zur Schädigung von Baustoffen und Bauteilen durch Organismen 385
30.1 Befall von Holz durch holzzerstörende Pilze und Insekten 385
30.2 Beständigkeit von Beschichtungsstoffen gegen Pilz- und Algenbefall 385
30.3 Wirksamkeit von Holzschutzmitteln gegen Schädlinge 385
30.4 Untersuchungen im Zusammenhang mit Schimmelpilzbildung 385
30.5 Prüfung des Verhaltens von Kunststoffen in Kontakt mit biologisch aktiven Stoffen . 386
30.6 Prüfung des Widerstandes von Baustoffen gegen Wurzeln 386

31 Rechnerische Simulationen 387
31.1 Allgemeines 387
31.2 Dauerhaftigkeitssimulation 388

32 Erstellen eines Untersuchungsberichtes oder Gutachtens 392

33 Informationsquellen über Materialeigenschaften 393
33.1 Allgemeines 393
33.2 Literatur Baustoffe allgemein 393
33.3 Literatur Straßenbaustoffe 393
33.4 Literatur Bauchemie 394
33.5 Literatur Bauphysik 394
33.6 Literatur Beton und Zement 394
33.7 Literatur Zusatzmittel 394
33.8 Literatur Gipsbaustoffe 394
33.9 Literatur keramische Baustoffe und Mauerwerk 394
33.10 Literatur Mineralien und Naturstein 395

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

33.11 Literatur Glas 395
33.12 Literatur Instandsetzungsbaustoffe, Polymere, Polymerdispersionen, Anstrichstoffe, Beschichtungen, Kleber, bituminöse Baustoffe, Dichtstoffe 395
33.13 Literatur Metalle und Korrosion 395
33.14 Literatur allgemein 396

34 Literatur zu Prüfverfahren, soweit nicht in den jeweiligen Kapiteln aufgeführt 397

35 Wichtige Lieferanten von Baustoffprüfgeräten 398

36 Verzeichnisse 399
36.1 Verzeichnis der Prüfvorschriften geordnet nach Baustoffen bzw. Themenbereichen 399
36.2 Verzeichnis von Prüfvorschriften, alphanumerisch geordnet, gleichzeitig Literaturverzeichnis für die Prüfvorschriften 438
36.3 Allgemeines Stichwortverzeichnis 506

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Vorwort und Danksagung

Die Prüfung von Baustoffen und daraus hergestellter Bauteile ist von großer Bedeutung für die Neuentwicklung oder Optimierung von Baustoffen, die Prozesssteuerung bei der Herstellung von Baustoffen, bei der Qualitäts- und Konformitätskontrolle und bei der Schadensbegutachtung.

Zwar gibt es eine Reihe von Buchveröffentlichungen zur normgemäßen Materialprüfung einzelner Baustoffe, z. B. von Beton oder von Instandsetzungsbaustoffen. Die Palette an Baustoffen und an Prüfverfahren, die von der Baustoffindustrie, von Materialprüfanstalten, Forschungsinstitutionen und von Sachverständigen untersucht bzw. angewandt werden, ist jedoch sehr viel breiter. So verwenden und benötigen die Forschung und die Bauwerksüberwachung Prüfverfahren, die weit über die Normprüfungen hinausgehen und auch die Schadensuntersuchung erfordert oftmals unkonventionelle Verfahren und Vorgehensweisen.

Gleichzeitig arbeiten auf diesem Gebiet Menschen sehr verschiedener Ausbildung: Ingenieure des Bauwesens, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik, Architekten, Chemiker, Physiker, Mathematiker, Metallurgen und Geowissenschaftler. Nur wenige haben die Chance im Verlauf des Berufslebens einen Gesamtüberblick über das umfangreiche Wissensgebiet der Materialprüfung im Bauwesen zu erhalten. Das ist aber notwendig, um komplexe Fragestellungen der Baustofftechnologie erfolgreich bearbeiten zu können.

Dieses Buch hat deshalb das Ziel, über die Methoden zur Untersuchung von Baustoffen sowie von Bauteilen in ihrer ganzen Breite zu informieren. Anforderungen, das heißt Kennwerte die die einzelnen Bauprodukte erreichen müssen, werden nicht dargestellt, dies ist Gegenstand z. B. von Büchern über Baustoffkunde.

Dabei wird sowohl auf genormte Verfahren, als auch auf nicht genormte Methoden eingegangen. Wegen des begrenzten Umfanges des Buches können dabei die Prüfverfahren nicht bis in die Details, sondern nur in ihren Grundzügen vorgestellt werden. Zur konkreten Durchführung von Prüfungen ist der Blick in die angegebene weiterführende Literatur oder in die jeweilige aktuelle Prüfvorschrift (Prüfnorm, Richtlinie, Merkblatt, Prüfanweisung) deshalb unverzichtbar.

Ziel des Buches ist es, die Grundlagen und Prinzipien der einzelnen Verfahren aufzuzeigen. Es soll den Leser bzw. die Leserin in die Lage versetzen zu beurteilen, welche Methoden für die Lösung einer Fragestellung, Aufgabe oder Problem geeignet sind und wo, bzw. mit welchen Suchbegriffen, man weitere Informationen dazu findet. Mit diesem Wissen kann man dann entweder sich selbst weitergehendes Expertenwissen aneignen oder einen spezialisierten Dienstleister suchen und sich von diesem ein Untersuchungsprogramm vorschlagen lassen.

Der Anstoß für dieses Buch reicht etwa 20 Jahre zurück. Damals wurde ich von meinem Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Ferdinand S. Rostásy öfter nach speziellen chemischen Untersuchungsmethoden für Baustoffe gefragt. Es hat dann allerdings fast 15 Jahre gedauert bis aus dem Gedanken – man müsste darüber ein Buch schreiben – ein erster Text wurde. Zusammen mit meinem Kollegen Dr. Matthias Wobst verfasste ich als Leiter der Abteilung Chemie, Physik, Umwelt der Materialprüfanstalt für das Bauwesen Braunschweig eine kleine Schrift über »wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden« (download über www.mpa.tu-bs.de), aus der sich einige Abschnitte in diesem Buch noch wiederfinden.Im Jahr 2007 führte ich nach meiner Berufung an die Technische Universität Hamburg-Harburg eine Weiterbildungsveranstaltung über »zerstörende und zerstörungsfreie Baustoffuntersuchungen am Bauwerk und im Labor« bei der Hamburgischen Ingenieurkammer Bau durch. Dadurch wuchs der Inhalt über die bauchemischen Methoden hinaus, auch wenn heute sicherlich noch erkennbar ist, dass sie die Keimzelle für dieses Buch waren. Die Unterlagen zu dieser Veranstaltung wurden danach zur Grundlage für meine Lehrveranstaltung »Materialprüfung, Bauzustands- und Schadensanalyse« und Teile dieser Lehrveranstaltung wiederum die Grundlage für dieses Buch.

Ich hoffe, dass es mir gelungen ist, eine übersichtliche Darstellung über die Untersuchungsmethoden von Baustoffen und daraus hergestellten Bauteilen zu schaffen. Bei der Fülle und fachlichen Breite des Stoffes ist es nicht zu vermeiden, dass zum einen eine Auswahl getroffen werden musste und zum anderen, dass sich Fehler, Ungenauigkeiten oder nicht mehr aktuelle Informationen einschleichen. Der Verlag und

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

der Autor übernehmen keinerlei Haftung für fehlerhafte oder fehlende Angaben. Ich bin dankbar für jeden Hinweis auf Fehler, fehlende Informationen oder nicht berücksichtigte wichtige Quellen in diesem Buch.

Bedanken möchte ich mich bei allen, die Teile des Buches vor der Veröffentlichung gelesen haben, mir wertvolle Hinweise zur Verbesserung gegeben haben oder Informationen, Fotos und Zeichnungen zur Verfügung gestellt haben. Dies sind insbesondere:

Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg

Dr.-Ing. Gernod Deckelmann

Frau Rebecca von Ghyczy

Dipl.-Ing. Holle Goedeke

Dipl.-Min. Maren Heidmann

Dipl.-Chem. Carina Jehn

Frau Jutta Kunz

Dipl.-Ing. Lina Nguyen

Frau Sabine Opeldus

Herr Jens Oppermann

Herr Manfred Petersen-Quedenbaum

Dr.-Ing. Holger Schmidt

Frau Franziska Tralow

Betriebseinheit Elektronenmikroskopie der TU Hamburg-Harburg

M. Sc. Jens Timmermann

Zentrallabor Chemische Analytik der TU Hamburg-Harburg

Dipl.-Ing. Sabine Koelling

DVGW Forschungsstelle an der TU Hamburg-Harburg

Dr. Bernd Bendinger

Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig

Dr.-Ing. Peter Bodendiek

Herr Johann Cordes

Dr.-Ing. Alex-Walter Gutsch

Dr.-Ing. Knut Herrmann

Dipl.-Ing. Falk Herschelmann

Herr Friedemann Hierse

Dr.-Ing. Wilfried Hinrichs

Dipl.-Phys. Dieter Krause

Dr.-Ing. Martin Laube

Dipl.-Ing. Jens Mühlpforte

Dipl.-Ing. Tobias Nolte

Frau Jutta Obermann

Dr.-Ing. Olaf Riese

Dr.-Ing. Ellen Rigo

Dr.-Ing. Annette Rohling

Dipl.-Ing. Thomas Rusack

Dipl.-Ing. Robert Teuber

Dr. Klaus Unterderweide

Dipl.-Ing. Matthias Walther

Herr Maik Weber

Herr Andreas Weleda

Dr. Matthias Wobst

Frau Susanne Wurlitzer

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig

Herr Dipl.-Bibl. (FH) Oliver Dienelt

Herr Rolf Epperlein

Dr.-Ing. Dirk Hollmann

Dr.-Ing. Alex Holst

Herr Bernd Kraska

Dr.-Ing. Reinhard Nothnagel

Herr Karl-Heinz Sprenger

Herr Hans-Joachim Wolff

Frau Martina Zühlke

Institut für Fügetechnik der TU Braunschweig

Dipl.-Ing. Hamdollah Eslami-Chalander

Institut für Stahlbau der TU Braunschweig

Dipl.-Ing. Olaf Einsiedler

Dr.-Ing. Matthias Reininghaus

Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig

Dipl.-Ing. Elisabeth Hauser

Prof. Dr.-Ing. Peter Renken

Autostrada del Brennero S.p.A., Trento

Dr.Ing. Ulrich Santa

Beton- und Prüftechnik Blomberg GmbH & Co. KG

Frau Sonja Husemann

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Dipl.-Ing. Dietmar Meinel

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien

Dipl.-Ing. Josef Karner

Dipl.-Ing. Norbert Müller

Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München

Prof. Dr.-Ing. Christian Große

M. Sc. Olga Kazakova

Dipl.-Ing. Sylvia Keßler

Conformity GmbH, Worb, Schweiz

Dipl. Ing. Dieter Suter

Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen

Dr. Cornelia Fitz

Dr. Martin Krus

Dipl. Chem. Christian Scherer

Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI), Braunschweig

Dipl.-Phys. Peter Meinlschmidt

Helling GmbH, Heidgraben

hf sensor GmbH, Leipzig

Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH

Herr Peter Pautzsch

Institut für Wand- und Bodenbeläge Säurefliesner-Vereinigung e. V., Großburgwedel

Herr Jörg Becker

Herr Frank Bundtzen

Dipl.-Ing. Tobias Mantlik

Materialprüfanstalt Bremen

Dr.-Ing. Andree Irretier

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Dr. Falk Tegtmeier

PPW Polyplan Werkzeuge GmbH, Hamburg

Dipl.-Ing. Thomas Rachow-Seemann, Hamburg

RWTH Aachen, Institut für Massivbau

Dipl.-Ing. Guido Bertram

Schleibinger Geräte Teubert und Greim GmbH

Dipl.-Ing. Markus Greim

Universität Hannover, Institut für Mineralogie

Prof. Dr. Jürgen Koepke

Universität Kassel, Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie und Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen

Prof. Dr. Dietmar Stephan, jetzt TU Berlin

Außerdem gilt mein Dank den Bibliotheken der TU Hamburg-Harburg und der TU Braunschweig, ohne die dieses Buch nicht möglich gewesen wäre.

Wenn bei einer fotographischen Aufnahme nichts anderes angegeben ist, wurde sie vom Autor und im Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg aufgenommen. Die Zeichnungen wurden von Frau Rebecca von Ghyczy erstellt.

Prof. Dr.-Ing. Frank Schmidt-Döhl

Technische Universität Hamburg-Harburg, Herbst 2011

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

1 Gliederung und Gebrauch des Buches

Als Autor steht man vor der Frage wie ein solcher Text über Materialprüfung gegliedert werden soll: methodenorientiert, gegliedert nach Baustoffen oder orientiert an häufig vorkommenden Fragestellungen. Alle Gliederungsmöglichkeiten haben ihre Vor- und Nachteile. Ich habe mich dafür entschieden, den Text nach Methoden zu gliedern. Die Methoden sind in Gruppen zusammengefasst, die die Hauptkapitel bilden. Die allgemeine Beschreibung der Methoden wird jedoch ergänzt um Anwendungen, die Bezug nehmen auf die konkreten Baustoffe und beispielsweise auch zeigen, wie man eine einzelne Untersuchungsmethode oder eine Kombination verschiedener Untersuchungsverfahren zur Bearbeitung einer komplexen Fragestellung einsetzen kann.

Man kann dieses Buch als Ganzes lesen und gerade jungen Forschern und Forscherinnen an Hochschulen, die beginnen sich experimentell mit Baustoffen zu beschäftigen, kann man dies nur empfehlen. Es erspart einem u. U. sehr viel Zeit, die man ansonsten mit ungeeigneten Methoden verbringt.

In der Regel wird man dieses Buch aber als eine Art Nachschlagewerk verwenden. Aufgrund der enormen Breite und Heterogenität des Stoffes wurde das Buch dazu mit mehreren umfangreichen Stichwortverzeichnissen ausgestattet, die es erlauben, Informationen zu einer Fragestellung aus diesem Buch zu gewinnen. Ein nach Baustoffen bzw. Prüfbereichen geordnetes Verzeichnis von Prüfvorschriften dient dazu, sich einen Überblick über die wichtigsten zu einem Baustoff bzw. einem Themenbereich zugehörigen Prüfvorschriften zu verschaffen. Ein zweites Verzeichnis der Prüfvorschriften ist alphanumerisch geordnet. Es dient gleichzeitig als Literaturverzeichnis für die Prüfvorschriften und enthält deren vollständigen Titel. Die bibliographischen Angaben zu den anderen zitierten Literaturquellen befinden sich direkt im Text, um die Lesbarkeit zu verbessern. Als drittes ist ein allgemeines Stichwortverzeichnis vorhanden. Dieses Verzeichnis dient gleichzeitig als Abkürzungsverzeichnis. Die Stichworte dieses Verzeichnisses sind im Buchtext hervorgehoben, um das Auffinden auf der jeweiligen Seite zu erleichtern.

Ist man in einem Kapitel des Buches fündig geworden, ist es ratsam auch im übergeordneten Kapitel bzw. einem eventuell vorhandenem, auf gleicher Gliederungsebene stehenden Kapitel mit dem Titel »Allgemeines« nachzulesen, da sich dort eventuell auch Informationen zu dem Thema finden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

2 Einleitung in die Materialprüfung im Bauwesen

Unter dem Begriff Materialprüfung fasst man alle Tätigkeiten zusammen, die mit der Untersuchung, Bewertung und Kennzeichnung von Werkstoffen und Bauteilen zusammenhängen. Sie ist damit ein wichtiges Instrument bei der Entwicklung von Bauprodukten und Bauarten, ein wesentlicher Bestandteil von Qualitätsmanagementsystemen bei der Herstellung von Bauprodukten und von zentraler Bedeutung bei der Untersuchung von Bauschäden.

Materialprüfung findet statt in produzierenden Unternehmen, staatlichen und privaten Materialprüfanstalten **(MPA)**, zahlreichen anderen Prüfdienstleistern, Hochschulen sowie in Deutschland in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung **(BAM)**. Die nationale deutsche Vereinigung der Materialprüfanstalten ist der Verband der Materialprüfanstalten e. V. **(VMPA)**. Die entsprechende internationale Vereinigung ist die Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions **(RILEM)**.

Ein Baustoff entsteht heute in der Regel durch das Zusammenfügen verschiedener Ausgangskomponenten, wobei diese Komponenten z. T. auch selbst wieder aus verschiedenen Ausgangsprodukten hergestellt wurden. Sowohl die Komponenten aus denen ein Baustoff **formuliert** worden ist, als auch die Eigenschaften im Verarbeitungszustand sind für die Verwendbarkeit und die Eigenschaften eines Baustoffs im Gebrauchszustand von entscheidender Bedeutung. Die Anwendung von Methoden der Materialprüfung im Bauwesen kann daher abzielen auf:

- die Komponenten, aus denen ein Baustoff hergestellt wird
- den Baustoff im zumeist flüssigen oder pastösen Verarbeitungszustand
- den Baustoff im Gebrauchszustand
- das Bauteil oder auch ein ganzes Bauwerk

Insbesondere bei Prüfungen an bestehenden Bauwerken ist man bestrebt möglichst zerstörungsarm vorzugehen. Das Gebiet der **zerstörungsfreien Prüfung** hat daher eine immer größere Bedeutung erhalten, auch wenn es in einer Gesamtschau der Materialprüfung im Bauwesen noch immer nur einen kleinen Teil der Prüfmethoden umfasst. In diesem Buch sind zerstörungsfreie, zerstörungsarme und zerstörende Prüfverfahren nicht in getrennten Kapiteln zusammengefasst. Aus den Verfahrensbeschreibungen geht jedoch hervor, wie zerstörend die einzelne Prüfmethode ist. Das folgende Kapitel geht auf die Zerstörungsfreie Prüfung etwas näher ein.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

3 Zerstörungsfreie Prüfung

In der Materialprüfung unterscheidet man **zerstörende**, **zerstörungsarme** und zerstörungsfreie Prüfverfahren **(zfP)**. Die zerstörende Prüfung führt dazu, dass das Probenmaterial nicht mehr weiter nutzbar ist, z. B. als Beweismaterial im Rahmen eines Gerichtsgutachtens, bzw. dass das Bauwerk, das geprüft wird, geschädigt wird, z. B. durch eine Bohrkernentnahme. Daher besteht großes Interesse an zerstörungsarmen bzw. zerstörungsfreien Prüfungen. Bei Maschinenbauteilen, die eine Prüfung jedes einzelnen Werkstücks erfordern, z. B. bei Turbinenschaufeln, sind zerstörungsfreie Prüfverfahren sogar unumgänglich.

Allerdings ermitteln zerstörungsfreie Prüfverfahren den eigentlichen Messwert häufig indirekt. So wird mit einem **Rückprallhammer** die Druckfestigkeit eines Betons indirekt über eine Messung des elastischen Verhaltens bestimmt. Da diese mit der Druckfestigkeit korreliert ist, kann man auf die Druckfestigkeit rückschließen. Die Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren ist daher jedoch häufig mit einer größeren Messunsicherheit verbunden als eine direkte, aber zerstörende Prüfung.

Deshalb werden in der Praxis häufig zerstörende und zerstörungsfreie Prüfverfahren miteinander kombiniert. So kalibriert man den Rückprallhammer beispielsweise durch die Messung an Stellen, an denen man danach Bohrkerne entnimmt, deren Druckfestigkeit anschließend im Labor zerstörend bestimmt wird. Mit dem so kalibrierten Rückprallhammer kann man dann größere Flächen des Bauwerks, die aus dem gleichen Beton bestehen, zerstörungsfrei mit deutlich verringerter Messunsicherheit abrastern.

Ein Beispiel für eine zerstörungsarme Prüfung ist die Untersuchung des inneren Aufbaus eines mehrschaligen Mauerwerks mittels Endoskopie, in einer kleinen Bohrung, anstatt der Entnahme eines größeren Bohrkerns.

Mit der Terminologie der zerstörungsfreien Prüfung im Allgemeinen und einiger zerstörungsfreier Prüfverfahren beschäftigt sich DIN EN 1330. Weitere Informationen zur zerstörungsfreien Prüfung sind erhältlich bei der **Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP)** (www.dgzfp.de).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

4 Bedeutung des Untersuchungszieles und Zusammenarbeit mit Dienstleistern

Die möglichst genaue Definition des Zieles einer Untersuchung ist sehr wichtig für eine erfolgreiche Prüfung eines Baustoffs oder Bauteils. Am Beispiel einer chemischen **Mörteluntersuchung** sollen beispielhaft einige Details genannt werden die, ausgehend von dem Ziel das erreicht werden soll, ggf. berücksichtigt werden müssen:

Soll eine repräsentative Durchschnittsanalyse angefertigt werden oder nur einzelne Gefügeteile oder einzelne Phasen einer Probe untersucht werden? Müssen Gefügemerkmale untersucht werden (Schichten, Porosität, Porenverteilung, homogen, heterogen, Korngrenzenausbildung, Korngrößen, Kornform)? Ist eine Untersuchung auf die Elementzusammensetzung notwendig (nur Hauptelemente oder auch Spurenelemente) oder ist eine Phasenanalyse wichtiger? Muss die Phasenanalyse eines Feststoffes nur kristalline Stoffe umfassen oder auch amorphe Stoffe? Müssen auch mechanische Eigenschaften untersucht werden und wenn ja, welche?

Aus dieser unvollständigen Aufzählung heraus ist es verständlich, dass es entweder notwendig ist, sich über die Prüfung von Baustoffen und Bauteilen selbst Expertenwissen anzueignen oder mit erfahrenen Dienstleistern zusammenzuarbeiten und sich von diesen ein Untersuchungsprogramm vorschlagen zu lassen.

Dafür ist es von besonderer Bedeutung dem Dienstleister das Problem und das Ziel möglichst detailiert zu schildern. Die Praxis sieht leider häufig anders aus. Untersuchungslaboratorien erhalten oftmals völlig ungeeignete Proben mit minimalen Informationen über das Ziel der Untersuchung und die Randbedingungen, unter denen diese Proben standen. Dies kann auf beiden Seiten zu erheblicher Frustration führen, die vermieden werden sollte und vermieden werden kann. U. a. dazu dient dieses Buch.

Es ist eine Aufgabe des Materialprüfers die, zum Erreichen des vorher definierten Untersuchungszieles, unter Beachtung der zur Verfügung stehenden Resourcen, geeigneten Untersuchungsmethoden auszuwählen, unter der Voraussetzung, dass das anvisierte Ziel überhaupt realistisch ist. Dazu kann das vorliegende Buch Informationen liefern.

Ob eine Methode zur Beantwortung einer Fragestellung geeignet ist, hängt dabei z. B. ab von der Selektivität, der Anwendbarkeit auf die jeweilige Probe, die Verfügbarkeit von Geräten und Hilfsstoffen, der zur Verfügung stehenden Zeit, die entstehenden Kosten, Fragen der Arbeitssicherheit und die zu erwartende Messunsicherheit.

Aus der Wahl der Untersuchungsmethoden ergibt sich dann das Verfahren der Probennahme und Probenvorbereitung für die Untersuchung, nicht umgekehrt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

5 Bauaufsicht, Regeln, Kennzeichnung und Verwendbarkeit von Bauprodukten, rechtliche Rahmenbedingungen

5.1 Allgemeines

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Bauaufsicht, die Regeln, die Kennzeichnung und die Verwendbarkeit von Bauprodukten hängen auch in der EU nach wie vor sehr stark vom jeweils betrachteten Mitgliedstaat ab. Die Aussagen in den folgenden Kapiteln beziehen sich grundsätzlich auf Deutschland, wobei viele Regelungen auf EU-Recht beruhen und damit auch in anderen EU Staaten Gültigkeit besitzen. Die Gegebenheiten in Österreich und in der Schweiz werden im Kap. 5.9 behandelt.

Hilfreich insbesondere für die Hersteller von Bauprodukten ist das Merkblatt zur EU-Richtlinie 89/106/EWG des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, das unter www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/europa/Richtlinie_Bauprodukte.pdf heruntergeladen werden kann.

5.2 Baurecht und Bauaufsicht

Nehmen wir einmal an, Sie erben eine aufgelassene Sandgrube. Der Sand könnte als ein **Baustoff** eingesetzt werden. Sie entschließen sich, den Sand zur Errichtung von Bauwerken zu verwenden oder zu diesem Zweck mit ihm in Deutschland oder im Bereich der EU Handel zu treiben. Dadurch wird ihr Sand zu einem **Bauprodukt**. Wichtig in diesem Zusammenhang ist auch der Begriff **Bauart**. Darunter »ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen« (**ARGEBAU: Musterbauordnung (MBO)** 2002, geändert 2008, Ausschnitt aus §2, herunterladbar unter www.is-argebau.de) zu verstehen.

Das **Baurecht** und damit auch die Bauaufsicht ist in Deutschland Ländersache **(oberste Bauaufsichtsbehörden)**. Die Bundesländer haben bei der bauaufsichtlichen Überwachung der Bauprodukte jedoch einer zentralen Einrichtung, dem **Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt)**, weitreichende Kompetenzen übertragen, jedoch von Bundesland zu Bundesland in unterschiedlichem Maße.

Grundlage für die von Bauprodukten zu erfüllenden Anforderungen im Rahmen der Bauaufsicht sind in Deutschland das **Bauproduktengesetz**, das die europäische **Bauproduktenrichtlinie (Construction Products Directive – CPD)** in Deutschland umsetzt, die **Bauproduktenverordnung (CPR – Construction Product Regulation)**, die die Bauproduktenrichtlinie ersetzt und spätestens mit Ablauf der Übergangsfrist (Koexistenzphase) im April 2013 allein wirksam wird sowie die **Landesbauordnungen** (**LBO**, Ländergesetze). Die Bauproduktenverordnung muss nicht gesondert in nationales Recht überführt werden, sondern gilt unmittelbar.

Die Bauproduktenrichtlinie und die Bauproduktenverordnung nennen sieben Grundanforderungen an Bauwerke: 1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit, 2. Brandschutz, 3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, 4. Sicherheit und Barrierefreihet bei der Nutzung, 5. Schallschutz, 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz, 7. Nachhaltige Nutzung der natürlichen Resourcen.

Dazu gehört mit der Einführung der Bauproduktenverordnung eine Leistungsbewertung unter Berücksichtigung des Lebenszyklus eines Bauprodukts.

Während die Landesbauordnungen vorrangig ein Sicherstellen der öffentlichen Ordnung und Sicherheit anstreben, soll durch das Bauproduktengesetz ein Anforderungsgrundniveau an Gebäude festgelegt und ein freier Handelsverkehr von Bauprodukten innerhalb der EU erreicht werden. Der Bund hat für die Umsetzung der Anforderungen, die sich aus dem Bauproduktengesetz ergeben, zu sorgen und hat dazu ebenfalls das Deutsche Institut für Bautechnik beauftragt.

Die allgemeinen Anforderungen an bauliche Anlagen, Bauprodukte und Bauarten ergeben sich aus den Landesbauordnungen, die hier auf die Musterbauordnung zurückgreifen:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

»Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.

Bauprodukte und Bauarten dürfen nur verwendet werden, wenn bei ihrer Verwendung die baulichen Anlagen bei ordnungsgemäßer Instandhaltung während einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer die Anforderungen dieses Gesetzes oder aufgrund dieses Gesetzes erfüllen und gebrauchstauglich sind.

Die von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln sind zu beachten.« (ARGEBAU: Musterbauordnung 2002, geändert 2008, Ausschnitt aus § 3).

Alle Bauprodukte und Bauarten, für die mindestens eine dieser Anforderungen bedeutsam ist, sind bauaufsichtlich relevant. Seitens der Bauaufsicht werden dann Nachweise der unterstellten Eigenschaften gefordert.

5.3 Bauregellisten, Zulassungen und Liste der Technischen Baubestimmungen

Bauprodukte und Bauarten, an die nach den Landesbauordnungen Anforderungen gestellt werden, sind in den Bauregellisten erfasst. Dort sind auch die für diese Bauprodukte und Bauarten verbindlichen Regeln (Normen, Richtlinien, Anmerkungen) und Nachweise, die beispielsweise im Rahmen einer **Konformitätsbewertung** zu führen sind, zusammengefasst. Die Bauregellisten werden vom DIBt herausgegeben und regelmäßig aktualisiert (Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, DIBt-Mitteilungen, Sonderhefte, Ernst & Sohn, Berlin).

Bauprodukte und Bauarten, die den in der Bauregelliste aufgeführten Regeln entsprechen, bzw. für die entsprechende Nachweise geführt worden sind, dürfen in Deutschland gehandelt und verwendet werden. Bauaufsichtlich relevante Bauprodukte, die ein ordnungsgemäßes CE-Zeichen tragen, aber nicht den in der Bauregelliste definierten Anforderungen entsprechen, dürfen zwar gehandelt, aber in Deutschland nicht verwendet werden.

Bauprodukte und Bauarten für die nationale Regeln gelten (Bauprodukte nach Landesbauordnung) sind in der Bauregelliste A aufgeführt und werden mit dem **Ü-Zeichen** gekennzeichnet. Teil 1 gilt für Bauprodukte, für die es technische Regeln gibt (**geregelte Bauprodukte**). Teil 2 gilt für entsprechende, nicht geregelte Bauprodukte, Teil 3 für entsprechende, nicht geregelte Bauarten.

Bauprodukte für die europäisch harmonisierte Regeln gelten sind in der Bauregelliste B aufgeführt und werden mit dem **CE-Zeichen** gekennzeichnet. Teil 1 gilt für Bauprodukte und Bausätze auf der Grundlage der Bauproduktenrichtlinie bzw. des Bauproduktengesetzes, Teil 2 für andere Bauprodukte, die mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet werden. Bauprodukte nach Teil 2 müssen außerdem noch mit dem Ü-Zeichen gekennzeichnet sein. Auch für zahlreiche Produkte nach Bauregelliste B Teil 1 ist zusätzlich zum CE-Zeichen noch eine Kennzeichnung mit dem Ü-Zeichen erforderlich, weil auf Bauregelliste A, Teil 1 verwiesen wird.

Die Liste C enthält Bauprodukte »für die es weder Technische Baubestimmungen nach allgemein anerkannten Regeln der Technik gibt und die für die Erfüllung bauordnungsrechtlicher Anforderungen nur eine untergeordnete Bedeutung haben«. »Diese Bauprodukte dürfen kein Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) tragen. Ungeachtet dessen können jedoch je nach Zusammensetzung der Bauprodukte und der Art ihrer Verwendung Anforderungen im Hinblick auf den Brandschutz, Gesundheits- oder Umweltschutz gestellt sein.« (Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, DIBt-Mitteilungen, Sonderhefte, Ernst & Sohn, Berlin).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bauprodukte, die für ihre Verwendbarkeit in Deutschland sowohl Anforderungen europäisch harmonisierter Regeln als auch zusätzliche deutsche Regeln erfüllen müssen (nationale **Restnorm**) werden sowohl mit dem CE-Zeichen als auch mit dem Ü-Zeichen gekennzeichnet.

Bauaufsichtlich relevanten Bauprodukten, für die noch keine allgemein anerkannte Regel existiert, kann in Deutschland eine **allgemeine bauaufsichtliche Zulassung** des DIBt oder ein **allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP)** einer dafür anerkannten Stelle erteilt werden. Die Anerkennung erfolgt je nach Bundesland durch das DIBt oder die oberste Bauaufsichtsbehörde. Beide Verwendbarkeitsnachweise basieren auf Materialprüfungen, haben lediglich nationale Gültigkeit und sind zeitlich befristet.

Auch bei Abweichungen von den in der Bauregelliste aufgeführten Regeln greifen solche Instrumente. Welcher dieser Nachweise für ein bestimmtes Bauprodukt zu führen ist, ist in der Bauregelliste aufgeführt. Welchen Prüfungen ein solches **»ungeregeltes« Bauprodukt** zu unterziehen ist, wird durch das DIBt festgelegt, das dabei **Sachverständigenausschüsse (SVA)** zu Rate zieht. Diese Sachverständigenausschüsse sind unterteilt in einen SVA-A, der allgemeine Sachfragen mit Vertretern der Wirtschaftsverbände erörtert und in einen SVA-B, in dem Sachfragen zur Anwendbarkeit von Normen, zu vertraulichen Details von Bauprodukten und deren Nachweise erörtert werden. Wenn dies notwendig ist, werden vom DIBt Richtlinien zur Durchführung von entsprechenden Prüfungen erstellt.

Außerdem besteht in Deutschland immer die Möglichkeit in einem individuellen Fall eine **Zustimmung im Einzelfall** der obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes einzuholen. Dafür ist in der Regel ein Gutachten erforderlich.

Auf europäischer Ebene ist es möglich, eine **Europäische Technische Zulassung (ETA)** zu erwirken. Sie werden auf der Grundlage von **Leitlinien (European Technical Approval Guideline – ETAG**) erstellt, die die **European Organisation for Technical Approvals (EOTA)** erarbeitet. Europäisch technische Zulassungen werden von approval bodies erteilt. In Deutschland ist dies das DIBt. Auch europäisch technische Zulassungen sind zeitlich befristet.

Eine weitere Möglichkeit zur Erteilung einer ETA besteht in einem **Beurteilungsverfahren (Common Understanding of Assessment Procedure – CUAP**) ohne Leitlinie, bei dem die EOTA-Mitglieder ihre Anforderungen an das Produkt definieren und das dabei entstehende Dokument Grundlage der Zulassung wird.

Mit dem Übergang auf die **Bauproduktenverordnung** wird die **Europäische Technische Zulassung** ersetzt durch eine **Europäisch Technische Bewertung** auf der Grundlage eines Europäischen Bewertungsdokuments. Das **CUAP**-Verfahren und die **ETAGs** entfallen.

Neben der Bauregelliste spielen die Listen der Technischen Baubestimmungen der einzelnen Bundesländer eine zentrale Rolle. Darin werden von den Ländern die einzuhaltenden Technischen Baubestimmungen bekannt gemacht. Diese Technischen Baubestimmungen sind allgemein verbindlich. Zur Vorbereitung der einzelnen Listen der Bundesländer gibt das Deutsche Institut für Bautechnik eine Musterliste der Technischen Baubestimmungen heraus. Während die Bauregelliste Anforderungen an Bauprodukte festlegt, konzentrieren sich die Listen der Technischen Baubestimmungen auf Regeln zur Verwendung von Bauprodukten und zur Ausführung von Bauwerken.

In einem Anwendungsbeispiel soll der Gebrauch der Bauregelliste gezeigt werden. Vier Hersteller von Bauprodukten möchten ihre Produkte in Deutschland zum Gebrauch anbieten und verkaufen. Es handelt sich um Hersteller von: Trass, Betonfertiggaragen, Dränelementen und Gesteinskörnung für Beton. Sie informieren sich dazu in den Veröffentlichungen des Deutschen Instituts für Bautechnik und stellen folgendes fest:

Das Produkt **Trass** ist in der Bauregelliste A Teil 1, Ausgabe 2011/1, unter der lfd. Nr. 1.3.2 aufgeführt. Die maßgebliche Technische Regel ist die DIN 51043 vom August 1979. Der Hersteller benötigt ein Übereinstimmungszertifikat durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle. Bei wesentlichen Abweichungen von DIN 51043 August 1979 benötigt er zusätzlich ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das Produkt **Betonfertiggarage** ist in der Bauregelliste B Teil 1, Ausgabe 2011/1, unter der lfd. Nr. 1.1.6.9. aufgeführt. Die maßgebliche Norm ist DIN EN 13978-1 vom Juli 2005. Außerdem gilt Anlage 01 zur Bauregelliste B Teil 1, in der im Hinblick auf die Stufen, Klassen und Verwendungsbedingungen auf die Landesbauordnungen verwiesen wird, sowie die Zuordnung der Eigenschaften bei Brandbeanspruchung zu den bauaufsichtlichen Regelungen beschrieben wird. Es gilt außerdem Anlage 1/1.16 zur Bauregelliste B Teil 1. Diese verweist auf laufende Nummer 1.6.28 der Bauregelliste A, Teil 1, in der ein Übereinstimmungszertifikat durch eine anerkannte Prüfstelle verlangt wird im Hinblick auf die in Anlage 1.50 der Bauregelliste A, Teil 1 genannten Regelungen für den Beton, Betonstahl und Spannstahl.

Das Produkt **Dränelement** ist in der Liste C, unter der Nr. 1.2. aufgeführt. Der Hersteller hat sich im Hinblick auf die Verwendbarkeit in Deutschland nur um die Brandschutzanforderungen zu kümmern (normalentflammbar oder besser).

Das Produkt **Gesteinskörnung** für Beton ist in Bauregelliste B Teil 1, Ausgabe 2011/1, unter der lfd. Nr. 1.1.3.1. aufgeführt. Die maßgebliche Norm ist DIN EN 12620 vom Juli 2008. Es gilt wieder Anlage 01 zur Bauregelliste B Teil 1. Außerdem gilt Anlage 1/1.3 zur Bauregelliste B Teil 1. Dort ist für Gesteinskörnungen für tragende Bauteile die Konformitätsprüfung System 2+, sowie für rezyklierte und industriell hergestellte Gesteinskörnungen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung vorgeschrieben. Außerdem wird in bestimmten Fällen auf die Bauregelliste A, Teil 1 verwiesen. Danach ist ggf. die DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion in Beton von Februar 2007 zu beachten und der Hersteller benötigt ein Übereinstimmungszertifikat durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle.

Am schwierigsten sind die Produkte, die (scheinbar) gar nicht in der Bauregelliste enthalten sind. Im Zweifelsfall muss man sich an das DIBt wenden.

5.4 PÜZ-Stellen

Institutionen, die im Rahmen der Konformitätskontrolle für Hersteller von Bauprodukten und ausführende Unternehmen tätig werden, benötigen dafür eine Anerkennung, die in Deutschland je nach Bundesland beim DIBt oder bei der obersten Bauaufsichtsbehörde beantragt werden muss. Dabei handelt es sich entweder um eine **Anerkennung nach Landesbauordnung** oder eine Anerkennung für Tätigkeiten nach **Bauproduktengesetz**, eine sogenannte **Notifizierung** (**notified bodies** auf europäischer Ebene auf der Grundlage der **Bauproduktenrichtlinie**).

Dabei wird unterschieden zwischen **Prüfstellen, Überwachungsstellen und Zertifizierungsstellen.** Die anerkannten Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen (PÜZ-Stellen) nach den Landesbauordnungen sind im **PÜZ-Stellen-Verzeichnis** des DIBt aufgeführt (Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen, DIBt-Mitteilungen, Sonderhefte, Ernst & Sohn, Berlin). Die notified bodies und die approval bodies werden auf europäischer Ebene in einer Liste geführt, die unter http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando eingesehen werden kann.

PÜZ-Stellen müssen eine Reihe von Voraussetzungen erfüllen. Dies umfasst die Qualifikation und Unabhängigkeit des Personals, die Ausstattung der Institution, der regelmäßige Erfahrungsaustausch mit anderen Stellen und anderes mehr. Sowohl staatliche Institutionen wie Materialprüfanstalten und Hochschulen, als auch private Institute und Güteschutzgemeinschaften können als PÜZ-Stellen anerkannt werden.

Es ist möglich und üblich, dass die Prüfung bzw. Überwachung und Zertifizierung eines Bauprodukts durch entsprechende Stellen einer Institution A durchgeführt werden, wobei es sich z. B. um eine Materialprüfanstalt handeln kann. Es ist jedoch auch möglich, dass die Prüfung bzw. Überwachung eines Bauprodukts durch die Prüfstelle bzw. die Überwachungsstelle der Institution A und die Zertifizierung durch die Zertifizierungsstelle der Institution B durchgeführt wird.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

5.5 Zertifizierung

Während sich die Tätigkeit einer Prüfstelle oder einer Überwachungsstelle direkt aus dem Begriff ergibt, bedarf die Tätigkeit einer **Zertifizierungsstelle** einer näheren Erläuterung. Zertifizierungsstellen führen eine Zertifizierung durch und erstellen Zertifikate. Sie greifen dabei auf die Ergebnisse von Prüfstellen bzw. Überwachungsstellen zurück. Der Begriff Zertifizierung kann im Zusammenhang mit Bauprodukten verschiedene Bedeutungen haben. Zertifikate werden im Bauwesen beispielsweise für folgende Nachweise erstellt, wobei für die ersten drei Punkte eine Anerkennung als PÜZ-Stelle erforderlich ist:

- »Übereinstimmung nach einer Landesbauordnung (LBO)«. »Mit dem **Übereinstimmungszertifikat** wird die Verwendbarkeit eines definierten Produktes auf der Grundlage der Landesbauordnung bestätigt.«
- »Konformität auf der Grundlage des Bauproduktengesetzes (BauPG)«. »Mit dem **Konformitätszertifikat** wird die Verwendbarkeit eines definierten Produkts auf der Grundlage des Bauproduktengesetzes bestätigt.«
- »Eignung der werkseigenen Produktionskontrolle« (WPK oder WEK). »Ein **Zertifikat der werkseigenen Produktionskontrolle** bestätigt, dass alle Anforderungen an die werkseigene Produktionskontrolle auf der Grundlage einer technischen Regel erfüllt werden.«
- »Bestätigung der Übereinstimmung bzw. Konformität mit einer Produktnorm«. »Ein **Zertifikat** kann als freiwilliger Nachweis die Übereinstimmung eines Produkts mit einer Norm bestätigen.«
- »Bestätigung der Übereinstimmung des Qualitätsmanagementsystems (QM-System) mit einer Norm«. »Ein Zertifikat kann als freiwilliger Nachweis die Übereinstimmung der Herstellung eines Produkts mit einer Norm bestätigen.« Beispiel: DIN EN ISO 9001.
- Zertifikate im Bereich nachhaltiges bzw. umweltgerechtes Bauen.

Die Zitate wurden entnommen aus: Hinrichs, W.: Kennzeichnung, Überwachung und Zertifizierung von Bauprodukten in der Abwassertechnik. In: Bauen im Bestand – Beton in der Abwassertechnik. Heft 188 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, S. 115–129, 2005, ISBN 3-89288-170-7.

5.6 Kennzeichnung und Konformitätskontrolle von Bauprodukten

Bauaufsichtlich relevante Bauprodukte, für die keine europäisch harmonisierte Regel existiert, sondern die auf der Grundlage einer deutschen Regel geprüft, überwacht und zertifiziert werden, erhalten als Übereinstimmungszeichen das **Ü-Zeichen**. Eine in diesem Zusammenhang tätige PÜZ-Stelle benötigt dafür keine Notifizierung, sondern, je nach Bundesland, eine Anerkennung nach Landesbauordnung durch das DIBt oder die oberste Bauaufsichtsbehörde. Bei der Erstellung eines Übereinstimmungsnachweises auf nationaler Ebene gelten die Vorgaben der DIN 18200, wenn dies für ein Bauprodukt in der entsprechenden technischen Spezifikation festgelegt ist.

Das **CE-Zeichen** ist Voraussetzung und Erkennungszeichen für das Inverkehrbringen und den freien Handel von Bauprodukten, für die harmonisierte europäische Regeln gelten. Aus dem CE Zeichen folgt nicht die **Verwendbarkeit** von Bauprodukten in einem Land. Die CE-Kennzeichnung dient in erster Linie dem Abbau von Handelshemmnissen in der EU, nicht bauaufsichtlichen Bedürfnissen mit dem Ziel der Verwendung eines Produkts. Mit der **Bauproduktenverordnung** wird die CE-Kenzeichnung für die Bauprodukte, für die europäische Regelungen gelten, verpflichtend, was bisher nicht in allen Mitgliedstaaten der Fall war.

Der Hersteller ist für die Qualität seines Produktes verantwortlich. Er muss neben dem CE-Zeichen in einer **Konformitätserklärung** garantieren, dass das Produkt nach den Vorgaben der entsprechenden Regel (i. d. R. eine EN) hergestellt wurde. Außerdem muss er erklären, welcher **Klasse und Leistungsstufe** das Produkt entspricht. Diese sind in der jeweiligen Regel definiert.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Je nach Risiko, dass von dem Bauprodukt ausgeht, gibt es verschiedene **Systeme der Konformitätsbeurteilung**. Die Anforderungen steigen von System 4 nach System 1. Wesentliche Elemente der Konformitätskontrolle sind:

- Eine **Erstprüfung** des Produktes, die je nach System vom Hersteller oder einer notifizierten Stelle auszuführen ist **(Initial Type Testing, ITT)**.
- Eine Prüfung von Proben des Endprodukts nach Prüfplan, die vom Hersteller auszuführen ist.
- Eine **werkseigene Produktionskontrolle (WPK) (Factory Production Control, FPC)** nach Leitpapier B der Bauproduktenrichtlinie (Definierung der werkseigenen Produktionskontrolle in technischen Spezifikationen für Bauprodukte).
- Eine Stichprobenprüfung durch die notifizierte Stelle.
- Eine **Erstinspektion** des Werkes und der WPK durch die notifizierte Stelle.
- Die Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der WPK durch die notifizierte Stelle.

Bei der Beurteilung der WPK und des Werkes spielt DIN EN ISO 9001 eine große Rolle. Ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem (QM-System) nach DIN EN ISO 9001 erleichtert die Konformitätskontrolle.

Tab. 1 Überblick über die im Rahmen der Konformitätskontrolle durchzuführenden Arbeiten (grau hinterlegt) je nach **Konformitätsnachweissystem**. Das System 2 ist in der **Bauproduktenverordnung** nicht mehr vorgesehen. Die Übersicht ist schematisch und trifft im Einzelfall so nicht immer zu. Wirksam ist die Festlegung in der für das Produkt geltenden Regel.

System	1+	1	2+	2	3	4
Hersteller						
Erstprüfung des Produkts			■	■		■
Werkseigene Produktionskontrolle	■	■	■	■	■	■
Prüfung von Proben	■	■	■	■		
Notifizierte Stelle						
Erstprüfung des Produkts	■	■			■	
Erstinspektion von Werk und WPK	■	■	■	■		
Laufende Überwachung, Beurteilung, Anerkennung der WPK	■	■	■			
Stichprobenprüfung	■					

In nationalen Anwendungsregeln können gegenüber einer europäischen Norm zusätzliche Anforderungen definiert werden. So gibt es neben den harmonisierten europäischen Normen eine ganze Reihe nationaler **Restnormen** und **Anwendungsnormen** (s. DIN V 20000). Für die Verwendbarkeit eines Bauprodukts in einem Mitgliedsstaat sind die nationalen Vorschriften bindend, in Deutschland niedergelegt in der Bauregelliste. Sichert der Hersteller nur die durch die CE-Kennzeichnung vorgegebenen Eigenschaften zu, aber nicht die zusätzlichen Anforderungen aus nationalen Vorschriften, obliegt die Prüfung der Verwendbarkeit nach nationalen Regeln dem Verwender. Produkte, für die neben einer harmonisierten europäischen Regel eine nationale Restnorm relevant ist, werden mit dem CE-Zeichen und dem Ü-Zeichen gekennzeichnet. Das Ü-Zeichen bezieht sich dabei meistens auf den Brandschutz.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 1 Beispiel eines mit CE- und Ü-Zeichen gekennzeichneten Bauprodukts.

Der Ablauf der Konformitätsbeurteilung ist in den jeweiligen Produktnormen oder den europäischen technischen Zulassungen festgelegt. Die Konformitätsbewertung ist Gegenstand der DIN EN ISO/IEC 17000, 17011, 17020, 17021, 17024, 17025, 17030, 17040, 17043 und 17050.

Nach europäischem Recht sind die Mitgliedstaaten zu einer aktiven **Marktüberwachung** verpflichtet. Die deutschen Bundesländer haben dazu eine zentrale Stelle beim DIBt eingerichtet.

5.7 Normen und andere Regeln der Technik

Normen sind Vereinbarungen, die von einem **Normungsausschuss** in ehrenamtlicher Tätigkeit erarbeitet werden und die sich als anerkannte Regeln der Technik einführen sollen. In Deutschland ist für das Bauwesen der Normungsausschuss Bau **(NABau)** im **Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN)** zuständig, wobei die Erarbeitung von Normen in **Arbeitsausschüssen (AA)** eines Normungsausschusses erfolgt.

Ein Normungsausschuss bzw. ein Arbeitsauschuss setzt sich aus Fachleuten zusammen, die von den an dem jeweiligen Thema interessierten Kreisen in den Normungssauschuss entsandt werden, nachdem sie die Notwendigkeit erkannt haben, eine Norm zu erstellen oder zu überarbeiten. Da die Festlegungen in Normen häufig erheblich den jeweiligen Markt bestimmen, ist die Normungsarbeit von großer Bedeutung für die beteiligten Parteien.

Die Normungsarbeit wird in Deutschland organisiert und unterstützt durch das DIN. Auf europäischer Ebene ist es das **Europäische Komitee für Normung (CEN)**. Im Gegensatz zu den Normungsausschüssen des DIN wird das CEN in der Regel auf der Grundlage von **Mandaten** der Europäischen Union (EU) tätig. Es ist in **Technical Comittees (TC)** organisiert. Auf internationaler Ebene ist die **Internationale Organisation für Normung (ISO)** tätig.

Die Bezeichnungen erläutern das Verbreitungsgebiet einer Norm:

DIN	Deutsche Norm
DIN V	Deutsche Vornorm (gegen eine Vornorm bestehen noch Vorbehalte)
E DIN	Deutsche Norm im Entwurfsstadium
ÖNORM	Österreichische Norm, auch **ÖN**
SN	Schweizerische Norm
EN	Europäische Norm
hEN	harmonisierte Europäische Norm

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

prEN	Europäische Norm im Entwurfsstadium
ISO	Internationale Norm
DIN EN	Europäische Norm, die den Status einer deutschen Norm hat.
DIN ISO	Internationale Norm, die den Status einer deutschen Norm hat
DIN EN ISO	Internationale Norm, die den Status einer europäischen und deutschen Norm hat
ÖN EN ISO	Internationale Norm, die den Status einer europäischen und österreichischen Norm hat, auch ÖNORM EN ISO
SN EN ISO	Internationale Norm, die den Status einer europäischen und schweizerischen Norm hat
GOST	Russische Norm
ANS	Norm die von einer vom **ANSI** (American National Standards Institute) akkreditierten Organisation erarbeitet wurde, z. B. der ASTM
ASTM	Norm der ASTM International mit Sitz in den USA
BS	Britische Norm
NF	Französische Norm
JIS	Japanische Norm
GB	Chinesische Norm
IS	Indische Norm
UNI	Italienische Norm
CSA	Kanadische Norm
NBR	Brasilianische Norm
AS	Australische Norm
NOM	Mexikanische Norm
TS	Türkische Norm
SANS	Südafrikanische Norm
NBN	Belgische Norm
NEN	Niederländische Norm
DS	Dänische Norm
PN	Polnische Norm
ČSN	Tschechische Norm
STN	Slowakische Norm
TGL	Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen der ehemaligen DDR

Über aktuelle und auch über zurückgezogene Normen kann man sich im deutschsprachigen Raum gut über die Internetseite des Beuth Verlages (www.beuth.de) sowie die kostenpflichtige Nutzung der Internetseite www.perinorm.com informieren. Entscheidend dabei ist, die richtige Kombination von Suchbegriffen zur Bearbeitung einer definierten Fragestellung zu finden. Unter anderem dazu dient dieser Text.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Allgemein verbindlich werden rein nationale DIN-Normen im Bauwesen dadurch, dass sie bauaufsichtlich eingeführt werden, das heißt in eine der **Bauregellisten** oder eine **Liste der Technischen Baubestimmungen** aufgenommen werden. Ansonsten sind sie ein freiwilliges Angebot. Harmonisierte EN-Normen haben dagegen eine eigene Rechtsgrundlage, wobei nur die in dem Anhang ZA der Norm genannten Teile verbindlich sind.

Die beiden wichtigsten Typen von Normen sind die **Produktnormen** und die große Gruppe der **Prüfnormen**. Bei einigen Bauprodukten sind Anforderungen, Beurteilung der Konformität und Prüfungen in der Produktnorm zusammengefasst. Weitere Informationen zur Normung können entnommen werden aus DIN 820-1 und DIN EN 45020.

In Streitfällen spielen häufig die folgenden Begriffe eine Rolle:

Eine **anerkannte Regel der Technik** ist nach Überzeugung einer hinreichend großen Anzahl von Fachleuten eine ausreichend verlässliche Regel für das Planen und Bauen. Was eine anerkannte Regel der Technik ist, wird im Einzelfall durch die Gerichte definiert. Die anerkannten Regeln der Technik sind nicht mit den Normen und Richtlinien identisch, doch die Rechtssprechung billigt einer Norm die widerlegbare Vermutung zu, dass sie eine anerkannte Regel der Technik darstellt. Es gibt jedoch auch Normen, die sich nicht als Regel der Technik durchgesetzt haben. Außerdem veralten Normen wie jede Wissensgrundlage, wenn sie längere Zeit nicht überarbeitet wurden. Andererseits können aber auch eine Richtlinie oder ein Merkblatt eine anerkannte Regel der Technik darstellen.

Der **Stand der Technik** geht darüber hinaus. Er umfasst alle mit Erfolg erprobten Verfahren, wobei allgemeine Anerkennung und praktische Anwendung nicht maßgeblich sind.

Der **Stand der Wissenschaft und Technik** geht noch weiter darüber hinaus und umfasst zusätzlich die wissenschaftlich erprobten Verfahren, die häufig nur einem kleinen Kreis von Personen bekannt sind.

Die allgemeine Hierarchie von Regeln lässt sich wie folgt beschreiben: Gesetze, Verordnungen, Erlasse, Normen und Vorschriften für bauaufsichtliche Prüfungen, Richtlinien und Merkblätter.

5.8 Zusätzliche Anforderungen in bestimmten Bereichen

Neben den grundsätzlichen Anforderungen an Bauprodukte, die sich in Deutschland aus den Landesbauordnungen und dem Bauproduktengesetz ergeben, werden von verschiedenen Stellen für ihren Verantwortungsbereich zusätzliche Anforderungen an Bauprodukte definiert und ggf. zur Prüfung dieser Anforderungen auch bestimmte Institutionen vorgeschrieben. Ob dies der Fall ist, muss im Einzelfall geprüft werden.

Ein Beispiel dafür sind die **Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen** Wasserbau (**ZTV-W**) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, die von jeder Wasser- und Schifffahrtsdirektion ihren Verträgen zugrundegelegt wird (auch Bundesanstalt für Wasserbau **(BAW)**). Weitergehende Anforderungen existieren z. B. auch im Bereich des Straßenwesens. Maßgeblich sind hier beispielsweise die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten **(ZTV-ING)** der Bundesanstalt für Straßenwesen **(BAST)**, sowie die in den **Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS)** niedergelegten Regeln. Dazu gehören Technische Prüfvorschriften **(TP)** und Technische Lieferbedingungen **(TL)**. Für Arbeitsräume gelten die berufsgenossenschaftlichen Regeln.

Bei Verträgen mit öffentlichen Auftraggebern ist in Deutschland die **Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)** regelmäßig Vertragsbestandteil. Sie enthält allgemeine technische Vertragsbedingungen (z. B. Hinweise auf bestimmte Normen). Sie kann auch in anderen Bereichen als Vertragsgrundlage vereinbart werden, was sehr häufig geschieht.

Daneben gibt es zahlreiche weitere Richtlinien und Merkblätter, deren Berücksichtigung in Verträgen vereinbart werden kann, beispielsweise Veröffentlichungen des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V. **(DAfStb),** des Deutschen Beton und Bautechnik Vereins e. V. **(DBV)**, des Deutschen Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. **(RAL)**, des Deutschen Ausschuss für Stahlbau **(DASt)**, der Deutschen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V. **(DGfM)** und der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege **(WTA)**.

5.9 Gegebenheiten in Österreich und in der Schweiz

5.9.1 Allgemeines

Dieses Kapitel beruht im Wesentlichen auf folgender Arbeit: Schmidt, V.: Organisation der Materialprüfung, Kennzeichnung und Verwendbarkeit von Bauprodukten in verschiedenen Ländern, Bachelorarbeit im Studiengang Bau- und Umweltingenieurwesen der TU Hamburg-Harburg, 2011.

5.9.2 Österreich

In Österreich fällt die Zuständigkeit für das Baurecht mit Ausnahme bestimmter Bereiche, z. B. des Eisenbahnwesens, in die Zuständigkeit der Bundesländer. Österreich ist Mitglied der EU und hat die **Bauproduktenrichtlinie** in Form eines **Bauproduktegesetzes** des Bundes und diverser Landesgesetze auf der Basis einer länderübergreifenden Vereinbarung umgesetzt. Das Bauproduktegesetz regelt dabei den freien Warenverkehr sowie die Verwendung von Bauprodukten im Kompetenzbereich des Bundes, die Gesetze der Länder treffen entsprechende Regeln im Bereich der Zuständigkeit der Länder.

Die Länder haben dabei viele Kompetenzen an das **Österreichische Institut für Bautechnik (OIB)** übertragen. Das OIB erteilt in Österreich Europäische Technische Zulassungen. Das OIB gibt außerdem die Baustofflisten ÖE und ÖA heraus.

Die **Baustoffliste ÖE** enthält Bauprodukte auf der Basis europäisch harmonisierter Regeln. Falls für Produkte mit CE Kennzeichnung nach der jeweiligen harmonisierten Regel keine Stufen oder Klassen vorgesehen sind, dürfen sie in Österreich verwendet werden. Falls Stufen oder Klassen vorgesehen sind, werden die Leistungsmerkmale für die Verwendung in Österreich in der Baustoffliste ÖE angegeben.

Bauprodukte, für die keine europäischen, sondern nationale österreichische Regeln existieren, werden zusammen mit den für die Verwendung einzuhaltenden Regeln in der **Baustoffliste ÖA** geführt und mit dem **Übereinstimmungszeichen ÜA** versehen, das im Kompetenzbereich des Bundes jedoch nicht verpflichtend ist. Dazu ist je nach Bauprodukt ein **Übereinstimmungszeugnis** einer dafür zuständigen Stelle oder eine **Übereinstimmungserklärung** des Herstellers notwendig.

Desweiteren kann als Verwendbarkeitsnachweis eine **Österreichische Technische Zulassung** auf der Grundlage einer Richtlinien des OIB von einer Landesregierung erteilt werden. Sie gilt in dem jeweiligen Bundesland, kann jedoch von anderen Bundesländern anerkannt werden. Es gibt auch die Möglichkeit eines **Prüfzeugnisses** einer zuständigen Prüfanstalt oder einer **Zustimmung** der jeweiligen Landesbaubehörde zur Verwendung eines Bauproduktes.

Die **Marktüberwachung** für Bauprodukte erfolgt im Wesentlichen durch das OIB, dem die Bundesländer entsprechende Aufgaben übertragen haben.

Eine **Notifizierung** sowie die Akkreditierung von **PÜZ-Stellen** wird in Österreich durch das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend erteilt.

5.9.3 Schweiz

Das Baurecht der Schweiz fällt mit wenigen Ausnahmen, z. B. den Nationalstraßen, in den Zuständigkeitsbereich der Kantone und ihrer Gemeinden. Die Schweizerische Eidgenossenschaft ist nicht Mitglied der EU. Es bestehen jedoch Abkommen zwischen der EU und der Schweiz, die dazu führen, dass sich Elemente europäischen Rechts auch im Baurecht der Schweiz wiederfinden (SR 0.946.526.81 Abkommen zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Gemeinschaft über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen). So wurde auch die **Bauproduktenrichtlinie** im Wesentlichen in nationales Recht der Schweiz übernommen. Dazu wurde ein **Bauproduktegesetz** (SR 933.0), eine **Bauprodukteverordnung** (SR 933.01) und eine **interkantonale Vereinbarung zum**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Abbau Technischer Handelshemmnisse (IVTH) geschaffen. Auch wirken die Schweizerische Normen-Vereinigung, der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (**SIA**) und der Schweizerische Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (**VSS**) aktiv bei der europäischen Normung mit.

Für Bauprodukte auf der Basis der Bauproduktenrichtlinie gilt die Vermutung, dass sie brauchbar sind. Es gibt jedoch keine Verpflichtung, Produkte für den Schweizer Markt nach europäisch harmonisierten Regeln herzustellen, einem **Konformitätsbewertungsverfahren** zu unterziehen und mit dem **CE-Zeichen** zu kennzeichnen. Ein Hersteller, Importeur oder Händler hat auch die Möglichkeit, die Brauchbarkeit durch eine andere **anerkannte Regel der Technik** nachzuweisen, z. B. eine nationale Norm.

Die Verwendbarkeit von Bauprodukten ist in den einzelnen Kantonen und teilweise in den einzelnen Gemeinden unterschiedlich geregelt. Dabei kommt den Planern und den ausführenden Personen größere Verantwortung für die Sicherstellung der Übereinstimmung baulicher Anlagen und verwendeter Materialien mit den anerkannten Regeln der Technik und der Baukunde zu. Nur in Teilbereichen existieren landesweite verbindliche Regeln durch die IVTH, z. B. im Brandschutz. Bauprodukte auf der Basis harmonisierter europäischer Normen müssen für die Verwendung die im nationalen Anhang geforderten Eigenschaften aufweisen.

Die **Notifizierung** von Stellen und die **Marktüberwachung** erfolgt durch das Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL). **Europäische Technische Zulassungen** können durch die **Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)** erteilt werden, die auch Mitglied der **EOTA** ist.

Weitere Informationen können über die Homepage der Eidgenössischen Bauproduktekommission erhalten werden: www.baupk.ch.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

6 Qualitätsmanagement

Jeder verantwortungsbewusste Analytiker oder Prüfingenieur betreibt ein Qualitätsmanagement.

- Er hat z. B. ein bestimmtes Verfahren zur Probenkennzeichnung und -lagerung, nachdem diese im Labor eingetroffen sind (im Fachjargon: er handelt nach **Verfahrensanweisungen, VA**),
- er erstellt z. B. auf das jeweilige Labor zugeschnittene Bedienungsanleitungen für Geräte (erstellt **Arbeitsanweisungen, AA**),
- entwickelt Prüfmethoden (erstellt **Prüfanweisungen, PA**),
- lässt seine Arbeitsweise und sein Wissen von anderen Personen überprüfen (führt **Audits** durch),
- besucht Fortbildungsveranstaltungen,
- nimmt an **Ringversuchen** teil,
- überprüft nicht in Normen oder Richtlinien beschriebene »Hausverfahren«
- hat in seinem Verantwortungsbereich eine klare Organisationsstruktur und Verantwortlichkeiten,
- dokumentiert Ergebnisse und Entscheidungen,
- ermittelt die Messunsicherheit von Prüfverfahren,
- führt Plausibilitätskontrollen durch,
- usw.

Sind diese Punkte schriftlich niedergelegt und zielgerichtet miteinander verknüpft, betreibt er ein **Qualitätsmanagementsystem (QM-System)**.

Erfüllt dieses QM-System bestimmte normgemäße Anforderungen und wird dies durch eine Akkreditierungsstelle regelmäßig überprüft und anerkannt, betreibt er ein privatrechtlich **zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem** z. B. nach DIN EN ISO 9001 (hauptsächlich in produzierenden Unternehmen) bzw. ein **akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem** z. B. nach DIN EN ISO/IEC 17025 (Prüflaboratorien) oder DIN EN ISO 17020 (Inspektionsstellen) sowie DIN EN 45011 (ISO/IEC Guide 65) bzw. DIN EN ISO/IEC 17065 (Zertifizierungsstellen). Im Bereich der chemischen Analytik sind auch die Regeln der **GLP (Good Laboratory Practice)** von Bedeutung.

Das Qualitätsmanagement wird unterstützt durch eine **Projektbearbeitungssoftware**, die über den Probeneingang bis zur Archivierung von Messdaten und Berichten reicht und über Verknüpfungen zum kaufmännischen Bereich verfügt (Erstellung von Angeboten, Auftragsbestätigungen, Rechnungen, Stundenerfassung, Kalkulation, Ermittlung von Bewertungskennzahlen). Auch die in der chemischen Analytik gebräuchlichen **Laboratory Information and Management Systems (LIMS)** gehören hier hinzu.

Wie viel Qualitätsmanagement man betreibt, entscheidet jeder selbst, solange man nicht durch Kunden oder rechtliche Vorgaben zur Einführung eines QM-Systems gezwungen ist. So haben viele Hochschulinstitute und öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige kein akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem und leisten trotzdem qualitativ hochwertige Arbeit.

Andererseits ist es nicht von der Hand zu weisen, dass ein zertifiziertes oder akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem ein Prüflabor in starkem Maße auf dem Weg zu einer definierten Qualität eines Produktes oder einer Prüfdienstleistung unterstützt. Kreativität und Expertenwissen kann es jedoch nicht ersetzen und sollte es möglichst auch nicht behindern.

Das Nebeneinander von kostenpflichtiger privatrechtlicher Akkreditierung und kostenpflichtiger Anerkennung als **PÜZ-Stelle** stellt ein erheblicher Kostenfaktor für die prüfenden Institutionen und ihre Kunden dar. Mit der Einführung der Bauproduktenverordnung wird für entsprechende Prüflabore ein Qualitätsmanagementsystem verpflichtend. Die bauaufsichtliche Anerkennung kann daher zukünftig auf der Grundlage einer Akkreditierung des QM-Systems erfolgen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

7 Messunsicherheit und Statistik

Auch wenn dies immer wieder aus Preisgründen und anderen Gründen verdrängt wird, gilt bei einer Untersuchung der alte Satz: »Ein Messwert ist kein Messwert«, weil ein einzelner Messwert keinerlei Informationen über die Streuung der Messgröße enthält. Ein einzelner Messwert ist deshalb überhaupt nur dann verwertbar, wenn für die Messgröße die Art der statistischen Verteilung und deren übliche Streuung bekannt ist, z. B. über eine Messunsicherheitsbetrachtung, und die Streuung ausreichend klein ist. Hinweise zur Ermittlung der Messunsicherheit einer Prüfung können aus dem folgenden Dokument entnommen werden: Merkblatt »Ermittlung und Angabe der Messunsicherheit nach Forderungen der DIN EN ISO/IEC 17025« der Deutschen Akkreditierungsstelle **(DAkkS)**. Herunterladbar unter www.dakks.de

Zu nennen in diesem Zusammenhang ist auch der Guide to the expression of uncertainty in measurement **(GUM)**, 2010 plus Supplement 1, 2008. Das Dokument GUM 2005 und das Supplement 1, 2008 sind auch erschienen als DIN V ENV 13005 und DIN V ENV 13005 Beiblatt 1.

Wichtige Begriffe zur Beurteilung der Messunsicherheit eines Messverfahrens sind dabei die **Wiederholbarkeit** und die **Vergleichbarkeit** von Prüfungen. Aussagen über die **Wiederholpräzision** erhält man bei Durchführung einer Untersuchung durch die gleiche Person bei Verwendung der gleichen Ausrüstung und gleichen sonstigen Bedingungen. Als Maß wird die **Wiederholstandardabweichung** angegeben. Die **Vergleichspräzision** ist zahlenmäßig schlechter als die Wiederholpräzision. Sie wird ermittelt bei Anwendung des gleichen Messverfahrens, aber Benutzung unterschiedlicher Geräte und Durchführung durch unterschiedliche Personen. Sie wird typischerweise durch einen **Ringversuch** festgestellt und als **Vergleichsstandardabweichung** angegeben. Hinweise zur Ermittlung dieser Größen können aus ISO 5725 sowie DIN EN 932-6 und DIN 1319 entnommen werden.

Jeder Messwert ist mit einem **zufälligen** und einem **systematischen Fehler** behaftet. Zufällige Fehler führen zu einer Erhöhung der Streuung der Messergebnisse und damit zu erniedrigter Aussagesicherheit. Systematische Fehler führen dagegen zu unrichtigen Ergebnissen. Durch **Kalibrierung** von Prüfgeräten sollen systematische Fehler vermindert werden. Hinweise zur Kalibrierung zahlreicher Prüfgeräte finden sich z. B. in DIN EN 932-5.

Eine wichtige Rolle dabei spielen **zertifizierte Referenzstandards**. Sie sind für viele chemische und physikalische Eigenschaften verschiedener Materialien erhältlich. Solche Standards werden z. B. vom U.S. National Bureau of Standards **(NIST)** (erhältlich über die Fa. Breitländer) und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung **(BAM)** vertrieben.



Abb. 2 Zertifizierter Referenzstandard ZRM 284-2 der BAM, ein hochlegierter Stahl.

Ein weiteres wichtiges Instrument zur Verminderung von Fehlern sind **Ringversuche (proficiency test** oder **round robin test)**. Zeigen die Ergebnisse eines Ringversuchs nur eine geringe Streuung (geringe Vergleichsstandardabweichung), kann man daraus jedoch nicht folgern, dass das Ergebnis in jedem Falle richtig ist (Möglichkeit eines systematischen Fehlers aller beteiligten Institutionen). Treten jedoch mehrere Gruppen von Ergebnissen auf, die signifikant unterschiedlich sind, muss ein systematischer Fehler

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

vorliegen. Die Ermittlung der Messunsicherheit eines Prüfverfahrens mit Hilfe eines Ringversuchs ist Gegenstand der ASTM E 691.

Eine Methode zur Sicherstellung vergleichbarer (jedoch deshalb nicht unbedingt richtiger) Prüfergebnisse innerhalb eines Labors ist die wiederholte Untersuchung einer immer gleichen Standardprobe parallel zur zu untersuchenden Probe.

Innerhalb der Konformitätsprüfung wird in der Regel mit zwei Verfahren gearbeitet, um die Übereinstimmung mit den Annahmekriterien festzustellen, der Attributprüfung oder der Variablenprüfung. Die Erfassung und Bewertung der Messgrößen kann in Form von Qualitätsregelkarten erfolgen. Bei der **Attributprüfung** wird die Anzahl fehlerhafter Ereignisse (bestanden oder nicht bestanden) ermittelt und bewertet. Sie ist geregelt in DIN ISO 2859. Bei der **Variablenprüfung** wird die zu prüfende Größe quantitativ gemessen, statistische Kenngrößen der Verteilung ermittelt, z. B. Mittelwert und Standardabweichung, und diese mit Toleranzgrenzen verglichen. Sie ist geregelt in DIN ISO 3951-1.

Hingewiesen werden soll auf das Kap. 13.10.2, in dem die **Identitätsprüfung** zweier Proben, auch unter Gesichtspunkten der Statistik, behandelt wird. Hinweise für die Planung von Versuchen zum Erreichen einer definierten Aussagesicherheit und zur statistischen Auswertung von Versuchsergebnissen können entnommen werden aus:

Sachs, L.: Angewandte Statistik, Springer-Verlag, Berlin, 2009

Wheeler, A.J.; Ganji, A.R.: Introduction to Engineering Experimentation, 2. Aufl., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2004

DIN 53598-1. Diese Norm ist eine sehr schöne Zusammenfassung der wichtigsten Begriffe und Verfahren zur statistischen Auswertung an Stichproben

DIN 53803 befasst sich mit statistischen Grundlagen der Probenahme

DIN 55303 und DIN 53804 befassen sich mit statistischen Auswertungen

DIN 55350 definiert Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik

DIN 32645 beschäftigt sich mit der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze bei chemischen Analysen

DIN 38402-71 beschäftigt sich mit der Gleichwertigkeit von zwei Analyseverfahren

DIN ISO 16269 und ISO 16269

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

8 Aufbau einer Messkette und Signalverarbeitung

Bei der instrumentellen Prüfung von Werkstoffen kommen verschiedenste Sensoren zum Einsatz. Zum Betrieb von Sensoren werden noch weitere Komponenten zum Aufbau einer kompletten **Messkette** benötigt, wobei die einzelnen Komponenten der Messkette aufeinander abgestimmt sein müssen, z. B.:

- **Sensor**
- **Messverstärker**
- **Analog-Digital-Wandler**
- Rechner (Speicherung, Steuerung, Überwachung, Trennung von Nutz- und Störsignalen durch **Filterung**, Auswertung)

Bei vielen modernen instrumentellen Prüfgeräten bemerkt der Anwender von der Komplexität der Signalverarbeitung nichts mehr. Bei einer Reihe von Baustoff- bzw. Bauteiluntersuchungen, z. B. bei mechanischen Prüfungen mit vielen Verformungsmessstellen, Prüfungen mit dynamischer Belastung und bei der Weiterentwicklung von Prüfmethoden ist es jedoch notwendig, sich mit den einzelnen Komponenten einer Messkette zu beschäftigen und diese ggf. zu optimieren.

Sensoren liefern analoge Signale, die Weiterverarbeitung erfolgt jedoch in der Regel in digitaler Form. Dazu muss der Analog-Digital-Wandler eine genügend hohe Auflösung erreichen, z. B. entspricht eine Auflösung von 12 Bit 4096 möglichen Amplitudenwerten, 16 bit 65536 Amplitudenwerten.

In vielen Fällen spielt die Zeitabhängigkeit eines Signals für seine Nutzung eine entscheidende Rolle, z. B. die auftretenden Schwingungen nach einer impulsförmigen Anregung. Bei zeitabhängigen Signalen muss die **Abtastrate** mindestens doppelt so groß sein wie die höchste Frequenzkomponente im Signal **(Abtasttheorem)**. Da eine entsprechend hohe Abtastrate nicht in allen Fällen realisierbar ist, muss z. T. mit einem **Antialiasing-Filter** gearbeitet werden.

Bei zeitabhängigen Signalen kann es sinnvoll sein, das Messsignal (Amplitude als Funktion der Zeit) über eine **Fourier-Transformation (FT)** vom **Zeitbereich** in den **Frequenzbereich** zu überführen, was die mathematische Behandlung vereinfacht. Ggf. kann es notwendig sein, die Fourier-Transformation mit einer abfallenden Exponentialfunktion zu modifizieren **(Laplace-Transformation)**. Die Zurückführung einer Funktion aus dem Frequenz- in den Zeitbereich nennt man **Inverse Fourier-Transformation (IFT)**.

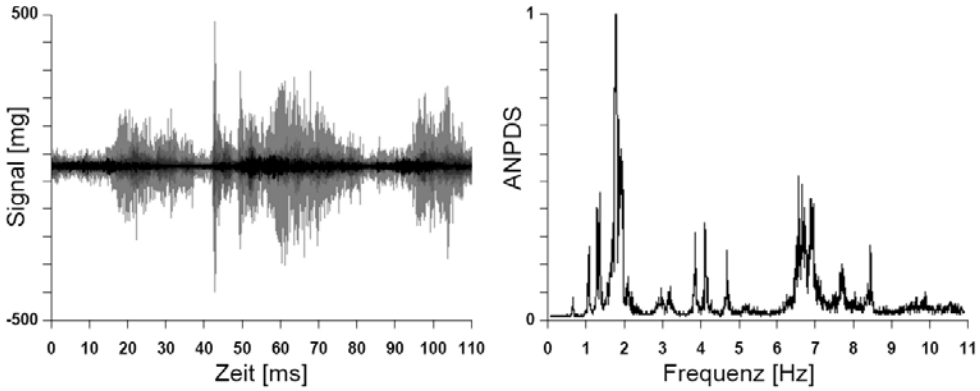


Abb. 3 Fourier Transformation eines zeitabhängigen Signals. Aus: Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Zur Signalverarbeitung existieren zahlreiche moderne Fachbücher, z. B.:

Meyer, M.: Signalverarbeitung. 6. Aufl., Vieweg und Teubner, 2011

Siehe auch: Wheeler, A.J.; Ganji, A.R.: Introduction to Engineering Experimentation, 2. Aufl., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2004

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

9 Probenentnahme, -herstellung, -aufbereitung und -aufarbeitung

9.1 Allgemeines

Viele Untersuchungen erfordern eine Probenentnahme, -herstellung bzw. -aufbereitung, die oftmals aufwendiger und teurer ist als die folgende Untersuchung selbst. Es können die im Folgenden beschriebenen Arbeiten notwendig werden. Nützliche Informationen zu Mischprozessen und Zerkleinerungsprozessen und ihren theoretischen Grundlagen können aus Büchern zur mechanischen Verfahrenstechnik entnommen werden, z. B. aus:

Schubert, H. (Hrsg.): Handbuch der mechanischen Verfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim, 2003

Rhodes, M.: Introduction to Particle Technology, John Wiley & Sons, Chichester, 2. Aufl., 2008

Zur Aufbereitung von Festkörpern im Labor ist folgendes Buch sehr hilfreich:

Ney, P.: Gesteinsaufbereitung im Labor, Enke Verlag, Stuttgart, 1986

Hilfreiche Informationen für nahezu alle Themen dieses Abschnittes finden sich auch in DIN 19747.

9.2 Mindestgröße von Proben

Die Ermittlung von zuverlässigen Prüfergebnissen an Proben setzt voraus, dass die Proben **repräsentativ** und damit ausreichend groß sind. In Prüfnormen ist daher i. d. R. die Probengröße und Probenanzahl oder Mindestwerte für die Größe und Anzahl vorgeschrieben. Bei inhomogenen Baustoffen, z. B. **Beton** und **Mörtel**, sollte die **kleinste Probekörperabmessung** mindestens das Fünffache des Durchmessers der größten Inhomogenität betragen. Wenn dies nicht erzielbar ist, sollte zumindest das Dreifache des Durchmessers der größten Inhomogenität eingehalten werden. Unter Umständen kann es sinnvoll oder gar notwendig sein für die Prüfung von Baustoffen und deren Verarbeitbarkeit realitätsnahe **Probebauwerke** zu erstellen. Die folgende Abbildung zeigt solche Probewände.



Abb. 4 Realitätsnahe Beton-Probewände, erstellt zur Prüfung der Verarbeitungs- und Festbetoneigenschaften, vor der Erweiterung der Abwasserbehandlungsanlage Braunschweig, 1990. Die Entwicklung der Betoneigenschaften wurde später immer wieder zerstörend über Bohrkernentnahmen überprüft. Probekörper: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

9.3 Probenentnahme

9.3.1 Allgemeines

Fehler in der Probenahme lassen sich in der nachfolgenden Analyse der Probe nicht mehr ausgleichen und führen zu nicht erkennbaren **systematischen Fehlern**. Der Probenahme kommt deshalb eine wichtige Rolle in vielen Baustoffuntersuchungen zu. Die Probenahme ist bei vielen Bauprodukten in der Produktnorm deshalb exakt vorgeschrieben.

Proben müssen repräsentativ sein. Bei inhomogenen Materialien muss man entweder verschiedene Bereiche beproben und die Teilproben mischen oder eine entsprechend große Durchschnittsprobe gewinnen. Die Probe wird dann durch **Probenteilung** wieder auf die notwendige Größe reduziert. Proben sollten in sauberen, dicht schließenden Gefäßen oder stabilen, luftdicht verschließbaren Tüten gelagert werden. Proben, die für eine Analytik auf organische Stoffe vorgesehen sind, sollten in Behältern aus Glas kühl und vor Sonnenlicht geschützt aufbewahrt werden, um eine Veränderung der zu untersuchenden Substanzen zu verhindern. Lösungsproben für die anorganische Analyse sollten dagegen in Kunststoffbehältern gelagert werden, da aus Glas Alkalien ausgelaugt werden können.

Auch die Luftdichtigkeit ist von großer Bedeutung. So nimmt beispielsweise **Zement** bei Luftzutritt Wasser und Kohlendioxid auf, was seine Eigenschaften stark verändern kann.

Proben werden häufig nicht durch den Fachmann für die nachfolgende Untersuchung entnommen. In diesem Fall ist die Dokumentation durch den Probennehmer von besonderer Bedeutung: Wo, wie, wann und warum wurden Materialien entnommen? Wie sahen die Umgebungsbedingungen aus (Temperatur, Feuchte, Bauteilzustand, Nutzung des Bauwerks)? Lagen korrosive Bedingungen vor?

Besonders wichtig ist auch die eindeutige Kennzeichnung der Proben, die sich auch in Übereinstimmung mit den dazugehörigen schriftlichen Informationen befinden muss. Informative Fotos sind durch nichts zu ersetzen. Es gibt leider eine Reihe von Beispiele von Gutachten im Rahmen von Rechtsstreitigkeiten, die bereits durch ungenügende Probenbezeichnung und -dokumentation unbrauchbar sind. Bei vielen Proben ist es außerdem notwendig, die ursprüngliche Lage im Bauwerk eindeutig zu kennzeichnen.

Gerade bei Schadensuntersuchungen ist es wichtig, dass **Vergleichsproben** zur Verfügung stehen. Dazu sollten auch ungeschädigte Bereiche oder Rückstellmuster beprobt werden. Wichtige Informationsquellen sind außerdem ggf. noch vorhandene Orginalgebinde oder Chargennummern von Bauprodukten.

Hilfreiche Informationen zur Probenentnahme aus Holz sowie festen, pastösen und flüssigen Holzschutzmitteln finden sich in DIN EN 212. Informationen zur Probenentnahme und Voruntersuchung von Klebstoffen in DIN EN 1067.

9.3.2 Probenahme aus Bauteilen, festen Baustoffen und anderen größeren Festkörpern

Zur Beprobung von Bauteilen und anderen Festkörpern können grundsätzlich Bohrkerne, Bohrmehl oder Stemmproben genommen werden.

Bohrmehl kann auch aus definierten Tiefenstufen entnommen werden, wobei bei jeder Tiefenstufe das Bohrloch, seine Umgebung und der Bohrer selbst sorgfältig gereinigt werden müssen, z. B. durch Ausblasen. Dies ist besonders wichtig bei Spurenelementanalysen, wie z. B. der **Chloridanalyse** in Beton. Die Entnahme von Bohrmehl aus senkrechten Wänden und aus Decken von unten ist in der Regel kein Problem. Man lässt das Bohrmehl direkt in eine vorbereitete Tüte fallen. Schwieriger ist die Bohrmehlentnahme aus Böden, weil das herauskommende Bohrmehl von der Oberfläche aufgesammelt werden muss. Bei feuchten Oberflächen ist eine Entnahme von Bohrmehl aus größerer Tiefe ohne Kontamination mit Oberflächenmaterial kaum möglich. Man muss auf die Entnahme von Bohrkernen übergehen. Alternativ kann ein spezielles Bohrmehlentnahmeverfahren verwandt werden, das von J. Oppermann, Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg, entwickelt wurde. Es sind Bohrmaschinen erhältlich, mit denen direkt Bohrmehl in Behälter gesammelt werden kann. Der Reinigungsaufwand dieser Maschinen ist jedoch z. T. so groß, dass sich ein Einsatz dieser Geräte in der Praxis kaum lohnt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Sollen mechanische Untersuchungen oder Gefügeuntersuchungen durchgeführt werden, ist die Entnahme von **Bohrkernen** unverzichtbar. Eine Bohrkernentnahme aus **Beton** muss mit diamantbesetzten Bohrkronen erfolgen. Bei der Untersuchung auf wasserempfindliche Stoffe sowie bei Feuchteanalysen muss trocken gebohrt werden. Dies ist bei der Entnahme von Betonbohrkernen mit **Diamantwerkzeugen** mit extrem hohem Werkzeugverschleiß verbunden, da Diamantwerkzeuge eine Kühlung mittels Flüssigkeitsspülung benötigen. Ggf. kann man mit einer Pressluftkühlung die Lebensdauer etwas verlängern. Bei hohen Festigkeiten ist eine trockene Bohrkernentnahme aus Beton jedoch kaum möglich. Bei **Mauerwerk** kann mit **hartmetallbestückten** Bohrkronen gearbeitet werden, mit denen auch trocken gebohrt werden kann.



Abb. 5 Bohrkernentnahme mittels Diamantkernbohrung aus einem Brückenbauwerk. Foto: F. Herschelmann, Institution: iBMB/MPA Braunschweig

Zur Mindestgröße von Bohrkernen siehe in Kap. 9.2. Wenn möglich, sollte die Länge des Kerns größer sein als der Durchmesser. Wenn Bauteile nicht komplett durchbohrt werden, können die Bohrkerne an ihrer Basis leicht abgebrochen werden, wenn der Durchmesser nicht besonders groß ist. Die Entnahme wird durch eine Entnahmezange erleichtert.

Auch aus **Stahlbauteilen** können Bohrkerne gewonnen werden, z. B. mit 50 mm Durchmesser. Dies reicht aus, um eine **Rundzugprobe**, eine Probe zur Bestimmung der **Kerbschlagzähigkeit**, eine modifizierte **CT-Probe** zur Bestimmung **bruchmechanischer Kennwerte** und eine weitere Probe, z. B. für **Härteprüfungen** oder eine **chemische Analyse** zu gewinnen (Peil, U.: Lebensdauerverlängerung von Bauwerken mit Hilfe von Bauwerksüberwachung, Bautechnik, Bd. 80, S. 614–630, 2003).

Sowohl bei der Entnahme von Bohrmehl, als auch der Entnahme von Kernen lässt sich eine gewisse Erwärmung der Probe, verbunden mit einer Feuchteänderung, nicht vermeiden. Für die **Feuchtebestimmung** sind trocken ausgebohrte Bohrkerne am besten geeignet. Der Feuchteverlust ist auf den Randbereich des Kerns begrenzt und bei Mauerwerk kann eine Trennung von Stein und Mörtel vorgenommen werden. Die Untersuchung des Feuchtegehaltes mit Hilfe von trocken ausgebohrtem Bohrmehl ist auch möglich, aber immer mit einem unbekannten Fehler behaftet, wobei sowohl ein Feuchteverlust durch Trocknung, als auch ein zusätzlicher Feuchteeintrag aus der umgebenden Probe in das Bohrmehl durch die Erschütterung beim Bohren möglich ist.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

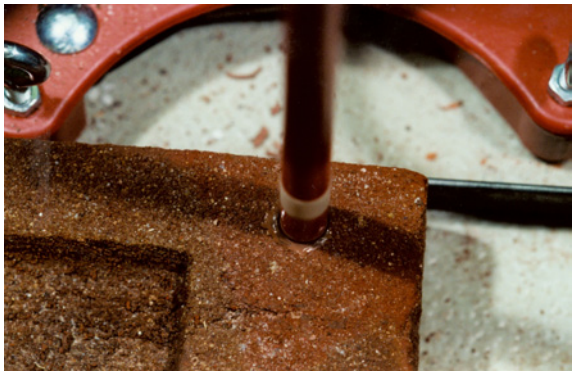


Abb. 6 Anreicherung von Feuchte im Bohrmehl durch die Erschütterung beim Bohren. Foto: T. Rachow-Seemann.

Nach Rachow-Seemann, T.: Kritische Beurteilung eines neu entwickelten Mikrowellen-Feuchtemessgerätes für die Bauwerksdiagnostik an Mauerwerk im Vergleich zu klassischen Verfahren, Diplomarbeit, TU Hamburg-Harburg, 1995, ist es bei der Entnahme von Bohrmehl wichtig, eine möglichst kurze Bohrzeit zu erzielen. Eine möglichst kurze Bohrzeit ist zur Vermeidung von Verfälschungen wichtiger, als eine niedrige Bohrgeschwindigkeit. Wenn Bohrmehl entnommen wird, sollte deshalb mit einem Bohrhammer und nicht mit einer Schlagbohrmaschine gearbeitet werden.

Alle Proben, insbesondere Bohrmehlproben müssen so schnell wie möglich wasserdampfdicht verpackt werden. Bohrmehle trocknen an Luft aufgrund der großen Oberfläche sehr schnell aus. Den besten Schutz gegen Feuchteverlust und Gastransport bieten dichte Metallbehälter bzw. das Einwickeln der Proben in Metallfolie (Alufolie), die dann in einen dicht schließenden Überbehälter eingeführt wird, z. B. einen Kunststoffbeutel.

Bei **Chloridanalysen** in Beton ist die Entnahme von Bohrmehl der Entnahme von Kernen vorzuziehen. Aus Bohrkernen muss in einem zusätzlichen Arbeitsschritt Probenpulver hergestellt werden. Dies erhöht die Kosten, ohne dass dies mit einem Qualitätsgewinn verbunden wäre. Die Probenahme ist in Heft 401 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton, Beuth Verlag, Berlin, 1989, beschrieben.

Stemmproben lassen sich häufig nur schwierig und in kleiner Menge gewinnen, z. B. an Bauteilkanten.

Eine Besonderheit stellt die Entnahme von Mauerwerksproben mittels Winkelschleifer dar. Das Mauerwerk wird eingeschnitten und anschließend frei gestemmt. Bei Arbeiten mit Winkelschleifern ist darauf zu achten, dass benachbarte Bauteile nicht durch Schmelztröpfchen und heiße Partikel beschädigt werden. Es sind großflächige Abdeckungen nötig.

Bei allen Probenahmen an Bauwerken ist im Vorfeld zu prüfen, ob keine Gefahr für die Tragfähigkeit des Bauteils besteht. Eine Gefährdung der Tragfähigkeit kann sowohl durch die Beschädigung schlaffer **Bewehrung**, als auch durch die Beschädigung von **Spannbewehrung** sowie durch die Verminderung von Querschnitten eintreten. Wenn irgend möglich sind Proben aus gering beanspruchten und gering bewehrten Bauteilbereichen zu entnehmen (Pläne, Bewehrungssucher, andere Methoden der Gefügeuntersuchung vorschalten). Es kommt immer wieder vor, dass bei Bohrarbeiten ein Spannstahl durchtrennt wird. Es ist jedem Materialprüfer anzuraten, im Vorfeld einer Probenahme die Frage einer dadurch möglicherweise entstehenden Schädigung und die damit verbundene Verantwortung und Haftung genau zu prüfen.

Die Bohrkernentnahme aus Betonbauwerken ist in DIN EN 12504-1 geregelt. Eine sehr gute Informationsquelle zur Bohrkernentnahme aus Bauwerken ist das Merkblatt Bohrkernentnahme für Bauwerksuntersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau (MBK). Allgemeine Hinweise insbesondere zur Gewinnung ungestörter Kerne aus schwierigen, d. h. durch Risse o. ä. geschädigter Materialien, können entnommen werden aus DIN EN ISO 22475-1.

Hinweise zur Probenahme aus Naturstein im Zusammenhang mit Platten, Pflastersteinen und Bordsteinen für Außenbereiche finden sich in DIN EN 1341, DIN EN 1342 und DIN EN 1343.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Probenahme aus Holzwerkstoffen ist Gegenstand der DIN EN 326-1 und DIN EN 789. Die Probenahme aus verbautem Holz zum Nachweis von Holzschutzmitteln ist Gegenstand der DIN EN 351-2 sowie der DIN 52161-1, und beruht auf der Entnahme von Schnitten oder von Kernen, die mit Zapfenschneidern oder Lochkreissägen entnommen werden.

Untersuchungen an Kunststoffen werden an Probekörpern durchgeführt, deren Herstellung und Form aus DIN EN ISO 527 entnommen werden kann. Häufig werden hantelförmige Probekörper verwendet, die entweder direkt hergestellt werden oder durch mechanische Bearbeitung.

Die Probenahme aus Stahlerzeugnissen ist Gegenstand der DIN EN ISO 377. Die Entnahme von Proben aus Eisenwerkstoffen für die chemische Analyse ist beschrieben in EN ISO 14284. Die Probenahme und -vorbereitung von Schweißverbindungen für die **visuelle Prüfung** ist beschrieben in DIN EN 1320.

Die Probenahme von Asphaltproben ist beschrieben in DIN EN 12697-27, die Probenahme aus bituminösen Massen für den Straßenbau und verwandten Gebieten in DIN 1996-2, die Probenahme von Abdichtungsbahnen in DIN EN 13416.

9.3.3 Probenahme aus Haufwerken

Bei der Probenahme aus Haufwerken (bzw. Säcken) ist von entscheidender Bedeutung, dass bei der Probenahme eine Stichprobe entnommen wird, die weitestgehend der Grundgesamheit entspricht, d. h. keine Fraktion der Grundgesamtheit darf verlorengehen. Bei Materialien mit verschiedenen Korngrößen ist es wichtig, insbesondere auch den Feinanteil mitzunehmen. Haufwerke, die aufgeschüttet werden, zeigen in der Regel eine Fraktionierung, je nach Lage in der Schüttung. Hier müssen an verschiedenen Stellen Teilproben entnommen und vereinigt werden, wenn es nicht möglich ist einen kompletten Sektor aus der Schüttung zu entnehmen.

Die Probenahme aus Haufwerken kann mit einer ganzen Reihe spezieller Probenahmegeräte erleichtert werden, z. B. einem Stechheber, einem Probenahmerohr, einem Probenahmespeer oder einem Probenahmerahmen. Reaktive Proben aus Haufwerken werden am besten in luftdicht verschließbaren Metallgefäßen verpackt.

Die Probenahme von Zement erfolgt nach DIN EN 196-7, die Probenahme von Gesteinskörnung nach DIN EN 932-1 bzw. DIN 52101, die Probenahme aus Trockenmörteln nach DIN EN 1015-2. Hinweise zur Entnahme von Proben aus Haufwerken können z. B. auch aus DIN EN ISO 15528 entnommen werden.

9.3.4 Probenahme aus Böden

Boden wird möglichst ausgestochen und hohlraumfrei in luftdicht verschließbare Gefäße eingefüllt. Die Temperatur der Bodenprobe sollte sich während Lagerung und Transport möglichst nicht verändern. Die Probenahme aus Böden ist in DIN 4030-2 beschrieben, wobei in der Regel auf DIN EN ISO 22475-1 verwiesen wird.

9.3.5 Probenahme aus Flüssigkeiten

Zur Probenahme wässriger Lösungen enthält DIN 4030-2 wertvolle Hinweise, wobei in der Regel auf DIN EN ISO 22475-1 verwiesen wird. Zur Beprobung von Wasserquellen im Boden wird z. B. empfohlen, die Entnahmestelle zuerst abzupumpen und nur den Neuzufluss zu beproben. Die Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt der Probenahme können das Ergebnis stark beeinflussen, z. B. durch Verdünnung bei Regenwasserzufluss. Eine intensive Vermischung von Wasser und Luft ist zu vermeiden, d. h. das Wasser soll langsam ohne Verwirbelung in das Probengefäß laufen (beim Einlaufen waagerecht halten). Es ist wichtig Flüssigkeiten totvolumenfrei zu verpacken, um ein Ausgasen aus der Flüssigkeit und eine Veränderung der Flüssigphase durch die Gasphase zu vermeiden. Dazu muss man das Probengefäß unter Wasser tauchen und unter Wasser verschließen. Außerdem ist es wichtig die Temperatur der Flüssigkeit möglichst konstant zu halten, um Veränderungen der Zusammensetzung zu vermeiden.

Bei Untersuchungen von Wässern auf anorganische Inhaltsstoffe sind Aufbewahrungsgefäße aus Kunststoff am besten geeignet. Sollen organische Inhaltstoffe von Lösungen analysiert werden, sind Gefäße

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

aus Glas vorzuziehen. Zur Analyse auf **kalklösende Kohlensäure** ist es notwendig, ein zusätzliches Probengefäß zu befüllen, das mit Calciumcarbonatpulver befüllt ist, siehe Kap. 14.2.20.

Hinweise zur Entnahme von flüssigen Medien können z. B. auch aus DIN EN 1014-1 und DIN EN ISO 15528 entnommen werden. Die Probenahme und Behandlung von Wasserproben ist auch Gegenstand der DIN EN ISO 5667.

9.3.6 Probenahme aus Fest-Flüssig-Gemischen

Bei der Probenahme aus Fest-Flüssig-Gemischen ist es wichtig eine Entmischung von Fest- oder Flüssigphase und eine Zufuhr bzw. einen Verlust von Flüssigkeit durch die Probenahmegefäße und beim Transport zu vermeiden. Die Probenahme aus Frischbeton ist in DIN EN 12350-1 geregelt, die Probenahme aus Frischmörteln in DIN EN 1015-2. Die Probenahme aus bitumenhaltigen Bindemitteln ist Gegenstand der DIN EN 58. Die Probenahme von Asphaltproben ist beschrieben in DIN EN 12697-27.

9.3.7 Entnahme von Proben aus Gasen, Raumluft und Stäuben

»Zur Probenahme für die Analyse von Gasen, z. B. bei der **Gasfüllung von Mehrscheiben-Isolierglas**, wird ein definiertes Gasvolumen in ein totvolumenfreies oder evakuiertes Gefäß« **(Gassammelbeutel)** »eingesaugt. Für **Raumluftanalysen** werden definierte Luftvolumen durch Filter und spezielle Adsorbentien gesogen. Auf den Filtern scheiden sich Staubpartikel und daran haftende Schadstoffe ab. Auf den Adsorbentien (PU-Schäume, Tenax, Aktivkohle und XAD) werden die luftgetragenen Schadstoffe angereichert.

Auch die Aufnahme von **Wischproben** ist möglich (z. B. bei der Umweltanalyse). Dabei ist es notwendig zum Vergleich eine Rückstellprobe des sauberen Wischtuches zu nehmen.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Wichtige Hinweise zur Probenentnahme aus der Innenraumluft und zur Aufnahme von Wischproben können aus DIN EN ISO 16000 bzw. DIN ISO 16000 entnommen werden. Die Untersuchung der Innenraumluft ist auch Gegenstand der VDI Richtlinie 2100.

9.4 Mischen, Homogenisieren und Teilen von Haufwerken

Die Homogenisierung von Haufwerken zur weiteren Verwendung oder Prüfung ist ein weithin unterschätztes Problem. So kann selbst durch die Homogenisierung von Zement-Lieferchargen die Streuung von entsprechenden Labor-Versuchsergebnissen, die mit diesem Zement aus einer Charge erzielt werden, reduziert werden. Sollen Feststoffgemische in Labormengen homogenisiert werden, eignen sich dazu beispielsweise **Rhönradmischer**. Soll ein **Trockenmörtel oder -beton** hergestellt (gemischt) werden, müssen die Komponenten völlig trocken sein. Ansonsten bilden sich Bindemittel- bzw. Feinkornanreicherungen um die feuchten Komponenten (siehe Kap. 20.3.4).

Ein Problem der Probenaufbereitung besteht darin, eine größere Probe eines Haufwerks auf eine analysierbare Teilmenge einzuengen, ohne dass dabei eine Fraktionierung auftritt, z. B. nach Korngrößen. Maschinell lässt sich dies mit einem **Rotationsprobenteiler** oder einem **Riffelteiler** erreichen. Bei einem Rotationsprobenteiler wird die Probe auf mehrere sich schnell drehende Gefäße aufgeteilt. Bei einem Riffelteiler wird die Probe durch Schütten über eine Kante in zwei Teilproben aufgeteilt und so immer weiter halbiert.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 7 Rotationsprobenteiler. Die Probe wird in den Trichter aufgegeben und in die einzelnen Gefäße verteilt. Institution: Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig.

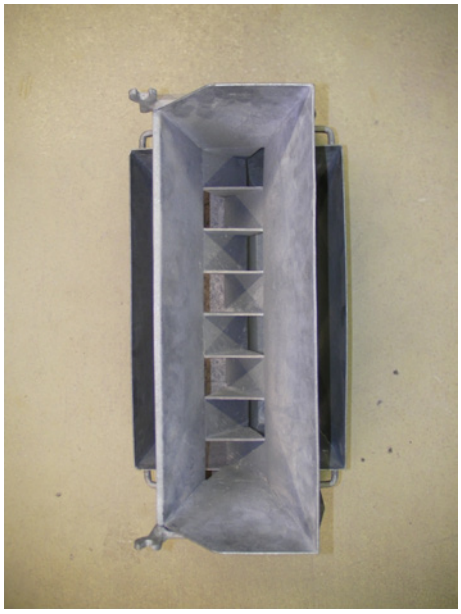


Abb. 8 Riffelteiler. Das Gerät zerteilt die Probe in zwei Hälften.

Muss eine Probenteilung manuell durchgeführt werden, kann dies z. B. dadurch erfolgen, dass die Probe auf einer Arbeitsunterlage gut durchgemischt wird und dann zu einem Kegel aufgeschüttet wird. Dabei muss die Probe gleichmäßig von der Spitze des Kegels nach allen Seiten herabfallen. Anschließend werden aus diesem Kegel zwei gegenüber liegende Sektoren komplett entnommen, vereinigt und weiterverarbeitet. Jegliche Abweichung von dieser Vorgehensweise hat zur Folge, dass die Teilprobe nach der Probenteilung eine andere Korngrößenverteilung hat wie die Ausgangsprobe.

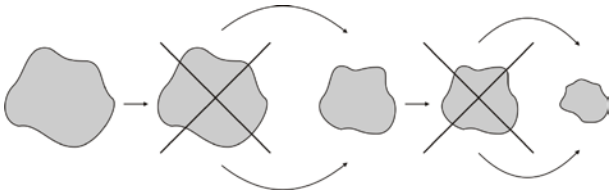


Abb. 9 Probenteilung per Hand durch Aufschütten eines Kegels und Vierteln nach DIN 19747. Wichtig dabei ist, dass das ganze Feinkorn mitgeführt wird. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Probenteilung von Gesteinskörnung ist in DIN EN 932-1 und DIN EN 932-2 geregelt. Die Homogenisierung und Probenteilung von Zement ist beschrieben in DIN EN 196-7. Die Probenvorbereitung von Asphalt ist beschrieben in DIN EN 12697-28 und nimmt ebenfalls Bezug auf die Problematik.

9.5 Probenherstellung – Mischen von Suspensionen, Hinweise zur Verminderung von Streuungen, Verdichtung, Probenvorlagerung bei definierten Umgebungsbedingungen

Die Herstellung von Baustoffproben erfordert in der Regel einen Mischprozess. Ein qualitativ hochwertiges Mischen von Baustoffen erfordert einen **Zwangsmischer**, bei dem kein Teil des Mischguts unvermischt bleibt. **Freifallmischer** sind ungeeignet und sind beispielsweise nicht in der Lage, Beton oder Mörtel mit größeren Festigkeiten herzustellen. Je homogener insbesondere der Feinkornanteil aufgeschlossen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

werden soll, umso größer muss die Mischintensität werden, die im Wesentlichen durch die Umfanggeschwindigkeit der Mischwerkzeuge bestimmt wird (Intensivmischer). Von Vorteil ist außerdem, wenn sich Materialtransport und Mischintensität unabhängig voneinander regeln lassen.

Eine besonders intensive Mischung soll auch mit sogenannten **Kolloidalmischern** erreicht werden, wobei dieser Begriff nicht genau definiert ist. Notwendig sind jedoch sehr hochtourige Mischer (einige tausend Umdrehungen pro Minute) mit Mischwerkzeugen, die sehr hohe Scherkräfte in das Mischgut einleiten (z. B. Dissolverscheiben). Mit solchen Mischern lassen sich nur feinkörnige Suspensionen vermischen. Gegebenenfalls muss man zweistufig mischen: zuerst die feinen Komponenten im Kolloidalmischer, dann zusammen mit den gröberen Komponenten in einem normalen Mischer. Auch der Mischer für Tiefbohrzemente nach DIN EN ISO 10426 ist ein extrem hochtouriger Mischer.

Je höher die Scherkräfte werden, umso größer wird die Gefahr, dass Feststoffteilchen nicht nur dispergiert, sondern auch zerkleinert werden. Die Übergänge zwischen sehr intensivem Mischen und Zerkleinern sind deshalb fließend. Auch ein **Mischen unter Vakuum** ist möglich, wodurch der Eintrag von Luft während des Mischprozesses verhindert wird.

Für Mischer für Beton und Mörtel sowie die Prüfung der Mischwirkung gilt DIN 459. DIN EN 196-1 schreibt für die Herstellung von Mörtelproben einen definierten Aufbau des Mischers vor (**Hobart-Mischer**). In vielen Normen findet sich der Hinweis, dass dieser Mischer bei einigen **Instandsetzungsprodukten** zu einem erheblichen Schäumen führen kann. In diesem Fall kann ein kleinvolumiger Beton-Zwangsmischer eine Alternative darstellen. In vielen Normen zur **Betonherstellung** findet sich der außerdem der Hinweis, dass das Verdichten mit **Innenrüttler** die Menge an künstlich eingebrachten Luftporen in relativ starkem Maße beeinflussen kann. Auf die Mindestgröße von Proben wird in Kap. 9.2 eingegangen.

Die **Mischreihenfolge** der Komponenten und die **Mischzeiten** können einen entscheidenden Einfluss auf die Eigenschaften des Baustoffs im Verarbeitungs- und Gebrauchszustand haben. Bei hochwertigen Materialien muss die Mischprozedur im Einzelfall betrachtet werden. Im Standardfall wird man feste Komponenten zuerst trocken vormischen und dann flüssige Komponenten hinzufügen. **Zusatzmittel** wirken häufig umso besser, je später sie hinzugegeben werden, da dann die allerersten chemischen Reaktionen, die direkt nach dem Hinzufügen des Wassers beginnen, bereits am Abklingen sind.

Streuungen in den Materialeigenschaften der Komponenten von Baustoffmischungen führen zu Streuungen der Eigenschaften des Baustoffs im Verarbeitungs- und Gebrauchszustand. Der Wechsel von einem Baustoff auf einen anderen des gleichen Typs kann die Eigenschaften eines daraus hergestellten Materials ganz erheblich verändern. Besonders »berüchtigt« sind in diesem Zusammenhang **Flugaschen**, deren wechselnder **Restkohlegehalt**, erkennbar am **Glühverlust**, erheblichen Einfluss insbesondere auf die Verarbeitbarkeit daraus hergestellter **Mörtel** und **Betone** hat. Auch von Charge zu Charge können bei Baustoffen merkbare Unterschiede in den Materialeigenschaften zu erkennen sein. Selbst innerhalb einer Liefercharge kann es für Laboruntersuchungen sinnvoll sein, das Material noch einmal zu homogenieren (siehe Kap. 9.4).

Soll für Grundlagenuntersuchungen ein **Zement** eingesetzt werden, dessen Zusammensetzung vergleichsweise genau spezifiziert und bekannt ist und der geringe Streuungen seiner Eigenschaften aufweist, eignen sich nach Hirsch (Hirsch, C.M.: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen polymeren Fließmitteln und Zementen bzw. Mineralphasen der frühen Zementhydratation, Dissertation TU München, 2005) dafür besonders **Tiefbohrzemente**. Diese sind nach DIN EN ISO 10426 spezifiziert, aufbauend auf dem Regelwerk des **American Petroleum Institute (API)**. Darunter sind Sorten, die nur aus Portlandzementklinker, Sulfatträger und ggf. Chromatreduzierer bestehen, ohne Zumahlstoffe und Mahlhilfsmittel. Die in DIN EN ISO 10426 beschriebenen spezifischen Testverfahren für Tiefbohrzemente berücksichtigen insbesondere, dass diese Bindemittel bei hohen Temperaturen und Drücken eingesetzt werden.

Auch spezielle Portlandzemente aus dem Werk Milke in Geseke werden von ihrem Hersteller damit beworben, vergleichsweise geringe Streuungen der Eigenschaften aufzuweisen, weshalb sie vom Hersteller für bauchemische Produkte empfohlen werden. Solche Zemente können auch für Untersuchungen im Rahmen von Materialprüfaufgaben von Vorteil sein.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Mischung von Asphalt im Labor ist beschrieben in DIN EN 12697-35. Es existieren eine Reihe verschiedener Verdichtungsverfahren für Asphalt. Die Verdichtung von Asphalt mit dem **Marshall-Verdichtungsgerät** ist beschrieben in DIN EN 12697-30 und DIN 1996-4. Es handelt sich um eine Schlagverdichtung, mit einem Fallgewicht, das auf eine auf der Probe liegende Platte aufschlägt. Die Verdichtung durch Rotation mit einem **Gyrator** ist beschrieben in DIN EN 12697-31, die Verdichtung mittels Vibrationsverfahren in DIN EN 12697-32 und die Verdichtung mit einem **Walzenverdichtungsgerät** in DIN EN 12697-33. Das Mischen und die Verdichtung wird bei definierter Temperatur durchgeführt, die in DIN EN 12697-35 beschrieben ist. Die Verdichtbarkeit eines Asphalts wird geprüft nach DIN EN 12697-10, indem die Dichte in Abhängigkeit von der Verdichtungsenergie gemessen wird.



Abb. 10 Marshall Verdichtungsgerät (Schlagverdichtung) in schallschützender Kabine. Institution: Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig.

Die Herstellung von hydraulisch gebundenen Gemischen definierter Dichte mittels **Proctor**- oder Vibrationsverdichtung ist beschrieben in DIN EN 13286-50, die Herstellung mittels **Vibrationshammer** in DIN EN 13286-51, die Herstellung durch Anwendung von Rütteln und Druck in DIN EN 13286-52 und die Herstellung entsprechender Proben durch Druckverdichtung in DIN EN 13286-53.

Baustoffe werden bis zum Prüfzeitpunkt bei definierten Umgebungsbedingungen vorgelagert, wobei Prüfalter und Vorlagerungsbedingungen in den baustoffspezifischen Prüfnormen geregelt sind. Häufige Umgebungsbedingungen und deren Realisierung sind in Kap. 10.2 beschrieben.

Bei allen beschriebenen Verfahrensschritten spielt die Temperatur eine entscheidende Rolle. Sie beeinflusst alle chemischen Reaktionen (**van´t Hoff´ sche Regel**: pro 10 K Temperaturerhöhung verdoppelt sich die **Reaktionsgeschwindigkeit**) und damit auch das Erstarren und Erhärten. Bei zu tiefen Temperaturen kommt die Erhärtung komplett zum Erliegen, bzw. das eingesetzte Wasser gefriert. Unterhalb der **Mindestfilmbildungstemperatur** bilden zugegebene **Polymere** keinen Film mehr aus.

Die zweite wichtige Größe, die das Erstarren und Erhärten beeinflusst, ist die Feuchterandbedingung. Zu schneller Wasserentzug stoppt Reaktionen für die Wasser benötigt wird. Andauernde Wasserbeaufschlagung unterbindet Reaktionen, für die eine Trockung notwendig ist, z. B. die Verfilmung von Polymerdispersionen und führt zum Lösen wasserlöslicher Komponenten (Faulen von **Gipsbaustoffen**). Auch ein zu frühzeitiger Transport von noch in der Erhärtung befindlichen Baustoffproben kann zu deutlichen Minderfestigkeiten aufgrund von Gefügestörungen führen.

Zur Herstellung und Vorlagerung von Mörtelproben vor der Prüfung kann DIN EN 196-1 bzw. DIN EN 1015-11 herangezogen werden, zur Herstellung von Mörtelproben auch DIN EN 1015-2 sowie DIN EN 480-13. DIN EN 1937 beschreibt das Mischen von Boden-Spachtelmassen. Zur Herstellung von Proben

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

von Calciumsulfatbaustoffen kann DIN EN 13454-2 und DIN EN 13279-2 herangezogen werden. Calciumsulfatbaustoffe werden immer in Wasser eingestreut, nicht umgekehrt.

Die Herstellung und Lagerung von Betonproben ist in DIN EN 12390-2 beschrieben. Referenzbetone und Referenzmörtel und deren Herstellung werden auch in DIN EN 480-1 (für Zusatzmittel), DIN EN 14845-1 (für Fasern in Beton) sowie in DIN EN 1766 (für Instandsetzungsprodukte) beschrieben. Beton für die Prüfung von Mörtel und Klebstoffen für Fliesen und Platten ist in DIN EN 1323 beschrieben. Hinweise zur Durchführung einer Betonherstellung im Labor mit Erstprüfung, auch für **Leichtbeton**, können dem folgenden Buch entnommen werden:

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Auflage, Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant).

Die Herstellung und Lagerung von Estrichproben ist Gegenstand der DIN EN 13892-1. Die Herstellung von Spritzbetonproben, z. B. durch Ausspritzen von **Spritzkisten** und Entnahme von Frisch- oder Festbetonproben, wird beschrieben in DIN EN 14488-1.

Hinweise für das Mischen von **ultrahochfestem Beton** wurden im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1182 der Deutschen Forschungsgemeinschaft **(UHPC)** erarbeitet und können von der Universität Kassel, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie erhalten werden.

Informationen über Norm-Probenplatten als Untergrund zur Prüfung von Beschichtungsstoffen gibt DIN EN ISO 1514. Die Norm beschreibt verschiedene metallische Untergründe, Glasplatten, Hartfaser-Platten, Gipskartonplatten und Faser-Zementplatten und ihre Vorbereitung.

Für die Prüfung von Kunststoffbahnen und -folien werden in DIN 16906 Festlegungen getroffen, für die Vorbereitung von Proben von Abdichtungssystemen auf Verkehrsflächen ist DIN EN 13375 relevant. Die Herstellung von Kunststoffproben durch mechanische Bearbeitung ist Gegenstand der DIN EN ISO 2818, ein hantelförmiger Vielzweckprobekörper ist in DIN EN ISO 3167 beschrieben. Hinweise für die Vorbereitung und Konditionierung von Elastomeren gibt DIN ISO 23529.

Normklimate für Kunststoffe werden in DIN EN ISO 291 festgelegt. Für Lacke und Anstrichstoffe legt DIN EN 23270 bzw. ISO 3270 Bedingungen zur Konditionierung und Prüfung fest. Hinweise zur Einstellung der Ausgleichsfeuchte für die Konditionierung von Wärmedämmstoffen gibt DIN EN 12429. Siehe auch Kap. 10.2.

Hinweise zur Probenvorbereitung und Vorprüfung von Beschichtungsstoffen sind Gegenstand der DIN EN ISO 1513. Hinweise zur Vorbereitung von Proben von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln gibt DIN EN 12594, zur Vorbereitung und Lagerung von Asphalt die DIN EN 12697-28.

9.6 Zerkleinerung

Die Grobzerkleinerung erfolgt im Labor in der Regel mit einem **Backenbrecher**. Backenbrecher haben bei Untersuchungen, die durch das Gefüge beeinflusst werden, z. B. Korrosionsuntersuchungen, den Nachteil, dass sie zusätzliche Fehlstellen im Prüfgut erzeugen. **Prallbrecher** bauen dagegen Fehlstellen ab. Es ist z. B. bekannt, dass das unterschiedliche Brechen mit Backenbrecher oder Prallbrecher einen Einfluss auf die **Frostbeständigkeit** von Materialien hat. Bei kleinen Mengen erfolgt die Grobzerkleinerung per Hammer und **Stahlmörser**. Gut bewährt hat sich auch eine Stahlplatte mit einem Stahlring, indem das Material mit einem Hammer zerkleinert wird. Die anschließende Feinzerkleinerung erfolgt bei kleinen Mengen in einem **Handmörser**, in der Regel aus Achat. Bei größeren Probenmengen oder der Notwendigkeit einer reproduzierbaren Feinzerkleinerung erfolgt diese z. B. in einer **Planetenmühle** oder einer **Scheibenschwingmühle**.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

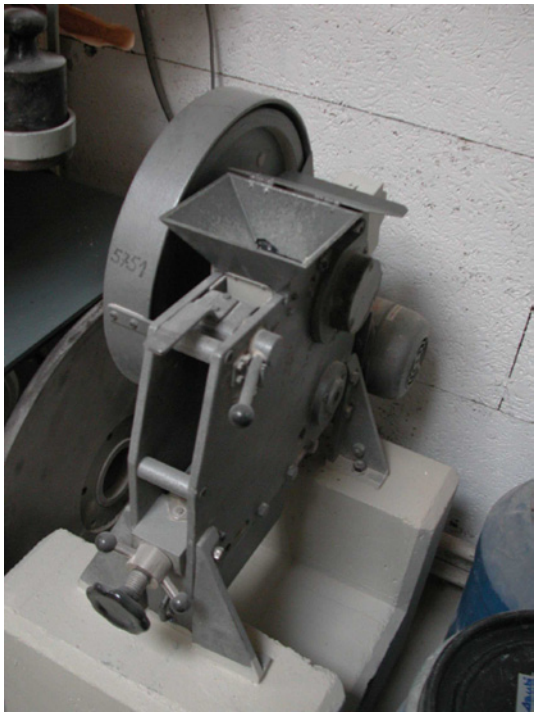


Abb. 11 Labor-Backenbrecher. Die Probe wird in den Trichter aufgegeben und dann von einer über ein Schwungrad angetriebenen beweglichen Backe gegen eine feste Backe gequetscht. Die Spaltbreite ist einstellbar. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.



Abb. 12 Stahlplatte, Stahlring und Stahlmörser zur Grobzerkleinerung kleiner Probenmengen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.



Abb. 13 Planetenmühle. Die Mahlbecher führen Kreisbewegungen um zwei verschiedene Achsen durch.

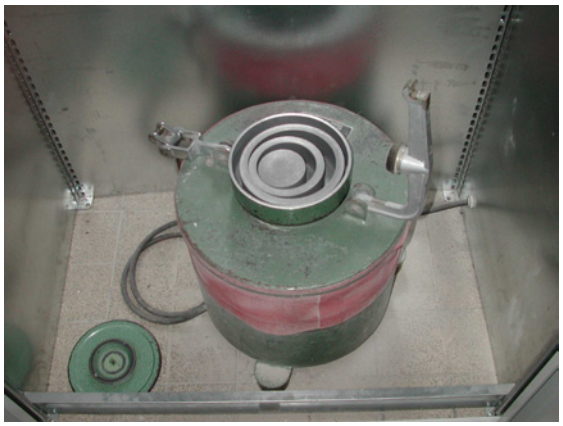


Abb. 14 Scheibenschwingmühle mit geöffnetem Mahlbehälter. Das Probenmaterial wird zwischen den Mahlringen zerkleinert. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Planeten- und Scheibenschwingmühlen sind mit Mahlgarnituren aus verschiedenen Materialien erhältlich, um eine kostengünstige Anpassung an die Materialeigenschaften zu erreichen und Verunreinigungen der Probe durch den Mahlvorgang zu vermeiden. Mühlen können z. T. bei geringem Energieeintrag auch als **Mischer** verwendet werden. Die Grenzen zwischen Mischen und Zerkleinern sind fließend. Weiche oder stark elastisch verformbare Materialien werden durch **Schneid- oder Rotormühlen** vermahlen. Gegebenenfalls ist es notwendig, Materialien durch starke Abkühlung zu verspröden (**Kryo-Mahlen**). Einige Materialien, z. B. **Zementstein**, neigen im feuchten Zustand zum Schmieren. Sie können nur in Flüssigkeit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

oder getrocknet vermahlen werden. Mahlvorgänge erzeugen Staub und Lärm. Mühlen sollten deshalb im Labor in gesonderten Räumen oder gekapselt in dichten Schränken angeordnet werden.

Während der gesamten Probenaufbereitung besteht die Gefahr, dass die Probe durch nicht ordnungsgemäß gereinigte Aufbereitungsgeräte verunreinigt wird. Von besonderer Bedeutung ist diese Gefahr bei Spurenelementanalysen, z. B. bei der **Chloridanalyse von Beton**. Es ist ratsam, neben der Säuberung der Geräte auch einen Durchlauf von Probenmaterial zu machen, das anschließend verworfen wird. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn genügend Probenmaterial vorhanden ist.

9.7 Sägearbeiten

Sägearbeiten werden bei mineralischen Baustoffen in der Regel mit Diamantsägen durchgeführt. **Diamantwerkzeuge** müssen in der Regel wassergekühlt werden, ansonsten steigt der Verschleiß dramatisch an. **Gesteinssägen** sind in verschiedensten Größenordnungen erhältlich. Mobile Sägen können auch am Bauwerk eingesetzt werden. Sehr große Bauteile werden mit diamantbesetzten **Seilsägen** zertrennt. Mit Präzisionssägen ist es auch bei inhomogenen mineralischen Stoffen wie **Mörtel** und **Beton** möglich, sehr dünne Schnitte abzutrennen, mit einer Dicke unter 1 mm.



Abb. 15 Präzisionssäge, z. B. zum Präparieren von mikroskopischen Dünnschliffen.

9.8 Schleifen und Abgleichen von Proben für mechanische Prüfungen

Für die mechanische Prüfung von Probekörpern sind parallele und ebene Prüfflächen erforderlich. Dies kann entweder durch Planschleifen oder durch Abgleichen erreicht werden. Planschleifmaschinen sind sowohl für einzelne Probekörper, als auch für das gleichzeitige Schleifen mehrerer Proben erhältlich. Das **Abgleichen von Probekörpern** kann beispielsweise mit einer dünnen Lage eines schnellerhärtenden Mörtels vorgenommen werden. Verfahren sind beschrieben in DIN EN 12390-3 (siehe auch Kap. 12.7.1).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 16 Schleifmaschine, z. B. für die Bearbeitung von Bohrkernen.

9.9 Herstellen von Dünn- oder Anschliffen

Die Herstellung von Dünnschliffen ist notwendig, um Baustoffproben mit **Polarisationsmikroskopie** im Durchlicht untersuchen zu können. Anschliffe werden für die Mikroskopie in Reflexion benötigt, insbesondere bei hohen Vergrößerungen. Die Herstellung guter Dünn- oder Anschliffe erfordert Übung und Erfahrung. Die Herstellung wird daher häufig an darauf spezialisierte Dienstleister vergeben. Die Herstellung von Dünnschliffen ist beschrieben in DIN EN 12407 (siehe auch Kap. 14.4).

Häufig ist es notwendig zur Anfertigung von Dünn- oder Anschliffen poröse Proben vorher mit Harz zu tränken um sie mechanisch zu stabilisieren. Bei **Untersuchungen der Porosität**, z. B. des **Luftporengehaltes**, kann die Porosität zur Verbesserung des Kontrastes mit einem gefärbten oder fluoreszierenden Harz gefüllt werden. Dazu kann die Probe in einem verschlossenen und mit Harz gefüllten Beutel in einem **Hochdruckautoklaven** druckbeaufschlagt werden (siehe Kap. 10.5). Alternativ saugt man das Harz unter Vakuum ein. Weiterführende Literatur: Kern, M.; Trempler, J.: Beobachtende und messende Mikroskopie in der Materialkunde, Brünne Verlag, Berlin, 2007.

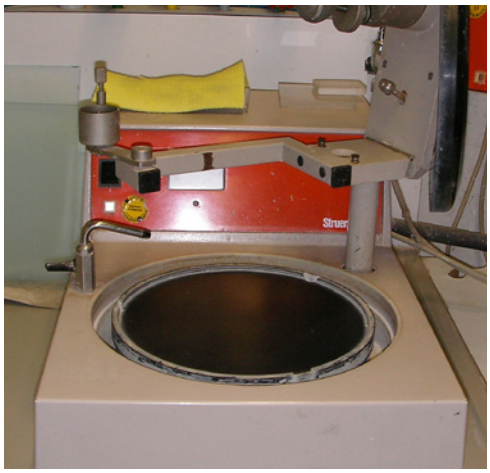


Abb. 17 Handschleifmaschine.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

9.10 Extraktion, Eluation, Destillation und Probenaufschluss

Zum Abtrennen einzelner Bestandteile aus einem Gemisch wird häufig die **Extraktion** oder **Eluation/Elution löslicher Bestandteile** eingesetzt. Die Begriffe werden gleichartig verwendet. Eluationsverfahren werden auch in starkem Maße bei der Beurteilung der **Umweltgefährung durch Baustoffe** eingesetzt. Siehe dazu unter Kap. 15.

Zwei Beispiele für die Verwendung dieser Verfahren sind die Extraktion mit organischen Lösungsmitteln, Wasser oder Sodalösung zur Untersuchung möglicher **Zusatzmittel** im **Beton** und die Extraktion des organischen Bindemittelanteils aus einem **kunststoffvergüteten Mörtel** zur anschließenden Analyse, in der Regel mittels **Infrarotspektroskopie,** verschiedenen **chromatographischen Methoden** oder **UV/VIS-Spektroskopie**.

Dazu verwendet man eine Extraktionskolonne und verdampft das Lösungsmittel anschließend in einem **Rotationsverdampfer**. Häufig eingesetzt werden **Soxhlet-Extraktionen**. Sie erfordern zwar nur geringen Investitionsaufwand, sind jedoch sehr zeitaufwändig und haben einen hohen Verbrauch an z. T. problematischen Lösungsmitteln. Ein weiteres Beispiel für eine Soxhlet-Extraktion ist die Extraktion von **Kreosot** aus behandeltem Holz mit Toluol nach DIN EN 1014-2.



Abb. 18 Soxhlet-Extraktionskolonne (links) und Rotationsverdampfer (rechts). In der Extraktionskolonne ist die Hülse erkennbar, in der sich die Probe befindet. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Weitere Beispiele sind die Extraktion **wasserlöslicher Salze** aus Ziegeln nach DIN EN 772-5, die Extraktion von **Formaldehyd** mit siedendem Toluol und die Überführung in eine wässrige Lösung bei der Analyse des Formaldehydgehaltes in Holzwerkstoffen nach DIN EN 120 (**Perforatormethode**), das Herauslösen von Fasern und Füllstoffen aus noch nicht erhärteten faserverstärkten Kunststoffen nach DIN EN ISO 11667 durch Extraktion des Harzes und die Ermittlung **wasserlöslicher Anteile** in Gesteinskörnung nach DIN EN 1744-1. Die Eluation von Gesteinskörnung für die weitergehende Untersuchung des Eluats ist Gegenstand der DIN EN 1744-3. Die grobstückige Messprobe wird mit Wasser in einem **Trog** eluiert (s. auch unter TP Gestein-StB).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

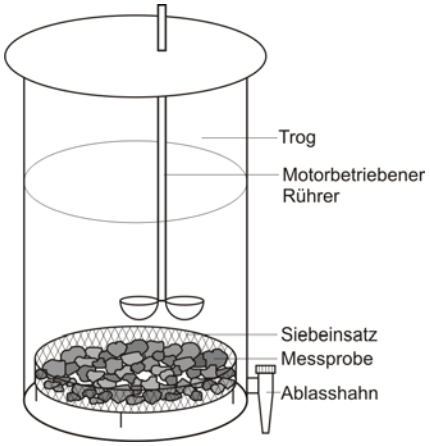


Abb. 19 Aufbau zur Eluation von Gesteinskörnung nach DIN EN 1744-3. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Bei der Prüfung der Zusammensetzung bituminöser Baustoffe wird die Extraktion und **Destillation** eingesetzt. Bitumenhaltige Bindemittel und Baustoffe können durch Destillation in Fraktionen aufgespalten werden. DIN EN 1431 beschreibt ein Destillationsverfahren zur Auftrennung von Bitumenemulsionen in das nach der Destillation verbleibende Bindemittel, Wasser und Öldestillat. DIN EN 12606-1 beschreibt ein auf einer Destillation beruhendes Verfahren, DIN EN 12606-2 ein auf einer Extraktion beruhendes Verfahren zur Bestimmung des Paraffingehaltes von Bitumen.

Die Extraktion des Bindemittels aus Asphaltproben nach DIN EN 12697-1 wird zur Bestimmung des Bindemittelgehaltes eingesetzt. Zu beachten ist, dass auch feinkörnige Bestandteile der Gesteinskörnung **(Füller)** mit extrahiert werden und aus der Bindemittellösung rückgewonnen werden müssen. Der Bindemittelgehalt wird durch Ermittlung der Massen der weiteren Bestandteile des Asphalts und Differenzenbildung ermittelt oder durch Rückgewinnung des Bindemittels aus der Bindemittellösung. Die Rückgewinnung kann bei Straßenbaubitumen mit Hilfe einer Vakuumdestillation im Rotationsverdampfer nach DIN EN 12697-3 nach vorhergehender Abtrennung unlöslicher Stoffe mittels Zentrifugieren oder Filtrieren erfolgen. Bei Mischgütern mit flüchtigen Anteilen ist die Rückgewinnung mit einer Fraktionierkolonne nach DIN EN 12697-4 besser geeignet. Auch DIN 1996-6 beschäftigt sich mit der Bestimmung des Bindemittelgehaltes und der Rückgewinnung des Bindemittels aus Asphalt.

Bei hohem Probendurchsatz oder der Notwendigkeit einer sehr schnellen Extraktion sollte die Möglichkeit einer **überkritischen Fluidextraktion (SFE)** in Betracht gezogen werden. Überkritische Fluide haben z. T. eine deutlich größere Lösefähigkeit als Flüssigkeiten. Eine überkritische Fluidextraktion erfordert jedoch größeren Investitionsaufwand. Häufig eingesetzt wird als Fluid Kohlendioxid.

Bei der **Festphasen-Mikroextraktion (SPME)** wird eine beschichtete Quarzfaser in die wässrige Probe oder in den Gasraum über der Probe eingebracht. Der adsorbierte Analyt wird anschließend durch Thermodesorption wieder freigesetzt. Diese Technik wird bei der Gaschromatographie eingesetzt.

Nach dem DIN Fachbericht CEN/TR 196-4 lässt sich der **Erstarrungsregler**, **Portlandzementklinker** und carbonathaltiger **Füller** sowohl mit EDTA-Lösung als auch mit verdünnter Salpetersäure **selektiv aus Zement herauslösen**. Die EDTA-Lösung löst nicht **Hüttensand, Puzzolan, Flugasche** und kieselsäurehaltige Füller. Die verdünnte Salpetersäure löst nicht Puzzolan, Flugasche, kieselsäurehaltiger Füller und **Silikastaub**. Nach der gleichen Quelle löst sich im Prinzip Portlandzementklinker und Erdalkalicarbonate in einer Lösung von Salzsäure und Salicylsäure in Methanol, kieselsäurereiche Flugasche und carbonatfreie natürliche Puzzolane jedoch nicht. Teile des Erstarrungsreglers gehen in Lösung, ein anderer Teil nicht.

Durch **KOH/Saccharose-Auszug** lassen sich **C_3A** und **C_4AF** selektiv aus Zementklinker herauslösen, **C_2S** und **C_3S** bleiben erhalten. Mittels **Salicylsäure/Methanol-Auszug** lassen sich **Silikate** und **Freikalk** aus Zement herauslösen, C_3A, C_4AF und Puzzolane bleiben im Prinzip ungelöst. Siehe dazu: Götz-Neunhoef-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

fer, F.: Modelle zur Kinetik der Hydratation von Calciumaluminatzement mit Calciumsulfat aus kristallchemischer und mineralogischer Sicht, Habilitation, Universität Erlangen-Nürnberg, Erlanger Forschungen, Reihe B, Band 29, ISBN 3-930357-78-X, 2006. Die selektive Lösung mit Salicylsäure in Methanol ist auch beschrieben im DIN Fachbericht CEN/TR 196-4. Diese Verfahren und weitere selektive Lösungsverfahren werden auch behandelt von Taylor, H.F.W.: Cement Chemistry, 2nd ed., Thomas Telford, London, 1997, Kap. 4.3.3.

Arjunan, P. und Kumar, A.: Rapid techniques for determination of free lime and free magnesia in cement clinker and portlandite in hydrates, Cement and Concrete Research, Bd. 24, S. 343–352, 1994, beschreiben Methoden zur selektiven Lösung von **freiem CaO** und **MgO** aus Zement und **$Ca(OH)_2$** aus hydratisiertem Zementstein **(Ammonium Acetat Methode und Ammonium Nitrat Methode)**.

Mittels **Chloroform- bzw. Chloroform-Ether-Extrakt** lassen sich **Öle** und **Stearate** extrahieren, mittels **Salzsäure-Chloroform-Extraktion** lassen sich **Fettsäuren** extrahieren.

Die normgemäßen Verfahren zur selektiven Extraktion von freiem CaO sowie $Ca(OH)_2$ sind in Kap. 14.2.17 aufgeführt.

Im Gegensatz zu einer Extraktion oder Eluation dient ein **Probenaufschluss** von Festkörpern dazu, eine Probe möglichst vollständig in Lösung zu bringen bzw. eine schwerlösliche Substanz in Lösung zu bringen. Häufig werden **Säureaufschlüsse** durchgeführt, um den Festkörper oder zumindest den säurelöslichen Anteil eines Festkörpers in Lösung zu bringen. Je nach verwendeter Säure und Temperatur des Lösungsprozesses werden dabei jedoch unterschiedliche Anteile des Baustoffs in Lösung überführt. Dies ist bei der Planung und Interpretation von Versuchen zu berücksichtigen. So löst **Essigsäure** beispielsweise Carbonate nicht. In der Bauchemie wird außerdem der **Sodaaufschluss** häufiger angewandt, um Silikate bzw. **SiO_2** in Lösung zu bringen.

9.11 Dichtetrennung

Die Dichtetrennung ist ein Verfahren um körnige Materialien unterschiedlicher Dichte voneinander zu trennen. Das Verfahren verwendet Schwereflüssigkeiten definierter Dichte. Körner, die eine höhere Dichte haben als die Schwereflüssigkeit sinken ab, leichtere Körner schwimmen auf. Die Dichtetrennung wird durch **Zentrifugieren** beschleunigt. Nähere Informationen zu dem Verfahren können entnommen werden aus: Ney, P.: Gesteinsaufbereitung im Labor, Enke Verlag, Stuttgart, 1986.

Die Dichtetrennung ist zentraler Teil mehrerer Prüfverfahren: DIN EN 1744-1 verwendet dieses Verfahren um **leichte organische Bestandteile von Gesteinskörnung** normaler Dichte zu trennen und zu quantifizieren. Bestimmt wird das Verhältnis der Masse der getrockneten Probe zur Masse der aufschwimmenden Teilchen **m_{LPC}** in Prozent. Bei leichten Anteilen handelt es sich häufig um **Kohle**, die zu **Verfärbungen** und mangelhaftem **Frostwiderstand** führen kann.

Der DIN Fachbericht CEN/TR 196-4 nutzt die Dichtetrennung als eines von zwei Verfahren zur Trennung von **Hüttensand** und **Portlandzementklinker**. Alternativ kann der Hüttensandgehalt mikroskopisch bestimmt werden (s. Kap. 14.4.5).

Dichtetrennung kann auch eingesetzt werden um **Zementstein** aus erhärtetem Beton zurück zu gewinnen. Das entsprechende Verfahren ist beschrieben in:

Jehn, C.; Schmidt-Döhl, F.; Franke, L.: Nachträgliche Alkaliaufnahme der Betondecken von Verkehrswegen und der Prüfkörper in Perfomance-Tests zur Alkalireaktion infolge von Taumittel-Beaufschlagung, beton, Heft 10, S. 110–114, 2012.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

9.12 Weitere Aufbereitungs- und Aufarbeitungsschritte

Neben den in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen gibt es weitere Verfahren, um eine interessierende Phase aus einer Probe abzutrennen, z. B. durch **Klauben (Handsortierung)** oder **Magnetscheidung**. Nähere Informationen zu diesen Verfahren können entnommen werden aus Ney, P.: Gesteinsaufbereitung im Labor, Enke Verlag, Stuttgart, 1986. Eine Handsortierung ist zum Beispiel der zentrale Arbeitsschritt zur Ermittlung der Bestandteile grober recyclierter Gesteinskörnung nach DIN EN 933-11. Auch DIN EN 933-7 greift zur Bestimmung des Gehaltes von **Muschelschalen** in Gesteinskörnungen auf eine händische Sortierung zurück.

Eine **Filtration** inklusive Vakuum- und Druckfiltration dient zum Trennen von Suspensionen in den flüssigen und den festen Anteil. Häufig muss eine Grob- und eine Feinfiltration hintereinander geschaltet werden, um in vertretbaren Zeiträumen eine ausreichende Trennung zu erreichen. **Zentrifugieren** wird zum Trennen von Festkörper und Flüssigkeit in Suspensionen eingesetzt.

Das Herstellung von **Filmen** ist nötig bei **polymeren Stoffen** die in Dispersionsform vorliegen und als Feststoff untersucht werden sollen.

Teilweise ist es nicht möglich Stoffe direkt zu untersuchen, wohl aber deren Zersetzungsprodukte bei Temperaturerhöhung unter Sauerstoffmangelbedingungen. Dann wird eine **Pyrolyse** durchgeführt. Dies ist z. B. bei der **Infrarotspektroskopie** eine gängige Technik der Probenvorbereitung (siehe Kap. 14.7.1).

Häufig ist ein Aufheizen vor der Untersuchung notwendig oder eine Veränderung des pH-Wertes einer Lösung, z. B. um Stoffe in Lösung zu bringen. Liegen Konzentrationen außerhalb des Bereichs, die von der angestrebten Untersuchungsmethodik verarbeitet werden kann, müssen Verdünnungs- oder Aufkonzentrationsschritte vorgenommen werden. Für quantitative Analysen muss der Verdünnungsfaktor bzw. das Aufkonzentrationsverhältnis bekannt sein. Für quantitative Analysen ist außerdem z. T. eine Standardzugabe zur Probe notwendig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

10 Erzeugung definierter Klimarandbedingungen sowie hoher und tiefer Temperaturen oder Drücke

10.1 Allgemeines

Sehr viele Prüfungen an Baustoffen müssen bei definierten Klimarandbedingungen durchgeführt werden, da diese die Ergebnisse in starkem Maße beeinflussen. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Parametern Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Druck und Windgeschwindigkeit. Das Aufbringen von Schadstoffkonzentrationen und UV-Strahlung steht in der Regel in direktem Zusammenhang mit **Dauerhaftigkeitsuntersuchungen** und wird deshalb in Kap. 29 behandelt.

10.2 Erzeugung definierter Bedingungen der Temperatur und relativen Luftfeuchte

Zur Einstellung definierter Klimarandbedingungen werden **Klimaräume und -schränke** eingesetzt. Häufig verwendete **Normklimabedingungen** im Bauwesen sind 20 °C / 65 % relative Feuchte (häufig angewandt zur Lagerung von Beton und Holzproben), 23 °C / 50 % relative Feuchte (häufig angewandt bei Kunststoffen, Lacken und Anstrichstoffe, nicht tropische Länder), 27 °C / 65 % relative Feuchte (Kunststoffe, tropische Länder), Räume bzw. Kammern mit definierter Temperatur und 100 % relativer Feuchte, die mit einem Verdampfer ausgerüstet sind (**Nebelraum**, z. B. für Prüfungen zur **Alkali-Kieselsäure-Reaktion**, s. Abb. 298) und Kammern zur **Feuchtlagerung** (> 90 % relativer Feuchte) bei 20 °C (siehe auch Kap. 9.5).

Während Räume mit Klimaaggregaten sich häufig nur in einem relativ engen Temperatur- und Feuchtebereich klimatisieren lassen, erlauben kleinere **Umweltsimulationsprüftruhen** einen deutlich größeren Variationsbereich von Temperatur und relativer Luftfeuchte. Umweltsimulationsprüftruhen lassen sich z. T. auch mit definierter Gasatmosphäre betreiben und können z. T. **Beregnung, Betauung** und **UV-Strahlung** aufbringen (s. Abb. 307).

Eine sehr einfache und zuverlässige Art definierte **relative Luftfeuchten** einzustellen ist das Arbeiten mit gesättigten Salzlösungen mit Bodensatz (**Feuchtelösungen**). Über solchen Salzlösungen stellt sich eine definierte relative Luftfeuchte ein, die nur vom Salz und von der Temperatur abhängig ist. Feuchtezufuhr führt dazu, dass Bodensatz nachgelöst wird. Feuchteabfuhr führt dazu, dass vermehrt Bodensatz gebildet wird. Die Luftfeuchte bleibt solange konstant, wie noch Wasser und Bodensatz vorhanden ist. Entsprechende Daten über Feuchtelösungen können aus dem CRC Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Company, Boca Raton entnommen werden. Auch die DIN EN ISO 12571 enthält entsprechende Informationen

Spezielle temperierbare Kammern sind in der Lage die Temperaturbedingungen von Betonproben so nachzufahren, wie es den gleichzeitig experimentell gemessenen Verhältnissen an einem definierten Ort im Bauwerk entspricht. Auf diese Weise lassen sich an gesondert hergestellten Probekörpern Eigenschaften ermitteln, die vom **Beton-Reifegrad** abhängen, ohne dass zerstörend in das Bauwerk eingegriffen werden muss. Siehe auch Kap. 12.7.3 und Abb. 123.

Prüfungen bei höheren Temperaturen erfordern **Öfen**, in die das Probenmaterial eingelagert wird oder in die die jeweilige Prüfeinrichtung integriert wird. Bei Öfen für die chemische Materialprüfung handelt es sich häufig um **Muffelöfen**. Bei diesen werden das Probenmaterial und die entstehenden Gase von einem feuerfesten Einsatz, der Muffel, von den Heizelementen getrennt. Auch **Labor-Drehrohröfen** sind erhältlich.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 20 Labor-Drehrohrofen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Erzeugung tiefer Temperaturen erfordert den Einsatz von **Umlaufkühlern,** die mit Kühlflüssigkeiten als wärmeübertragendem Medium arbeiten oder Zusatzeinrichtungen, die mit flüssigem Stickstoff kühlen.



Abb. 21 Anlage zur Stickstoffkühlung einer **DSC** zur Messung bei erniedrigten Temperaturen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

10.3 Einstellung definierter Windgeschwindigkeiten und Verdunstungsbedingungen

Die Lagerung eines Baustoffs in einem **Windkanal**, mit dem Zweck eine definierte Verdunstungsbeanspruchung zu schaffen ist beschrieben in DIN EN 73. Daneben werden Windkanäle im Bauwesen auch eingesetzt, um die mechanische Beanspruchung und Anregung von Strukturen durch den Wind zu untersuchen.

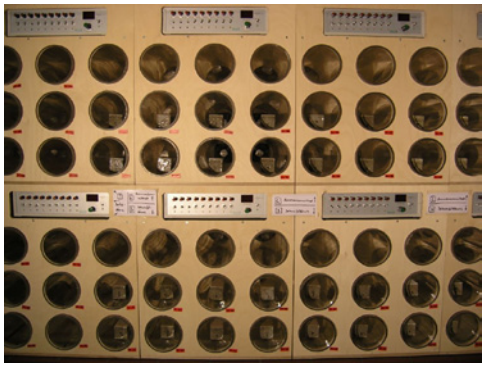


Abb. 22 Mini-Windkanäle mit individueller Regelung der Ventilatorenleistung (Einstellung mit Anemometer) in einem Klimaraum, zur Herstellung definierter Verdunstungsbedingungen für Mörtelprismen. Foto: H. Goedeke.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

10.4 Untersuchungen im Freiland

Zusätzlich zu Umwelt- und Korrosionsprüfungen im Labor werden Baustoffe auch einer **Freibewitterung** ausgesetzt. Wichtig dabei ist die Erfassung des **Mikroklimas** am Ort der Auslagerung.



Abb. 23 **Wetterstation** zur Erfassung der lokalen Wettersituation an einem Naturstein-**Probebauwerk**. Messung von Niederschlag, Strahlung, Temperatur, relativer Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Foto: R. Epperlein, Versuchsaufbau: iBMB/MPA Braunschweig.

Hinweise zur Durchführung von Freilandversuchen können beispielsweise DIN EN ISO 2810, DIN EN 13523-19 zusammen mit DIN EN 13523-21 (Beschichtungen) sowie DIN EN ISO 877-1 (Kunststoffe) und DIN EN ISO 7441 (Metalle) entnommen werden.

Korrosionsversuche an Metallen in der Atmosphäre sind außerdem Gegenstand der DIN EN ISO 8565. Korrosionsversuche an Metallen in **Meerwasser** werden behandelt in DIN EN ISO 11306. Auf Freilandversuche zur Beurteilung der Tauglichkeit von Korrosionsschutzsystemen im Stahlwasserbau wird außerdem eingegangen in der Richtlinie für die Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB) der Bundesanstalt für Wasserbau (siehe auch Kap. 29.27).

Eine Prüfkammer, die die Proben vor Regen und Sonne schützt, aber einen freien Luftaustausch zulässt, ist beispielsweise die in DIN CEN/TS 12390-10 beschriebene **Stevenson-Screen**.

10.5 Erzeugung erhöhter Drücke

Müssen Baustoffe erhöhten Drücken ausgesetzt werden, werden dazu **Hochdruckautoklaven** verwendet. Das sind druckfeste Behälter aus Stahl oder Sonderwerkstoffen mit erhöhtem Korrosionswiderstand. Die Temperierung erfolgt über externe Öfen, einen elektrisch betriebenen Heizmantel oder eine Doppelwandung, die extern über eine Flüssigkeit temperiert wird.

Bei offenen Autoklaven kann der Druck über Druckgasflaschen mit Druckminderern aufgebracht werden. Für höhere Drücke werden **Hochdruckpumpen** eingesetzt, die nach dem Prinzip automatisch arbeitender **Druckübersetzer** arbeiten. Sie werden über eine normale Druckluftversorgung angetrieben und können ein Gas, z. B. aus einer Druckgasflasche, auf einen Druck von mehreren Kilobar komprimieren.

Eine weitere Möglichkeit zur Druckerzeugung besteht darin, das Autoklavenvolumen mit einer definierten Menge an Wasser zu füllen, wodurch sich ein von der Flüssigkeitsmenge und der Temperatur abhängiger Druck einstellt (geschlossene Autoklaven). Bei genügend hoher Wassermenge ist unterhalb der kritischen Temperatur des Wassers der sich einstellende Druck nur von der Temperatur abhängig. Der Zusammenhang zwischen Wassermenge, Druck und Temperatur kann entnommen werden aus: American Journal of Science, Bd. 248, S. 541, 1950.

Autoklaven werden z. B. benötigt, wenn die **Wasseraufnahme** von Werkstoffen bei erhöhtem Druck, üblicherweise 150 bar, geprüft werden soll. Sie werden außerdem eingesetzt, um zu Präparationszwecken die Porosität von Proben mit Harzen zu füllen (siehe Kap. 9.9). Weitere Anwendungsgebiete liegen in der

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Untersuchung von **Reaktionen** und **Korrosionsprozessen** bei erhöhtem Druck. Zum Betrieb von Hochdruckautoklaven bestehen gesonderte Sicherheitsvorschriften. Für Untersuchungen an Bindemitteln bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur ist es ratsam, die Prüfverfahren für Tiefbohrzemente nach DIN EN ISO 10426 auf ihre Tauglichkeit für die jeweilige Fragestellung zu prüfen.

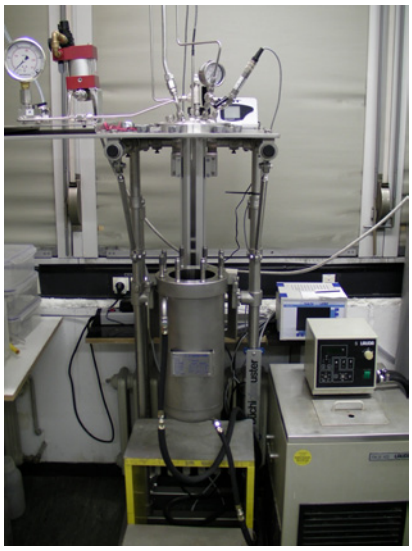


Abb. 24 Hochdruckautoklav im geöffneten Zustand mit druckluftbetriebener Maximator Hochdruckpumpe zum Arbeiten mit CO_2 und Temperierung über flüssigkeitsgefüllten Doppelmantel. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung der TU München.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

11 Einfache Voruntersuchungen

Bevor man aufwändige Untersuchungen startet, ist es sehr ratsam zuerst einige einfache, aber oftmals sehr wirkungsvolle Voruntersuchungen durchzuführen, die auch ohne Labor durchgeführt werden können. Dazu gehören z. B.:

- Die genaue Betrachtung der Probe mit dem Auge. Das Aussehen der äußeren Oberfläche und die Farbe frischer Bruchflächen ist häufig sehr charakteristisch für Baustoffe, z. B. die blaue Farbe von **Betonen** mit **Hochofenzement**, die am Rand von Bauteilen unter Lufteinfluss verblasst und dann einen vergleichsweise hellen **Zementstein** ergibt (für weitere Prüfverfahren auf Betone mit Hochofenzement siehe dieses Kapitel, Abschnitt Geruch sowie Kap. 14.4.5 und 14.5.8). Zum Durchmustern z. B. von **Gesteinskörnung** empfiehlt sich eine Leuchtlupe. Die einfache **petrographische Beschreibung** von Gesteinskörnung ist Gegenstand von DIN EN 932-3.
- Die Betrachtung der Probe mit der Lupe oder mit dem **Stereomikroskop**. Insbesondere das Stereomikroskop zeigt gegenüber einer Untersuchung per Auge deutlich mehr Einzelheiten. Mit etwas Übung und Erfahrung kann man anhand der Form und Farbe von Komponenten eine Reihe von Stoffen und Gefügemerkmalen identifizieren, siehe dazu auch Kap. 20.3. Der Kauf eines Stereomikroskops ist deshalb z. B. auch für Sachverständige eine lohnende Investition.

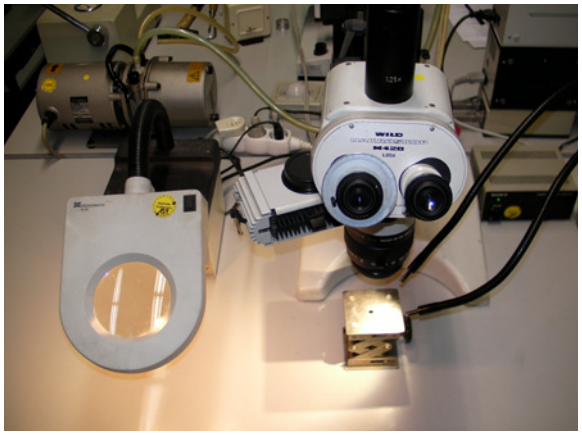


Abb: 25 Stereomikroskop mit Kaltlichtquelle und Leuchtlupe.

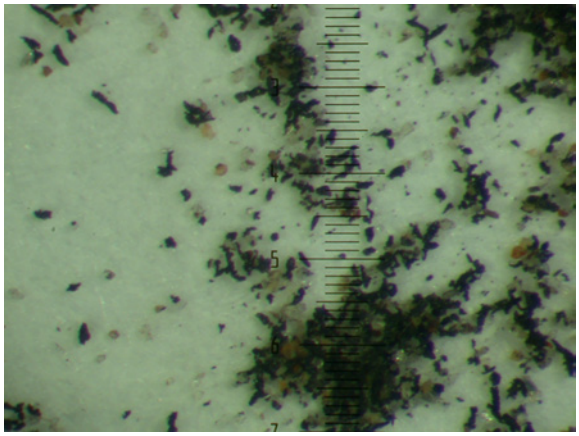


Abb. 26 Stereomikroskopische Aufnahme. Typisch für **polymere** Stoffe sind die unregelmäßig geformten, amöbenartigen Partikel, wie die hier neben den durchscheinend hellen Quarzkörnern sichtbaren schwarzen »Würmer«. Weitere Untersuchungen zeigten, dass dieses Material röntgenamorph ist. Außerdem hat es klebrige Eigenschaften. Es handelt sich dabei um einen **bituminösen Abrieb**, der Quarzkörner auf Lackoberflächen festklebt und so zum Zerkratzen führt. Bildhöhe 1,65 mm. **Streupräparat** der Fraktion kleiner 40 Mikrometer auf Papier. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

- Wie verhält sich die Probe bei der mechanischen Bearbeitung mit dem Finger (**Absanden/Abmehlen**) und mit einem Metallteil? Wie leicht lässt sie sich ritzen und wie leicht ist Material abzulösen? Sind unterschiedliche Eigenschaften in unterschiedlicher Tiefe erkennbar? Liegen auf dem Grundwerkstoff eine oder mehrere andere Schichten auf? Die **Gitterritzprüfung**, bei der die Oberfläche in einem Raster eingeritzt wird und das Ausmaß der entstehenden Ausbrüche beurteilt wird sowie die **Hammerschlagprüfung**, bei der ein Hammerschlag auf die Oberfläche ausgeführt wird und der Ausbruch von Oberflächenstücken beurteilt wird, sind bekannte Prüfungen zur Beurteilung von **Estrichoberflächen**.
- Wie reagiert die Oberfläche eines porösen Stoffes mit Wasser bei Befeuchtung und auch bei Wiederaustrocknung? Wird Wasser aufgenommen? Wenn ja wie schnell und in welchem Maße? Perlt

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

das Wasser ab (hydrophobe Oberfläche, **Abperltest** nach DIN EN 1504-2)? Wird die Probe oder Teile der Probe von Wasser angelöst oder aufgelöst? Gibt es Bereiche die bei Austrocknung länger feucht bleiben als andere? Nach Reul, H. (Hrsg.): Kittel Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Bd. 7 Produkte für das Bauwesen, Beschichtungen, Bauklebstoffe, Dichtstoffe, Hirzel, Stuttgart, 2005, spricht man von einem **saugfähigen Untergrund**, »wenn ein aufgebrachter Wassertropfen innerhalb von ca. einer Minute aufgenommen wird.«



Abb. 27 **Kalksandstein** mit werkseitig hydrophobierter Ansichtsfläche. Zum Teil ist auch die Lagerfuge hydrophobiert. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.



Abb. 28 **Ziegel** mit verschmorter, glasiger Oberfläche, fast ohne Wasseraufnahme. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

- Reagiert das Material mit **Salzsäure**? Wird die Probe aufgelöst, verfärbt oder treten Gasblasen auf? **Zementgebundene Stoffe** und **Kalk** reagieren stark mit Salzsäure. Zementgebundene Baustoffe zeigen mit Säure in der Regel eine bräunliche Verfärbung.
- Der pH-Wert frischer Bruchflächen oder von Oberflächen kann durch Aufsprühen von Indikatorflüssigkeit geprüft werden. Zur Prüfung der Carbonatisierungstiefe zementgebundener Baustoffe wird z. B. der Indikator **Phenolphthalein** mit einem Umschlagbereich zwischen pH 8,4 und 10,0 benutzt, siehe Kap. 29.26.1. Auch der Einflussbereich anderer Prozesse, die den pH-Wert verändern, kann so untersucht werden, z. B. der neutralisierte Bereich im Zuge eines Säureangriffs. Es gibt auch flüssige **Universalindikatoren**, die einen größeren pH-Bereich abdecken. Schwierigkeiten bei deren Anwendung bereitet jedoch ggf. die Eigenfarbe des Baustoffs. Nach Befeuchtung können auch Indikatorpapiere eingesetzt werden, bei deren Anwendung die Eigenfarbe des Baustoffs keine Rolle spielt. Auch stark alkalisch oder eher neutral reagierende Baustoffe können unterschieden werden (**Gips/Kalk**).

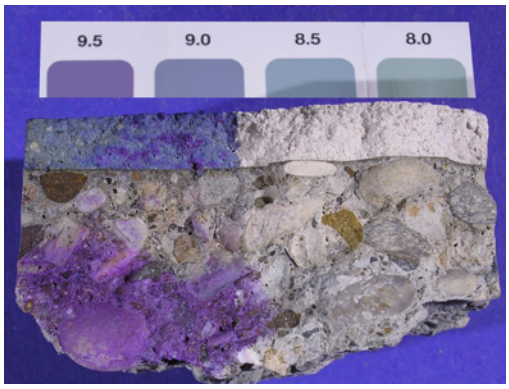


Abb. 29 Anwendung eines flüssigen Universalindikators bei einem Putz-Beton-Verbundkörper. Erkennbar ist, dass in der Tiefe des Betons und im Putz eine höhere Alkalität vorliegt als in der Randzone des Betons. Foto: M. Heidmann.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- Der **Anbrenntest** zur Unterscheidung von **Teer** und **Bitumen**. Bitumen brennt wachsartig und bildet einen süßlichen Geruch mit grauem Rauch. Teer knistert beim Anbrennen und bildet einen schwefelig stechenden Geruch und schwarzen Rauch.
- Die **Polymerbasis von Kunststoffen** kann häufig durch eine Untersuchung des **Verhaltens in der Flamme** ermittelt werden. Wichtige Kriterien dabei sind: ist der Stoff brennbar, brennt die Flamme nach Entfernen der Zündquelle weiter, welche Flammenfärbung zeigt sich, reagieren die Brandgase sauer oder alkalisch, tritt Rußbildung auf, Geruch?
  Hinweise zu solchen Versuchen können entnommen werden aus:
  Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.
  Entsprechende Hinweise sowie zahlreiche weitere einfache bauchemische Nachweise sind beschrieben in: Karsten, R.: Bauchemie, C.F.-Müller Verlag, Heidelberg, 2003 sowie Henning, O.; Knöfel, D.: Baustoffchemie, Verlag für Bauwesen, Berlin, 6. Auflage, 2002.
- Wie riecht die Probe im Ausgangszustand, wie nach Befeuchtung? Viele Stoffe zeigen einen charakteristischen **Geruch**, z. B. Sulfide (in **Hochofenzement**), Tone, Lösungsmittel und andere organische Stoffe. Betone mit Hochofenzement zeigen in der Hitze nach Ansäuerung mit verdünnter Salzsäure eine Entwicklung von **H_2S** (Geruch nach faulen Eiern) bzw. eine Dunkelfärbung von angefeuchtetem **Bleiacetatpapier**.
- Zeigt die **Beschichtung metallischer Proben** eine **Farbveränderung** oder ein lokales **Abplatzen?** Dies kann ein Hinweis auf plastische Verformungen im metallischen Untergrund sein (s. Peil, U.: Lebensdauerverlängerung von Bauwerken mit Hilfe von Bauwerksüberwachung, Bautechnik, Bd. 80, S. 614–630, 2003).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12 Untersuchung des mechanischen Verhaltens von Baustoffen und Bauteilen

12.1 Allgemeines

Die Ermittlung von Kenngrößen des mechanischen Verhaltens von Baustoffen und Bauteilen spielt in der Materialprüfung im Bauwesen eine zentrale Rolle. Die Ergebnisse entsprechender Prüfungen werden häufig nicht nur durch die Werkstoffeigenschaften, sondern auch durch das Prüfverfahren selbst beeinflußt, z. B. durch:

- **Die Belastungsgeschwindigkeit**: Das Ergebnis jeder mechanischen Prüfung wird von der Prüfdauer bzw. der Belastungsgeschwindigkeit beeinflusst. Festigkeit und Verformungsverhalten sind von der Belastungsgeschwindigkeit abhängig. Ein »normaler« Kurzzeitversuch ist in diesem Sinne nur ein Versuch der »irgendwo in der Mitte liegt«, zwischen einem Versuch mit extrem hoher Belastungsgeschwindigkeit und den häufig damit verbundenen größeren Festigkeiten (nicht immer!) und spröderem Materialverhalten sowie einem Zeitstandversuch. Dies ist bei der Ausführung und Beurteilung von Kurzzeitversuchen zu berücksichtigen. Ganz besonders stark macht sich dies bei der Prüfung von **Kunststoffen** bemerkbar, die werkstoffbedingt durch eine extreme Zeit- und Temperaturabhängigkeit des Verformungsverhaltens gekennzeichnet sind. Auch Kurzzeitversuche an Kunststoffen werden bereits durch die Zeitabhängigkeit des mechanischen Verhaltens beeinflusst. Es wird in diesem Zusammenhang auf Kap. 12.29 verwiesen.
- **Die Temperatur**: Je tiefer die Probentemperatur bei der Messung, umso höher ist i. d. R. die messbare Festigkeit, aber umso größer ist auch die Gefahr von Sprödbrüchen. Insbesondere Kunststoffe zeigen eine sehr starke Abhängigkeit ihrer mechanischen Eigenschaften von der Temperatur. Mechanische Untersuchungen an Kunststoffen und **bituminösen Baustoffen** müssen deshalb in deutlich stärkerem Maße als bei anderen Baustoffen unter kontrollierten Temperaturbedingungen durchgeführt werden. Entsprechende Prüfeinrichtungen sind deshalb häufig in temperierbaren Räumen untergebracht bzw. mit Einrichtungen zur Temperaturregelung des Prüfraums ausgerüstet.
- **Die Größe und Form** der Proben. Zum einen führen unterschiedliche Probengrößen und -formen zu unterschiedlichen Querdehnungsbehinderungen im Bereich der Lasteinleitungseinrichtungen. Zum anderen nimmt die Fehlerwahrscheinlichkeit mit abnehmender Probengröße ab. So lassen sich an kleinen **Holzproben** deutlich höhere Festigkeiten messen als an realitätsnahen Probekörpern, die immer mit Holzfehlern behaftet sind. Die Probengrößen dürfen außerdem Mindestwerte nicht unterschreiten, um angesichts der mehr oder weniger großen, aber immer vorhandenen Inhomogenität von Werkstoffen, repäsentative Proben zu prüfen. Die **Oberflächenrauhigkeit** beeinflusst insbesondere die Ergebnisse zyklischer und dynamischer Versuche aufgrund der Kerbwirkung.
- **Die Materialfeuchte**: Feinporöse Baustoffe zeigen grundsätzlich einen Einfluss des Feuchtegehaltes auf das Ergebnis von Belastungsversuchen, z. B. sinkt die Druckfestigkeit von **Beton** bei Befeuchtung vor der Prüfung.
- **Die Art der Vorlagerung**, das Probenalter, bzw. das Alter bei Belastungsbeginn. Dies ist insbesondere bei solchen Baustoffen wichtig, bei denen sich die Erhärtung über einen langen Zeitraum erstreckt und durch die Umgebungsbedingungen stark beeinflust wird, z. B. **zementgebundene Baustoffe**. Ihre zeitabhängige Festigkeit fällt mit fallender Lagerungstemperatur und der bei der Erhärtung zur Verfügung stehenden Feuchte, da die Hydratation verlangsamt wird oder abbricht.
- Bei anisotropen Werkstoffen ist die Richtung der Belastung ein wichtiger Parameter für die Prüfung, der festgelegt werden muss. Dies ist insbesondere bei geschichteten **Natursteinen** von Bedeutung.
- Die Steifigkeit und andere Eigenschaften der Prüfeinrichtung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Deshalb sind in der Materialprüfung i. d. R. standardisierte Prüfbedingungen vorgeschrieben. Zu Angaben über das mechanische Verhalten von Baustoffen gehört deshalb auch eine Information über die einzelnen Prüfbedingungen bzw. die Norm, nach der geprüft wurde.

Bei einem mechanischen Kurzzeit-Belastungsversuch an einer Baustoffprobe wird in der Regel die erreichbare Maximalkraft bei einer Beanspruchungsart oder eine Kraft-Verformungs-Kurve ermittelt. Die Maximalkraft kann über die Messung der geometrischen Eigenschaften des Probekörpers in eine Festigkeit und die Kraft-Verformungs-Kurve in eine **Spannungs-Dehnungs-Linie** umgerechnet werden. Grundformen des zeitunabhängigen Verformungsverhaltens sind dabei:

- **elastisches Verhalten**, wenn nach Entlastung keine Verformung zurückbleibt,
- **linear elastisch**, wenn zusätzlich ein linearer Zusammenhang zwischen Kraft und Dehnung besteht,
- **elastisch-plastisches Verhalten**, wenn bei Festkörpern zusätzlich zur elastischen Verformung eine bleibende Dehnung auftritt, die nach Entlastung weiter besteht.

Aus der Spannungs-Dehnungs-Linie können die Festigkeit, der Elastizitätsmodul E, ggf. die Streckgrenze R_e, Dehngrenzen, die technische Elastizitätsgrenze und verschiedene Dehnungen, z. B. die Bruchdehnung, ermittelt werden. Die allgemeinen Gleichungen zur Berechung dieser Größen lauten:

Die **Spannung** σ berechnet sich aus der Kraft F und der Anfangs-Querschnittsfläche S_0 wie folgt:

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

Gl. 1

Die Spannung σ_x ist die zu einer Dehnung x gehörende Spannung. Zu beachten ist, dass nach DIN EN ISO 6892 das Symbol σ für die wahre Spannung verwendet wird und nicht wie im deutschen Sprachgebrauch für die oben beschriebene Nennspannung. Im Normalfall wird die Änderung der kraftübertragenden Fläche während des Versuchs nicht ermittelt, d. h. zur Berechnung der Spannung und der Festigkeit wird die Ausgangsfläche der Probe herangezogen. Man erhält so eine **Nennspannung**, im Unterschied zur **wahren Spannung**, die unter Verwendung der tatsächlichen kraftübertragenden Fläche berechnet wird.

Für **Fugendichtstoffe** ist weiterhin der **Dehn-/Spannungswert** von Bedeutung. Dies ist die Spannung, die bei einer definierten Dehnung des Dichtstoffes auf die Kontaktflächen zum Untergrund übertragen wird.

Die **Festigkeit R_m** berechnet sich aus der Höchstkraft F_m und der Anfangs-Querschnittsfläche S_0 wie folgt:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Gl. 2

Bei **Kunststoffen** ist außerdem die **Reißfestigkeit** von Bedeutung. Sie berechnet sich aus der Kraft im Augenblick des Reißens F_R und der Anfangs-Querschnittsfläche A_0 zu:

$$\sigma_R = \frac{F_R}{A_0}$$

Gl. 3

Die **Bruchspannung** σ_b ist die Spannung beim Bruch des Probekörpers. Die **Streckspannung** σ_y bei Kunststoffen ist die Spannung, bei der die Steigung der Spannungs-Dehnungs-Kurve erstmalig Null wird.

Die **Dehnung** ε berechnet sich aus der Längenänderung ΔL und der Ausgangslänge L_0 wie folgt:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Gl. 4

Zu beachten ist wiederum, dass nach DIN EN ISO 6892 für das im deutschen Sprachgebrauch übliche ε der Buchstabe e verwendet wird.

Bei Baustoffen, die eine Brucheinschnürung zeigen, z. B. **naturharte Stähle**, gehen alle Dehnungen, die nach Entstehen der Brucheinschnürung noch auftreten in den Einschnürungsbereich. Die Dehnung ist bei solchen Baustoffen deshalb von der Lage der Messstrecke abhängig. Liegt die Messstrecke außerhalb der Brucheinschnürung wird nach dem Bruch eine **Nichtproportionale Dehnung bei Höchstkraft (Gleichmaßdehnung)** ermittelt, die als Quotient aus der nichtproportionalen Längenänderung bei Höchstlast und der Ausgangslänge berechnet wird.

Die nichtproportionale Dehnung ist die Dehnung, um die die Spannungs-Dehnungs-Kurve von der Verlängerung der elastischen Geraden abweicht. Sie entspricht in den meisten Fällen der bleibenden bzw. der plastischen Dehnung, nicht jedoch, wenn z. B. zeitabhängige Effekte bereits bei Kurzzeitversuchen wirksam werden.

Liegt der Einschnürungsbereich in der Messstrecke spricht man dagegen von Bruchdehnung. Die Bruchdehnung ist bei **metallischen Werkstoffen** aufgrund des unterschiedlichen Anteils des Einschnürungsbereichs an der Messtrecke außerdem von der Ausgangsmeßlänge abhängig, die als notwendige Information aus diesem Grund ebenfalls bekannt sein muss. Die **Bruchdehnung** ε_B oder **A** berechnet sich aus der Messlänge nach dem Bruch L_u und der Anfangsmesslänge L_0 wie folgt:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

Gl. 5

Die Dehnung bei Erreichen der Festigkeit wird mit ε_M bezeichnet. Die **Streckdehnung** ε_y bei Kunststoffen ist die Dehnung bei der Streckspannung.

Die **0,01 % Dehngrenze $R_{p0,01}$ (Technische Elastizitätsgrenze)** ist die Spannung bei der eine nichtproportionale Dehnung von 0,01 % entsteht. Die **0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$** wird als Ersatzwert für die Streckgrenze verwendet und ist die Spannung, bei der eine nichtproportionale Dehnung von 0,2 % entsteht. Die **1 % Dehngrenze R_{p1}** ist die Spannung bei der eine nichtproportionale Dehnung von 1 % entsteht. Die **Obere Streckgrenze R_{eH}** bei Metallen mit Streckgenze ist die Spannung, bei der bei einsetzendem Fließen erstmalig die Kraft konstant bleibt oder abfällt. Die **Untere Streckgrenze R_{eL}** bei Metallen mit Streckgrenze ist die kleinste Spannung im Fließbereich.

Der **Elastizitätsmodul (E-Modul)** berechnet sich aus der Spannungsänderung $\Delta\sigma$ und der Dehnungsänderung $\Delta\sigma$ im elastischen Bereich bei einachsiger Beanspruchung wie folgt:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

Gl. 6

Der E-Modul ist bei Druck- und Zugbelastung nicht in jedem Falle gleich. Er wird im linear elastischen Bereich der Spannungs-Dehnungs-Kurve nach Aufbringen einer Vorlast ermittelt. Die **Vorlast** ist notwendig, um einen Einfluss des beim Anfahren des Versuchs entstehenden **Schlupfs** auf das Ergebnis zu vermeiden. Bei Baustoffen, die kein streng linear elastisches Materialverhalten zeigen, z. B. **Beton**, oder bei Kunststoffen, bei denen eine starke Zeitabhängigkeit des Verformungsverhaltens besteht, hängt der Elastizitätsmodul von der Lage der Messpunkte ab. Er wird deshalb bei entsprechenden Baustoffen zwischen normgemäß festgelegten Punkten der Spannungs-Dehnungs-Linie ermittelt, auch mittels Regression (z. B. bei Kunststoffen bei sehr geringer Spannung), bzw. nach einer mehrmaligen Be- und Entlastung der

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Probe, die plastische Verformungsanteile herausfiltert (z. B. bei Beton). Bei ausgeprägt viskoelastischen Baustoffen wie **Asphalt** tritt bei zyklischer Beanspruchung eine Phasenverschiebung zwischen Spannung und Dehnung auf. Man spricht dann von einem **komplexen Modul** (DIN EN 12697-26).

Die Querdehnzahl μ oder **v** kann aus der Längsdehnung $\varepsilon_{längs}$ und der zusätzlich zu messenden Querdehnung ε_{quer} wie folgt ermittelt werden:

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon_{quer}}{\varepsilon_{längs}} \right|$$

Gl. 7

Die Definition der **Poissonzahl** ist uneinheitlich. Zum Teil wird Poissonzahl und Querdehnzahl gleichgesetzt, zum Teil wird als Poissonzahl der Kehrwert der Querdehnzahl bezeichnet.

Aus entsprechenden Versuchen lässt sich außerdem die Brucheinschnürung und die Bruchform ermitteln. Die **Brucheinschnürung Z** berechnet sich aus dem Anfangsquerschnitt S_0 und dem kleinsten Probenquerschnitt nach dem Bruch S_u wie folgt:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100\%$$

Gl. 8

12.2 Belastungseinrichtungen und ihre Regelung

Weit verbeitet im Bauwesen sind einaxiale **Prüfmaschinen** zur Ermittlung der Druck-, Zug- oder Biegezugfestigkeit nach einzelnen Prüfnormen, z. B. für **Beton** oder **Mörtel**.



Abb. 30 Druckprüfmaschinen mit verschiedener Maximalkraft. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Flexibler einsetzbar sind **servohydraulische Universalprüfmaschinen**, mit denen in einem Bereich begrenzter Kräfte und Probenabmessungen i. d. R. statische und dynamische Druck-, Zug- und Biegebelastungen auf Proben aufgebracht werden können und die kraft- oder weggesteuert gefahren werden können.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 31 Servohydraulische Prüfanlage mit vier Belastungseinrichtungen, einer zentralen Pumpe und zwei Regeleinrichtungen. Foto: L. Nguyen.



Abb. 32 Servohydraulische 30 MN Zug- und Druckprüfmaschine, statisch und dynamisch (max. 24 Hz), bis 10 m Probenlänge, Möglichkeit der exzentrischen Belastung. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.



Abb. 33 Druckprüfmaschine, maximal 10 MN und 5,50 m Probenhöhe, Möglichkeit der exzentrischen Belastung, verfahrbares unteres Auflager, verschiedene Druckplatten auch für Wände, Vorbereitung einer Druckprüfung eines Bauteils aus Ultrahochfestem Beton. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Große Probenabmessungen werden in **Prüfrahmen** geprüft, die individuell umgebaut werden können. In diese Rahmen werden hydraulische Prüfzylinder eingehängt. Z. T. ist die sehr steif ausgeführte **Prüffelddecke** integraler Bestandteile der Prüfeinrichtung. Sie enthält rasterförmig angeordnete Durchlässe, über die der Prüfrahmen und die Probe verankert werden können und durch die z. T. von unten gezogen werden kann.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

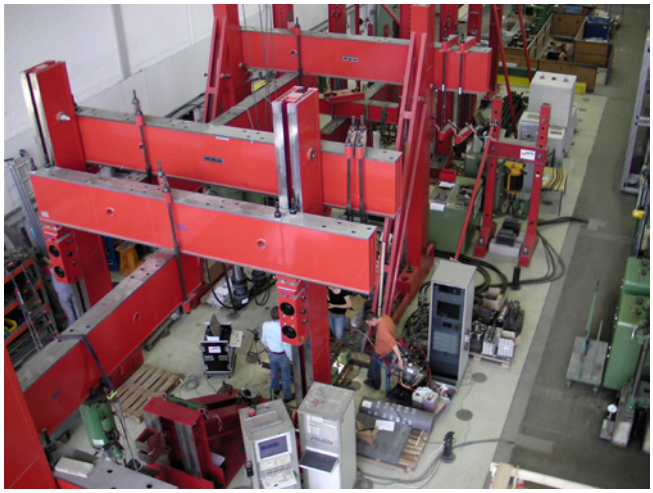


Abb. 34 Prüffeld und großer Prüfrahmen des iBMB/MPA Braunschweig, maximale Länge prüfbarer Bauteile 15 m.

Daneben gibt es eine Reihe spezieller Belastungseinrichtungen, z. B. temperierbare und klimatisierbare mechanische Prüfgeräte **(Kunststoffprüfung)**, Pulsatoren für einen sehr energieeffizienten Betrieb dynamischer Prüfgeräte (siehe Kap. 12.30.2), Prüfgeräte für exzentrische Belastungen, Prüfeinrichtungen für sehr hohe Belastungsgeschwindigkeiten (Anprall, Explosion, siehe Kap. 12.18 und 12.19) sowie Prüfgeräte für biaxiale und triaxiale Beanspruchungen (siehe Kap. 12.23).

Kleine Kräfte können auch durch Zufluß von Wasser oder Bleikügelchen in einen Belastungsbehälter realisiert werden. Ein Beispiel für einen solchen Aufbau ist in Teil 4 und Teil 5 der DIN EN 15037 gezeigt.

Von großer Bedeutung ist die Steifigkeit der Belastungseinrichtung. So kann beispielsweise die elastische Rückfederung der Belastungseinrichtung die Untersuchung des abfallenden Astes der Spannungs-Dehnungs-Linie im Nachbruchbereich unmöglich machen.



Abb. 35 Heißdruckfestigkeitsprüfung. Die Prüfmaschine bietet mit einem anderen Ofen auch die Möglichkeit wandartige Prüfkörper zu untersuchen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Auch für Prüfungen direkt am Bauwerk gibt es mechanische Belastungseinrichtungen. Dies sind zum einen transportable Geräte wie z. B. Haftzugprüfgeräte (siehe Kap. 12.8.5) oder der Rückprallhammer (siehe Kap. 12.7.2). Zum anderen ist es auch möglich Belastungseinrichtungen vor Ort unter Verwendung von Stahlrahmen, Ankern und Prüfzylindern individuell aufzubauen (s. Kap. 12.32.2). Auch Fahrzeuge mit definiertem Gewicht werden zur Erzeugung von Belastungen eingesetzt.

Es gibt drei Grundformen, mit denen eine Prüfmaschine geregelt werden kann. Im einfachsten Fall arbeitet man mit einer konstanten Einstellung des Antriebsaggregats (z. B. einer Hydraulikpumpe) und der Regeleinrichtung (z. B. des Ventils zur Steuerung des Hydraulikzlinders).

Im zweiten Fall stellt man über die Regeleinrichtung eine konstante Kraftzunahme pro Zeit ein (**kraftgeregelter Versuch**). Diese Vorgehensweise ist beispielsweise bei reinen Festigkeitsprüfungen möglich. Für eine solche Prüfung wird keine Verformungsmesstechnik benötigt.

Es ist offensichtlich, dass eine Kraftregelung versagt, wenn die Kraft-Verformungs-Kurve eines Werkstoffs sehr flach verläuft oder einen abfallenden Ast hat. Eine solche Regelung führt im Bereich des Abflachens der Kraft-Verformungs-Kurve zu einem starken Anstieg der Verformungsrate. Ein abfallender Ast ist nicht messbar. Dies ist möglich über einen **verformungsgeregelten Versuch**, bei dem die Verformung der Probe gemessen wird und zur Einstellung einer konstanten Verformungszunahme pro Zeit verwendet wird. Eine wichtige Entscheidung vor einem solchen Versuch ist, wie, wo und über welche Messstrecke man die Verformung aufnimmt. Die Messung des Kolbenwegs der Prüfmaschine ist in der Regel zu ungenau.

Die Prüfung und **Kalibrierung von mechanischen Prüfeinrichtungen** ist beschrieben in DIN EN ISO 376, DIN EN ISO 7500 und DIN 51302-2, DIN 51308, DIN 51309 und DIN 51220.

12.3 Verfahren und Sensoren zur Dehnungs-, Weg-, Kraft- bzw. Spannungs- und Schwingungsmessung

12.3.1 Allgemeines

Während bei einer mechanischen Belastungseinrichtung die Krafteinleitung meistens sehr gut definiert ist und damit der Ort, an dem Kräfte zu messen sind offensichtlich ist, ist die Frage an welchen Stellen die Verformungen aufzunehmen sind eine wichtige und kritische Frage. Ein falsch gewählter Ort für die Verformungsmessungen kann einen kompletten, u. U. sehr teuren **Bauteil- oder Bauwerksversuch** unbrauchbar machen.

Die Stellen, an denen die Verformung eines Bauteils oder Gebäudes aufgenommen werden, müssen so gewählt werden, dass nach Versuchsende alle relevanten Informationen zur Beurteilung und ggf. Modellierung vorliegen. Ähnliches gilt auch für die Taktrate mit der gemessen wird, die Auflösung von Sensor und Messtechnik, die Messtrecke über die von einem Sensor Verformungen aufgenommen werden und die maximalen Verformungen, die mit den Sensoren aufgenommen werden können.

Gemessen werden können direkt häufig nur Dehnungen oder Wege. Kräfte bzw. Spannungen in der Probe werden i. d. R. über die bekannte Steifigkeit eines Messsystems aus dessen gemessenen Verformungen abgeleitet.

Mit Dehnungsmessstreifen, induktiven Wegaufnehmer, Kraftmessdosen und anderen Messwertaufnehmern für mechanische Größen alleine können noch keine Messungen durchgeführt werden. Sie sind nur als Teile einer **Messkette** einsetzbar.

Die Messkette ist dabei in den Regler der mechanischen Prüfeinrichtung integriert, in den häufig mehrere Messverstärker und Analog-Digital-Wandler eingesetzt werden können. Der Regler ist dann mit einem Rechner zur Steuerung, Datenspeicherung und -verarbeitung verbunden.

Bei vielen Aufgaben in der Bauteil- oder Bauwerksmesstechnik kommen zusätzlich **Vielstellenmessanlagen** zum Einsatz, wobei die Zahl der möglichen Sensoren noch über **Multiplexer** erhöht werden kann.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.3.2 Ausmessen von Verformungen anhand von Markierungen auf der Probe

Dieses Verfahren ist nur sinnvoll anwendbar bei sehr großen Dehnungen, da es ansonsten zu ungenau ist. Man bringt an der unbelasteten Probe Markierungen mit bekanntem Abstand an und mißt deren Abstand unter Last, bzw. nach plastischer Verformung, siehe DIN EN ISO 6892.



Abb. 36 **Stahlzugprobe** mit Markierungen zur Dehnungsmessung. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

12.3.3 Mechanische Messuhren

Eine Verformungsmessung ist möglich mit Taststiften, deren Bewegung mit mechanischen Messuhren aufgenommen wird. Es muss gewährleistet sein, dass die Messstelle genau definiert ist. Dazu bedient man sich häufig einbetonierter Messpunkte mit einer erhabenen Spitze, auf die der Taster aufsetzt. Die Auflösung liegt zwischen 1 und 10 µm. Die mechanische Qualität der Messpunkte ist von entscheidender Bedeutung und darf nicht unterschätzt werden.

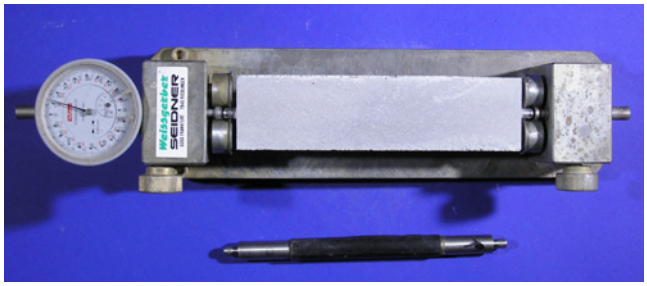


Abb. 37 Mechanische Messuhr für Dehnungsmessungen an **Mörtelprismen**. Foto: F. Tralow.

12.3.4 Setzdehnungsmesser

Der Setzdehnungsmesser ist ein mechanisches Messgerät mit festgelegter Messtrecke, das hauptsächlich im Labor eingesetzt wird. Der Setzdehnungsmesser wird auf Messmarken auf der Probe aufgesetzt. Er wird vor der Messung an einem Messstab mit sehr geringem Wärmeausdehnungskoeffizient kalibriert. Auf diese Weise wird auch der Temperatureinfluss auf die Messung korrigiert. Die Messungenauigkeit liegt im Bereich weniger µm.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 38 Setzdehnungsmesser. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

12.3.5 Dehnungsmessstreifen (DMS)

Dehnungsmessstreifen messen im Gegensatz zu Wegaufnehmern den Mittelwert der Dehnung ($\Delta L/L_0$) innerhalb des von der Geometrie des DMS vorgegebenen Bereichs. Die Geometrie eines DMS muss deshalb an die Größe der vorhandenen Inhomogenitäten im Baustoff angepasst werden.

Der Begriff Dehnungsmessstreifen ist nicht an ein bestimmtes Messprinzip gebunden. Bei den im Bauwesen verwendeten Dehnungsmessstreifen handelt es sich jedoch in der Regel um ein Messgitter aus Metall, das seinen elektrischen Widerstand durch Dehnung verändert. Andere Dehnungsmessstreifen auf der Basis von Halbleitern (piezoresistive Sensoren, siehe Kap. 12.3.12) und Lichtwellenleitern (siehe Kap. 12.3.10) werden in diesem Kapitel nicht behandelt.

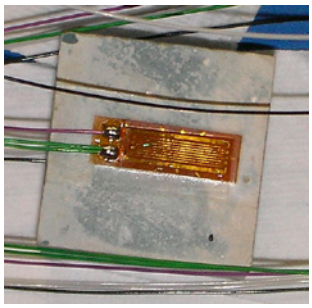


Abb. 39 Probekörper für Salzkristallisationsversuche mit appliziertem DMS.

Das Messgitter befindet sich auf einer Trägerfolie, die auf das Messobjekt aufgeklebt wird, die Dehnungen des Untergrundes auf das Gitter überträgt und es elektrisch isoliert und schützt. DMS sind in verschiedenen Bauformen erhältlich, darunter auch **Rosetten-DMS** bei unbekannter oder wechselnder Hauptdehnungsrichtung bzw. für **Eigenspannungsmessungen** (Messung der Verformung durch Rückfederung bei einem Bohrvorgang) und aufschweißbare DMS. DMS erlauben Messungen von Schwingungen mit hoher Abtastrate, sind preisgünstig und lassen sich auch in Entfernung von 100 m vom Messverstärker applizieren, mit speziellen Techniken auch mehr.

DMS werden in Form einer Wheatstone-Brücke verschaltet, in der 1, 2 oder 4 messende DMS enthalten sein können (Viertel-, Halb-, Diagonal oder Vollbrücke). Ein DMS, der nicht belastet wird, kann dabei zur Kompensation des Temperatureinflusses verwendet werden. Bei nur einem messenden DMS muss der Temperatureinfluss bei der Anwendung z. B. durch die Verwendung selbst kompensierender DMS korrigiert werden.

Dehnungsmessstreifen werden nicht nur direkt zur Dehnungsmessung an der Probe eingesetzt, sondern werden auch zur Messwertaufnahme in komplexeren Sensoren eingesetzt, z. B. als Messelemente in Beschleunigungsaufnehmern, Drehmomentaufnehmern und Kraftmessdosen. Es sind sehr viele verschie-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

dene DMS mit unterschiedlichen Maximalverformungen, Auflösungen und Messlängen erhältlich. Weitere Informationen zur DMS-Technik und ihrer Anwendung können beispielsweise entnommen werden aus:

Hoffmann, K.: Eine Einführung in die Technik des Messens mit Dehnungsmessstreifen, 293 S., herunterladbar unter www.hbm.com/de/menu/anwendungen/experimentelle-spannungsanalyse/fachbuch/

12.3.6 Mehrdimensionale Dehnungsaufnehmer für Langzeitbeobachtungen

Von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) wurde ein Sensor zur Messung des mehrdimensionalen Dehnungszustandes entwickelt. Er wird in einer kleinen Messbohrung dauerhaft verspannt, was sich im Hinblick auf die Übertragung der Bauwerksdehnung auf den Sensor als beste Lösung herausgestellt hat. Die Verformung des Sensors wird mit **DMS** gemessen, wobei mit großem Kapselungsaufwand die Langzeitdrift der DMS vermindert wurde, so dass der Sensor auch für Langzeitmessungen nutzbar ist. Weitere Informationen können entnommen werden aus: Peters, M.; Tegtmeier, F.: Mehrkomponenten Dehnungs- und Spannungsaufnehmer, Tagungsband des Abschluss-Symposiums zum DFG-Sonderforschungsbereich 477, Braunschweig, S. 41–46, 2010, herunterladbar unter: www.sfb477.tu-bs.de/Tagungsband_Symposium_2010.pdf.

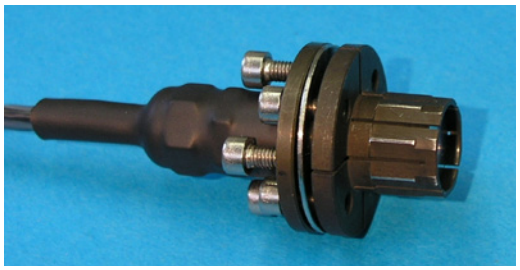


Abb. 40 Sensor zur Messung des mehrdimensionalen Dehnungszustandes in einem Bohrloch. Foto: F. Tegtmeier, Institution: Physikalisch-Technische Bundesanstalt.

12.3.7 Induktive Wegaufnehmer

Wegaufnehmer messen die Veränderung einer Streckenlänge zwischen zwei Messpunkten. Die Dehnung erhält man, in dem man die gemessene Veränderung ΔL durch die Ausgangslänge der Messtrecke L_0 dividiert. Zur Messung nutzt man die Veränderung der Induktivität von Spulen, wenn der darin befindliche Eisenkern verschoben wird. Man erzeugt durch eine Primärspule einen magnetischen Fluss. Bei der meistens verwendeten Anordnung mit zwei Sekundärspulen wird bei Verschiebung des Kerns die Induktivität der einen Spule erhöht, die der anderen erniedrigt. Die Differenzspannung hängt weitgehend linear vom Weg ab, den die Tastspitze des induktiven Wegaufnehmers zurücklegt. Induktive Aufnehmer können auch für die Schwingungsmessung eingesetzt werden. Die Messungenauigkeit liegt bei 1 μm bei Messlängen bis 200 mm. Sie sind anfällig gegen magnetische Störfelder. Weitere Informationen können entnommen werden aus: Wheeler, A.J.; Ganji, A.R.: Introduction to Engineering Experimentation, 2. Aufl., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2004.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 41 Drei Wegaufnehmer zur Aufzeichung der Verformungen in Stein und Fugenmörtel sowie über die Fuge hinweg bei einem **Natursteinmauerwerk**. Foto: R. Epperlein. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

12.3.8 Extensometer

Extensometer sind Geräte zur Messung einer Längenänderung, die beispielsweise durch Klemmung an der Probe befestigt werden und bei der die Biegung einer Feder mittels DMS-Technik gemessen wird.

Sehr lange Messstrecken können durch **Invarextensometer** realisiert werden, bei denen die Verformung einer vorgespannten Invarsaite beispielsweise mit Hilfe eines daran angeklemmten induktiven Wegaufnehmers an einem Ende gemessen wird (Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004). Schwingungen der Saite sind durch Stabilisatoren zu unterbinden.

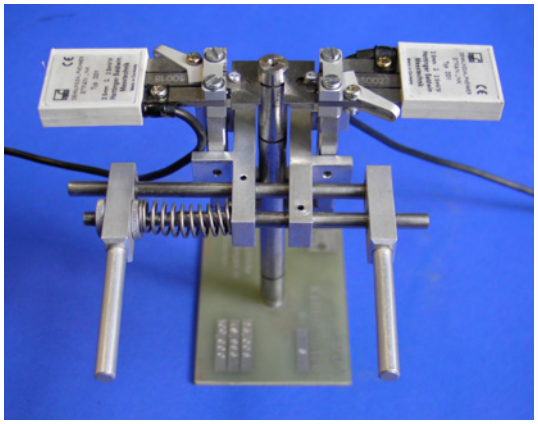


Abb. 42 Extensometer, aufgeklemmt auf einen Kalibrierstab.

Bei einem **Laser-Extensometer** tastet ein Laser-Scanner Markierungen auf der Probe ab. **Videoextensometer** messen Verformungen über eine Kamera mit nachgeschalteter Bildverarbeitung. Beide Systeme arbeiten berührungslos und können deshalb beim Bruch der Probe nicht beschädigt werden. Weitere Informationen können aus DIN EN ISO 9513 entnommen werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

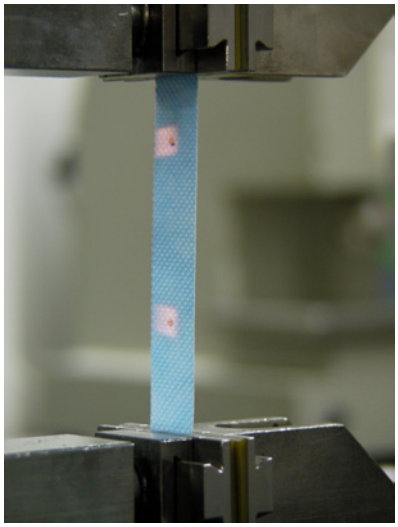


Abb. 43 Messpunkte eines Laser-Extensometers beim Zugversuch an einer Probe eines polymeren Werkstoffs. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

12.3.9 Interferometrie und andere Methoden zur Messung von Ganzfeldverformungen

Die **Speckle-Interferometrie (ESPI)** ist ein Verformungsmessverfahren für Flächen, das im Labor eingesetzt werden kann. Man beleuchtet dazu die Messfläche mit kohärentem Licht (gleiche Wellenlänge, gleiche Phase). Ist die Oberfläche im Verhältnis zur Wellenlänge des Lichtes rauh, entstehen Interferenzerscheinungen. Mit einem geeigneten optischen Aufbau und einer aufwändigen Auswertung der optischen Signale können Verformungen von Probenoberflächen in allen drei Raumrichtungen gemessen werden. Weitere Informationen zu dieser Technik und anderen Methoden zur Messung von Ganzfeldverformungen gibt die folgende Arbeit:

Hariri, H.: Bruchmechanisches Verhalten jungen Betons – Laser-Speckle-Interferometrie und Modellierung der Rissprozesszone. Dissertation, TU Braunschweig, 2000. Auch als Heft 148 der Schriftenreihe des iBMB, ISBN 3-89288-127-8.

Kurze Informationen über diese Techniken können auch aus DIN EN ISO 9513 entnommen werden.

12.3.10 Verformungsmessung auf der Basis von Lichtwellenleitern – faseroptische Messsysteme

Lichtwellenleiter können zur Messung von Dehnungen eingesetzt werden. Dazu werden entsprechende Sensoren so angebracht, dass sie in definierten Bereichen der Verformung des zu überwachenden Bauteils folgen.

Beispielsweise kann der Lichtwellenleiter mit einem Kupferdraht wendelförmig umhüllt werden oder es werden mehrere Fasern ineinander verdreht. Bei einer Dehnung führt dies zu einer Krümmung der Fasern und einer daraus resultierenden Dämpfung des Signals, die zur Dehnungsmessung genutzt wird.

Bei der **Optical Time Domain Reflectometry (OTDR)** werden in den Lichtwellenleiter in vorgegebenen Abständen Teilreflektoren eingefügt. Durch Messung der Lichtlaufzeiten lassen sich die Abstände der Teilreflektoren abschnittsweise bestimmen. Solche Sensoren lassen sich beispielsweise in Anker einbauen. Damit lässt sich sowohl das Anspannen der Anker als auch die langfristige Verformung des Systems überwachen.

Bei **interferometrischen Verfahren** wird das Lichtsignal in eine gleichartige Messfaser und eine Referenzfaser aufgeteilt. Die Messfaser befindet sich im Verbund mit dem Bauteil, so dass dessen Verformung auf die Faser übertragen wird. Die Referenzfaser befindet sich nicht unter Last und dient zur Kompensa-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

tion der Temperaturverformung. Durch eine Messung der Wegdifferenz der beiden am Ende der Fasern reflektierten Lichtstrahlen lässt sich die Dehnung der Messfaser bestimmen.

Nach Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004, sind Messlängen zwischen 0,2 und 10 m möglich und die Auflösung des Messverfahrens beträgt 2 µm. Es sind Sensoren sowohl für die Oberflächenmontage auf Bauteilen möglich, als auch zum Einbetonieren.

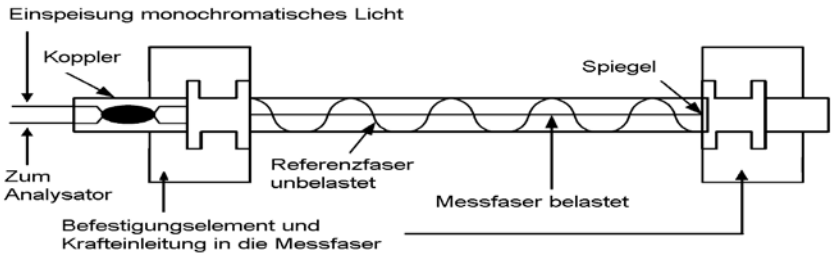


Abb. 44 Interferometrische Verformungsmessung System **SOFO**®. Vereinfacht nach Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004.

Faser-Bragg-Gitter Sensoren sind Lichtwellenleiter mit sich periodisch ändernder Kernbrechzahl. Solche Lichtwellenleiter filtern durch Reflexion bestimmte Wellenlängen aus dem Licht heraus. Die reflektierte Wellenlänge hängt vom Dehnungszustand der Faser ab. Die Dehnung kann dabei sowohl durch mechanische Last als auch durch Temperaturveränderungen hervorgerufen werden. Will man beide Komponenten trennen, kann zur Kompensation des Temperaturanteils ein mechanisch nicht belastetes Gitter verwendet werden, das unter den gleichen Temperaturrandbedingungen steht. Dadurch können sowohl lastabhängige Verformungen, als auch Temperaturverformung bzw. die Temperatur gemessen werden.

Nach Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004, liegt der typische Messbereich zwischen –1 000 und +10 000 µε bei einer Auflösung von bis zu 1 µε. Die Einheit µε entspricht µm/m. Temperaturmessungen sind möglich zwischen –25 und +600 °C bei einer Aufösung von 0,1 K.

Entlang einer Faser kann eine Reihe von Gittern hintereinander angebracht werden, die bei verschiedenen Frequenzen arbeiten.

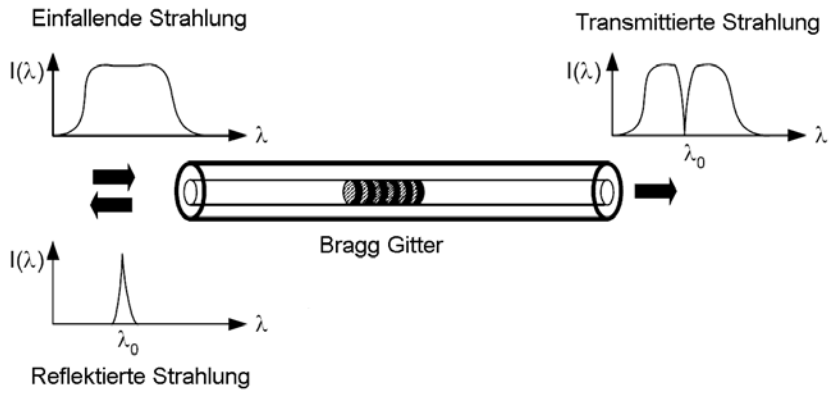


Abb. 45 Prinzip eines Faser-Bragg-Gitter Sensors. Vereinfacht nach Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Maul, J.; Kipp, T.: Messung von Oberflächendehnung mit flexiblen Faser-Bragg-Dehnungsmessstreifen, Mai 2011, herunterladbar über www.hbm.com/de/menu/anwendungen/experimentelle-spannungsanalyse/technische-fachartikel/

Fabry-Perot Interferometer zur Verformungsmessung bestehen aus zwei Lichtwellenleitern, die in Längsrichtung in einem sehr kleinem Abstand zueinander angebracht werden (Spalt). Beide Fasern sind im Inneren eines Rohres fixiert, das die Dehnungen der Umgebung auf die Fasern überträgt und zu einer Verkleinerung oder Vergrößerung des Spaltes führt. Die Wechselwirkung des breitbandigen Lichtsignals am Spalt kann zur Messung des Abstandes der beiden Fasern herangezogen werden. Nach Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004, können Dehnungen von $\pm 5\,000$ µε (µm/m) mit einer Genauigkeit von 1 % gemessen werden.

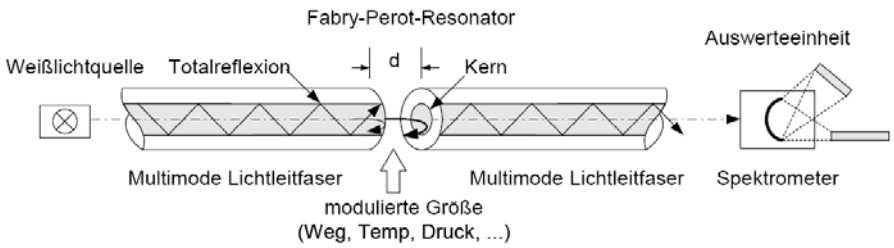


Abb. 46 Fabry-Perot-Resonator. Aus: Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004.

Dehnungsprofile mit hoher Ortsauflösung (ca. 1 m) über mehrere Kilometer Länge können unter Nutzung der Eigenschaften rückgestreuter Strahlung (**Brillouindiffusion**) nach Einstrahlung gepulsten Laserlichts ermittelt werden (siehe auch Kap. 23.6).

Messsysteme auf der Basis von Lichtwellenleitern haben den Vorteil, dass die Sensoren selbst ohne Strom auskommen (Explosionsschutz), durch elektromagnetische Wellen nicht beeinflust werden und auch in nassen Bereichen eingesetzt werden können. Weitere Informationen zu faseroptischen Sensoren können entnommen werden aus:

Rastogi, P.K. (ed): Optical measurement techniques and applications, Artech House, 1997.

12.3.11 Schwingsaitenaufnehmer

Schwingsaitenaufnehmer enthalten eine Saite, die durch einen Magneten zum Schwingen mit ihrer Eigenfrequenz angeregt wird. Je nach Dehnung der Saite ändert sich diese. Aus der Frequenz lässt sich die Verformung des Aufnehmers berechnen. Schwingsaitenaufnehmer sind sehr robust und erreichen eine sehr hohe Messempfindlichkeit. Sie können auch in ein **Betonbauteil** eingegossen werden und auf diese Weise Verformungen im Inneren messen. Schwingsaitenaufnehmer können auch als Zwischenglied in die Bewehrung eingefügt werden, um deren Verformung zu messen. Da auch die Temperatur Einfluss auf die Eigenfrequenz hat müssen Temperatureinflüsse kompensiert werden. Hohe Abtastraten sind nicht möglich.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 47 Zwei senkrecht zueinander angeordnete Schwingsaitenaufnehmer. Foto: R. Teuber, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

12.3.12 Piezosensoren

Piezoelektrische Verformungsaufnehmer beruhen auf dem Piezoeffekt, dem Entstehen von Ladungen auf der Oberfläche von Kristallen unter mechanischer Beanspruchung. Sie sind als Schwingungsaufnehmer und als Schwingungsanreger einsetzbar und sind insbesondere für sehr schnelle dynamische Verformungsmessungen geeignet. In der Regel haben sie jedoch eine untere Grenzfrequenz, so dass mit ihnen keine statischen Verformungen messbar sind.

Piezoresistive Aufnehmer arbeiten im Gegensatz zu piezoelektrischen Verformungsaufnehmern auch im quasi-statischen Fall. Die Aufnehmer nutzen die nicht durch die Veränderung der Geometrie hervorgerufene Widerstandsänderung von Halbleitern bei mechanischer Beanspruchung. Es lassen sich damit Halbleiter-Dehnmessstreifen aufbauen.

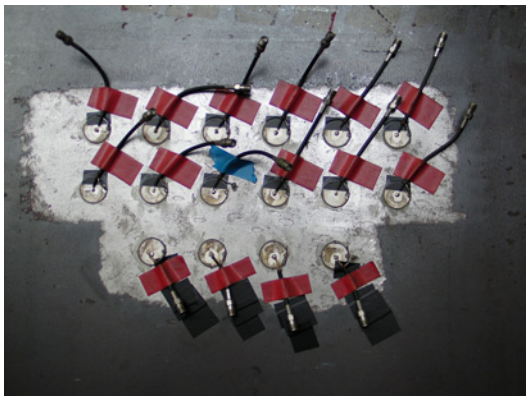


Abb. 48 Piezo-Array an einem Stahlbauteil. Institution: Institut für Stahlbau der TU Braunschweig.

12.3.13 Laser-Vibrometer

Mittels Laser-Vibrometer lassen sich berührungsfrei punktförmige, oder bei Abrasterung auch flächenhafte Informationen mit hoher Ortsauflösung (wenige Mikrometer) über das **Schwingungsverhalten** von Oberflächen gewinnen. Untersucht wird dabei das von der Bauteiloberfläche reflektierte Laserlicht, das mit einem Referenzstrahl zur Interferenz gebracht wird.

Nach dem ZfP-Kompendium (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm) sind dabei Relativbewegungen zwischen Laser-Vibrometer und Bauteiloberfläche von wenigen Nanometern auflösbar und Frequenzen von wenigen Hertz bis in den Megahertz-Bereich. Der Messabstand kann bis zu 100 m betragen, wobei bei großen Abständen eine Beschichtung der Messoberfläche mit Reflexionsfarbe notwendig ist. Literatur kann aus dem ZfP-Kompendium entnommen werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.3.14 Messung der Verformungen und Geometrien großer Bauteile und Bauwerke

Verformungen großer Bauteile und Bauwerke werden mittels **Handaufmaß** (eventuell unterstützt mit **Laser-Entfernungsmessern), Tachymetern, Photogrammetrie** oder **Laser Scanning** erfasst.

Beim Handaufmaß und bei der Tachymetrie werden nur diejenigen Punkte erfasst, die für die messtechnische Aufgabe als relevant angesehen werden. Tachymeter messen dabei den Horizontalwinkel, den Vertikalwinkel und die Entfernung zwischen zwei Punkten.



Abb. 49 System ortsfester, automatisch arbeitender Theodoliten zur Erfassung und Überwachung der Bewegungen von Gebäuden während des Baus des City-Tunnels Leipzig.

Bei der Photogrammetrie handelt es sich um eine wiederholte photographische Vermessung einzelner Fixpunkte während der Verformung. Mit einer Kamera sind dabei 1D und 2D Koordinatenmessungen möglich. 3D Koordinatenmessungen erfordern 2 Kameras.

Laser-Scanner tasten das Objekt zeilenweise ab und bestimmen dabei die Entfernung, die den Ablenkwinkeln (horizontal und vertikal) zugeordnet wird. Die Genauigkeit liegt dabei zwischen 0,1 und 1 mm. Das Verfahren ist sehr schnell.

Bei sehr großen Verformungen, wie im Deponiebereich, wird auch **GPS** eingesetzt, dessen Auflösung durch verschiedene Methoden unter Nutzung lokaler Referenzpunkte bis auf wenige Millimeter verbessert werden kann und muss. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H.; Collins, J.: Global Positioning System (GPS), 5. Auflage, Springer Verlag, Wien, 2001.

Zum Erstellen eines Aufmaßes können Informationen entnommen werden aus:

Moschig, G.: Bausanierung, Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, 2008

Weitere Informationen:

Niemeier, W.: Geodätische Sensoren und Messmethoden zur Überwachung von Deponiebauwerken. In: Tagungsband des Abschluss-Symposiums zum DFG-Sonderforschungsbereich 477, Braunschweig, S. 57–62, 2010, herunterladbar unter: www.sfb477.tu-bs.de/Tagungsband_Symposium_2010.pdf

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.3.15 Kraftaufnehmer

Eine Kraftmessung erfolgt i. d. R. mit Kraftmessdosen, die in die Belastungseinrichtung integriert werden. Die Kraftmessung basiert dabei auf der Verformung eines Metallhohlkörpers mit bekanntem Verformungsverhalten, die häufig mittels **DMS** gemessen wird. Kraftmessdosen sind für dynamische Messungen geeignet und müssen kalibriert werden. Kraftmessdosen verursachen kaum Verformungen der Prüfeinrichtung selbst, da die Verformung der Kraftmessdose in der Regel unter 0,5 Mikrometer beträgt.



Abb. 50 20 kN Kraftaufnehmer, belastbar auf Zug und Druck.

Die Messunsicherheit von Kraftmessdosen ist gering. Es sind Kraftmessdosen mit Fehlergrenzen von bis zu 0,01 % vom Messbereichsendwert erhältlich.

12.3.16 Spannungsaufnehmer zum Einsatz im Beton mit Kraftmessdose als Messinstrument

Es ist möglich Spannungen in **Betonbauteilen** direkt zu messen. Diese Sensoren werden z. T. auch als **Stressmeter** bezeichnet und vor allem zur Messung von Zwangsspannungen eingesetzt. Die Sensoren werden bei der Herstellung des Bauteils mit Frischbeton gefüllt und einbetoniert. Bei der Erhärtung werden die Verformungen des Bauteils auf den im Inneren befindlichen und geometrisch genau definierten Betonzylinder übertragen. Dieser erhärtet unter den gleichen Feuchte- und Temperaturbedingungen wie die Umgebung (feuchtedurchlässige Sensorwandung). Er ist über die Stirnseiten mit dem Bauteil mechanisch verbunden. Der Sensor verhindert jedoch einen Kraftschluss mit der Umgebung über die Mantelfläche des Betonzylinders. Die im Betonzylinder wirkende Kraft wird über eine Kraftmessdose ermittelt und über die Querschnittsfläche des Sensors die Spannung berechnet. Es tritt ein vom momentanen E-Modul des Betons abhängiger systematischer Messfehler auf. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Kawaguchi, T.; Nakane, S.: Investigations on determining thermal stress in massive concrete structures, ACI Materials Journal, Bd. 93, S. 96–101, 1996

Plannerer, M.: Temperaturspannungen in Betonbauteilen während der Erhärtung, Dissertation, TU München 1998

Rusack, T.; Fleischer, H.: Betonsanierung Schleuse Heidelberg, Simulation, Messung, Interpretation. Tagung Bauen im Bestand, Braunschweig, 23.3.2004, Heft 177 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-158-8, S. 69–90, 2004

Rusack, T.; Laube, M.: Spannungsmessung in massigen Betonbauteilen. 21. Gesa-Symposium: Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch Messtechnik, Monitoring und Beanspruchungsanalyse, Tagung Braunschweig 12./13. Juni 2003, VDI-Berichte 1757, VDI-Verlag Düsseldorf, S. 253–263

Springenschmidt, R.: Betontechnologie für die Praxis, Bauwerk Verlag, Berlin, S. 99, 2007

Weber, J.: Saalebrücke Rudolphstein, Bauingenieur, S. 173, 1996

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 51 Einbau von einbetonierbaren Spannungsaufnehmern in ein Stahlbetonbauteil. Die Sensoren werden kurz vor der Betonage noch einmal entnommen und gesondert mit Beton befüllt. Foto: R. Teuber, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

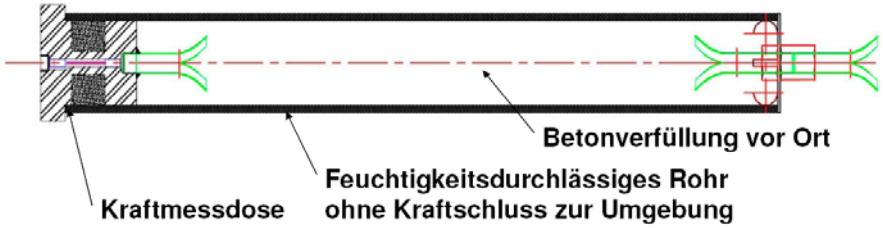


Abb. 52 Spannungsaufnehmer, einbetonierbar. Zeichnung: T. Rusack. Aus; Rusack, T.; Fleischer, H.: Betonsanierung Schleuse Heidelberg, Simulation, Messung, Interpretation. Tagung Bauen im Bestand, Braunschweig, 23.3.2004, Heft 177 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-158-8, S. 69–90, 2004.

12.3.17 Quantitative elektromagnetische Verfahren (QEM) zur Messung mechanischer Größen

Mit magnetischen Prüfsystemen können bei ferromagnetischen Werkstoffen aus der ferromagnetischen Hystereseschleife zahlreiche Messgrößen abgeleitet werden, die in Zusammenhang stehen mit Eigenschaften des Werkstoffs. Beispiele sind die vom Spannungszustand abhängige magnetische **Barkhausenrauschamplitude** und die mit der **Härte** korrelierende **Koerzitivfeldstärke**. Das Verfahren benötigt eine werkstoff- und parameterabhängige Kalibrierung. Außerdem ist die Zugänglichkeit zur Messstelle notwendig.

Mit Hilfe von **mikromagnetischen Prüfsystemen** in Aufsatztechnik können entsprechende Messungen mit hoher Ortsauflösung (ca. 0,5 mm) durchgeführt werden. Die Technik wird auch in der Forschung eingesetzt, um den Ermüdungszustand von **Schweißnähten** zu charakterisieren. Die Anwendung des Verfahrens zur **Härteprüfung** ist beschrieben in VDI/VDE 2616 Blatt 1.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

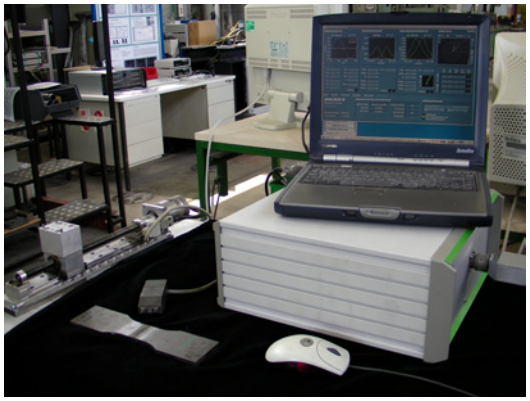


Abb. 53 Mikromagnetisches Prüfsystem. Links bei der Probe der Messaufnehmer mit den Polschuhen (außen) und dem Senor (mitte). Ganz links Verschiebeeinheit zur ortsauflösenden Messung. Versuch: Institut für Füge- und Schweißtechnik, TU Braunschweig.

Bei **Stahlzuggliedern** können **magnetoelastische Spannungsmessungen** mit Hilfe eines Sensors mit zwei Spulen durchgeführt werden. Dieser kann vorgefertigt und über das Zugglied geschoben werden oder auch vor Ort um ein vorhandenes Zugglied gewickelt werden, wenn dies zugänglich ist. Solche Systeme sind auch für Messungen bei dynamischer Beanspruchung und für ein Monitoring über lange Zeiträume geeignet.



Abb. 54 Erdanker mit magnetoelastischem Spannungssensor. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Weiterführende Literatur:

Ackermann, J.: Die Barkhausen-Rauschanalyse zur Ermittlung von Eigenspannungen im Stahlbau, Dissertation, TU Darmstadt, 2008

Budelmann, H.; Holst, A.; Wichmann, H.-J.: Magnetoelastische Spannkraftmessung in Bauwerken, Beton- und Stahlbetonbau, Bd. 104, S. 330–339, 2009

Dilger, K.; Nitsche-Pagel, T.; Hammel, N.: Mikromagnetische Multiparameter Mikrostruktur- und Spannungsanalyse für Schweißnähte. In: Tagungsband des Abschluss-Symposiums zum DFG-Sonderforschungsbereich 477, Braunschweig, S. 47–56, 2010, herunterladbar unter: www.sfb477.tu-bs.de/Tagungsband_Symposium_2010.pdf

Holst, A.: Korrosionsmonitoring, Bruchortung und Spannkraftmessung an Stahlzuggliedern. Tagungsband des Abschluss-Symposiums zum DFG-Sonderforschungsbereich 477, Braunschweig, S. 95–100, 2010, herunterladbar unter: www.sfb477.tu-bs.de/Tagungsband_Symposium_2010.pdf

Seegers, H.: Mikromagnetische Materialcharakterisierung. Dissertation, Universität Hannover, 2004.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.3.18 Weitere Verformungs-, Weg-, Kraft- und Spannungsmesstechnik

Kapazitive Aufnehmer benutzen die verformungsabhängigen Veränderungen der Kapazität eines Plattenkondensators zur Messung.

Neigungssensoren (Inklinometer) auf verschiedener technischer Basis erzielen Messgenauigkeiten um 0,00005°. Sie können auf Oberflächen montiert werden oder für Bohrlochmessungen verwendet werden. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Wheeler, A.J.; Ganji, A.R.: Introduction to Engineering Experimentation, 2. Aufl., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2004

Auch für **Lotmessungen** existieren zahlreiche unterschiedliche Messsysteme zur Feststellung des Positions des Lots. Das Lot kann sowohl oben als auch unten fixiert sein. Die Bewegung des Lots kann durch Flüssigkeiten gedämpft werden.

Bei **potentiometrischen Sensoren** wird der zu messende Winkel bzw. der Weg auf ein Dreh- bzw. Linearpotentiometer übertragen, das als Spannungsteiler wirkt. Über die abzugreifende Spannung kann auf den anliegenden Winkel bzw. Weg geschlossen werden.

Wirbelstromsensoren messen schnell und genau Abstände zu elektrisch leitenden Werkstoffen. Die durch eine Erregerspule im Werkstoff induzierten Wirbelströme hängen vom Abstand ab und wirken zurück auf den Wechselstromwiderstand der Spule.

Laufzeitmessungen von Ultraschall und Laserlicht können ebenfalls zur Abstandsmessung herangezogen werden.

Vertikale Verformungen können über automatische **Schlauchwaagen** ermittelt werden, die beispielsweise mit Drucksensoren oder einer Gewichtsmessung an den einzelnen Messstellen arbeiten

Seilkraftaufnehmer messen die zur Erzeugung einer definierten Auslenkung eines gespannten Zuggliedes notwendige Kraft. Man kann damit auf die Kraft im Zugglied rückschließen.

Weitere Informationen können auch entnommen werden aus dem Merkblatt DWA M 514: Bauwerksüberwachung an Talsperren.

12.4 Beschleunigungssensoren

Beschleunigungssensoren arbeiten in der Regel mit gedämpften Masse-Feder-Systemen, deren Bewegungen mit Verformungssensoren aufgenommen werden. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Wheeler, A.J.; Ganji, A.R.: Introduction to Engineering Experimentation, 2. Aufl., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2004.

12.5 Detektion sowie Messung der Breite und Bewegung von Rissen sowie von Poren und anderen oberflächennahen Fehlstellen

12.5.1 Allgemeines

Die Entstehung, der Verlauf und die Breite oberflächlich sichtbarer Risse wird in der Regel **visuell geprüft**, wobei viele Schadensprozesse mit charakteristischen Rissbildern verknüpft sind (z. B. Alkali-Kieselsäure-Reaktion). Es sind jedoch auch Risssensoren erhältlich, die zum Monitoring geeignet sind. Die Detektion von Rissen und Fehlstellen im Inneren von Bauteilen wird in Kap. 20 beschrieben. Eine Übersicht über zahlreiche Porenprüfverfahren für metallische Überzüge ist enthalten in DIN EN ISO 10308.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 55 Sternförmiger Riss mit drei Ästen in einer Beschichtung. Ein solches Rissbild tritt immer dann auf, wenn unter einer äußeren Schicht ein Überdruck entsteht. Dieses Prinzip findet sich auch bei der Erdkruste, die in Bereichen, wo sie hochgedrückt wird, in der gezeigten Form aufreißt.

12.5.2 Rissbreitenmaßstab, Rissbreitenlupe und entsprechende digitale Systeme

Als einfaches Hilfsmittel zur Messung der Breite von Rissen kann ein Rissbreitenmaßstab genutzt werden.

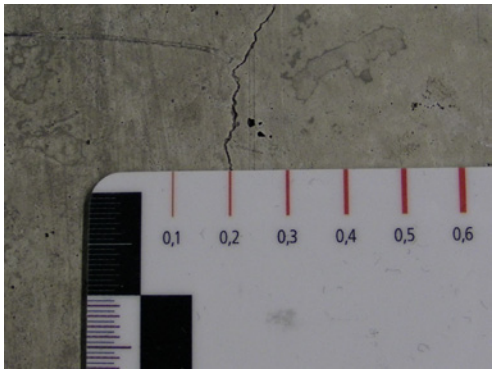


Abb. 56 Rissbreitenmaßstab. Der Riss ist etwas kleiner als 0,2 mm.

Eine genauere Methode ist die Verwendung einer Rissbreitenlupe, die mit einem Videosystem gekoppelt werden kann.



Abb. 57 Rissbreitenlupe. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ein zur Rissbreitenlupe analoges System auf der Basis digitaler Bildverarbeitung und dessen theoretischer Hintergrund ist beschrieben in:

Stratmann, R.; Birtel, V.; Mark, P.; Neuß, H.; Niemeier, W.; Riedel, B.; Ziem, E.: Digitale Erfassung und Bewertung von Rissen, Beton- und Stahlbetonbau, Bd. 103, S. 252–261, 2008

12.5.3 Optische Rissprüfsysteme für große Flächen

Zur Rissaufnahme können Hochgeschwindigkeitskameras eingesetzt werden, die über die Oberfläche bewegt werden und im System mit entsprechender Bildverarbeitungssoftware eine effektive Analyse großer Flächen erlauben. Die Auflösung in Fahrtrichtung hängt dabei von der Geschwindigkeit ab und erreicht bei 22 km/h ca. 0,25 mm und bei 90 km/h ca. 1 mm. Entsprechende Systeme werden zur Zustandsanalyse von Gleisen und Straßen eingesetzt. Weitere Informationen:

Wieland, M.: Feuchte- und Rissmonitoring auf Fahrbahndecken aus Beton, DGZfP-Fachtagung Bauwerksdiagnose, Vortrag 12, 18.–19.10.2010, herunterladbar unter www.bauwerksdiagnose2010.de/Beiträge.aspx

12.5.4 Gipsmarken

Rissbewegungen können mittels Verformungsmesstechnik überwacht werden, z. B. mit induktiven Wegaufnehmern. Es gibt jedoch sehr viel einfachere Techniken, um langsame Rissbewegungen zu erfassen. Gipsmarken reißen bei Rissaufweitung auf und der Abstand der Rissflanken kann ausgemessen werden. Eine Verengung des Risses kann nicht erfasst werden.



Abb. 58 Gipsmarke. Foto: M. Heidmann.

12.5.5 Rissmonitor

Noch besser geeignet als Gipsmarken sind sogenannte Rissmonitore, ein Maßstab, der sich mit dem Riss fortbewegt.

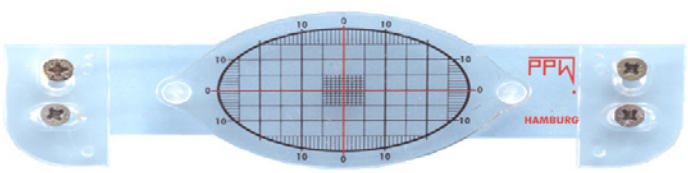


Abb. 59 Rissmonitor. Foto: PPW Polyplan Werkzeuge GmbH, Hamburg.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.5.6 Rissfortschrittssensoren

Ist ein Riss lokalisiert und soll sein weiteres Aufgehen überwacht werden, kann dies mit Rissfortschrittssensoren geschehen. Diese bestehen aus einem System parallel liegender Drähte. Wächst der Riss durch die einzelnen Drähte des Sensors reißen diese und der Gesamtwiderstand des Sensors ändert sich.

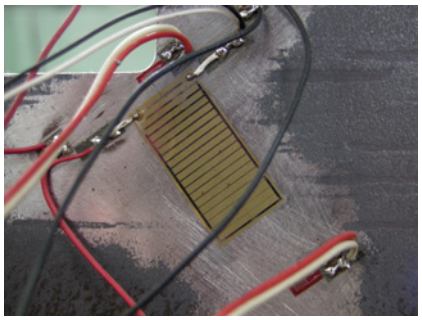


Abb. 60 Rissfortschrittssensor an einem Stahlbauteil. Die beiden kleinen Sensoren links oben und rechts unten sind DMS. Versuch: Institut für Stahlbau der TU Braunschweig.

12.5.7 Farbeindringverfahren

Beim Farbeindringverfahren wird nach einer Reinigung der Oberfläche eine gefärbte Flüssigkeit mit sehr niedriger Oberflächenspannung auf die Oberfläche aufgebracht, die kapillar in die Risse eindringt. Nach Säubern der Oberfläche und Aufbringen einer saugfähigen Schicht (z. B. Kreidefilm) mit hohem Farbkontrast zu der Flüssigkeit werden die Risse gut sichtbar, da die saugfähige Schicht die Flüssigkeit wieder aus dem Riss heraussaugt. Das Farbeindringverfahren gehört zur Gruppe der **Kapillarverfahren**.

Das Farbeindringverfahren wird inbesondere bei **Stahlbauteilen** angewandt, jedoch auch bei **Glas, Keramik, Kunststoffen** und anderen Werkstoffen. Voraussetzung ist, dass die Probe von allen Beschichtungen und Oberflächenschichten gereinigt wird. Das Farbeindringverfahren ist in der Lage noch Fehlstellen bis zu 0,25 µm Ausdehnung anzuzeigen.

In allgemeinerer Form spricht man von **Eindringprüfung**, wobei das eingedrungene Eindringmittel nach der Zwischenreinigung der Oberfläche mit einem Reiniger über einen Entwickler sichtbar gemacht wird (Eindringsystem). Diese Prüfung ist beschrieben in DIN EN 571-1 und den zugeordneten Regeln sowie in DIN EN ISO 3452. Begriffe werden definiert in DIN EN ISO 12706.



Abb. 61 Anwendung der Rot-Weiß-Eindringprüfung bei einem Maschinenbauteil. Foto: Helling GmbH, Heidgraben.

12.5.8 Magnetpulververfahren (magnetische Rissprüfung)

Beim Magnetpulververfahren wird ein magnetisierbarer Werkstoff einem starken Magnetfeld ausgesetzt. Fehlstellen müssen von dem Magnetfeld umströmt werden und erzeugen Streufelder. Feinverteilte flüssige oder pulverförmige magnetisierbare Partikel reichern sich an solchen Streufeldern an und machen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

die Fehlstellen sichtbar. Detektierbar sind Fehlstellen an der Oberfläche oder knapp darunter. Beschichtungen bis etwa 0,5 mm Stärke müssen nicht entfernt werden. Das Verfahren kann auch unter Wasser angewendet werden. Die Streufelder können auch über Sonden lokalisiert werden.

Das Verfahren ist genormt in DIN 54130 und DIN EN ISO 9934. Hinweise zur Terminologie enthält DIN EN 1330-7 und zu den Betrachtungsbedingungen DIN EN ISO 3059. Die Anwendung auf Schweißverbindungen metallischer Werkstoffe ist beschrieben in DIN EN ISO 17638. Weitere Informationen können entnommen werden aus: DGZfP EM 0 Richtlinie über die Durchführung von Magnetpulverprüfungen.



Abb. 62 Prüfergebnis eines Magnetpulververversuchs. Der rote Anstrich des Bauteils wurde entfernt und zur besseren Erkennbarkeit vor dem Versuch eine weiße Sprühfarbe aufgetragen. Foto: O. Einsiedler, Institution: Institut für Stahlbau der TU Braunschweig.

12.5.9 Wirbelstromverfahren

Das Wirbelstromverfahren wird beschrieben in Kap. 20.24.

12.5.10 Prüfung auf Poren und Risse mit elektrischer Spannung

Nichtleitende Beschichtungen auf leitenden Untergründen können nach DIN 55670 mittels einer **Hochspannungselektrode** auf Risse und Poren untersucht werden. Das Verfahren wird vor allem bei **metallischen Grundwerkstoffen** eingesetzt, ist jedoch auch bei nicht zu trockenen mineralischen Baustoffen einsetzbar. Es werden vor allem solche Fehlstellen erkannt, die von der Oberfläche bis zum Grundwerkstoff reichen. Nach dem ZfP-Kompendium lässt sich das Verfahren auch zur Prüfung von Kunststoffen einsetzen (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm). DIN EN 13100-4 beschreibt die Anwendung zur Prüfung von Schweißnähten thermoplastischer Kunststoffe.

Nach DIN EN ISO 29601 kann bei der Prüfung von **Beschichtungsstoffen** für den Korrosionsschutz von Stahlbauten neben der Prüfung mit Hochspannung auch eine **Prüfung mit Niederspannung** eingesetzt werden. Dabei wird die Oberfläche befeuchtet, um eine Wasserfüllung der Fehlstellen zu erreichen. Man nutzt die elektrische Leitfähigkeit des Wassers um Fehlstellen in der Beschichtung zu erkennen.

12.6 Schallemissionsanalyse

Die Schallemissionsanalyse ist einsetzbar um mechanische Schädigungen durch die dabei entstehenden Schallereignisse zu detektieren, auch im Bereich nicht hörbarer Frequenzen. Diese entstehen z. B. durch Kornreibung, Delamination oder durch die Öffnung von Rissen. Die innere Schädigung kann durch alle Prozesse hervorgerufen werden, die zumindest lokal mikroskopische Verformungen hervorrufen. Dies muss nicht in jedem Fall eine mechanische Belastung sein, auch Phasenveränderungen oder Temperaturänderungen können Auslöser für Verformungen sein.

Die Schallemission setzt bereits weit vor dem Bruch des Werkstoffs ein, wobei unterschiedliche Prozesse für sie charakteristische Schallereignisse produzieren. Kennt man diese, kann man während einer Belastung auf den Schädigungszustand rückschließen. Die Schallemissionsanalyse ist also eine Methode, um

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

während einer Schädigung Informationen über den Schädigungsprozess und den Schädigungszustand zu erhalten und über Laufzeitmessungen die Schädigung auch zu lokalisieren.

Als Signalaufnehmer können breitbandige Piezosensoren eingesetzt werden. Die Datenaufnahme kann mit einem Transientenrekorder erfolgen. Durch Methoden der **Signalanalyse**, wie sie z. B. auch bei der Sprachanalyse eingesetzt werden, ist es möglich einzelne Schallereignisse zu Gruppen zusammenzufassen und diesen ggf. bestimmte Schädigungsmechanismen zuzuordnen, was jedoch im Einzelfall außerordentlich schwer sein kann. Ein Vorteil der Schallemissionsanalyse ist, dass mit relativ wenigen Sensoren große Bauteile geprüft werden können. Problematisch ist die Filterung von Störgeräuschen, was die Anwendung am Bauwerk deutlich erschwert. Weiterführende Literatur:

Große, U: Quantitative zerstörungsfreie Prüfung von Baustoffen mittels Schallemissionsanalyse und Ultraschall, Dissertation, Universität Stuttgart, 1996.

Hinweise zur Terminologie der Schallemissionsprüfung enthält DIN EN 1330-9. Details zur Prüftechnik können aus DIN EN 13554 und DIN EN 13477 entnommen werden.

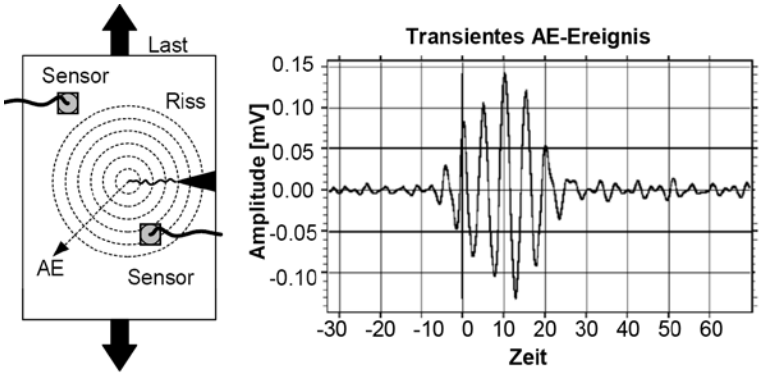


Abb. 63 Prinzip der Schallemissionsprüfung, AE: Schallemission. Aus: Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004.

12.7 Druckversuch und Ermittlung der Druckfestigkeit

12.7.1 Allgemeines

Soll nur die Druckfestigkeit einer Werkstoffprobe ermittelt werden, ist dafür nur eine **Kraftmessung** und eine einfache Regelung des Kolbens erforderlich, mit der eine definierte Belastungsgeschwindigkeit eingestellt werden kann. Je nach Prüfnorm wird die Kraft mit der vorgegebenen Geschwindigkeit bis zum Bruch gesteigert. Soll zusätzlich das Verformungsverhalten aufgenommen werden (Spannungs-Dehnungs-Linie) ist in der Regel eine **Verformungsmessung** an der Probe erforderlich. Eine Verformungsmessung über die Aufnahme des Kolbenwegs ist für die meisten Fragestellungen nicht geeignet. Soll bei Baustoffen der Nachbruchbereich der Spannungs-Dehnungs-Linie aufgenommen werden ist eine Regelung der Belastungseinrichtung über die Verformungsgeschwindigkeit notwendig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 64 Würfeldruckversuch in 3 MN Druckprüfmaschine. Foto: F. Tralow.

Geprüft werden Würfel, Prismen und Zylinder. Zur Durchführung des Versuchs werden ebene parallele Druckflächen sowohl bei der Probe als auch bei der Druckprüfmaschine benötigt. Die Schalungsseiten von **Betonwürfeln** erfüllen diese Anforderung in der Regel. Zu unebene Probekörper müssen **geschliffen** oder **mit Mörtel abgeglichen** werden, um ebene Druckflächen zu erzeugen (siehe Kap. 9.8). Die Betonprüfnorm enthält auch ein Verfahren zum Abgleichen mit Schwefel und ein Sandkastenverfahren. Beide Verfahren sind jedoch relativ aufwändig.

Bohrkerne werden gesägt und geschliffen oder abgeglichen. Werden **Betonbohrkerne** aus einem Bauwerk geprüft, sollte möglichst keine Bewehrung enthalten sein. Ist dies nicht zu vermeiden, darf die Bewehrung nicht in Druckrichtung verlaufen.

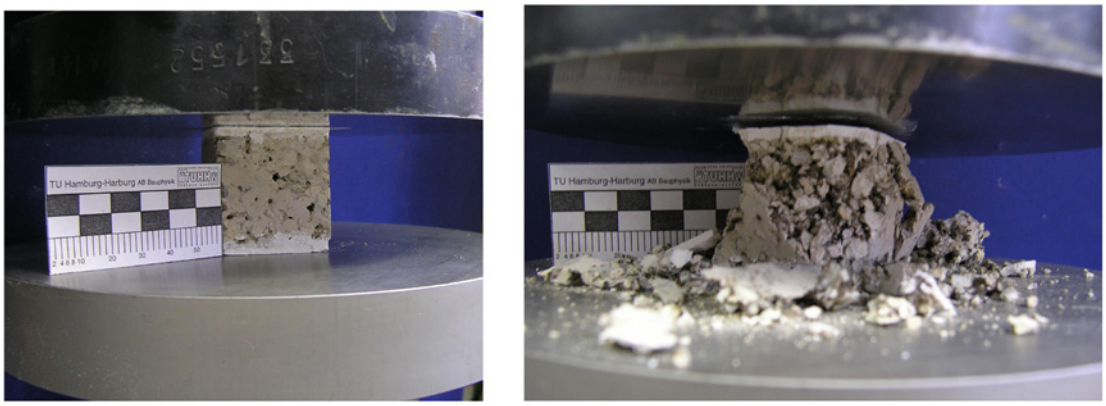


Abb. 65 Druckfestigkeitsprüfung an Bimsbeton. Abgeglichene kleine Probekörper die aus einem großen Bauteil herausgesägt wurden. Typisches Bruchbild im Würfeldruckversuch. Foto: J. Oppermann.

Ein Charakteristikum des Druckversuchs ist, dass die Querdehnung der Probe im Normalfall durch den Reibungsschluss an der Druckplatte behindert ist und aus diesem Grund die **Größe und Form** der Probe einen großen Einfluss auf das Ergebnis hat. Die **Querdehnungsbehinderung** führt zu einem Druck-Druck-Spannungszustand, der die Ausbreitung von Rissen erschwert. Dieser Effekt ist nur durch spezielle Belastungseinrichtungen (**Belastungsbürsten**) zu vermeiden (siehe dazu Kap. 12.23).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

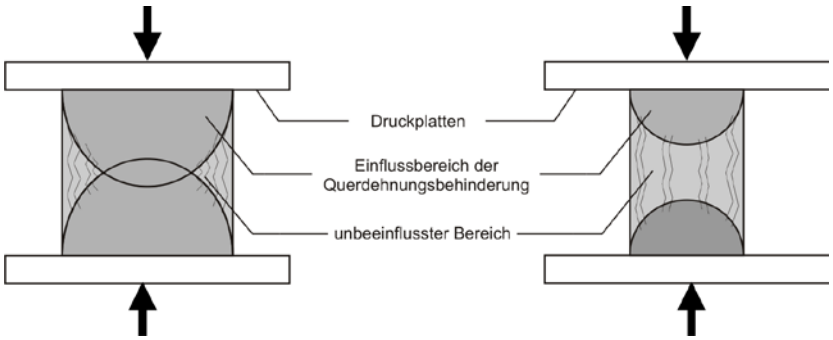


Abb. 66 Querdehnungsbehinderung beim Druckversuch. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Festigkeit fällt deshalb mit zunehmender Probengröße und zunehmender Schlankheit (Höhe / Durchmesser) asymptotisch ab. Auch bei Würfeln unterschiedlicher Größe nimmt die Druckfestigkeit mit größer werdender Kantenlänge ab. Die Beton-Würfeldruckfestigkeit ist eine technologische Festigkeit. Die wahre Druckfestigkeit bei Kurzzeitbelastung entspricht der Festigkeit eines Prismas oder Zylinders mit ausreichender Schlankheit (h/d mindestens 2).

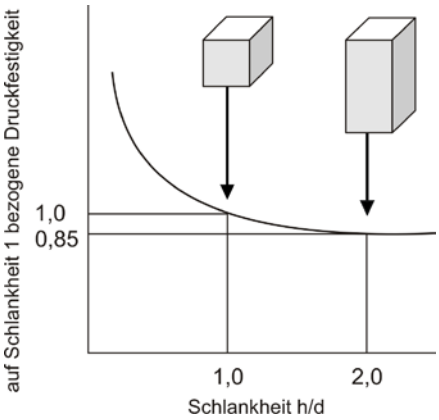


Abb. 67 Einfluss der Probenkörperschlankheit auf die Druckfestigkeit von Beton. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Unter anderem aus diesem Grund sind zur Ermittlung normgemäßer Eigenschaften die ermittelten Materialkennwerte mit Faktoren zu versehen, die z. B. Geometrie-, Lagerungs- und Alterungseinflüsse berücksichtigen. Z. B. ist in DIN EN 13369 eine Gleichung angegeben, mit der unterschiedliche Verhältnisse Höhe zu Durchmesser von Zylindern bei der Berechnung der Betondruckfestigkeit berücksichtigt werden können.

Druckprüfungen an **Mörteln** werden an Prismen mit den Abmessungen 4 × 4 × 16 cm^3 durchgeführt, an denen vorher in der Regel die **Biegezugfestigkeit** ermittelt wurde. Alternativ werden Würfel mit 4 × 4 × 4 cm^3 verwendet. Die Proben werden nach definierter Vorlagerung und definierten Zeitpunkten geprüft.

Bei der Druckfestigkeit von **Bindemitteln** handelt es sich um einen technologischen Festigkeitswert, gemessen an einem Mörtel, der mit dem entsprechenden Bindemittel hergestellt wurde. DIN EN 196-1 für Zement arbeitet beipielsweise mit einem Mörtel aus 1 Teil Zement, 3 Teilen CEN Normsand und 0,5 Teilen Wasser (nach Masse).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

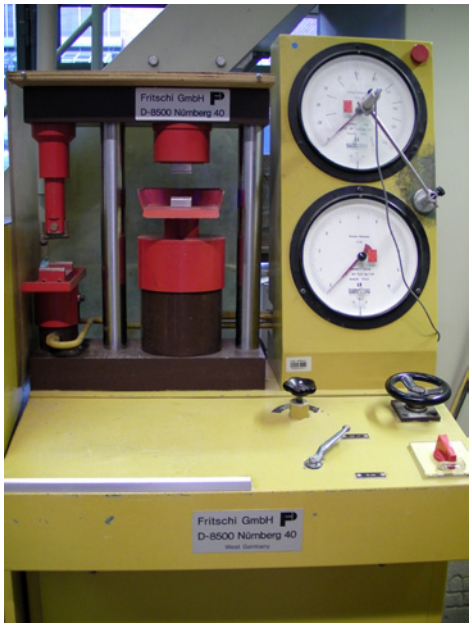


Abb. 68 Prüfmaschine zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit an Mörtelprismen. Die vor die Anzeige gesetzte motorgetriebene Drehscheibe erleichtert bei diesem älteren Gerät die Einstellung einer definierten Belastungsgeschwindigkeit.

Eine Prüfung des **Druck-E-Moduls** erfolgt bei Beton in der Regel als Sekantenmodul nach mehrmaliger Be- und Entlastung. Ähnlich wird die Prüfung auch bei Naturstein durchgeführt. Bei **Polymermörteln** erfolgt die Prüfung mit hoher Belastungsgeschwindigkeit, um den Kriecheinfluss zu vermindern.

Bei der Druckprüfung von **Metallen** treten im Normalfall große Verformungen auf. Dabei entstehen im Mittenbereich der Proben Schubverformungen und im Randbereich Zugverformungen. Der erste Anriss wird als Versagenskriterium verwendet und die dabei vorhandene Nennspannung als Druckfestigkeit definiert. Analog zum Zugversuch werden eine **Bruchausbauchung, eine Druck-Fließgrenze (Quetschgrenze) und Stauchgrenzen** definiert. Spröde Materialien können durch Abgleiten entlang eines unter 45° verlaufenden Risses brechen, der durch die Schubspannungen im Probeninneren hervorgerufen wird (Bargel, H.-J.; Schulze, G. (Hrsg.): Werkstoffkunde, 10. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2008).

Folgende Normen können für die Druckprüfung herangezogen werden:

DIN EN 12390-3 beschreibt die Druckprüfung an gesondert hergestellten Betonprobekörpern. DIN EN 12504-1 beschäftigt sich dagegen mit der Prüfung der Druckfestigkeit von Beton-Bohrkernproben aus Bauwerken. In dieser Norm finden sich auch Ergebnisse zum Einfluss des Verhältnisses von Größtkorndurchmesser und Bohrkerndurchmesser auf die Druckfestigkeit. Anforderungen an Prüfmaschinen zur Druckprüfung von Beton definiert DIN EN 12390-4. Eine weitere Prüfnorm für die Druckfestigkeit von Beton ist ASTM C 39 / C 39Ma.

Die Prüfung der Druckfestigkeit von Zement (am Mörtel) ist geregelt in DIN EN 196-1. DIN EN 445 beschäftigt sich dagegen mit Einpressmörtel für Spannglieder. Das dort angegebene Verfahren entspricht DIN EN 196-1 mit Anpassungen an die sehr gute Fließfähigkeit von Einpressmörteln. DIN EN 12808-3 beschreibt die Bestimmung der Druckfestigkeit von Fugenmörteln für keramische Fliesen und Platten.

Die Bestimmung der Fugendruckfestigkeit von Mauermörteln ist beschrieben in DIN 18555-9. Die Norm unterscheidet drei Verfahren. Alle Verfahren berücksichtigen die Wechselwirkung zwischen Stein und Mörtel, z. B. das Wassersaugen der Steine. Bei Verfahren I werden quaderförmige Probekörper geprüft, die ausschließlich im Labor hergestellt werden können und vollflächig belastet werden. Mit Verfahren II und III können auch Fugenmörtel aus einem Bauwerk gepüft werden. Die beiden Verfahren arbeiten beide mit einer Teilflächenbelastung der Probe, unterscheiden sich jedoch in der Form und Größe der Druckstempel. Alle drei Verfahren ergeben bei gleichem Mörtel unterschiedliche Ergebnisse.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Untersuchung der Druckfestigkeit von Kalkmörtel nach DIN EN 459-2 orientiert sich mit geringen Abweichungen an der Prüfung nach DIN EN 196-1. Die Prüfung der Druckfestigkeit von Estrichmörteln erfolgt nach DIN EN 13892-2 und orientiert sich ebenfalls an DIN EN 196-1. Die Prüfung der Druckfestigkeit von Reparaturmörteln erfolgt nach DIN EN 12190. Die Prüfung der Druckfestigkeit von Calciumsulfatbaustoffen erfolgt nach DIN EN 13454-2 bzw. DIN EN 13279-2.

Hinweise zur Ermittlung der Verformung mit Bestimmung der Längs- und Querdehnung von Mörteln können entnommen werden aus DIN 18555-4. Die Bestimmung des Druck-Elastizitätsmoduls kann erfolgen nach DIN EN 13412, einer Prüfnorm für Instandsetzungsprodukte oder nach DIN EN 14580, einer Prüfnorm für Natursteine. Die Prüfung der Druckfestigkeit von Naturstein (auch Wasserbausteinen) erfolgt nach DIN EN 1926.

Die Prüfung der Druckfestigkeit von Porenbeton erfolgt nach DIN EN 679. Die Bestimmung des statischen Druck E-Moduls von Porenbeton und haufwerksporigem Leichtbeton ist Gegenstand der DIN EN 1352. Für haufwerksporigen Leichtbeton ist außerdem DIN EN 1354 relevant. DIN EN 1740 beschreibt eine Druckprüfung mit exzentrischer Belastung für bewehrte Bauteile aus Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton.

Für Druckversuche an Böden oder ähnlichen Materialien kann DIN 18136 herangezogen werden. Die Bestimmung der Druckfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische für den Straßenbau ist beschrieben in DIN EN 13286-41, die Bestimmung des E-Moduls dieser Stoffe in DIN EN 13286-43. Spezielle Druckversuche für bituminöse Massen sind die Bestimmung der Marshall-Stabilität, des Marshall Fließwertes und des Marshall-Quotienten nach DIN EN 12697-34 bzw. DIN 1996-11.

Für Mauersteine ist DIN EN 772-1 und DIN V 105-100 relevant. Bei Mauersteinen ist die Festlegung der kraftübertragenden Fläche aufwändiger als bei der Prüfung von Beton. Die Prüfung der Druckfestigkeit von künstlichen Steinen nach EN 14618 erfolgt nach DIN EN 14617-15. Die Druckfestigkeit und der E-Modul von Mauerwerk wird bestimmt an Mauerwerksprüfkörpern nach DIN EN 1052-1.

Der Druckversuch an Holzproben erfolgt nach DIN EN 408 und DIN EN 789. Auch DIN 52185 und DIN 52192 können herangezogen werden. Die Druckfestigkeit von Metallen wird nach DIN 50106 geprüft. Ein Stauchversuch zur Ermittlung von Oberflächenfehlern von Drähten ist beschrieben in DIN EN 10218-1. Der Druckversuch an Kunststoffen ist Gegenstand der DIN EN ISO 604. Elastomere werden geprüft nach DIN ISO 7743. Die Ermittlung der Druckfestigkeit von Steinzeugrohren ist beschrieben in DIN EN 295-3.

Bei der Druckprüfung von Wärmedämmstoffen nach DIN EN 826 wird die Druckspannung bei 10 % Stauchung ermittelt, wenn nicht bereits bei geringerer Dehnung ein Bruch auftritt. Wenn die Höchstkraft bei einer Dehnung von kleiner 10 % erreicht wird, wird aus ihr eine Druckfestigkeit berechnet. Die Vorgehensweise ist ähnlich wie in DIN EN ISO 844. Auch die Ermittlung eines Kompressionsmoduls ist in beiden Normen beschrieben. Mit der Bestimmung des Verhaltens von Wärmedämmstoffen unter Punktlast beschäftigt sich DIN EN 12430.

Ähnlich geht auch DIN EN ISO 25619-2 bei Geokunststoffen vor. Wenn die größte Spannung kleiner als 1 MPa ist, wird sie als Kurzzeitdruckfestigkeit zusammen mit der entsprechenden Dehnung angegeben. Ist bei 1 MPa jedoch noch kein Bruch aufgetreten, wird die Druckstauchung bei 1 MPa angegeben.

12.7.2 Ermittlung der Druckfestigkeit von Beton und Mörtel am Bauwerk

Die Ermittlung der Betonfestigkeit am Bauwerk kann durch **Ausbohren von Kernen** und deren Prüfung im Labor erfolgen (s. Kap. 9.3.2, 9.7 und 9.8), durch vergleichsweise zerstörungsarme **Ausziehversuche** (s. Kap. 12.9), indirekt über zerstörungsfreie **Ultraschallprüfungen** (s. Kap. 12.16.1 und 20.19) oder durch zerstörungsfreie Prüfungen mit dem **Rückprallhammer**. Bei allen diesen Prüfungen mit Ausnahme der Bohrkernprüfung im Labor ist eine werkstoffspezifische Kalibrierung notwendig.

Bei der Prüfung mittels Rückprallhammer wird ein Bolzen mit definierter Kraft auf einen Stahlkörper geschossen, der die Betonoberfläche berührt und zurück prallt. Der Rückprallweg hängt ab vom elastischen Verhalten des Materials. Da bei Beton Festigkeit und Elastizitätsmodul korreliert sind, kann aus dem Rückprallweg indirekt auf die Festigkeit (in der Regel die Druckfestigkeit) geschlossen werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Einwirkungstiefe der Prüfung umfasst einige Zentimeter. Die Dicke des Prüfkörpers sollte deshalb mindestens 10 cm betragen. Probekörper die nicht fest in eine Konstruktion eingebunden sind müssen starr gelagert sein. Bei unebenen Oberflächen und durch **Bluten** oder **Carbonatisierung** beinflussten Oberflächen muss die Oberfläche ggf. abgeschliffen werden. Eine Carbonatisierung ergibt höhere Rückprallzahlen. Ist die Betonoberfläche durch besondere Angriffe geschädigt **(Frost, Brand, chemischer Angriff)**, kann die Prüfung nicht durchgeführt werden. Abweichungen von der waagerechten Prüfrichtung müssen korrigiert werden.

Das Verfahren kann anhand einzelner Prüfungen von Kernen im Labor kalibriert und die Güte damit deutlich verbessert werden. Dazu führt man an Stellen, an denen eine Bohrkernentnahme gut möglich ist, vorher eine Prüfung mit dem Rückprallhammer durch, entnimmt dann Bohrkerne und prüft deren Festigkeit im Labor.



Abb. 69 Schmidt-Hammer Modell NR mit mechanischer Registriereinrichtung.

Die Prüfung von Bauwerksbeton mit dem Rückprallhammer ist geregelt in DIN EN 12504-2. Die Ermittlung der Ultraschallgeschwindigkeit von Beton ist beschrieben in DIN EN 12504-4. Die Ermittlung einer Ausziehkraft aus Beton ist beschrieben in DIN EN 12504-3. Die Entnahme und Prüfung von Bohrkernen ist geregelt in DIN EN 12504-1. Die Bewertung von entspechenden Messwerten der Druckfestigkeitsprüfung an Bauwerksbeton ist geregelt in DIN EN 13791. Zusammenhänge zwischen Rückprallzahlen und vergleichbaren Druckfestigkeiten nach DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2 sind auch angegeben in:

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant)

Bethge, W.; Richter, T.: Beton, Prüfung nach Norm, Verlag Bau und Technik, 2011

Für niedrigere Festigkeiten, zum Beispiel zur Klärung der Frage ob ausgeschalt werden kann, ist der **Pendelhammer** besser geeignet. Dabei wird entweder der Eindruck einer Stahlkugel auf der Oberfläche des Bauteils ausgemessen oder es werden Rückprallzahlen ermittelt. In beiden Fällen ist eine Kalibrierung notwendig. Die Eindruckprüfung hängt in sehr starkem Maße von den Eigenschaften der Oberfläche ab.

Hinweise zur Ermittlung der Betonfestigkeit am Bauwerk mittels **Ultraschall** sowie einem Pendelhammer mit Ausmessen des Eindruckdurchmessers können auch entnommen werden aus Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 70 Pendelhammer, Modell PM. Dieses Gerät ist zur zerstörungsfreien Prüfung der Druckfestigkeit von normaldicken Mauerwerksfugen gedacht und misst den Rückprall.



Abb. 71 Nageleindringprüfung. Rechts neben dem Tacker ein eingeschlagener Nagel, dessen Eindringtiefe ausgemessen werden kann. Foto: F. Tralow.

Die Mauermörteldruckfestigkeit am Bauwerk kann auch zerstörungsarm durch das **Einschlagen von Nägeln** mit definierter Schlagenergie ermittelt werden, in dem die erzielte Eindringtiefe gemessen wird. Weitere Informationen zu diesem Verfahren sind vom Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg erhältlich. Das Verfahren ist beschrieben in:

Franke, L.; Stehr, H.; Opeldus, S.: Zerstörungsfreie Prüfung der Mörteldruck-Festigkeit von Mauerwerksfugen, Bautenschutz und Bausanierung, Nr. 2, S. 46–51, 2004

12.7.3 Schätzung der Druckfestigkeit von Beton auf der Basis der Reife

Erhärtungsreaktionen von Baustoffen unterliegen wie alle chemischen Reaktionen einem Temperatureinfluss (**van´t Hoff´sche Regel**). Bestimmt man die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von Temperatur und Zeit im Labor für einen Temperaturverlauf, kann man mit Hilfe des Reifegrades die zeitliche Festigkeitsentwicklung bei anderen Temperaturverhältnissen abschätzen. Dazu wird der Reifegrad im zu beurteilenden Bauteil gemessen und über die vorher im Labor ermittelte Kalibrierkurve die zu erwartende Druckfestigkeit abgeschätzt. Das Verfahren ist in NEN 5970 geregelt. Es ist auch im Detail beschrieben in:

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant)

Weitere Informationen zur Abschätzung der Betonfestigkeit durch Reifemessung können entnommen werden aus Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

12.7.4 Ermittlung der Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton

Die Ermittlung der Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton erfolgt nach DIN EN 14488-2 bei niedrigen Festigkeiten über die Kraft, die notwendig ist, eine Nadel 15 mm tief in den Spritzbeton einzudrücken (**Penetrometer**, anwendbar von 0,2 bis 1,2 MPa). Bei höheren Festigkeiten (3 bis 16 MPa) erfolgt die Prüfung mit Hilfe eines **Bolzenschussgerätes**. Damit wird ein Bolzen in den Spritzbeton eingetrieben und wieder ausgezogen. Aus dem Verhältnis aus Ausziehkraft und Eindringtiefe kann die Druckfestigkeit bestimmt werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.7.5 Prüfung der Kornfestigkeit leichter Gesteinskörnung

Zur Prüfung der Kornfestigkeit leichter Gesteinskörnungen wird die Körnung in einen Druckzylinder eingerüttelt und anschließend über einen Stempel mit einer Druckprüfmaschine 20 bis 50 mm zusammengedrückt. Die dazu benötigte Kraft, bezogen auf die Stempelfläche, gilt als Kornfestigkeit. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 13055-1. Die Tragfähigkeit nach DIN EN 13055-2 wird nach einem ähnlichen Verfahren als Spannung bei einer Stauchung von 10 % ermittelt.

12.7.6 Scheiteldruckprüfung und mechanische Prüfungen an Abwasserbauteilen

Beim Scheiteldruckversuch werden Rohre in Längsrichtung auf Druck belastet. Von Bedeutung ist dabei die **Scheiteldruckfestigkeit** und die **Ringsteifigkeit**. Für die Prüfung von Rohren aus glasfaserverstärkten Kunststoffen gilt DIN EN 1226 und DIN EN 1228. Relevant für Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen ist auch DIN 53769. Solche Prüfungen sind auch für **Schlauchliner** relevant. Die Scheiteldruckprüfung von Rohren aus Beton wird behandelt in DIN EN 1916, die Prüfung von Schächten aus Beton in DIN EN 1917. Relevant für Steinzeugrohre ist DIN EN 295-3.

Die Prüfung der vertikalen Festigkeit von Übergangs- und Abdeckbauteilen von Schächten aus Beton ist beschrieben in DIN EN 1917. Dabei wird eine Teilfläche des Bauteils entweder bis zu einer vorgegebenen Druckkraft oder bis zum Bruch belastet. Zur Prüfung von Schächten gehört auch die Prüfung der vertikalen Belastbarkeit und der horizontalen Ausziehkraft der Steigeisen.

12.7.7 Prüfung von Abdichtungsbahnen gegen Durchstoßen bei statischer Druckbelastung

Abdichtungsbahnen werden nach DIN EN 12730 auf einem harten oder weichen Auflager mit einem Durchstoßkörper statisch auf Druck beansprucht. Ziel der Untersuchung ist festzustellen, ob eine **Perforierung** auftritt. Der Durchstoßkörper ist eine Kugel von 10 mm Durchmesser.

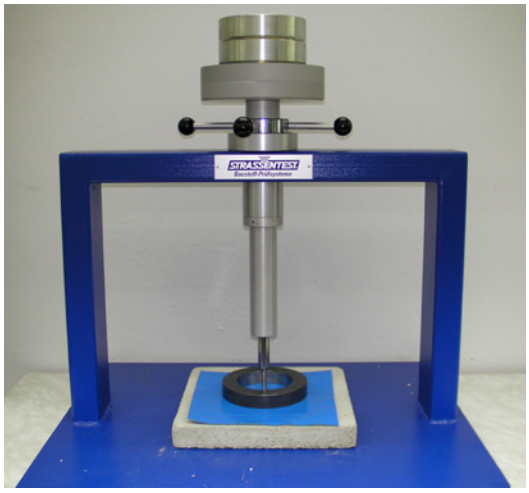


Abb. 72 Statische Prüfung von Abdichtungsbahnen gegen Durchstoßen nach DIN EN 12730 mit harter Unterlage. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.8 Zentrischer Zugversuch, Zugfestigkeit und Verbundverhalten normal zur Belastung

12.8.1 Allgemeines

Für den zentrischen Zugversuch wird eine Zugprüfmaschine mit entsprechenden Einspannvorrichtungen benötigt. Dazu werden in der Regel mechanische Klemmen oder hydraulische Spannbacken verwendet, z. B. zur Prüfung von Stahl nach DIN EN ISO 6892 und der Prüfung von Holz nach DIN EN 408.

Die zentrische Zugfestigkeit ist eine wirkliche Materialfestigkeit. Ihre Prüfung ist bei mineralischen Baustoffen deutlich aufwendiger als die Druckfestigkeitsprüfung und reagiert sehr empfindlich auf Spannungskonzentrationen im Lasteinleitungsbereich. Man prüft deshalb häufig Proben in **»Hundeknochenform«**, die im Lasteinleitungsbereich verdickt sind, um einen Bruch im Einspannbereich zu vermeiden. Informationen zur Prüfung der Zugfestigkeit von **Beton** können entnommen werden aus Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

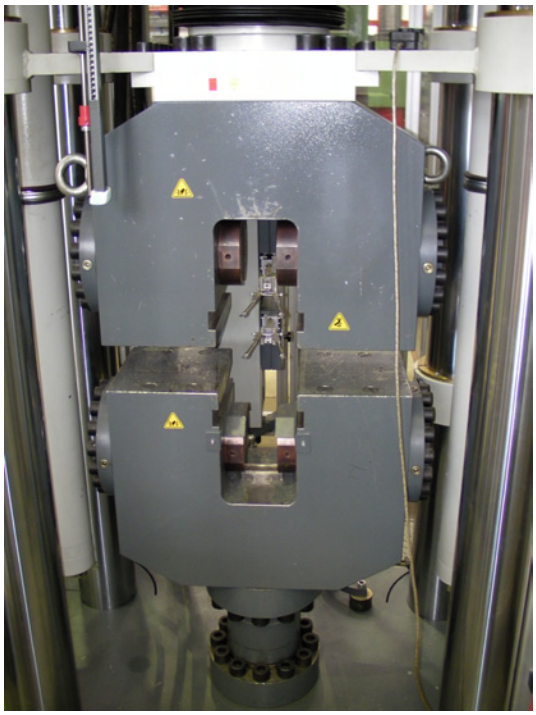


Abb. 73 Spannbacken einer statischen 2,5 MN Zug- und Druckprüfmaschine, maximale Einspannlänge 3,5 m. Sichtbar ist außerdem ein mechanisches Extensometer. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.



Abb. 74 Zentrischer Zugversuch an einer Stahl-Rundprobe bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1. Beginnende Einschnürung kurz vor dem Bruch. Versuch: MPA Bremen.

Zentrische Zugversuche an **Stahl** können auch an miniaturisierten Zugproben durchgeführt werden, die am Bauwerk aus Bohrkernen mit 50 mm Durchmesser gewonnen werden. Örtliche Störungen des Gefüges erhöhen dabei jedoch die Streuung. Aus einem solchen Bohrkern kann zusätzlich eine ISO-V-Probe zur Bestimmung der Kerbschlagzähigkeit und eine modifizierte CT-Probe zur Bestimmung bruchmechanischer Kenngrößen gewonnen werden, sowie Proben zur Bestimmung der Härte und der chemischen Zusammensetzung, s. Peil, U.: Lebensdauerverlängerung von Bauwerken mit Hilfe von Bauwerksüberwachung, Bautechnik, Bd. 80, S. 614–630, 2003.

Die Zugprüfung von Beton- und Spannstählen ist beschrieben in DIN EN ISO 15630, die sich im Wesentlichen auf DIN EN ISO 6892 bezieht. In DIN EN ISO 15630-3 ist zusätzlich ein **Umlenk-Zugversuch** für Spannstähle beschrieben, bei dem die Probe durch einen Dorn während des Zugversuchs umgelenkt

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

wird. Besonderheiten bei der Zugprüfung von Metallen bei erhöhter Temperatur sind beschrieben in DIN EN ISO 6892-2. DIN ISO 15579 beschäftigt sich mit dem Zugversuch an metallischen Werkstoffen bei tiefer Temperatur. Teile von DIN EN ISO 6892, die sich mit der Prüfung bei tiefer Temperatur beschäftigen, sind in Vorbereitung.

Die Zugprüfung an Schweißnähten metallischer Werkstoffe ist beschrieben in DIN EN ISO 5178. Die Probe besteht nur aus Schweißgut. Der Versuch entspricht ansonsten DIN EN ISO 6892. Auch DIN EN ISO 9018 beschäftigt sich mit der Zugprüfung metallischen Schweißverbindungen.

Zur Zugprüfung von Kunststoffen kann DIN EN ISO 527, DIN 53504 oder ISO 37 herangezogen werden. Die Prüfung der Zugeigenschaften von faserverstärkten Kunststoffen wird in DIN EN ISO 527 behandelt. Die Zugprüfung an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen ist geregelt in DIN EN 12814-1, bei tiefen Temperaturen in DIN EN 12814-6, an gekerbten Probekörpern in DIN EN 12814-7. Die Zugprüfung an Fugendichtstoffen ist geregelt in DIN EN ISO 8339, DIN EN ISO 8340, DIN EN ISO 10590 und DIN EN ISO 10591. Soll die Einschnürung beim Zugversuch an Flächengebilden vermindert werden, können sehr breite Proben geprüft werden. Ein solcher Versuch ist beschrieben in DIN EN ISO 10319.

Einige **Faserbundwerkstoffe** reagieren sehr empfindlich auf Querpressungen durch Einspannsysteme. Solche Baustoffe können in steife Metallhülsen eingeklebt werden, die dann in herkömmlichen Einspannsystemen verwendet werden können. Gezogen werden kann dann jede Probenform, die sich einspannen lässt und eine homogene Spannungsverteilung im Probenquerschnitt erlaubt. Auf das Problem der Einspannung empfindlicher Proben geht die folgende Arbeit ein:

Scheibe, M.: Vorhersage des Zeitstandverhaltens unidirektionaler Aramidfaserverbundstäbe in alkalischer Umgebung, Dissertation, TU Braunschweig, 1998. Auch als Heft 138 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-117-0.

Die Messung der Zugeigenschaften von textilen Flächengebilden ist Gegenstand der DIN EN ISO 13934. Die Zugprüfung von Holzwerkstoffen ist Gegenstand von DIN EN 789 und DIN EN 319, die Zugprüfung von Vollholz ist Gegenstand der DIN 52188. Die Zugprüfung von Gipsplatten-Fugen wird behandelt in DIN EN 13963. Die Zugfestigkeit von Wärmedämmstoffen kann nach DIN EN 1607 (senkrecht zur Plattenebene) oder DIN EN 1608 (in Plattenebene) geprüft werden. Die Zugprüfung an Abdichtungsbahnen ist beschrieben in DIN EN 12311.

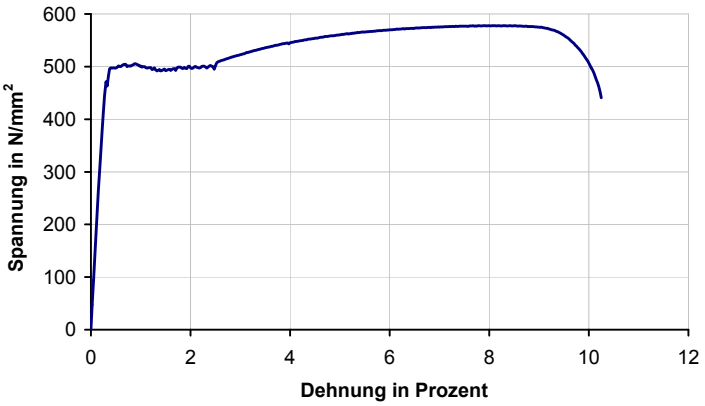


Abb. 75 Spannungs-Dehnungs-Diagramm eines Betonstahls. Dehnungsmessung in diesem Fall über den Kolbenweg, Ausgangsmesslänge 400 mm. Graphik: J. Oppermann.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

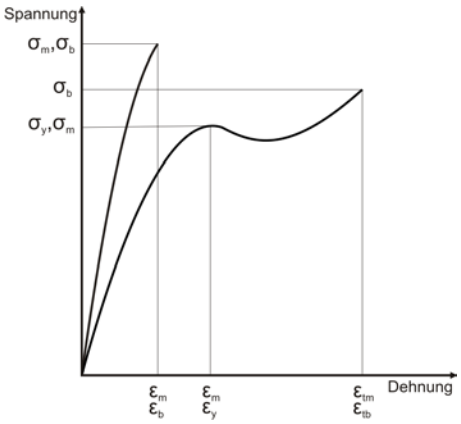


Abb. 76 Typische Spannungs-Dehnungs-Kurven bei der Zugbeanspruchung von Kunststoffen nach DIN EN ISO 527-1. Bezeichnungen siehe Kap. 12.1. Der Index t kennzeichnet eine nominelle Dehnung, für die besondere Vereinbarungen zur Messlänge gelten. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Prüfung des Kraft-Verformungs-Verhaltens bei Zugbeanspruchung von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln erfolgt nach DIN EN 13587 sowie DIN EN 13703. Berechnet werden die Spannung und die Dehnung bei der Fließgrenze, beim Bruch, bei einer Dehnung von 400 % und bei der größten prozentualen Dehnung. Spröde Bindemittel können ebenfalls erkannt werden. Entsprechende Prüfgeräte müssen hohe Dehnungen bei konstanter Temperatur messen können. Eine ähnliche Prüfung ist die **Duktilitätsprüfung** im **Duktilometer** nach DIN EN 13589. Eine gegossene Probe wird bei konstanter Temperatur (in der Regel 5 °C) einer Zugbeanspruchung ausgesetzt, bis eine Dehnung von 1333 % erreicht ist. Geprüft wird, ob ein Bruch auftritt.

Die **Prüfung der elastischen Rückstellung** ist ebenfalls von Bedeutung für bitumenhaltige Bindemittel. Die Proben werden analog DIN EN 13589 im Duktilometer gezogen, allerdings nur auf eine Länge von 200 mm. Anschließend wird der entstandene Bitumenfaden zerschnitten und die sich einstellende Verkürzung der beiden Hälften ermittelt. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 13398.



Abb. 77 Duktilometer zur Prüfung von Bitumen. Das Bild zeigt den Einspannbereich der Proben, die dann gezogen werden. Am Rande des Geräts zwei unterschiedliche Proben zur Prüfung der Duktilität und der elastischen Rückstellung. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

Aus einem Kraft-Verschiebungs-Diagramm lässt sich die **Formänderungsarbeit** berechnen. DIN EN 13703 gibt für Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel auf der Basis von Zugversuchen nach DIN EN 13587 und DIN EN 13589 ein entsprechendes Verfahren an.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Zugprüfung von Asphalt ist Gegenstand der DIN EN 12697-46. Diese Prüfnorm beschreibt einen Zugversuch **(Direkter Zugversuch UTST)** bei konstanter Temperatur und einen **Abkühlversuch (TSRST)**, beim dem die Länge eines Probekörpers konstant gehalten wird und die Probe abgekühlt wird.

Die Bestimmung des Steifigkeitsmoduls von Asphalt über eine axiale Zugprüfung **(direkte Zugprüfung)** ist beschrieben in DIN EN 12697-26. Die Bestimmung der Zugfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische für den Straßenbau ist beschrieben in DIN EN 13286-40, die Ermittlung des E-Moduls in DIN EN 13286-43. Auch diese Normen sprechen von einem direkten Zugversuch.

12.8.2 Abschätzung der Zugfestigkeit von Stählen über eine Härteprüfung

DIN EN ISO 18265 enthält zahlreiche Daten zur Abschätzung von Zugfestigkeiten metallischer Werkstoffe aus Härtekenngrößen (siehe Kap. 12.20.1).

12.8.3 Prüfung des Seilrecks von Spanndrahtlitzen

Durch das Strecken der Litzen-Einzeldrähte entsteht beim Vorspannen eine bleibende, nichtlineare Dehnung (Seilreck), die im Zugversuch ermittelt wird.

12.8.4 Prüfung der Rissüberbrückungsfähigkeit

DIN EN 1062-7 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung der rissüberbrückendenden Eigenschaften von Beschichtungen. Zur Prüfung wird eine Beton- bzw. Mörtelprobe mit einer Sollbruchstelle hergestellt und mit dem Prüfgut beschichtet. Danach wird im Untergrund ein Riss mit sehr kleiner Rissbreite hergestellt. Anschließend wird dieser unter der noch intakten Beschichtung liegende Riss entweder statisch aufgeweitet oder **dynamisch beansprucht** bis die Beschichtung reißt oder eine definierte Rissbreite im Substrat bzw. eine definierte Lastspielzahl erreicht ist. Die Belastung wird als **Biegezug**- oder **axiale Zugbeanspruchung** aufgebracht. Weitere Informationen zur Prüfung der Rissüberbrückungsfähigkeit können entnommen werden aus:

Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.

Die Rissüberbrückungsfähigkeit von Abdichtungsbahnen für Verkehrsflächen wird nach DIN EN 14224 geprüft, indem in einem mit der Bahn belegten Grundkörper ein Riss erzeugt wird und die Rissweite zyklisch mit einer Zugbeanspruchung verändert wird. Der Prüfkörper wird **visuell beurteilt** und nach der Beanspruchung auf **Wasserdichtigkeit** geprüft.

12.8.5 Abreiß-Versuch (pull-off test), Haftzugversuch, Haftzugfestigkeit und Oberflächenzugfestigkeit

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit bzw. der Oberflächenzugfestigkeit ist ein Spezialfall eines Abreiß-Versuchs (pull-off test). In der Regel wird zunächst eine Ringnut in die Oberfläche des Bauteils gebohrt, ein Prüfstempel aufgeklebt und mit definierter Belastungsgeschwindigkeit abgezogen. Bei mehrschichtigen Probekörpern muss die Ringnut durch die zu prüfenden Schichten hindurch bis in den Untergrund hinein geführt werden. Bei weichen Oberflächenschichten können diese auch durchgeschnitten werden. Ein Sonderfall stellt die Prüfung von Spritzbeton auf einem Untergrund nach DIN EN 14488-4 dar. Dabei wird ein Bohrkern entnommen und im Labor einem zentrischen Zugversuch unterzogen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 78 Haftzugprüfung, in diesem Fall an einer gesägten Laborprobe mit quadratischem Stempel. Foto: F. Tralow.

Die ermittelte Festigkeit f_h wird berechnet über die Gleichung:

$$f_h = \frac{4 \cdot F_h}{\pi \cdot D^2}$$

Gl. 9

Wobei:

F_h – die Maximalkraft

D – Innendurchmesser der Ringnut bzw. mittlerer Durchmesser des Prüfkörpers

Prüft man einen einschichtigen Probekörper ermittelt man so die Oberflächenzugfestigkeit, bei mehrschichtigen Prüfkörpern die Haftzugfestigkeit. Bricht ein mehrschichtiger Probekörper in der Schichtgrenze zwischen Schicht A und Schicht B, erhält man die Haftzugfestigkeit des Materials A auf B. Tritt der Bruch in der äußeren Schicht A auf, erhält man als Haftzugfestigkeit die Zugfestigkeit des Materials A und die Information, dass diese kleiner ist als die Haftzugfestigkeit zwischen A und B und kleiner ist als die Zugfestigkeit von B. Tritt der Bruch in der inneren Schicht B auf, erhält man als Haftzugfestigkeit die Zugfestigkeit von B und die Information, dass diese kleiner ist als die Haftzugfestigkeit von A auf B und die Zugfestigkeit der äußeren Schicht A. Neben der Haftzugfestigkeit ist die Beschreibung der Versagensart und der Versagensfläche ein wichtiges Ergebnis eines Haftzugversuchs. Die Beschreibung der Bruchbilder von Kunststoffen bei Zugbeanspruchung ist Gegenstand der DIN EN ISO 10365.

Haftzugprüfungen und Prüfungen der Oberflächenzugfestigkeit können in der Regel mit einfachen Prüfgeräten durchgeführt werden, die zusammen mit einem **Kernbohrgerät** auch am Bauwerk eingesetzt werden können. Kernbohrgeräte bohren häufig nicht exakt zentrisch. Dies führt dazu, dass Proben mit geringer Haftzugfestigkeit bereits beim Bohren brechen und keine Messung durchgeführt werden kann. In diesem Fall ist es sinnvoller, wenn möglich, mit einer Säge eine quadratische Nut auszusägen und den Haftzugversuch mit einem quadratischen Stempel durchzuführen. Dieses ist sehr viel schonender für den Verbund.

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit von Putzmörteln ist geregelt in DIN EN 1015-12 und von Podukten für die Instandsetzung von Betontragwerken in DIN EN 1542 sowie in der DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, die auch die Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit von Beton beschreibt. Eine weitere relevante Norm ist ASTM C 321.

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit von Estrichen auf einem Normuntergrund erfolgt nach DIN EN 13892-8, die Prüfung von Gipsbindern nach DIN EN 13279-2, die Prüfung von Klebern auf Gipsbasis nach DIN EN 14496, die Prüfung von hydraulisch erhärtenden Boden-Spachtelmassen nach DIN EN 13408. Die Haft-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

zugfestigkeit von Klebern für Fliesen und Platten nach verschiedenen Lagerungsprozeduren wird geprüft nach DIN EN 1348.

Für die Prüfung der Haftzugfestigkeit von Rissfüllstoffen stehen gesonderte Prüfverfahren zur Verfügung, die in DIN EN 12618-1 und DIN EN 12618-2 beschrieben sind. Der Füllstoff wird dabei in einen Spalt mit definierten Eigenschaften injiziert und in dieser anwendungsnahen Form geprüft.

Auch die Prüfung der **offenen Zeit** von Mörteln und Klebstoffen für Fliesen und Platten nach DIN EN 1346 beruht auf einer Prüfung der Haftzugfestigkeit von Platten, die nach verschiedenen Zeitpunkten nach Herstellung des Klebers aufgebracht worden sind.

Die Prüfung der Haftfestigkeit von Beschichtungsstoffen ist geregelt in DIN EN ISO 4624, die Durchführung eines Abreißversuchs an Beschichtungssystemen für Stahlbauten in DIN EN ISO 16276-1.

Die Prüfung der **Abhebefestigkeit** der Oberfläche von Holzwerkstoffen erfolgt ebenfalls nach vorheriger Anfertigung einer Ringnut und ist beschrieben in DIN EN 311. Die Prüfung der Abreißfestigkeit von Abdichtungssystemen auf Verkehrsflächen ist beschrieben in DIN EN 13596.

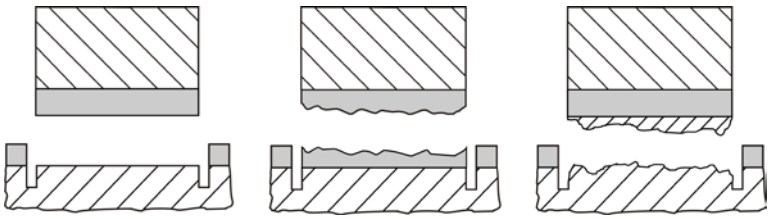


Abb. 79 Verschiedene Möglichkeiten des Bruchs beim Haftzugversuch nach DIN EN 1015-2. Links: Adhäsionbruch zwischen Beschichtung und Untergrund. Mitte: Köhäsionsbruch in der Beschichtung. Rechts: Kohäsionsbruch im Untergrund. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

12.8.6 Gitterschnittprüfung und Kreuzschnittprüfung

Die Gitterschnitt- und die Kreuzschnittprüfung dienen zur Beurteilung der Haftung von Beschichtungen. Die Gitterschnittprüfung für Beschichtungsstoffe ist geregelt in DIN EN ISO 2409. Für Beschichtungsstoffe für Stahlbauten kann DIN EN ISO 16276-2 herangezogen werden. Die Gitterschnittprüfung ist nach diesen Normen anwendbar bis Schichtdicken von 0,25 mm. Dazu wird in einer definierten Art und Weise an mehreren Stellen ein Gitterschnitt angebracht und die Beschichtung abgebürstet. Es kann auch ein Klebeband aufgebracht und abgezogen werden. Anhand der auftretenden Abplatzungen wird ein **Gitterschnittkennwert** ermittelt. Die Beurteilung erfolgt also **visuell**. Bei Beschichtungen, die aus mehreren Schichten bestehen, ist zu beurteilen, in welcher Schicht die Ablösung aufgetreten ist.

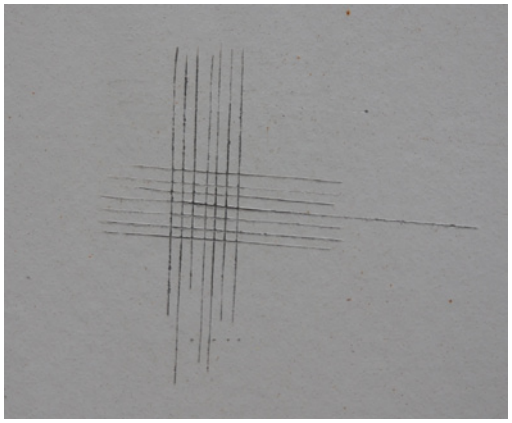


Abb. 80 Gitterschnittprüfung. Foto: M. Wobst, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Kreuzschnittprüfung ist dagegen anwendbar bei größeren Schichtdicken, ab einer Schichtdicke von ca. 250 µm. Es wird ein X-förmiger Schnitt durch die Beschichtung geführt, ein Klebeband gesetzt und

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

dieses abgezogen. Auch in diesem Fall erfolgt eine visuelle Prüfung. Die Kreuzschnittprüfung ist zusammen mit der Gitterschnittprüfung beschrieben in den Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (RI-ERH-KOR) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung und in der DIN EN ISO 16276-2.

12.9 Ausziehversuch (pull-out test) und Durchziehversuch

Beim Ausziehversuch wird ein Prüfkörper, z. B. eine Scheibe, über eine Abstützvorrichtung aus dem umgebenden Baustoff, häufig Beton, herausgezogen. Ausziehversuche können sowohl mit einbetonierten Prüfkörpern, als auch mit nachträglich in den Festbeton eingesetzten Prüfkörpern durchgeführt werden. Die Ausziehkraft korreliert gut mit der Betonfestigkeit. In gleicher Weise können die Ausziehkräfte von Dübeln u. ä. ermittelt werden. Das Verfahren ist genormt in DIN EN 12504-3. Die Ausziehfestigkeit f_P berechnet sich als:

$$f_p = \frac{F}{A}$$

Gl. 10

Dabei bedeuten:

F – die Ausziehkraft

A – die maßgebliche, konische Bruchfläche. Sie kann nach einer in DIN EN 12504-3 angegebenen Gleichung berechnet werden.

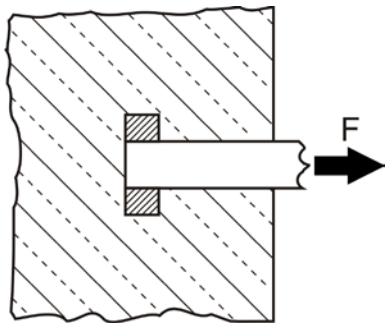


Abb. 81 Prinzip der Ausziehprüfung nach DIN EN 12504-3. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Ausziehversuche haben häufig einen ähnlichen Aufbau wie Versuche zur Untersuchung des Verbundes zwischen einem Zugglied und der umgebenden Matrix. Solche Versuche, bei denen die Scherbeanspruchung der Verbundfläche maßgeblich ist, werden behandelt in Kap. 12.14.

Die Prüfung der Ausziehkraft sowie der Durchziehkraft von Befestigungsmitteln für Gipsplattensysteme ist beschrieben in DIN EN 14566. DIN EN 14617-8 beschreibt einen Ausziehversuch von mit Zementmörtel befestigten Ankern in relativ dünnen Platten aus künstlich hergestellten Steinen nach DIN EN 14618. DIN EN 1382 beschreibt Ausziehversuche an Holzverbindungsmitteln. DIN EN 1383 beschreibt Durchziehversuche an Holzverbindungsmitteln.

12.10 Prüfung der Lochleibungsfestigkeit von Holz und des Weiterreißwiderstandes von Elastomeren und Abdichtungsbahnen

Die Prüfung der Lochleibungsfestigkeit von Holz sowie die **Bettungswerte für stiftförmige Verbindungsmittel** können sowohl bei Druck- als auch bei Zugbelastung nach DIN EN 383 bestimmt werden. Dabei

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

wird ein Holzbauteil, das mit einem stiftförmigen Verbindungsmittel mit der Prüfeinrichtung verbunden ist, mechanisch beansprucht.

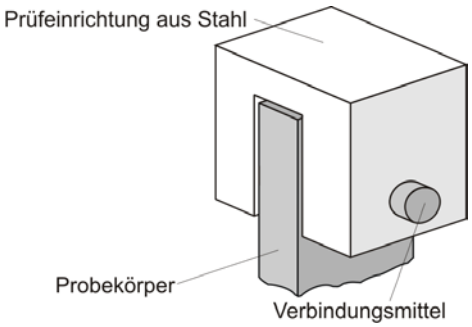


Abb. 82 Aufbau zur Prüfung der Lochleibungsfestigkeit von Holz nach DIN EN 383. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Ein ähnlicher Versuch ist die Prüfung des Weiterreißwiderstandes von Bitumenbahnen nach DIN EN 12310-1. Dabei wird ein auf einer Seite von einem Nagel gehaltener Ausschnitt einer Bitumenbahn auf Zug beansprucht. Es wird die Zugkraft ermittelt, die notwendig ist, um die Probe zu zerreißen. Die dabei auftretende Maximalkraft ist der Weiterreißwiderstand.

Die Bestimmung des Weiterreißwiderstandes von Kunststoff- und Elastomerdichtungsbahnen nach DIN EN 12310-2 beruht auf einer Bestimmung der Höchstzugkraft an einer gekerbten Probe. Der Weiterreißwiderstand von Elastomeren wird nach DIN ISO 34-1 in einer Zugprüfmaschine an einem eingeschnittenen Streifen, einem winkelförmigen oder bogenförmigen Probekörper gemessen. Auch hier ergibt sich der Weiterreißwiderstand aus der aufgewendeten Kraft und der Probenkörperdicke. Die Messung der Weiterreißeigenschaften von textilen Flächengebilden ist Gegenstand der DIN EN ISO 13937.

12.11 Versuche mit Biegebeanspruchung

12.11.1 Biegeversuch und Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Bei einem Biegeversuch wird der Prüfkörper auf zwei Auflager aufgelegt und mit einer Schneide mittig (3 Punkt-Biegeversuch) oder mit zwei Schneiden in der Regel in den Drittelpunkten (4 Punkt-Biegeversuch, heute eher gebräuchlich) belastet. Zur Durchführung wird nur eine Druckprüfmaschine mit einer Biegeprüfvorrichtung benötigt. Beim 4-Punkt Biegeversuch ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fehlstelle im Bereich größter Zugspannung liegt, größer als im 3-Punkt-Biegeversuch. Die Biegezugfestigkeit eines Werkstoffs im 4-Punkt Biegeversuch ist deshalb geringer als im 3-Punkt Biegeversuch.

Bei der Bestimmung der Biegezugfestigkeit eines Werkstoffs entsteht eine Überlagerung von Zug und Druckspannungen. Man mißt also eine technologische Festigkeit, die größer ist als die Zugfestigkeit im zentrischen Zugversuch. Die Biegezugfestigkeit ist definiert als die maximal aufnehmbare Spannung am Zugrand eines Biegebalkens, unter der Annahme linear elastischen Verhaltens.

Die Prüfung der Biegezugfestigkeit poröser Baustoffe reagiert sehr empfindlich auf Eigenspannungen, z. B. durch das Austrocknen der Proben, da für das Baustoffversagen die Zugspannung am Probenrand verantwortlich ist, der leicht austrocknen kann. Um dies zu vermeiden lagern Proben daher z. T. bis kurz vor der Prüfung unter Wasser und die Proben werden bis zur Prüfung möglichst an der Austrocknung gehindert. Wichtig ist auch die Ebenheit der Prüfflächen. Diese müssen ggf. geschliffen oder abgeglichen werden. Bei in Form erhärteten Prüfkörpern werden Schalflächen belastet. Die Biegezugfestigkeit berechnet sich wie folgt. Gegebenenfalls ist die Biegespannung durch das Eigengewicht der Proben mit zu berücksichtigen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$$f_{ct} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot d^2}$$ Gl. 11

Dabei bedeuten:

f_{ct} – Biegezugfestigkeit

F – Höchstlast

l – Abstand zwischen den Auflagern (Achsen der Auflagerrollen) minus Abstand der beiden Belastungsschneiden beim 4-Punkt-Biegeversuch. Abstand zwischen den Auflagern beim 3-Punkt-Biegeversuch.

b – Breite des Prüfkörpers

d – Höhe des Prüfkörpers



Abb. 83 Versuch mit einer 3-Punkt Biegebelastung eines vorgespannten Bauteils aus Ultrahochfestem Beton mit Stahlfasern. Bei solchen Bauteilversuchen geht es nicht um die Ermittlung von Werkstoffkenngrößen, sondern um die Untersuchung des Trag-, Verformungs- und Bruchverhaltens des Bauteils. Der weiße Anstrich erleichtert ggf. die Untersuchung der auftretenden Risse. Versuch: Institut für Massivbau der RWTH Aachen.

Die Biegeprüfung von Beton ist in DIN EN 12390-5 geregelt, die Ermittlung der Längsbiegefestigkeit von Betonrohren in DIN EN 1916. Der Einfluss von Fasern auf das Verhalten von Beton im Biegeversuch wird geprüft nach DIN EN 14845-2, DIN EN 14651 sowie der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton.

Die Biegeprüfung an faserverstärktem Spritzbeton erfolgt nach DIN EN 14488-3 verformungsgesteuert über einen 4-Punkt Biegeversuch an einem aus einer Prüfplatte herausgesägten Probekörper. Neben der Biegezugfestigkeit werden eine **Erstrissfestigkeit** und mehrere **Restfestigkeiten im Nachbruchbereich** bestimmt. Außerdem kann nach DIN EN 14488-5 die **Energieabsorption** von faserverstärktem Spritzbeton an einem mittig belasteten, aus einer Platte herausgesägten quadratischen Probekörper in einem verformungsgesteuerten Biegeversuch ermittelt werden.

Die Prüfung der Biegezugfestigkeit an Estrichmörteln erfolgt an Prismen 4 × 4 × 16 cm^3 nach DIN EN 13892-2. Die Prüfung der Biegezugfestigkeit von Zement (am Mörtel) ist geregelt in DIN EN 196-1. Die Prüfung der Biegezugfestigkeit von Mörteln für Mauerwerk (Mauer- und Putzmörtel) ist geregelt in DIN EN 1015-11. DIN EN 12808-3 beschreibt die Bestimmung der Biegefestigkeit von Fugenmörteln für keramische Fliesen und Platten.

Die Prüfung der Verformung zementhaltiger Mörtel für Fliesen und Platten nach DIN EN 12002 erfolgt mit Hilfe einer Biegebeanspruchung an speziell hergestellten Probekörpern und mit einer speziellen Biegeapparatur.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Biegeprüfung von Betondach- und -formsteinen erfolgt nach DIN EN 491, die Biegeprüfung von Faserzement-Wellplatten nach DIN EN 494, die Biegeprüfung von Faserzement-Dachplatten nach DIN EN 492 und die Biegeprüfung von Tondachziegeln nach DIN EN 538. Die Prüfung der Biegezugfestigkeit von Betonbordsteinen erfolgt nach DIN EN 1340 über eine spezielle 3-Punkt Biegebelastung.

Die Prüfung der Biegezugfestigkeit von Calciumsulfatbindemitteln und -mörteln erfolgt nach DIN EN 13454-2 und DIN EN 13279-2. Die Biegeprüfung von Gipsplatten regelt DIN EN 520 bzw. DIN EN 13915. Die Biegeprüfung von Gipsplatten-Fugen ist Gegenstand der DIN EN 13963. Die Biegeprüfung von faserverstärkten Gipsplatten ist Gegenstand der DIN EN 15283-1 und DIN EN 15283-2.

Die Biegeprüfung von Holzwerkstoffen ist geregelt in DIN EN 310 und DIN EN 789. Die Biegeprüfung von Bauholz ist geregelt in DIN EN 408. Dort ist auch ein Verfahren zur **Ermittlung des Schubmoduls** mittels Biegeversuch angegeben (Prüfung des Schubfeldes). Außerdem ist für Holz noch DIN 52186 relevant.

Die Biegezugprüfung von Naturstein ist geregelt in DIN EN 13161 (Drittellinienlast) und DIN EN 12372 (Mittellinienlast), die Prüfung von künstlichen Steinen nach DIN EN 14618 in DIN EN 14617-2. Die Prüfung der Biegezugfestigkeit von Mauersteinen aus Beton ist geregelt in DIN EN 772-6, die Prüfung der Biegezugfestigkeit von haufwerksporigem Leichtbeton aus Bauteilen in DIN EN 1521.

Die Biegeprüfung von keramischen Fliesen und Platten ist beschrieben in DIN EN ISO 10545-4. Die Prüfung der Biegebruchlast und der Biegezugfestigkeit von Pflasterziegeln ist geregelt in DIN EN 1344 und beruht auf einem 3-Punkt Biegeversuch.

Zur Messung der Biegezugfestigkeit von Porenbeton kann DIN EN 1351 herangezogen werden. Die Prüfung von bewehrten Bauteilen aus Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton erfolgt nach DIN EN 1356 mittels 4-Punkt Biegebelastung.

Bei der Biegeprüfung von Kunststoffen nach DIN EN ISO 178 wird im Regelfall ein 3-Punkt-Biegeversuch bis zum Bruch oder bis zu einer Dehnung von 5 Prozent durchgeführt. Die Biegeprüfung an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen ist geregelt in DIN EN 12814-1, die Biegeprüfung von faserverstärkten Kunststoffen ist geregelt in DIN EN ISO 14125.

Die Biegeprüfung von Steinzeugrohren ist Gegenstand der DIN EN 295-3. Die Biegeprüfung von Wärmedämmstoffen ist geregelt in DIN EN 12089.

Die Prüfung der Biegezugfestigkeit von Mauerwerk ist geregelt in DIN EN 1052-2. Die Abbildung zeigt beispielhaft mögliche Mauerwerksprüfkörper für die Prüfung der Biegezugfestigkeit.

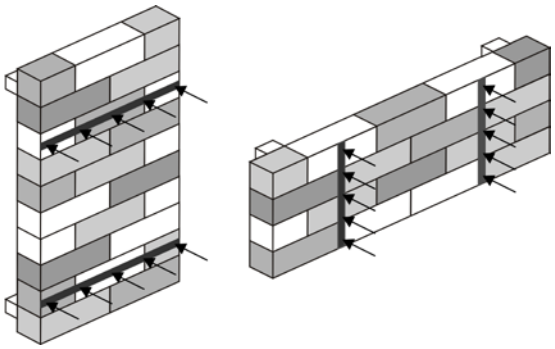


Abb. 84 Biegeprüfung von Mauerwerk nach DIN EN 1052-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Der Biegeversuch an Glas ist geregelt in DIN EN ISO 1288 bzw. DIN EN 1288. Als Besonderheit wird bei Glas auch ein Biegeversuch mit einem ringförmigen Auflager und einer ringförmigen Belastungsschneide durchgeführt, ggf. mit einem überlagerten Gasdruck im Inneren des Rings. Dadurch wird ein radiales Zugspannungsfeld auf einer Seite im vom Ring umschlossenen Bereich erzeugt, in dem auch der Bruch erfolgt. Die Kantenausbildung der Probe spielt bei diesem Versuchsaufbau im Gegensatz zu einer normalen Biegebelastung keine Rolle. Die Biegezugfestigkeit von Glas hängt sehr stark von der Probengröße ab. Ein analoger Prüfaufbau wird zum Teil auch bei anderen Baustoffen verwendet, mit anderer Geometrie.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

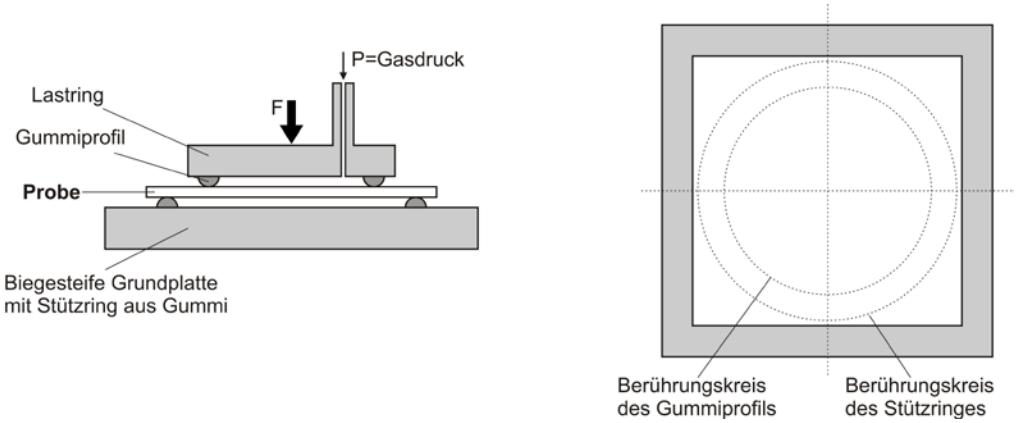


Abb. 85 Biegeprüfung an Glas nach DIN EN ISO 1288-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Prüfung der Biegefestigkeit von Abgasanlagen unter Windlast ist beschrieben in DIN EN 1858, DIN EN 12446, DIN EN 13063-1 und DIN EN 13063-2. Die zusammengefügten Bauteile werden unten verankert. Der Kopf wird mit einem Stahlrahmen vesehen, an dem eine horizontal wirkende Last angreift. Das Bauteil wird bis zum Kippen beansprucht.

Einfache Biegeversuche für metallische Werkstoffe sind beschrieben in DIN EN ISO 7438. Geprüft wird z. B., ob unter einer definierten Biegebeanspruchung sichtbare Risse auftreten. Ähnlich erfolgt die Biegeprüfung an Stahlbeton- und Spannbewehrung nach DIN EN ISO 15630 sowie an Metallrohren nach DIN EN ISO 8491. Die Prüfung von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen im Biegeversuch erfolgt nach DIN EN ISO 5173. Es wird ein Grundbaustoff (Fügeteile) inklusive enthaltener Schweißnaht geprüft. Die Beurteilung erfolgt **visuell**. Ähnlich geht auch DIN EN ISO 17132 bei der Biegeprüfung von Beschichtungsstoffen vor. Beschichtete Platten werden definiert gebogen und die Beschichtung anschließend visuell auf Beschädigungen untersucht.

12.11.2 Biegehaftzugversuch

DIN EN 1052-5 definiert einen Biegehaftzugversuch an Mauerwerksprüfkörpern. Dabei wird ein Prüfkörper, der aus mehreren Steinen besteht, fixiert und auf den obersten Stein über eine Klemmvorrichtung ein Biegemoment aufgebracht, das zum Abziehen dieses Steins vom übrigen Probekörper führt.

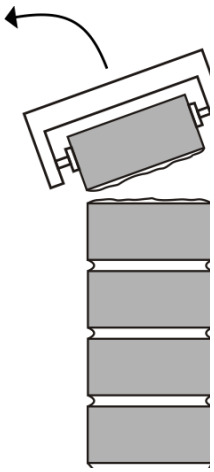


Abb. 86 Prinzip des Biegehaftzugversuchs nach DIN EN 1052-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.11.3 Biegebrechversuch (break-off test)

Beim Biegebrechversuch wird die Kraft ermittelt, die zum Abbrechen eines freigebohrten Kerns erforderlich ist. Diese korreliert mit der Biegezugfestigkeit. Literatur kann dem ZfP-Kompendium entnommen werden unter: www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm.

12.11.4 Dornbiegeversuch

Beim Dornbiegeversuch nach DIN EN ISO 1519 wird eine beschichtete Probeplatte um einen Dorn gebogen und die Beschichtung danach **visuell** auf Beschädigungen hin untersucht. Dabei kann entweder geprüft werden, ob die Beschichtung die Biegung um einen Dorn definierten Durchmessers unbeschadet übersteht, oder der Corndurchmesser ermittelt werden, bei dem erstmalig eine Beschädigung auftritt.

12.11.5 Bestimmung des Brechpunktes nach Fraaß

Zur Bestimmung des Brechpunktes nach Fraaß für Bitumen wird eine dünne Bitumenschicht auf eine Stahlplatte aufgetragen und diese anschließend bei abnehmender Temperatur immer wieder durchgebogen, bis der erste Riss erscheint. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 12593.

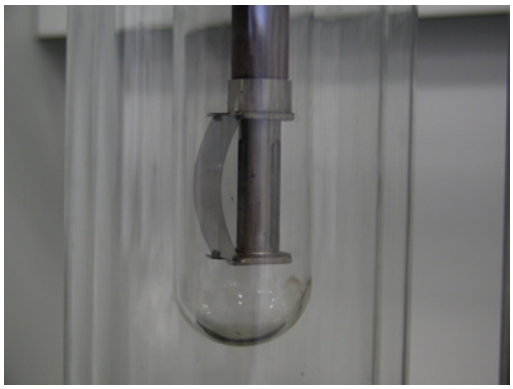


Abb. 87 Verdeutlichung der Bestimmung des Brechpunktes nach Fraaß. Stahlplatte auf dem Foto ohne Bitumenschicht. Institution: Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig.

12.11.6 Prüfung des Kaltbiegeverhaltens bzw. der Kaltbiegetemperatur von Bitumenbahnen

DIN EN 1109 dient zur Prüfung des Kaltbiegeverhaltens bzw. der Kaltbiegetemperatur von Bitumenbahnen. Der Prüfkörper wird bei konstanter Temperatur einer Biegung unterzogen und **visuell** auf Brüche untersucht. Die Kaltbiegetemperatur wird durch Variation der Prüftemperatur ermittelt.

12.11.7 Prüfung des Verhaltens von Abdichtungsbahnen beim Falzen bei tiefen Temperaturen

DIN EN 495-5 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung des Verhaltens von Kunststoff- und Elastomerbahnen beim Falzen bei tiefer Temperatur. Die zu einer Schlaufe gebogenen Probekörper werden bei unterschiedlichen Temperaturen gefalzt und **visuell** die Temperatur ermittelt, ab der keine Risse oder Brüche mehr auftreten.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

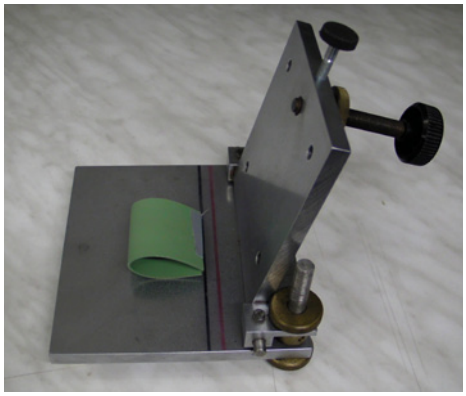


Abb. 88 Prüfung des Verhaltens beim Falzen bei verschiedener Temperatur. Die Schlaufe aus Abdichtungsbahn wird durch Zuklappen beansprucht und dann auf Schäden untersucht. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

12.11.8 Rückbiegeversuch

Beim Rückbiegeversuch nach DIN EN ISO 15630-1 wird ein Bewehrungsstahl bei Normaltemperatur zunächst um einen Dorn mit definiertem Biegewinkel gebogen. Anschließend wird der Stahl durch Erwärmen gealtert und nach Wiedererkalten um einen definierten Winkel zurückgebogen. Untersucht wird das Auftreten von Rissen.

12.11.9 Hin- und Herbiegeversuch

Im Hin- und Herbiegeversuch wird durch mehrmaliges Hin- und Herbiegen von metallischen Proben um zwei Biegezylinder die Anzahl von Biegungen bis zum Bruch ermittelt oder das Auftreten von Rissen bei einer definierten Anzahl von Biegungen **(Biegezahl)**. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN ISO 7799 und DIN ISO 7801. Es wird auch für die Prüfung von Spannstahl nach DIN EN ISO 15630-3 verwendet.

12.11.10 Ringfaltversuch

DIN EN ISO 8492 beschreibt einen Ringfaltversuch für Metallrohre. Diese werden senkrecht zur Längsachse definiert zusammengedrückt. Es dürfen keine sichtbaren Risse auftreten.

12.12 Spaltzugversuch

Bei einem Spaltzugversuch wird durch eine Druckbelastung auf zwei gegenüberliegende Linien ein Druck-/Zugspannungszustand erzeugt, der zum Spalten der Probe führt. Geprüft werden können alle einfachen Geometrien mit zwei gegenüberliegenden parallelen Linien, z. B. Zylinder, Prismen und Würfel. Der Spaltzugversuch ist damit eine im Hinblick auf die mögliche Probenform sehr flexible Prüfung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 89 Spaltzugversuch am Betonzylinder mit Lasteinleitungsstreifen. Foto: F. Tralow.

Die Spaltzugfestigkeit ist auch relativ unempfindlich gegenüber Austrocknen und Eigenspannungen, da für das Versagen die Zugspannungen im Inneren des Probekörpers verantwortlich sind. Die Streuungen sind daher verhältnismäßig gering. Die Einrichtung eines Spaltzugversuchs kann durch eine Zentriereinrichtung erleichtert werden.

Wie beim Biegezugversuch entsteht eine Überlagerung von Zug und Druckspannungen, man mißt also eine technologische Festigkeit. Für die Durchführung des Versuchs wird nur eine Druckprüfmaschine benötigt. Die linienförmige Krafteinleitung erfolgt in der Regel über **Lasteinleitungsstreifen**.



Abb. 90 Spaltzugversuch am Betonzylinder. Foto: F. Tralow.

Es ist jedoch prinzipiell auch möglich Würfel und Prismen in diagonaler Aufstellung auf zwei gegenüberliegenden Kanten ohne Lasteinleitungsstreifen zu prüfen. Dies erlaubt z. B. die Ermittlung einer Zugfestigkeit bei nur wenigen Millimeter großen Mörtelproben mit relativ geringer Streuung. Solche Proben müssen jedoch sehr exakt gesägt werden. Für weitere Informationen dazu s. Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996, auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9.

Nach Schulze, W.: Einführung in die Baustoffprüfung, 3. Aufl., VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1972, lässt sich die Spaltzugfestigkeit f_{ct} von Würfeln bei diagonaler Belastung auf gegenüberliegende Kanten, nach folgender Gleichung berechnen:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$$f_{ct} = 0{,}45 \cdot \frac{F}{a^2}$$

Gl. 12

Dabei bedeuten:

F – Höchstkraft

a – Kantenlänge des Würfels

Die Prüfung der Spaltzugfestigkeit von Beton ist beschrieben in DIN EN 12390-6. Die Berechnung der Spaltzugfestigkeit f_{ct} eines Zylinders erfolgt nach folgender Gleichung:

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot l \cdot d} = f_{ct} = 0{,}64 \frac{F}{l \cdot d}$$

Gl. 13

Dabei bedeuten:

F – Höchstkraft

l – Belastete Länge des Probekörpers

d – Durchmesser des Probekörpers

Nach Schulze, W.: Einführung in die Baustoffprüfung, 3. Aufl., VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1972, lässt sich die Spaltzugfestigkeit von Würfeln bei Belastung über Lasteinleitungsstreifen, die auf gegenüberliegenden Flächen liegen, nach folgender Gleichung berechnen:

$$f_{ct} = 0{,}57 \cdot \frac{F}{a^2}$$

Gl. 14

Dabei bedeuten:

F – Höchstkraft

a – Kantenlänge des Würfels

Diese Gleichung unterscheidet sich von der oben genannten Gleichung für Zylinder. DIN EN 12390-6 nutzt jedoch auch für Würfel und Prismen die Gleichung für Zylinder. Einziger Unterschied ist, dass man für den Durchmesser des Zylinders die Höhe des Probekörpers einsetzt. Die Verwendung dieser Gleichung führt daher dazu, dass man nach der Norm für Würfel eine um etwa 10 % höhere Spaltzugfestigkeit als bei Zylindern ermittelt (analog auch in Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003, 6. Aufl. geplant).

Die Prüfung der Spaltzugfestigkeit von Asphaltproben erfolgt nach DIN EN 12697-23, die von hydraulisch gebundenen Gemischen für den Straßenbau nach DIN EN 13286-42. Die Spaltzugfestigkeit wird hier als **indirekte Zugfestigkeit** bezeichnet. DIN EN 13286-43 beschreibt die Ermittlung des E-Moduls und der Querdehnzahl im Spaltzugversuch. Die Prüfung der Spaltzugfestigkeit von Pflastersteinen aus Beton erfolgt nach DIN EN 1338.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

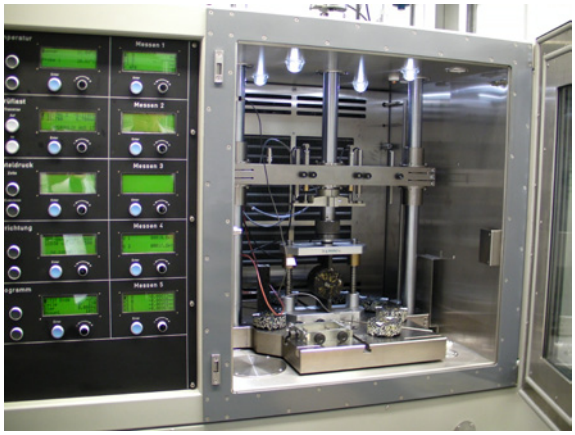


Abb. 91 Einrichtung eines Spaltzugversuchs an einer Asphaltprobe. Die Versuchseinrichtung ist temperiert. Versuch: Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig.

Eine Spaltzugbeanspruchung stellt auch die in DIN EN 1561 beschriebene **Keildruckprüfung** für Gusseisen dar. Sie wird als Alternative zur Zugprüfung verwandt.

12.13 Schälversuch

Der Schälversuch ist insbesondere für Bauklebstoffe wichtig. Bei der Prüfung mit zwei biegsamen Substraten werden diese bis auf ein freies Ende miteinander verklebt, die freien Enden in eine Zugprüfmaschine eingespannt und die Klebeverbindung auseinander gezogen. Ist eines der beiden Substrate starr, wird die verklebte Probe auf eine Rollenhalterung gelegt und das freie Ende des biegsamen Substrats durch die Rollen hindurchgezogen. Die Schälfestigkeit hat die Einheit N/mm.

Die Prüfung erfolgt nach DIN EN 1372 bzw. DIN EN ISO 11339. Die Bestimmung des Schälwiderstandes der Fügenähte von Abdichtungsbahnen ist beschrieben in DIN EN 12316. Ein Schälversuch zur Prüfung von Schweißverbindungen von Kunststoffen ist Gegenstand der DIN EN 12814-4. Ein sogenannter 180 Grad-Schälversuch ist beschrieben in DIN EN ISO 8510-2. Eine Art Schälversuch stellt auch der Trennversuch an Kunststoffprodukten aus mehreren Schichten nach DIN 53357 dar. Hier wird lediglich die Trennkraft ermittelt.

Schälversuche können bei biegsamen Belägen auch vor Ort durchgeführt werden. Dazu schneidet man den Belag in Streifen konstanter Breite, die an einem Ende gelöst und angehoben werden und zieht die Streifen senkrecht nach oben ab. Die Schälfestigkeit wird mit einer dazwischengeschalteten Kraftmesseinrichtung ermittelt, z. B. einer Federwaage.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

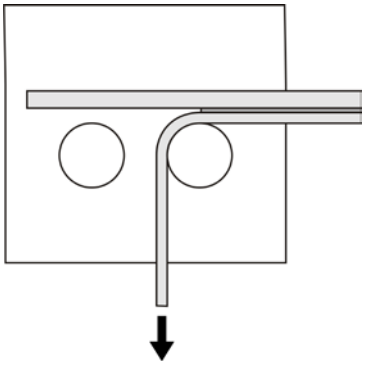


Abb. 92 Schälversuch nach DIN EN 1372. Zeichnung: R. v. Ghyczy.



Abb. 93 180 Grad Schälversuch nach DIN EN ISO 8510-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

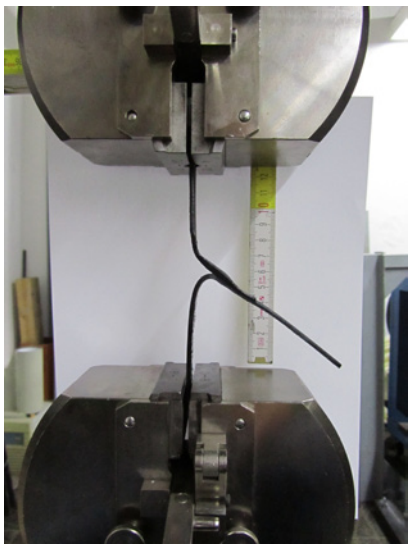


Abb. 94 Schälversuch nach DIN EN 12316-2 an einer Fügeverbindung (Auftragsschweißnaht) einer PE-HD Abdichtungsbahn. Foto: F. Hierse, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

12.14 Versuche mit Scherbeanspruchung und Prüfung des Verbundes in Belastungsrichtung

Die **Scher- bzw. Haftscherfestigkeit** ergibt sich zu:

$$f = \frac{F}{A}$$

Gl. 15

Dabei bedeuten:

f – Scherfestigkeit

F – Höchstwert der Scherkraft

A – auf Abscheren belastete Fläche

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bei der Prüfung der Haftscherfestigkeit von Mauerwerks-Probekörpern nach DIN EN 1052-3 und der Bestimmung der Scherfestigkeit von Mauerwerks-Probekörper mit Feuchtesperrschicht nach DIN EN 1052-4 handelt es sich bei der Fläche A um zwei mal die Querschnittsfläche des Prüfkörpers parallel zu den Lagerfugen. Der Aufbau von Haftscherversuchen an Mauerwerksprobekörpern nach DIN EN 1052-3 sieht das Herausdrücken eines Steins aus dem Verband vor. Versuche zur Ermittlung der Scherfestigkeit von Mauerwerk mit einer Feuchtesperrschicht nach DIN EN 1052-4 werden bei gleichzeitiger Druckbeanspruchung zur Simulation einer Auflast durchgeführt.

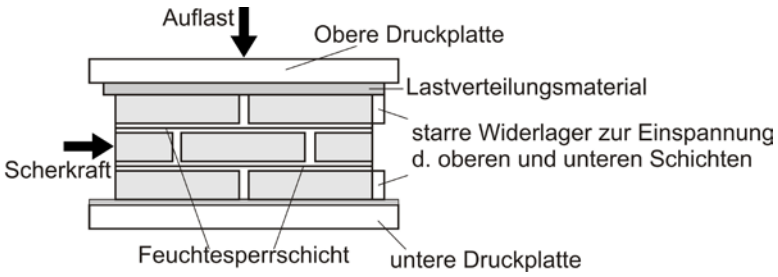


Abb. 95 Prüfanordnung beim Scherversuch an Mauerwerk mit Feuchtesperrschicht nach DIN EN 1052-4. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Prüfung der Scherfestigkeit der Leimfugen von Brettschichtholz nach DIN EN 392 erfolgt an aus dem Bauteil entnommenen Probekörpern, die auch als Kerne ausgebohrt werden können.

Die Prüfung der Scherfestigkeit von Holzproben in Faserrichtung ist beschrieben in DIN EN 408. Die Scherfestigkeit wird in diesem Fall bestimmt über die folgende Gleichung:

$$f = \frac{F \cdot \cos 14°}{A}$$ Gl. 16

Dabei bedeuten:

f – Scherfestigkeit
F – Höchstwert der Scherkraft
A – auf Abscheren belastete Fläche (Länge × Breite).

DIN 52187 sieht dagegen einen Scherversuch in Faserrichtung an würfelförmigen Probekörpern aus Holz vor. Ein Versuch mit schräger Beanspruchung wird auch bei der Ermittlung der Schubfestigkeit von Abdichtungssystemen verwendet, die auf Beton aufgebracht sind und mit Asphalt belegt sind. Der Versuch ist in DIN EN 13653 beschrieben. In diesem Fall wird ein Winkel von 15 Grad verwendet.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

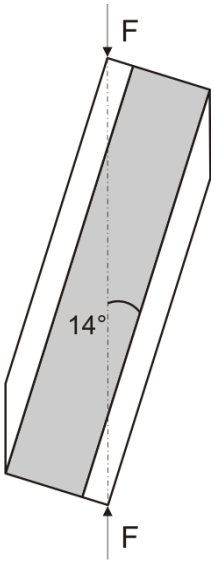


Abb. 96 Prüfkörper zur Prüfung der Scherfestigkeit von Holz in Faserrichtung nach DIN EN 408. Die Probe ist grau dargestellt. Zeichnung: R. v. Ghyczy.



Abb. 97 Probekörper zur Prüfung der Scherfestigkeit von Gipsbauplatten nach DIN EN 520. Die Gipsproben sind grau dargestellt. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Ein Scherversuch wird auch zur Prüfung der Verklebung von Sperrholz verwendet. Die Vorgehensweise ist Gegenstand der DIN EN 314-1. Die Prüfung der Scherfestigkeit und des Schubmoduls von Holzwerkstoffen ist auch Gegenstand der DIN EN 789. Die Prüfung von Holzbauteilen mit tragenden Verbindungen mit Nägeln, Schrauben, Stabdübeln und Bolzen ist geregelt in DIN EN 1380, die Prüfung von Holzbauteilen mit tragenden Klammerverbindungen ist geregelt in DIN EN 1381.

Die Bruchlast im Scherversuch von Gipsbauplatten nach DIN EN 520 und faserverstärkten Gipsplatten nach DIN EN 15283-2 wird mit einer Zugprüfmaschine an Holz-Gipsplatten-Verbundkörpern geprüft.

Beim Scherversuch an Kunststoffen wird ein mit einem Klebstoff hergestellter Verbundkörper zweier Substrate auf Scheren beansprucht. Der Scherversuch kann auf Zug durchgeführt werden. Bei geeigneten starren Substraten kann auch ein Druck-Scherversuch durchgeführt werden. Die Prüfung erfolgt nach DIN EN 1373. Der Scherwiderstand von verklebten Kunststoffbahnen wird nach DIN 16726 geprüft. Der Scherwiderstand der Fügenähte von Abdichtungsbahnen wird geprüft nach DIN EN 12317.

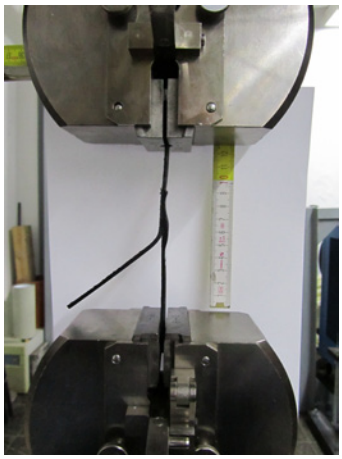


Abb. 98 Scherversuch nach DIN EN 12317-2 an einer Fügeverbindung (Auftragsschweißnaht) einer PE-HD Abdichtungsbahn. Foto: F. Hierse, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Prüfung des Scherverhaltens von Klebstoffen bei Verwendung dicker Fügeteile ist beschrieben in DIN EN 14869-2. Außerdem kann zur Untersuchung des Scherverhaltens von Klebstoffen auch ein Torsionsversuch verwendet werden (s. dazu Kap. 12.15). Haftscherversuche an Dispersionsklebstoffen für Fliesen und Platten sind beschrieben in DIN EN 1324. Die Bestimmung der Scherfestigkeit von Reaktionsharz-Klebstoffen für Fliesen und Platten erfolgt durch definierte Verklebung zweier Fliesen, die nach Trockenlagerung, Wasserlagerung bzw. Temperatur-Wechsellagerung auf Scheren beansprucht werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 12003.

Schubversuche an Fugen zwischen Bauteilen aus Porenbeton oder hauwerksporigem Leichtbeton sind Gegenstand der DIN EN 1739 und der DIN EN 1741. Scherversuche an mehrschichtigen Bauteilen aus Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton sind beschrieben in DIN EN 1742.

Die Durchführung von Scherversuchen an Schweißpunkten von Gitterträgern aus Bewehrungsstahl für Beton sowie an in Beton eingebetteten Klemmverbindungen von Gitterträgern aus Bewehrungsstahl ist beschrieben in DIN EN 10080. Die Bestimmung der Bruchscherkraft von Schweißknoten von Betonstahlmatten oder Bewehrungskörben für Porenbeton- oder Leichtbetonbauteilen ist beschrieben in DIN EN 1737. Die Ermittlung der Knotenscherkraft von geschweißten Betonstahlmatten ist beschrieben in DIN EN ISO 15630-2. Die Untersuchung der Schubtragfähigkeit von Schweißstellen vorgefertigter Lagerfugenbewehrung ist Gegenstand der DIN EN 846-3.

Die Prüfung der Scherfestigkeit von Verbindungen von Steinzeugrohren ist Gegenstand der DIN EN 295-3. Dabei werden zwei miteinander verbundene Rohre senkrecht zur Längsrichtung gegeneinander verschoben. Die Durchführung von Scherversuchen an Wärmedämmstoffen ist beschrieben in DIN EN 12090. Darüber hinaus sind Scherversuche z. B. für auch Nieten und Schrauben relevant.

Für die Messung der Scherfestigkeit von Untergründen im Zusammenhang mit Bodenbelagsarbeiten sind auch mobile Prüfgeräte erhältlich.

DIN EN 12618-3 beschreibt ein Prüfverfahren zur Ermittlung der **Schrägscherfestigkeit** von Rissfüllstoffen. Die Druckprüfung erfolgt an Betonprobekörpern mit einem injizierten Riss, der sich im Winkel zur Hauptachse befindet.

Schub-Druck- und Schub-Zug-Versuche sind für die Untersuchung von Klebeverbindungen relevant. Es werden Druck- oder Zugversuche an Prismen mit schräg zur Längsachse liegenden Klebeverbindungen durchgeführt. Zusammen mit reinen Zugversuchen an der Klebeverbindung (Abreißversuch) kann der Versagensbereich für verschiedene Kombinationen von Normalspannung und Schubspannung festgelegt werden. Informationen zu solchen Versuchen können entnommen werden aus:

Hankers, C.: Zum Verbundtragverhalten laschenverstärkter Betonbauteile unter nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung, Dissertation, TU Braunschweig, 1996. Auch als Heft 124 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-103-0.

Auch DIN EN 12615 verwendet einen entsprechenden Versuchsaufbau zur Bestimmung der Druckscherfestigkeit von Klebern zwischen verschiedenen Betonuntergründen.

Eine Scherbeanspruchung wird auch bei der Prüfung des Verbundes von Zug- oder Druckgliedern mit der umgebenden Matrix aufgebracht. Solche Versuche haben vom Versuchsaufbau her eine gewisse Ähnlichkeit mit **Auszieh- oder Durchziehversuchen**, siehe Kap. 12.9. Ein Beispiel ist die Prüfung von Mauerwerksankern nach DIN EN 846-5. Die Prüfung wird an einem Zwei-Stein-Körper **(Steinpaar-Prüfung)** mit einer simulierten Auflast durchgeführt. DIN EN 846-7 beschäftigt sich mit der Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Mauerverbindern mit Hilfe einer Steinpaar-Prüfung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

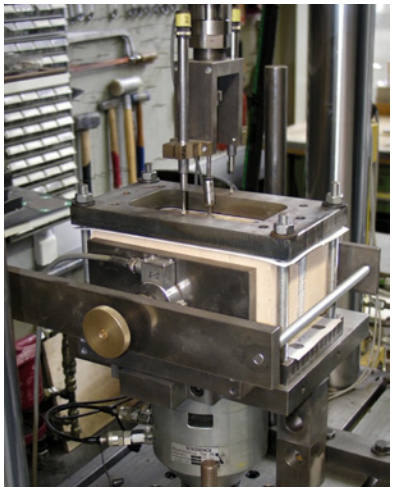


Abb. 99 Zugbeanspruchung eines in einen Zwei-Stein-Körper eingesetzten Mauerwerksankers mit simulierter Auflast auf das Mauerwerk, die über eine Kraftmessdose eingestellt wird. Nach dem Versagen.

Ein Beispiel für die Prüfung des Verbundverhaltens zwischen eingebetteter Bewehrung und umgebender Matrix ist beschrieben in DIN EN 989. Auf einen in Porenbeton eingebetteten Bewehrungsstab wird eine Druckkraft in Längsrichtung aufgebracht und die gegenseitige **Verschiebung** zwischen Bewehrung und mineralischem Baustoff sowie die Verbundfestigkeit gemessen.

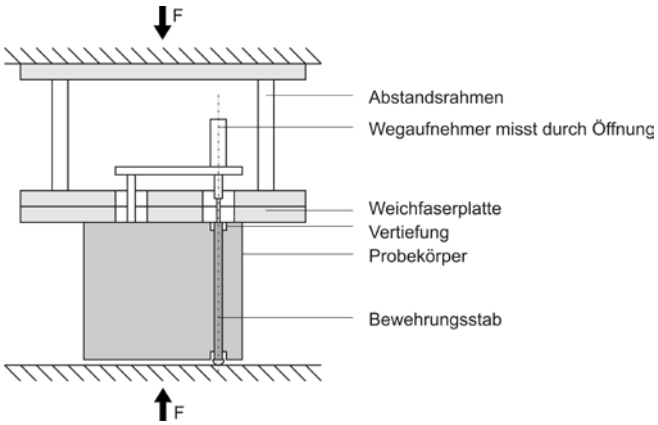


Abb. 100 Prüfung des Verbundes zwischen Bewehrung und Porenbeton nach DIN EN 989. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Prüfung der Verbundfestigkeit von vorgefertigter Lagerfugenbewehrung für Mauerwerk erfolgt nach DIN EN 846-2 durch eine Zugbeanspruchung der Bewehrung in einem bewehrte Mauerwerksprüfkörper.

Ein weiterer möglicher Versuchsaufbau zur Prüfung des Verbundverhaltens von Bewehrung und Porenbeton ist beschrieben in DIN EN 12269-1. Dabei wird bei einer bewehrten balkenförmigen Probe der einzige vorhandene Bewehrungsstahl in Probenmitte freigelegt. Bei der anschließenden Biegebeanspruchung wird die Zugkraft im Stahl über eine Dehnungsmessung ermittelt und gleichzeitig der **Schlupf** des Stahls im Porenbeton gemessen. Der gleiche Probekörper wird auch für eine vorhergehende zyklische Belastung nach DIN EN 12269-2 verwendet.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Verbundfestigkeit ergibt sich zu:

$$f = F / A$$

Gl. 17

Dabei bedeuten:

f – Verbundfestigkeit

F – Maximalwert der Kraft

A – kraftübertragende Fläche, d. h. die Umfangfläche der Bewehrung

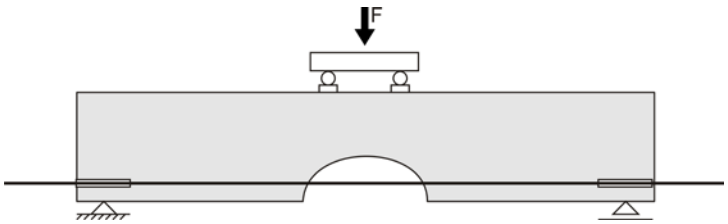


Abb. 101 Untersuchung des Verbundverhaltens zwischen Porenbeton und Bewehrung nach DIN EN 12269-1. An beiden Seiten der Bewehrung wird eine Messung des Schlupfes durchgeführt. Außerdem wird die Dehnung der Bewehrung im freien Bereich und die Durchbiegung gemessen. Zeichung: R. v. Ghyczy.

Das Verbundverhalten von Stahlbetonbewehrung wird im Balkenversuch nach DIN EN 10080 geprüft. Dabei wird ein Betonbalken auf Biegung beansprucht und dabei der Schlupf des Bewehrungstahles gemessen. Der Balken besteht aus zwei Teilen, die oben mit einem Gelenk verbunden sind und unten durch die zu prüfende Bewehrung. Geprüft wird bis zum Verbundversagen oder zum Werkstoffversagen.

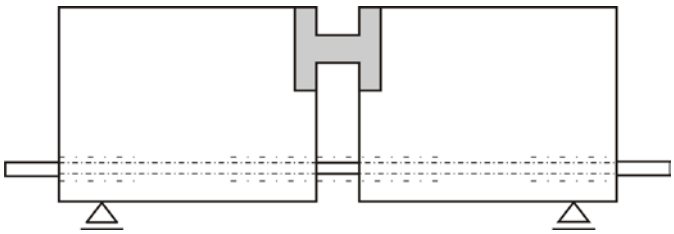


Abb. 102 Balkenversuch Typ A zur Prüfung des Verbundes von Stahlbetonbewehrung mit Nenndurchmesser kleiner 16 mm nach DIN EN 10080. An beiden Seiten der Bewehrung wird eine Messung des Schlupfes durchgeführt. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Außerdem beschreibt DIN EN 10080 noch eine Art **Ausziehversuch** zur Prüfung des Verbundes zwischen Stahlbetonbewehrung und Beton. Eine Prüfung von Verankerungsprodukten ist beschrieben in DIN EN 1881. Ein weitere Verbundprüfung ist die Prüfung korrosionsbeschichteter Bewehrungsstäbe nach DIN EN 15184. Siehe dazu Kap. 29.26.5.

12.15 Torsionsversuche

Torsionsversuche an Holzproben werden in DIN EN 408 beschrieben und werden dort eingesetzt, um den **Schubmodul** zu bestimmen. Eine weiterer Torsionsversuch ist beschrieben in DIN EN 1856-2. Er dient zur Bestimmung der Torsionsfestigkeit von Abgasrohren aus Metall. DIN EN 12843 beschreibt einen Torsionsversuch an Masten aus Beton. DIN EN 14869-1 nutzt einen Torsionsversuch an einem Hohlzylinder zur Untersuchung des Verhaltens von Klebstoffen bei Scherbelastung. Die Prüfung des Verwindens von Metalldrähten ist Gegenstand der DIN ISO 7800. Geprüft wird die Anzahl der Verwindungen bis zum Bruch.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.16 Messung des dynamischen E-Moduls, Biegemoduls oder Schubmoduls

12.16.1 Messung des dynamischen E-Moduls mittels Ultraschalltechnik

Bei Kenntnis der Querdehnzahl und der Dichte kann aus der Messung der **Schallgeschwindigkeit** der dynamische E-Modul bestimmt werden, wobei die **Querdehnzahl** aus dem Verhältnis der Schallgeschwindigkeiten von Longitudinalwellen und Transversalwellen auch mittels Ultraschall bestimmt werden kann. Die Ultraschallmesstechnik wird näher in Kap. 20.19 beschrieben.

Die Messung der Ultraschallgeschwindigkeit in Beton ist in DIN EN 12504-4 geregelt, die Messung der Ultraschallgeschwindigkeit in Naturstein in DIN EN 14579. Der mittels Ultraschall messbare dynamische E-Modul ist bei vielen Baustoffen größer als der statische E-Modul, da man den E-Modul im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie mißt, dort wo die Steigung am größten ist.

12.16.2 Messung des dynamischen E-Moduls, Biegemoduls oder Schubmoduls aus Resonanzmessungen

DIN EN 14146 beschreibt ein Verfahren zur Messung des dynamischen E-Moduls, des dynamischen Biegemoduls und des dynamischen Schubmoduls von Natursteinen aus Resonanzmessungen. Die Untersuchung erfolgt mittels kontinuierlicher mechanischer Anregung mit veränderlicher Frequenz oder breitbandiger Impulsanregung, z. B. durch einen Hammer, von Dehn-, Biege- oder Torsionsschwingungen. Zur Berechnung der Größen werden die Resonanzfrequenz der Grundschwingung, die Rohdiche, die **Querdehnzahl** und geometrische Größen des Probekörpers benötigt. Auf die Nutzung von Resonanzmessungen zur Ermittlung entsprechender Größen von Beton geht ein: Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

12.17 Versuche mit Stoßbeanspruchung

Das Verhalten bei Schlag- oder Stoßbeanspruchung kann bei Biege-, Zug- oder Druckbelastung geprüft werden. Häufig wird im **Schlag- bzw. Kerbschlagversuch** mit dem **Pendelhammer** eine Biegebeanspruchung aufgebracht. Bei der Schlag- oder Stoßbeanspruchung geht es zum einen um die Prüfung der **Sprödbruchneigung** bzw. der Zähigkeit. Zum anderen nimmt die Neigung zum spröden Trennbruch mit niedrigerer Temperatur zu. Gemessen wird deshalb die **Formänderungsarbeit**, ggf. in Abhängigkeit von der Temperatur, bei stoßartiger Belastung einer Biegeprobe mit einem Pendel.

Aus der gemessenen Differenz der Ausgangs- und Durchschlagshöhe des Pendelhammers wird die verbrauchte Arbeit A_v in Joule berechnet. Wird mit einer gekerbten Probe geprüft, spricht man von **Kerbschlagarbeit**, ansonsten von **Schlagarbeit**. In Abhängigkeit von der Temperatur stellt man dabei einen Übergang vom Verformungsbruch (**Hochlage** der Arbeit bei hoher Temperatur) zum verformungsarmen Trennbruch fest (**Tieflage** der Arbeit bei niedriger Temperatur). Die Ergebnisse von Schlag- oder Kerbschlagversuchen hängen stark von der Probenkörpergeometrie ab.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

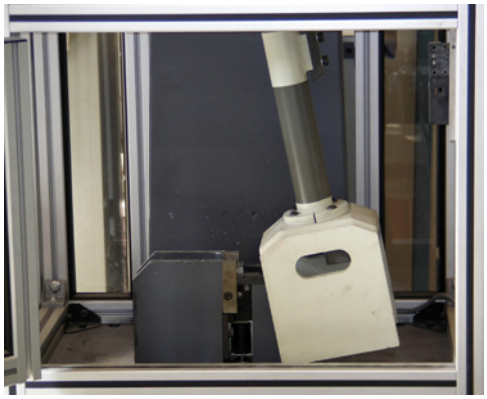
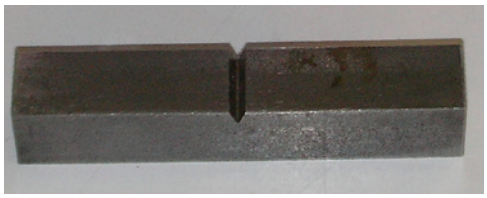


Abb. 103 Kerbschlagprobe (Mitte) und Pendelhammer kurz vor dem Zusammentreffen. Institution: MPA Bremen.



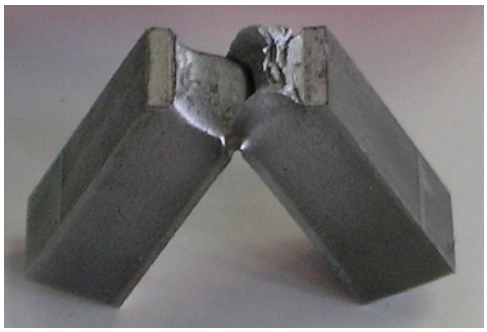


Abb. 104 Oben: Kerbschlagprobe vor dem Versuch. Unten: **Verformungsbruch** an einer Kerbschlagprobe. Versuch: MPA Bremen.

Für die Durchführung des Kerbschlagbiegeversuchs nach **Charpy** an Metallen gilt DIN EN ISO 148. Auch DIN 50115 kann herangezogen werden. Der instrumentierte Versuch ist beschrieben in DIN EN ISO 14556. Beim instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch kann zusätzlich ein Kraft-Verformungs-Diagramm aufgezeichnet werden. Die Prüfung von metallischen Schweißverbindungen im Kerbschlagbiegeversuch ist Gegenstand der DIN EN ISO 9016.

Bei Kunststoffen kann die **Charpy-Schlagzähigkeit bzw. -Kerbschlagzähigkeit** nach DIN EN ISO 179-1 (nicht instrumentierter Versuch) bzw. DIN EN ISO 179-2 (instrumentierter Versuch) oder die **Izod-Schlagzähigkeit bzw. Kerbschlagzähigkeit** nach DIN EN ISO 180 geprüft werden. Bei dem zuletzt genannten Versuch wird die Probe im Gegensatz zum Versuch nach Charpy nur einseitig eingespannt. Relevant ist außerdem DIN EN ISO 8256. Die **Schlagscherfestigkeit** von Verklebungen kann nach DIN EN ISO 9653 geprüft werden.

Die Abschätzung der Sprödbruchgefahr metallischer Werkstoffe durch Schlag- oder Kerbschlagversuche wird vor allem bei Werkstoffen mäßigerer Festigkeit durchgeführt. Bei Werkstoffen hoher Festigkeit, großen Bauteildicken und niedrigen Temperaturen werden **bruchmechanische Methoden** angewandt (s. Kap. 12.22).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Der Schlagbiegeversuch mit Bestimmung der Bruchschlagarbeit an Holzproben nach DIN 52189-1 wird ebenfalls mit einem Pendelschlagwerk durchgeführt. Auch die Prüfung der **Kohäsion** von bitumenhaltigen Bindemitteln nach DIN EN 13588 erfolgt mit einem Pendelversuch. Ein kleiner Stahlwürfel wird mit dem Bindemittel auf einen Stahlträger geklebt und mit dem Pendel abgeschlagen. Die dabei aufgebrachte Arbeit wird als Funktion der Temperatur bestimmt. Ein **Keil-Schlag-Versuch** zur Prüfung hochfester Klebungen mittels Pendelhammer ist beschrieben in DIN EN ISO 11343.

Eine Schlagprüfung für Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen ist in DIN EN 124 definiert. Geprüft wird das Auftreten von Rissen bei Schlagbeanspruchung unter tiefen Temperaturen. Eine Aufschlagprüfung mit einem genormten Prüfhammer ist nach DIN EN 1794-1 für Lärmschutzeinrichtungen an Straßen vorgesehen. Diese Prüfung simuliert die Beanspruchung der Lärmschutzeinrichtung durch den Aufprall von Steinen.

Zur Prüfung der **Schlagfestigkeit** von Beschichtungen nach DIN EN ISO 6272-1 wird ein beschichteter Grundkörper durch ein Fallgewicht mit gerundetem Schlagbolzen beansprucht. Die Beurteilung erfolgt **visuell** auf Risse und Ablösungen, wobei die Fallhöhe bestimmt werden kann, bei der diese erstmalig auftreten.

Die Schlagfestigkeit von keramischen Fliesen und Platten kann nach DIN EN ISO 10545-5 geprüft werden. Das Prüfverfahren nutzt die Höhe des Rückpralls einer auf die Probe herabfallenden Stahlkugel zur Bestimmung eines **Rückprallkoeffizienten**, der zur Beschreibung der Schlagfestigkeit herangezogen wird.

Die Bestimmung des **Stoßwiderstandes** zementgebundener Spanplatten ist Gegenstand der DIN EN 1128. Der Probekörper wird mit einem Fallkörper beansprucht. Es wird visuell geprüft, bei welcher Fallhöhe der Probekörper durchstoßen wird bzw. Risse auftreten und daraus ein Stoßwiderstand berechnet.

Bei der Prüfung von Holzfußböden nach DIN EN 13696 wird die Fallhöhe einer Stahlkugel ermittelt, die zu Ausbildung von sichtbaren Schäden führt. Ähnlich geht auch DIN EN 14158 zur Prüfung von Naturstein und DIN EN 14617-9 zur Prüfung von künstlichen Steinen nach DIN EN 14618 vor. In einem Sandbett liegende Probekörper werden durch eine herabfallende Stahlkugel beansprucht, wobei die Fallhöhe soweit vergrößert wird, bis ein Bruch eintritt. Aus der Masse der Kugel, der Erdbeschleunigung und der Fallhöhe wird die **Bruchenergie** durch Schlageinwirkung bestimmt.

Ein Kugelfallversuch wird auch zur Prüfung von Glas nach DIN 52338 herangezogen. Die Beurteilung der Schädigung erfolgt visuell. Bei der Prüfung von Glas nach DIN EN 12600 mit einem aus zwei Reifen und Gewichten bestehenden pendelartigem Stoßkörper wird das Bruchverhalten des Glases untersucht **(Pendelschlagversuch)**. Der Versuch ist ähnlich wie der **Pendelstoßversuch** nach DIN EN 1629. Der Stoßkörper pendelt mehrfach mit ansteigender Fallhöhe gegen die Probe. Die Beurteilung beruht darauf, ob der Probekörper nicht bricht, ungefährlich bricht oder ein nicht ungefährlicher Bruch auftritt. Ungefährliche Brüche werden in der Norm definiert. Der Pendelschlagversuch wird auch zum experimentellen Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartiger Belastung nach den Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV) verwendet.

Bei der Prüfung nach DIN EN 744 werden Kunststoff-Rohre mit einem Fallgewicht beansprucht und untersucht, ob ein Bruch oder eine Rissbildung auftritt. Aus der Anzahl von Versuchen, bei denen die Versagenskriterien erreicht werden, wird eine **Schlagzähigkeitsbruchrate (TIR)** berechnet. Ein Schlagversuch mit Fallkörper zur Anwendung bei festen Kunststoffen ist auch in DIN EN ISO 6603 beschrieben. Nach Teil 2 dieser Norm kann auch ein instrumentierter Versuch mit Ermittlung des Kraft-Verformungs-Diagramms aufgenommen werden. Es wird auch gezeigt, wie die entsprechenden Diagramme im Hinblick auf den Schädigungsprozess zu interpretieren sind.

Lichtkuppeln aus Kunststoff werden nach DIN EN 1873 sowohl mit einer fallenden Stahlkugel (harter Körper) als auch mit einem fallenden 50 kg schweren Sack (weicher Körper) stoßartig beansprucht. Eine Prüfung mittels Aufprall eines 50 kg schweren Sacks ist auch vorgesehen für Faserzement-Wellplatten nach DIN EN 15057.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Prüfung des Widerstand von Abdichtungsbahnen gegen stoßartige Belastung nach DIN EN 12691 beruht auf einer Beanspruchung durch einen Fallkörper aus Stahl, in Verbindung mit einem harten oder weichen Auflager. Ermittelt wird die Fallhöhe, bei der nur noch bei einem von fünf Probekörpern ein Durchstoßen der Probe eintritt.

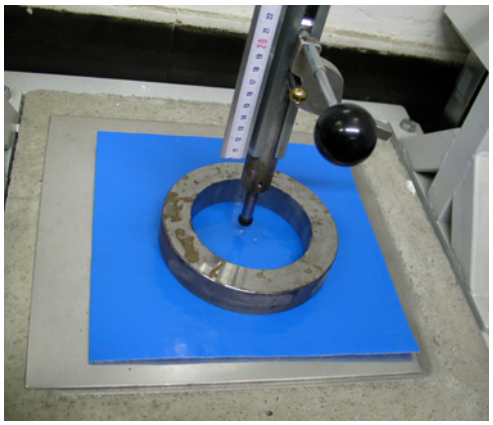


Abb. 105 Prüfung von Abdichtungsbahnen mit stoßartiger Belastung nach DIN EN 12691 und hartem Auflager. Die Fallhöhe des Stoßkörpers kann eingestellt werden. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Abdichtungsbahnen können außerdem nach DIN EN 13583 auf Widerstand gegen **Hagelschlag** geprüft werden. Dazu wird die jeweilige Probe auf einem harten oder auf einem weichen Auflager mit einer Kunststoffkugel beschossen. Ermittelt wird die Geschwindigkeit, bei der eine Perforation eintritt. Ein Fallhammerverfahren für Kunststofffolien und -bahnen ist beschrieben in DIN EN ISO 7765-1 und DIN ISO 7765-2.

Die Prüfung von Gesteinskörnung bei stoßartiger Belastung wird behandelt in Kap. 12.21.7. Für Hohlraumböden ist in DIN EN 13213 ein Schlagversuch mit einem fallenden Stahlzylinder vorgesehen.

Ein Art Stoßprüfung ist auch die Untersuchung des Verformungsverhaltens und des Kraftaufbaus und -abbaus bei Sportböden mit dem **künstlichen Sportler** nach DIN 18032-2 und die Schlagfestigkeitsprüfung nach DIN EN 1517. Eine Methode zur Prüfung des **Ballwurfsicherheit** für Bauteile in Sporthallen ist beschrieben in DIN EN 13964 bzw. DIN 18032-3. Benötigt wird dazu ein druckluftbetriebenes **Ballschussgerät**. Bei der Beanspruchung dürfen keine Schäden entstehen.

12.18 Prüfungen mit extrem hoher Beanspruchungsgeschwindigkeit

Versuche mit extrem hoher Beanspruchungsgeschwindigkeit sind für Anprallsituationen und ähnliches von Bedeutung. Sie können in Deutschland bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung durchgeführt werden. Diese verfügt über einen servohydraulischen Stoßprüfstand mit einer Maximalkraft von 1 MN und einer maximalen Kolbengeschwindigkeit von 8,5 m/s.

12.19 Prüfung des Widerstandes gegen Beschuss, manuellen Angriff (Einbruch) und Sprengwirkung

Die Prüfung des Widerstandes von Bauteilen gegen Beschuss ist geregelt in DIN EN 1063 (Sicherheitssonderverglasung) und DIN EN 1523 (**Fenster**, **Türen**, Abschlüsse). In Beschussversuchen werden die Durchdringung des Probekörpers und der Abgang von Splittern von der Rückseite des Probekörpers untersucht. Die Prüfung des Widerstandes gegen manuellen Angriff ist geregelt in DIN EN 356 (Sicherheitssonderverglasung). Das Prüfverfahren beruht auf einer definierten mechanischen Beanspruchung durch einen Fallkörper oder eine Axt. Die Prüfung nach DIN EN 1628 beschreibt ein Prüfverfahren das mit Hilfe statischer Belastungen die Widerstandsfähigkeit gegen Einbruch ermittelt. Die Beurteilung erfolgt u. a. mit Hilfe von Spaltlehren. Die Prüfung nach DIN EN 1629 beruht dagegen auf einem **Pendelstoß-**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

versuch. Dabei trifft ein aus zwei Autoreifen bestehender Stoßkörper in definierter Weise auf die Probe. Die Beurteilung der Schädigung erfolgt über eine Messung der entstehenden Spaltmaße. DIN EN 1630 beschreibt ein Einbruchexperiment, bei dem der Prüfer versucht das Bauteil zu öffnen oder eine Öffnung zu schaffen, durch die man das Bauteil durchdringen kann. Dazu stehen verschiedene Werkzeugsätze, jedoch nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung. Die Prüfung des Widerstandes von Sonderverglasung gegen Sprengwirkung ist Gegenstand der DIN EN 13541.

12.20 Härteprüfung

12.20.1 Allgemeines

Die Härte ist der Widerstand den ein Stoff dem Eindringen eines Prüfkörpers aus einem härteren Werkstoff entgegensetzt. Eine Härteprüfung setzt einen vergleichsweise homogenen Prüfkörper voraus. Es ist z. B. nicht möglich die Härte eines Granits zu bestimmen, der aus einzelnen, z. T. millimetergroßen Körnern verschiedener Minerale unterschiedlicher Härte besteht.

Härteprüfungen liefern Anhaltswerte für die **Festigkeit** und den **Verschleißwiderstand** von Werkstoffen. Die verschiedenen Härteangaben sind verfahrensabhängig. Das Prüfverfahren muss deshalb immer mit angegeben werden. Die Härteprüfung hat eine große Bedeutung im Bereich der metallischen Werkstoffe.

Einen sehr guten Überblick über die Härteprüfverfahren gibt die VDI/VDE Richtlinie 2616. Umfangreiche Informationen zur **Umwertung von Härtewerten** (Überführung von einem Härtewert in einen anderen) und zur Abschätzung von Zugfestigkeiten aus Härtemessungen gibt die DIN EN ISO 18265.

12.20.2 Mohs´sche Ritzhärteprüfung

Die Mohs´sche Härteprüfung wird vor allem bei Mineralen und mineralischen Stoffen angewandt. Sie beruht darauf, dass härtere Stoffe weichere ritzen. Die Prüfung ist auch für die Ermittlung der Ritzhärte der Oberfläche von Klinker nach DIN V 105-100 und für die Prüfung der Ritzhärte von **Email** nach DIN EN 15771 vorgesehen. Die Mohs´sche Härteskala wird durch folgende Minerale repräsentiert.

Tab. 2 Mohs´sche Härteskala und Vergleich mit einigen Werkstoffen.

Talk		1
Gips	Aluminium	2
Kalkspat	Kupfer	3
Flußspat		4
Apatit	weicher Stahl	5
Feldspat	Glas	6
Quarz		7
Topas		8
Korund	gehärteter Stahl	9
Diamant	Hartmetall	10

12.20.3 Makroskopische Eindruckhärteprüfung

Bei der **Brinell Härte** wird der Eindruck einer polierten Hartmetallkugel auf der Werkstoffoberfläche nach Wegnahme der Kraft gemessen, Kurzzeichen **HBW**, früher bei Verwendung einer Stahlkugel HB oder HBS. Die Prüfung der Brinell-Härte ist genormt in DIN EN ISO 6506.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

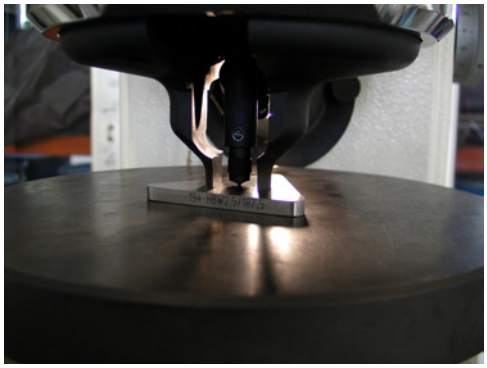


Abb. 106 Härteprüfung nach Brinell. Institution: MPA Bremen.

Bei der **Vickers Härte** wird der Eindruck einer Diamantpyramide nach Wegnahme der Kraft vermessen. Sie ist relativ universell einsetzbar, Kurzzeichen **HV**. Die Prüfung der Vickers-Härte ist genormt in DIN EN ISO 6507.

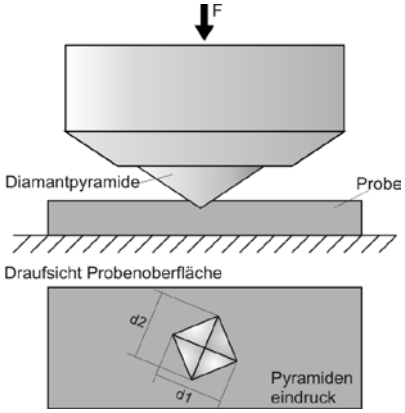


Abb. 107 Prinzip der Härteprüfung nach Vickers. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Bei der **Rockwellhärte** (Kurzzeichen **HR**) wird ein Eindringkörper in zwei Kraftstufen in die Probe gedrückt (Vorkraft und Zusatzkraft). Gemessen wird die bleibende Eindringtiefe nach Rücknahme der Zusatzkraft und der Vorkraft. Der Eindringkörper ist eine Hartmetallkugel (Kurzzeichen **HRB**, bei weicheren Proben) oder ein Diamantkegel (Kurzeichen **HRC**, bei härteren Proben). Es existieren weitere Typen dieser Verfahren. Die Bestimmung der Rockwellhärte lässt sich vollautomatisch durchführen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN ISO 6508.

Auch bei der Härteprüfung nach **Knoop** (Kurzzeichen **HK**) wird der bleibende Eindruck eines Diamanten auf der Oberfläche vermessen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN ISO 4545 und DIN ISO 9385.

Bei der **Universalhärteprüfung (Martenshärte)** wird das Eindringverhalten einer Diamantpyramide in Form eines Kraft-Verformungs-Diagramms gemessen und daraus die Härte **HU** berechnet. Aus dieser Messung, auch bei Entlastung, kann ein **Eindringmodul** ermittelt werden, der mit dem **Elastizitätsmodul** korreliert ist. Über in den Prüfablauf integrierte Haltezeiten kann auf das **zeitabhängige Verformungsverhalten** geschlossen werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN ISO 14577.

Die Vorgehensweise bei der Härteprüfung von Schweißverbindungen ist beschrieben in DIN EN ISO 9015-1. Die instrumentierte Härteprüfung von Metallen ist beschrieben in DIN EN ISO 14577. Beim instrumentierten Versuch kann, wie oben beschrieben, zusätzlich ein Kraft-Verformungs-Diagramm aufgezeichnet werden, aus dem ein **E-Modul, z. B. von Beschichtungen** ermittelt werden kann.

Im Bereich der Kunststoffe sind folgende Härteprüfverfahren gebräuchlich: Die Prüfung der **Kugeleindruckhärte** nach DIN EN ISO 2039-1. Dabei wird der Eindruck auf der Werkstoffoberfläche vermessen,

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kurzzeichen **HB**. Die Prüfung der **Shore-Härte** mit einem Durometer nach DIN EN ISO 868, DIN ISO 7619-1 oder nach DIN 53505. Dabei wird die Eindringtiefe eines Stahlstiftes, der je nach Verfahren unterschiedlich geformt ist, gemessen. Die Ermittlung des **Internationalen Gummihärtegrades (IRHD)** von Elastomeren mittels Kugeldruckversuch und Eindringtiefe nach DIN ISO 48 bzw. DIN ISO 7619-2 oder einer **IRHD Mikrohärteprüfung** mit kleinerer Kugel. Die Rockwellhärte HR mittels Kugel und Eindringtiefe nach DIN EN ISO 2039-2. Das **Barcol-Härteprüfgerät** ist ein tragbares Gerät für die Härteprüfung, z. B. von GFK, nach DIN EN 59.

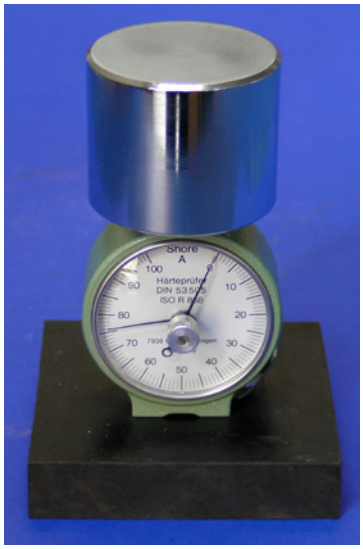


Abb. 108 Messung der Shore-A-Härte mit einem mobilem Prüfgerät, das auf die Probe gesetzt wird, hier ein Elastomer.

Die Bestimmung der **Oberflächenhärte** von Gipsplatten nach DIN EN 520, Gipsplatten mit Kartonwabenkern nach DIN EN 13915 und faserverstärkten Gipsplatten nach DIN EN 15283-1 und DIN EN 15283-2 erfolgt durch Fallenlassen einer Stahlkugel auf die Plattenoberfläche und Ausmessen des Kugeleindruckes, der durch auf die Gipsplatte aufgelegtes Kohlepapier gefärbt worden ist. Die Bestimmung der Oberflächenhärte von Gips-Wandbauplatten nach DIN EN 12859 erfolgt mit einem Durometer (Shore C), über die Eindringtiefe eines Eindringkörpers.

Die Bestimmung der Oberflächenhärte von Estrichen nach DIN EN 13892-6 erfolgt durch Ausmessen eines Kugeleindrucks in der Oberfläche nach definierter statischer Belastung. Dieses Prinzip wird auch bei der Prüfung von Magnesiabindern nach DIN 272 und der Prüfung von Gipsbindern nach DIN EN 13279-2 eingesetzt.

12.20.4 Mikrohärteprüfung

Eine Mikrohärteprüfung kann beispielsweise nach dem gleichen Prinzip wie die Vickers-Härte arbeiten, jedoch mit einem sehr viel kleineren Diamanten. Der Mikrohärteprüfer wird in ein Lichtmikroskop eingebaut und erlaubt die Härteprüfung einzelner Phasen, z. B. in Stählen.

Relevante Normen für die Mikrohärteprüfung sind DIN EN ISO 4516 zur Prüfung von metallischen und anderen anorganischen Überzügen nach **Vickers (HV)** und **Knoop (HK)** sowie die Knoop Mikrohärteprüfung (HK) zur Prüfung von Naturstein nach DIN EN 14205. Wie bei der Vickers-Prüfung wird hier die Geometrie des Eindrucks vermessen.

Die Vorgehensweise bei der Mikrohärteprüfung von Schweißverbindungen ist beschrieben in DIN EN ISO 9015-2. Die instrumentierte Härteprüfung von Schichten auf metallischen Werkstoffen ist beschrieben in DIN EN ISO 14577-4.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.20.5 Weitere Härteprüfverfahren

Die Härteprüfung nach **Leeb**, Kurzzeichen **HL**, nutzt das **Rückprallverhalten** eines Schlagkörpers zur Bestimmung der Härte. Das Verfahren ist beschrieben in VDI/VDE 2616 Blatt 1. Es handelt sich um ein dynamisches Härteprüfverfahren, d. h. die Prüfoberfläche wird mit hoher Geschwindigkeit beansprucht. Beim **UCI-Verfahren** wird die Änderung der Eigenfrequenz einer Sonde durch Eindringen in die Probe zur Härteprüfung verwendet (siehe VDI/VDE 2616 Blatt 1). Weitere Härteprüfverfahren können aus VDI/VDE 2616 entnommen werden. Die Anzahl unterschiedlicher Härteprüfverfahren ist außerordentlich groß. Der Einfluss von Prüfgeschwindigkeit und Temperatur auf die Härte entspricht etwa dem Einfluss dieser Größen auf das Verhalten bei statischer Kurzzeitbelastung.

12.20.6 Messung des Eindringwiderstandes bei Holz

Bei der Messung des Eindringwiderstandes von Holz wird ein Stahlstift mit definierter Schlagenergie in das Holz eingetrieben. Gemessen wird die Eindringtiefe. Deshalb kann das Verfahren als eine Art Härteprüfung angesehen werden. Aus dem Messwert kann bei Kenntnis der Holzart sowie der Holzfeuchte und der Holzqualität auf die Rohdichte geschlossen werden, die wiederum Aussagen über die Festigkeit erlaubt. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Kraft, U.; Pribbernow, D.: Handbuch der Holzprüfung, Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2006.

12.20.7 Eindringversuch an Asphalt

Eine Art Härteprüfung an Asphalt stellt der Eindringversuch nach DIN EN 12697-20 dar. Ein Prüfstempel wirkt bei konstanter Temperatur (orientiert sich an der Gebrauchstemperatur, nicht an der Verarbeitungstemperatur) mit konstanter Kraft auf die seitlich gezwängte Probe. Die Eindringtiefe des Prüfstempels in die Probe wird nach festgelegten Zeitpunkten gemessen und angegeben. Ähnlich geht auch der Eindringversuch nach DIN EN 12697-21 vor. Das Eindringen wird als Härtezahl in 1/10 mm angegeben. Ein Eindringversuch ist auch behandelt in DIN 1996-13.

12.21 Prüfung des Verschleißverhaltens

12.21.1 Allgemeines

Die Beurteilung des Verschleißes erfolgt entweder im realitätsnahen 1 : 1-Versuch oder anhand vereinfachter Kenngrößen, wie dem Schleifverschleiß auf der Böhmeschen Schleifscheibe.

12.21.2 Schleifverschleiß nach Böhme und mit der Amsler-Laffon Maschine

Bei einer Prüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme wird der Prüfkörper einer definierten Schleifbeanspruchung ausgesetzt. Der Werkstoff wird beurteilt über den Materialverlust, der entweder über den Dickenverlust oder den Massenverlust ermittelt wird. Das Verfahren ist genormt nach DIN 52108 und wird beispielsweise für Betonböden und Estriche (siehe DIN EN 13892-3) sowie zur Prüfung von Steinen und Platten aus Beton, Terazzo sowie Naturstein eingesetzt (siehe Kap. 12.21.6).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 109 Böhmesche Schleifscheibe. Die Probe wird auf der Scheibe links eingespannt und durch den Hebel definiert belastet. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Vom Prinzip her ähnlich arbeitet auch die Abriebprüfung für Naturstein mit der Amsler-Laffon-Maschine nach DIN EN 14157. Die Proben drehen sich beim Schleifen zusätzlich um ihre Achse und es bestehen weitere Unterschiede im Detail.

12.21.3 Micro-Deval-Test

Der Micro-Deval-Test ist Inhalt der DIN EN 1097-1. Das Verschleißverhalten von Gesteinskörnung wird über eine rollende Beanspruchung, z. T. unter Zuhilfenahme einer Reibmittelladung, mit Hilfe einer Siebung der beanspruchten Korngruppe ermittelt und der **Micro-Deval-Koeffizient M_{DE}** bestimmt.

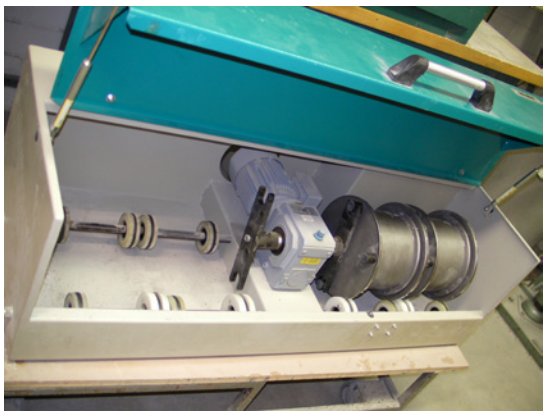


Abb. 110 Prüfgerät für den Micro-Deval-Test. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

12.21.4 Ermittlung des Polierverhaltens, des Abriebs und der Griffigkeit von Gesteinskörnungen und Fahrbahnoberflächen

Der Polierwert ist ein Maß für die Polierfähigkeit einer groben Gesteinskörnung für den Straßenbau. Die Gesteinskörnung wird einer definierten Polierwirkung ausgesetzt und anschließend die Griffigkeit ermittelt, woraus der **Polierwert PSV** berechnet wird. Für die **Griffigkeitsmessung** wird ein **Pendelgerät** verwendet. Das Pendelgerät ist beschrieben in Kap. 20.31. Der **Abriebwert AAV** einer Gesteinskörnung ist ein Maß für die Beständigkeit einer Gesteinskörnung gegen **Oberflächenverschleiß**. Er wird bestimmt über den Gewichtsverlust bei der Beanspruchung durch eine rotierende Läppscheibe. Die Ermittlung beider Größen ist beschrieben in DIN EN 1097-8.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 111 Gerät zur Ermittlung des Polierwertes PSV. Die Proben befinden sich auf dem sich drehenden Rad und werden einer definierten Polierwirkung ausgesetzt. Versuch: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

Im Straßenwesen weit verbreitet ist außerdem die Prüfung nach **Wehner/Schulze**. Dabei wird die Veränderung der Griffigkeit von Oberflächen unter Verkehrsfluss zeitraffend untersucht. Entsprechende Geräte bestehen aus drei Stationen. Zuerst wird die Oberfläche rollend unter **Schlupf** beansprucht. Dann wird die Oberfläche aggressiv gereinigt und anschließend einer Bremsbeanspruchung ausgesetzt, wobei die Griffigkeit gemessen wird. Das Verfahren ist beschrieben in den Technischen Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TP Gestein-StB).



Abb. 112 Prüfanlage Wehner/Schulze. Links rollende Beanspruchung, in der Mitte die Reinigung, rechts Griffigkeitsmessung. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

12.21.5 Verschleißwiderstand von Estrichen und von Estrichen mit Bodenbelägen

Die Prüfung des **Verschleißwiderstandes nach BCA** ist relevant für Estriche und kann im eingebauten Zustand erfolgen. Die Bauteiloberfläche wird durch drei Stahlräder beansprucht, die kreisförmig über die Oberfläche geführt werden. Die Beurteilung des Verschleißwiderstandes erfolgt über die mittlere Verschleißtiefe **AR** im Laufbereich der Räder. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 13892-4.

DIN EN 13892-5 beschreibt dagegen eine Laborprüfung für Estrichmassen durch ein hochbelastetes Rad. Der Probekörper wird unter dem Rad durchbewegt. Die Bewegung des Probekörpers erfolgt entlang zweier senkrecht aufeinander stehender Linien, die gleichzeitig mit unterschiedlicher Geschwindigkeit abgefahren werden. Das Abriebmaterial wird abgesaugt. Die Beurteilung erfolgt über das entstehende Tiefenprofil. Ergebniss ist der Abtrag **RWA**.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ein ähnlicher Prüfaufbau kann auch zur Untersuchung des Verhaltens von Estrichen mit Bodenbelägen bei Rollbeanspruchung nach DIN EN 13892-7 verwendet werden. Der zu prüfende Estrich wird mit einem definierten Bodenbelag versehen und mittels Rollbeanspruchung bei verschiedenen Lasten auf dem Rad geprüft. Prüfkriterium ist die Ablösung des Bodenbelags. Der Widerstand gegen Rollbeanspruchung **RWFC** kennzeichnet die höchste Radlast ohne Ablösungen.

12.21.6 Prüfung des Abriebwiderstandes

DIN EN ISO 5470-1 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung des Abriebwiderstandes von Textilien, das auch für Imprägnierungen und Beschichtungen auf Beton eingesetzt werden kann. Der Abrieb wird über den Masseverlust bestimmt, der beim Reiben eines mit Schleifmittel bestückten Rades auf der Probe entsteht. Das Verfahren wird beispielsweise für Kunstharzbeschichtungen eingesetzt.

Die Prüfung des Verschleißverhaltens von Bodenbelägen, insbesondere aus PVC, ist Gegenstand der beiden Normen DIN EN 660-1 **(Stuttgarter Prüfung)** und DIN EN 660-2 (**Frick-Taber-Prüfung**). Die Prüfung nach DIN EN 660-2 arbeitet, wie auch die Prüfung von Kunststoffen nach DIN 53754, die Prüfung von Beschichtungsstoffen nach DIN EN ISO 7784-1 und DIN EN ISO 7784-2 sowie die Prüfung von Holzfußböden nach DIN EN 13696 mit dem Taber-Abriebprüfgerät (**Taber Abraser)**, das auch Gegenstand der ASTM D 4060 ist. Es wird unter anderem eine drehende und reibende Beanspruchung simuliert und der Dicken- bzw. Massenverlust ausgewertet. Bei der Prüfung nach DIN EN 13696 wird die Anzahl von Umdrehungen ermittelt, die notwendig ist, um den Lack durchzuscheuern **(Durchscheuerwert)**. Dies geschieht auch bei der Prüfung nach DIN EN ISO 7784-1 und DIN EN ISO 7784-2.



Abb. 113 Prüfung des Abriebwiderstandes mit dem Taber-Abriebprüfgerät. Foto: P. Pautzsch, Institution: IHD Dresden.

Die Prüfung des Abriebwiderstandes von Pflastersteinen, Platten, Steinen und Bordsteinen aus Beton, Terazzoplatten sowie Natursteinen kann entweder mittels Prüfung mit der **Böhmeschen Scheibe** erfolgen (siehe Kap. 12.21.2) oder mit dem Verfahren mit **breiter Schleifscheibe (Capon-Verfahren)**. Beide Verfahren sind in DIN EN 1338 (Pflastersteine), DIN EN 1339 (Platten), DIN EN 1340 (Bordsteine), DIN EN 13748 (Terazzo) sowie DIN EN 14157 (Naturstein) wiedergegeben. Die Prüfung mit breiter Schleifscheibe ist auch Gegenstand der DIN EN 14617-4 (Künstlich hergestellter Stein). Bei dem Verfahren mit breiter Schleifscheibe wirkt eine rotierende Stahlscheibe zusammen mit Schleifmittel auf die Oberfläche der Probe ein. Die Beurteilung erfolgt über die Messung der Sehnenlänge der Schleifspur.

Zur Prüfung des Verschleißwiderstandes von Natursteinbelägen kann nach DIN EN 14157 außerdem auch die **Amsler Abriebprüfung** durchgeführt werden (siehe Kap. 12.21.2) .

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

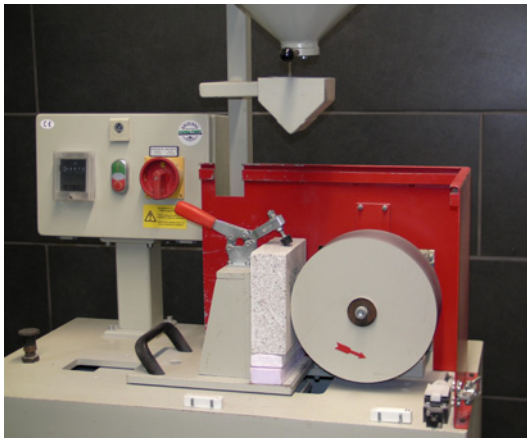


Abb. 114 Verschleißprüfung mit breiter Schleifscheibe. Oben befindet sich der Schleifmittelbehälter. Institution: Beton- und Prüftechnik Blomberg.

Auch die Prüfung des **Tiefenverschleißes** von unglasierten keramischen Fliesen und Platten nach DIN EN ISO 10545-6, die Prüfung des Abriebwiderstandes bzw. des Tiefenverschleißes von Pflasterziegeln nach DIN EN 1344 und die Prüfung von Fugenmörtel für keramische Fliesen und Platten nach DIN EN 12808-2 beruht auf einem Prüfverfahren ähnlich dem mit breiter Schleifscheibe, wobei es Unterschiede im Detail gibt.

Die Prüfung des Widerstandes gegen **Oberflächenverschleiß** glasierter Fliesen und Platten kann nach DIN EN ISO 10545-7 erfolgen. Das Verfahren sieht eine Beanspruchung mit Stahlkugeln und Schleifmittel vor. Die Schädigung wird mit einem Gerät zur **visuellen Bewertung** beurteilt. Die Kalibrierung des Verfahrens erfolgt mittels Prüfung der Float-Bad-Seite von Floatglas. Die Norm gibt dazu verschiedene Verfahren zum **Erkennen der Float-Bad-Seite** an.

Die Prüfung des Abriebwiderstandes von beschichtetem Glas kann nach DIN EN 1096-2 erfolgen. Das in der Norm beschriebene Verfahren sieht eine Beanspruchung durch Reiben mit einem Abriebfilz vor. Die Beurteilung erfolgt über die Veränderung des **Gesamttransmissionsgrades** bei 550 und 900 nm.

Ein Verfahren zur Bestimmung des Abriebwiderstandes von Beschichtungen auf Stahlproben ist in der Richtlinie für die Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB) der Bundesanstalt für Wasserbau, 2001 genannt. Beschichtete Probenplatten werden in einer drehenden Trommel mit Splitt-Wasser-Gemisch beansprucht und der Abriebwiderstand über die Verminderung der Schichtdicke beurteilt. Die Nassabriebbeständigkeit von Beschichtungsstoffen wird nach DIN EN ISO 11998 durch definiertes Scheuerrn mit einem Schwamm geprüft, wobei der Massenverlust ermittelt wird.

12.21.7 Prüfung des Widerstandes von Gesteinskörnung gegen Zerstrümmerung

Die Prüfung des Widerstandes von Gesteinskörnung gegen Zertrümmerung ist insbesondere von Bedeutung für den Asphaltstraßenbau. Für Betone ist sie nur von Bedeutung, falls der Widerstand gegen herabfallende Güter relevant ist. Diese Prüfungen können als eine Art Verschleißprüfung aufgefasst werden, aber z. T. auch als eine Prüfung bei stoßartiger Belastung.

Im **Los Angeles Verfahren** nach DIN EN 1097-2 wird die Gesteinskörnung in einer Art Kugelmühle, die mit Stahlkugeln befüllt ist, beansprucht, der abgesplitterte Anteil durch Siebung ermittelt und ein **Los Angeles Koeffizient LA** berechnet. Alternativ kann der **Schlagzertrümmerungswert** ermittelt werden. Dazu wird die Gesteinskörnung mehrfach einem 50 kg Fallgewicht ausgesetzt, der abgesplitterte Anteil durch Siebung ermittelt und ein Schlagzertrümmerungswert **SZ** berechnet.

Auch der Widerstand gegen **Verschleiß durch Spikereifen (Nordische Prüfung)** nach DIN EN 1097-9 wird ermittelt durch eine mechanische Belastung in einer drehenden Trommel.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 115 Los Angeles Prüfmaschine mit geöffneter Trommel. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

12.21.8 Prüfung des Abriebs von Asphalt durch Spikereifen

Die Prüfung des Abriebs von Asphalt durch Spikereifen erfolgt nach DIN EN 12697-16. Entweder werden Proben in eine schnelle Auf- und Abbewegung versetzt, so dass auf der Probe befindliche Stahlkugeln immer wieder auf die Oberfläche prallen oder die Proben werden direkt einer definierten Beanspruchung durch spezielle Spikereifen ausgesetzt. Die Beurteilung erfolgt über den Masseverlust der Proben.

12.21.9 Prüfung des Abriebs von Rohrsystemen mit der Kipprinne und durch Hochdruckwasserstrahl

Die Prüfung des Abriebs von Steinzeugrohren nach DIN EN 295-3 erfolgt, indem eine Rohrhalbschale mit einem Gemisch aus Gesteinskörnung und Wasser befüllt wird und mit 100000 Lastwechseln einem zyklischen Kippvorgang unterzogen wird. Die Beurteilung des Widerstandes erfolgt über die Abriebtiefe.

In der gleichen Prüfnorm ist auch ein Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit gegen Hochdruckwasserstrahl angegeben (**Hochdruckspültest**). Die Beurteilung erfolgt über eine Bewertung der festgestellten Oberflächenfehler vor und nach der Beanspruchung.

12.21.10 Prüfung des Abriebs von Abgasrohren

Die Prüfung der Abriebbeständigkeit von Abgasanlagen nach DIN EN 1457 und DIN EN 1806 (Keramik), DIN EN 1857 und DIN EN 1858 (Beton) und DIN EN 13216-1 erfolgt durch zyklisches Kehren mit einem Stahlbesen und Messung des Massenverlustes.

12.22 Bruchmechanische Untersuchungen

Bruchmechanische Untersuchungen stellen einen Zusammenhang her zwischen einer mechanischen Belastung und der Ausbreitung von Rissen, ausgehend von **Kerben** oder anderen Fehlstellen, ggf. auch unter zusätzlichen korrosiven Umgebungsbedingungen. Ziel ist es, es bei der Anwendung des Werkstoffs nicht zu einer **instabilen Rissausbreitung** kommen zu lassen.

Die Beurteilung erfolgt über den **Spannungsintensitätsfaktor K**, der kleiner bleiben muss als der **kritische Wert K_c**, bzw. über die Risslänge, die kleiner bleiben muss als die **kritische Risslänge**, bei deren Überschreitung mit instabilem Risswachstum und Versagen der Konstruktion zu rechnen ist.

Die kritischen Werte sind Werkstoffkenngrößen. Dabei wird unterschieden zwischen 3 Rissöffnungsarten: I durch Normalspannungen, II durch Schubspannungen rechtwinklig zur Rissspitze und III durch Schubspannungen parallel zur Rissspitze. Bei dynamischer Beanspruchung ist der **zyklische Spannungsintensitätsfaktor ΔK** von Bedeutung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Bestimmung des kritischen Spannungsintensitätsfaktors K_{Ic} **(Bruchzähigkeit)** metallischer Werkstoffe kann nach DIN EN ISO 12737 an **Kompakt-Zugproben (CT-Probe, Compact Tension)** erfolgen. In der gekerbten Probe wird zunächst durch eine dynamische Beanspruchung ein Anriss erzeugt. Die Probe wird dann im Zugversuch zerrissen und dabei gemessen, bei welcher Spannung sich der Riss instabil ausbreitet, wobei die Rissaufweitung mit gemessen wird.

Andere Untersuchungen werden z. B. mit Hilfe von **DCB-Proben (Double Cantilever Beam)** oder **WOL-Proben (Wedge Opening Load)** mit vorgegebener Rissöffnung (Verspannung) durchgeführt, mit stufenweiser Erhöhung der Spannungsintensität und Beobachtung des Risswachstums bzw. der Beobachtung der Risswachstumsgeschwindigkeit bei dynamischer Beanspruchung. Daneben existieren eine Reihe weiterer Untersuchungsverfahren.

Bei einigen Werkstoffen können bei bruchmechanischen Untersuchungen die notwendigen Probekörperabmessungen so groß werden, dass sie eine Versuchsdurchführung unmöglich machen.

Bruchmechanische Untersuchungen metallischer Werkstoffe unter Bedingungen einer Spannungsrisskorrosion sind Gegenstand der DIN EN ISO 7539-6 und DIN EN ISO 7539-9. Von Bedeutung für die Bestimmung der Bruchzähigkeit von Schweißverbindungen ist auch DIN EN ISO 15653. Die Bestimmung der Bruchzähigkeit von Asphalt mit Hilfe eines gekerbten Halbzylinders im Biegeversuch ist beschrieben in DIN EN 12697-44 **(SCB-Prüfung)**.

12.23 Prüfungen mit mehraxialer Beanspruchung

Zur Prüfung des Materialverhaltens bei mehraxialer Beanspruchung werden **biaxiale oder triaxiale Prüfmaschinen** eingesetzt, die die Probe in zwei oder drei senkrecht aufeinander stehenden Richtungen beanspruchen. Zur Vermeidung einer **Querdehnungsbehinderung** der Probe im Kontakt mit einer Lasteinleitungsplatte können statt Stempel **Belastungsbürsten** eingesetzt werden. Informationen über eine solche Prüfmaschine können entnommen werden aus:

Thienel, K.-C.: Festigkeit und Verformung von Beton bei hoher Temperatur und biaxialer Beanspruchung – Versuche und Modellbildung, Dissertation, TU Braunschweig, 1993. Auch als Heft 104 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-080-8

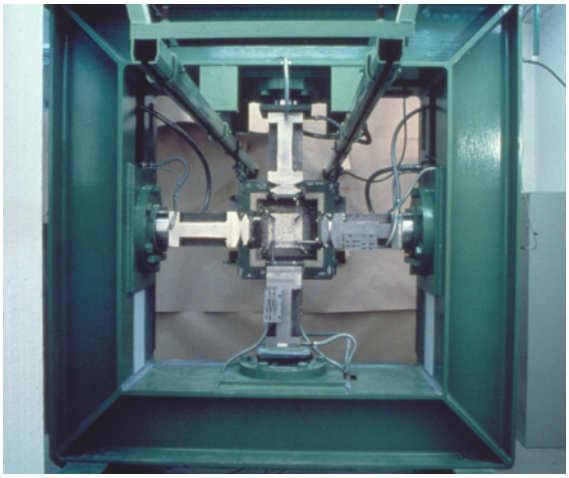


Abb. 116 Biaxiale Hochtemperatur-Prüfmaschine, Ofen nicht sichtbar. Foto: H.-J. Wolff, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

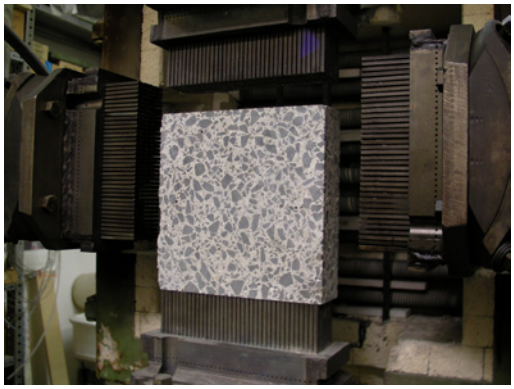


Abb. 117 Belastungsbürsten einer Hochtemperatur Biaxial-Prüfmaschine. Im Hintergrund ist eine Hälfte des Ofens zu sehen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Ein Sonderfall einer Prüfmaschine zur mehraxialen Beanspruchung ist die in der Geotechnik verwendete **Triaxialzelle**. Eine **zyklische Beanspruchung** in einem Triaxialversuch für ungebundene Gemische für Straßenbefestigungen zur Einschätzung der Eignung als Tragschichtmaterial ist beschrieben in DIN EN 13286-7.

12.24 Thermomechanische Analyse

Mittels Thermomechanischer Analyse können mechanische Größen kleiner Probekörper als Funktion der Temperatur gemessen werden. Das Verfahren wird unter den thermoanalytischen Methoden in Kap. 14.6.5 behandelt.

12.25 Temperaturdehnungen – Dilatometrie

Temperaturdehnungen und damit auch lineare Wärmedehnzahlen können in der Nähe der Raumtemperatur mit üblichen Verformungsmesseinrichtungen und temperierbaren Räumen oder Kammern ermittelt werden, in dem die Verformung der Probe beim Übergang von einer Temperatur zu einer anderen gemessen wird. Dies setzt voraus, dass die Messeinrichtung selbst keine Temperaturänderung erfährt oder die temperaturabhängigen Veränderungen der Messeinrichtung kompensiert werden. Für Messungen bei stark erhöhter oder erniedrigter Temperatur sind spezielle Dilatometer notwendig, in denen die Probe auf die jeweilige Temperatur gebracht wird und bei denen der Einfluss der Temperaturdehnungen der Prüfeinrichtung auf das Ergebnis kompensiert wird. Berührungslos arbeitende optische Systeme erleichtern dies.

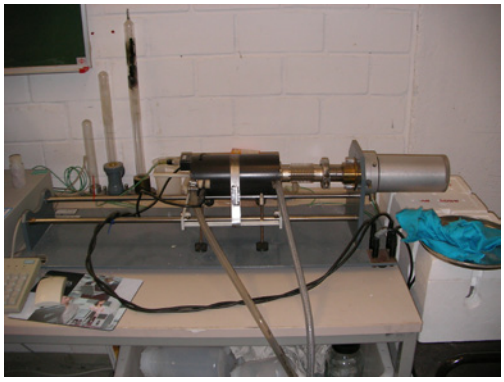


Abb. 118 Hochtemperaturdilatometer, in der Mitte der Ofen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Für die Messung ist es in der Regel erforderlich, homogene Temperaturverteilungen in der Probe herzustellen. Aufgrund der begrenzten Wärmeleitfähigkeit dauert dies eine gewisse Zeit. Man wird deshalb mit möglichst kleinen Probenabmessungen arbeiten, wobei ein repräsentatives Volumen nicht unterschritten werden darf. Bei genügend kleinen Probenkörperabmessungen und kleinen Heiz- oder Kühlraten kann auch die Verformung während eines Aufheizprozesses über ein Temperaturintervall herangezogen werden. Der temperaturabhängige **lineare Wärmeausdehnungskoeffizient α (mittlerer Längenausdehnungskoeffizient)** im Temperaturintverall ΔT zwischen T_1 und T_2 berechnet sich zu:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$$

Gl. 18

Mit:

Δl – Längenänderung durch die Temperaturänderung
l_0 – Ausgangslänge
ΔT – Temperaturänderung

Dilatometer können auch zur Messung von charakteristischen Temperaturen verwendet werden, die mit einer Volumenveränderung verbunden sind, z. B. Phasenübergänge **(Thermodilatometrische Analyse)**. Bei der Messung von Wärmeausdehnungskoeffizienten dürfen dagegen im betrachteten Temperaturintervall keine Phasenübergänge auftreten.

Eine Prüfvorschrift für die Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Bauprodukten für die Betoninstandsetzung ist in DIN EN 1770 enthalten. Herangezogen werden kann auch DIN 51045-1 aus einer Normenreihe für die Prüfung keramischer Werkstoffe. Auch DIN EN 821-1 aus einer Normenreihe zur Prüfung von Hochleistungskeramik, DIN EN 13471 (Wärmedämmstoffe) und DIN 53752 zur Prüfung von Kunststoffen geben Hinweise zur Durchführung entsprechender Messungen mittels Dilatometer. Die Prüfung der linearen thermischen Dehnung von keramischen Fliesen und Platten erfolgt nach DIN EN ISO 10545-8, die von Naturstein nach DIN EN 14581, die von künstlich hergestellten Steinen nach DIN EN 14618 nach DIN EN 14617-11, die von Glas nach DIN ISO 7991.

12.26 Ermittlung von Schrumpf-, Schwind- und Quelldehnungen

12.26.1 Allgemeines

Schwind- und Quellvorgänge beruhen auf Veränderungen der Menge an flüssigem Wasser in einem porösen Baustoff. Eine solche Veränderung kann entweder durch Trocknungs- bzw. Befeuchtungsvorgänge hervorgerufen werden oder durch Einbau bzw. Freisetzung von flüssigem Wasser in bzw. aus einem Feststoff. Bei Trocknungs- und Befeuchtungsprozessen über die äußere Oberfläche (nicht feuchteisolierter Probekörper) ist es häufig sinnvoll, die Verformungsmessung mit einer Gewichtsmessung zu kombinieren. Schrumpfen kann daneben auch auf Volumenveränderungen während einer chemischen Reaktion beruhen.

12.26.2 Messung des chemischen Schwindens zementgebundener Baustoffe

Das chemische Schwinden ist eine Eigenschaft zementgebundener Baustoffe. Das Japan Concrete Institute gibt folgende Definition des chemischen Schwindens (Tazawa, E. (ed.).: Autogenous Shrinkage of Concrete, Proceedings of the Int. Workshop organized by JCI Hiroshima, E&FN Spon, London, 1999):

»Chemical shrinkage is the phenomenon in which the absolute volume of hydration products is less than the total volume of unhydrated cement and water before hydration«.

Das chemische Schwinden wird üblicherweise bestimmt, indem eine ausreichend dünne Schicht Zementleim in ein Gefäß gegeben wird, dieses Gefäß mit einem Verschluss mit einer kalibrierten Kapillare versehen wird, der Zementleim mit Wasser überschichtet wird und die Volumenänderung durch das Absinken

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

des Wasserstandes in der Kapillare gemessen wird. Bei dieser Messung hat der **Zementstein** also dauernd Kontakt zu Wasser.

12.26.3 Messung des autogenen Schwindens/Quellens zementgebundener Baustoffe

Das Japan Concrete Institute gibt folgende Definition des autogenen Schwindens/Quellens (Tazawa, E. (ed.).: Autogenous Shrinkage of Concrete, Proceedings of the Int. Workshop organized by JCI Hiroshima, E&FN Spon, London, 1999):

»Autogenous shrinkage/expansion is the macroscopic volume reduction/increase of cementitious materials when cement hydrates after initial setting. Autogenous shrinkage/expansion does not include volume change due to loss or ingress of substances, temperature variation, application of an external force or restraint.«

Bei unbehinderter Wasserzufuhr zeigen erhärtende, zementgebundene Baustoffe trotz des immer ablaufenden chemischen Schwindens makroskopisch ein Quellen. Bei feuchteisolierter Lagerung tritt i. d. R. autogenes Schwinden auf. Es hat seine Ursache im chemischen Schwinden, ist jedoch deutlich kleiner. Nach der Ausbildung von Festkörpereigenschaften wird die Verformung durch die Steifigkeit der Struktur behindert. Das Differenzvolumen führt bei feuchteisolierter Lagerung zur Ausbildung einer luftgefüllten Porosität und der Ausbildung von Menisken. Die Kombination aus Veränderungen der Oberflächenspannung, Spaltdruck, Kapillarzug, die Neubildung von Phasen im Festkörper, die Dehnungen erzeugen können und das Quellen durch die Wiederaufnahme von Blutwasser, führt in der Überlagerung zu der makroskopischen Verformung des Festkörpers, dem autogenen Schwinden.

Das autogene Schwinden ist insbesondere für zementgebundene Baustoffe mit niedrigem Wasserzementwert von Bedeutung, wie **hochfester/ultrahochfester Beton** bzw. bindemittelreiche Betone wie **selbstverdichtender Beton**. Bei **Mörteln** und **Betonen** spielen auch die Verformungsbehinderung durch die Gesteinskörnung und Veränderungen in der Zementstein-Zuschlag-Kontaktzone eine große Rolle.

Das autogene Schwinden kann über eine Volumenmessung des in einem Beutel eingeschlossenen Zementleims mittels Auftriebsmessung oder durch verschiedene andere Verformungsmessungen feuchteisolierter Proben gemessen werden (als Veränderung des Volumens oder als lineare Verformung). Bei niedrigen Wasserzementwerten tritt dabei eine Selbstaustrocknung auf, da kein Feuchtezutritt von außen möglich ist. Hinweise zur Durchführung entsprechender Messungen können auch aus DIN EN ISO 10426-5 entnommen werden. Unter www.germann.org ist ein kommerzielles System zur Messung des autogenen Schwindens nach ASTM C 1698 beschrieben.

12.26.4 Messungen des Schwindens und Quellens unter Feuchteaufnahme oder -abgabe über die äußere Oberfläche an Baustoffen im festen Zustand

Schwind- und Quelldehnungen bei Trocknung oder Befeuchtung des Probekörpers über die äußere Oberfläche von **Beton** werden mit üblichen Verformungsmessmethoden untersucht. Dazu werden die Proben in entsprechende Umgebungen eingebracht und die Verformungen beim Übergang von einem Feuchtezustand zu einem anderen Feuchtezustand gemessen. Dabei kann sowohl die Verformung beim Übergang von einem homogenen Feuchtezustand in einen anderen von Interesse sein, z. B. zur Ermittlung eines von der Feuchte abhängigen Endschwindmaßes, als auch die Zeitfunktion des Schwindens für einen Probekörper definierter Geometrie.

Quell- und Schwindprozesse durch Befeuchtung und Trocknung über die äußere Oberfläche sind langsame Prozesse, die durch die Transportvorgänge in der Probe, die Umgebungsbedingungen, die Feuchtegeschichte des Probekörpers (Hystereseeffekte) und die Geometrie des Probekörpers bestimmt werden. Die Gesamtverformung durch Schwinden bei Austrocknung des Bauteils über die äußere Oberfläche ergibt sich als Summe aus **Trocknungsschwinden** und autogenem Schwinden.

Für Langzeitmessungen des Schwindens von **Mörteln** und Betonen ist eine **Schwindrinne** geeignet, in der die Verformung eines Balkens gemessen wird. Die Prüfung der Reißneigung von Spritzmörtel und

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Spritzbeton aufgrund von behindertem Schwinden in Schwindrinnen ist beschrieben in ZTV-W, Leistungsbereich 219. Die Beurteilung erfolgt anhand der auftretenden Risse.

Die Messung des Schwindens von Mörtelprismen im Standardformat 4 × 4 × 16 cm^3 ist beschrieben in DIN 52450. Die Messung von Quellen und Schwinden von Prismen 4 × 4 × 16 cm^3 kann auch nach DIN EN 12617-4 durch Wasserlagerung bzw. Austrocknung bei 21 °C und 60 % relativer Luftfeuchte erfolgen. Die Messung des Schwindens von Calciumsulfatbaustoffen erfolgt nach DIN EN 13454-2 durch Umlagerung aus einem Feuchtkasten in 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchte.

Für die Untersuchung des Schwindens von Porenbeton gilt DIN EN 680. Die Messung des Quellens und Schwindens von Betonsteinen kann auf der Grundlage von DIN EN 772-14 erfolgen. Das Quellen wird nach 4-tägiger Wasserlagerung mit mechanischen Messinstrumenten gemessen, das Schwinden nach 21-tägiger Lagerung bei 33 °C in einem belüfteten Wärmeschrank. Die Messung des Trocknungsschwindens von Beton ist beschrieben in Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

Die Messung der Trockenschwindung von Gesteinskörnung erfolgt, in dem mit der Gesteinskörnung Betonproben hergestellt werden, diese einer Befeuchtungs- und Trocknungsprozedur unterworfen werden und die dabei auftretenden Verformungen gemessen werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1367-4.

Schwind- und Quellmessungen an Holz nach DIN 52184 und Holzwerkstoffen nach DIN EN 317 und DIN EN 318 beruhen auf dem Messen der äußeren Maße von Probekörpern nach Lagerung in verschiedenen Umgebungsbedingungen. Das Schwinden von Klebstoffen und Fugenmörteln für keramische Fliesen und Platten nach DIN EN 12808-4 wird nach Lagerung bei 23 °C und 50 % r. F. im Alter von 28 Tagen im Vergleich mit der Probenlänge im Alter von 1 Tag an Mörtelprismen gemessen. Eine allgemeine Prüfvorschrift zur Messung des Quellens und Schwindens mit Berechnung eines hygrischen Dehnkoeffizienten ist in DIN EN 13009 angegeben, wobei das Befeuchten und Trocknen in mehreren Schritten erfolgt.

12.26.5 Messungen des Schwinden und Quellens an sehr kleinen Probekörpern

Das Verkleben von einzelnen Probekörpern zu größeren Einheiten, die dann mit konventioneller Verformungsmesstechnik untersucht werden können, hat sich nicht bewährt.

Gut bewährt zur Messung von Schwindverformungen an kleinen Probekörpern hat sich eine Methode, die die sehr geringe Schärfentiefe eines Lichtmikroskops nutzt. Man befestigt die Probe und eine in kleinem Abstand darüber befindliche dünne Glasplatte in einem Gestell, das keine schwindfähigen Komponenten enthält. Das zwängungsfreie Befestigen des Korns kann z. B. durch Aufspießen auf drei Stahlnadeln erfolgen. Durch Scharfstellen auf eine definierte Stelle der Kornoberfläche und die Unterseite der Glasplatte, mit Hilfe eines skalierten und kalibrierten Feintriebs, kann der Abstand zwischen Probenoberfläche und Glasplatte zeitabhängig ausgemessen werden.

Zu beachten ist, dass der Trieb eines Mikroskops nicht ganz linear ist. Am besten ist es deshalb, die Messung immer von der gleichen Einstellung des Feintriebs aus zu starten, d. h. den Grobtrieb während der gesamten Messzeit nicht zu verstellen. Die Wahl des Objektivs hängt ab vom Arbeitsabstand und der notwendigen geringen Schärfentiefe. Mit einem Objektiv mit 2 mm Arbeitsabstand lässt sich beispielsweise eine Schärfentiefe von 0,5 Mikrometer erreichen. Zusammen mit einer Ablesegenauigkeit des Feintriebs von ebenfalls 0,5 Mikrometer lässt sich etwa eine Standardabweichung der Dehnungsmessung von 2 bis 3 Mikrometer erreichen. Weitere Informationen:

Schmidt-Döhl, F.; Thienel, K.-Ch.: Measurement of swelling and shrinkage of lightweight aggregate, Proceedings of the Second International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, Kristiansand, Norway, S. 737–746, 2000.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

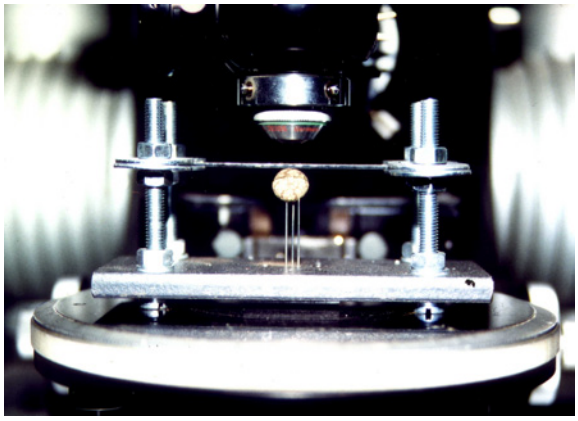


Abb. 119 Messung des Schwindens eines einzelnen **Blähtonkorns** mit einer mikroskopischen Methode. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

12.26.6 Messung von Schwindverformungen erhärtender Baustoffsuspensionen ab dem Anmischen und des schwindbedingten Aufschüsselns

Für Schwindmessungen mineralischer Baustoffe ab dem Anmischen sind von der Firma Schleibinger zwei spezielle Messsysteme erhältlich, der sogenannte **Schwindkegel** und das **Schwindschichtmesssystem**. Bei beiden Messsystemen wird die Verformung berührungslos über Laser Entfernungsmesser aufgezeichnet. Beim Schwindkegel wird die Lageveränderung der Baustoffoberfläche in einer kegelförmigen Form gemessen. Beim Schwindschichtsystem wird die freie Verformung einer dünnen Schicht gemessen, auf die zwei Reflektoren aus Schaumkunststoff aufgesetzt werden. Das durch das Schwinden hervorgerufen Aufschüsseln von Schichten geringer Höhe, z. B. bei **Estrichen**, kann mit einer **Schüsselrinne** der Fa. Schleibinger gemessen werden.

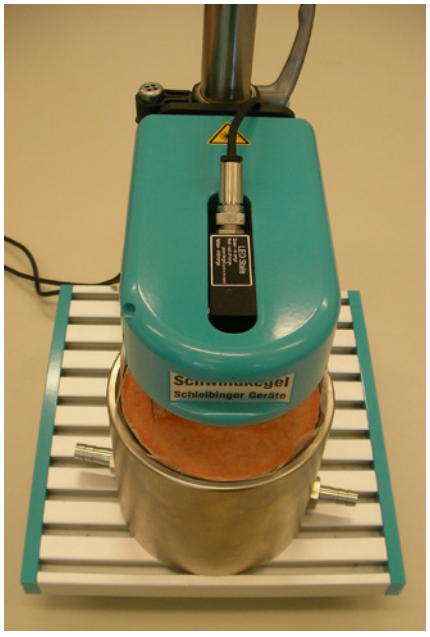


Abb. 120 Schwindkegel. Gemessen wird die Lageveränderung der Oberfläche des kegelförmigen Probekörpers, hier rot. Gerät: Schleibinger Geräte Teubert und Greim GmbH.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.26.7 Messung des Schwindens bei Zwängung der schwindenden Schicht durch den Untergrund

DIN EN 12617-4 beschreibt neben einem Prüfverfahren für das freie Quellen und Schwinden von Instandsetzungsbaustoffen für Beton auch ein Prüfverfahren zur Ermittlung des Quellens und Schwindens einer **zementgebundenen Baustoffschicht** auf einem Betonuntergrund, durch den der zu prüfende Baustoff gezwängt wird. Die Beurteilung erfolgt über eine Prüfung der **Rissneigung** und **Haftung**.

12.26.8 Messungen der Volumen- und Gewichtsveränderungen von Rissfüllstoffen (Quellen, Schwinden, Schrumpfen)

Zur Untersuchung der Ausdehnung von polymeren Rissfüllstoffen nach dem Vermischen mit Wasser wird das Quellen der Stoffe zeitabhängig nach DIN EN 14406 gemessen und ein Ausdehnungsverhältnis und eine Ausdehnungsrate ermittelt. Das volumetrische Schrumpfen von polymeren Rissfüllstoffen nach DIN EN 12617-2 wird über eine Messung der Dichteänderung während der Erhärtung ermittelt. DIN EN 14498 beschreibt ein Verfahren, mit dem Volumen- und Gewichtsveränderungen von Rissfüllstoffen bei Wasserlagerung und bei Wechsellagerung in Wasser und Luft gemessen werden.

12.26.9 Messung des Schrumpfens von Polymeren für die Betoninstandsetzung

DIN EN 12617-1 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung des Schrumpfens von lösemittelfreien kalthärtenden Mehrkomponenten-Reaktionsharzen für die Betoninstandsetzung. Das Verfahren untersucht die Kontraktion von Materialien in 1 m langen Rinnen aus Stahl bei normaler und erhöhter Temperatur. Mit einem ähnlichen Verfahren arbeitet DIN EN 12617-3. In diesem Fall wird die Kontraktion von Klebstoffen in einer 40 cm langen Stahlform untersucht, deren Stirnplatten durch das Schrumpfen des Klebstoffs bewegt werden.

12.26.10 Schnellprüfung der Feuchtedehnung von Mauerziegeln und keramischen Fliesen und Platten

Ein Schnellprüfverfahren zur Beurteilung der Feuchtedehnung von Mauerziegeln beschreibt DIN EN 772-19. Geprüft wird die Längenänderung nach 1-tägiger Lagerung in siedendem Wasser. Vorher werden die Proben bei 600 °C getempert. Ein ähnliches Verfahren wendet DIN EN ISO 10545-10 zur beschleunigten Bestimmung der Feuchtigkeitsdehnung keramischer Fliesen und Platten an. Auch bei diesem Prüfverfahren wird die Längenänderung nach 1-tägiger Lagerung in siedendem Wasser bestimmt. Vorher werden die Proben bei 550 °C getempert.

12.27 Ermittlung von Expansionsdrücken

Die Messung von Expansionsdrücken ist insbesondere im Zusammenhang mit Treibprozessen von Bedeutung. Informationen über entsprechende Techniken im Hinblick auf die **Alkalireaktion** können entnommen werden aus:

Mansfeld, T.: Das Quellverhalten von Alkalisilikatgelen unter Beachtung ihrer Zusammensetzung, Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2008

12.28 Rasterkraftmikroskopie

Bei der Rasterkraftmikroskopie werden die Kräfte zwischen einer Festkörperoberfläche und einer unter Umständen atomar feinen Spitze gemessen. Damit können Kräfte zwischen sehr kleinen Partikeln auf mikroskopischer Ebene gemessen werden. Siehe auch unter Kap. 20.4.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.29 Prüfung des zeitabhängigen mechanischen Verhaltens

12.29.1 Allgemeines

Das zeitabhängige mechanische Verhalten ist bei allen Werkstoffen deutlich temperaturabhängig, da entsprechende Prozesse thermisch aktiviert werden. Entsprechende Prüfungen werden deshalb in der Regel unter definierten konstanten Temperaturrandbedingungen durchgeführt.

12.29.2 Kriechversuch (Dauerstandversuch, Zeitstandversuch)

Bei einem Kriechversuch verbleibt die Probe über eine längere Zeitdauer bzw. bis zum Bruch unter konstanter Spannung. Aufgrund von zeitabhängigen viskosen Verformungen entsteht dabei zusätzlich zur spontan erfolgenden elastischen bzw. plastischen Anfangsdehnung eine zeitabhängige Kriechdehnung. Ein Teil davon kann nach Entlastung zeitabhängig wieder zurückgehen (**anelastische Dehnung, nichtpropotionale Rückdehnung**). Gemessen wird im Kriechversuch also die Verlängerung bzw. Verkürzung der Probe bzw. die daraus berechnete Dehnung als Funktion der Zeit.

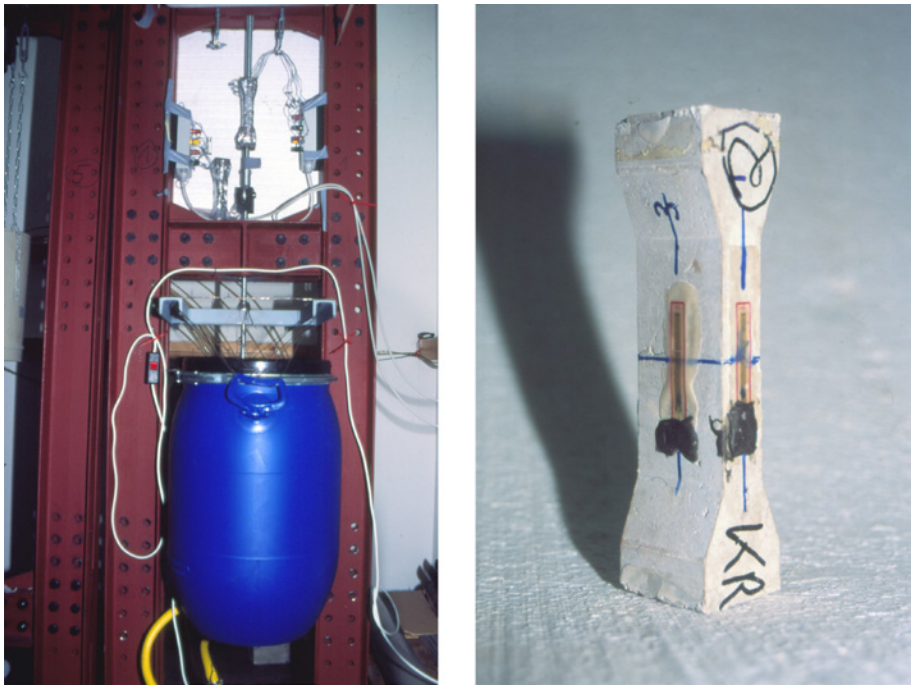


Abb. 121 Zugkriechversuch an einer feuchteisolierten **Mörtelprobe** in »Hundeknochenform« (Probe ohne Isolierung s. rechtes Bild). Die Zugbelastung entsteht durch die Gewichtskraft eines flüssigkeitsbefüllten Behälters. Neben der belasteten Probe steht ein feuchteisolierter, unbelasteter Prüfkörper, mit dem die Schwind- und Temperaturverformungen kompensiert werden. Foto: R. Epperlein, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig. Aus: Schmidt-Döhl, F.; Rostásy, F.S.: Dauerhaftigkeitmodell von Verfugungen. In: Rostásy, F.S.; Wigger, H. (Hrsg.): Konsolidierung von historischem Natursteinmauerwerk, Tagung, TU Braunschweig, 6.–7.11.1997, Heft 135 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-114-6, S. 191–201, 1997.

Kriechversuche lassen sich natürlich mit Universalprüfmaschinen durchführen, blockieren diese allerdings für die gesamte Zeitdauer. Daher werden für Kriechversuche in der Regel gesondert hergestellte Prüfapparaturen verwendet. Die konstante Spannung lässt sich sowohl bei Druck- als auch bei Zugkriechversuchen einfach durch ein konstantes Gewicht realisieren, ggf. über einen Hebelmechanismus. Eine entsprechende Anlage ist beschrieben in:

Gutsch, A.-W.: Stoffeigenschaften jungen Betons – Versuche und Modelle, Dissertation TU Braunschweig, 1998. Auch als Heft 140 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-119-7.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Auch Prüfstände mit vorgespannten Tellerfedern werden eingesetzt, die trotz geringer Verformung der Probe eine nahezu konstante Spannung in der Probe erzeugen. Nähere Informationen dazu können entnommen werden aus:

Scheibe, M.: Vorhersage des Zeitstandverhaltens unidirektionaler Aramidfaserverbundstäbe in alkalischer Umgebung, Dissertation, TU Braunschweig, 1998. Auch als Heft 138 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-117-0.



Abb. 122 Prüfstände zur Untersuchung des Druckkriechens, bei denen die eingestellte Kraft durch Tellerfedern konstant gehalten wird. Die Verformungsmessung erfolgt über eine mechanische Messuhr, die in größeren zeitlichen Abständen abgelesen wird. Versuche: iBMB/MPA Braunschweig.

Für metallische Werkstoffe (Prüfung nach DIN EN ISO 204) sind die relevanten Werkstoffkennwerte die **Zeitbruchdehnung A_u**, die **Zeitbrucheinschnürung Z_u** und die von der Zeit t in Stunden, der Temperatur T in °C und der Spannung σ in N/mm² abhängige plastische Dehnung:

$$A^{T}_{p\sigma/t}$$

Für Kunststoffe ist auch die **1-Minuten-Dehnung** relevant, d. h. die Dehnung, die nach einer Minute Belastung vorhanden ist. Genauso kann eine 1-Minuten-Dehung nach Entlastung bestimmt werden. Der zeit- und spannungsabhängige **Kriechmodul** ist das Verhältnis von konstanter Spannung zu zeitabhängiger Dehnung. Als **Zeitstandfestigkeit** bezeichnet man die Spannung, die nach einer definierten Belastungszeit zum Bruch führt. So führt beispielsweise eine Spannung in Höhe der Zeitstandfestigkeit $R_{u/10000/600}$ nach 10 000 Stunden bei 600 °C zum Bruch eines Stahls. Als **Zeitdehngrenze** bezeichnet man die Spannung, die zu einer definierten Dehnung führt. So führt beispielsweise eine Spannung in Höhe der Zeitdehngrenze $R_{p0,2/1000/400}$ nach 1 000 Stunden bei 400 °C zu einer plastischen Verformung von 0,2 % (Bargel, H.-J.; Schulze, G. (Hrsg.): Werkstoffkunde, 10. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2008).

Kriechversuche werden in einem **Zeitstand-Schaubild** zusammengefasst, in dem die Zeitstandfestigkeit bzw. die Zeitdehngrenze als Funktion der Zeit aufgetragen wird. Dem Diagramm entnommen werden kann z. B., ob bei einer definierten Spannung nach gegebener Zeit ein Bruch auftritt (Zeitbruchlinie), bzw. welche Dehnung auftritt. Die Egebnisse von Kriechversuchen lassen sich auch in **isochronen Spannungs-Dehnungs-Diagrammen** darstellen, aus denen sich spannungs- und zeitabhängige Kriechdehnungen, der dehnungs- und zeitabhängige Spannungsabbau (**Relaxation**) und die zulässige Spannung bzw. Dehnung für eine bestimmte Betriebsdauer abschätzen lässt, s. u. Bargel, H.-J.; Schulze, G. (Hrsg.): Werkstoffkunde. 10. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2008, S. 413–414.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Druckkriechversuche an Prismen können nach DIN EN 13584 durchgeführt werden. Bei dieser Prüfnorm für Betonersatzsysteme wird auch die Rückverformung nach Entlastung, das Schwinden und die Druckfestigkeit erfasst. Ein Zeitstand-Scherversuch mit stufenweise ansteigender Belastung für Bauklebstoffe ist genormt in DIN EN 1902. Ein System aus Faserzementplatten (als Untergrund), Klebstoff und Bodenbelag wird hängend angeordnet und mit Gewichten belastet. Der Versuch wird bis zum Trennen der Verklebungen bzw. bis zum Ablauf der Prüfzeit geführt.

Zugkriechversuche an Kunststoffen sind Gegenstand der DIN EN ISO 899-1, Zeitstand-Biegeversuche sind Gegenstand von DIN EN ISO 899-2. Diese Versuche sind relevant für **Schlauchliner**. Zeitstand-Zugversuche an Schweißverbindungen aus Kunststoffen sind Gegenstand der DIN EN 12814-3. Kriechversuche werden auch an glasfaserverstärkten Kunststoffrohren durchgeführt. Das Verfahren und die Bestimmung eines **Kriechfaktors** ist beschrieben in DIN EN 761. Entsprechende Versuche sind auch von Bedeutung für Schlauchliner. Der Versuchsaufbau entspricht der **Scheiteldruckprüfung**.

Das Druckkriechen von Dämmstoffen wird nach DIN EN 1606 untersucht. Das Druckkriechen von Porenbeton und haufwerksporigem Leichtbeton kann auf Grundlage der DIN EN 1355 bestimmt werden. Kriechversuche an Mörteln werden auch beschrieben in der DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie). Kriechversuche an starren Ausgleichsmaterialien für Steinzeugrohre sind beschrieben in DIN EN 295-3. Ein Zugkriechversuch **(TCT)** für Asphalt ist beschrieben in DIN EN 12697-46. Die DIN EN ISO 25619-1 beschreibt neben einem Druckkriechversuch auch einen Kriechversuch mit kombinierter Druck- und Scherbeanspruchung. Diese Prüfnorm gilt für Geokunststoffe. Informationen zur Messung des Druckkriechens von Beton können auch entnommen werden aus Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

12.29.3 Relaxationsversuch (Entspannungsversuch)

Bei einem Relaxationsversuch verbleibt die Probe unter konstanter Dehnung. Gemessen wird die Veränderung der Kraft, bzw. der daraus berechneten Spannung, die die Probe auf die Verankerung ausübt, als Funktion der Zeit.



Abb. 123 Liegender Kriech-/Relaxationsprüfstand für Untersuchungen an jungem Beton. Die hantelförmigen Betonprobekörper sind mit einem Temperiermantel (hier geschlossen) umgeben, so dass ein Temperaturregime wie in einem Bauteil nachgefahren werden kann. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Wie bei Kriechversuchen auch, kann man Relaxationsversuche mit einer Universalprüfmaschine durchführen. Da entsprechende Prüfungen sehr lange dauern können, auch Wochen oder Monate, werden für Relaxationsversuche häufig gesonderte Prüfstände verwendet. Entweder verwendet man zur Durchführung eines Relaxationsversuchs eine sehr steife Belastungseinrichtung, durch die die Probe vollständig gezwängt wird und der Kraftverlauf gemessen wird. Oder man mißt Kraft und Verformung und regelt die Verformung durch Nachlassen der Kraft auf Null.

Im einfachsten Fall belastet man die Probe auf Zug oder Druck mit der Gewichtskaft eines flüssigkeitsgefüllten Behälters, wobei durch definiertes Ablassen der Flüssigkeit eine konstante Dehnung eingestellt

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

wird. Die Beschreibung einer komplexen Versuchseinrichtung zur Untersuchung des zeitabhängigen mechanischen Verhaltens, auch jungen Betons, ist enthalten in:

Gutsch, A.-W.: Stoffeigenschaften jungen Betons – Versuche und Modelle, Dissertation TU Braunschweig, 1998. Auch als Heft 140 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-119-7.

Der Zugrelaxationsversuch von Metallen ist geregelt in DIN EN 10319-1. Der Relaxationsversuch für Spannstähle ist beschrieben in DIN EN ISO 15630-3. Ein Relaxationsversuch **(RT)** für Asphalt ist beschrieben in DIN EN 12697-46.

Inbesondere in der **Kunststofftechnik** spielen die Begriffe der **Zeitspanndehnung** und des **Relaxationsmoduls** eine Rolle. Die Zeitspanndehnung ist die Dehnung, bei der sich nach definierter Zeit eine definierte Spannung einstellt. Der zeit- und dehnungsabhängige Relaxationsmodul (auch **Entspannungsmodul**) ist das Verhältnis aus der zeitabhängigen Spannung zur konstant eingestellten Dehnung.

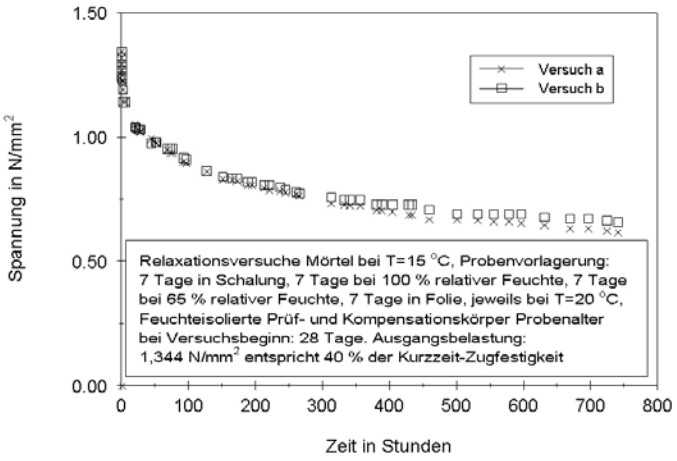


Abb. 124 Ergebnisse eines Zugrelaxationsversuchs an einem Spezialmörtel für die Fugeninstandsetzung von historischem Natursteinmauerwerk. Aus: Schmidt-Döhl, F.; Rostásy, F.S.: Ingenieurmodell zur Dauerhaftigkeit des Verbundsystems Naturstein/Mörtelfuge mit Bezug auf die Neuverfugung historischen Mauerwerks, Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2000.

12.30 Prüfungen unter zyklischer und dynamischer Beanspruchung

12.30.1 Allgemeines

Prüfungen des mechanischen Verhaltens unter zyklischer und dynamischer Beanspruchung werden zumeist unter dem Gesichtspunkt der **Materialermüdung** durchgeführt, die zu Brüchen bei Spannungen weit unterhalb der Kurzzeitfestigkeit führen kann. Die Prüfung des Verschleißverhaltens wird in Kap. 12.21 behandelt.

Bei Untersuchungen mit dynamischer Beanspruchung werden die beiden Begriffe »low cycle fatigue« und »high cycle fatigue« unterschieden. **Low cycle fatigue** bezeichnet eine Beanspruchung mit wenigen Lastwechseln, aber extrem hoher Schwingbreite, wie sie z. B. bei Erdbeben auftritt. **High cycle fatigue** bezeichnet eine Beanspruchung mit hoher Lastspielzahl und geringer Schwingbreite, wie sie typischerweise unter Gebrauchslast auftritt.

Dynamische Beanspruchungen führen zu einer Erwärmung des Materials während der Prüfung. Besonders ausgeprägt ist dies bei **Kunststoffen** aufgrund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit und hohen Dämpfung. Aufgrund der Erwärmung wird das Materialverhalten frequenzabhängig. Auch die ausgeprägte Zeit-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

abhängigkeit des mechanischen Verhaltens von Kunststoffen ist bei dynamischen Versuchen, die mehrere Tage dauern können, zu berücksichtigen. Dynamisch-mechanische Untersuchungen an Kunststoffen sind in DIN EN ISO 6721 beschrieben und werden häufig in Form einer thermomechanischen Analyse durchgeführt, siehe Kap. 14.6.5. Sie können auch ganz andere Zielrichtungen haben, z. B. im Zusammenhang mit der Schall- und Schwingungsdämpfung.

Dynamische Beanspruchungen führen zu einer Entfestigung oder Verfestigung während der Beanspruchungen. Das bedeutet, dass sich bei vorgegebenem Spannungsverlauf während des Versuchsablaufs zeitabhängige Veränderungen des Dehnungsverlaufs ergeben und bei vorgegebenem Dehnungsverlauf zeitabhängige Veränderungen des Spannungsverlaufs.

Dynamische Beanspruchungen werden nicht nur durch Lasten hervorgerufen. Auch eine wiederholte **Frostbeanspruchung** stellt z. B. eine dynamische mechanische Beanspruchung des Werkstoffs dar.

12.30.2 Dauerschwingversuche

Bei Dauerschwingversuchen wird eine zyklische Belastung mit wechselnder Kraft auf die Proben aufgebracht. Geprüft wird bis zum Bruch bzw. bis zu einer materialspezifisch festgelegten Anzahl von Schwingspielen, bei der entweder eine Dauerschwingfestigkeit erreicht ist oder die im praktischen Einsatz des Baustoffs nicht überschritten wird.

Kenngrößen eines Dauerschwingversuchs sind die Funktionsform der Belastung, die **Mittelspannung** σ_m, die **Schwingungsamplitude** σ_a, die daraus sich ergebende **Ober- und Unterspannung** σ_o **und** σ_u, die **Schwingbreite** (Differenz zwischen Ober- und Unterspannung), die **Schwingspielzahl N** (Anzahl der Schwingspiele) und das **Spannungsverhältnis R**.

$$R = \frac{\sigma_u}{\sigma_o}$$

Gl. 19

Das Dauerschwingverhalten eines Werkstoffs wird auch von der Temperatur und stark von der Oberflächenausbildung beeinflusst. **Dauerbrüche** gehen in der Regel von Fehlstellen oder **Kerben** aus.

Dauerschwingversuche können als reine Schwellversuche oder als Wechselbeanspruchung (Zug– und Druckbeanspruchung) durchgeführt werden. Im Maschinenbau spielen auch andere schwingende Beanspruchungsarten (Biegung und Torsion) eine Rolle.

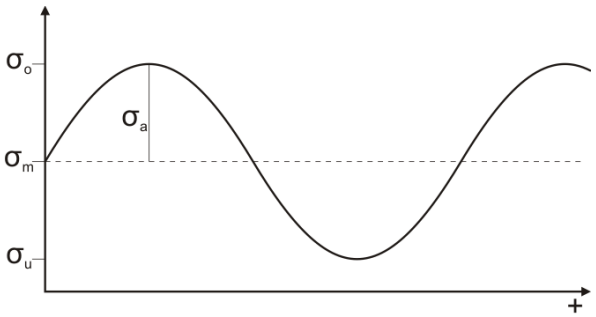


Abb. 125 Möglicher Funktionsverlauf beim Einstufenversuch mit Begriffen. Erläuterungen der Zeichen im Text. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Dauerschwingversuche können in servohydraulischen Prüfmaschinen durchgeführt werden. Als Antriebsaggregate für entsprechende Prüfeinrichtungen werden jedoch häufig **Pulsatoren** verwendet. Pulsatoren arbeiten mit Schwungrädern und haben dadurch bei der Erzeugung einer zyklischen Beanspruchung einen deutlich geringeren Stromverbrauch als normale servohydraulische Anlagen. Sie können u. U. bei der Versuchsdurchführung einige Tausend Euro an Stromkosten einsparen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

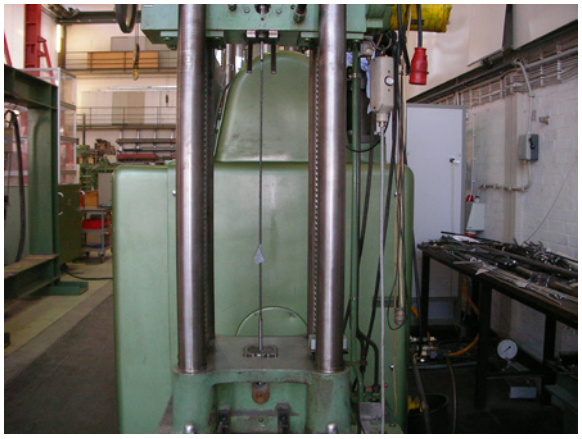


Abb. 126 Dauerschwingversuch an einem Zugglied mit dynamischer Prüfmaschine. Dahinter ein Pulsator. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Ein Dauerschwingversuch mit konstanter Mittelspannung und konstanter Schwingungsamplitude wird als **Einstufenversuch (Wöhler-Versuch)** bezeichnet. Dabei kann entweder bei einer zu messenden Schwingspielzahl ein Bruch auftreten (Dauerbruch) oder die Probe läuft bis zur geplanten maximalen Anzahl von Schwingspielen ohne Bruch **(Durchläufer)**. Werden eine Reihe von Einstufenversuche mit konstanter Mittelspannung und unterschiedlicher Schwingungsamplitude durchgeführt, kann man die Anzahl der Schwingspielzahlen N bis zum Bruch zusammen mit der Spannungsamplitude des jeweiligen Versuchs in Form einer **Wöhler-Kurve** auftragen. Wöhler-Kurven zeigen das Materialverhalten also immer nur für einen Werkstoff, in einer geometrischen Ausbildung (auch Kerbwirkung), einem Korrosionszustand, einer Temperatur und einer definierten Mittelspannung.

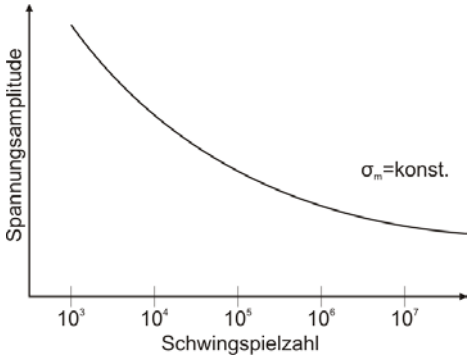


Abb. 127 Wöhler Kurve (schematisch). Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Einige Werkstoffe zeigen bei hohen Schwingspielzahlen einen waagerechten Verlauf der Wöhlerkurve, z. B. weicher Stahl ohne Korrosion. Dies bedeutet, dass bei gegebener Mittelspannung beim Unterschreiten einer bestimmten Schwingungsamplitude kein Bruch mehr auftritt. Für diese Werkstoffe kann eine **Dauerschwingfestigkeit (Dauerfestigkeit)** σ_D angegeben werden:

$$\sigma_D = \sigma_m \pm \sigma_a \qquad \text{Gl. 20}$$

Für höhere Schwingungsamplituden und für alle anderen Werkstoffe kann nur eine **Zeitfestigkeit** angegeben werden. Einstufenversuche haben eine relativ hohe Streuung. Die Konstruktion einer Wöhler-Kurve erfordert deshalb einen hohen experimentellen Aufwand.

Die Abhängigkeit der ertragbaren Spannung bei Dauerschwingversuchen von der Mittelspannung wird in einem **Dauerfestigkeitsschaubild** dargestellt, das jeweils für eine definierte Anzahl von Schwingspielen gilt. Das Dauerfestigkeitsschaubild nach **Smith** zeigt die ertragbare Ober- und Unterspannung als Funkti-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

on der Mittelspannung. Das Dauerfestigkeitsschaubild nach **Haigh** zeigt die ertragbare Spannungsamplitude als Funktion der Mittelspannung.

Für die Durchführung von Dauerschwingversuchen kann DIN 50100 zugrundegelegt werden. Der Dauerschwingversuch für Betonstähle und Spannstähle ist beschrieben in DIN EN ISO 15630. Die Prüfung der Schwellfestigkeit von Steinzeugrohren ist beschrieben in DIN EN 295-3. Die Ermüdung von Strukturklebstoffen ist Gegenstand der DIN EN ISO 9664.

12.30.3 Verhalten von Klebern unter zyklischer Beanspruchung

DIN EN 13894-1 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung von Klebern, die unter einer zyklischen Beanspruchung erhärten. Es werden sogenannte **TAST**-Probekörper geprüft, bei denen während der Erhärtung eine zyklische Scherbeanspruchung auf den Kleber einwirkt. Nach einer Ruheperiode werden die erhärteten Probekörper dann bis zum Bruch belastet und das Ergebnis verglichen mit Kontrollkörpern, die ohne zyklische Belastung erhärten konnten. Die Prüfung von erhärteten Klebern mit zyklischer Scherbeanspruchung mit unter 45° belasteter Klebefuge im erhärteten Zustand ist Gegenstand der DIN EN 13894-2.

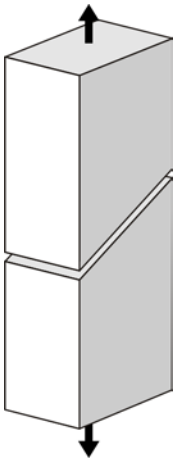


Abb. 128 Prüfkörper zur Untersuchung von Klebern unter zyklischer Scherbeanspruchung nach DIN EN 13894-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

12.30.4 Prüfung von Asphalt bei zyklischer Beanspruchung

Beim **Spurbildungstest** nach DIN EN 12697-22 wird die Asphaltprobe mit einem Rad zyklisch befahren. Dabei wird unterschieden zwischen einem besonders großem Rad, einem großen Rad und einem kleinen Rad. Es können Laborproben und Proben aus Fahrbahnbefestigungen geprüft werden. Bei den Prüfungen mit großem und besonders großem Rad wird die Spurrinnentiefe ermittelt. Bei den Prüfungen mit kleinem Rad wird die Spurbildungsgeschwindigkeit bzw. Spurbildungsrate sowie die Spurrinnentiefe ermittelt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 129 Spurbildungsgerät für die Prüfung von Asphalt. Oben zwei Prüfräder, im Gerät eine Probe. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

DIN EN 12697-25 beschreibt zwei **Druckschwellversuche** an Asphaltproben. Im einen Fall werden die zylinderförmigen Proben mit zyklischen Druckstößen belastet, die einer Rechteckbelastung entsprechen und die Verformung gemessen. Es erfolgt nur eine Teilflächenbelastung, um eine Behinderung der Querdehnung zu erreichen. Im zweiten Fall handelt es sich um einen triaxialen Druckschwellversuch, wobei der Axialdruck in Form einer Sinusfunktion oder einer Rechteckfunktion aufgebracht werden kann. Verschiedene Möglichkeiten zur Erzeugung des Druckes zur Behinderung der Querdehnung werden aufgezeigt. In beiden Fällen können nach der Norm Kriecheigenschaften berechnet werden. Es handelt sich jedoch nicht um Kriechversuche im eigentlichen Sinne. Die Prüfungen erlauben einen Vergleich verschiedener Mischungen im Hinblick auf die Entstehung bleibender Verformungen.



Abb. 130 Triaxialzelle für die Untersuchung von Asphalt mit der Möglichkeit einer dynamischen Beanspruchung in Längsrichtung und auf den Mantel. Links die Manschette, in die die Probe eingepaßt wird. Institution: Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig.

DIN EN 12697-24 beschreibt mehrere Versuche zur Ermittlung des Materialverhaltens von Asphalt unter zyklischer Beanspruchung mit dem Ziel der **Ermüdung**. Bei der Zweipunkt-**Biegeprüfung** von trapezförmigen oder prismatischen Probekörpern wird der Probekörper einseitig eingespannt und an seinem Kopf einer sinusförmigen Verschiebung ausgesetzt. Die Norm beschreibt außerdem zyklische Dreipunkt- und Vierpunkt-Biegeprüfungen an Prismen sowie eine zyklische Spaltzugbeanspruchung **(indirekte Zugprüfung)**.

Vergleichbare Versuchsaufbauten wie oben beschrieben sowie eine zyklische Druck- und Zugbeanspruchung können auch zur Ermittlung der Steifigkeit **(komplexer Modul)** von Asphalt nach DIN EN 12697-26 eingesetzt werden. Ein axialer Zugversuch mit zyklischer Belastung **(UCTST)** für Asphalt bei konstanter Temperatur ist beschrieben in DIN EN 12697-46.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

12.30.5 Betriebsfestigkeitsuntersuchungen

In der Realität treten in der Regel mehrstufige Beanspruchungen auf, d. h. Beanspruchungen mit unterschiedlichen Mittelspannungen und Spannungsamplituden, wobei sich die einzelnen Beanspruchungen und deren Reihenfolge gegenseitig beeinflussen. Dies kann durch **Mehrstufenversuche** experimentell untersucht werden. Bei solchen Betriebsfestigkeitsuntersuchungen wird das Bauteil dynamisch mit definierten **Lastkollektiven** beansprucht. Die Schädigung bei einer solchen Beanspruchung kann z. B. über die lineare **Schadensakkumulations-Hypothese (Palmgren-Miner-Regel)** beschrieben werden. Tritt bei der dynamischen Beanspruchung eine stärkere Temperaturerhöhung auf, ist auch die Frequenz der Beanspruchung zu berücksichtigen.

12.31 Prüfung des dynamischen Verhaltens von Bauteilen und Bauwerken

Zur Beurteilung des mechanischen Verhaltens und des Zustandes von Bauteilen und Bauwerken können neben statischen Lasten und entsprechenden Verformungsantworten auch dynamische Lasten und die **Schwingungsantwort** des Bauwerks herangezogen werden. Diese ist gekennzeichnet durch die **Eigenfrequenzen**, die **Schwingungseigenformen** und deren **Dämpfungswerte**.

Das dynamische Verhalten von Bauwerken kann rechnerisch simuliert werden. Durch die Messung am Bauwerk kann das mechanische Modell überprüft bzw. verbessert werden. Veränderungen am Bauwerk durch bauliche Maßnahmen oder Schäden führen zu Veränderungen des Eigenschwingverhaltens, das ggf. messtechnisch detektiert werden kann.

Dynamische Messungen an Bauteilen und Bauwerken erfordern Verformungs- bzw. Beschleunigungssensoren und eine **Messkette**, die mit der notwendigen Geschwindigkeit Signale aufnehmen und verarbeiten kann. In der Regel werden die im **Zeitbereich** aufgenommenen Messsignale für die Weiterverarbeitung über eine **Fourier-Transformation** in den **Frequenzbereich** überführt.

Die Anregung von Schwingungen erfolgt in der Regel durch die Umwelteinwirkungen bzw. die Nutzung des Bauwerks, sie kann jedoch auch durch gezielte Stöße oder den Eintrag von Rüttelenergie erfolgen. Durch Analyse des Frequenzspektrums können die Eigenfrequenzen ermittelt werden.

Die Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärme durch Reibungskräfte führt zu einer frequenzabhängigen Dämpfung der auftretenden Schwingungen, die ebenfalls ermittelt werden kann. Das Auftreten plastischer Verformungen führt zu einer erheblich größeren Dämpfung im Vergleich mit elastischen Verformungen. Im Gebrauchsbereich werden Baustoffe in der Regel elastisch verformt. Plastische Verformungen treten insbesondere bei der Annäherung an den Grenzzustand der Tragfähigkeit auf. Über die Dämpfungseigenschaften lassen sich daher Aussagen über den **Ausnutzungsgrad der Tragfähigkeit** treffen.

Eigenfrequenzmessungen werden auch zur **Holzsortierung** eingesetzt. Die Schwingungsmessung nach der Anregung kann dabei über ein **Laser-Vibrometer** erfolgen (s. Kap. 12.3.13). Weiterführende Literatur:

Natke, H.G.: Baudynamik, Teubner Verlag, Stuttgart,1989.

Natke, H.G.; Cempel, C.: Model-Aided Diagnosis of Mechanical Systems, Fundamentals, Detection, Localization, Assessment, Springer Verlag, Berlin, 1997.

12.32 Bauteilversuche und Probebelastungen

12.32.1 Besonderheiten bei Bauteilversuchen

Untersuchungen zum mechanischen Verhalten von Bauteilen sind häufig sehr individuell auf bestimmte Fragestellungen hin konzipierte Versuche. Bei entsprechender Größe der Bauteile reichen Standard-Prüfmaschinen zur Durchführung solcher Versuche nicht mehr aus. Man verwendet dann variable Prü-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

feinrichtungen, die z. B. aus einem **Prüfrahmen**, der flexibel umgebaut werden kann, und einer steifen **Prüffelddecke** bestehen, die es zum Teil auch über Durchlässe ermöglicht nach unten gegen die Prüffelddecke zu ziehen. In diesen Rahmen werden die Probe und die Belastungseinrichtungen eingebaut (siehe Kap. 12.2).



Abb. 131 Bruch eines Stahlbetonbalkens. Wegaufnehmer im Bereich der Bruchzone werden abgesprengt. Foto: P. Bodendiek, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Der zeitliche und finanzielle Aufwand für große Bauteilversuche ist hoch. Aus diesem Grund ist es von besonderer Bedeutung, die Geometrie der Prüfeinrichtung mit den zu erwartenden Verformungen der Probe, die erforderlichen Wege der Belastungseinrichtungen und die Anzahl und Positionierung der Verformungsmesseinrichtungen sehr sorgfältig zu planen.

Generelle Vorgaben zur Prüfung von Holzkonstruktionen im Labor und am Bauwerk gibt z. B. DIN EN 380, wobei die Prüfung bis zur Höchstlast, eine **Probebelastung**, die Prüfung der Langzeitverformung und die Prüfung der Tragfähigkeit nach Langzeitbelastung unter statischen Bedingungen vorgesehen ist.

12.32.2 Probebelastungen am Bauwerk

Wenn es trotz zerstörender oder zerstörungsfreier Prüfung von Baustoff- bzw. Bauteileigenschaften nicht möglich ist, durch Modellbildung die **Tragsicherheit** vorhandener Bauwerke ausreichend sicher beurteilen zu können, können Probebelastungen am Bauwerk durchgeführt werden. Dabei werden an ausgewählten Flächen Lasten eingebracht und die Reaktionen des Bauwerks messtechnisch beobachtet.



Abb. 132 Probebelastung in einem bestehenden Gebäude. Ein 1 m breiter, durch Sägeschnitte abgegrenzter Plattenstreifen wurde einer 4-Punkt-Biegeschubbelastung unterzogen. Foto: A.-W. Gutsch, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Last wird durch Gewichte wie wassergefüllte Behälter, Fahrzeuge wie LKW oder Züge oder durch hydraulische Prüfeinrichtungen aufgebracht. Während einer Probebelastung wird die Last in der Regel stufenweise so nahe an den Grenzzustand der Tragfähigkeit gesteigert, dass keine Schädigungen auf-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

treten. Entsprechende Versuchsgrenzlastkriterien und ihre messtechnische Erfassung müssen im Vorfeld definiert werden. Nur im Einzelfall ist es möglich bis zum Bauteilversagen zu fahren.

Anhand der als Reaktion auf die aufgebrachten Einwirkungen auftretenden Verformungen des Bauwerks, bleibenden Verformung nach Entlastung sowie ggf. Rissbildungen können anschließend Annahmen des **Tragmodells** überprüft bzw. kalibriert werden. Entsprechende Prüfverfahren wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens »Experimentelle Tragsicherheitsbewertung von Bauwerken in-situ zum Zwecke der Substanzerhaltung oder Umnutzung, EXTRA« erarbeitet.

Bei der **Flat-Jack-Methode** werden in horizontale Sägeschnitte von Mauerwerk oder Betonbauteilen hydraulische **Flachpressen** eingelegt und belastet. Durch Verformungsmessungen in der Umgebung der Presse in Abhängigkeit vom Druck kann der ursprüngliche Spannungszustand und das Verformungsvermögen des Bauteils abgeschätzt werden.

Literatur:

Steffens, K.: Experimentelle Tragsicherheitsbewertung von Bauwerken, Grundlagen und Anwendungen, Ernst und Sohn, Berlin, 2002.

Steffens, K.; Bucher, C.; Opitz, H.; Quade, J.; Schwesinger, P.: Experimentelle Tragsicherheitsbewertung von Massivbrücken, Bautechnik, Bd. 76, S. 1–15, 1999.

DAfStb-Richtlinie – Belastungsversuche an Betonbauwerken, Beuth, Berlin, 2000.

Neubauer, U.; Gutsch, A.-W.: Tragfähigkeitsnachweise an einem Postgebäude von 1907 unter Einbeziehung von Belastungsversuchen, Bautechnik 80, Heft 7, S. 423–433, 2008.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13 Chemische Elementanalytik

13.1 Allgemeines

»Die **qualitative Elementanalytik** zielt ab auf die Frage, welche chemischen Elemente in einer Probe enthalten sind, und ggf. auf die Frage, ob in Probe A mehr oder weniger des Elementes Z enthalten ist als in Probe B. Qualitative Analysen spielen in der bauchemischen Materialprüfung eine relativ große Rolle, da sich viele Fragen im Rahmen von Schadensuntersuchungen bereits durch sie eindeutig beantworten lassen.

Die **quantitative Elementanalytik** zielt dagegen ab auf die Bestimmung von Konzentrationen von Elementen in der Probe. Zur Elementanalytik stehen verschiedene Methoden zur Verfügung mit jeweils spezifischen Vor- und Nachteilen und Anwendungsgebieten. Sie werden im Folgenden beschrieben.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de)

13.2 Gravimetrie und Volumetrie – klassische nasschemische Methoden

13.2.1 Allgemeines

»Häufig werden unlösliche Verbindungen der zu analysierenden Spezies erzeugt (Fällung), die dann durch Wägung quantifiziert werden (Gravimetrie). Bei der Volumetrie handelt es sich um Verfahren bei denen eine unbekannte Menge einer gelösten Substanz dadurch ermittelt wird, dass man sie von einem Anfangs- in einen Endzustand überführt. Dies geschieht, indem eine geeignete Reagenzlösung zugeführt wird, deren Volumen genau gemessen wird« (**Titration**)«. Der Endpunkt der Reaktion wird durch **Farbumschlag** (pH-Indikatoren, Bildung eines farbigen Komplexes) angezeigt«, oder andere Kennzeichen. Neben solchen quantitativen Methoden existieren auch qualitative Methoden, die nur dem Nachweis bestimmter Spezies dienen. (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Auf nasschemische Methoden außerhalb der chemischen Elementanalyse geht Kap. 14.2 ein.

13.2.2 Vergleich mit anderen Methoden

Nasschemische Methoden stellen i. d. R. nur vergleichsweise geringe Anforderungen an die Laborausstattung. »Die klassischen nasschemischen Methoden sind die Referenzmethoden der analytischen Chemie. Sie sind bis auf wenige Ausnahmen die einzigen Methoden, die ohne Referenzproben auskommen, also nicht auf einer Vergleichsmessung der Probe mit einem Standard bekannter Zusammensetzung beruhen.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

Nasschemische Methoden sind häufig relativ zeitaufwendig, deshalb werden sie insbesondere in der Routineanalytik so weit wie möglich durch schnelle **instrumentelle analytische Methoden** ersetzt. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung der Röntgenfluoreszenzanalytik zur Analyse von Zement. Trotzdem sind auch in den aktuellen Zementnormen die klassischen nasschemischen Methoden weiterhin die Referenzverfahren, auch wenn sie in der Praxis kaum mehr angewandt werden. Ähnlich ist die Situation auch in anderen Prüfbereichen.

Trotzdem gibt es noch zahlreiche Bereiche, in denen gravimetrische und volumetrische Methoden in der bauchemischen Analyse als Standardverfahren tägliche Anwendung finden. Einige sind in den folgenden Anwendungsbeispielen aufgeführt. Einfache chemische Analysenmethoden sind auch die Photometrie und die damit verwandte Nutzung Analytischer Fertigtests, auf die danach eingegangen wird.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13.2.3 Bestimmung des Gehaltes an Zement und Gesteinskörnung in erhärtetem Beton und der Zementart, Auflösung von Zementmörtel der Mörtelgruppe III bei ständiger Wasserdurchströmung

Die Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton oder Mörtel kann erfolgen nach DIN 52170. Solange die Zusammensetzung nicht alleine über eine Bestimmung des Glühbeständigen und des unlöslichen Rückstandes bestimmt werden kann, beruhen die in dieser Norm beschriebenen Verfahren im Wesentlichen auf nasschemischen Verfahren zur Elementanalyse am Festkörper oder am Löslichen. Bestimmt wird mit diesem Verfahren der Zement- und Zuschlaggehalt sowie das **Mischungsverhältnis** Zement : Zuschlag und ggf. die **Kornzusammensetzung** der Gesteinskörnung. Zusätzlich zu der Normprüfung kann über die Zusammensetzung des Löslichen in gewissen Grenzen auch auf die **Bindemittelart** geschlossen werden. Dieses Verfahren ist bekanntermaßen mit großen Unsicherheiten behaftet. Genauere Untersuchungen dazu können entnommen werden aus:

Stephan, D.; Härdtl, R.: Möglichkeiten und Grenzen der Festbetonanalyse, Theorie und Untersuchungsergebnisse, beton, Heft 2, S. 66–73, 2003.

Trotz der Unsicherheiten und des hohen Preises wird das Verfahren nach DIN 52170 bei Streitfällen häufig angewandt. Als ein Beispiel sollen Ergebnisse der Untersuchung eines geschädigten Verlegemörtels für Schwimmbad-Rinnensteine gezeigt werden. Die Analyse nach DIN 52170 ergab, dass der geschädigte Mörtel nach 2-3 Jahren Nutzung, auch in den besten Bereichen, lediglich ein Zement : Sand Verhältnis von 1 : 8,8 nach Raumteilen aufwies. In schlechten Bereichen bestand der Mörtel zu 98 % aus Sand. Die chemische Analyse des Löslichen deutete auf die Verwendung eines hüttensandarmen Hochofenzementes hin. Die Rinnensteine befanden sich beckenseitig der Abdichtungsebene. Das System aus Stein und Mörtel ist deshalb bei jedem Wellenschlag einem Pumpeffekt ausgesetzt, so dass von einer Durchströmung mit Wasser ausgegangen werden muss.

Der Verlegemörtel war ein Mörtel der MG III. Das Wasser hatte keine betonangreifenden Inhaltsstoffe, jedoch eine sehr geringe Wasserhärte. Im Becken war gegenüber dem Zulaufwasser eine Aufkonzentration an Calcium feststellbar. Versuche zeigten außerdem, dass ein typischer Mörtel der Mörtelgruppe III bei guter Verarbeitbarkeit einen Wasserzementwert von etwa 0,7 hat (Grenzen der Verarbeitbarkeit 0,5 bis 1,0). Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse ist es sehr wahrscheinlich, dass der Verlegemörtel im Verlauf mehrerer Jahre durch die ständige Durchströmung mit einem weichen Wasser ausgelaugt worden ist und ein Großteil seines Bindemittelgehaltes verloren hat. Auch ein Zementmörtel der Mörtelgruppe III ist bei Durchströmung mit weichem Wasser keinesfalls dauerhaft beständig.

Eine Weiterentwicklung ist das **Essigsäureverfahren** nach Dorner. Dabei wird der Zementstein durch Essigsäure in Lösung gebracht, was den Vorteil hat, dass carbonatische Zuschläge nicht aufgelöst werden. Das Verfahren wird beschrieben in:

Dorner, H.W.: Zementgehaltsbestimmung an erhärtetem Beton, Tagung Bauchemie der GDCH Fachgruppe Bauchemie, Siegen, 1999.

In der folgenden Arbeit stellen die Autoren fest, dass unhydratisierte Flugasche ebenfalls nicht von Essigsäure aufgelöst wird:

Dorner, H.W.; Festing, H.: Analyse von flugaschehaltigem Beton, Schüttgut, Bd. 4, S. 211–214, 1998.

Das Essigsäureverfahren wurde von Gätje modifiziert. Frau Gätje hat außerdem ein Verfahren zur nachträglichen Ermittlung betontechnologischer Parameter, insbesondere des **Wasserbindemittelwertes**, entwickelt. In ihrer unten angegebenen Dissertation wird auch auf die Literatur zu der gesamten Thematik eingegangen.

Gätje, B.: Nachträgliche Ermittlung betontechnologischer Parameter an Zementsteinen, Mörteln und Betonen unbekannter Zusammensetzung, Dissertation, TU Hamburg-Harburg, GCA-Verlag, Herdecke, 2004, ISBN 3-89863-152-4.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Weitere Hinweise zu dem Thema können entnommen werden aus:

Binder, G.: Bestimmung der Bindemittelgehalte von Altbeton mit Hilfe der chemischen Analytik, beton, Band 54, Heft 4, S. 188–195, 2004.

13.2.4 Referenzverfahren der Zementanalytik, Analyse von Baukalken, Magnesiabinder, Calciumsulfatbaustoffen und löslichen Salzen in Mauerziegeln

Obwohl die Zementanalytik in der Praxis ausschließlich mittels Röntgenfluoreszenzanalyse durchgeführt wird, beruhen die Referenzverfahren der Zementprüfnorm größtenteils auf nasschemischen Methoden. Die Verfahren zur Analyse des **Glühverlustes**, des in Salzsäure und Natriumcarbonat **unlöslichen Rückstandes**, des in Salzsäure und Kaliumhydroxid unlöslichen Rückstandes, des **Sulfats**, des **Sulfids**, des **Mangans**, des **Siliziumdioxids**, des **Eisenoxids**, des **Aluminiumoxids**, des **Calciumoxids**, des **Magnesiumoxids**, der Anteile von **Chlorid**, **Kohlendioxid** und **Alkalien** sind beschrieben in: DIN EN 196-2. Auch ISO 29581-1 beschäftigt sich mit dieser Analyse.

Ähnliches gilt auch für die Analyse von Baukalk nach DIN EN 459-2. Hierin finden sich nasschemische Methoden zur Analyse von Calciumoxid und Magnesiumoxid (Titration mit einem Komplexbildner) und Sulfat (gravimetrisch nach Fällung als Bariumsulfat), nach vorhergehendem Aufschluss des Baustoffs durch Salzsäure. Kohlendioxid wird gravimetrisch durch Adsorption nach Freisetzung durch Phosphorsäure bestimmt. Alternativ kann das CO_2 mit Salzsäure freigesetzt und volumetrisch bestimmt werden. Zur Prüfung des **verfügbaren Kalkes** wird dieser als Calciumsaccharat in Lösung gebracht und durch Titration mit Salzsäure analysiert.

Die Prüfung des SO_3-Gehaltes in Gipsbindern nach DIN EN 13279-2 beruht ebenfalls auf einer gravimetrischen Bestimmung nach Fällung als Bariumsulfat. Auch die Ermittlung des Calciumsulfatgehaltes in Calciumsulfatbaustoffen nach DIN EN 13454-2 beruht auf einer Lösung des Calciumsulfats in Salzsäure, Fällung des Sulfats als Bariumsulfat und gravimetrische Bestimmung.

Bei der Analyse von Magnesiabinder nach DIN EN 14016-2 werden ebenfalls nasschemische Methoden eingesetzt (Sulfat gravimetrisch nach Fällung als Bariumsulfat, Calcium und Magnesium durch Titration mit einem Komplexbildner, salzsäureunlöslicher Rückstand, Al_2O_3+Fe_2O_3). Ähnliche Methoden werden auch bei der Prüfung von Magnesiaestrich nach DIN 272 angewandt. Hier sind auch Verfahren zur Bestimmung des **Chloridgehaltes** und der Bestimmung des Mischungsverhältnisses von Magnesiaestrich angegeben.

Nach DIN EN 772-5 wird die Volumetrie zur Analyse des löslichen Calcium und Magnesium in Mauerziegeln eingesetzt.

13.2.5 Chloridanalytik an Festbeton

Die quantitative Analyse der Chloridkonzentration in Beton beruht auf volumetrischen Methoden. Die Analyse kann nach DIN EN 14629 erfolgen. Entsprechende Verfahren sind auch beschrieben in der Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton, Heft 401 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag, Berlin, 1989. Beide Prüfvorschriften enthalten auch Hinweise für die Probenentnahme. Die Chloridanalytik in Baustoffen ist eine **Spurenelementanalytik**.

Untersucht wird Bohrmehl aus dem Bauwerk, das in ausreichender Menge gewonnen werden muss. In der Regel wird ein Tiefenprofil aufgenommen. Die Entnahme von Bohrkernen führt wegen der notwendigen Probenaufbereitung nur zu höheren Kosten für den Auftraggeber und hat für die Chloridanalytik keinerlei Vorteile. Lediglich in Bereichen, in denen keine Bohrmehlproben gewonnen werden können, wie bei feuchten waagerechten Oberflächen, ist die Entnahme von Bohrkernen notwendig, wobei der nass gebohrte Randbereich des Kerns entfernt und verworfen werden muss.

Das Bohrmehl wird zunächst getrocknet und homogenisiert. Das im Zementstein enthaltene gebundene und freie Chlorid wird dann mit heißer Salpetersäure in Lösung gebracht. Das Lösungsverfahren hat großen Einfluss auf das Ergebnis einer Chloridanalyse. Verfahren mit kalter Säure oder das Herauslösen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

des Chlorids mit Wasser liefern deutlich geringere Chloridgehalte, die nicht mit den Referenzverfahren vergleichbar sind.

DIN EN 14629 beschreibt zwei alternative Analysenverfahren. Bei der oft angewendeten **potentiometrischen Titration** wird die Chloridlösung mit Silbernitratlösung titriert, wobei Silberchlorid ausfällt, solange ausreichend Chlorid in der Lösung vorhanden ist. Der Endpunkt der Titration kann über die Änderung des Potentials der Lösung gemessen werden (Wendepunkt der Titrationskurve – größte Änderung des Potentials pro zugegebener Menge an Silbernitratlösung). Aus dem Verbrauch an Silbernitrat kann die Chloridkonzentration in der Lösung berechnet werden. Weiterhin ist das Verfahren nach **Volhard** beschrieben. Es beruht auf einer Fällung des Chlorids mit Silbernitrat und der Titration des überschüssigen Silbernitrats mit Ammoniumthiocyanatlösung.

Die potentiometrische Titration nach DIN EN 14629 enthält gegenüber Heft 401 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag, Berlin, 1989, eine Reihe von Vereinfachungen, die die Reproduzierbarkeit der Analyse verschlechtern können. Bei dem Verfahren nach Volhard ist die Erkennbarkeit des Endpunktes schwierig. Die Verwendung der DIN EN 14629 ist deshalb gegenüber der potentiometrischen Titration nach Heft 401 der Schriftenreihe des DAfStb durchaus kritisch zu sehen. Zu beachten ist außerdem, dass bei der nasschemischen Chloridanalyse in der Regel auch die anderen Halogenidionen mit erfasst werden.

Aus der Lösungskonzentration kann die Konzentration im Beton berechnet werden. Zur Beurteilung wird jedoch der Chloridgehalt, bezogen auf den Zement, benötigt. Um diesen exakt zu berechnen, wird der Zementgehalt im Beton benötigt. Wenn dieser nicht bekannt ist, wird über eine Abschätzung üblicher Zementgehalte auf den Chloridgehalt, bezogen auf den Zement, umgerechnet. DIN EN 14629 nennt dazu einen üblichen Zementgehalt von 14 M.-% im Beton.

Die Beurteilung erfolgt meist anhand der Grenzkonzentration von 0,5 M.-% in Stahlbeton und 0,2 M.-% in Spannbeton, bezogen auf die Zementmasse, nach der DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie), Teil 1, Kap. 6.5.2. oder auf der Basis des sogenannten **Richartz-Kriteriums** (0,4 M.-% Chlorid, bezogen auf das Zementgewicht bei Stahlbeton) nach Richartz, W.: Die Bindung von Chlorid bei der Zementerhärtung, Zement – Kalk – Gips, Bd. 58, S. 447–456, 1969. Bei größeren Chloridkonzentrationen besteht die Gefahr einer Chloridkorrosion der Bewehrung. Eine genauere Beurteilung erfordert u. a. die Einbeziehung der Feuchte des Betons und seines elektrischen Widerstandes. Eine intensive Diskussion der Prüfverfahren und des kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehaltes findet sich in:

Breit, W.: Untersuchungen zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt für Stahl in Beton, Dissertation, RWTH Aachen, 1997. Auch als Band 8 der Aachener Beiträge zur Bauforschung, ISBN 3-86073-136-X.

Eindringtiefen von Chloridionen in Festbeton können auf Bruchflächen ggf. durch Besprühen mit Silbernitratlösung und Kaliumdichromatlösung (Verfahren von Locher und Sprung) oder Fluorescinlösung und Silbernitratlösung (Verfahren nach Collepardi) sowie durch Besprühen mit Silbernitratlösung und anschließender UV-Bestrahlung (Verfahren nach Schöppel) sichtbar gemacht werden. Diese Verfahren sind je nach Eigenfarbe des Betons teilweise schwierig durchzuführen, liefern keine quantitativen Chloridkonzentrationen im Beton und die zur Farbgrenze zugehörige Chloridkonzentration kann in weiten Grenzen schwanken. In der Bauschadensanalytik haben diese Methoden daher kaum Bedeutung. Weitere Informationen können z. B. entnommen werden aus:

Merkblatt Chlorideindringwiderstand von Beton der Bundesanstalt für Wasserbau, 2004.

Schöppel, K., Dorner, H.; Letsch, R.: Nachweis freier Chlorionen auf Betonoberflächen mit dem UV-Verfahren, Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1988, 11, S. 80–85.

Meck, E.; Sirivivatnanon, V.: Field indicator of chloride penetration depth, Cement and Concrete Research, Bd. 33, S. 1113–1117, 2003.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

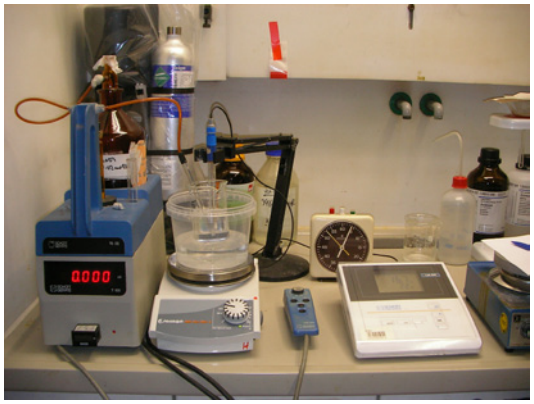


Abb. 133 Chloridanalytik an Festbeton mittels potentiometrischer Titration. Links eine automatische Bürette mit Silbernitratlösung, rechts ein mV-Messgerät für die Potentialmessung. Die Messlösung wird gerührt und gekühlt.

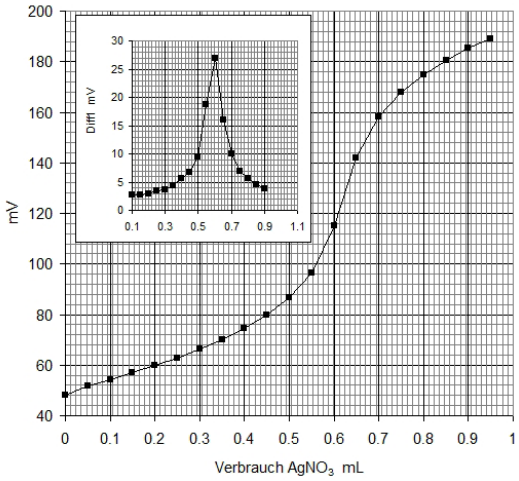


Abb. 134 Titrationskurve einer potentiometrischen Titration. Kleines Bild: Bildung der Ableitung zur besseren Festlegung des Endpunktes. Graphik: F. Tralow.

13.2.6 Chloridanalytik an Frischbeton, Zement, Gesteinskörnung und Zusatzmitteln

Die Bestimmung des wasserlöslichen Chlorids in Frischmörtel nach DIN EN 1015-17 und die Prüfung des Chloridgehaltes im Zement nach DIN EN 196-2 beruht ebenfalls auf einem Titrationsverfahren. DIN EN 1015-17 sieht eine Extraktion des Chlorids aus dem Frischmörtel mit Wasser vor. Bei der Prüfung von Zement nach DIN EN 196-2 wird der Zement mit Salpetersäure in Lösung gebracht. Anschließend folgt die Fällung von Chlorid mit Silbernitrat und die Titration des überschüssigen Silbernitrats mit Ammoniumthiocyanatlösung.

Zur Prüfung des Chloridgehaltes von Gesteinskörnung nach DIN EN 1744-1 wird ein wässriges Eluat der Gesteinskörnung hergestellt und analysiert. Bei der Prüfung von Gesteinskörnung nach DIN EN 1744-5 wird das Chlorid mittels kochender Salpetersäure in Lösung gebracht. Dadurch werden auch gebundene Chloridanteile gelöst, z. B. in Recyclingzuschlag. Die Analyse erfolgt mittels volumetrischer Methodik unter Nutzung der Chloridfällung mit Silbernitrat. Beim Referenzverfahren nach **Volhard** wird ein Farbindikator für die Titration verwendet. DIN EN 1744-1 nennt außerdem noch Alternativverfahren. Diese nutzen eine **potentimetrische Titration** oder ebenfalls eine Titration mit Farbumschlag.

Die Prüfung des wasserlöslichen Chloridgehaltes von Zusatzmitteln ist in DIN EN 480-10 geregelt. Sie beruht auf einer potentiometrischen Titration mit Silbernitratlösung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13.2.7 Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanzementen

Die Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanzementen nach DIN EN 196-5 beruht auf einer nasschemischen Analyse der Calciumionenkonzentration und der Hydroxidionen in einer Suspension des Zementes im Gleichgewicht. Geprüft wird, ob eine Calcium-Sättigung erreicht wird oder nicht. Die puzzolanische Aktivität verbraucht Calcium und führt so zu einer Untersättigung.

13.2.8 Analyse des wasserlöslichen Sulfats, des säurelöslichen Sulfats, des säurelöslichen Sulfids und des Gesamtschwefels in Gesteinskörnung

Zur Analyse des wasserlöslichen Sulfats in Gesteinskörnung wird die Gesteinskörnung mit Wasser eluiert und der Sulfatgehalt in der Lösung durch Fällung von Bariumsulfat mit Bariumchloridlösung gravimetrisch bestimmt. Der säurelösliche Sulfatgehalt wird mit verdünnter Salzsäure aus der Gesteinskörnung eluiert und durch Fällung als Bariumsulfat gravimetrisch bestimmt. Der säurelösliche Sulfidgehalt wird bestimmt, indem die Sulfide durch Behandlung mit Salzsäure unter reduzierenden Bedingungen in Schwefelwasserstoff umgesetzt werden. Der Schwefel wird in Form von Zinksulfid gefällt, das iodometrisch analysiert wird. Zur Bestimmung des Gesamtschwefelgehaltes in der Gesteinskörnung wird dieser durch Behandlung mit Wasserstoffperoxid und Salzsäure in Sulfat überführt und nach Fällung als Bariumsulfat gravimetrisch bestimmt. Alternativ kann der Gesamtschwefelgehalt mit Elementaranalyse bestimmt werden (siehe Kap. 13.9). Diese Analysen sind beschrieben in DIN EN 1744-1.

13.2.9 Prüfung von Wasser- und Bodenproben auf betonangreifende Stoffe

Die Prüfung von Wasser- und Bodenproben auf betongreifende Stoffe nach den Referenzverfahren der DIN 4030-2 beruht in der Regel auf nasschemischen Methoden (zu Schnellprüfverfahren für Wässer siehe Kap. 13.4). Voraussetzung für die Analysen ist eine darauf abgestimmte Probennahme (siehe Kap. 9.3.5).

Zu den Prüfungen für Wässer gehören: **Geruch** im frischen Zustand und nach Ansäuern mit Phosphorsäure (H_2S-Entwicklung als Nachweis für das Vorhandensein von Sulfiden), Bestimmung von pH-Wert, **Kaliumpermanganatverbrauch** (Titration), **Härte** (Titration mit EDTE-Lösung), **Hydrogencarbonathärte**, **Magnesium-** (Titration), **Ammonium-**, **Sulfat-** (gravimetrisch durch Fällung als Bariumsulfat) und **Chloridgehalt** (Titration), die Bestimmung der Menge an **kalklösender Kohlensäure** (**Marmorversuch nach Heyer**, Probe mit Marmormehl erforderlich, Lösen von Marmormehl durch die kalklösende Kohlensäure, Titration der überstehenden Lösung mit Salzsäure, siehe Kap. 14.2.20) sowie eine Analyse auf **Sulfid** (Probe mit Zinkacetat erforderlich).

Zu den Prüfungen für Böden gehören die Bestimmung des **Säuregrades nach Baumann-Gully** (volumetrisch, die organischen Säuren werden durch Zugabe von Natriumacetatlösung als Essigsäure in Lösung gebracht und durch Säure-Base Titration mit Natronlauge quantifiziert), die Bestimmung des Sulfats (gravimetrisch durch Lösen mit Salzsäure und Fällung als Bariumsulfat), die Bestimmung des Sulfids und eine Analyse auf wasserlösliches Chlorid (Titration).

13.3 Photometrie

13.3.1 Allgemeines

»Photometrische Analysemethoden nutzen die Absorption von sichtbarem Licht bestimmter Wellenlänge durch eine Probe im Vergleich mit einer Blindprobe. Der absorbierende, farbige Stoff wird durch eine Reaktion der zu analysierenden Spezies hergestellt« (**Farbreaktion**). »Die Absorption ist eine Funktion der Konzentration der zu analysierenden Spezies. Analysiert werden können nur Lösungen und immer nur im Hinblick auf einen einzelnen Inhaltsstoff.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Entsprechende Analysen sind auch mit preisgünstigen Kleingeräten möglich. Diese sind z. T. für den Vor-Ort-Einsatz konzipiert (s. a. Analytische Fertigtests, Kap. 13.4). Steht ein UV/VIS-Spektrometer zur Verfügung kann dieses auch für photometrische Analysen verwendet werden. Photometrische Analysen außerhalb der chemischen Elementanalyse

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

werden in Kap. 14.2 behandelt. Die photometrische Analyse von gelöstem Sulfid ist Gegenstand der ISO 10530, die Analyse von Nitrat ist Gegenstand der DIN 38405-9, die Analyse von Ammonium ist Gegenstand der ISO 7150 und die Analyse von Cyaniden ist Gegenstand der DIN 38405-13.



Abb. 135 Photometer. Oben rechts ist die Küvette mit der zu analysierenden Lösung eingesteckt.

13.3.2 Photometrische Bestimmung des Borgehaltes in wässrigen Lösungen und Nachweis von kupfer- und chromhaltigen Holzschutzmitteln in verbautem Holz

Mittels Photometrie kann z. B. der Borgehalt in einer wässrigen Lösung analysiert werden. Bor ist Bestandteil einiger Holzschutzmittel. Informationen zur photometrischen Boranalyse wässriger Lösungen können aus DIN 38405-17 entnommen werden.

Der Gehalt von kupfer- und chromhaltigen Holzschutzmitteln in Holz kann nach DIN 52161-7 mittels Photometrie erfolgen, nach vorhergehendem Säureaufschluss des Holzes.

13.3.3 Photometrische Fluorid-Bestimmung

DIN EN 13468 beschreibt ein Verfahren zur photometrischen Analyse der Fluoridkonzentration in einer Auslauglösung, die durch Eluation von Wärmedämmstoffen gewonnen wird. Das Verfahren nutzt die Reaktion von Fluoridionen mit einem Farbstoff (Zirkonium-SPADNS), dessen Absorption gemessen wird. Die in dieser Prüfnorm angegebenen Analyseverfahren stehen in Zusammenhang mit Spezies, die bei austenitischem Stahl eine Spannungsrisskorrosion auslösen können.

13.3.4 Photometrische Ermittlung der Konzentration gelöster Kieselsäure und Phosphat in wässrigen Lösungen

Mittels Photometrie kann die Konzentration gelöster Kieselsäure in wässrigen Lösungen analysiert werden, in dem man sie mit Molybdat-Ionen in einen farbigen Komplex überführt, dessen Extinktion zur photometrischen Analyse genutzt wird. Näheres kann entnommen werden aus DIN 38405-21. Weitere Informationen zur Analyse gelöster Kieselsäure können auch aus DIN EN ISO 16264 entnommen werden. Zur Bestimmung der Art der Silikationen mit der **Molybdatmethode** wird auf Kap. 14.2.19 verwiesen. Ein ähnliches Verfahren wird nach DIN EN ISO 6878 auch zur Bestimmung von gelöstem Phosphat angewandt.

13.4 Analytische Fertigtests

»Für die am häufigsten zu bestimmenden Parameter in der Analytik existieren analytische Fertigtests. Diese sind im Vergleich mit Labormethoden häufig weniger genau und erlauben z. T. nur die Festlegung von Konzentrationsbereichen (halbquantitative Analysen).« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Sie sind für viele Fälle jedoch ausreichend. Schnelltests beruhen häufig auf der Bildung **farbiger Verbindungen**, wobei

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

die Farbe und die Intensität der Färbung ausgewertet werden. Es bestehen deshalb häufig Verbindungen zu klassischen photometrischen Verfahren.



Abb. 136 Schnelltest auf Nitrat in Lösung. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Lieferanten von Schnelltests sind: z. B. Drägerwerk AG Lübeck, E. Merck AG Darmstadt. Die Fa. Merck bietet eine Zusammenstellung von Schnelltests als einen Baustoff-Prüfkoffer an.

Die Prüfung von Wässern auf betonangreifende Stoffe mittels Schnellverfahren nach DIN 4030-2 erfolgt größtenteils mittels analytischer Fertigtests, z. B. einem Aquamerck Kompaktlabor für die Bauindustrie.

Zu den Prüfungen für Wässer gehören: **Geruch** im frischen Zustand und nach Ansäuern mit Phosphorsäure (**H_2S**-Entwicklung als Nachweis für das Vorhandensein von Sulfiden), pH-Wert, **Härte, Hydrogencarbonathärte, Magnesium-, Ammonium-, Sulfat- und Chloridgehalt** sowie eine Prüfung auf **kalklösende Kohlensäure**.

Voraussetzung für die Analysen ist eine darauf abgestimmte Probennahme (s. Kap. 9.3.5). Werden im Schnellprüfverfahren definierte Kriterien überschritten sind weitergehende Untersuchungen erforderlich. Dabei handelt es sich in der Regel um nasschemische Analyseverfahren (s. Kap. 13.2). Solche Verfahren werden auch zur Prüfung von Böden eingesetzt.

13.5 Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA, XRF)

13.5.1 Allgemeines

Teile des Kap. 13.5 entstammen dem Artikel: Schmidt-Döhl, F.: Anwendung der chemischen Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenz bei Bauschadensuntersuchungen, Ernst & Sohn Special 1/2009 Messtechnik im Bauwesen, S. 38–42. Wörtliche Zitate sind entsprechend gekennzeichnet.

Die Probe wird mit der Strahlung einer Röntgenröhre beschossen und dadurch Elektronenübergänge im kernnahen Bereich ausgelöst. Die Elemente in der Probe werden dadurch zur Aussendung einer Röntgenfluoreszenzstrahlung angeregt, die immer energieärmer ist als die zur Anregung verwendete Primärstrahlung der Röhre. Die Fluoreszenzstrahlung hat im Gegensatz zum Spektrum der Röntgenröhre keine kontinuierliche Energieverteilung (Bremsstrahlung), sondern diskrete Maxima (Peaks), bei definierten Energien, die charakteristisch sind für das angeregte chemische Element.

Die Energien der entstehenden Fluoreszenzstrahlung werden zur Identifizierung der in der Probe vorhandenen chemischen Elemente verwendet, wobei systembedingt auch sogenannte Pile-Up- (bei der doppelten Energie großer Peaks oder der Summenenergie großer Peaks), Escape- (bei der Energie großer Peaks minus 1,74 keV im Falle eines Si-Detektors) und Diffraction-Peaks (vor allem bei Metallen) entstehen können, die nicht mit Elementpeaks verwechselt werden dürfen. Außerdem müssen Überlagerungen von K-, L- und M-Peaks verschiedener Elemente überprüft werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Intensitäten der Peaks werden dagegen für die quantitative Elementanalyse verwendet. Durch eine entsprechende Wahl von Röhrenspannung und -strom, Messzeit, Filter, Prozesszeit des Detektors oder Sekundärtargets werden für die jeweiligen Elemente optimale Messbedingungen erreicht.

Beim Betrieb einer Röntgenfluoreszenzanlage ist der **Strahlenschutz** zu beachten (Röntgenschutzverordnung). Für den Betrieb einer Röntgenanlage wird ein/e **Strahlenschutzbeauftragte/r** benötigt. Ausnahmen sind möglich für bauartzugelassene Vollschutzgeräte. Auskunft darüber können nur die Gerätehersteller geben. Weiterführende Informationen zum Thema Röntgenfluoreszenzanalyse findet man in:

Lifshin, Eric (ed.): X-ray characterization of materials, Wiley-VCH, Weinheim 1999.

Hahn-Weinheimer, P.; Hirner, A.; Weber-Diefenbach, K.: Röntgenfluoreszenzanalytische Methoden, Springer, Berlin, 1995.

Beckhoff, B.; Kanngießer, B.; Langhoff, N.; Wedell, R.; Wolf, H. (Hrsg.): Handbook of practical X-ray fluorescence, Springer, Berlin, 2006.

Unterlagen zum Workshop »Anwendung der Mikro-Röntgenfluoreszenz zur Baustoffuntersuchung«, 16.3.2010, TU Hamburg-Harburg. Erhältlich vom Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg.

Außerdem beschäftigen sich DIN 51001, DIN 51418, DIN 51729-10, ISO 29581-2 (Zementanalyse), DIN EN 10315 (Analyse von hochlegiertem Stahl mit WDXRF) und DIN EN 15309 (sehr hilfreich) mit entsprechenden Methoden.

13.5.2 Wichtigste Gerätevarianten

In **wellenlängendispersiven Geräten (WDRFA)** erfolgt die Ermittlung der spektralen Verteilung der Fluoreszenzstrahlung durch Beugung an einem vor dem Detektor liegenden Analysatorkristall. Es stehen dabei verschiedene Analysatorkristalle und Kollimatoren zur Verfügung. Entsprechende Systeme sind mechanisch aufwendig, groß und teuer und es müssen leistungsstarke Röhren eingesetzt werden. In den gebräuchlichen Sequenzspektrometern können die einzelnen Elemente immer nur nacheinander analysiert werden. Simultanspektrometer enthalten mehrere Spektrometersysteme.

In **energiedispersiven Geräten (EDRFA)** wird ein Halbleiterdetektor mit hoher Energieauflösung dazu verwendet die Strahlungsquanten in energieproportionale Spannungsimpulse umzuwandeln. In solchen Systemen eingesetzte Detektoren müssen entweder elektrisch oder mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden. Entsprechende Systeme sind vergleichsweise klein, kommen mit Röhren geringerer Leistung aus und sind deutlich billiger als WDRFA-Systeme.

Bei leichten Elementen ist die Auflösung von WDRFA-Geräten besser als die von EDRFA-Geräten. Dadurch können eng nebeneinander liegende Peaks besser getrennt werden. Außerdem kann die Impulsrate für jedes Element einzeln maximiert werden. WDRFA-Geräte erreichen deshalb bei den nur schlecht anregbaren sehr leichten Elementen bessere Nachweisgrenzen (ab Bor).

In EDRFA-Geräten werden die bei der gewählten Röhrenspannung analysierbaren Elemente immer simultan aufgenommen. EDRFA-Geräte haben deshalb den Vorteil, dass mit ihnen sehr schnell Analysen angefertigt werden können. Mit 3 oder 4 verschiedenen Messbedingungen können i. d. R. alle Elemente ab Natrium innerhalb weniger Minuten optimal analysiert werden. Sie sind auch unempfindlicher gegenüber Streuungen der geometrischen Randbedingungen.

Eine Reihe von energiedispersiven Geräten ermöglicht auch eine ortsauflösende Analyse. Voraussetzungen für eine ortsauflösende Analyse sind:

- Der Messfleck von RFA-Geräten beträgt im Normalfall mehrere Quadratzentimeter. Zur ortsauflösenden Analyse kann er aber bei einigen Geräten durch Blenden auf einen Durchmesser von unter einem Millimeter eingeengt werden. Ein noch kleinerer Messfleck wird durch den Einsatz von Kapillaroptiken erreicht (minimal 10 Mikrometer, Mikro-RFA).
- Proben-Verschiebeeinheit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- Großer Probenraum
- Senkrechter Einfall des Primärstrahls auf die Probe
- Videokamera zur Positionierung
- Schwingungsarmer Standort

Eine Einengung des Messflecks bei normalen RFA-Geräten mit Blenden, ohne senkrechten Einfall des Primärstrahls und ohne Videokamera, erlaubt keine genaue Positionierung des Strahls und ist nur ein Behelf. Blendengeräte zur ortsauflösenden Analyse sind in der Regel nur für die Analyse schwerer Elemente geeignet und für mineralische Baustoffe untauglich. Für die ortsauflösende Analytik von Baustoffen, einschließlich mineralischer Baustoffe, sind RFA-Geräte mit Kapillaroptik und einem großen Scanbereich am besten geeignet.

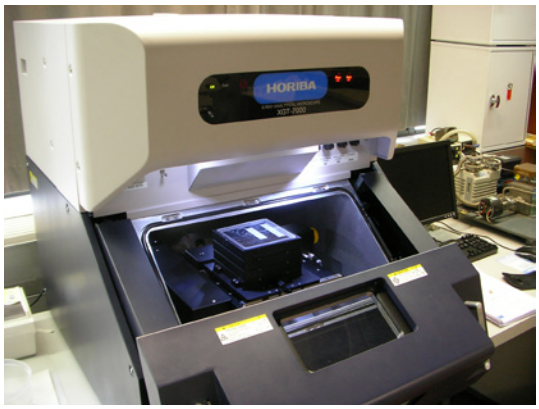


Abb. 137 Energiedispersive RFA mit Kapillaroptik. Die Probenkammer ist geöffnet, der x,y,z-Tisch ist sichtbar. Röhre, Detektor und Kamera befinden sich im oberen Teil des Gerätes.

13.5.3 Analysierbare Proben, Probenvorbereitung und mögliche Zerstörung der Probe

Zwar wird die RFA in der Routineanalytik hauptsächlich für die Analyse von Festkörpern und Pulvern eingesetzt, es können jedoch auch Pasten, Flüssigkeiten und Gase analysiert werden. Die Festkörperanalyse kann erfolgen in Form von:

- Blöcken (siehe Abb. 2)
- Schmelztabletten
- Pulver-Presslingen (Korngrößenverteilung, Pressdruck, Presszeit)
- Pulverschüttungen (in Küvetten)

Mit einem Einzelprobenträger können im Prinzip beliebige Festkörper direkt analysiert werden, solange sie in den Probenraum hineinpassen (z. B. Ziegel mit Ausblühungen, Metallteile, Holz usw.). Nichtbiologische Proben werden durch die Analyse in der Regel nicht zerstört, auch wenn manchmal Farbveränderungen auftreten können.

Pulver, Pasten, Flüssigkeiten und Gase können in RFA-Küvetten analysiert werden, die durch für Röntgenstrahlung durchlässige Folien verschlossen werden. Der Nachweis von Spurenelementen in Lösungen kann dabei durch Vorkonzentration oder Verdunsten des Lösungsmittels erleichtert werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 138 Zubehör zur RFA-Analyse von Pulvern, Flüssigkeiten, Pasten und Gasen. Unten rechts normalgroße Küvette, unten links Küvette für kleine Probenmengen. Oben rechts röntgendurchlässige Folie zum Verschluss der Küvette. Oben links mikroporöse Folie zum Verschluss der Küvette bei Messungen im Vakuum. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Für Elemente mit Ordnungszahlen unter 19 muss der Strahlweg möglichst weitgehend evakuiert werden, da die Absorption von Luft bei den entsprechenden Energien der Strahlung zu hoch ist. Zur Analyse im Vakuum werden RFA-Küvetten mit Pulverproben dazu auf der röhrenabgewandten Seite mit einer mikroporösen Folie verschlossen, so dass die Luft entweichen kann. Viele Geräte bieten für Proben, die nicht evakuiert werden können (Flüssigkeiten und Proben mit hohem Wassergehalt) alternativ die Möglichkeit der Heliumfüllung des Probenraums. Zum Teil ist es jedoch auch möglich, nur den Detektorraum zu evakuieren, so dass bei einem energiedispersiven Gerät in Luft nur ein Strahlweg von wenigen Millimetern bleibt. Die Umgebung der Probe wird dabei gegenüber der Laboratmosphäre überhaupt nicht verändert.

Für hochgenaue quantitative Analysen von Pulverproben, insbesondere mit WDXRF, werden in der Regel Presstabletten unter Verwendung eines Bindemittels oder Schmelztabletten unter Verwendung eines Flussmittels hergestellt. Diese bieten eine ebene und glatte zu analysierende Fläche, was insbesondere bei WDRFA-Geräten wichtig ist. Sie haben außerdem eine definierte Dichte, was bei einer quantitativen Analyse mit empirischen Methoden von großer Bedeutung ist.

Insgesamt ist der Aufwand für die Probenvorbereitung bei der RFA vergleichsweise gering. Insbesondere ist es bei der Analytik von Festkörpern nicht notwendig, die Probe über einen Aufschluss in Lösung zu bringen.

13.5.4 Quantitative Analyse

Der analysierbare Konzentrationsbereich reicht bei der RFA von 100 % bis in den Spurenelementbereich. Die Nachweisgrenzen für gute energiedispersive Geräte bei der Festkörperanalyse liegen bei ca. 0,X % für Natrium, 0,0X % für Silizium und zwischen 5 und 100 ppm für die schwereren Elemente, mit Sekundärtargets auch sub-ppm (**ppm** – parts per million). Damit liegt die Nachweisgrenze für Natrium bei der Analyse mineralischer Baustoffe in einem kritischen Bereich. Wegen der Bedeutung von Natrium für den Zement sind z. B. in der Zementindustrie für die Prozesssteuerung wellenlängendispersive Geräte im Einsatz, deren Nachweisgrenzen bei den leichten Elementen besser sind. Alle schwereren Elemente als Natrium und Magnesium stellen jedoch auch für energiedispersive Geräte in der Regel kein Problem dar.

Bei allen Gerätetypen ist der Zusammenhang zwischen Fluoreszenzintensität und Konzentration eines Elements nicht linear und wird von den übrigen Elementen in der Probe in starkem Maße beeinflusst (Matrixeffekte). Das bedeutet, dass bei der RFA die Intensitäten eines Elementes auch bei gleicher Konzentration sehr stark von der umgebenden Matrix abhängen.

Für die quantitative Analyse werden hauptsächlich die sogenannten empirischen Methoden und die Fundamentalparametermethoden angewandt, die beide sowohl bei wellenlängen- als auch bei energiedispersiven Systemen eingesetzt werden können.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bei den **empirischen Methoden** wird über die Vermessung einer Reihe von Standards bekannter Zusammensetzung eine Eichkurve erstellt. Sie werden in der Regel für die Routineanalyse in der industriellen Praxis eingesetzt. Die empirischen Methoden sind gekennzeichnet durch folgende Punkte:

- Es besteht die Notwendigkeit vieler Standards, die der Probe sehr ähnlich sind und sie in ihrer Zusammensetzung einklammern.
- Für jede Probenart muss eine große Anzahl von Standards vorgehalten werden.
- Es besteht die Möglichkeit nur einzelne Elemente in einer Probe zu analysieren. Eine Berücksichtigung der Matrixeffekte ist aber nur möglich, wenn man nahezu alle Elemente in der Probe analysiert.
- Empirische Methoden erreichen die kleinste Messunsicherheit. Sie sind daher bei der Prozesssteuerung im industriellen Bereich der Regelfall.
- Es werden absolute Fluoreszenzintensitäten einzelner Elemente ausgewertet. Deshalb hat die Präparation von Standards und Proben entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse. Die quantitative Analyse mittels empirischer Methoden erfordert eine definierte Oberflächengestalt und Probendichte, die in Probe und Standards möglichst genau gleich sein muss, da absolute Intensitäten miteinander verglichen werden.
- Können keine Festkörper mit ebener Oberfläche direkt analysiert werden (wie z. B. bei Metallen möglich), werden häufig Schmelztabletten hergestellt, da diese gut mit definierter Dichte und Oberfläche produziert werden können und durch eine Verdünnung die Matrixeffekte reduziert werden können. Auch Presslinge sind verbreitet, die mit definierter Korngröße, Pressdruck und Presszeit hergestellt werden.

Für Baustoffuntersuchungen mit immer wieder anderen Fragestellungen und Probenmaterialien, vor allem im Bereich der Bauschadensanalytik, sind quantitative Analysen mittels **Fundamentalparametermethode (FP)** gut geeignet. »FP-Analysen nutzen die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Entstehung der Fluoreszenzstrahlung für eine theoretische Berechnung des Spektrums und dessen Anpassung an das gemessene Spektrum. Die Anwendung der Fundamentalparametermethode ist gekennzeichnet durch folgende Punkte:

- FP-Analysen sind i. d. R. auf 100 % normiert, d. h. jedes Element das in der Probe vorhanden ist, aber nicht analysiert wird, erzeugt einen Fehler.« Vor einer FP-Analyse muss deshalb eine qualitative Analyse durchgeführt werden und es müssen möglichst alle Elemente berücksichtigt werden.
- Häufig ist es möglich, eine Differenzkomponente einzugeben, die nicht analysierbar ist, deren Konzentration aber von der Software berechnet wird (z. B. H_2O bei einer wässrigen Lösung oder Polyethylen bei der Analyse von Schwermetallen in PE).
- Häufig können fixe Konzentrationen, die mit einer anderen Methode ermittelt worden sind, vorgegeben werden (z. B. der Glühverlust als H_2O).
- »Ausgewertet werden die Intensitätsverhältnisse der einzelnen Röntgenfluoreszenzpeaks. Abgesehen von Analysen mit einer Differenzkomponente spielen die absoluten Intensitäten und die Präparation von Probe und Standard bei FP-Analysen deshalb keine so große Rolle, wie bei der Anwendung emprischer Methoden.« Die quantitative Analyse mittels Fundamentalparametermethode und 100 % Normierung erfordert keine definierte Probendichte und Oberflächengestalt. Es können Pulverschüttungen und unebene Oberflächen analysiert werden. »Baustoffproben (Festkörper oder Pulver) können deshalb häufig ohne jegliche Präparation direkt analysiert werden.« Die Analyse wird jedoch umso genauer, je ähnlicher sich Probe und Standard sind (chemisch, Oberflächengestalt und Dichte). Die Analyse wird durch ebene Oberflächen erleichtert.
- Die sogenannte standardfreie FP-Analytik gibt nur bei Metallen akzeptable Ergebnisse. »Standardfreie Analysen bei Baustoffen mit vorwiegend leichten Elementen (z. B. mineralische Baustoffe) können mit sehr großen Fehlern behaftet sein.«

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- Die Ergebnisse von FP-Analysen können durch den Einsatz von Standards deutlich verbessert werden, was bei mineralischen Baustoffen unumgänglich ist. Je ähnlicher der Standard der Probe ist, umso größer der Verbesserungseffekt.
- »Im Gegensatz zu den empirischen Methoden reicht für FP-Analysen ein begrenzter Satz von wenigen Standards für viele verschiedene Fragestellungen aus.«

Neben den empirischen Methoden und der Fundamentalparametermethode kommen bei der RFA-Analytik im Einzelfall auch andere Methoden zum Einsatz, z. B. Additionsverfahren nach DIN 51418-2. Beispielsweise lässt sich die Wirkstoffkonzentration von schwermetallhaltigen **Holzschutzmitteln** über **Standard-Addition** gut bestimmen. Die Arbeitsschritte sind:

- Entnahme einer Probe
- Verdünnung der Lösung, wenn dies zum Lösen von Feststoffanteilen und zur Vermeidung von Ausfällungen notwendig ist
- Herstellung von Teilproben
- Versetzen einer Teilprobe mit einer Verbindung des Schwermetalls (Additionsmittel), so dass sich die erwartete Konzentration um ca. 25 % erhöht
- Messung der Intensität des Schwermetallpeaks in den Teilproben mit und ohne Additionsmittel

Das Additionsmittel darf neben dem Schwermetall nur ausschließlich leichte Elemente enthalten, um eine Veränderung der Matrixeffekte des Schwermetalls auszuschließen. Die Auswertung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\frac{\frac{100 \cdot m_3}{m_1 + m_2} \cdot I_0}{I_1 - I_0} = c$$

Gl. 21

wobei:

m_1	Gewicht des Holzschutzmittels in der mit Addition versehenen Teilprobe
m_2	Gewicht der zugegebenen Menge der Schwermetallverbindung
m_3	Gewicht der zugegebenen Menge an Schwermetall
I_0	mittlere Intensität des Schwermetallpeaks in der Teilprobe ohne Addition
I_1	mittlere Intensität des Schwermetallpeaks in der Teilprobe mit Addition
c	Konzentration des Schwermetalls in der Holzschutzmittelprobe in Gew.-%

In ähnlicher Weise lassen sich andere Elementkonzentrationen in ansonsten nur schwer analysierbaren Lösungen untersuchen.

13.5.5 Vergleich mit dem Rasterelektronenmikroskop und der Elektronenstrahl-Mikrosonde

Bei der Anregung von Röntgenstrahlung durch Elektronenbeschuss entsteht zusätzlich zur charakteristischen Strahlung ein Bremsspektrum, so dass das Peak/Untergrund Verhältnis grundsätzlich schlechter ist als bei der Röntgenfluoreszenzanalyse.

Die übliche Arbeitsweise am **Rasterelektronenmikroskop mit energiedispersivem Detektor** (REM/EDX) ohne polierte Probenoberflächen und ohne Standards ist nur »halbquantitativ« und ergibt relativ schlechte Nachweisgrenzen. Dagegen arbeitet eine **Elektronenstrahl-Mikrosonde** mit einem wellenlängendispersivem Nachweissystem mit deutlich geringeren Nachweisgrenzen. Da an der Mikrosonde zusätzlich mit polierten Probenoberflächen und Standards gearbeitet wird, kann man damit eine ortsabhängige und quantitative Haupt- und Spurenelementanalyse machen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Im Gegensatz dazu wird bei der Analyse mittels µ-RFA keine polierte Feststoffoberfläche und auch nicht in jedem Fall ein Probenvakuum benötigt. Auch gehen die Probekörperabmessungen bis in den Dezimeterbereich, die Nachweisgrenzen liegen bei der µ-RFA niedriger und das Gerät erfordert wesentlich geringere Investitionen. Die Elektronenstrahl-Mikrosonde bietet dagegen den Vorteil einer minimalen Größe des Messflecks von 1 Mikrometer und der elektronenmikroskopischen Abbildungsmöglichkeiten.

13.5.6 Ermittlung der Konzentration einer Komponente in einem mehrkomponentigen Baustoff

Kommt ein Element nahezu ausschließlich in nur einer Komponente eines Baustoffs vor, kann dieses Element über die Erstellung einer Kalibrierkurve zur Quantifizierung der Komponente herangezogen werden. Ähnlich kann man auch vorgehen, wenn ein Hauptelement in der interessierenden Komponente eines mehrkomponentigen Baustoffs gerade nicht vorkommt. Auch in diesem Fall kann man die Konzentration der Komponente durch Elementanalyse des Baustoffs und Erstellung einer Kalibrierkurve ermitteln. Dieses Verfahren macht sich beispielsweise DIN 1164-31 bei der Ermittlung des **Hüttensandgehaltes** und des **Traßanteils** in Zement zu Nutze.

13.5.7 Beispiel für eine Identitätsprüfung eines Mörtels und Überprüfung der ordnungsgemäßen Herstellung

In dem Beispiel war zunächst zu untersuchen, ob ein geschädigter Fugenmörtel aus einem Produkt A oder B hergestellt worden ist (Identitätspüfung). »Bei dem Produkt A handelt es sich um einen zementfreien Mörtel auf Wasserglasbasis **(Polymersilikatmörtel)**. Produkt B ist ein Produkt auf Basis von Wasserglas und Portlandzement. Nach Herstellung von Laborproben der Produkte A und B konnte ein Vergleich mit dem geschädigten Fugenmörtel X erfolgen.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de)

Mit Hilfe verschiedener Methoden (Mikroskopie, Röntgenpulverdiffraktometrie) und auch einer Haupt- und Spurenlementanalyse mit RFA konnte Produkt A anhand der Kornverteilungen, Minerale und Zusatzstoffe ausgeschlossen werden. Dagegen konnten keine Widersprüche zu der These festgestellt werden, dass es sich tatsächlich um das Produkt B handelt. Röntgenfluoreszenzspektren der Probe X und des Produkts B zeigten eine hervorragende Übereinstimmung bis hin zu den **Spurenelementen**. Eine Identität von Probe X mit Produkt A konnte daher ausgeschlossen werden. Widersprüche zu der These, dass es sich um das Produkt B handelt konnten in dieser Identitätsprüfung nicht festgestellt werden.

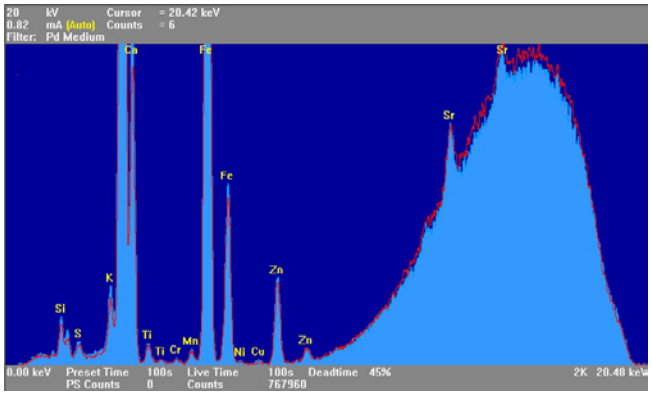


Abb. 139 EDX-Spektrum des Fugenmörtels X (blaue Fläche) und des Produktes B (rote Linie). Die Übereinstimmung ist sehr gut, bis in den Spurenelementbereich. Analyse: iBMB/MPA Braunschweig.

In einem weiteren Schritt sollte überprüft werden, ob der Mörtel ordnungsgemäß hergestellt wurde. Dazu wurde ein Vergleich zwischen der Probe aus dem Bauwerk und einer Laborprobe durchgeführt. Die geschädigte Probe aus dem Bauwerk zeigte eine hohe Festigkeit, gute Haftung, wenig Poren und einen hohen Hydratationsgrad (ermittelt über die Reste des unhydratisierten Zementes). Außerdem war es in diesem Falle möglich über eine Elementanalyse zu prüfen, ob das vom Hersteller vorgegebene Mi-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

schungsverhältnis der beiden Ausgangskomponenten eingehalten wurde. Dies ist immer dann möglich, wenn die verschiedenen Komponenten sich in ihrem Elementgehalt deutlich unterscheiden, und wenn dieser Elementgehalt nicht nachträglich wesentlich verändert worden sein kann. In dem hier vorliegenden Fall enthält die eine Komponente sehr viel Kalium und kein Calcium, die andere dagegen viel Calcium und nur wenig Kalium. Das mit RFA analysierte Verhältnis der Calcium- und Kaliumintensitäten kann deshalb zur Überprüfung des Mischungsverhältnisses verwendet werden.

Dazu wurden Laborproben hergestellt, bei denen das Mischungsverhältniss in den vom Hersteller angegebenen Grenzen variiert wurde und deren Calcium- und Kaliumintensität analysiert. Diese Kalibrierkurve wurde dann mit der Analyse der Probe aus dem Bauwerk verglichen. Es gab keinerlei Hinweise darauf, dass ein falsches Mischungsverhältniss verwendet worden ist. Hinweise auf Fehler bei der Herstellung des Mörtels ergaben sich nicht. Die beobachtete Schädigung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Einsatz eines zu sauren Reinigers zurückzuführen. Diesem hätte Produkt A zwar widerstanden, nicht jedoch Produkt B.

13.5.8 Untersuchung eines Putzmörtels mit Anstrich auf die Ursache von dunklen Verfärbungen

Auf einem Anstrich eines vorher über Jahrzehnte nur verputzten Hauses traten dunkle Verfärbungen auf. Mittels EDRFA-Spektren der Anstrichoberfläche und des darunter liegenden Putzes konnte eine **Manganverbindung als färbende Komponente** nachgewiesen werden. Das Mangan stammt aus einer mit Mangan angereicherten Oberflächenschicht des Putzes. Es handelt sich dabei um einen sehr seltenen Schädigungsprozess. Dunkle Verfärbungen werden ansonsten eher von Eisenverbindungen hervorgerufen, was häufiger vorkommt.



Abb. 140 Lokale dunkle Verfärbungen an einem Hausanstrich. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig. Aus: Schmidt-Döhl, F.: Anwendung der chemischen Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenz bei Bauschadensuntersuchungen, Ernst & Sohn Special 1/2009 Messtechnik im Bauwesen, Ernst & Sohn, Berlin, S. 38–42, 2009.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

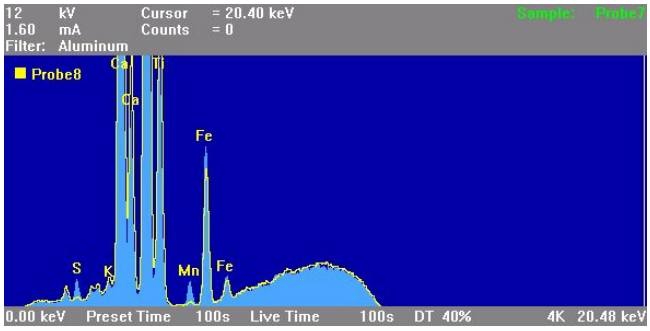


Abb. 141 Nachweis von Mn als färbende Komponente im verfärbten Bereich (blaue Fläche). Mn ist im unverfärbten Bereich (gelbe Linie) deutlich schwächer. Die ebenfalls zu beobachtenden Unterschiede beim Schwefel führen nicht zu einer färbenden Verbindung. Direkte Analyse von Bohrkernen ohne weitere Präparation. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

13.5.9 Standardlose chemische Elementanalyse eines nichtrostenden Stahls

Analysiert wurde der zertifizierte Referenzstandard Euronorm ZRM Nr. 284-2 der Bundesanstalt für Materialprüfung. Es handelt sich um eine hochlegierte Stahlprobe. Die Analysen erfolgten mittels standardfreier Fundamentalparametermethode. Um einen Vergleich verschiedener Geräte vornehmen zu können, erfolgte die Analyse mit zwei unterschiedlichen energiedispersiven Geräten A und B. Teilweise waren nicht alle nachweisbaren Elemente bei der quantitativen Analyse, zusammen mit den Hauptelementen, bestimmbar.

Tab. 3 Analyse der zertifizierten Referenzprobe ZRM Nr. 284-2 auf zwei unterschiedlichen energiedispersiven Geräten A und B mittels standardfreier Fundamentalparamtermethode. U – erweiterte Messunsicherheit, s – Standardabweichung des Mittelwertes unabhängiger Messungen.

Komponente	Zertifizierte Werte		Gerät A		Gerät B	
	Gew.-%	+/– U_{REF}	Gew.-%	+/– U	Gew.-%	+/– s
Ti	0,191	0,003	0,154	0,063	0,15	0,01
V	0,0425	0,0016	0,2348	0,3502	0,05	0,01
Cr	16,811	0,019	17,393	1,148	17,55	0,02
Mn	1,745	0,009	2,585	1,772	0,92	0,15
Fe (Rest)	67,496		67,212		68,03	0,34
Co	0,0525	0,0011	0,5678	1,0481	0,00	0,00
Ni	10,72	0,05	9,46	2,64	10,41	0,05
Cu	0,1831	0,0014	0,0900	0,183	0,15	0,06
As	0,0063	0,0003	0,0046	0,003	0,00	0,01
Mo	2,111	0,010	2,303	0,396	1,87	0,09
C	0,0201	0,0005	Nicht bestimmbar			
Si	0,537	0,008	Nicht bestimmbar		0,11	0,11
P	0,0258	0,0008	Nicht bestimmbar		0,05	0,02
S	0,0237	0,0005	Nicht bestimmbar		0,20	0,10
Al	0,0027	0,0004	Nicht bestimmbar		0,25	0,11
B	0,0026	0,0001	Nicht bestimmbar			
N	0,0151	0,0002	Nicht bestimmbar			
Sn	0,0047	0,0003	Nicht bestimmbar		0,06	0,05
O	0,0099	0,0007	Nicht bestimmbar			
Summe	100,000		100,00		100	

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Daten zeigen, dass bei der Anwendung der standardfreien Fundamentalparametermethode auf Stähle oder Substanzen mit ähnlicher Zusammensetzung im Hinblick auf die Hauptelemente Fe, Cr, Ni, Mo eine akzeptable Genauigkeit erreicht wird. Bei den anderen Elementen, auch bei dem in größerer Menge vorhandenen Mn, ist die Messunsicherheit ähnlich groß oder größer als der Messwert selbst. Die Messunsicherheit kann jedoch durch Verwendung eines ähnlichen Standards wesentlich verringert werden. Wenn die Probe im Wesentlichen aus leichten Elementen besteht, wie bei mineralischen Baustoffen, ist eine Kalibrierung unter Verwendung von entsprechenden Standards unumgänglich.

13.5.10 Analyse eines nichtrostenden Stahls mittels Fundamentalparametermethode unter Verwendung eines Standards

»Bei Korrosionsproblemen mit nichtrostendem Stahl steht häufig die Frage im Raum, ob die richtige Stahlsorte verbaut worden ist. Im vorliegenden Beispiel war zu überprüfen, ob ein »V4A-Stahl« vorlag. Die Probenpräparation beschränkte sich auf das Anschleifen zweier Messflächen. Die quantitative Analyse erfolgte mit Fundamentalparametermethode (FP) unter Verwendung des zertifizierten Referenzstandards Euronorm ZRM Nr. 284-2 der Bundesanstalt für Materialprüfung.« Die Analysen wurden mit zwei verschiedenen energiedispersiven Geräten durchgeführt, um beide Geräte zu vergleichen.

»Zwar können Kohlenstoff und Stickstoff mit diesen Geräten nicht bestimmt werden.« Auch war Phosphor bei der Analyse mit Gerät A nicht kalibrierbar. »Diese drei Elemente machen nach den Anforderungen zusammen jedoch nur max. 0,185 Gew.-% aus, so dass aus ihrer Nichtberücksichtigung für die Konzentrationen der anderen Elemente in der auf 100 % normierten FP-Analyse nur ein vernachlässigbar kleiner Fehler entsteht.«

»Die interne Firmenbezeichnung »**V4A**« der Friedrich Krupp AG entspricht in der Zusammensetzung etwa der Werkstoffnummer 1.4571, d. h. einem Chrom-Nickel-Stahl mit mindestens 2 % Molybdän.« Die Ergebnisse der Analysen sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst. Zum Vergleich ist auch die Zusammensetzung der Werkstoffnummer 1.4404 angegeben. Als Vergleich sind die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung nach DIN EN 10088-1 vom August 1995 angegeben. »Aufgrund der zu niedrigen Molybdän- und Nickelkonzentrationen handelt es sich in keinem Fall um einen »V4A-Stahl«.«

Tab. 4 Chemische Zusammensetzung einer Probe eines nichtrostenden Stahls in Gew.-%, ermittelt mit Gerät A. Abweichungen von der Sollzusammensetzung sind fett gedruckt. Aus: Schmidt-Döhl, F.: Anwendung der chemischen Elementanalyse mittels Röntgenfluoreszenz bei Bauschadensuntersuchungen. Ernst & Sohn Special 1/2009 Messtechnik im Bauwesen, Ernst & Sohn, Berlin, S. 38–42, 2009.

Chemisches Element	1. Analyse	2. Analyse	Anforderung 1.4571	Anforderung 1.4404
C	Nicht analysierbar		Max. 0,08	Max. 0,030
N	Nicht analysierbar		Keine	Max. 0,11
Al	0,001	0,001	Keine	Keine
Si	0,43	0,39	Max. 1,00	Max. 1,00
Mn	1,60	1,60	Max. 2,00	Max. 2,00
P	Keine Kalibrierung möglich		Max. 0,045	Max. 0,045
S	0,0037	0,0037	Max. 0,015	Max. 0,015
Cr	18,16	18,23	16,50 bis 18,50	16,50 bis 18,50
Ni	**8,56**	**8,57**	10,50 bis 13,50	10,00 bis 13,00
Cu	0,17	0,16	Keine	Keine
Ti	0,14	0,14	5 × C bis 0,70	Keine
Fe	70,8	70,7	Keine	Keine
Mo	**0,15**	**0,15**	2,00 bis 2,50	2,00 bis 2,50
Sn	0,004	0,006	Keine	Keine
Nb	0,001	0,005	Keine	Keine

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Tab. 5 Chemische Zusammensetzung einer Probe eines nichtrostenden Stahls in Gew.-%, ermittelt mit Gerät B. Abweichungen von der Sollzusammensetzung sind fett gedruckt.

Chemisches Element	1. Analyse	2. Analyse	Anforderung 1.4571	Anforderung 1.4404
C	Nicht analysierbar		Max. 0,08	Max. 0,030
N	Nicht analysierbar		Keine	Max. 0,11
Al	0,00	0,00	Keine	Keine
Si	0,39	0,40	Max. 1,00	Max. 1,00
Mn	1,70	1,73	Max. 2,00	Max. 2,00
P	0,03	0,02	Max. 0,045	Max. 0,045
S	0,02	0,01	Max. 0,015	Max. 0,015
Cr	18,25	18,20	16,50 bis 18,50	16,50 bis 18,50
Ni	**8,28**	**8,00**	10,50 bis 13,50	10,00 bis 13,00
Cu	0,15	0,14	Keine	Keine
Ti	0,00	0,00	5 × C bis 0,70	Keine
Fe	70,99	71,29	Keine	Keine
Mo	**0,16**	**0,14**	2,00 bis 2,50	2,00 bis 2,50
Sn	0,00	0,00	Keine	Keine
Nb	0,01	0,00	Keine	Keine
V	0,02	0,05	Keine	Keine

13.5.11 Bestimmung von Stofftransportkoeffizienten in Baustoffen mittels ortsauflösender Elementanalyse

Dringt von außen durch einen Stofftransportprozess, z. B. Diffusion, ein gut analysierbares Element in eine Baustoffprobe ein, kann dessen Verteilung durch eine ortsauflösende Analyse zeitabhängig ermittelt werden. Wesentlich ist dabei, dass z. B. bei Diffusionsversuchen jegliche kapillare Transporte und Strömungsprozesse sowie möglichst auch Auslaugprozesse vermieden werden. Außerdem muss auch die Ausgangsverteilung des Elementes überprüft werden.

Rechnet man diesen Stofftransportprozess mit einem geeigneten Simulationsverfahren nach und variiert dabei den Stofftransportkoeffizienten solange bis experimentelle und rechnerische Elementverteilung optimal übereinstimmen, kann man auf diese Weise Stofftransportkoeffizienten bestimmen. Erleichtert wird dieses Verfahren dadurch, dass für solche Untersuchungen normierten Intensitätsverteilungen ausreichen. Für die Bestimmung eines **Ionendiffusionskoeffizienten** ist nur die zeitabhängige Form des Intensitätsprofils wichtig bzw. die Eindringtiefe, aber nicht die absolute Konzentration. S. dazu auch Kap. 25.2.3 und 31.2. Solche Analysen erfordern also ein RFA-Gerät mit der Möglichkeit einer ortsauflösenden Analyse.

13.5.12 Elementanalyse korrodierter Randschichten

Bei der Untersuchung von Korrosionsprozessen kann die Elementverteilung in der korrodierten Randschicht zum einen zur Messung von Schädigungstiefen und zum anderen zur Aufklärung des Schadensprozesses selbst herangezogen werden.

Ein Problem bei der Analyse von Elementverteilungen vieler Baustoffe, wie **Mörtel** und **Beton**, ist dabei deren Inhomogenität, d. h. insbesondere das Vorhandensein von Gesteinskörnung. Hier ist zunächst zu fragen, ob nur das Bindemittel analysiert werden soll oder der gesamte Baustoff. Die Analyse des Bindemittels mit Hilfe einzelner Punktmessungen oder die Sortierung der Messpunkte in solche auf dem Bindemittel und solche auf der Gesteinskörnung anhand chemischer Kriterien mit Filtermethoden ist schwierig und gelingt häufig nur unbefriedigend.

Besser bewährt hat sich die Analyse der mittleren Zusammensetzung kleiner streifenartiger Flächen parallel zur Korrosionsfront, wobei in diesem Fall eine mittlere Betonzusammensetzung in den Feldern ermittelt wird. Die Größe des Messfeldes muss auf die Größe der Gefügeinhomogenitäten abgestimmt werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

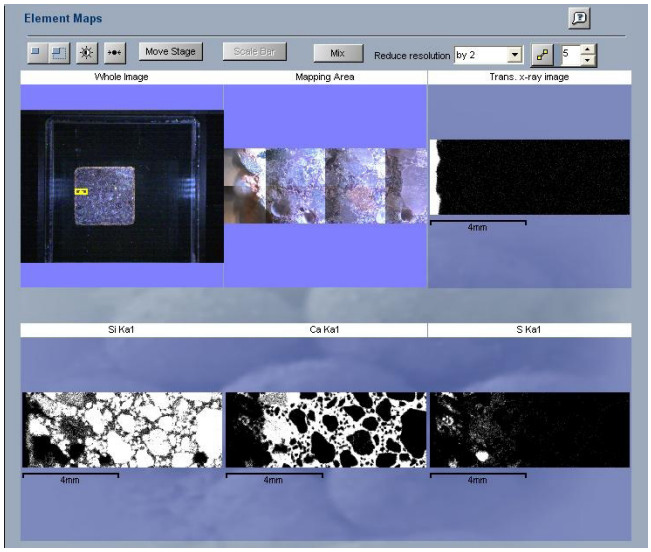


Abb. 142 Röntgenfluoreszenzintensitätsverteilungsbilder des Korrosionsrandes einer Mörtelprobe mit einer Calciumabreicherung und einer Schwefelanreicherung am korrodierten Rand (links). Silikatischer Zuschlag. Oben links: Probe mit Messfeld 8 mm × 3 mm. Oben rechts: Transmissionsaufnahme, in der der Probenrand gut zu sehen ist. Unten: Verteilungsbilder von Si, Ca und S. Graphik: H. Schmidt.

13.6 Atomspektroskopie (AAS, AES bzw. OES)

Bei der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) wird die Probe, bei der es sich in der Regel um eine Lösung handelt, atomisiert, z. B. in einer heißen Flamme. Durchstrahlt man die Flamme mit Licht, wird ein Teil bei elementspezifischen Wellenlängen absorbiert. Vergleicht man das Absorptionsmaß mit dem Absorptionsmaß von Standard-Lösungen bekannter Konzentration kann eine Konzentrationsermittlung (Quantifizierung) durchgeführt werden. Für die Lichterzeugung werden elementspezifische Hohlkathodenlampen oder Entladungslampen, Mehrelementlampen, Deuterium- oder Halogenlampen eingesetzt. Neben der Lampe hat die Art der Flamme eine große Bedeutung für das Messergebnis.

Bei einigen Elementen wird zur Analyse zusätzlich ein **Hydridsystem** benötigt, mit dem die zu analysierenden Elemente über eine Reduktion in leicht zu analysierende Hydride überführt werden. Eine ähnliche Technik ist die **Kaltdampftechnik** zur Analyse von Quecksilber. Bei **flammenloser AAS** erreicht man die Atomisierung in der Regel über einen elektrisch beheizten **Graphitrohrofen (GFAAS)**, wobei z. T. auch eine Feststoffanalytik möglich ist sowie niedrigere Nachweisgrenzen. Analysierbar sind alle Metalle außer Cer und Thorium, daneben auch einige Nichtmetalle. Die Nachweisgrenzen liegen im sub-ppm Bereich.



Abb. 143 Atomabsorptionsspektrometer. Der Lampenwechsler befindet sich links, in der Mitte der Brenner, rechts das Detektorsystem. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bei der **Atomemissionsspektroskopie** (AES bzw. OES) regt man die zu analysierenden Elemente z. B. durch eine Flamme (**Flammenspektroskopie**) oder ein in einem Hochfrequenzfeld ionisiertes Gas **(ICP-OES)** selbst zum Leuchten an und vergleicht die emitierten Lichtbanden mit dem Licht von Standards bekannter Konzentration.

Reine Flammenspektrometer werden fast nur für die Analyse von Alkalimetallen eingesetzt, z. B. die Bestimmung von Natrium und Kalium nach DIN ISO 9964-3. Mit einem AAS-Gerät können häufig auch Emissionsmessungen in der Flamme durchgeführt werden. ICP-OES werden in der Regel zur schnellen simultanen Analyse von mehreren Elementen in Lösung eingesetzt, während bei der Atomabsorptionsspektroskopie normalerweise nur ein Element nach dem anderen gemessen werden kann.

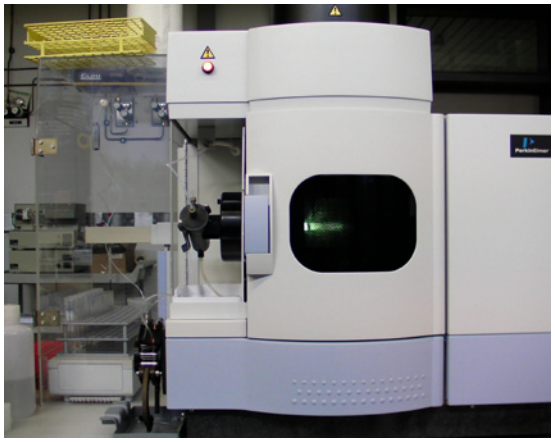


Abb. 144 Atomemissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (Argon). Links der Probenwechsler, Pumpe und Zerstäuber. Institution: TU Hamburg-Harburg, Zentrallabor Chemische Analytik.

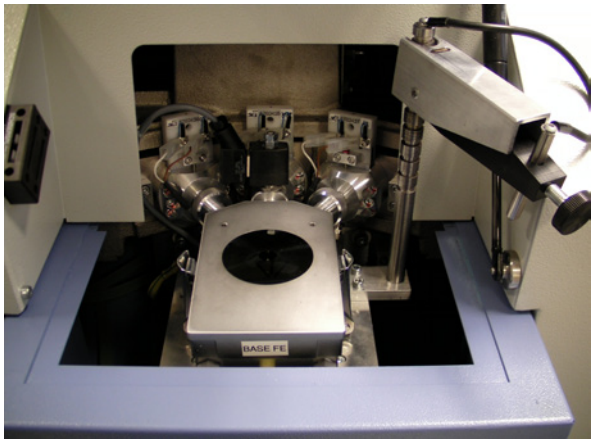


Abb. 145 Atomemissionsspektrometer für die Metallanalytik mit geöffnetem Probenraum und Spektrometerabdeckung. Die metallische Probe wird auf das mit BASE FE bezeichnete Bauteil aufgesetzt (hier für Stähle). Die entstehende Emission wird mit den dahinter sichtbaren Detektoren analysiert. Institution: Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen der Universität Kassel.

Atomabsorptions- und Atomemissionsspektroskopie sind die Standardmethoden zur **Kationenanalytik in Lösungen**. Feststoffe müssen in der Regel vor der Analyse in Lösung gebracht werden, was im Einzelfall mit erheblichem Aufwand verbunden sein kann. Dies ist bei der Feststoffanalytik ein erheblicher Nachteil gegenüber der **Röntgenfluoreszenzanalyse**.

Atomemissionsspektroskopie mit einer Anregung durch eine **Funkenstrecke** oder einen Lichtbogen wird zur chemischen Elementanalyse von Metallen **(Stahlanalyse)** eingesetzt, die dabei direkt analysiert werden können, ohne sie in Lösung zu bringen. Daneben existieren zahlreiche Normen zur Stahlanalyse mit anderen Verfahren. Sie sind beispielsweise aufgeführt in den einzelnen Teilen der DIN EN ISO 15630.

Die Atomspektroskopie kann beispielsweise zur Analyse von Kupfer und Bor in wässrigen **Holzschutzmitteln** und zum Nachweis von kupfer- und chromhaltigen Holzschutzmittel im verbauten Holz nach DIN 52161-7 verwendet werden. Atomspektroskopie wird auch eingesetzt bei Analysen von **Salzen in Mauersteinen** nach DIN EN 772-5. Anwendung findet die Atomabsorptionspektroskopie auch bei Analysen von Zusatzmitteln nach DIN EN 480-12. Alternativ darf ein Flammenspekrometer eingesetzt werden. Bei der Prüfung von Magnesiabinder nach DIN EN 14016-2 wird die Atomspektroskopie zur Analyse von Kalium und Natrium eingesetzt. Auch die Prüfung der Abgabe von Blei und Cadmium aus glasierten keramischen Fliesen und Platten nach DIN EN ISO 10545-15 erfolgt mittels Atomabsorption, nachdem ein Teil der Schwermetalle mit Hilfe einer Beaufschlagung mit Essigsäure aus dem Baustoff herausgelöst worden sind.

Weiterhin wird die Atomabsorptionsspektroskopie für Analysen auf der Basis zahlreicher Teile der DIN 38406 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung) herangezogen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Atomemissionsspektroskopie ist Gegenstand der DIN EN ISO 11885 zur Wasseranalytik. Die Spurenelementanalyse wässriger Lösungen mittels Graphitrohrtechnik ist Gegenstand der DIN EN ISO 15586.

Hinweise zur Durchführung von Analysen können auch aus DIN 51729-8 sowie DIN 51729-11 entnommen werden. Es handelt sich um Normen zur Prüfung von Brennstoffasche. DIN EN ISO 7980 behandelt die Analyse von Calcium und Magnesium in wässrigen Lösungen.

Eine Sonderform der Atomemissionsspektroskopie ist die **Laser-induzierte Breakdown Spektroskopie (LIBS)**. Dabei wird durch Energiezufuhr mittels Laser an der Oberfläche der Probe ein Plasma der verdampfenden Substanz gezündet, dessen optische Emission zur Analyse genutzt wird. Die Methode ist zerstörungsarm, mobil einsetzbar und ortsauflösend, allerdings nur im Millimeterbereich. Sie ist auf Festkörper, Flüssigkeiten und Gase anwendbar. Die Plasmazündung hinterlässt auf Festkörperoberflächen mikroskopische Krater.

13.7 Ionenchromatographie (IC)

Die Ionenchromatographie ist die Standardmethode zur Analyse von Anionen (z. B. Chlorid, Sulfat etc.) in Lösung. Mit Wechsel der Chromatographiesäule (Zeitaufwand) sind auch Analysen von Kationen (Natrium, Calcium etc.) in Lösung möglich, wobei dafür jedoch leistungsfähigere Methoden zur Verfügung stehen. Die Quantifizierung erfolgt mit Hilfe von Standards bekannter Zusammensetzung. Die Ionenchromatographie wird zusammen mit den anderen chromatographischen Methoden in Kap. 14.9.3 beschrieben.

13.8 Messungen mit pH- und Ionenselektiven Elektroden (ISE) sowie Redoxelektroden

13.8.1 Allgemeines

Bei pH- und Ionenselektiven Elektroden handelt es sich »um Elektroden, die auf ein bestimmtes Ion in einer Lösung selektiv ansprechen. Die elektrischen Potentiale sind abhängig von der chemischen Aktivität der zu messenden Ionenart. Elektroden sind erhältlich für H_3O^+-Ionen (pH-Elektroden) und eine Reihe weiterer Ionen, besonders einwertige Ionen.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

pH-Elektroden stellen weniger hohe Ansprüche an die Auflösung des Messgerätes als Ionenselektive Elektroden. Reine pH-Meter sind daher nicht zum Betrieb einer Ionenselektiven Elektrode geeignet. Mit **Ionmetern** sind jedoch auch pH-Messungen möglich. Die Aktivität des zu analysierenden Ions in der Lösung ist proportional $10^{E/S10}$. E ist dabei das Elektrodenpotential und S10 ihre temperaturabhängige Steilheit pro zehnfacher Konzentrationsänderung. pH- und Ionenselektive Elektroden müssen kalibriert werden und die Temperaturabhängigkeit der Messgröße muss berücksichtigt werden.

Konzentrationsmessungen mit Ionenselektiven Elektroden erfordern in der Regel die Zugabe einer **Ionenstärkeadjustierlösung** zur Messlösung. Durch die starke Erhöhung der Ionenstärke wird der Einfluss der Ionenstärke auf das Messergebnis reduziert. Dies ist notwendig, da das Elektrodenpotential proportional zur Aktivität ist und nicht zur Konzentration. Dies gilt auch für pH-Messungen.

Zur pH-Messung in Wässern kann DIN 38404-5 herangezogen werden. Die Prüfung des pH-Wertes von Polymer-Dispersionen und Kautschuk-Latices ist beschrieben in DIN ISO 976. Relevant ist auch ISO 4316. Faseroptische, baustoffintegrierbare pH-Sensoren werden beschrieben in:

Dantan, N.; Habel, W.R.: Überprüfung des Korrosionsschutzes, die bauteil-integrierbare pH-Optode, Betonwerk und Fertigteil-Technik, Bd. 72, S. 48, 2006.

Auf die Verwendung von Ag/AgCl-Elektroden zur Überwachung von Chloridkonzentrationen in Bauteilen geht der folgende Artikel ein:

Montemor, M.F.; Alves, J.H.; Simões, A.M.; Fernandes, J.C.S.; Lourenço, Z.; Costa, A.J.S.; Appleton, A.J.; Ferreira, M.G.S.: Multiprobe chloride sensor for in situ monitoring of reinforced conrete structures, Cement & Concrete Composites, Bd. 28, S. 233–236, 2006.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Mit Redox-Elektroden kann die Redox-Spannung in einer Lösung ermittelt werden, die durch gelöste oxidierende oder reduzierende Stoffe hervorgerufen wird. Sie kann also Hinweise auf Inhaltstoffe bzw. deren Zustände in der Lösung geben. Die Ergebnisse sind jedoch schwierig zu interpretieren. Weitere Informationen können entnommen werden aus DIN 38404-6.

13.8.2 Verwendung von Ionenselektiven Elektroden und der elektrischen Leitfähigkeit zur Messung von Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten

Messungen von Geschwindigkeitskonstanten heterogener Reaktionen zwischen einem Festkörper und einer Lösung in einer Suspension sind möglich, indem die Zeitabhängigkeit der chemischen Zusammensetzung der Lösungsphase gemessen wird. Dazu eignen sich in vielen Fällen Ionenselektive Elektroden, wobei bei einer kontinuierlichen Messung keine **Ionenstärkeadjustierlösung** verwendet werden kann. Dies ist aber auch nicht unbedingt notwendig, wenn sich die Ionenstärke wärend der Reaktion nicht wesentlich verändert. Die zeitabhängige Messung von Lösungseigenschaften ist für die Bestimmung von Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten besser geeignet, als eine Analyse des Festkörperanteils.

Außerdem ist es notwendig die reaktiven Oberfläche des Festkörpers soweit möglich festzulegen und experimentell zu messen. Will man einen **zementgebundenen Baustoff** untersuchen darf dieser möglichst keine Kapillarporen enthalten. Dies wird durch einen ausreichend kleinen Wasserzementwert und optimale Hydratationsbedingungen erreicht. Damit entfällt die innere Oberfläche der Kapillarporen als Reaktionsort. Grobporen werden durch das Aufmahlen des Materials zerstört. Die verbleibenden Poren werden vorher gesättigt, so dass Transportprozesse im Inneren der Körner im Wesentlichen auf langsame Diffusionsprozesse beschränkt sind. Damit besteht die reaktive Oberfläche praktisch nur aus der äußeren Oberfläche der Körner, die z. B. mittels **Laser-Granulometrie** oder dem **Blaine-Verfahren** gemessen werden kann.

Die Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf mehrerer Messparameter nach Zugabe von Natriumsulfat zu einer Suspension aus Wasser und **Zementsteinpulver** nach etwa 0,4 Tagen Versuchsdauer. Es bildet sich dabei **Ettringit**. Aus dem zeitlichen Verlauf der Calciumintensität und der reaktiven Oberfläche des Zementsteinpulvers von 8 170 cm^2/g, aus dem sich die auf das Flüssigkeitsvolumen bezogen Oberfläche des Pulvers berechnen lässt, wurde eine Reaktionsgeschwindigkeitskonstante von $7{,}73 \times 10^{-11}$ m/s bei 24,5 °C berechnet. Weitere Informationen dazu können aus der in der Bildunterschrift angegebenen Quelle entnommen werden.

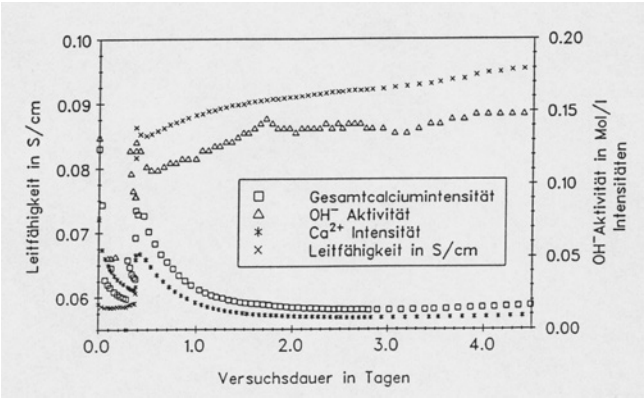


Abb. 146 Anwendung ionenselektiver Elektroden zur Ermittlung einer Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten. Die für die Auswertung verwendete Gesamtcalciumintensität berücksichtigt zusätzlich zum Ca^{2+} die vom pH-Wert abhängige Bildung von $CaOH^+$. Erläuterung siehe Text. Aus: Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996. Auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13.9 Elementaranalytik (H_2O, N, C, S)

Unter Elementaranalytik versteht man die instrumentelle Analytik auf Wasser, Stickstoff, Kohlenstoff und Schwefel. Diese Elemente werden mit ähnlichen Geräten, den Elementaranalysatoren, bestimmt. In Elementaranalysatoren werden die entsprechenden Elemente durch Erhitzung bzw. Oxidation freigesetzt und die entstehenden Gase analysiert, z. B. mit Infrarotdetektoren. Im Baustoffbereich werden sie zur Wasser- und CO_2-Bestimmung eingesetzt sowie bei der **TOC-Bestimmung** zur Untersuchung der **Adsorption von Fließmitteln** (siehe Kap. 17.3). Bei der Analytik auf Kohlenstoff unterscheidet man zwischen:

TC – Gesamter Kohlenstoffgehalt (Total Carbon)

TIC – Anorganisch gebundener Kohlenstoff (Total Inorganic Carbon)

TOC – Organisch gebundener Kohlenstoff (Total Organic Carbon)

Zur Bestimmung des gesamten Kohlenstoffgehaltes wird der Kohlenstoff in der Probe durch Erhitzen in CO_2 überführt und detektiert. Zur Bestimmung des TIC wird der anorganisch gebundene Kohlenstoff durch Ansäuerung als CO_2 freigesetzt und detektiert. Der TOC-Wert ergibt sich als Differenz TC-TIC. Alternativ kann der organisch gebundene Kohlenstoff durch Erhitzen und Überführen in CO_2 analysiert werden, wenn vorher der anorganische Kohlenstoff durch Behandlung mit Säure ausgetrieben wurde.

Die Bestimmung des organischen Kohlenstoffes in Kalkstein ist Gegenstand der DIN EN 13639. Die Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff ist Gegenstand der DIN ISO 10694, einer Prüfnorm für Böden.



Abb. 147 C-N-S-Elementaranalysator. Rechts der Ofen zur Erhitzung der Probe, links hinten der hier verwendete Wärmeleitfähigkeitsdetektor. Institution: TU Hamburg-Harburg, Zentrallabor Chemische Analytik.

13.10 Rasterelektronenmikroskop (REM), Elektronenstrahl-Mikrosonde, Transmissionselektronenmikroskop (TEM) und Elementanalytik

13.10.1 Allgemeines

»Beim Rasterelektronenmikroskop wird die Probe mit einem Elektronenstrahl rasterförmig abgefahren. Die rückgestreuten oder aus der Probe herausgeschlagenen Elektronen werden detektiert und zum Bildaufbau genutzt.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

Beim Einsatz des Rückstreuelektronendetektors wird der Bildkontrast durch Unterschiede in den vorhandenen Elementen und der Oberflächentopographie erzeugt (hohe Energie, geringe Ortsauflösung – Mikrometer). Der Einfluss der Oberflächentopographie kann durch Analyse planer Probenoberflächen weitgehend unterdrückt werden. Beim Einsatz eines Sekundärelektronendetektors wird der Bildkontrast

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

von der Oberflächentopographie bestimmt (niedrige Energie, hohe Ortsauflösung – Nanometer). Auf die Gefügeanalyse mittels mikroskopischen Methoden wird in Kap. 20.3 näher eingegangen, auf die Phasenanalyse mit Elektronenmikroskopen in Kap. 14.3.

Viele Rasterelektronenmikroskope sind mit einem Zusatzgerät zur **energiedispersiven Röntgenanalyse (EDX)** ausgestattet. Damit kann ein Rasterelektronenmikroskop auch zur Elementanalyse eingesetzt werden. Man nutzt die beim Elektronenbeschuss entstehenden und für die einzelnen Elemente charakteristischen Röntgenstrahlen für die Analyse, wobei im Gegensatz zur Röntgenfluoreszenzanalyse ein Bremsstrahlungsuntergrund vorhanden ist. Eine Verringerung der Messunsicherheit ist, wie bei der Elektronenstrahl-Mikrosonde, durch die Untersuchung ebener polierter Probenoberflächen und der Verwendung von Standards möglich, was bei REM-Analysen mit EDX aber nicht der Normalfall ist. Deshalb haben EDX-Analysen mit dem REM in der Regel nur halbquantitativen Charakter. Auch liegen die Nachweisgrenzen nur etwas unter 1 Prozent. Die maximale örtliche Auflösung für die Elementanalyse liegt bei ca. 1 µm und ist damit deutlich geringer als die Auflösung bei der Bilderzeugung.

Untersuchungen im klassischen REM erfolgen im Hochvakuum, was eine Untersuchung feuchter Proben ausschließt. In solchen Geräten ist eine Analyse feuchter Proben nur in speziellen Probenzellen möglich (Fa. Quantomix, Israel). Nicht leitende Probenoberflächen müssen mit einer leitfähigen Substanz bedampft werden.

Neben zahlreichen anderen Varianten existieren Geräte, die auch mit einer Gasatmosphäre mit relativ schwachem Vakuum betrieben werden können. In der Regel handelt es sich dabei um Wasserdampf. Über den Druck und eine Temperierung der Probe ist es möglich unterschiedliche Luftfeuchten auf der Probenoberfläche einzustellen **(Environmental Scanning Electron Microscope mit Feldemissionskathode – ESEM-FEG)**. Dabei ist auch keine Bedampfung der Probenoberfläche zur Erhöhung der Leitfähigkeit notwendig. Neueste Geräte können inzwischen auch mit sehr geringen Beschleunigungsspannungen arbeiten, was den Abbildungskontrast wesentlich verbessert, z. B. zur besseren Auflösung der Matrix in **Ultrahochfestem Beton**.

Eine andere Möglichkeit feuchte Proben zu analysieren liegt in der Verwendung des **Kryotransfer-Verfahrens**. Dabei wird die Probe schockgefroren, gebrochen und im gefrorenen Zustand analysiert. Auch bei diesem Verfahren ist eine leitfähige Bedampfung der Probenoberfläche notwendig. Das Kryotransferverfahren setzt eine besondere Ausrüstung des Mikroskops voraus, die nur an wenigen Rasterelektronenmikroskopen (**Kryo-REM**) vorhanden ist.

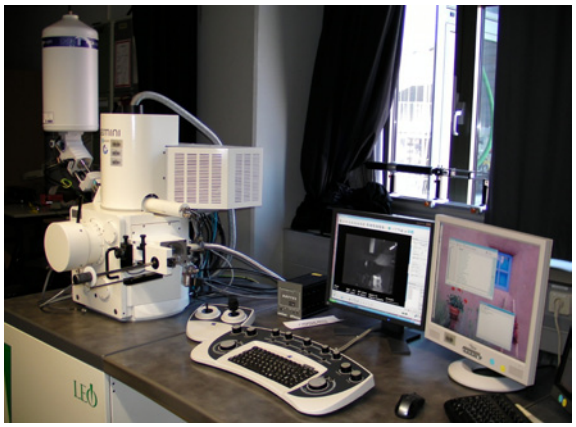


Abb. 148 Hochauflösendes Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop mit energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX). Maximale Auflösung ca. 1 nm. Die Probenschleuse ist geöffnet. Institution: TU Hamburg-Harburg, Betriebseinheit Elektronenmikroskopie.

»In vollem Maße quantitative Analysen kleiner Bereiche lassen sich mit einer Elektronenstrahl-Mikrosonde durchführen«, wobei wie beim REM mit EDX die maximale örtliche Auflösung der Elementanalyse auf ca. 1 µm beschränkt ist. »Der Bereich analysierbarer Konzentrationen reicht dabei von 100 % bis in den Spurenelementbereich.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmetho-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

den, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Die Nachweisgrenzen liegen bei den meisten Elementen in einer üblichen Matrix bei einigen 100 ppm, bei einigen Elementen unter 100 ppm, bei wenigen Elementen unter 10 ppm. Noch höhere räumliche Auflösungen bei der Elementanalyse können mit Ionenstrahltechniken, beispielsweise **Sekundärionenmassenspektrometrie (SIMS)** erreicht werden.

Mikrosonden arbeiten mit größeren Probenströmen als Rasterelektronenmikroskope und besitzen ein oder mehrere **wellenlängendispersive Nachweissysteme (WDX)**, was für die im Vergleich mit einem REM/EDX-System besseren Nachweisgrenzen verantwortlich ist. Moderne Geräte sind außerdem noch mit einem energiedispersiven Nachweissystem für schnelle Übersichtsanalysen und einem optischen Auflichtmikroskop ausgerüstet. Bei Mikrosondenanalysen werden immer plane Probenoberflächen untersucht und quantitative Analysen unter Verwendung von Standards ausgeführt. Mikrosonden sind deutlich teurer als Rasterelektronenmikroskope. Mit Elektronenstrahl-Mikrosonden und Elektronenmikroskopen mit energiedispersiven Zusatzsystemen können Elemente ab Bor analysiert werden.



Abb. 149 Elektronenstrahl-Mikrosonde mit 5 wellenlängendispersiven Analysesystemen, einem energiedispersiven Analysesystem und optischem Auflichtmikroskop. Foto: J. Koepke, Institution: Mineralogisches Institut, Universität Hannover. Aus: Schmidt-Döhl, F.; Koepke, J.; Schimrosczyk, A.: Testing the identity of cementitious materials by trace element analysis of belite. Proceedings of the 27. Int. Conference on Cement Microscopy, Victoria, Canada, 24.–28.4.2005 und ZKG-International, Bd. 58, Heft Nr. 6, S. 72–79, 2005.

Das Transmissionselektronenmikroskop (TEM) ist ein Mikroskop, mit dem eine sehr hohe Auflösung möglich ist (atomare Strukturen). Die Probe wird mit Elektronen hoher Energie durchstrahlt. Da die Elektronen die Probe durchdringen müssen, müssen diese dünn sein. Untersucht werden **Ultradünnschnitte** mit maximalen Dicken von einigen 100 nm oder durch Ätzen entsprechend ausgedünnte Proben. Z. T. wird auch nicht das interessierende Material selbst, sondern ein Abdruck dessen durchstrahlt. Das Transmissionselektronenmikroskop wird vor allem zur Untersuchung polymerer und metallischer Werkstoffe eingesetzt. Mit Hilfe der **Focussed Ion Beam Technik** können jedoch heute auch Proben mineralischer Werkstoffe für die Untersuchung mittels TEM präpariert werden.

Auch Transmissionselektronenmikroskope werden häufig mit Zusatzgeräten zur energiedispersiven Röntgenanalyse ausgerüstet und es sind **Kryo-TEM-Messungen** möglich. Auf die Möglichkeit mit dem TEM Elektronenbeugungsexperimente durchzuführen, wird in Kap. 14.3 eingegangen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

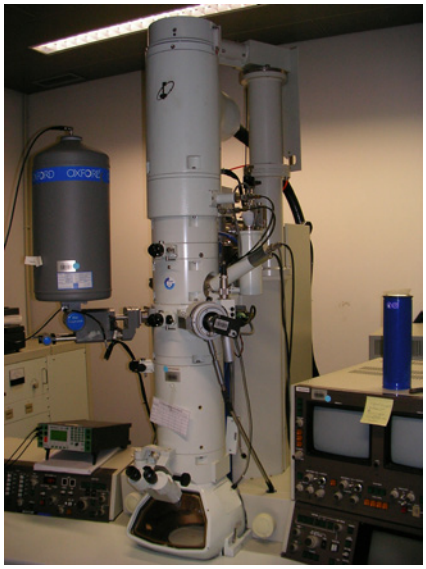


Abb. 150 200 kV Transmissionselektronenmikroskop mit Lanthanhexaborid Kathode und energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX). Gitterauflösung 0,15 nm, Punktauflösung 0,25 nm. Die Probe befindet sich etwa in der Mitte des Gerätes. Das entstehende Bild wird im unteren Bereich beobachtet bzw. fotographiert. Institution: TU Hamburg-Harburg, Betriebseinheit Elektronenmikroskopie.

Alle genannten Geräte benötigen einen Standort der gegen Erschütterungen und Schwingungen geschützt ist. Ansonsten ist eine hohe Vergrößerung und eine hohe Ortsauflösung der Elementanalyse nicht möglich. Alle Elektronenmikroskope sind Störstrahler, bei denen der **Strahlenschutz** zu beachten ist. Weiterführende Literatur:

Schmidt, P.F.; Balk, L.J.; Blaschke, R. u. a.: Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse, Expert-Verlag, 2011, ISBN 3-8169-1597-3.

Möser, B.; Stark J.: Nanokristalline C-S-H-Phasen als Grundlage für Hochleistungsbetone. In: Nanotechnologie im Bauwesen – Nanooptimierte Hightech-Werkstoffe, Universität Kassel, Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, Heft 8, ISBN 3-89958-348-9, 2007.

Stark, J.; Möser, B.: Charakterisierung der Portlandzementhydratation mittels hochauflösender Rasterelektronenmikroskopie. In: Festschrift zum 60. Geburtstag von Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Peter Großkurth. Heft 182 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, S. 209–224, ISBN 3-89288-163-4, 2005.

13.10.2 Identitätsprüfung

Eine häufige Frage bei Schadensfällen lautet:

- »Ist das Material A identisch mit dem Material B bzw. stammt das Material A von Material B ab?«

Die Untersuchung dieser Fragestellung bezeichnet man mit dem Begriff der Identitätsprüfung. In der Sprache der Statistik handelt es sich bei der Beweisfrage um den **Test von Hypothesen**. Aus der gerichtlichen Beweisfrage lassen sich folgende zu testenden Hypothesen ableiten:

- Material A und Material B entstammen der gleichen Grundgesamtheit **(Nullhypothese)** bzw.
- Material A und Material B entstammen nicht der gleichen Grundgesamtheit **(Alternativhypothese)**.

»Es ist bemerkenswert, dass die Nullhypothese, in diesem Fall die Identität zweier Baustoffe, grundsätzlich nicht bewiesen werden kann. Bewiesen werden kann nur, mit einer bestimmten Irrtumswahrscheinlichkeit, die Alternativhypothese.« Dies hat Folgen für die Darstellung des Ergebnisses einer solchen Untersuchung. Die häufiger zu lesende Aussage, dass »die beiden Materialien identisch sind«, ist falsch, jedenfalls in dieser lapidaren Form. Richtig wäre die Aussage, dass bei Anwendung zu benennender

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Untersuchungsmethoden kein Hinweis auf Nichtidentität gefunden werden konnte. Es ist dabei selbstverständlich, dass die angewandten Untersuchungsmethoden überhaupt geeignet sein müssen, vorhandene Unterschiede zu detektieren. Untersucht man beispielsweise zwei **Werktrockenmörtel** alleine mit **Röntgenpulverdiffraktometrie** hat man wenig Chancen überhaupt Unterschiede zu entdecken, weil in vielen Fällen an kristallinen Anteilen nur Quarz, Portlandzementklinker und ein Sulfatträger enthalten ist. Aber schon der Blick auf ein **Streupräparat** mit dem **Mikroskop** kann zeigen, dass die Korngröße des Quarzes unterschiedlich ist und im einen Fall auch eine Flugasche vorhanden ist, im anderen nicht. Der Materialprüfer muss in der Lage sein, die am besten geeigneten Untersuchungsmethoden auszuwählen. Dazu ist auch eine vertiefte Kenntnis des Baustoffs selbst unumgänglich.

Es ist sehr schwierig die Frage der Identität zu beantworten, wenn zwei Proben **zementgebundener Materialien** nicht deutlich unterschiedliche Gesteinskörnungen, unterschiedliche Zementtypen oder andere Bindemittelkomponenten aufweisen. Der Autor hat aus diesem Grund ein Prüfverfahren entwickelt, das auf der Analyse der **Spurenelemente** in den Belitrelikten zementgebundener Baustoffe beruht. Die Grundgesamtheit ist in diesem Fall die von einem Zementwerk in einem bestimmten Zeitraum bei konstanten Produktionsbedingungen hergestellte Menge eines Zementes, wobei die Merkmale des Zementes nur statistischen Streuungen unterliegen dürfen.

»Die Spurenelementverteilung in einer festen Phase ist i. d. R. sehr charakteristisch. Sie lässt sich deshalb prinzipiell als eine Art »**Fingerabdruck**« verwenden, solange die Phase nicht durch chemische Reaktionen verändert wird. In zementgebundenen Baustoffen sind immer Relikte von C_2S aus dem unhydratisierten Zement vorhanden (**Belit**). Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass im Gegensatz zu einem menschlichen Fingerabdruck die Spurenelementverteilung von Zementen zeitabhängig ist, da die Rohstoffe und Brennstoffe der Werke einem Wandel unterliegen können.« Dies muss sich auch in der Spurenelementverteilung niederschlagen und muss bei der Interpretation berücksichtigt werden. Daraus ergibt sich, dass es z. B. ohne die ständige Ermittlung von Vergleichsdaten nicht möglich ist, den Zement aus einer beliebigen Betonprobe auf ein bestimmtes Zementwerk zurückzuführen.

Es ist jedoch möglich über eine Analyse von 14 Spurenelementen in den Belitrelikten und einer Auswertung der Daten mittels **Kolmogoroff-Smirnow-Tests** zu untersuchen, ob zwei Proben mit Zement hergestellt worden sind, der im gleichen Werk, zur gleichen Zeit und unter gleichen Bedingungen produziert worden ist oder nicht.

Die Anwendung dieser Methode erfordert Analysen mit einer Elektronenstrahl-Mikrosonde oder einer µ-Röntgenfluoreszenzanalyse mit einer Ortsauflösung, die ausreicht, um einzelne Belitkörner zu analysieren. Weiterführende Informationen können entnommen werden aus: Schmidt-Döhl, F.; Koepke, J.; Schimrosczyk, A.: Testing the identity of cementitious materials by trace element analysis of belite, Proceedings of the 27. Int. Conference on Cement Microscopy, Victoria, Canada, 24.–28.4.2005 und ZKG-International, Bd. 58, Heft Nr. 6, S. 72–79, 2005. Aus dieser Arbeit wurden auch die obigen Zitate entnommen.

13.10.3 Nachweis von Schwermetallen in Anstrichstoffen mittels REM/EDX

Alte Korrosionsschutzbeschichtungen sind relativ häufig mit dem toxischen Schwermetall **Blei** (Bleimennige) sowie teilweise auch mit Asbestfasern versehen. Entsprechende Untersuchungen, auch auf andere Schwermetalle, können mit dem Rasterelektronenmikroskop mit energiediespersiver Röntgenanalyse durchgeführt werden. Siehe dazu auch Kap. 14.3.2.

13.11 Elementanalyse mittels Polarisationsmikroskopie

Die Polarisationsmikroskopie ist über den Umweg der Phasenanalyse und der ortsauflösenden Bestimmung optischer Eigenschaften auch eine Methode zur chemischen Analyse lokaler Bereiche. Sie wird unter Kap. 14.4 im Detail beschrieben. Die lichtmikroskopische Untersuchung von Gefügemerkmalen wird in Kap. 20.3 beschrieben, die lichtmikroskopische Untersuchung von Dispersionen in Kap. 17.4.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13.12 Porenlösungsanalytik von Festkörpern

Eine Besonderheit der Baustoffanalytik ist die Gewinnung und Analyse der chemischen Zusammensetzung der Porenlösung erhärtender oder erhärteter poröser Baustoffe. Die zeitabhängige Porenlösungsanalytik ist ein wichtiges Instrument, um die Wirkung einzelner Komponenten auf die Verarbeitungseigenschaften, das Erhärtungsverhalten und auch auf dauerhaftigkeitsrelevante Kenngrößen (z. B. Alkaligehalt und dessen Einfluss auf die Alkalireaktion) zu untersuchen.

Solange der Baustoff noch als Suspension vorliegt, kann man die Flüssigkeitskomponente durch Vakuumfiltration heraussaugen. Nach einer weiteren Feinfiltration kann die Lösung mit den verschiedenen Methoden der Lösungsanalytik untersucht werden.



Abb. 151 Absaugen von Porenflüssigkeit aus einem noch nicht erhärteten Mörtel. Foto: F. Tralow.

Mit fortschreitender Erhärtung wird das Heraussaugen von Flüssigkeit immer schwieriger und ist nach gewisser Zeit nicht mehr möglich. Dann verwendet man in der Regel die **Auspressmethode**. Dazu wird eine wassergesättigte Baustoffprobe in einem speziellen Pressgesenk einer hohen Druckbeanspruchung ausgesetzt, so dass ein Teil der Porenflüssigkeit unten herausgepresst wird. Diese kann dann wieder mit verschiedenen Methoden der Lösungsanalytik untersucht werden. Damit eine solche Untersuchung möglich ist, muss die Porosität groß genug sein und die Proben müssen vorher wassergesättigt werden. Das Verfahren wird beschrieben in:

Schmidt, K.: Verwendung von Steinkohlenflugasche zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure Reaktion im Beton, Dissertation, TU München, 2009.

Bollmann, K.: Ettringitbildung in nicht wärmebehandelten Betonen, Dissertation, Bauhaus Universität Weimar, 2000.

Außerdem ist es möglich, die Zusammensetzung einer näherungsweise mit dem Baustoff im Gleichgewicht befindlichen Lösung zu untersuchen. Auch in diesem Fall unterscheidet sich das analysierbare System von realen Systemen durch den erhöhten Wassergehalt, der in der Interpretation berücksichtigt werden muss. Ein Beispiel für eine solche Untersuchung ist in folgender Arbeit beschrieben:

Hünger, K.-J.; Hübert, C.; Scholz, Y.: Drum prüfe was sich ewig bindet … Zur Verträglichkeit der Betonausgangsstoffe, Betonwerk und Fertigteiltechnik, Heft 3, S. 46–55, 2009.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14 Phasenanalytik, Analytik organischer Stoffe, Gasanalysen und sonstige Analysemethoden

14.1 Allgemeines

»Im Gegensatz zur Elementanalytik zielt die Phasenanalytik ab auf den Nachweis oder die Quantifizierung einzelner sogenannter **Phasen**. Beispiel: die Phase **Belit** (2 CaO SiO_2). Wenn man Belit findet, kann man davon ausgehen, dass in dem Baustoff Zement enthalten ist.

Die Analytik organischer Stoffe zielt ab auf die Bestimmung organischer Komponenten in Feststoffen oder Flüssigkeiten, die Gasanalyse auf die Bestimmung der Zusammensetzung von Luft oder anderen Gasen oder von Stoffen, die sich leicht verdampfen lassen.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

Bei chemischen Reaktionen im geschlossenen System ändert sich die Elementzusammensetzung des Gesamtsystems nicht, wohl aber der Phasenbestand. Mit Methoden der Phasenanalytik lässt sich damit auch der Verlauf chemischer Reaktionen verfolgen. Dies gilt sowohl für den prinzipiellen Ablauf von Reaktionen bis hin zur quantitativen Bestimmung von **Reaktionsgeschwindigkeiten**.

14.2 Gravimetrische und volumetrische Methoden sowie Farbreaktionen in der Bauchemie außerhalb der Elementanalytik

14.2.1 Allgemeines

Die Prinzipien der gravimetrischen und volumetrischen Methoden sowie die Anwendung zur chemischen Elementanalyse wurden bereits in Kap. 13.2 beschrieben, die Nutzung von Farbreaktionen in Kap. 13.3. Zahlreiche Anwendungen betreffen jedoch auch Analysen außerhalb der Elementanalytik. Diese werden im Folgenden beschrieben.

14.2.2 Bestimmung des Epoxydäquivalentes, der Expoxidzahl oder des Epoxid-Wertes

Die Bestimmung dieser Größen erfolgt nach DIN EN 1877-1 mit Hilfe einer pH- oder potentiometrischen **Titration**, bei der die Reaktion der Epoxidgrupen mit Bromwasserstoff genutzt wird. Das Epoxidäquivalent bzw. Epoxid-Äquivalent-Gewicht ist die Harzmenge in Gramm, die 1 Mol Epoxidgruppen enthält. Division von 100 durch das Epoxid-Äquivalent ergibt den Expoxidwert. Das Molgewicht einer Epoxidgruppe mal 100 dividiert durch das Epoxid-Äquivalent ergibt die Expoxidzahl. Die Methode ist nicht auf stickstoffhaltige Epoxidharze anwendbar. Die Bestimmung des Epoxidäquivalentes nach DIN EN ISO 3001 arbeitet ebenfalls mit diesem Verfahren. Es wird jedoch auch ein Verfahren angegeben, das für Epoxidamine anwendbar ist. Beim Verfahren von Kleeberg und Jung nach DIN 16945 wird das gelöste Harz mit Methylethylketon-Salzsäure-Lösung im Überschuss zur Reaktion gebracht. Die Bestimmung des Epoxid-Äquivalentes erfolgt durch Titration der nicht verbrauchten Säure.

14.2.3 Bestimmung der Aminzahl

Die Bestimmung der Aminzahl von Aminhärtern von Expoxidharzen erfolgt nach DIN EN 1877-2 mit Hilfe einer **pH- oder potentiometrischen Titration** des Amins mit Perchlorsäure. Als **Totalbasizität** wird die Menge an Perchlorsäure bezeichnet, die zur Aminneutralisation pro Gramm Material benötigt wird.

14.2.4 Bestimmung des Isocyanatgehaltes

Der Isocyanatgehalt ist der Anteil der Isocyanatgruppen in M.-% am Probenmaterial. Die Prüfung nach DIN EN 1242, einer Norm für Klebstoffe, erfordert die Lösung des Probenmaterials in einem organischen Lösungsmittel. Durch Zusatz von Dibutylamin im Überschuss erfolgt eine Reaktion zu Urethan. Die nicht umgesetzte Menge an Dibutylamin wird durch **potentiometrische oder pH-Titration** mit Salzsäure ermittelt. Dieses Verfahren ist auch Bestandteil der DIN EN ISO 11909.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.2.5 Bestimmung der Hydroxylzahl OH_V und des Hydroxylgehaltes

Das Verfahren ist eine Methode zur Bestimmung von Polyolen. Grundlage der volumetrischen Bestimmung der Hydroxylzahl und des Hydroxylgehaltes von Harzen nach DIN EN 1240 und DIN 53240-2 ist die Acetylierung der Hydroxylgruppen, in einer Lösung von Essigsäureanhydrid in Pyridin. Durch Zugabe von Wasser wird der Essigsäureanhydridüberschuss in Essigsäure umgesetzt und deren Konzentration über eine Titration mit Kaliumhydroxidlösung analysiert. Weitere Prüfnormen zur Bestimmung der Hydroxylzahl sind DIN EN ISO 2554 und DIN EN ISO 4629 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe). Als Hydroxylzahl bezeichnet man die Menge an Kaliumhydroxid in Milligramm, die notwendig ist für die Neutralisation derjenigen Menge an Essigsäure, die während der Acetylierung mit 1 g des Prüfmaterials reagiert. Der Anteil der im Produkt enthaltenen Hydroxylgruppen in M.-% bezeichnet man als Hydroxylgehalt.

14.2.6 Bestimmung der Säurezahl

Die Säurezahl gibt an, wieviel Kaliumhydroxid in Milligramm erforderlich ist, um ein Gramm des Probenmaterials zu neutralisieren. Die Bestimmung der Säurezahl kann nach DIN EN 1241 bzw. DIN EN ISO 2114 erfolgen. Die Probe wird in Lösung gebracht und anschließend mit Kaliumhydroxidlösung mittels Farbindikator oder potentiometrisch titriert. Die Prüfung ist für einige Klebstoffe und andere Kunststoffe relevant.

14.2.7 Bestimmung des Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen

Durch Verdampfen der flüchtigen Anteile von Beschichtungsstoffen oder Kunststoffen in einem Wärmeschrank wird der Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen des Materials gravimetrisch nach DIN EN ISO 3251 bestimmt. Dieser hängt von der Prüftemperatur und -dauer ab und ist somit ein von den Prüfbedingungen abhängiger Relativwert.

14.2.8 Bestimmung des Glühverlustes und Bestimmung der Asche

Zu den gravimetrischen Methoden gehört letztlich auch die Bestimmung des Glühverlustes **(LOI)**, z. B. auf der Grundlage von DIN 18128 (Bodenproben), DIN EN 1744-1 (Gesteinskörnungen), in der auch Anmerkungen zur Höhe der Glühtemperatur enthalten sind, DIN EN 459-2 (Baukalk), DIN EN 12878 (Pigmente) und DIN EN 13820 (Wärmedämmstoffe), bei denen der Glühverlust zur Bestimmung des Gehaltes an organischen Bestandteilen eingesetzt wird.

Bei der Bestimmung des Glühverlustes interessiert der Gewichtsverlust, d. h. das was aus der Probe heraustritt. Bei der Veraschung von Proben interessiert das was nach der Glühbehandlung übrigbleibt. Die Bestimmung der Asche nach DIN EN ISO 3451-1 bei polymeren Stoffen erfolgt durch Verbrennen des organischen Anteils und Glühen des Rückstandes bis Massekonstanz, ggf. mit Schwefelsäurebehandlung vor oder nach dem Verbrennen. Ähnlich erfolgt auch die Bestimmung der Asche in Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln nach DIN 52005 sowie die Bestimmung des Aschegehaltes von Naturasphalt nach DIN EN 12697-47.

14.2.9 Bestimmung des Glas- und Füllstoffgehaltes in faserverstärkten Kunststoffen

Zur Bestimmung des Glas- und Füllstoffgehaltes glasfaserverstärkter Kunststoffe nach DIN EN ISO 1172 wird das Probenmaterial geglüht, um das Harz zu verbrennen und, soweit vorhanden, der Füllstoffgehalt mit Säure aufgelöst. Die Analyse erfolgt über die Gewichtsveränderungen. Dieses Verfahren kann auch zur Prüfung des Glührückstandes von **Schlauchlinern** eingesetzt werden.

14.2.10 Phasenanalyse von Gips und Nachweis von Gipsadditiven

Hinweise zur Phasenanalyse im System $CaSO_4$-H_2O mit Hilfe von gravimetrischen Methoden finden sich in: Phasenanalyse von Gips, Zement Kalk Gips, Bd. 42, S. 244–246, 1989. Von Henning und Rauschenbach (Henning, O., Rauschenbach, F.: Die Analyse von chemischen Zusätzen in Gipsprodukten, Zement,

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kalk, Gips, 8, 1990, S. 413–414) wurden nasschemische Verfahren zum Nachweis von Gipsadditiven zusamengestellt, die entweder direkt am Gips oder an wässrigen Auszügen durchgeführt werden (s. a.: Reul, H.: Handbuch der Bauchemie, Verlag für chem. Industrie, H. Ziolkowsky, Augsburg, 1991).

14.2.11 Nachweis von erhärtungsstörenden organischen Stoffen sowie von Tonen in Gesteinskörnungen

Die Prüfung von Gesteinskörnungen auf organische Bestandteile, die die Erhärtung **zementgebundener Stoffe** stören, kann erfolgen, in dem die Gesteinskörnung mit Natronlauge versetzt wird. Spätestens nach einem Tag zeigt sich bei vorhandenen organischen Stoffen eine dunkle Verfärbung, die mit der Farbe einer Bezugslösung verglichen werden kann. Das **Natronlaugeverfahren** ist in DIN EN 1744-1 beschrieben.

Eine weitere Prüfung auf erhärtungsstörende Stoffe in Gesteinskörnungen bzw. Boden ist die Analyse der **Fulvosäuren**, einer Gruppe von Huminsäuren. Das Verfahren ist in DIN EN 1744-1 beschrieben. Es beruht auf einer **Farbreaktion** der Säuren nach Lösung in Salzsäure. Die Färbung wird mit der Farbe einer Bezugslösung verglichen.

Besser ist es jedoch, aus der Gesteinskörnung einen Mörtel herzustellen sowie zum Vergleich einen gleichen Mörtel mit der Gesteinskörnung nach einer Glühbehandlung (480 °C). Durch das Glühen werden organische Stoffe zerstört. Das **Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten** dieser Mörtel wird dann vergleichend beurteilt. Dieses Verfahren ist in DIN EN 1744-1 beschrieben.

Vereinfachend kann auch ein Vergleichsmörtel mit gleichem Mischungsverhältnis Zuschlag/Zement und gleichem Wasserzementwert, aber einem inerten Zuschlag hergestellt werden und die Erhärtungsprüfung als Ritzhärteprüfung der Oberfläche im jungen Alter durchgeführt werden. Es ist auch möglich einen Auszug aus der zu prüfenden Gesteinskörnung als Anmachwasser für einen Zementmörtel zu verwenden und die Erstarrungszeit mit einem entsprechenden Mörtel, hergestellt mit Wasser, zu vergleichen. Dieses Verfahren nutzt DIN EN 1744-6 bei rezyklierten Gesteinskörnungen.

Tonminerale in Gesteinskörnungen können nach DIN 52106 durch Anfärbung mittels Benzidinlösung oder Alizarinrot-Lösung nachgewiesen werden.

14.2.12 Nachweis von Zucker in Anmachwasser für zementgebundene Werkstoffe

Zucker können die Zementerhärtung erheblich stören oder ganz unterbinden. Ein Nachweis von Glukose ist mit Glukose-Teststäbchen möglich (**Fertigtest**). Saccharose kann durch Vermischen der Lösung mit α-Naphtollösung und Unterschichten mit Schwefelsäure nachgewiesen werden. Saccharose führt zur Entstehung einer Verfärbung an der Grenzschicht. Das Prüfverfahren ist beschrieben in:

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant).

Analog zur in Kap. 14.2.11 beschriebenen Vorgehensweise bei erhärtungsstörenden Stoffen in Gesteinskörnung kann auch mit zu untersuchendem Zugabewasser eine Mörtelprüfung durchgeführt werden. Bestandteil der Mörtelprüfung kann beispielsweise eine Prüfung des Erstarrens, des Erhärtens und der Raumbeständigkeit sein.

14.2.13 Nachweis von Eiweiß in Baustoffen

Über die Reaktion des Baustoffs mit ethanolischer Ninhydrin-Lösung kann über eine **Färbereaktion** Eiweiß im Baustoff nachgewiesen werden. Näheres ist beschrieben in: Arens, P.: Untersuchung und Entwicklung von Gipsmörteln für den Außenbereich unter besonderer Berücksichtigung der Wasserresistenz, Dissertation, Universität Siegen, 2002.

14.2.14 Nachweis von Harnstoff bzw. Harnstoff-Formaldehyd-Harz

Die **Feuchteresistenz** und Wärmeempfindlichkeit von Klebern für Brettschichtholz hängt stark von der Art des Klebers ab. Reste von Harnstoff in Harnstoff-Formaldehyd-Harzen schlagen nach Besprühen mit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dimethylaminozimtaldehyd und Erwärmen in einen roten Farbton um. Damit ist ein Nachweis des stark wasserempfindlichen Harnstoff-Formaldehyd-Harzes möglich. Weitergehende Analysen von Klebstoffen für Holz sind mit Infrarotspektroskopie möglich, siehe unter Kap. 14.7.5.

14.2.15 Bestimmung des Formaldehydgehaltes von Holzwerkstoffen

Die Bestimmung des Formaldehydgehaltes von Holzwerkstoffen beruht auf einer Extraktion, der Überführung des Formaldehyds in Diacetyldihydrolutidin und die photometrischen Analyse dieser Substanz **(Acetylaceton-Methode)**. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 120.

14.2.16 Chrom (VI) Analyse in Zement

Das allergieauslösende Chrom(VI) in Zementen kann colorimetrisch (Nutzung einer **Farbreaktion**) oder auch **ionenchromatographisch** quantifiziert werden. Das Verfahren nach DIN EN 196-10 nutzt eine **photometrische** Methode. Es wird ein Frischmörtel hergestellt, die Lösungsphase durch Vakuumfiltration gewonnen, das Chrom (VI) in einen farbigen Komplex überführt und photometrisch analysiert.

14.2.17 Bestimmung des freien CaO (Freikalk) und Calciumhydroxids in Baustoffen

Nach DIN EN 451-1 wird der Gehalt an freiem CaO in Flugaschen ermittelt, in dem der Freikalk mittels **Extraktion** mit Acetessigsäureethylester aus dem Festkörper herausgelöst wird und die Konzentration im Filtrat durch **Titration** mit Salzsäure ermittelt wird.

DIN EN 1744-1, eine Prüfnorm für Gesteinskörnungen, nennt verschiedene Prüfverfahren zur Bestimmung des freien CaO. CaO und $Ca(OH)_2$ werden mit Ethylenglycol aus dem Festkörper **selektiv extrahiert**. Der Calciumgehalt in dem Auszug wird dann durch komplexometrische Titration oder durch **Leitwertbestimmung** analysiert. Auch eine ähnliche Methode wie nach DIN EN 451-1 ist in dieser Norm als Alternativverfahren genannt und beschrieben.

Die Extraktion mit Acetessigsäureethylester mit anschließender Analyse des Calciumgehaltes in der Lösung durch Titration mit Salzsäure beruht auf der bekannten Methode nach Franke, die beschrieben ist in: Franke, B.: Bestimmung von Calciumoxid und Calciumhydroxid neben wasserfreiem und wasserhaltigem Calciumsilikat, Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, Bd. 247, S. 180–184, 1941.

Alle genannten Prüfverfahren erfassen gleichzeitig auch das vorhandene $Ca(OH)_2$. Die getrennte Ermittlung von freiem CaO und $Ca(OH)_2$ ist z. B. mit **Röntgenpulverdiffraktometrie** möglich (s. Kap. 14.5.9).

14.2.18 Bestimmung braunverfärbender Eisensulfide in Gesteinskörnung

Eisensulfide in Gesteinskörnung können erkannt werden, wenn sie relativ schnell reagieren, in dem die Körnung in gesättigte Calciumhydroxidlösung eingebracht wird. Es bilden sich dann Niederschläge von Eisen(II)- und später Eisen(III)-Verbindungen, die durch ihre grüne bzw. braune Farbe auffallen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1744-1.

14.2.19 Bestimmung des Kondensationsgrades gelöster Silikatanionen mit der Molybdatmethode und anderer chemischer Methoden

Bei der Reaktion gelöster Kieselsäure mit Molybdänsäure entsteht farbige Silicomolybdänsäure, deren Konzentration kolorimetrisch ermittelt werden kann. Die Kinetik dieser Reaktion wird vom Kondensationsgrad der vorliegenden Silikatanionen bestimmt und kann analytisch zu deren Bestimmung genutzt werden. Weiterführende Literatur:

Stade, H.: Zur Bildungskinetik der b-Dodekamolybdatokieselsäure, 1. Die Umsetzung von Monokieselsäure mit Molybdänsäure, Z. anorg. allg. Chem., Bd. 441, S. 29–38, 1978.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Stade, H.: Zur Bildungskinetik der b-Dodekamolybdatokieselsäure, 2. Die Umsetzung von kondensierten Kieselsäuren mit Molybdänsäure, Z. anorg. allg. Chem., Bd. 446, S. 5–16, 1978.

Neben der Molybdatmethode kann auch die sogenannte **TMS-Methode** zur Untersuchung der Struktur gelöster Silikationen verwendet werden. Informationen dazu können entnommen werden aus:

Taylor, H.F.W.: Cement Chemistry, 2nd ed., Thomas Telford, London, 1997, Kap. 4.3.3.

14.2.20 Bestimmung der kalklösenden Kohlensäure in Wasser

Eine mit Calciumcarbonatpulver im Überschuss versetzte Probenflasche wird totvolumentfrei mit der frischen Lösung gefüllt. Zum Vergleich wird eine weitere Flasche ohne Calciumcarbonatpulver mit dem Wasser gefüllt. Der Gehalt an kalklösender Kohlensäure in der Teilprobe führt zur Lösung eines Teils des Pulvers. Die überstehende klare Lösung der Proben mit und ohne Calciumcarbonatpulver wird jeweils mit Salzsäure titriert. Aus der Differenz der beiden Salzsäurevolumen lässt sich der angreifende CO_2-Gehalt des Wassers berechnen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 13577. Es handelt sich dabei um den sogenannten **Marmorversuch nach Heyer**, der auf das Jahr 1888 zurückgeht.

14.2.21 Kalkgehaltsbestimmung in ansonsten säureunlöslichen Materialien

Die Bestimmung des Carbonatgehalts in ansonsten säureunlöslichen Materialien durch Messung des entstehenden Gasvolumens bei Reaktion der Carbonate mit Salzsäure kann erfolgen auf der Grundlage von DIN 18129 bzw. DIN ISO 10693 **(Scheibler Gerät)**. Dabei handelt es sich um Prüfnormen für Bodenproben.

14.3 Phasenanalye mittels Rasterelektronenmikroskop, Elektronenstrahl-Mikrosonde und Transmissions-elektronenmikroskop

14.3.1 Allgemeines

»Durch die Möglichkeit, einzelne Phasen optisch betrachten zu können (Kristallform) und gleichzeitig chemische Punktanalysen durchführen zu können, lässt sich das Rasterelektronenmikroskop mit EDX auch zur Phasenanalytik einsetzen.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Gleiches gilt auch für die Elektronenstrahl-Mikrosonde und das Transmissionselektronenmikroskop. Die Geräte werden grundsätzlich in Kap. 13.10 beschrieben. Auf die Anwendung der Mikroskopie zur Gefügeanalyse wird in Kap. 20.3 eingegangen.

Das Transmissionselektronenmikroskop ermöglicht außerdem die Aufnahme von **Elektronenbeugungsbildern**, die Informationen über die Kristallstruktur der untersuchten Phasen enthalten. Kristalline Stoffe, die aufgrund ihrer sehr kleinen Korngröße bei Beugungsexperimenten mit Röntgenstrahlen bereits **röntgenamorph** erscheinen, können mittels Elektronenbeugung noch als kristallin identifiziert werden.

14.3.2 Nachweis von Asbest, anderer Fasern, von Schwermetallen und Bestimmung des Asbest-Fasergehaltes in der Raumluft

Anhand der Morphologie und der chemischen Zusammensetzung lassen sich Asbestfasern in Baustoffen nachweisen und von anderen Fasertypen unterscheiden. Typisch für Asbestfasern ist das Aufsplitten am Ende (Unterscheidung gegenüber Cellulosefasern) und das Fehlen von Schmelztröpfchen (treten in vielen Glasfasern auf). Die Form von Asbestfasern kann unterschiedlich sein. Chrysotilasbest zeigt typischerweise gekrümmte Faserbüschel, Hornblendeasbest jedoch gerade Fasern mit konstantem Durchmesser.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

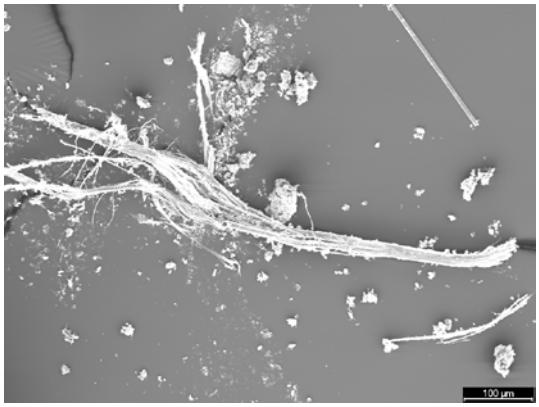


Abb. 152 Asbestfasern (Mitte), rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Foto: H. Schmidt.

Im Normalfall geschieht der Nachweis und auch die Zählung von Fasern mittels Rasterelektronenmikroskop. Grundlage ist die VDI-Richtlinie 3492. Auch BGI (Berufsgenossenschaftliche Informationen) 505-46 beschäftigt sich mit der Analytik anorganischen Fasern mittels Rasterelektronenmikroskopie. Möglich ist der Asbestnachweis jedoch auch durch **Lichtmikroskopie** sowie eine Kombination aus Lichtmikroskopie und **Röntgendiffraktometrie**. Auch **Infrarotspektroskopie** kann eingesetzt werden. Die VDI-Richtlinie 3866 behandelt die verschiedenen Verfahren sowie die **Probenentnahme und -präparation**. Auch BGI 505-31 beschäftigt sich mit einem lichtmikroskopischen Verfahren zur Bestimmung lungengängiger Fasern sowie BGI 505-30 mit der Infrarotspektroskopie von Asbest.

Bei einigen Probenmaterialien ist es notwendig das organische Bindemittel zu veraschen. Dabei dürfen die Asbestfasern nicht über 500 °C erwärmt werden **(Kaltveraschung)**. Wird Asbest nachgewiesen, greift bei schwach gebundenen und einigen anderen Asbestprodukten die Asbest-Richtlinie (Asbest-Richtlinie – Richtlinie für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden) sowie in jedem Fall die entsprechenden Technischen Regeln für Gefahrstoffe, z. B. die **TRGS** 519 (Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten).

Bei der Bestimmung der Faserkonzentration in der Luft werden die Fasern mittels einer Luftprobenahme auf einem Filter gesammelt, mit dem REM identifiziert und ihre Konzentration bestimmt.

Bei der Analyse auf Asbest im Rasterelektronenmikroskop mit energiedispersiver Röntgenanalyse kann gleichzeitig nach **Schwermetallen** gesucht werden, was für viele Anstrichstoffe relevant ist **(Blei)**. Bei der Untersuchung von Anstrichen auf Asbest und Schwermetalle im Verantwortungsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung greift der Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. **PAK**-haltigen Altanstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV (Asbest-/PAK-Leitfaden) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Die Analyse luftgetragener Asbestkonzentrationen allgemein ist auch Gegenstand der DIN EN ISO 16000. Die Analyse mittels Rasterelektronenmikroskop ist Gegenstand der ISO 14966, die Analyse mittels Transmissionselektronenmikroskop ist Gegenstand der ISO 10312 und der ISO 13794.

14.4 Polarisations- und Fluoreszenzmikroskopie

14.4.1 Allgemeines

Die lichtoptische Gesteins- oder Baustoffmikroskopie arbeitet mit **Dünnschliffen, Anschliffen oder Streupräparaten**. Die meisten Minerale sind in sehr kleinen Dicken durchsichtig. Nichtmetallische Baustoffe können deshalb in Durchstrahlungstechnik (Transmission) oder im Auflicht (Reflexion) untersucht werden. Metalle, Erze und einige andere Stoffe werden auch bei kleinen Dicken nicht durchsichtig und

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

werden im Auflicht mikroskopiert. Auch bei der Zementmikroskopie werden meistens Anschliffe im Auflicht untersucht.

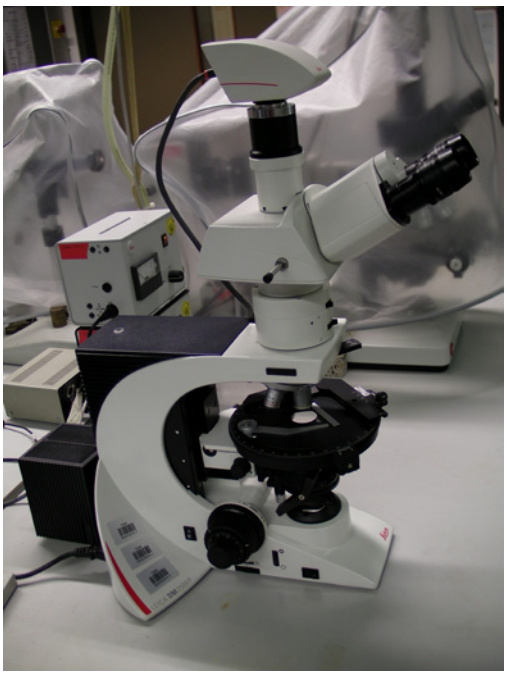


Abb. 153 Klassisches Durchlicht-Polarisationsmikroskop mit Drehtisch, Polarisator, Analysator, Amici-Betrand-Linse zur Konoskopie und Kamerasystem.



Abb. 154 Motorisiertes Auflicht-/Durchlichtmikroskop mit Bildanalysesystem.

Die maximale Auflösung bei der Lichtmikroskopie liegt bei etwas unter 1 µm. Mit jedem Lichtmikroskop erhält man aus dem Bildeindruck zunächst Informationen über das **Gefüge** des Materials. Die Struktur des sichtbaren Porenraums, die **Korngrößen, Kornformen, Anlösungseffekte** sowie **Textureffekte** können ermittelt werden. Daneben sind auch typische Merkmale der einzelnen Phasen wie Kristallformen, Spaltbarkeiten, Eigenfarbe usw. sichtbar.

Durch Beobachtung des von der **Brechzahl** abhängigen Reliefs (scheinbares Hervortreten oder Zurücktreten einer Phase gegenüber der Schliffebene) und der sogenannten Beckeschen Linie an der Grenzfläche zweier Phasen kann die Brechzahl abgeschätzt und analytisch genutzt werden. Bei Streupräparaten kann die Brechzahl durch die Verwendung unterschiedlicher Immersionsflüssigkeiten sogar recht genau bestimmt werden. Bei gleicher Brechzahl von Korn und umgebender Flüssigkeit verschwindet die Phasengrenzfläche zwischen Korn und umgebenden Medium.

Im Gegensatz zur »normalen« Mikroskopie durchläuft das Licht beim Polarisationsmikroskop zunächst einen Polarisator. Die Beleuchtung erfolgt mit linear polarisiertem Licht. Dadurch ist bei einigen Stoffen bereits ein typischer Wechsel der Farbe bzw. Farbintensität beim Drehen des Objektes sichtbar, der analytisch genutzt wird (Pleochroismus). Durch Ätz- und Färbemethoden können weitere spezifische Farbeffekte hervorgerufen werden.

Schaltet man zwischen Objekt und Okular einen weiteren Polarisator ein (Analysator), dessen Schwingungsebene senkrecht zu der des Polarisators liegt (gekreuzte Polarisatoren), sind weitere Eigenschaften kristalliner Stoffe analytisch nutzbar. In optisch isotropen Stoffen, das sind alle nichtkristallinen (amorphen) Stoffe oder kristalline Stoffe mit kubischer Symmetrie ohne Spannungsdoppelbrechung, wird das Licht lediglich gebrochen. Bei gekreuzten Polarisatoren erscheinen solche Phasen deshalb schwarz.

In anisotropen kristallinen Stoffen wird Licht in zwei senkrecht zueinander schwingende linear polarisierte Wellen gespalten, die sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fortpflanzen und damit unterschiedliche

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Brechungsindizes haben (Doppelbrechung). Diese Phasen zeigen beim Drehen einen Wechsel zwischen Schwarz (Auslöschung) und einer Interferenzfarbe, die von der Dicke des Korns, der Doppelbrechung und der kristallographischen Lage im Dünnschliff abhängt. Mit Hilfe von Kompensatoren kann bei geeignet geschnittenen Körnern damit die substanzspezifische Doppelbrechung ermittelt werden.

Weitere wichtige Identifizierungsmerkmale sind die Lage der Auslöschung zu den anhand kristallographischer Merkmale identifizierbaren Kristallachsen (Auslöschungsschiefe), der sogenannte optische Charakter der Hauptzone sowie typische Zwillingsbildungen.

Neben diesen Beobachtungen im orthoskopischen Strahlengang ist es mit einem Polarisationsmikroskop auch möglich, Kristalle mit einem Lichtkegel in verschiedenen Richtungen zu durchstrahlen und das bei gekreuzten Polarisatoren in der oberen Brennebene des Objektivs entstehende Interferenzbild zu betrachten (konoskopischer Strahlengang). Mit dieser Technik ist der optische Charakter von Kristallen (optisch ein- oder zweiachsig, positiv oder negativ) bestimmbar sowie der optische Achsenwinkel 2V abschätzbar. Die Konoskopie erfordert jedoch relativ große Kristalle, von mindestens 60 µm Größe. Alle diese Eigenschaften sind für analytische Zwecke nutzbar. Mikroskope lassen sich außerdem mit Heiztischen ausrüsten, die eine Beobachtung temperaturabhängiger Veränderungen zulassen.

Damit ist das Polarisationsmikroskop ein Instrument zur Phasen- und indirekt auch zur Elementanalyse. Neben den spezifischen Zusatzeinrichtungen benötigt ein Polarisationsmikroskop eine spannungsfreie Optik. Die mikroskopische Untersuchung von Gefügemerkmalen wird in dem Kap. 20.3 beschrieben. Die mikroskopische Untersuchung von Dispersionen wird beschrieben in Kap. 17.4.

Moderne Geräte sind meistens sowohl als **Durchlicht-, als auch als Auflichtmikroskope** einsetzbar. Die Abschätzung von Flächenanteilen am Schliff ermöglicht es, die Polarisationsmikroskopie leicht als halbquantitative Methode einzusetzen. Quantitative Analysen erfordern das Auszählen von Punkten (point counter), wobei etwa 3000 bis 4000 Punkte ausgezählt werden müssen. Sind die Körner regellos orientiert, können die Flächenanteile mit den Volumenanteilen gleichgesetzt werden. Durch Multiplizieren mit der Dichte der Phasen kann von den Volumenanteilen auf die Masseanteile geschlossen werden. Das manuelle Auszählen kann durch **bildanalytische Methoden** ersetzt werden, wenn die Kontraste dies zulassen und eine Gleichwertigkeit nachgewiesen wird.

Fluoreszenzmikroskope können mit Vorteil eingesetzt werden, wenn die Größe, Menge und Verteilung fluoreszierender Stoffe festgestellt werden soll. Die Analyse wird erleichtert, in dem durch entsprechende Filter nur kurzwelliges Licht auf die Probe gelassen wird und nur das langwelligere Fluoreszenzlicht von der Probe beobachtet wird. Fluoreszierende Farbstoffe können auch in Harze eingefügt werden, die zur Füllung des Porenraums poröser Stoffe eingesetzt werden.

Weiterführende Literatur:

Adams, A.E.; MacKenzie, W.S.; Guilford, C.: Atlas der Sedimentgesteine in Dünnschliffen, Enke, Stuttgart, 1986.

Beljakin, D.S.; Lapin, W.W., Iwanow, B.W.: Technische Petrographie, Bauverlag, Wiesbaden, 1960.

Hammer, M.: Entwicklung mineralogischer Färbetechniken und ihre Anwendung auf spezifische Betonphasen zur Analyse der Zusammensetzung von zementgebundenen Baustoffen, Dissertation Universität Halle-Wittenberg, 2007.

Kern, M.; Trempler, J.: Beobachtende und messende Mikroskopie in der Materialkunde, Brünne Verlag, Berlin, 2007.

MacKenzie, W.S.; Adams, A.E.: Minerale und Gesteine in Dünnschliffen, Enke, Stuttgart, 1995.

MacKenzie, W.S.; Guilford, C.: Atlas gesteinsbildender Minerale in Dünnschliffen, Enke, Stuttgart, 1981.

Müller, G.; Raith, M.: Methoden der Dünnschliffmikroskopie, 5. Aufl., Clausthaler Tektonische Hefte 14, Verlag Sven von Loga, 1993.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ney, P.: Gesteinsaufbereitung im Labor, Enke Verlag, Stuttgart, 1986 (enthält auch Informationen zum selektiven Ätzen und Anfärben).

Pichler, H.; Schmitt-Riegraf, C.: Gesteinsbildende Mineral im Dünnschliff, Enke, Stuttgart, 2. Aufl., 1993.

St. John, D.A.; Poole, A.W.; Sims, I.: Concrete petrography, Arnold, London, 1998.

Tröger, E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1, Schweizerbart, Stuttgart, 1959.

Winchell, A.W.; Winchell, H.: The microscopical characters of artificial inorganic solid substances: optical properties of artificial minerals, Academic Press, New York, 1964.

Yardley, B.W.D., MacKenzie, W.S.; Giulford, C.: Atlas metamorpher Gesteine und ihrer Gefüge in Dünnschliffen, Enke, Stuttgart, 1992.

DIN EN 12407 beschäftigt sich mit der petrographischen Prüfung von Naturstein.

14.4.2 Analysierbare Proben und Probenvorbereitung

Festkörper werden entweder in Form von Dünnschliffen (Durchlicht) oder Anschliffen (Auflicht) untersucht, die vor der Untersuchung hergestellt werden müssen. Die Herstellung dauert einige Tage. Poröse Stoffe werden zunächst mehrfach mit einem Harz getränkt.

Zur Herstellung von Dünnschliffen wird eine Seite der Probe plan geschliffen und auf ein Objektträger aufgeklebt. Dann wird die Probe parallel zum Objektträger abgesägt, auf ca. 30 Mikrometer Dicke abgeschliffen und im Normalfall mit einem Deckglas abgedeckt. Bei feinkörnigen Materialien empfiehlt es sich Dünnschliffe für Untersuchungen im Durchlicht etwas dünner als die üblichen 30 µm zu machen, damit nicht so viele Körner übereinander liegen. Soll der Dünnschliff auch für Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop oder für Analysen mittels µ-RFA eingesetzt werden, kann das Deckglas entfallen und die Schliffoberfläche wird poliert. Die Politur ist in diesem Fall für eine gute mikroskopische Untersuchung notwendig. Mikroskopische Anschliffe haben nur eine plane Fläche, die sorgfältig poliert werden muss.

Schliffe werden im Normalfall unter Verwendung von Wasser gesägt und geschliffen. Sind leichtlösliche Stoffe enthalten, die nicht ausgespült werden sollen, oder sollen Reaktionen mit Wasser ausgeschlossen werden (Zement), kann bei der Herstellung jedoch auch auf andere Flüssigkeiten zurückgegriffen werden. Die Anfertigung guter Dünn- und Anschliffe erfordert viel Erfahrung. Wenn man nicht ständig große Mengen an Schliffen herstellt, ist es deshalb sehr zu empfehlen auf Unternehmen zurückzugreifen, die die Herstellung von Dünn- oder Anschliffen als Dienstleistung auf dem Markt anbieten, z. B. die Fa. BMO-Geoconsultants, Windeck.

Im Vergleich mit Dünn- oder Anschliffen ist die Herstellung von Streuprapäraten denkbar einfach. Das Pulver wird in Luft, Wasser oder Alkohol untersucht oder in eine Immersionsflüssigkeit mit bekanntem Brechungsindex eingestreut und mit einem Deckglas abgedeckt. Streupräparate können auch aus Festkörpern durch Brechen und Mahlen hergestellt werden. Stellt man Streupräparate mit genau definierter Korngröße her können diese phasenanalytisch wie Dünnschliffe ausgewertet werden.

Die Auswertung von mikroskopischen Schliffen kann durch Ätz- und Färbemethoden unterstützt werden. Dies wird insbesondere bei metallographischen Untersuchungen, aber auch bei der Zementmikroskopie intensiv genutzt.

14.4.3 Vergleich mit anderen Methoden

Im Vergleich mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) hat die Polarisationsmikroskopie Vor- und Nachteile. »Häufig hat der geübte Beobachter mit dem Polarisationsmikroskop bereits innerhalb kurzer Zeit einen Überblick über den Phasenbestand einer nicht zu feinkörnigen Probe. Dabei springen zahlreiche Details sofort ins Auge.« Ungewöhnliche Phasen sind auch in kleinen Konzentrationen häufig leichter zu bemerken. »Mit dem REM dauert die Erarbeitung entsprechender Informationen in der Regel länger.«

Beim **REM mit energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX)** beruht die **Phasenanalyse** auf einer Elementanalyse kombiniert mit den in der Abbildung sichtbaren Helligkeitskontrasten und der sichtbaren

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kornform. »Beim Polarisationsmikroskop beruht die Phasenanalyse auf den optischen Merkmalen der Mineralkörner im polarisierten Licht. Aus der Phasenanalyse erhält man natürlich auch Information über die chemische Zusammensetzung der Körner.«

»Als phasenanalytische Methode ist die Polarisationsmikroskopie bei nicht zu feinkörnigen Substanzen außerdem mindestens so leistungsfähig wie die Röntgenpulverdiffraktometrie.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Sie erfordert allerdings größeren Aufwand in der Probenvorbereitung, es sei denn, man kann mit Streupräparaten arbeiten.

Die Polarisationsmikroskopie ist damit ein hervorragendes Werkzeug zur Gefügeuntersuchung und zur ortsauflösenden Phasenanalyse, die auch quantitativ betrieben werden kann. Aus der Phasenanalyse ist näherungsweise auch die chemische Zusammensetzung der Probe berechenbar. Die Polarisationsmikroskopie ist in Deutschland wahrscheinlich die am meisten unterschätzte Methode zur Analyse von Baustoffen, während dies in anderen Ländern durchaus anders ist.

14.4.4 Nachweis von Komponenten in mineralischen Baustoffen im Rahmen einer Identitätsprüfung

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen Hüttensand in sehr geringer Konzentration im Zementstein eines Betons mit Portlandzement. Dieses Charakteristikum des Zementes kann z. B. zur Identitätsprüfung herangezogen werden. Der **Hüttensand** ist scharfkantig mit hohem Relief und erscheint mit gekreuzten Polarisationsfiltern schwarz. Er ist über diese Eigenschaften eindeutig identifizierbar, selbst in sehr niedriger Konzentration. Die Quantifizierung von Hüttensand in Zement und Beton wird beschrieben in Kap. 14.4.5. In ähnlicher Weise sind auch Flugaschen, Trass, verschiedene Fasern und andere Stoffe an charakteristischen Merkmalen identifizierbar.

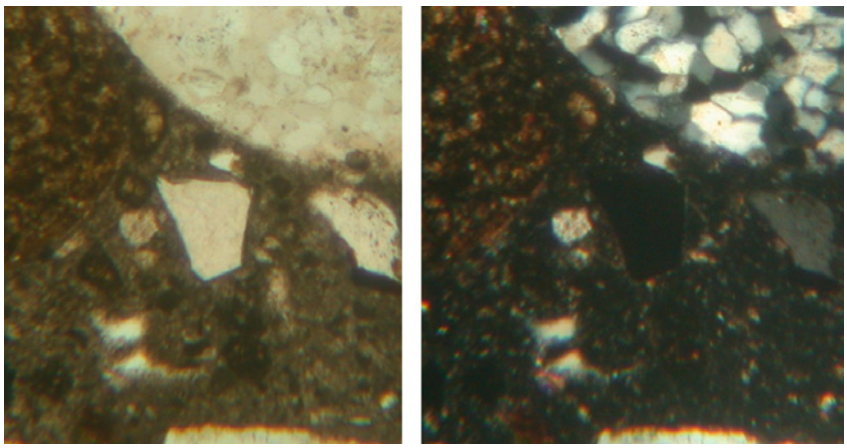


Abb. 155 Beton-Dünnschliff im Durchlicht. Beton mit Portlandzement. Links unten Zementstein, rechts oben Zuschlag. In der Mitte ein Hüttensandkorn als spezifische Verunreinigung. Links ohne, rechts mit gekreuzten Polarisatoren. Maximale Ausdehnung des Korns 190 Mikrometer. Aus: Schmidt-Döhl, F.; Koepke, J.; Schimrosczyk, A.: Testing the identity of cementitious materials by trace element analysis of belite. Proceedings of the 27. Int. Conference on Cement Microscopy, Victoria, Canada, 24.–28.4.2005 und ZKG-International, Bd. 58, Heft Nr. 6, S. 72–79, 2005.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

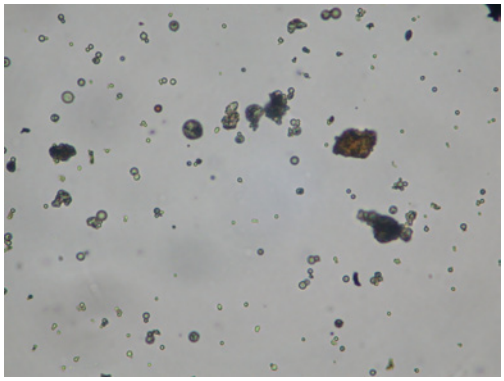


Abb. 156 **Flugaschepartikel** (rund) aufgenommen in stark verdünnter wässriger Suspension. Die großen Körner sind unverbrannte Kohlereste, die erheblichen Einfluss auf den Wasseranspruch einer Flugasche haben. Große, nicht wegreagierte Flugaschekörner sind auch nach sehr langen Zeiträumen in Beton mikroskopisch nachweisbar. Bildbreite 0,28 mm. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

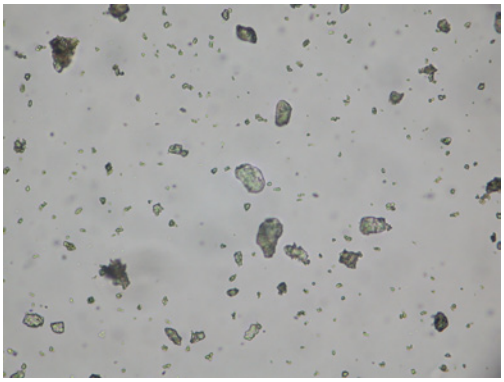


Abb. 157 **Kalksteinmehl** in stark verdünnter wässriger Suspension. Die erheblichen Unterschiede in Korngrößenverteilung und Kornform zur Flugasche sind auf einen Blick erkennbar. Die Gesteinsart eines Gesteinsmehls ist über die Nutzung der phasenanalytischen Möglichkeiten des Polarisationsmikroskops direkt bestimmbar. Bildbreite 0,28 mm. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

14.4.5 Nachweis und Quantifizierung von Hüttensand im Zement und im Festbeton

Im Zement-Streupräparat lässt sich der Hüttensandgehalt lichtmikroskopisch durch Auszählen der leicht erkennbaren Hüttensandkörner ermitteln (scharfkantig, hohes Relief, optisch isotrop), siehe Kap. 14.4.4. DIN 1164-31 beschreibt ein Verfahren auf der Grundlage einer auflichtmikroskopischen Auszählung am Anschliff einer ausgewählten Korngruppe, ggf. mit einer chemischen Korrektur, die die Abweichungen zwischen der Prüfkorngruppe und dem Gesamtzement korrigiert. Auch der DIN Fachbericht CEN/TR 196-4 nutzt die mikroskopische Untersuchung im Auflicht oder Durchlicht zur Analyse des Hüttensandes in Zement. Weitere Informationen insbesondere zur notwendigen chemischen Korrektur der mikroskopischen Analyse können entnommen werden aus: Sylla, H.-M.; Sybertz, F.: Bestimmung des Hüttensandanteils von Portlandhütten- und Hochofenzementen, Zement, Kalk, Gips, Bd. 49, S. 108–113, 1996. Diese Prüfvorschrift ist nach DIN 1164-10 zur Prüfung des Hüttensandgehaltes in Zement in Deutschland vorgegeben. Die röntgenographische Ermittlung des Hüttensandgehaltes in Zementen wird beschrieben in: Schneider, C.; Baetzner, S.: Röntgendiffraktometrische Bestimmung des Hüttensandgehaltes von Zement, Cement International, Bd. 3; S. 96–105, 2005.

Am Festbeton lässt sich eine Quantifizierung des Hüttensandgehaltes nur durch Vergleichsuntersuchungen durchführen, da der Hüttensand bei der Erhärtung hydratisiert und teilweise wegreagiert. Man vergleicht dazu die zu prüfende Probe mit alten Betonproben, die unter verschiedenen Feuchte- und Temperaturbedingungen nachbehandelt worden sind und die unter Verwendung eines Hochofenzementes mit bekanntem Hüttensandgehalt hergestellt worden sind. Dann lässt sich anhand von quantitativen Dünnschliffauswertungen der Asservatprobe und der Vergleichsproben feststellen, ob es sich bei der Asservatprobe um einen Beton mit vergleichbarem Hüttensandgehalt handelt. Eine unterschiedliche Nachbehandlung wirkt sich auf den noch nachweisbaren Hüttensandgehalt erheblich aus. Deshalb müssen Vergleichsproben mit unterschiedlicher Nachbehandlung zur Verfügung stehen und die Nachbehandlungsbedingungen der Asservatprobe müssen bekannt sein. Von Bedeutung ist diese Prüfung beispielsweise zur Beantwortung der Frage, ob ein Beton mit einem **Hochofenzement HS** hergestellt worden ist.

14.4.6 Mikroskopische Untersuchung unhydratisierter Zementreste

Unhydratisierte Zementreste lassen sich bei genügender Größe auch im Dünnschliff mittels Polarisationsmikoskopie erkennen und untersuchen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

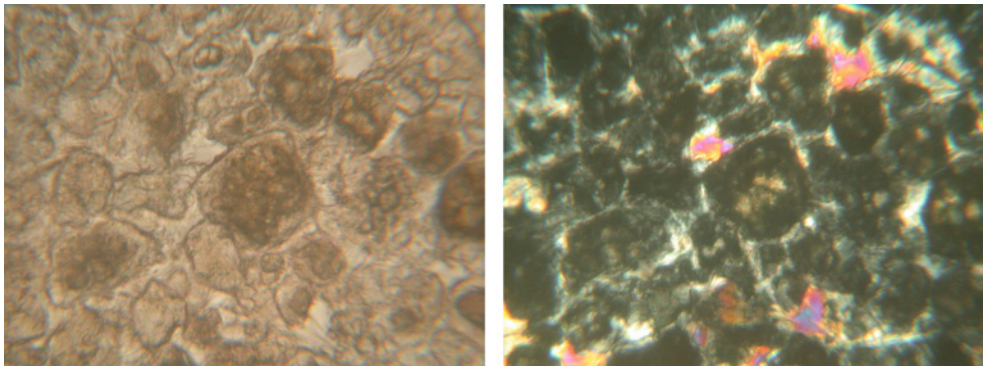


Abb. 158 Links Polarisationsmikroskopisches Bild von groben sedimentierten Zementkörnern. In der Bildmitte ist ein typisches **C_2S-Agglomerat** mit unhydratisiertem Kern und Reaktionssaum erkennbar (hohes Relief). Daneben befinden sich ehemalige **C_3S-Körner**, die fast vollständig hydratisiert sind. In den Zwickeln liegt im Wesentlichen Portlandit vor (niedriges Relief). Rechts: mit gekreuzten Polarisatoren. Portlandit zeigt hohe Interferenzfarben. Die Hydratationsprodukte sind dunkel, aufgrund ihres weitgehend amorphen Charakters. Die Bildbreite beträgt jeweils 0,3 mm. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

14.4.7 Untersuchung von Fliesenablösungen

Werden Fliesen nicht vollflächig verklebt kann in manchen Anwendungsbereichen, z. B. öffentlichen Bädern, alleine durch die normale Hydrolyse des Fliesenklebers die Haftung so gestört werden, dass eine Ablösung auftritt. Mit Lichtmikroskopie kann der Korrosionsvorgang des Fliesenklebers aufgezeigt werden.

14.4.8 Limonit als Ursache von Verfärbungen

Manche **Braunverfärbungen** werden durch Limonitanteile in der Gesteinskörnung hervorgerufen. Diese sind lichtmikroskopisch eindeutig zu identifizieren.

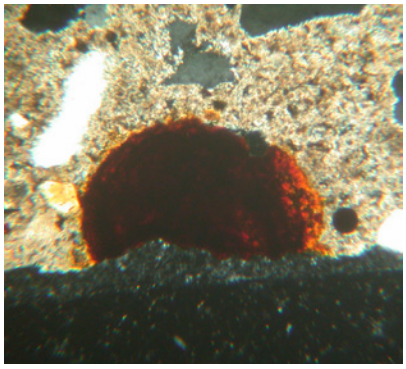


Abb. 159 Limonit als Ursache für die Braunverfärbungen eines Sichtbetons. Gekreuzte Polarisatoren. Maximale Breite des Korns 0,38 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

14.4.9 Anwendung der Fluoreszenzmikroskopie

Die Fluoreszenzmikroskopie erleichtert in Zusammenhang mit fluoreszierenden Harzen die quantitative Analyse des Porenraums, wenn dieser vor der Untersuchung mit dem Harz gefüllt wird. Informationen über die Anwendung eines entsprechenden Fluoreszenzfarbstoffs können z. B. entnommen werden aus:

Street, K.W.; Leonhardt, T.A.: Application of Epodye, Structure (Struers Journal of Metallography), Bd. 31, S. 22, 1997.

Ehrenberg, F.; Diederichs, U.; Rostásy, F.S.: Untersuchungen zur Geometrie der für den Transport aggressiver Lösungen und Schadgase relevanten Porensysteme in Beton, Bericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, 1996.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Fluoreszenzmikroskopie wird auch eingesetzt, um die Polymerverteilung in polymermodifiziertem Bitumen festzustellen. Das Verfahren ist in DIN EN 13632 beschrieben.

14.4.10 Mikroskopie im Zusammenhang mit Alkalireaktion

Die Untersuchung von Gesteinskörnungen im Hinblick auf eine Gefährdung durch Alkalireaktion mittels Polarisationsmikroskopie umfasst folgende Punkte:

- Bestimmung des Mineralbestandes mit besonderem Augenmerk auf SiO_2-Minerale (Quarz, Opal, Chalcedon und Cristobalit), Glas und Schichtsilikate sowie Anzeichen für eine Beanspruchung des Quarzes (undulöses Auslöschen, suturierte Korngrenzen, ausgelängte Körner, Lamellierung, Rekristallisation)
- Verwitterungszustand
- Analyse der Struktureigenschaften (porphyrisch …) und Korngrößen (bei Rhyoliten ist eine Zunahme der Reaktivität mit kleiner werdender Korngröße erkennbar).
- Aussehen der Grundmasse
- Analyse der Textureigenschaften insbesondere im Hinblick auf mögliche Rissbildungen (Schichtungen, Schieferungen, Orientierungen von Mineralen und vorhandene Risse und Poren) und möglicher Transportwege, die das Eindringen von Lösungen erleichtern.

Details, insbesondere zur Bewertung von SiO_2-Mineralen können aus Stark, J.; Erfurt, D.; Freyburg, E.; Giebson, C.; Seyfarth, K.; Wicht, B.: Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Heft 3 der Schriftenreihe des F.A. Finger Instituts für Baustoffkunde, Weimar, 2008, ISBN 978-3-00-024607-4, entnommen werden, das auch für die oben genannten Informationen genutzt wurde.

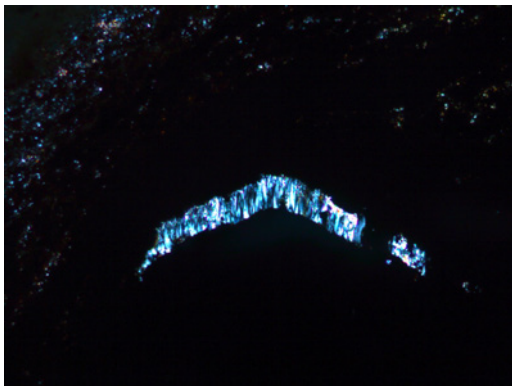


Abb. 160 Chalcedon, ein alkalireaktives SiO_2-Mineral im Gesteinsdünnschliff. Aufnahme mit gekreuzten Polarisatoren.

14.5 Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD bzw. XRPD)

14.5.1 Allgemeines

»Röntgenstrahlung wird von kristalliner Materie gebeugt«, da die Wellenlänge von Röntgenstrahlung im Bereich der Netzebenenabstände liegt. »In Abhängigkeit vom Beugungswinkel entsteht ein substanzspezifisches Muster von Beugungsintensitäten (Reflexe, Peaks).« Dieses wird durch Vergleich mit bekannten Beugungsmustern aus der **PDF-Datenbank** (Powder Diffraction File) des International Centre for Diffraction Data **(ICDD)** zur Phasenanalyse kristalliner Substanzen oder Substanzgemische benutzt. »Die Röntgenpulverdiffraktometrie ist die Standardmethode zur Phasenanalyse von anorganischen Festkörpern.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Da im Bauwesen viele wichtige Phasen, z. B. die **C-S-H-Phase zement-**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

gebundener Baustoffe, amorph sind, schränkt dies die Leistungsfähigkeit der Röntgenpulverdiffraktometrie im Bauwesen etwas ein.

Grundlage für die Röntgenpulverdiffraktometrie ist die Bragg´sche Gleichung, die das Auftreten von Beugungsmaxima beschreibt.

$$2\,d \times \sin\vartheta = n \times \lambda$$

Gl. 22

Mit:

d – Netzebenenabstand

ϑ – der sogenannte Glanzwinkel

λ – Wellenlänge

n – Ordnung (ganze Zahl 1, 2, 3 …)

Die PDF-Datenbank enthält die Beugungsmuster der einzelnen Substanzen in Form von **d-Werten**. Aus der Gleichung ist ersichtlich, dass die Angabe der Beugungsintensitäten in Form von Winkeln die gleichzeitige Angabe der Wellenlänge der Röntgenstrahlung erfordert, sonst ist kein Vergleich mit der PDF-Datenbank möglich. Zumeist wird Kupferstrahlung verwendet, dies ist jedoch nicht selbstverständlich.

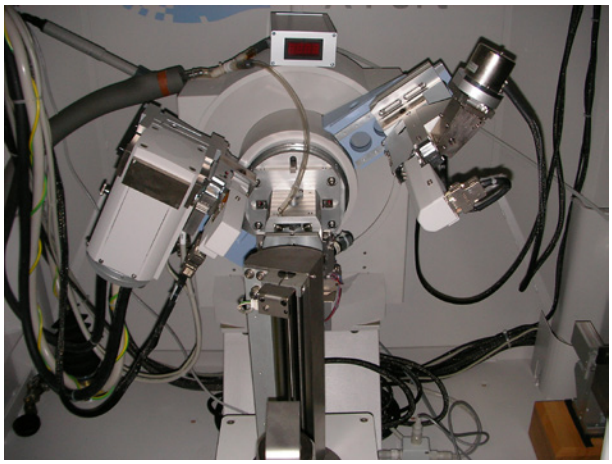


Abb. 161 Röntgenpulverdiffraktometer. Links die Röntgenröhre, in der Mitte eine Probenkammer mit regelbarer relativer Luftfeuchte, davor ein Probewechsler, rechts der Detektor.

Moderne Gerätesoftware bietet die Möglichkeit einer automatischen Auswertung von Diffraktogrammen zur qualitativen Phasenanalyse. Diese automatische Auswertung funktioniert jedoch nur dann zuverlässig, wenn nur wenige Substanzen in hohen Konzentrationen vorliegen. Dies ist bei Baustoffen in der Regel nicht der Fall. Baustoffe sind häufig komplexe Gemische vieler verschiedener Stoffe, wobei die analytisch interessanten Stoffe häufig nur in geringer Konzentration vorhanden sind. Solche Diffraktogramme sind nicht automatisch, sondern nur unter Zuhilfenahme von Vorinformationen über die Probe und mit Erfahrung des Analytikers auswertbar. Bei unbekannten Proben ist es sehr hilfreich, wenn eine **Elementanalyse** vorliegt, so dass die Auswertung auf Stoffe in dem jeweiligen chemischen System beschränkt werden kann.

Die Intensitäten und Intensitätsverhältnisse im Röntgendiffraktogram hängen auch von der Probenpräparation und den sich dabei einstellenden Texturen in der Probe ab. Von besonderer Bedeutung wird die Herstellung homogener, möglichst texturfreier Proben geeigneter Korngröße für die quantitative Röntgenphasenanalyse. Die folgenden Arbeiten gehen auf die Probenpräparation im Zusammenhang mit der quantitativen Untersuchung der Hydratation zementgebundener Baustoffe besonders ein:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Meyer, H.W.; Poellmann, H.; Kuzel, H.J.: X-ray measurements of cement hydration products, Materials Science Forum, 133–136 (Proceedings of the Second European Powder Diffraction Conference, 1992, Pt. 2), 645-50, 1993.

Burke, V.E.; Jenkins, R.; Smith, D.K.: A practical guide for the preparation of specimens for X-ray fluorescence and X-ray diffraction analysis, Wiley-VCH, New York, 1998.

Für die quantitative Röntgenphasenanalyse stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Die Methode mit innerem Standard und die Methode mit äußerem Standard erfordert die Aufnahme von Kalibrierkurven. Eine spezielle Variante der Methode mit inneren Standard ist die **RIR-Methode.** Man nutzt dabei aus, dass das Intensitätsverhältnis des stärksten Peaks vieler Substanzen zum (113)-Peak von Korund in binären Mischungen der Phasen mit Korund im Gewichtsverhältnis 1 : 1 bekannt ist, bzw. selbst gemessen werden kann (RIR-Wert, Referenzintensitätsverhältnis). Durch Messen des Intensitätsverhältnisses in einer Mischung des Pulvers mit unbekannter Konzentration, mit einer bekannten Menge an Korund, kann die unbekannte Konzentration in der Probe gemessen werden.

Eine weitere wichtige Methode der quantitativen Röntgenphasenanalyse ist die Methode der Intensitätsverhältnisse. Sie erfordert die Bestimmung der unbekannten sogenannten G-Faktoren der verwendeten Peaks der enthaltenen Substanzen, wobei eine 100 %-Normierung der Konzentrationen durchgeführt wird. Die Grundlagen der Methoden mit äußerem Standard (vor allem für binäre Gemische), mit innerem Standard und der Methode der Intensitätsverhältnisse können aus dem unten angegebenem Buch von Spieß et al. entnommen werden. Additionsmethoden sind in der Röntgenpulverdiffraktomerie auch anwendbar, aber aufwendig. Kap. 14.5.10 nennt dazu einen Literaturhinweis.

Weit verbreitet in der Baustoffindustrie und in der Baustoffforschung ist inzwischen die **Rietveldmethode**. Stark vereinfacht ausgedrückt werden aus Kristallstrukturdaten der beteiligten Phasen theoretische Pulverdiagramme errechnet und diese möglichst gut an die experimentellen Daten angepasst. Neben den Konzentrationen der beteiligten Phasen werden dabei auch andere Informationen erhalten, wie z. B. die Kristallitgröße. Die Rietveldmethode erfordert qualitativ hochwertige Daten über die Kristallstrukturen aller beteiligten Phasen, die für die wichtigsten Phasen inzwischen vorhanden sind. Die Rietveld Methode ist daher seit einigen Jahren zusammen mit schnellen ortsempfindlichen Detektoren auch zur Prozesssteuerung einsetzbar. Die Unterschiede zwischen verschiedene Laboratorien bei der Analyse gleicher Proben können jedoch noch immer groß sein.

Nichtkristalline Stoffe, wie z. B. Gläser und Polymere, ergeben nur sehr breite Buckel im Röntgendiffraktogramm, die jedoch u. U. auch zur Analyse amorpher Anteile in der Probe herangezogen werden können. Aus der Breite der Reflexe können Rückschlüsse auf die **Kristallgröße** gezogen werden, siehe dazu Kap. 14.5.6.

Mit Hilfe von **Röntgentexturgoniometern** können **Orientierungsparameter der Phasen in der Probe** ermittelt werden. Außerdem kann die Röntgendiffraktometrie zur Ermittlung von **Eigenspannungen** in Werkstoffen herangezogen werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 15305. Zum Microstrain in Quarzkristallen bei der Alkali-Kieselsäure-Reaktion siehe Kap. 14.5.6.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

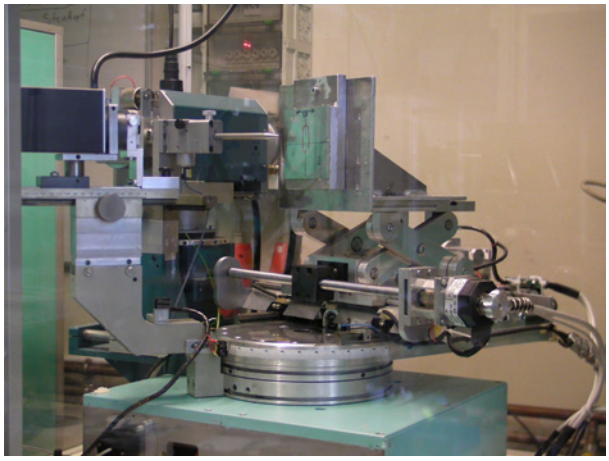


Abb. 162 Röntgenbeugungsapparatur zur Eigenspannungsmessung. Ein Reflex der metallischen Probe (Bildmitte) wird bei verschiedenen Kippwinkeln der Probe zum Strahl gemessen. Die Verschiebung der Reflexlage gibt eine Information über den Eigenspannungszustand, die Form des Reflexes über den Herstellungsprozess der Probe. Versuch: Institut für Füge- und Schweißtechnik der TU Braunschweig.

Ortsauflösende Detektoren erlauben eine schnelle Analyse in wenigen Minuten, so dass auch chemische Reaktionen verfolgt werden können. Untersuchungen, die mit der Strahlung von Röntgenröhren zu lange dauern würden, können außerdem an **Synchrotonquellen** in einem Bruchteil der Zeit durchgeführt werden. Spezielle Röntgenoptiken mit gekreuzten **Göbelspiegeln** (GADDS-System) ermöglichen eine Fokusierung des Röntgenstrahls und eine Auflösung in einer Richtung von bis zu 50 μm. Auf die Kristallstrukturanalyse mittels Röntgenbeugung wird hier nicht eingegangen. Beim Betrieb eines Röntgendiffraktometers ist der **Strahlenschutz** zu beachten. Weiterführende Literatur:

Lifshin, Eric (ed.): X-ray characterization of materials, Wiley-VCH, Weinheim 1999.

Allmann, R.: Röntgenpulverdiffraktometrie, Springer, Berlin, 2002.

Spieß, L.; Teichert, G.; Schwarzer, R.; Behnken, H.; Genzel, C.: Moderne Röntgenbeugung, 2. Aufl., Vieweg und Teubner, Wiesbaden, 2009.

Götz-Neunhoeffer, F.: Modelle zur Kinetik der Hydratation von Calciumaluminatzement mit Calciumsulfat aus kristallchemischer und mineralogischer Sicht, Erlanger Forschungen, Reihe B, Naturwissenschaften und Medizin, Band 29, ISBN: 3-930357-78-X, 2006, 247 S.

Hesse, C.: Der Reaktionsverlauf der frühen Hydratation von Portlandzement in Relation zur Temperatur, Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 2009.

DIN EN 13925. Im Widerspruch zum Titel der Norm DIN EN 13925 muss klar gesagt werden, dass die Röntgenpulverdiffraktometrie bei der Anwendung im Bauwesen in der Regel eine zerstörende Prüfmethode ist, da zur Gewinnung der Probe das Bauteil zerstört werden muss. Lediglich die Probe selbst wird durch die Analyse nicht zerstört.

Hinweise zur Terminologie der Röntgendiffraktometrie enthält DIN EN 1330-11.

14.5.2 Untersuchung der Ursache von Gipsputzablösungen auf Betonuntergründen

Die Ursache für Gipsputzschäden auf Betonuntergründen liegt sehr häufig in einem zu hohem Feuchtegehalt im Betonuntergrund zum Zeitpunkt des Verputzens. Diese Feuchte wird durch die Grenzfläche Beton-Gips transportiert und **schädigt den Verbund**. Ein Indikator für durch zu feuchten Betonuntergrund bedingte Schäden ist die Neubildung von **Syngenit** an der Grenzfläche des Gipsputzes zum Beton, sehr selten tritt auch Ettringit auf.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

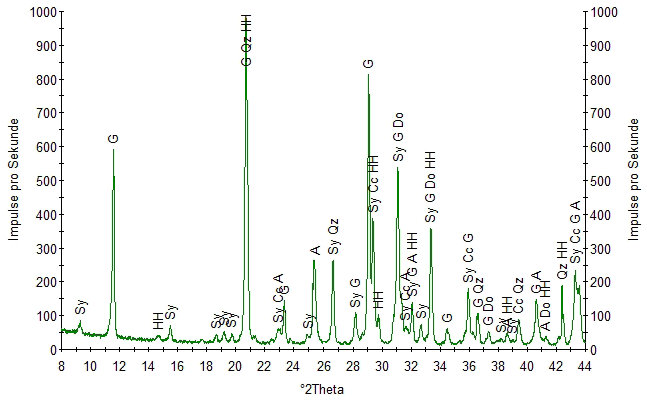


Abb. 163 Röntgenpulverdffraktogramm einer Gipsputzprobe aus einem Schadensfall (Kupferstrahlung). Sy – Syngenit $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$, Cc – Calcit $CaCO_3$, G – Gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, A – Anhydrit $CaSO_4$, Qz – Quarz SiO_2, Do – Dolomit $CaMg(CO_3)_2$, HH – Halbhydrat $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$. Aus: Schmidt-Döhl, F.; Lampe, J.; Schrenk, J.: Ursachen von Gipsputzablösungen auf Wandflächen aus Normalbeton und gefügedichtem Leichtbeton nach DIN 4219, Betonwerk- und Fertigteil-Technik, Bd. 68, S. 54–62, 2002.

Der Syngenitnachweis gelingt nur, wenn die Gipsputzproben auf der Kontaktfläche keiner mechanischen Reibung ausgesetzt waren (einzeln verpacken und nicht gegeneinander reiben) und wenn die Kontaktfläche direkt geröntgt wird. Z. T. konnten in ein und demselben Gebäude unterschiedliche Ursachen für Gipsputzschäden mittels XRD-Methode auseinander gehalten werden (z. B. Feuchte und Zwängung – mit und ohne Syngenitneubildung). Weiterführende Literatur: siehe Bildunterschrift.

Von Heidmann wurden flächenbezogene Syngenitkonzentrationen auch quantitativ bestimmt, in dem auf die Kontaktflächen abgelöster Gipsputze zusätzliches Syngenit aufgebracht wurde und die messbaren Intensitäten in Abhängigkeit von der Auftragsmenge und der Rauhigkeit der Oberfläche ermittelt wurden. Weitere Informationen dazu können entnommen werden aus:

Heidmann, M.; Schmidt-Döhl, F.: Feuchtebedingter Haftungsverlust von Gipsputz auf Beton – Untersuchungen und rechnerische Simulationen. GDCH-Monographie Nr. 44, S. 316–321, 2011.

14.5.3 Ermittlung der Maximaltemperatur bei einem Brand, insbesondere von Beton in der Nähe von Spanngliedern

Am 16.7.2004 kam es zu einem schweren LKW-Brand unter einer Brücke über die A2. Von entscheidender Bedeutung für die Sanierungsfähigkeit der Brücke war die Frage, ob die Maximaltemperatur im Beton in der Nähe der Spannglieder die kritische Temperatur von 300 °C erreicht hat. Anhand von Reaktionen im Beton, die als Thermometer eingesetzt werden können, konnte nachgewiesen werden, dass in 5–10 mm Tiefe unter den Abplatzungen zwar eine Temperatur von 130 °C erreicht wurde (**Ettringitzersetzung**), eine Temperatur von 180 °C jedoch nicht erreicht wurde (**Monosulfat** wurde nicht zersetzt). Dies deckte sich mit Modellberechnungen. Die Brücke konnte dadurch mit relativ geringen Kosten instandgesetzt werden. Weitere Reaktionen in **zementgebundenen Baustoffen** können als **Thermometer** genutzt werden. Bei entsprechenden Untersuchungen muss die mögliche Rückbildung von Phasen bei Abkühlung berücksichtigt werden. Weiterführende Literatur:

Herschelmann, F.; Schmidt-Döhl, F.; Richter, E.; Schwick, W.: Wie heiß wurde der Spannstahl der Brücke über die BAB 2 während des Brandes am 16.07.2004, Beton- und Stahlbetonbau, Bd. 99, Heft 11, S. 865–869, 2004.

Sehr hilfreich bei der Beantwortung der Fage nach den aufgetretenen Temperaturen in einem Brandfall ist auch der folgende Text, wobei auf Beobachtungen während und nach dem Brand sowie Temperaturfeld-Berechnungen zurückgegriffen wird und, im Gegensatz zum Titel, nicht nur der Baustoff Beton behandelt wird:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Haksever, A.; Krampf, L.: Möglichkeiten, nachträglich die in einem Betonbauteil während eines Schadensfeuers aufgetretenen Temperaturen abzuschätzen, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 352, S. 35–65, 1984.

14.5.4 Nachweis von gipshaltigem Mauerwerk

Die Röntgenpulverdiffraktometrie kann zum Nachweis oder Ausschluss von Gipsstein oder Gipsmörtel in historischem Mauerwerk eingesetzt werden. Bei Injektion mit zementhaltigen Stoffen in gipshaltiges Mauerwerk drohen schwere Treibschäden durch **Sulfattreiben**.

14.5.5 Nachweis von neu gebildetem Ettringit und Gips und Sulfattreiben im Beton

In vielen modernen Betonen ist primärer Ettringit enthalten. Dies ist vor allem auf die Stabilisierung von Ettringit durch CO_2 Konzentrationen im Zement zurückzuführen, das durch die pneumatische Förderung in den Zement gelangt. Der Nachweis geringer Konzentrationen von Ettringit kann daher nicht als ein Hinweis auf Sulfattreiben angesehen werden. Treten jedoch sehr hohe Ettringitintensitäten in Beton auf sowie ggf. zusätzlich noch Gips, wie in der Abbildung, ist dies ein deutlicher Hinweis auf Phasenneubildungen im erhärteten Zustand und damit für einen Sulfatangriff. Gips ist in erhärteten Betonen im Normalfall nicht mehr enthalten.

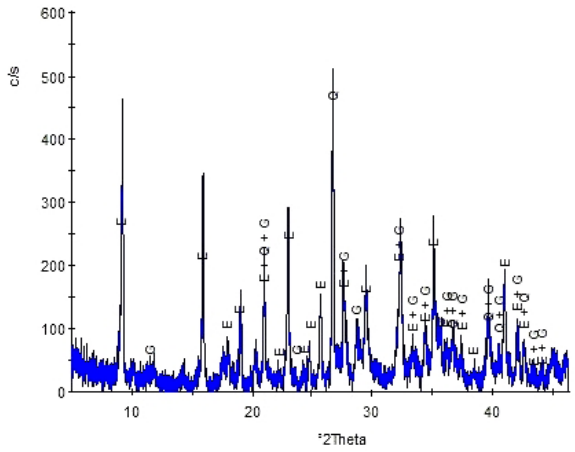


Abb. 164 Röntgenphasenanalyse einer Trennflächensubstanz aus einem Betonbohrkern mit Ettringit- und Gipsneubildung (Kupferstrahlung). E-Ettringit, Q-Quarz, G-Gips. Aufgrund der hohen Intensitäten kann eindeutig auf eine Neubildung von Ettringit geschlossen werden, auch wenn primärer Ettringit heute in vielen Betonen als »normale« Phase in geringen Mengen enthalten ist. Auch ist Gips in erhärtetem Beton normalerweise nicht enthalten. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

14.5.6 Anwendung der Röntgenpulverdiffraktometrie bei Alkalireaktion

Die Untersuchung von **Gesteinskörnungen** im Hinblick auf eine Gefährdung durch Alkalireaktion mittels Röntgendiffraktometrie umfasst folgende Punkte:

- Bestimmung des **Kristallinitätsindex IQ** von SiO_2, der von 10 bei einem ungestörten Quarz (Bergkristall) bis zu sehr kleinen Werten reicht (Flint ca. 1). Der Kristallinitätsindex wird aus Intensitätsverhältnissen in dem sogenannten 5-Finger Peak berechnet. Zur Berechung werden untergrundbereinigte Rohdaten verwendet. Je kleiner der Wert ist, umso reaktiver ist das SiO_2.
- Die **Kristallitkorngröße** wird im Zuge einer **Rietveld-Verfeinerung** bestimmt. Je kleiner dieser Wert ist, umso reaktiver ist das Mineral. Eine kleinere Kristallitkorngröße führt zu einer Verbreiterung von Röntgenpeaks an der Basis bei niedrigerer Intensität am Maximum.
- Der **Microstrain GQ** ist ein Maß für die innere Verspannung eines Kristallgitters durch Kristallbaufehler. Ein vergleichweise idealer Quarz hat ein G_Q von 0,001 %, ein Flint 0,332 %. Je höher

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

der Wert, umso reaktiver ist das Mineral. Ein erhöhter Microstrain führt zu einer Verbreiterung von Röntgenpeaks in der Spitze, bei niedrigerer Intensität am Maximum.

Problematisch bei Röntgenpulveraufnahmen ist, dass keine Differenzierung zwischen verschiedenen Arten eines Minerals möglich ist, z. B. Quarzeinsprenglingen und Quarz aus der Grundmasse. Es werden quasi mittlere Eigenschaften eines Minerals bestimmt. Diese verschiedenen Gruppen eines Minerals in einer Probe lassen sich nur **polarisationsmikroskopisch** gut unterscheiden. Details, insbesondere zur Bewertung von SiO_2-Mineralen können aus der folgenden Arbeit entnommen werden, die auch für die oben genannten Informationen genutzt wurde:

Stark, J.; Erfurt, D.; Freyburg, E.; Giebson, C.; Seyfarth, K.; Wicht, B.: Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Heft 3 der Schriftenreihe des F.A. Finger Instituts für Baustoffkunde, Weimar, 2008, ISBN 978-3-00-024607-4.

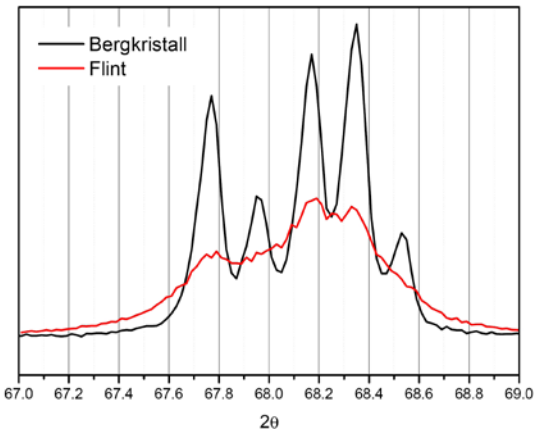


Abb. 165 Röntgenographische Analyse des 5-Finger Peaks bei einem Bergkristall und einem Flint zur Ermittlung des Kristallinitätsindex. Aufnahme mit Kupferstrahlung. Graphik: C. Jehn.

14.5.7 Bestimmung der Kristallinität von teilkristallinen Polymeren

Informationen über die Kristallinität teilkristalliner Polymere kann man über **Infrarotspektroskopie** und **Röntgendiffraktometrie** erhalten. Über Messungen bei verschiedener Temperatur kann man die Signale aus amorphen und kristallinen Bereichen trennen und den **Kristallinitätsgrad** bestimmen. Weitere mögliche Methoden sind **Dichtemessungen** und **Thermoanalyse**. Der Vorteil der Röntgendiffraktometrie liegt darin, dass ggf. zusätzliche Informationen zur Größe der kristallinen Bereiche und zur Orientierung gewonnen werden können (auch mit IR-Spektroskopie). Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Mark, J.E.; Allcock, H.R.; West, R.: Inorganic Polymers, Oxford University Press, 2. Aufl., 2005.

14.5.8 Nachweis von Hochofenzement und Portlandzement-HS mit dem ATA-Verfahren

Das an der Bauhaus Universität Weimar entwickelte ATA-Verfahren (Anreicherung – thermische Behandlung – Analyse) beruht darauf, dass in der zementsteinangereicherten Probe durch Tempern bei hoher Temperatur wasserfreie Phasen zurückgebildet werden, die dann phasenanalytisch untersucht werden. Diese Phasen sind in gewissen Grenzen typisch für die ursprüngliche Zementart. So zeigen sich beim Vorliegen von Hochofenzement starke Reflexe von Gehlenit. In Portlandzementen bildet sich im Gegensatz zu Portlandzementen HS Yeelimit. Die Röntgenreflexe der charakteristischen Phase Yeelimit können in Betonen in starkem Maße von anderen Reflexen überlagert werden. Dies muss im Einzelfall berücksichtigt werden. Weitere Informationen zu dem Verfahren können entnommen werden aus:

Splittgerber, F.; Müller, A.: Identifizierung der Zementart in hydratisierten Betonen und Mörteln, ZGK International, Bd. 55, S. 61–69, 2002.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.5.9 Bestimmung des Gehaltes an Freikalk und Calciumhydroxid in Stahlwerksschlacken

Die quantitative getrennte Analyse des Gehaltes von Freikalk und Calciumhydroxid mittels Röntgenpulverdiffraktometrie auf der Basis von vorher bestimmten Kalibrierkurven, mit bekannten Gehalten an diesen beiden Substanzen in der Schlacke, ist beschrieben in DIN EN 1744-1.

14.5.10 Bestimmung des Hydratationsgrades der Klinkerminerale in zementgebundenen Baustoffen

Ein Beispiel zur Bestimmung der Einzelhydratationsgrade der Klinkerminerale sowie der Ettringitkonzentration in einem Zementmörtel mittels **Additionsmethode** findet sich in der folgenden Dissertation. Heute würde man eine solche Analyse eher mittels **Rietveld-Analyse** vornehmen.

Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996. Auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9.

Gängige Verfahren zur Bestimmung des Gesamthydratationsgrades beruhen auf der Bestimmung des chemisch gebundenen Wassers mittels **Thermoanalyse** (siehe Kap. 14.6) und der Bestimmung der Wärmefreisetzung mittels **Kalorimetrie** (siehe Kap. 16). Weitere Verfahren zur Bestimmung sind aufgeführt in:

Gätje, B.: Nachträgliche Ermittlung betontechnologischer Parameter an Zementsteinen, Mörteln und Betonen unbekannter Zusammensetzung, Dissertation, TU Hamburg-Harburg, GCA-Verlag, Herdecke, 2004, ISBN 3-89863-152-4.

14.5.11 Rietveld-Analyse von Zement

Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft das Ergebnis einer Rietveld-Analyse eines weißen Portlandzementes inklusive der bei dieser Analyse vorhandenen Messunsicherheiten.

Tab. 6 Rietveld-Analyse eines weißen Portlandzementes. Alle Angaben in M.-%. Analyse: Lehrstuhl für Mineralogie der Universität Erlangen Nürnberg. Nachweisbar war auch das Auftreten von α'-C_2S.

Alit	Belit	C_3A	MgO	CaO	Gips	Anhydrit	Basanit	Quarz	Calcit
71,0 ± 1,8	15,4 ± 1,8	3,4 ± 0,8	< 0,4	< 0,4	0,5 ± 0,6	2,8 ± 0,6	1,9 ± 0,6	< 0,4	5,0 ± 1,8

Die quantitative Analyse von kubischem und orthorhombischem C_3A erfordert wegen Peaküberlagerungen die vorherige Lösung der Silikate durch in Methanol gelöste Salicylsäure (**Salicylsäureaufschluss**).

14.6 Thermische Analyse (Thermoanalyse, TA)

14.6.1 Allgemeines

Den thermoanalytischen Methoden ist gemeinsam, dass sie das Probenmaterial einer Temperaturveränderung unterwerfen und die dabei auftretenden physikalischen bzw. chemischen Effekte nutzen, um Informationen über das Material zu gewinnen. Die charakteristischen Temperaturen, bei der Reaktionen einsetzen, werden dabei für die qualitative Analyse benutzt. Die thermoanalytischen Verfahren, wie auch die Infrarotanalyse, sind im Gegensatz zur Röntgendiffraktometrie auch auf amorphe Substanzen anwendbar. Die Stärke des jeweiligen Signals kann häufig auf direktem Wege ohne Standards zur quantitativen Analyse benutzt werden.

Im Standardfall wird dabei mit einem Aufheizprogramm, ausgehend von der Raumtemperatur, gearbeitet. Je nach verwendetem Ofen können dabei sehr unterschiedliche Maximaltemperaturen erreicht werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Mit Kühlapparaturen können auch Prüfungen unterhalb der Raumtemperatur durchgeführt werden. Die Temperaturprogramme und die notwendige Rückführung der Apparatur auf die Ausgangstemperatur nach erfolgter Prüfung erfordert in der Regel mehrere Stunden, so dass pro Tag nur wenige Untersuchungen durchführbar sind. Je größer der Ofen und je höher die Maximaltemperatur, umso länger dauert in der Regel die Rückführung auf Normaltemperatur.

Wichtige Prozessparameter für die einzelnen Methoden sind beispielsweise die Aufheiz- und Abkühlraten, z. B. 5 oder 10 K/Minute, die um die Probe befindliche Atmosphäre (Luft, Inertgas, Reaktionsgas) und die Frage, ob sich die Probe in einem offenen oder geschlossenen Gefäß (Druckverhältnisse) befindet.

»Im Bereich der polymeren Baustoffe wird die Thermoanalyse häufig zur **Identitätsprüfung**, zur Bestimmung der **Schmelztemperatur** **»**(s. DIN 51004)«, Schmelzwärme, Kristallisationstemperatur, thermischen Stabilität, **Oxidationsstabilität**, zur Bestimmung von **Ruß-, Asche-, Füllstoff- oder Fasergehalt** und zur Messung von **Glasübergangs- und Relaxationstemperaturen** eingesetzt.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

Grundlage ist z. B. DIN EN 12614. Auf die Bestimmung der Relaxationstemperatur geht z. B. die DAfStb-Richtlinie – Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) ein. Auch die **spezifische Wärmekapazität** von Stoffen kann mittels Thermoanalyse bestimmt werden. Im Rahmen von Schadensanalysen an polymeren oder polymerhaltigen Baustoffen können mit Hilfe der Thermoanalyse z. B. auch **Mischungs- und Verarbeitungsfehler** festgestellt werden.

Einige thermoanalytische Methoden können mit spektroskopischen Methoden gekoppelt werden, so dass die aus der Probe entweichende Gasphase näher analysiert werden kann. Die typischen Probenmengen bei der Thermoanalyse liegen im Bereich von Milligramm bis wenigen Gramm. Weiterführende Literatur zur Thermoanalyse:

Ehrenstein, G.W.; Riedel, G.; Trawiel, P.: Praxis der thermischen Analyse von Kunststoffen, Hanser-Verlag, 2003.

Ehrenstein, G.W.: Kunststoff-Schadensanalyse, Hanser-Verlag, 2010.

Höhne, G.; Hemminger, W.F.; Flammersheim, H.-J.: Differential Scanning Calorimetry, Springer, Berlin, 2010.

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag München, 1996.

Bezeichnungen im Bereich der Thermischen Analyse sind geregelt in DIN 51005.

14.6.2 Thermogravimetrische Analyse (TG/TGA/DTG)

Die Thermogravimetrische Analyse (TGA) nutzt temperaturabhängige Gewichtsveränderungen der Probe für die Analyse. Die Ableitung der Gewichtskurve (DTG – Derivativ Thermogravimetrie) ist ein Hilfsmittel zur Auswertung entsprechender Analysen. Thermogravimetrische Analysegeräte beinhalten immer eine empfindliche Waage. Thermowaagen benötigen deshalb einen Standort, der gegen Erschütterungen und Schwingungen geschützt ist. Ansonsten erhält man eine sehr unruhige Basislinie. Manche Geräte sind in Gebäuden, in denen gleichzeitig Dauerschwingversuche stattfinden, für Analysen mit wenig Probensubstanz nicht einsetzbar. Das Arbeiten mit sehr wenig Probensubstanz ist z. B. notwendig, wenn die Probe beim Erhitzen aufschäumt, da ansonsten der Probenbehälter überquillt.

Bei thermogravimetrischen Analysen muss eine Blindkurve ohne Probe bzw. mit inerter Probe aufgenommen werden und von der Probenmessung abgezogen werden. Durch Halten der Temperatur bei einer bekannten Reaktionstemperatur kann die **chemische Kinetik** dieser Reaktion untersucht werden. Die Thermogravimetrie ist genormt in DIN EN ISO 11358 und DIN 51006.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

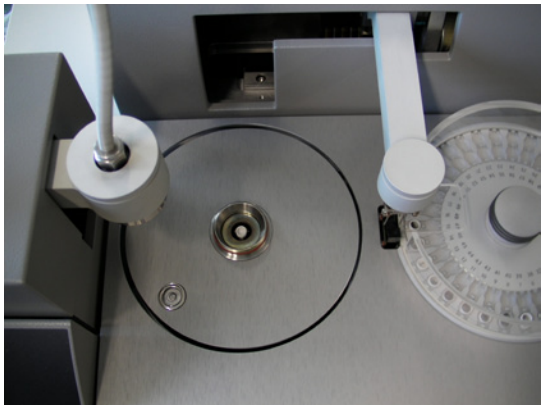


Abb. 166 Draufsicht auf eine Thermogravimetrieeinheit. Rechts ein Probenwechsler, im Kreis der Ofen mit einem Tiegel, der sich auf der Waage befindet, links die hochgefahrene Ofenabdeckung mit der Abgasleitung. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Wenn in einem Temperaturintervall messbare Gewichtsveränderungen auftreten und die zugrundeliegende Reaktion bekannt ist, kann diese Gewichtsveränderung direkt zur quantitativen Phasenanalyse benutzt werden. Gewichtsverluste können beispielsweise durch die Abgabe von Wasser (**$Ca(OH)_2$**, **AFm** und **AFt-Phasen** in **zementgebundenen Stoffen**) oder **CO_2 (Carbonate)** hervorgerufen werden. In oxidierbarer Gasatmosphäre können bei oxidierbaren Stoffen andererseites auch Gewichtszunahmen auftreten (beispielsweise bei **Hüttensanden**).

Zementgebundene Baustoffe zeigen eine über viele hundert Grad anhaltende kontinuierliche Gewichtsabnahme durch die Entwässerung der **C-S-H-Phase**. Diese kontinuierliche Gewichtsveränderung unterlagert die Gewichtsveränderungen, die bei definierten Temperaturen auftreten und muss bei der Auswertung entsprechender Analysen berücksichtigt werden.

Die Bestimmung des Bindemittelgehaltes von Asphalt kann ebenfalls mittels Thermogravimetrie erfolgen und ist beschrieben in DIN EN 12697-39. Die Analyse wird in einem größeren Ofen durchgeführt, die Probenmasse liegt im Kilogramm-Bereich.

14.6.3 Differenz-Thermoanalyse (DTA)

Die Differenz-Thermoanalyse (DTA) nutzt auftretende Temperaturunterschiede zwischen der Messprobe und einer im betrachteten Temperaturintervall inerten Referenzprobe zu analytischen Zwecken. Erreicht die Probe die Temperatur, bei der eine Reaktion einsetzt, erwärmt sie sich zusätzlich (exotherme Prozesse) oder bleibt in der Temperaturveränderung hinter der Referenzprobe zurück (endotherme Prozesse). Aus den für ein System ermittelten charakteristischen Temperaturen kann man auf die enthaltenen Substanzen schließen. Wärmemengen und daraus abgeleitete Konzentrationen lassen sich nur mit Hilfe einer Kalibration ermitteln. Häufig werden DTA und TG in einem Gerät gekoppelt.

Im Gegensatz zur Thermogravimetrie können mit DTA auch Reaktionen untersucht werden, die nicht mit einer Gewichtsveränderung verbunden sind. Sieht man also in der DTA ein Signal, nicht jedoch in der Thermogravimetrie, muss es sich um eine Reaktion handeln, die nicht mit einer Gewichtsveränderung der Probe verbunden ist, z. B. die bekannte Umwandlung von Tiefquarz in Hochquarz bei 573 °C, die nur mit einer Änderung der Kristallstruktur einhergeht. Das Messverfahren ist geregelt in DIN 51007.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

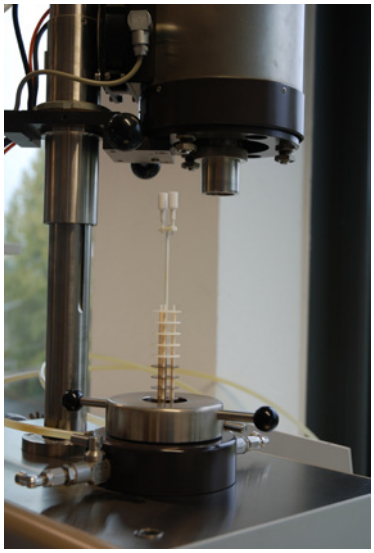


Abb. 167 DTA/TG im geöffneten Zustand. Man erkennt die beiden Behälter für Probe und Referenz. Deren Temperatur wird getrennt gemessen. Beide befinden sich auf einem Probenhalter, dessen Gewicht gemessen wird. Der Ofen ist nach oben gefahren. Foto: M. Wobst, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

14.6.4 Dynamische Wärmestrom-Differenz-Kalorimetrie (DSC, DDK)

Dieses thermoanalytische Verfahren nutzt wie bei der Differenz-Thermoanalyse die auftretenden Energieumsätze als Funktion der Temperatur zur Untersuchung der Probe. Dabei wird der Wärmefluss zwischen Probe und inerter Referenzprobe gemessen. Damit können zusätzlich zu charakteristischen Temperaturen auch kalorische Größen gemessen werden sowie Wärmekapazitäten bestimmt werden. DIN 51007 fasst sowohl die Differenz-Thermoanalyse als auch die Dynamische Wärmestrom-Differenz-Kalorimetrie unter dem Begriff **Differenzthermoanalyse (DTA)** zusammen. Die dynamische Differenz-Kalorimetrie bzw. Dynamische Differenz Thermoanalyse ist genormt in DIN 53765 und DIN EN ISO 11357 bzw. ISO 11357. Eine gute Grundlage zur Durchführung von DSC-Messungen ist auch DIN 65467, eine Prüfnorm für Reaktionsharzsysteme aus der Luft- und Raumfahrt.

Mittels DSC lassen sich leicht quantitative Phasenanalysen durchführen, da sich Energieumsätze bei chemischen Reaktionen ohne Verwendung von Standards direkt in Konzentrationen umrechnen lassen. Die neueste Entwicklung sieht eine modulierte Heizrate vor, wodurch sich einige Analyse, die ansonsten einen hohen Messaufwand erfordern, effektiver durchführen lassen.

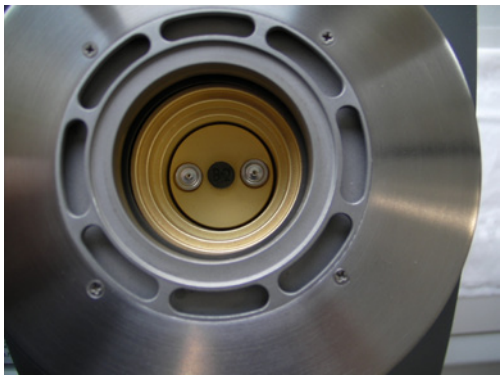


Abb. 168 Blick in die geöffnete Messkammer einer DSC mit der Messprobe (rechts) und der Referenz (links). Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.6.5 Thermomechanische Analyse (TMA)

Eine Messapparatur zur thermomechanischen Analyse ist eine sehr flexible miniaturisierte mechanische Prüfmaschine, mit der das mechanische Verhalten kleiner Probekörper in kontrollierter Umgebungsatmosphäre untersucht werden kann. Die Kunststoffprüfung mittels TMA ist beschrieben in SN ISO 11359. Dazu gehören häufig auch dynamische Belastungen **(Dynamisch Mechanische Thermische Analyse, DMA, DMTA)**, siehe dazu DIN EN ISO 6721. Die Untersuchungen werden gleichzeitig mit einer Temperaturfunktion unterlegt, so dass die mechanischen Größen temperaturabhängig ermittelt werden können. Zum Teil ist es möglich, die thermomechanische Analyse mit einer thermogravimetrischen Analyse zu verknüpfen. Mittels TMA können auch **Wärmeausdehnungskoeffizienten** gemessen werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1770.

14.6.6 Kofler-Bank

Zentraler Teil einer Kofler-Bank ist eine Metallplatte mit einem definierten Temperaturgradienten, es handelt sich also um eine **Thermogradientenbank**. Durch Aufbringen eines Polymers auf diese Platte lässt sich z. B. dessen **Schmelzpunkt** sehr schnell und einfach bestimmen. Auch die **Mindestfilmbildungstemperatur (MFT)** und die **Weißpunkt-Temperatur** einer Polymerdispersion kann bestimmt werden, wobei dann in der Regel auch eine Kühlung notwendig ist. Das Gerät entspricht jedoch nicht DIN ISO 2115 zur Bestimmung dieser Temperaturen.

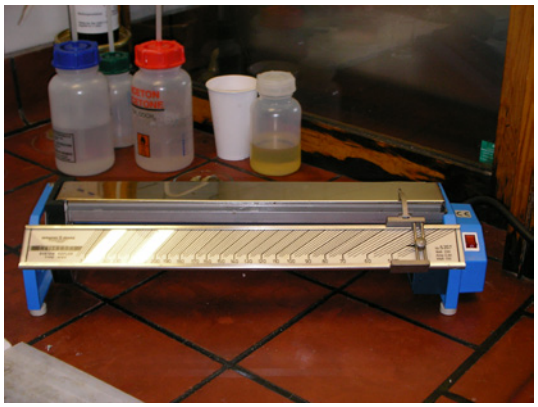


Abb. 169 Kofler Bank. Institution: iBMB/MPA Braunschweig

14.6.7 Thermoanalytischer Nachweis und Quantifizierung von Portlandit, Calcit, Gips, Friedelschem Salz und Quarz in mineralischen Baustoffen

Zum Nachweis und zur Quantifizierung von Quarz kann die Tief-/Hochquarz-Umwandlung bei 573 °C verwendet werden, die nicht mit einer Gewichtsveränderung, aber mit einem Energieumsatz verbunden ist, der mit **DSC** quantifiziert werden kann.

Calcit zersetzt sich in mineralischen Baustoffen in der Regel zwischen ca. 640 und ca. 920 °C, wobei das CO_2 entweicht. Gips verliert bei der thermischen Analyse bis ca. 260 °C in zwei Stufen sein Wasser und wandelt sich in Anhydrit um. Portlandit zersetzt sich zwischen ca. 450 und 500 °C, wobei das Wasser entweicht. Der bei diesen Reaktionen entstehende Gewichtsverlust kann über **Thermogravimetrie** zur Quantifizierung verwendet werden. Die bei relativ niedrigen Temperaturen erfolgende Ettringitzersetzung ist in der Regel nicht analytisch nutzbar, da sie sich nur als Assymetrie beim Austreiben des physikalisch gebundenen Wassers bemerkbar macht.

Nach Pöllmann (Pöllmann, H.: Die Kristallchemie der Neubildungen bei Einwirkungen von Schadstoffen auf hydraulische Bindemittel, Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 1984), dessen Dissertation viele thermoanalytische Daten enthält, gibt das in der Zwischenschicht (4 H_2O) bereits entwässerte Friedelsche Salz zwischen 350 und 400 °C pro Formeleinheit ($3CaO\ Al_2O_3\ CaCl_2\ 10H_2O$) noch einmal 5 Wassermoleküle aus den Schichten ab. Dieser Gewichtsverlust kann zur Quantifizierung des Friedel-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

schen Salzes mit Thermogravimetrie benutzt werden. Danach flacht die TG Kurve deutlich ab, das letzte Wassermolekül wird über ein größeres Temperaturintervall abgegeben.

Weitere Informationen können entnommen werden aus Maultzsch, M.: Die thermogravimetrische Analyse (TGA) in der Materialprüfung kunststoffmodifizierter Zementmörtel, Materialprüfung, Bd. 3, S. 157–161, 1988. Zahlreiche Informationen über Phasen in **zementgebundenen Systemen** können auch entnommen werden aus Taylor, H.F.W.: Cement chemistry, 2. Aufl., Thomas Telford, London, 2003.

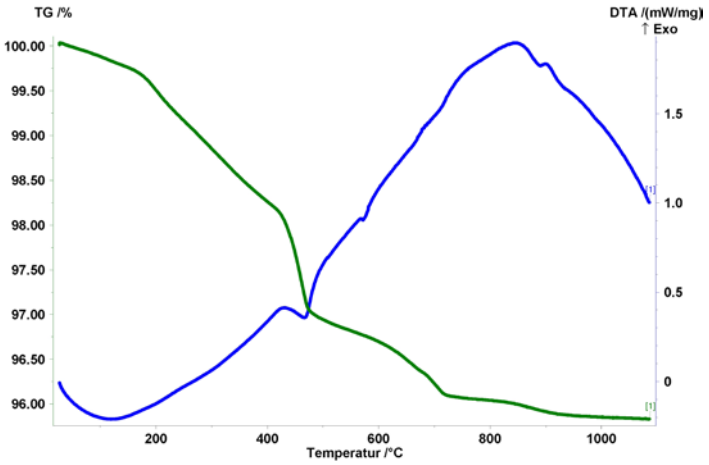


Abb. 170 DTA/TG-Analyse eines Zementmörtels (TG-grün). Erkennbar ist die Entwässerung des $Ca(OH)_2$ zwischen 400 und 500 °C, die Hoch-/Tiefquarz-Umwandlung bei 573 °C, die nicht mit einem Gewichtsverlust verbunden ist, die Zersetzung von Carbonat ab etwa 700 °C und ein kontinuierlicher Gewichtsverlust über einen großen Temperaturbereich, der mit der Entwässerung der Hydratphasen verbunden ist. Graphik: S. Opeldus.

14.6.8 Bestimmung des Rußgehaltes und der Oxidationsstabilität von Kunststoffen

Für viele Kunststoffe, die der Luft und Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind, ist ihre UV- und Oxidationsstabilität von Bedeutung. Der für die **UV-Stabilität** ausschlaggebende Rußgehalt wird thermogravimetrisch bestimmt. Ruß wird außerdem als Pigment zur Erhöhung der **elektrischen Leitfähigkeit** und aus anderen Gründen in Kunststoffen eingesetzt.

Zur Bestimmung des Rußgehaltes wird die Probe zunächst in einer Inertgasatmosphäre erhitzt, was in der Regel zu einer Pyrolyse des Polymers führt. Bei einer geeigneten Temperatur wird auf Sauerstoffatmosphäre umgeschaltet. Der Rußgehalt kann dann über den Gewichtsverlust **(TG)** durch das Verbrennen des Rußes bestimmt werden.

Auch die Oxidationsstabilität kann thermoanalytisch durch Halten der Probe auf einer konstanten Temperatur und Umschalten von Inertgas auf oxidierende Atmosphäre ermittelt werden, z. B. mittels **DSC** oder **DTA**. Bedeutsam ist diese Prüfung beispielsweise für **Kunststoffdichtungsbahnen**. Gemessen wird die **Oxidations-Induktionszeit (OIT)**, d. h. die Zeitspanne, die ein Additiv den Werkstoff nach Umschalten auf oxidierende Atmosphäre vor Oxidation schützt. Das Ende dieser Zeitspanne macht sich durch thermische Effekte bemerkbar. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 728.

14.6.9 Bestimmung der Glasübergangstemperatur von Polymeren

Die Glasübergangstemperatur ist für alle polymere Werkstoffe eine wichtige Größe, bei der sich die mechanischen Eigenschaften erheblich verändern. Sie wird nach DIN EN 12614 mittels **DSC** oder **DTA** bestimmt. DIN EN 61006 beschreibt Messverfahren mittels DSC, DTA, **TMA** und **DMA**. Chemische Reaktionen mit der Luft sind bei dieser Prüfung zu vermeiden, die deshalb unter Schutzgas durchgeführt wird. Auch muss eine vorhergehende Erhitzung des Materials, beispielsweise durch mechanische Bearbeitung vermieden werden. Die Glasübergangstemperaturen sind abhängig vom Messverfahren und den Mess-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

bedingungen, so dass mit verschiedenen Verfahren ermittelte Werte nicht direkt miteinander vergleichbar sind.

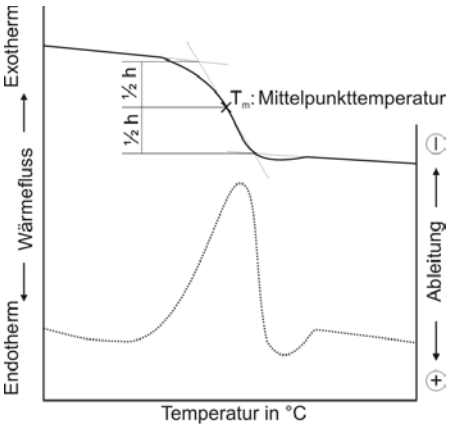


Abb. 171 Charakteristische Temperaturen bei der Messung eines Glasüberganges mit DSC nach DIN EN 61006. Als Glasübergangstemperatur wird häufig der Mittelpunkt des Temperaturbereichs definiert, in dem der Glasübergang stattfindet (DIN EN ISO 16805) oder auch die Temperatur am Wendepunkt der Meßkurve (z. B. in DIN 65467). Zeichnung: R. v. Ghyczy.

14.6.10 Bestimmung der Wärmekapazität mit der Saphirmethode

Die Wärmekapazität kann mittels **DSC** mit der sogenannten Saphirmethode bestimmt werden. Dabei werden Saphirproben zur Kalibrierung verwendet. Das Verfahren ist für einen sehr großen Temperaturbereich geeignet und beschrieben in DIN 51007. Auch DIN EN 821-3, eine Prüfnorm aus der Hochleistungskeramik, verwendet das Verfahren.

14.7 Infrarotspektroskopie (IR, FT-IR, NIR, MIR, FIR)

14.7.1 Allgemeines

Infrarotstrahlung führt unter bestimmten Bedingungen auf der atomaren Ebene zur Anregung von Schwingungen oder Rotationen. Dabei wird Strahlung bei für einzelne funktionelle Gruppen charakteristischen Wellenlängen absorbiert. Diese können mit Hilfe der Infrarotspektroskopie identifiziert werden. Im IR-Spektrum wird die Absorption oder die Transmission als Funktion der Energie dargestellt. Als Energieeinheit wird dabei in der IR-Spektroskopie in der Regel die sogenannte **Wellenzahl** verwendet, der Kehrwert der Wellenlänge.

Besonders charakteristisch ist dabei der Wellenzahlbereich von 4 000 bis 400 cm^{-1}, wie er von klassischen IR-Spektrometern abgedeckt wird (mittleres Infrarot, MIR). Spektren im nahen Infrarot (NIR) mit dem Wellenzahlenbereich von 12 500 bis 4 000 cm^{-1} sind weniger charakteristisch. Es werden im Wesentlichen Oberschwingungen des mittleren Infrarot erfasst. Die Messung von NIR-Spektren erlaubt jedoch unter Anwendung statistischer Methoden eine sehr schnelle berührungslose Materialidentifizierung im diffus reflektierten Licht. Die Absorption im fernen Infrarot (FIR) im Wellenzahlenbereich von 400 bis 10 cm^{-1} ist für die Baustoffanalytik weniger relevant, da überwiegend nur Rotationen von Molekülen angeregt werden.

Ein IR-Spektrometer besitzt zunächst eine Infrarotstrahlungsquelle. Die Strahlung durchdringt die Probe oder wird reflektiert. Über einen Detektor mit nachgeschalteter Signalverarbeitung wird das Spektrum erzeugt. Bei den heute gebräuchlichen FT-IR-Geräten **(Fourier-Transform)** befindet sich vor der Probe ein Interferometer, die Probe wird mit einem breitbandigen Impuls bestrahlt, die transmittierte bzw. reflektierte Strahlung gemessen und über eine Fourier-Transformation in ein frequenzabhängiges Spektrum überführt. FT-IR Analysen sind sehr schnell.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

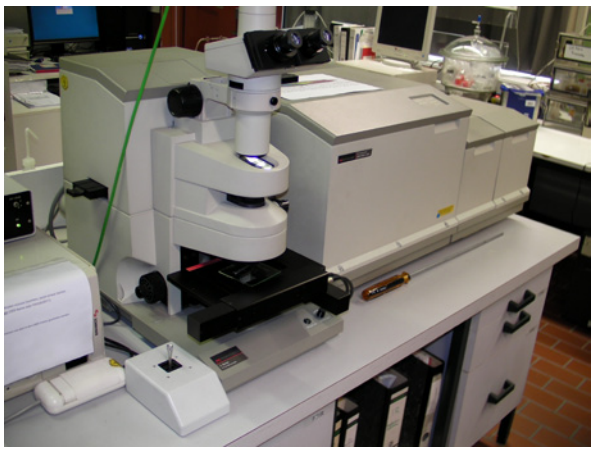


Abb. 172 FT-IR-Spektrometer mit **IR-Mikroskop** (links).

Die Probenvorbehandlung unterscheidet sich je nach Typ des Probenmaterials. Wässrige Dispersionen ohne Feststoffe können beispielsweise auf einen ZnSe-Kristall aufgetragen und durch Erwärmen bis zur Filmbildung eingeengt werden. Die Probe kann auf dem Kristall in Durchstrahlung analysiert werden. Bei gefüllten Dispersionen wird der Feststoffanteil vorher durch **Zentrifugieren** abgetrennt.

Flüssige und gasförmige Proben können auch in Küvetten durchstrahlt werden. IR durchlässige Filme können auch direkt durchstrahlt werden. Festkörper können mit KBr zusammen vermahlen und zu einer Tablette gepresst werden, die durchstrahlt wird. In organischen Lösungsmitteln lösliche Feststoffe können in Lösung gebracht werden, auf einen ZnSe Kristall aufgetragen werden und dann durch Erwärmung wieder bis zur Filmbildung eingeengt werden. Unlösliche Bestandteile können vorher durch Zentrifugieren abgetrennt werden.

Die Analyse organischer Komponenten in anorganischen Baustoffen wird erleichtert durch die vorherige **Extraktion des polymeren Anteils** und anschließendem Wiedereindampfen des Lösungsmittels, so dass der Polymeranteil getennt analysiert werden kann.

Nicht zu harte IR-undurchlässige Materialien können mit der **ATR-Methode (abgeschwächte Totalreflexion)** in Reflexion untersucht werden, wobei die Feststoffprobe sehr nahe an das Reflexionselement herangedrückt werden muss. Neben Festkörpern können mit der ATR-Technik auch Flüssigkeiten analysiert werden. Transmissions- und ATR-Spektren sind nicht identisch, wobei die Lage der Absorptionsbanden jedoch übereinstimmt. Das Arbeiten in Reflexion ermöglicht es, mit Infrarotspektroskopie auch **Grenzflächeneffekte** zu analysieren. Die ATR-Methode hat das Vermahlen von Festkörpern zusammen mit KBr und das Verpressen zu einer Tablette, die durchstrahlt wird, stark zurückgedängt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

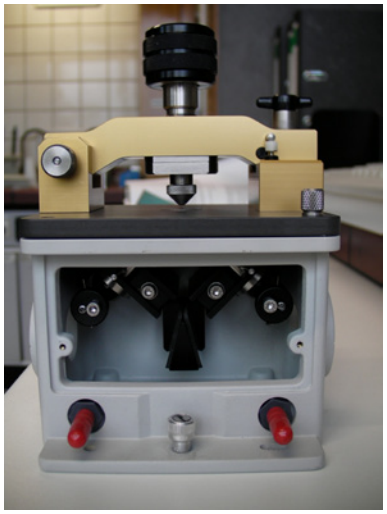


Abb. 173 Diamant-ATR für die Infrarotspektroskopie. Der Diamant befindet sich unter der Spitze. Im unteren Teil befindet sich die Optik, die den Strahl auf den Diamant richtet. Oben befindet sich die Anpressvorrichtung, die die Probe an den Diamanten drückt. Unter Wechsel der Anpressvorrichtung können sowohl Festkörper, als auch Flüssigkeiten und Pulver analysiert werden. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Eine weitere Möglichkeit der Analyse ist die **Pyrolyse-Infrarotspektroskopie**. Die Polymerproben werden in diesem Fall thermisch zersetzt, ohne dass eine Flamme auftritt, z. B. in einem Reagenzglas über einem Brenner. Man analysiert dann die sich an kalten Stellen absetzenden Zersetzungsprodukte. Auf diese Art und Weise kann der Polymeranteil leicht von den nicht zersetzbaren Bestandteilen abgetrennt werden, z. B. anorganischen Füllstoffen. Transmissions- und Pyrolysespektren sind jedoch nicht identisch, da bei der Pyrolyse eine Zersetzungsreaktion abläuft. Spektren unbekannter Proben werden zur Analyse mit bekannten, in Spektrenbibliotheken gespeicherten Spektren, verglichen.

Die IR-Spektroskopie erlaubt auch eine ortsauflösende Analyse mit Hilfe von IR-Mikroskopen. Eine solche Messung kann z. B. zur Untersuchung der **Homogenität von Folien** herangezogen werden. Man mißt dabei die Absorption bei einer für die interessierende Substanz charakteristischen Wellenlänge. Die örtliche Auflösung ist aufgrund der größeren Wellenlänge geringer als bei der Lichtmikroskopie und liegt bei ca. 10 Mikrometer, mit speziellen Techniken bei 7 Mikrometer, bei ATR-Messungen im Mikroskop bei 3 Mikrometer.

Häufig wird die IR-Spektroskopie als qualitative Methode eingesetzt. Wie bei anderen Verfahren kann unter Verwendung von Standards, deren Zusammensetzung bekannt ist, z. B. auch die **Mischungszusammensetzung** von Bauprodukten quantitativ bestimmt werden.

»Die Infrarotspektroskopie ist die Standardmethode zur **Identifizierung organischer Substanzen** und zur **Identitätsprüfung** organischer Bauprodukte, insbesondere Polymere.« Die Feststellung der Polymerbasis ist in der Regel kein Problem. Die Identifizierung von Nebenbestandteilen ist weit schwieriger. Die Quantifizierung von Mischungen ist ebenfalls möglich. Die Rückführung einer Probe auf ein bestimmtes Bauprodukt ist oftmals unmöglich. »Weiterhin lässt sich die Infrarotspektroskopie auch zur Phasenanalytik trockener, anorganischer Stoffe einsetzen.« So lassen sich beispielsweise **Asbestfasern** von anderen Fasertypen unterscheiden. (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Die Infrarotanalyse ist genormt in DIN EN 1767. Auch DIN 51451 kann herangezogen werden. Weiterführende Literatur:

Günzler, H.; Gemlich, H.-U.: IR-Spektroskopie, Wiley-VCH, 2003.

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag, München, 1996.

Obermann, J.; Unterderweide, K.; Wobst, M.: Einsatz der FT-IR-Spektroskopie in der Schadensursachenforschung, Ernst & Sohn Special 1/2009 Messtechnik im Bauwesen, S. 111–114.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.7.2 Untersuchung eines Kunststoffmörtels auf Material- und Verarbeitungsfehler

»Zu untersuchen war die Ursache von Ausbrüchen des Mörtels. Im einzelnen wurden folgende Fragestellungen bearbeitet: Ist der vom Verarbeiter angegebene Mörtel eingesetzt worden? Sind die aufgetretenen Schäden Folge eines Verarbeitungs- oder Materialfehlers?«

»Zuerst wurden Laborproben des Mörtels hergestellt. Es handelte sich um einen zweikomponentigen Kunststoffmörtel auf Polymethylmethacrylatbasis. Aus dem **visuellen Vergleich** der Asservat- und Laborproben wurde ersichtlich, dass in einigen Asservatproben Gesteinskörner mit größerem Durchmesser enthalten waren als in den Laborproben. Dieser Befund deutete darauf hin, dass der verwendete Kunststoffmörtel zusätzlich mit einer Gesteinskörnung gefüllt, jedoch nicht vollständig durchmischt wurde. Mit Hilfe der **Pyrolyse-Infrarotspektroskopie** und der **Thermogravimetrie** wurde die Zusammensetzung der Asservat- und Laborproben miteinander verglichen. Mit beiden Methoden wurden sowohl für die Asservat- als auch für die Laborproben charakteristische Signale für Polymethylmethacrylate nachgewiesen. Aus den Ergebnissen wurde deutlich, dass in den Asservat- und Laborproben ein Mörtel auf **Polymethylmethacrylatbasis** eingesetzt wurde.«

»Zur Bestimmung der **Druckfestigkeit** wurden aus den Asservatproben Probekörper herausgesägt und die Ergebnisse mit Laborproben verglichen. Die mittlere Druckfestigkeit der Laborproben und einem Teil der Asservatproben lag über der im Technischen Merkblatt angegebenen Festigkeit. Die Druckfestigkeiten der anderen Asservatproben lagen hingegen weit unterhalb dieser Werte. Dieses Untersuchungsergebnisse gab erste Hinweise auf eine zum Teil fehlerhaft ausgeführte Verarbeitung.«

»Der eingesetzte 2-Komponenten-Kunststoffmörtel besteht aus einer festen A-Komponente (PMMA und Füllstoffe) und einer flüssigen B-Komponente (reines PMMA). Es wurden Laborproben mit verschiedenen **Mischungsverhältnissen** der A- und B-Komponente hergestellt und mittels Pyrolyse-Infrarotspektroskopie analysiert. In den Spektren konnte ein Peak identifiziert werden, der mit sinkendem Anteil der B-Komponente größer wurde. Die infrarotspektroskopischen Messungen ergaben einen deutlichen Hinweis darauf, das die flüssige B-Komponente in den Asservatproben mit geringer Festigkeit in zu geringen Mengen zugegeben wurde. Anschließend wurden die Asservatproben mit geringer und hoher Festigkeit, sowie die Laborproben mit Hilfe der Thermoanalyse untersucht. Es wurden unterschiedlich hohe Massenverluste für das PMMA festgestellt. Die Massenverluste waren bei den Asservatproben mit der geringen Festigkeit am kleinsten.

Zusammenfassend ließ sich aus den erhaltenen Ergebnissen feststellen, dass die Flüssigkomponente B in einigen Asservatproben in zu geringer Menge vorlag. Ursache hierfür können Dosierungsfehler, eine ungenügende Durchmischung oder die Zugabe von unzulässigen Mengen von zusätzlichen Füllstoffen sein. Es handelte sich somit um einen **Fehler bei der Verarbeitung**.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

14.7.3 Infrarot-Untersuchungen zur Vermeidung von Materialunverträglichkeiten

Weichmacher und Lösungsmittel eines Beschichtungsstoffes können in alte vorhandene Beschichtungen eindringen und diese lösen, bzw. dessen Eigenschaften verändern, so dass der **Verbund** mit dem Untergrund geschädigt wird. Entsprechende Wanderungen von Komponenten polymerer Werkstoffe (Beschichtungen, Fugendichtstoffe) können auch zu Veränderungen **(Verfärbungen)** in angrenzenden porösen mineralischen Stoffen führen. Die unterschiedlichen Komponenten organischer Stoffe lassen sich mit IR-Spektroskopie zuverlässig nachweisen und ggf. auch quantifizieren. Informationen über die Verträglichkeit polymerer Stoffe untereinander bzw. mit anderen Baustoffen können folgenden Schriften entnommen werden:

Fuchs, W.: Wer verträgt sich mit wem? Baugewerbe, Heft 5, S. 26–32, 1994.

Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.

Pröbster, M.: Baudichtstoffe, Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, 2008.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Zwei weitere Prüfverfahren zur Untersuchung der Weichmacherwanderung sind angegeben in DIN EN ISO 176 (Abgabe des Weichmachers an Aktivkohle) und DIN EN ISO 177 (Abgabe des Weichmachers an absorbierende Kunststoffmaterialien). (Siehe dazu auch in Kap. 29.5).

14.7.4 Infrarot-Untersuchungen zur Wechselwirkung von Hydrophobierungsmitteln mit Baustoffoberflächen

Mit Infrarotspektroskopie lassen sich Hydrophobierungsmittel in mineralischen Baustoffen nachweisen. Die Verteilung lässt sich mittels **IR-Mikroskop** an gesägten Schnittflächen ermitteln, wobei im Gegensatz zum einfachen **Abperltest** auch weitere Effekte während der Applikation, z. B. frühzeitiges Verdunsten von Komponenten, untersucht werden können. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Pinsler, F.: Zur Dauerhaftigkeit von Fassadenhydrophobierungen unter Berücksichtigung des Einflusses von Fehlstellen, Fugen und Salz, Dissertation, TU Hamburg-Harburg 1997, Shaker Verlag, Aachen, 1998.

14.7.5 Identifizierung von Klebern für Holzbauteile und Infrarot-Untersuchung von Zusatzmitteln

Die **Feuchteresistenz von Klebern** für Holzbauteile hängt sehr stark von der Art des Klebers ab. Der Kleber kann mittels IR-Spektroskopie identifiziert werden. Dafür bietet sich die Anfertigung von **Pyrolysespektren** an.

DIN EN 480-6 sieht eine **Identitätsprüfung** am Trockenrückstand von Zusatzmitteln vor, der in der Regel als KBr-Tablette analysiert wird.

14.7.6 Identifizierung der Polymerbasis eines Kunststoffes

Die Polymerbasis der in Kap. 20.3.4 dargestellten Faser wurde mittels IR-Spektroskopie mit der ATR-Technik ermittelt. Es handelt sich um eine Polypropylenfaser.

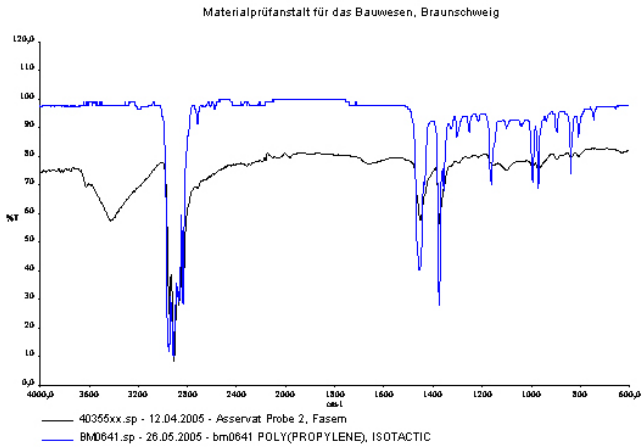


Abb. 174 Identifizierung der Polymerbasis einer Kunststofffaser (PP) durch Vergleich mit einem Referenzspektrum. ATR-Technik. Graphik und Aufnahme: J. Obermann, iBMB/MPA Braunschweig.

14.8 UV/VIS-Spektroskopie

Durch elektromagnetische Wellen im Bereich sichtbaren Lichts und UV-Strahlung werden Übergänge zwischen verschiedenen Energieniveaus der äußeren Elektronen eines Atoms angeregt. Die dadurch entstehende Strahlungsabsorption als Funktion der Energie bei Durchstrahlung einer Probe wird mit UV/VIS-Spektrometern gemessen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dazu wird das aus einer Lampe emittierte Licht durch einen abstimmbaren Monochromator auf die Probe geleitet und die Transmission über einen Detektor aufgenommen. Bei Einstrahlgeräten muss die in einer Küvette befindliche flüssige Probe und das reine Lösungsmittel nacheinander vermessen werden. Bei Zweistrahlgeräten geschieht dies gleichzeitig. Die Absorption hängt nach dem **Lambert-Beerschen Gesetz** von der Konzentration und der durchstrahlten Schichtdicke in der Küvette ab. Vorhandene UV/VIS-Spektrometer können auch als **Photometer** eingesetzt werden (s. Kap. 13.3).

Als Lösungsmittel wird häufig Wasser oder Ethanol eingesetzt. Die Küvetten, in denen sich die Probe befindet und zum Vergleich das reine Lösungsmittel, bestehen in der Regel aus Quarzglas, das in dem Spektralbereich kaum absorbiert.

Absorptionen erzeugen vor allem in Lösung befindliche Übergangsmetalle und organische Komponenten. UV/VIS-Spektrometer können unter anderem zur Bestimmung von Verunreinigung von Baustoffen mit **Kohlenwasserstoffen (Öle, Benzin etc.)** eingesetzt werden. Sie können auch zur Bestimmung des Wirkstoffgehaltes von **Betonzusatzmitteln** verwendet werden sowie zur quantitativen Bestimmung von **Bor**, als Bestandteil von vielen **Holzschutzmitteln** in imprägniertem Holz.

14.9 Chromatographische Methoden

14.9.1 Allgemeines

Bei allen chromatographischen Verfahren handelt es sich um Methoden zur Trennung und Analyse von Stoffgemischen durch unterschiedliche Verteilung der einzelnen Spezies zwischen einer **stationären Phase und einer mobilen Phase** bzw. durch unterschiedlich starke **Adsorption** der Spezies an der stationären Phase.

Treten die einzelnen Spezies durch die stationäre Phase hindurch verlassen sie diese nach unterschiedlichen Zeiten (**Retentionszeit**). Bei einem solchen Aufbau wird die stationäre Phase in der Regel in einer Säule angeordnet, die von der mobilen Phase durchflossen wird (Säulenchromatographie). Vor der Säule befindet sich ein Vorratsbehälter für die mobile Phase, ein pulsationsarmes und mit hoher Konstanz arbeitendes Fördersystem sowie das Probenaufgabesystem, nach der Säule ein Detektor.

Das Trennvermögen einer Säule wird über die **Bodenzahl** beschrieben. Je höher die Bodenzahl, umso leistungsfähiger ist die Säule. Der Parameter **H. E. T. P.** (Height equivalent to a theoretical plate) ist die Länge der Säule dividiert durch die Bodenzahl. Die Qualität des Detektorsystems wird dadurch beschrieben, welche Spezies damit nachweisbar sind, die Größe des linearen Arbeitsbereichs, die Zeitkonstante (Maß wie schnell der Detektor reagiert) und das Zellvolumen.

Der ständige Durchgang der mobilen Phase durch den Detektor erzeugt ein Signal, die sogenannte Basislinie, auf der beim Durchgang von nachzuweisenden Substanzen durch den Detektor ein Peak aufsitzt. Die qualitative Analyse beruht darauf, dass unterschiedliche Spezies unterschiedliche Retentionszeiten haben. Die Retentionszeiten hängen außerdem ab von:

- der Zusammensetzung und Struktur der Säule,
- der Zusammensetzung der mobilen Phase,
- der Strömungsgeschwindigkeit der mobilen Phase und
- der Temperatur.

Zwei unterschiedliche Substanzen können unter gleichen Bedingungen die gleiche Retentionszeit haben. Zu einer qualitativen Analyse einer unbekannten Substanz gehört deshalb die Untersuchung mit unterschiedlichen Chromatographiebedingungen und/oder die Nutzung verschiedener Detektoren, die unterschiedliche Eigenschaften der Stoffe nutzen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die quantitative Analyse nutzt entweder die Peakfläche oder die Peakhöhe über der Basislinie, die proportional zur Konzentration sind. Die Kalibrierung erfolgt durch die Untersuchung von Standards mit bekannter Zusammensetzung und Ermittlung einer Eichkurve.

Alle instrumentellen Chromatographiemethoden haben bei Betrieb einen ständigen Verbrauch zumindest von mobiler Phase und benötigen eine gewisse Vorlaufzeit bis zur Betriebsbereitschaft des Gerätes. Häufig ist die Kopplung mehrerer chromatographischer Methoden oder einer chromatographischen und einer spektroskopischen Methode. Weiterführende Literatur:

Böcker, J.: Chromatographie, Vogel-Verlag, Würzburg.

14.9.2 Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC)

Mittels HPLC (High Performance Liquid Chromatographie) können in einer Flüssigkeit gelöste organische Verbindungen und gelöste ionische anorganische Stoffe analysiert werden. Zwar können gelöste Gase im Prinzip auch mit HPLC untersucht werden, sie lassen sich jedoch mit der Gaschromatographie wesentlich effizienter analysieren. Bei der HPLC stören auftretende Gasblasen. Deshalb wird das Lösungsmittel im praktischen Betrieb sorgfältig entgast.



Abb. 175 HPLC geöffnet. Unten Pumpen, Degaser, Ventile, Pulsationsdämpfer, darüber die Säule mit dem Säulenofen, darüber der UV/VIS-Detektor. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Bei der HPLC wird die mobile Phase (flüssiger Eluent) unter hohem, weitgehend pulsationsfreiem Druck durch die in einer Säule befindliche stationäre Phase gepumpt. Die Hochdruckpumpe mit Pulsationsdämpfer stellt ein wesentliches Bauelement einer HPLC-Anlage dar.

Die mobile Phase ist in der Regel ein binäres Gemisch aus einem guten und einem weniger guten Lösungsmittel. Bei schwierigen Problemen werden auch ternäre und quarternäre Lösungsmittelsysteme eingesetzt. Um die ersten Peaks besser aufzulösen und das Signal/Rausch-Verhältnis der letzten Peaks zu verbessern, kann man im Gegensatz zu isokratischen Systemen bei der **Gradientenelution** die Zusammensetzung des Eluenten während der Analyse verändern. Die Zusammensetzung der mobilen Phase ist neben der verwendeten Säule ein wesentliches Steuerungsinstrument bei der HPLC.

Die Probe wird mit einer Spritze mittels Septuminjektion oder, was der Regelfall ist, mittels Mehrwegeventil und Dosierschleife eingebracht. Durch eine Probenvorbereitung mittels einer Vorsäule, die häufig gewechselt wird und zur Abtrennung der Matrix dient, kann die Lebensdauer der Trennsäule erheblich verlängert werden.

Die Trennsäule befindet sich in einem **Säulenofen**, um eine definierte Temperatur sicherzustellen. In der Regel beruht der Trenneffekt auf der unterschiedlichen Polarität der mobilen Phase und der stationären

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Phase in der Säule. Bei der **normal-phase Chromatographie** ist das Säulenmaterial polar und der Eluent unpolar. Diese Kombination ist deshalb für die Analyse mäßig polarer Stoffe einsetzbar, die in organischen Lösungsmitteln löslich sind. Bei der **reversed-phase Chromatographie (RP-Technik)** nutzt man eine unpolare stationäre Phase und polare Eluenten. Da in polaren Lösungsmitteln, z. B. Wasser, Methanol, Acetonitril, sehr viele Stoffe löslich sind, hat die RP-Technik eine breites Anwendungsgebiet. Sie erlaubt die direkte Aufgabe wässriger Proben.

Bei der **Auschluss-Chromatographie** (Size Exclusion Chromatography, **SEC**) werden die in der Lösung vorhandenen Moleküle nach ihrer effektiven Größe getrennt. Je nachdem ob mit organischen oder wässrigen Eluenten gearbeitet wird, bezeichnet man dieses Verfahren auch als **Gel-Permeationschromatographie (GPC)** oder **Gel-Filtrationschromatographie (GFC)**. Da die Molekülgröße vom Molekulargewicht abhängt, lassen sich mit dieser Methode auch **Molekulargewichtsverteilungen** von Polymeren und Oligomeren ermitteln, siehe dazu Kap. 14.9.10.

Als Detektoren werden hauptsächlich UV/VIS-Detektoren eingesetzt, daneben auch Refraktometer (**RI-Detektoren**), Fluoreszenzdetektoren und weitere Detektoren. Eine Kopplung der HPLC mit einem Massenspektrometer **(HPLC-MS)**, Infrarotspektrometer **(HPLC-IR)**, Kernresonanzspektrometer **(HPLC-NMR)**, Atomemissionsspektrometer **(HPLC-ICP)** sowie der Gaschromatographie ist möglich. Geregelt ist die Analyse des Gehaltes von Benzo(a)pyren und wasserextrahierbaren Phenolen in Kreosot (Teerimprägnieröl) mittels reversed-phase HPLC nach DIN EN 1014-3.

14.9.3 Ionenchromatographie (IC)

Die Ionenchromatographie ist eine Sonderform der Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit der in Lösung befindliche ionogene Verbindungen analysiert werden können. Ionenchromatographen bestehen wie HPLC-Geräte aus einer pulsationsarmen Hochdruck-Förderpumpe für Flüssigkeiten (mobile Phase), einem Probeaufgabesystem, der Trennsäule mit der stationären Phase, dem Detektor und einem Steuer- und Auswertesystem. Im Prinzip kann daher Ionenchromatographie mit HPLC-Geräten durchgeführt werden. Die Unterschiede liegen im Wesentlichen in anderen Säulen und der Verwendung von speziellen Leitfähigkeitsdetektoren. Andere Detektoren werden bei der Ionenchromatographie selten angewandt, sind jedoch auch möglich.

Man kann die Ionenchromatographie als Standardmethode zur **Analyse von Anionen** (z. B. Chlorid, Sulfat etc.) in Lösung bezeichnen. Mit Wechsel der Trennsäule (Zeitaufwand) oder bei parallelem Betrieb einer Anionen- und einer Kationensäule sind auch Analysen von Kationen (Natrium, Calcium etc.) in Lösung möglich. Dabei ist es möglich zwischen verschiedenen **Oxidationsstufen** und auch dem Vorliegen von **Komplexen** zu unterscheiden.

Die Trennung anorganischer Anionen sowie ggf. auch Kationen erfolgt mittels **Ionenaustausch-Chromatographie**, bei der die stationäre Phase in der Trennsäule aus einem Ionenaustauscher besteht. Insbesondere in der Anionenanalytik kann das Signal-Rausch-Verhältniss durch den Einsatz einer **Surpressortechnik** verbessert werden.

Zur Analyse größerer organischer Anionen oder Kationen kann die **Ionenpaar-Chromatographie** herangezogen werden. Dabei wird durch Zusatz eines Reagenzes ein elektrisch neutrales Ionenpaar erzeugt, das über **reversed-phase HPLC** nachgewiesen werden kann. Ohne den Umweg über die Ionenpaar-Chromatographie lassen sich polare Stoffe mittels HPLC nur schwer analysieren. Für anorganische Ionen kann diese Technik nicht angewandt werden.

Die **Ionenausschluß-Chromatographie** dient zur Trennung schwach dissoziierter organischer Säuren, z. B. **Fruchtsäuren**. Sie arbeitet mit speziellen Trennsäulen in denen eine Membran vorhanden ist, die nur für ungeladene Teilchen durchlässig ist, während geladene Teilchen nicht in Wechselwirkung mit der stationären Phase treten können.

Regeln zur Durchführung ionenchromatographischer Analysen sind DIN EN ISO 10304-1 (Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat), DIN EN ISO 10304-3 (Chromat, Iodid, Sulfit, Thiocyanat und Thiosulfat), DIN EN ISO 10304-4 (Chlorat, Chlorid und Chlorit) und DIN EN ISO 14911 (Kationen).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 176 Blick in einen geöffneten Ionenchromatographen. Rechts die Säule, oben links der Leitfähigkeitsdetektor, unten links Pumpe, Pulsationsdämpfer und Surpressormodul. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

14.9.4 Gaschromatographie (GC)

Mit der Gaschromatographie können Flüssigkeiten, die bei gegebener Temperatur einen ausreichend hohen Dampfdruck entwickeln und Gase analysiert werden. Flüssigkeiten werden über Spritzen in den Injektor eingebracht, Gase über Mehrwegeventile. Gaschromatographen für die Flüssigkeitsanalyse sind nicht in jedem Fall auch für die Gasanalyse einsetzbar und umgekehrt. Festkörper und Flüssigkeit können auch mit Hilfe der **Pyrolyse-GC/MS** analysiert werden. Dabei wird der zu untersuchende Stoff thermisch zersetzt. Durch Analyse der Zersetzungsgase lässt sich auf die Zusammensetzung rückschließen. Die Pyrolyse-GC-MS ist eine gängige Technik zur **Polymeranalyse**. Bei der **Head-Space-Technik (Dampfraumanalyse, HSGC)** werden nur die bei einer definierten Temperatur flüchtigen Bestandteile aus einer festen oder flüssigen Probe analysiert, die sich im Gasraum des Probengefäßes sammeln.

Bei der Gaschromatographie besteht die mobile Phase aus einem hochreinen Trägergas. Als Säulenmaterial werden entweder **gepackte Säulen** mit einem Feststoff mit definierter Korngrößenverteilung oder offene **Kapillarsäulen** eingesetzt, wobei die stationäre Phase häufig auch durch eine im Festkörper der Säule befindliche Flüssigkeit gebildet wird. Bei der Analyse von Gasen werden z. T. auch **Molekularsieb-Trennsäulen** eingesetzt. Die Auswahl der Säule ist ein wichtiger Parameter für eine effiziente Gaschromatographie, wobei nicht alle Geräte mit allen Säulen betrieben werden können. Verschiedene Schaltungen mehrerer Säulen können die Analyse weiter verbessern. Gepackte Säulen benötigen einen Strömungsregler, Kapillarsäulen einen Druckregler für das Trägergas.

Die Temperatur in der Säule wird bestimmt durch den **Säulenofen**. Die Temperatur ist neben dem Aufbau der Säule und dem Trägergastrom der wichtigste Steuerungsparameter bei der Gaschromatographie. Sehr häufig wird eine Gaschromatographie nicht isotherm, sondern mit einem Temperaturprogramm mit ansteigender Temperatur durchgeführt.

Als Nachweissysteme bei der Flüssigkeitsanalyse werden häufig Flammenionisationsdetektoren **(FID)** eingesetzt, bei der Gasanalyse Wärmeleitfähigkeitsdetektoren **(WLD)**. Daneben wird eine Reihe von weiteren Detektoren eingesetzt. GC-Detektoren sind häufig spezifisch für bestimmte Stoffgruppen, sprechen auf andere Stoffe dagegen nicht an.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Sehr häufig ist auch die Kopplung mit einem **Massenspektrometer (MS)** als Detektor **(GC-MS)**. Im Massenspektrometer werden die zeitabhängig aus dem Gaschromatographen austretenden Substanzen bzw. Substanzgemische zunächst ionisiert. Je nach Ionisiationsverfahren tritt dabei eine starke Fragmentierung auf, oder das Molekül bleibt in seiner Struktur nahezu erhalten. Die entstehenden Ionen werden anschließend auf ihre Molekülmassen hin analysiert. Bei Verwendung eines Massenspektrometers können die substanzspezifischen Massenspektren gemessen und mit einer Spektrenbibliothek verglichen werden. Dadurch ist in diesem Fall auch eine Identifikation ohne Standard möglich. Massenspektrometer können als alleinige Detektoren an Gaschromatographen eingesetzt werden.

Daneben wird auch die Kopplung von Gaschromatographen mit FT-IR-Spektrometern und die Kopplung mit Atomemissionsspektrometern eingesetzt. Bei einer Kopplung von Gaschromatograph und Flüssigkeitschromatographie wird die Flüssigkeitschromatographie für die Probenvorbereitung der Gaschromatographie eingesetzt, um die Nachweisgrenzen zu verbessern. Miniaturisierte Gaschromatographen sind inzwischen auch als tragbare, netzunabhängige Geräte erhältlich. Probleme beim Betrieb eines Gaschromatographen bereiten häufig die Dichtigkeit des Gerätes und Verunreinigungen. Ein Gaschromatograph verbraucht ein oder mehrere Gase. Die Analyse von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) in Beschichtungsstoffen mittels Gaschromatographie ist Gegenstand der DIN EN ISO 11890-2.

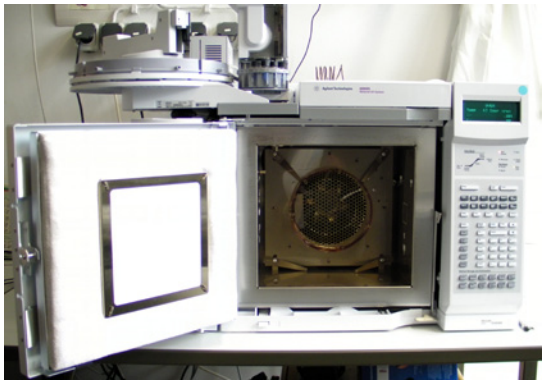


Abb. 177 Gaschromatograph mit Massenspektrometer. Blick in die geöffnete Kammer für die Säule. Institution: TU Hamburg-Harburg, Zentrallabor Chemische Analytik.

14.9.5 Weitere chromatographische und damit verwandte Methoden

Neben den hier in ihren Grundzügen beschriebenen Methoden der Flüssigkeitschromatographie, der Ionenchromatographie und der Gaschromatographie gibt es weitere chromatographische und damit verwandte Methoden.

Die **überkritische Fluidchromatographie (Supercritical Fluid Chromatographie, SFC)** ist eine Säulenchromatographie, bei der als mobile Phase ein überkritisches Fluid eingesetzt wird, zumeist Kohlendioxid. Sie ergänzt damit die Möglichkeit der Gas- und Flüssigkeitschromatographie.

Die **Dünnschicht-Chromatographie (DC)** ist eine Flüssigkeitschromatographie, bei der die Spezies innerhalb der auf einer Platte angeordneten stationären Phase verbleiben. Sie befinden sich nach gewisser Zeit an unterschiedlichen Orten und können dort getrennt voneinander nachgewiesen werden. Sie ist eine sehr leistungsfähige Methode und wird insbesondere bei hohem Probendurchsatz angewandt.

Bei der **Kapillarelektrophorese (CE)** nutzt man die unterschiedliche Beweglichkeit gelöster geladener Teilchen im elektrischen Feld, wobei mit Sondermethoden auch Neutralteilchen analysiert werden können. Mit ihr lassen sich schnell sehr kleine Probenmengen analysieren und sehr niedige Konzentrationen nachweisen. Die Kapillarelektrophorese ist insbesondere eine Alternative zur Ionenchromatographie.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

14.9.6 Analyse des Füllgases von Mehrscheiben-Isoliergläsern und der Gasverlustrate

Zur Analyse des Füllgases in Mehrscheiben-Isoliergläsern (häufig ein Argon/Luft-Gemisch) wird ein Teil der Gasfüllung ohne Fremdgaszutritt in einen evakuierten Gasspeicherbeutel überführt. Von dort aus kann das Gas in eine GC/MS-Apparatur eingebracht werden, die zur Analyse verwendet wird. Die Ermittlung der Gasverlustrate von Mehrscheiben-Isoliergläsern erfolgt ebenfalls mittels Gaschromatographie und ist beschrieben in DIN EN 1279-3.

14.9.7 Zellgasanalyse

Die Gaschromatographie kann nach entsprechender Probenentnahme zur Zellgasanalyse von Schaumkunststoffen eingesetzt werden. Die Vorgehensweise wird beschrieben von:

Wagner, K.-E.: Simulation und Optimierung des Wärmedämmvermögens von PUR-Hartschaum, Dissertation, Universität Stuttgart, 2002.

14.9.8 Untersuchung des Wirkstoffgehaltes in Holzschutzmitteln und Zusatzmitteln, von Hydrophobierungen und von Schadstoffgehalten

Sowohl die HPLC als auch die Gaschromatographie werden z. B. zur Bestimmung des Wirkstoffgehaltes in Holzschutzmitteln eingesetzt. Die Gaschromatographie wird auch zur Analyse von Betonzusatzmitteln mit mehreren Wirkstoffen, zum Nachweis von Hydrophobierungsmitteln in Baustoffen und zur Analyse von Schadstoffen in Baustoffen, wie **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** und **polychlorierten Biphenylen (PCB)** eingesetzt.

Bei der PAK- und PCB-Untersuchung von Anstrichen im Verantwortungsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung greift der Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. PAK-haltigen Altanstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV (Asbest-/PAK-Leitfaden), des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Die Bestimmung von PCB in festen Abfällen ist Gegenstand der DIN EN 15308 und beruht auf gaschromatographischen Verfahren.

14.9.9 Untersuchung einer Fugenmasse auf polychlorierte Biphenyle (PCB)

»In Folge eines Unfalls musste die mit Waschbetonplatten verkleidete Fassade eines Gebäudes teilweise saniert werden. Die bei der Sanierung ebenfalls zu entsorgende Fugenmasse stand im Verdacht polychlorierte Biphenyle (PCBs) zu enthalten.« »Die Fugenmasse wurde im Labor mit einem organischen Lösungsmittel **extrahiert**, der erhaltene Extrakt aufgereinigt und mit Hilfe der gekoppelten Gaschromatographie/Massenspektroskopie analysiert. Im Extrakt der Fugenmasse konnten hohe Gehalte an tri- bis heptachlorierter Biphenyle nachgewiesen werden. Die Fugenmasse war als **besonders überwachungsbedürftiger Abfall** einzustufen und musste dementsprechend entsorgt werden.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Siehe auch unter Kap. 14.9.8.

14.9.10 Bestimmung der Molekulargewichtsverteilung, Untersuchungen zur Konformation und zum Verzweigungsgrad von Polymeren mittels Gel-Permeationschromatographie

Das Molekulargewicht ist eine sehr wichtige Größe zur Charakterisierung von Polymeren, wobei in der Regel sowohl ein zu großes, als auch ein zu kleines Molekulargewicht ungünstig ist. Unterschieden wird zwischen dem Molekulargewicht M_n und M_w. Sie sind wie folgt definiert.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$$M_n = \frac{\sum N_i \cdot M_i}{\sum N_i}$$

Gl. 23

$$M_w = \frac{\sum N_i \cdot M_i^2}{\sum N_i \cdot M_i}$$

Gl. 24

Dabei bedeuten:

M_i – Molekulargewicht der Moleküle i

N_i – Anzahl der Moleküle mit dem Molekulargewicht M_i

Das Verhältnis von M_n und M_w gibt eine Information über die Molekulargewichtsverteilung. Liegen ausschließlich Moleküle mit gleichem Molekulargewicht vor, ist das Verhältnis 1.

Das Molekulargewicht M_n kann z. B. bestimmt werden über die Analyse der Konzentration endständiger Gruppen, die Messung der **Dampfdruckerniedrigung, Gefrierpunktserniedrigung, Siedepunktserhöhung, Veränderung des Schmelzpunktes und Messungen osmotischer Effekte (Osmometrie)**. Das Molekulargewicht M_w kann z. B. bestimmt werden über die **Lichtstreuung** des Polymers in Lösung. Das Molekulargewicht von Polymeren kann zusätzlich auch aus **Viskositätsmessungen** ermittelt werden.

Die Bestimmung von Molekulargewichtsverteilungen erfolgt heute jedoch in der Regel mit Gelpermeationschromatographie, einer Methode der Flüssigkeitchromatographie. Dabei durchwandern die Moleküle ein Gel mit einer definierten Porengrößenverteilung. Je größer die Moleküle sind, umso schneller verlassen sie die Säule wieder, da ihnen nur ein Teil der vorhandenen Poren zur Verfügung steht. Bei Detektoren die nur die Elutionszeit detektieren, muss die Säule mit einem Gemisch von Substanzen mit bekanntem Molekulargewicht kalibriert werden. Mit Lichtstreudetektoren ist dies nicht notwendig. Gleichzeitig können mit Lichtstreudetektoren auch Informationen über die Konformation, den Verzweigungsgrad von Polymeren sowie Polymerradien erhalten werden. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Mark, J.E.; Allcock, H.R.; West, R.: Inorganic Polymers, Oxford University Press, 2. Aufl., 2005.

Hirsch, C.M.: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen polymeren Fließmitteln und Zementen bzw. Mineralphasen der frühen Zementhydratation, Dissertation, TU München, 2005.

14.10 Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) und Kernspintomographie

Die Kernspinresonanzspektroskopie (Nuclear Magnetic Resonance) beruht darauf, dass die Kerne der Isotope, die eine ungerade Nukleonen- oder Ordnungszahl besitzen, sich in einem Magnetfeld ausrichten, dabei jedoch nur einzelne definierte Energiezustände einnehmen können. Durch Einstrahlung eines elektromagnetischen Wechselfeldes (Radiowellen), dessen magnetischer Vektor senkrecht zu dem des angelegten Magnetfeldes steht, werden im Resonanzfall Übergänge zwischen den Zuständen erzeugt. Es tritt dann Absorption auf. Der Resonanzfall kann entweder durch Variation der Stärke des Magnetfeldes oder durch Variation der Frequenz der eingestrahlten Radiowellen hervorgerufen werden. Nach Abstellen des elektromagnetischen Wechselfeldes stellt sich innerhalb einer messbaren Zeitspanne **(Relaxationszeit)** unter Abstrahlung von Radiowellen der ursprüngliche Zustand der Kerne wieder ein.

Aus der Lage der Resonanzen (Energie), der Relaxationszeit und der Intensität lassen sich Informationen über das angeregte Isotop, dessen Umgebung (Elektronenhülle, Bindungen, benachbarte Kerne) sowie die vorliegende Konzentration gewinnen. Die Lage der Resonanzen wird dabei über eine **chemische Verschiebung** der Resonanzfrequenz gegenüber einer Standardsubstanz angegeben.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das bildgebende Verfahren der **Magnetresonanztomographie** (Kernspintomographie) nutzt z. B. die unterschiedliche Konzentration von Wasserstoffatomen und unterschiedliche Relaxationszeiten in verschiedenen Gewebearten zur Erzeugung des Bildkontrastes. Weitere Informationen zu tomographischen Methoden können aus Kap. 20.16 entnommen werden.

NMR Spektroskopie wird hauptsächlich an Molekülen in Lösung durchgeführt. Die bei der Analyse von Festkörpern (Pulver) auftretende Linienverbreiterung kann durch eine hochtourige Rotation, das sogenannte **Magic Angle Spinning (MAS)**, verringert werden. Mittels NMR können auch amorphe Strukturen untersucht werden. Wichtige Isotope, die mit NMR-Spektroskopie untersucht werden sind z. B.: ^{1}H, ^{13}C, ^{27}Al, ^{29}Si, ^{31}P.

Die Festkörper NMR spielt eine Rolle bei der Strukturuntersuchung der **C-S-H-Phase zementgebundener Stoffe** und anderer röntgenamorpher polymerer siliziumhaltiger Stoffe. Mit der Methode kann man feststellen, mit wie vielen anderen Siliziumatomen ein Siliziumatom über Si-O-Si-Verbindung verknüpft ist. Auch das Aluminium und seine chemische Umgebung lässt sich gut untersuchen.

NMR wird außerdem zur zerstörungsfreien Bestimmung des Wassergehaltes in Baustoffen verwendet. Über die unterschiedliche Relaxationszeit lässt sich dabei Eis, flüssiges Wasser und verschieden stark gebundenes Wasser unterscheiden. Die unterschiedliche Relaxationszeit in verschiedenen Poren lässt sich auch zur **Porenstrukturuntersuchung** heranziehen.

Eine hohe örtliche Auflösung bei der Analyse von **Feuchteprofilen** lässt sich erzielen, wenn mit einem definierten Gradienten des Magnetfeldes gearbeitet wird. Dadurch wird die Resonanzfrequenz für ein Isotop ortsabhängig. Durch Einstrahlung eines breitbandigen Signals und Fourier-Transformation lässt sich bei der Feuchteanalyse die Strahlungsantwort der Probe dem Ort im Magnetfeld zuordnen und so eine hohe örtliche Auflösung erreichen.

Für spezielle Einsatzbereiche, auch für Feuchteuntersuchungen an Bauwerken sind tragbare NMR-Geräte erhältlich, mit denen ein Bauteil von der Oberfläche aus untersucht werden kann. Nach Firmeninformationen der Fa. act (Aachen) ist damit eine Auflösung von 5 Mikrometer bei 2 mm Messtiefe bzw. eine Auflösung von 0,1 mm bei 30 mm Messtiefe möglich.

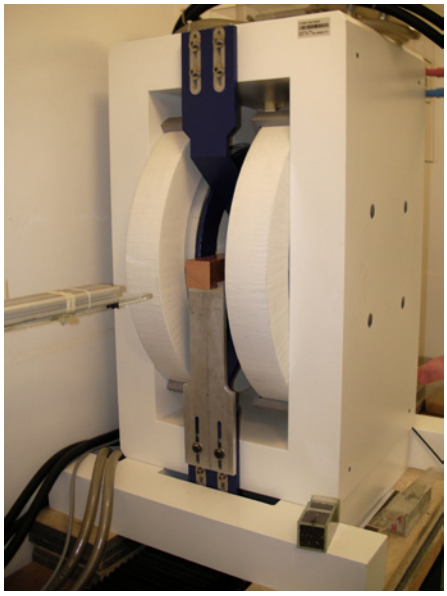


Abb. 178 NMR Spektrometer zur Aufnahme von Feuchteprofilen mit prismenförmiger Probe (Mitte). Institution: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

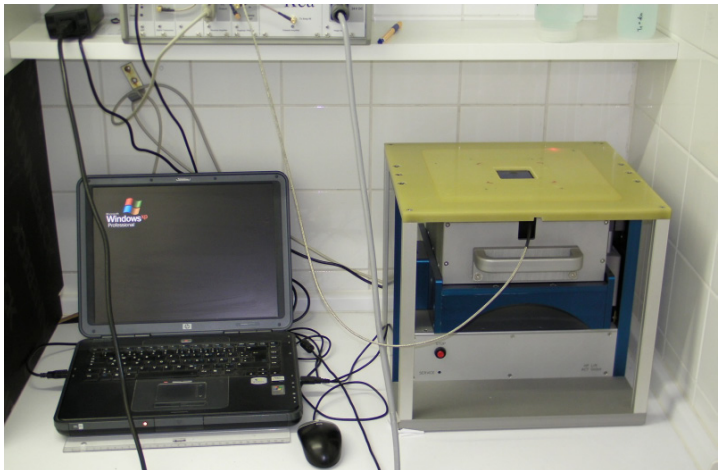


Abb. 179 NMR-Spektrometer in Aufsetztechnik zur Feuchtemessung. Die Probe wird auf die oben sichtbare Öffnung des rechten Gerätes aufgelegt. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung, TU München.

Die folgende Abbildung zeigt zeitabhängige, mittels NMR-Technik gemessene Feuchteprofile in einer Labor-Gipsputzprobe.

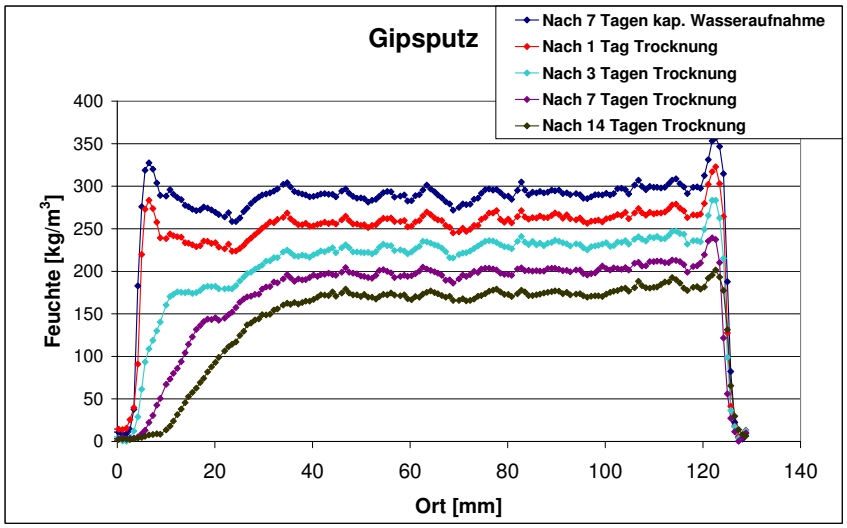


Abb. 180 Feuchteprofile in einer Gipsputzprobe, gemessen mit NMR-Technik. Nach dem Erhärten wurde die Probe für ca. fünf Monate bei 65 % r. F. und 23 °C gelagert und dann 7 Tage mit der einzigen offenen Seite (hier links) in Kontakt mit Wasser gebracht. Anschließend erfolgte wieder eine Austrocknung bei 65 % r. F. und 23 °C. Die Messung startete unmittelbar nach dem Ende der kapillaren Befeuchtung. Messung: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen. Kalibration und Graphik: M. Heidmann.

Weiterführende Literatur:

Skibsted, J.; Andersen, D.; Jakobsen, H.J.: Anwendung der Festkörper-NMR-Spektroskopie zur Charakterisierung von Portlandzement-basierten Materialien, ZKG International, Bd. 60, S. 70–83, 2007.

Krus, M.: Feuchtetransport- und Speicherkoeffizienten poröser mineralischer Baustoffe. Theoretische Grundlagen und neue Messtechniken. Dissertation, Universität Stuttgart, 1995.

14.11 Leitfähigkeitsmessungen

Die Leitfähigkeit ist ein Summenparameter der im Wesentlichen von den in einer Lösung bzw. einer Porenlösung eines porösen Feststoffes befindlichen Ionen bestimmt wird. Er eignet sich daher gut zur Abschätzung des Gesamtgehaltes löslicher Ionen. Bei entsprechender Kalibrierung kann die Leitfähigkeit jedoch

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

auch als ein sehr einfach und schnell zu messender Parameter verwendet werden, um den Fortschritt von Reaktionen zu messen, die mit einer Veränderung der Leitfähigkeit verbunden sind. Die zeitabhängige Messung der Leitfähigkeit kann ggf. auch zur Ermittlung von **Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten** in Suspensionen verwendet werden, s. Kap. 13.8.2. Leitfähigkeitsmessungen müssen temperaturkompensiert werden. Daher können mit Leitfähigkeitsmessern in der Regel auch Temperaturen gemessen werden. Neben Eintauchmesszellen sind auch Durchflussmesszellen erhältlich.

DIN EN 27888 und DIN EN ISO 15091 beschäftigen sich mit diesem Messverfahren. DIN EN ISO 8502-9 beschreibt ein Verfahren mit dem wasserlösliche Salze auf Stahloberflächen bestimmt werden können. Die Salze werden mit Wasser von der Oberfläche abgenommen und der Salzgehalt in der Lösung mittels Leitfähigkeitsmessung bestimmt.

14.12 Brechungsindex

Der Brechungsindex von Flüssigkeiten, Pasten und Festkörpern mit einer ebenen Fläche lässt sich mit Hilfe eines **Abbé-Refraktometers** messen. Er kann gut für analytische Zwecke genutzt werden. Hinweise zur Durchführung von Messungen mit Refraktometern können entnommen werden aus DIN 51423 bzw. DIN EN 2155-3. Der Brechungsindex von transparenten Festkörpern kann auch mikroskopisch mit Hilfe von Immersionsflüssigkeiten gemessen werden, siehe Kap. 14.4.1.



Abb. 181 Abbé Refraktometer. Die Messzelle befindet sich vorne am Gerät und kann temperiert werden. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

14.13 Fluoreszenzerscheinungen bei der Prüfung mit einer UV-Lampe

Durch Bestrahlung mit einer UV-Lampe können Fluoreszenzerscheinungen hervorgerufen werden, die für phasenanalytische Zwecke genutzt werden können. Entsprechende Phasen leuchten unter der UV-Lampe in ungewöhnlichen Farben auf. DIN EN 1744-1 nutzt diese Vorgänge beispielsweise um innerhalb von **Hochofenstückschlacken** Körner zu identifizieren, die von **Dicalciumsilikatzerfall** bedroht sind (Umwandlung von β-C_2S in γ-C_2S, siehe auch Kap. 29.13). Bei der Unterscheidung von Bitumen und Teer gibt Fluoreszenz einen Hinweis auf **Teerbestandteile** in der Probe. Nähere Informationen dazu können entnommen werden aus:

Binder, G.: Empfehlungen zur Voruntersuchung schadstoffbelasteter Altbeschichtungen, BAW-Brief Nr. 1, 1-3, 2000.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

15 Untersuchung des Eluations- und Emissionsverhaltens von Bauprodukten

15.1 Allgemeines

Die Eluation löslicher Bestandteile spielt eine große Rolle bei der Beurteilung von Festkörpern im Hinblick auf eine mögliche **Umweltgefährdung** (Zuordnung zu Deponieklassen, Haldenmaterialien, Verwendung als Recyclingmaterial usw.). Grundlage für die Bewertung sind die folgenden DIBt Grundsätze: Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, DIBt Mitteilungen, Hefte 4 und 5, 2009.

Das Prüfung des Emissionsverhaltens von Baustoffen ist insbesondere zur Vermeidung einer **Gesundheitsgefährdung** von Gebäudenutzern von Bedeutung und ist eine direkte Folge der Bauproduktenrichtlinie, die Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz als eine wesentliche Anforderung an Bauprodukte definiert. Dabei sind insbesondere **flüchtige organische Verbindungen (VOC)** von Bedeutung. Maßgeblich sind in Deutschland die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) veröffentlichten »Grundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen« (DIBt Mitteilungen, Bd. 41, S. 209–248, 2010), die als einen wesentlichen Bestandteil ein Bewertungsschema des Ausschusses für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten **(AgBB)** enthalten. Angewendet wird dies z. B. auf **Bodenbeläge** und **Klebstoffe** für Bodenbeläge.

Ein Hilfsmittel ist außerdem der DIN Fachbericht 127 »Beurteilung von Bauprodukten unter Hygiene-, Gesundheits- und Umweltaspekten«. Daneben existieren eine Reihe von Labels aufgrund privatwirtschaftlicher Vereinbarungen mit entsprechenden Prüfmethoden. Einen guten Überblick über die Thematik gibt der folgende Forschungsbericht und die daraus entstandende Broschüre, die über das Umweltbundesamt erhältlich ist (Download unter www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/):

Horn, W.; Jann, O.; Kasche, J.; Bitter, F.; Müller, D.: Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte – Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen.

Auf die Problematik der Schimmelpilzbildung und entsprechenden Untersuchung geht Kap. 30.4 ein. Der Boden und Baustoffe emittieren **radioaktive Strahlung**, insbesondere hervorgerufen durch **Radon-222**. Methoden zur Untersuchung der Freisetzung und Aufkonzentration von Radon in Bauwerken sind beschrieben in DIN ISO 11665.

15.2 Eluationsuntersuchungen

Neben Eluationsuntersuchungen, die der möglichst realitätsnahen Abbildung einer Auslaugsituation dienen (Material, Umgebungsbedingungen), existieren eine Reihe standardisierter Verfahren, die sich im Lösungsmittel, pH-Wert, Kontaktzeit, Flüssigkeits/Feststoff-Verhältnis bzw. Flüssigkeitsvolumen/Oberflächen-Verhältnis usw. unterscheiden.

Das wichtigste dieser Eluationsverfahren ist das Verfahren nach **DEV-S4 (DEV – Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser, Abwasser- und Schlammuntersuchung**, DIN 38414-4. Die Probe wird in der Form untersucht, in der sie vorliegt. Nur wenn das Größtkorn über 10 mm liegt, wird die Probe auf 10 mm Größtkorn gebrochen. Ein Mahlen ist nicht vorgesehen. In der Regel wird 100 g Trockensubstanz mit 1 000 ml Wasser versetzt und 24 Stunden geschüttelt. Das flüssige Eluat wird durch Filtration oder Zentrifugieren abgetrennt und analysiert. Neben solchen **Schüttelverfahren** existieren eine Reihe weiterer Verfahren zur Untersuchung des Eluationsverhaltens.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 182 Überkopfschüttler für Gefäße mit maximal 2 l Inhalt. Das Gerät kann für DEV-S4-Tests, aber auch gut für Korrosionsversuche eingesetzt werden (Einstellung eines Gleichgewichts zwischen aufgemahlenem Feststoff und Lösung). Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

In **pH-stat Versuchen** wird der pH-Wert durch Nachtitration konstant gehalten.

In **Kaskadenversuchen** werden der zerkleinerte Feststoff und das Lösungsmittel nach Erreichen eines Gleichgewichts immer wieder durch Filtration getrennt (mehrere Kaskaden). Entweder wird dem Feststoff in der nächsten Kaskade frisches Lösungsmittel zugesetzt oder dem Lösungsmittel frischer Feststoff zugesetzt oder in zwei Versuchsreihen beides untersucht. Über Kaskadenversuche kann eine Untersuchung des **Reaktionspfades** des Feststoffes in Kontakt mit der flüssigen Phase durchgeführt werden, jedoch ohne dass an den Reaktionsverlauf eine absolute Zeitskala angelegt werden kann.

Daneben werden auch **Säulentests**, bei denen der zerkleinerte Feststoff in einer Säule mit dem Lösungsmittel in Kontakt gebracht wird (statisch oder dynamisch), **Standtests** bei denen der unzerkleinerte Festkörper mit dem Lösungsmittel in Kontakt gebracht wird (statisch oder dynamisch) und **Lysimetertests** durchgeführt (Auslaugung unter weitgehend natürlichen Bedingungen). Untersucht wird in der Regel das Eluat.

Eine Reihe dieser prinzipiellen Versuchsaufbauten werden in abgewandelter Form auch als **Korrosionsversuche** für Baustoffe sowie zur Überprüfung von rechnerischen Korrosions-Simulationsverfahren verwendet (siehe dazu Kap. 29.4 und Kap. 31.2). Weiterführende Literatur:

Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TP Gestein-StB, modifiziertes DEV-S4-Verfahren, **Trogverfahren**, pH-stat-Verfahren, **Perkolationsverfahren**, auch Hinweise und Anwendungsgrenzen der einzelnen Verfahren zur Analyse des Eluats).

Hohberg, I.; Müller, C.; Schießl, P.; Volland, G.: Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe – Sachstandsbericht, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 458, Beuth Verlag, Berlin, 1996.

DAfStb-Richtlinie Bestimmung der Freisetzung anorganischer Stoffe durch Auslaugung aus zementgebundenen Baustoffen, Beuth, Berlin, 2005.

DIN Fachbericht CEN/TR 15678.

Karnuth, M.: Verhalten von Recycling-Materialien in der Umwelt: Labor- und Feldversuche, Dissertation, Universität Mainz, 2003.

Beim Einsatz von Bauprodukten im **Trinkwasserbereich** und im Bereich von Schwimm- und Badebecken ist die physiologische Unbedenklichkeit ebenfalls von Bedeutung. Grundlage für die dafür notwendigen Eluationsversuche und die anschließende Analytik sind die Leitlinien des Umweltbundesamtes zur hygienischen Beurteilung von organischen Materialien im Kontakt mit Trinkwasser (**KTW**-Leitlinien, herunterladbar über www.umweltbundesamt.de bzw. www.dvgw.de), die DVGW Arbeitsblätter W 270 und W 347 (Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich, www.dvgw.de) und die Emp-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

fehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Eignungsprüfung von Kunstoffmaterialien im Schwimm- und Badebeckenbereich (**KSW**-Empfehlungen).

15.3 Emissionsuntersuchungen

Zur Prüfung des Emissionsverhaltens dienen **Prüfkammern,** in denen die Ausgasung von Schadstoffen bei definierten Randbedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftwechselrate) aus einem Bauprodukt gemessen wird. Dabei wird unterschieden zwischen verschiedenen Parametern: **leichtflüchtige organische Verbindungen (VVOC), flüchtige organische Verbindungen (VOC) und schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC)**, die sich in ihren Siedebereichen unterscheiden.

Aus den Prüfkammern können Gasproben entnommen werden, deren Gehalt an organischen Verbindungen an Sammlern adsorbiert wird oder in anderer Art und Weise gewonnen wird. Die anschließende Analyse erfolgt häufig mittels **Gaschromatographie** oder **Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie**. Eine Prüfkammeruntersuchung nach dem **AgBB-Schema** (siehe Kap. 15.1) dauert im Normalfall 28 Tage.

Die Freisetzung riechbarer Stoffe kann auch unter kontrollierten Bedingungen durch entsprechend trainierte Probanden erfasst werden (**olfaktorische Prüfung**). Diese Prüfung mit Hilfe der menschlichen Nase kann in Zukunft eventuell durch Messungen mit Multigassenoren (»künstliche Nase«) ersetzt werden. Die Bewertung der Luftqualität bezeichnet man als **Hedonik**. Weitere Informationen können z. B. entnommen werden aus:

Hohberg, I.; Müller, C.; Schießl, P.; Volland, G.: Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe – Sachstandsbericht, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 458, Beuth Verlag, Berlin, 1996.

DIN EN ISO 16000 und DIN ISO 16000 beschäftigen sich in ihren verschiedenen Teilen mit der Analyse von Innenraumluftverunreinigungen. Die Norm beruht in weiten Teilen auf der VDI Richtlinie 4300. Emissionsprüfkammermessungen werden in DIN EN ISO 16000-9 behandelt. Eine Mikro-Prüfkammer ist in DIN ISO 16000-25 beschrieben. Emissionsprüfzellenverfahren, die auch direkt vor Ort eingesetzt werden können, in dem die Messzellen auf die Baustoffoberfläche aufgesetzt werden, sind beschrieben in DIN EN ISO 16000-10. Die Probenvorbereitung von Bauprodukten für Emissionsuntersuchungen ist Gegenstand der DIN EN ISO 16000-11. Die Leistungsprüfung von sorbierenden Baumaterialien im Hinblick auf die Konzentrationsminderung von Schadstoffen in der Innenraumluft ist Gegenstand der DIN ISO 16000-23 und der DIN ISO 16000-24. Mit der Bestimmung von Geruchstoffemissionen beschäftigt sich DIN ISO 16000-28.

Gegenstand der DIN EN 717-1 ist die Bestimmung der **Formaldehydabgabe** aus Holzwerkstoffen. DIN EN 13999 beschäftigt sich mit den Emissionseigenschaften von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Klebstoffen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

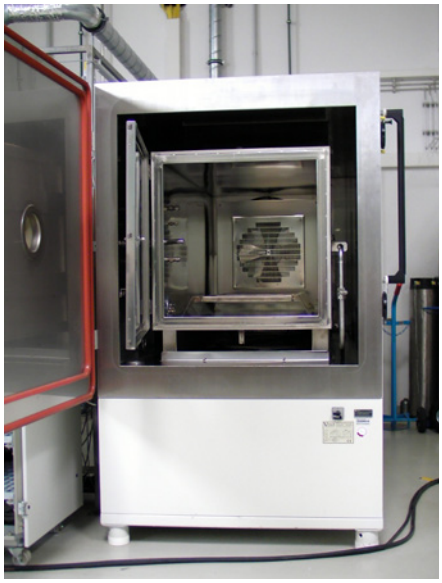


Abb. 183 Emissionsprüfkammer nach DIN EN ISO 16000-9. Das Probenmaterial wird in die innere Kammer eingelagert und die Freisetzung von Substanzen in den Gasraum analysiert. Institution: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.



Abb. 184 Flec-Zelle zur Durchführung von Emissionsuntersuchungen an Baustoffen im Labor und am Bauwerk nach DIN EN ISO 16000-10. Institution: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

16 Kalorimetrische Untersuchungen

Kalorimetrische Untersuchungen an Baustoffen werden vor allem eingesetzt um die Wärmefreisetzung bei der Erhärtung und ggf. deren Zeitabhängigkeit zu analysieren. Die **Wärmefreisetzung** ist bei **Betonen** ein wichtiger Parameter für die Prognose der Erhärtung und zur Beurteilung der Zwangspannungen in erhärtenden Bauteilen. Bei **Bindemitteln** gibt die Kalorimetrie wichtige Hinweise auf die zeitabhängigen Erhärtungsprozesse und die Wirkung von Zusatzmitteln und anderen Komponenten.

Bei **adiabatischer** Prüfung wird das die Probe umgebende Medium ständig auf der Temperatur der Probe gehalten, um einen Wärmeaustausch zwischen Probe und Umgebung zu verhindern (adiabatische Bedingungen). Je nach Zusammensetzung können sich die Proben stark aufheizen.

Bei **teiladiabatischen** Kalorimetern wird ein definierter Wärmeaustausch mit der Umgebung zugelassen. Der Temperaturverlauf in der Probe entspricht am ehesten der Realität. Die Kalorimeter sind schwierig zu betreiben.

Bei **isothermen Prüfungen** wird die Probe auf konstanter Temperatur gehalten und die dafür notwendige Energie gemessen. Die Probe erhärtet langsamer als in einem realen Bauteil. Isotherme Prüfungen sind nur bei kleinem Probenvolumen möglich, z. B. bei Prüfungen an Bindemitteln.

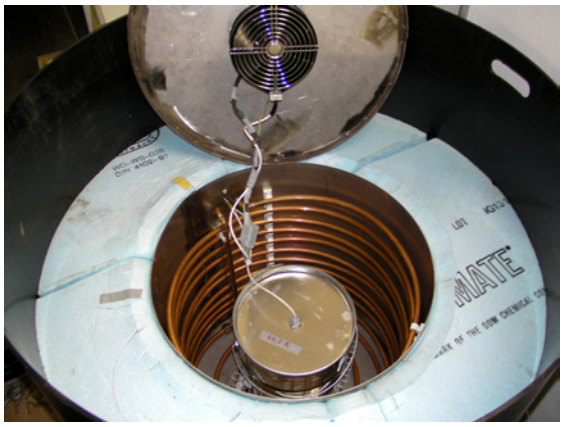


Abb. 185 Geöffnetes adiabatisches Betonkalorimeter. Der Beton befindet sich in dem Blecheimer. Die Temperatur der Umgebungsluft wird auf die Temperatur des Betons eingestellt, um den Wärmeaustausch zwischen Beton und Umgebung zu vermeiden. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Bestimmung der quasiadiabatischen Temperaturerhöhung von Beton mit Hilfe von Temperaturmessungen in großformatigen Betonblöcken oder Messungen im Betonkalorimeter oder Berechnungen aufgrund der Hydratationswärmeentwicklung des Zementes, ist enthalten in der ZTV-W, Leistungsbereich 215 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen).

Lösungskalorimeter messen die Aufheizung einer Lösung. Sie werden z. B. zur Bestimmung der Wärmefreisetzung bei der Hydratation von Zementen eingesetzt. Dazu löst man den unhydratisierten Zement und einen entsprechenden erhärteten Zementstein in Säure und ermittelt die Differenz der Lösungswärmen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 196-8. Alternativ zu diesem Verfahren kann die Hydratationswärme von Zement mit einem teiladiabatischen Kalorimeter nach DIN EN 196-9 bestimmt werden. Dieses Verfahren liefert auch eine Zeitabhängigkeit der Hydratationswärme.

Um den zeitabhängigen Verlauf der Hydratation von Bindemitteln, z. B. **Zement**, und deren Beeinflussung z. B. durch **Zusatzmittel** zu messen, werden in der Regel nahezu isotherme **Wärmeflusskalorimeter** eingesetzt. Dabei mißt man den Wärmeabfluss aus der Probe im Vergleich mit einer inerten Referenzprobe bei einer konstanten Temperatur.

Mit Hilfe der Wärmeflusskalorimetrie lassen sich neben der Gesamtwärmefreisetzung verschiedene Peaks im zeitlichen Verlauf der Wärmefreisetzung analysieren, die von der Rezeptur des Baustoffs, der

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Temperatur, der Mischungsintensität usw. abhängen. Diese lassen sich chemischen Prozessen **(Reaktionsverlauf)** und ggf. physikalischen Veränderungen des erhärtenden Baustoffs zuordnen. Die Nutzung und Auswertung dieser Methode bei der Untersuchung **zementgebundener Baustoffe** lässt sich beispielsweise aus den folgenden Arbeiten entnehmen:

Götz-Neunhoeffer, F.: Modelle zur Kinetik der Hydratation von Calciumaluminatzement mit Calciumsulfat aus kristallchemischer und mineralogischer Sicht, Erlanger Forschungen, Reihe B, Naturwissenschaften und Medizin, Band 29, ISBN: 3-930357-78-X, 2006.

Hofheinz, C.: Auswirkungen nachträglich hydratisierender Portlandzement-Partikel in Zementstein und Mörtel bei sehr niedrigen w/z-Werten, Dissertation Universität Siegen, 2003.

Bei Baukalken wird die zeitabhängige Wärmefreisetzung zur Untersuchung der Reaktionsfähigkeit von ungelöschtem Kalk beim Löschen mit Wasser eingesetzt. Die Prüfung ist beschrieben in DIN EN 459-2. Kalorimetrische Prüfungen im Zusammenhang mit dem Brandschutz sind beschrieben in Kap. 27.4.2.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17 Untersuchung von Dispersionen, Partikeln und Grenzflächeneigenschaften von Festkörpern ohne Betrachtung der Rheologie

17.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung, der Kornform und der äußeren Oberfläche eines Pulvers oder Haufwerks, Granulometrie

17.1.1 Allgemeines

»Die Korngrößenverteilung ist für viele pulverförmige bzw. körnige Stoffe von großer technischer Bedeutung. Baustoffe müssen zum Erreichen einer guten Verarbeitbarkeit und zum Erzielen eines bestimmten Gefüges (möglichst dicht gepackt oder auch porig) definierte Korngrößenverteilungen einhalten. Mit der Korngrößenverteilung im Zusammenhang steht die Oberfläche eines Kornhaufwerks. Je feiner das Korn umso größer die spezifische Oberfläche.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Neben Verfahren, die die spezifische Oberfläche direkt bestimmen, lässt sich unter der Annahme einer definierten Kornform aus einer Korngrößenanalyse ebenfalls eine spezifische Oberfläche bestimmen.

Bei der Korngrößenuntersuchung gebrochener Materialien arbeitet man häufig mit dem **RRSB-Netz (Verteilungsfunktion von Rosin, Rammler, Sperling, Bennett** nach DIN 66145. Dies ist eine doppellogarithmische Darstellung der Summenkurve über der Korngröße. Viele Korngrößenverteilungen gebrochener Partikel lassen sich dabei in Form einer Gerade annähern, die durch **Lageparameter und Steigungsmaß** beschrieben wird. Der Lageparameter ist die Korngröße, die von 63,2 % der Partikel unterschritten wird. Das Steigungsmaß ist umso größer, je enger die Korngrößenverteilung ist.

Für ungebrochene Materialien ist eine logarithmische Normalverteilung nach DIN 66144 zur Darstellung besser geeignet. Der Medianwert d_{50} und die Standardabweichung s kennzeichnen die Verteilung. Mit der Darstellung und Auswertung von Korngrößenverteilungen und Kornformanalysen beschäftigt sich auch DIN ISO 9276. Es muss darauf hingewiesen werden, dass in der Literatur z. T. unterschiedliche Definitionen für die gleichen Kornformparameter verwendet werden. Man sollte daher immer die Definition dieser Begriffe prüfen und angeben, bzw. sich auf DIN ISO 9276-6 beziehen.

In der Regel lassen sich Korngrößenverteilungen und Oberflächen, die mit verschiedenen Verfahren bestimmt wurden, ohne eine materialspezifische Kalibrierung nicht ineinander umrechnen. Allgemeine Hinweise zur Korngrößenanalyse und zu Dispersionsmitteln können entnommen werden aus DIN EN 725-5, einer Prüfnorm aus der Hochleistungskeramik.

17.1.2 Korngrößenanalyse mittels Siebung

Die Siebanalyse wird vor allem eingesetzt um Korngrößenverteilungen mit Korngrößen über 63 µm zu analysieren. Das Prüfgut wird dabei von oben auf einen Siebturm gegeben, in dem es nach unten immer feiner werdende Siebe durchläuft, bis das einzelne Korn schließlich ein Sieb nicht mehr durchdringen kann und darauf liegen bleibt. Der Siebturm wird unten mit einer Bodenschale abgeschlossen. Gesiebt werden kann per Hand, mit einer Maschine, trocken, naß oder im Luftstrahl.

Mit **Luftstrahlsiebung** sind auch Korngrößen unter 63 µm noch trennbar. Dabei rotiert unter dem Prüfsieb eine Schlitzdüse, durch die das Prüfgut auf dem Sieb in Bewegung versetzt wird.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 186 Labor-Siebmaschine. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Bei der Siebanalyse sind heute Siebe mit quadratischen Öffnungen üblich (Lochbleche oder Siebgewebe). Die Öffnungsweiten sind von 0,063 mm bis 63 mm so abgestimmt, dass das nächstgröbere Sieb eine doppelt so große Öffnungsweite hat. Zwischengrößen sind gebräuchlich. Häufige Sieblochweiten sind in Millimeter:

0,063 – 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 – 22,4 – 31,5 – 63

Zur Auswertung wird das Siebgut auf den einzelnen Sieben und in der Bodenschale ggf. getrocknet (bei Nasssiebung), gewogen und in Form des Siebdurchgangs oder des Siebrückstandes als Funktion der Korngröße aufgetragen. Die einzelne Siebung ist beendet, wenn sich die Massen auf den Sieben nicht mehr verändern, bzw. wenn bei einer Prüfung über einem dunklen Papier nichts mehr durch das jeweilige Sieb hindurchfällt. Die Summe des gesamten Siebgutes auf den einzelnen Sieben und der Auffangschale muss wieder die ursprüngliche Einwaage ergeben (Begrenzung des Siebverlustes).

Der Rückstand auf den einzelnen Sieben wird gewogen. Das Zusammensetzen eines Korngemisches ist jedoch grundsätzlich ein volumetrischer Prozess auf der Basis von Volumenanteilen der einzelnen Fraktionen. Nur wenn das Korngemisch eine einheitliche Dichte hat, ist das Volumen direkt proportional zur Masse. Bei Korngemischen mit unterschiedlicher Rohdichte der einzelnen Fraktionen muss diese deshalb zusätzlich bestimmt und berücksichtigt werden, um beispielsweise die **Regelsieblinien** der DIN 1045-2 benutzen zu können. Der Siebdurchgang bzw. -rückstand der Fraktionen ist in diesem Fall in Vol.-% anzugeben.

Feine Prüfsiebe sind sehr empfindlich und dürfen zur Reinigung nicht mechanisch beansprucht werden. Zur Prüfung ist von der Normensand GmbH ein Analysen-Siebe-Kontrollsand erhältlich.



Abb. 187 Luftstrahlsieb. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Bestimmung der Korngrößenverteilung von Gesteinskörnung mittels Siebung erfolgt nach DIN 52098 und DIN EN 933. Die Siebanalyse von Mörteln erfolgt nach DIN EN 1015-1 bzw. nach DIN EN 12192-1. Zur Prüfung der Korngrößenverteilung kann auch DIN 18123, eine Prüfnorm für Bodenproben, herangezogen werden. Die Prüfung der Feinheit von Flugasche nach DIN EN 451-2 beruht auf einer Naßsiebung mittels 0,045 mm Sieb unter Verwendung einer speziellen Sprüheinrichtung. Der Rückstand auf dem Sieb wird zur Charakterisierung der Feinheit der Flugasche verwendet. Siebanalyse und Luftstrahlsiebung werden auch bei der Prüfung von Baukalken nach DIN EN 459-2 und bei der Prüfung von Zement nach DIN EN 196-6 eingesetzt. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung von Asphalt nach DIN EN 12697-2 beruht ebenfalls auf einer Siebanalyse nach einer Extraktion des Bindemittels. Gleiches gilt für die Prüfung nach DIN 1996-14. Außerdem ist noch relevant DIN 66165-1, DIN ISO 565 und DIN ISO 3310.

17.1.3 Bestimmung der maximalen Korngröße einer feinkörnigen Dispersion

DIN EN 12192-2 und DIN EN ISO 1524 beschreiben ein Verfahren zur Ermittlung der maximalen Korngröße der Feststoffanteile in feinkörnigen Dispersionen. Das Verfahren arbeitet mit einem plattenförmigen Messgerät mit einer Rinne, deren Tiefe von Null stetig auf einen definierten Endwert zunimmt. Durch Einstreichen der Dispersion in die Rinne und Beurteilung der Oberflächenstruktur kann die maximale Korngröße festgestellt werden.

17.1.4 Korngrößen- und -formanalyse mittels Laser-Granulometrie

Bei pulverförmigen Proben zwischen 2 000 und etwa 0,1 µm ist die Laser-Granulometrie das Standardverfahren. Durchstrahlt man eine entsprechende Suspension oder ein entsprechendes Gas/Feststoff-Gemisch mit Laser-Licht entstehen Beugungsbilder. Diese können zur Korngrößenanalyse herangezogen werden.



Abb. 188 Lasergranulometer zur Messung im Luftstrom (Eingabe über Schüttelrinne in der Mitte) oder in Flüssigkeit (Eingabe in Ultraschallbecher mit Rührwerk, oben links). Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Gemessen wird trocken im Luftstrom (eingeschränkter Korngrößenbereich) oder in wässriger Suspension. Bei Stoffen, die mit Wasser reagieren, wird auch in Alkohol oder anderen organischen Flüssigkeiten gemessen. Bei sehr kleinen Korngrößen ist es notwendig die Auswertung lasergranulometrischer Messungen auf der Grundlage der **Mie-Theorie** vorzunehmen. Dabei ist im Gegensatz zur sonst verwendeten **Fraunhofer Beugung** die Kenntnis der **Brechzahlen** von Festkörper und Flüssigkeit notwendig.

Zur Kornformanalyse können viele Laser Granulometer mit Kameras und entsprechender **Bildanalysesoftware** ausgerüstet werden. Laser-Granulometer können kleine Anteile in einzelnen Messkanälen nur ungenau detektieren. Die Nachweisgrenze einer Korngrößenklasse liegt bei wenigen Prozent. Sie haben bei großen Korngrößen außerdem eine schlechte Auflösung. Das Messverfahren ist genormt nach ISO 13320.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

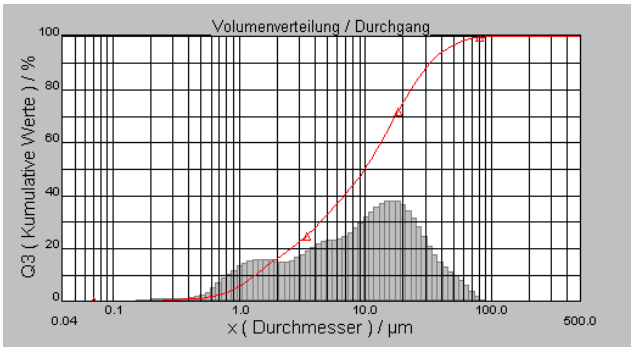


Abb. 189 Korngrößenverteilung eines Zementes ermittelt mit Laser-Granulometrie in wässriger Suspension. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

17.1.5 Korngrößenuntersuchungen mittels dynamischer Lichtstreuung

Teilchengrößen, die unterhalb der Messgrenze eines Laser Granulometers und damit auch unterhalb der Auflösung lichtmikroskopischer Methoden liegen, können in Dispersion mit Methoden der dynamischen Lichtstreuung **(DLS, Photonenkorrelationsspektroskopie, PCS)** analysiert werden. Die Dispersion wird mit Laserlicht bestrahlt und die zeitliche Veränderung des Streulichts ausgewertet, um zunächst einen Diffusionskoeffizienten der enthaltenen Teilchen zu ermitteln und daraus eine Teilchengröße. Die Photonenkorrelationsspektroskopie ist Gegenstand der DIN ISO 13321.

17.1.6 Korngrößen- und Kornformanalyse mit fotooptischen und mikroskopischen Methoden

Fotooptische Methoden arbeiten mit CCD-Kameras und sind teilweise in der Lage Korngrößen- und Kornformanalysen zwischen ca. 1 µm und 150 mm durchzuführen. In diesem Messbereich ist die Auflösung besser als bei der Laser-Granulometrie. Bildanalyseverfahren zur Partikelgrößenanalyse sind beschrieben in ISO 13322. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Stark, U.; Müller, A.: Korngröße und Kornform von Gesteinskörnungen und ihr Potential für die Betonforschung, Beton, Heft 9, S. 390–397, 2006.

Geisenhanslüke, C.: Einfluss der Granulometrie von Feinstoffen auf die Rheologie von Feinstoffleimen, Dissertation, Universität Kassel, Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, Heft 13, ISBN 978-89958-706-7, Kassel University Press, 2009.

Zur Korngrößen- und Kornformanalyse können auch mikroskopische Verfahren, vorzugsweise gekoppelt mit **bildanalytischen Methoden**, eingesetzt werden, siehe dazu Kap. 17.4.

17.1.7 Korngrößenuntersuchung mittels Sedimentationsanalyse

Bei der Sedimentationsanalyse nutzt man die Tatsache aus, dass die Sinkgeschwindigkeit eines Teilchens in einer Suspension von seiner Größe abhängt. Je kleiner das Teilchen ist, umso langsamer sinkt es ab (Beschreibung über das Stokes´sche Gesetz). Das Verfahren ist anwendbar zwischen 1–100 µm. Da die Prüfung lange dauert und dieser Korngrößenbereich auch mittels **Laser-Granulometrie** abgedeckt werden kann, ist das Verfahren heute kaum mehr gebräuchlich und weitgehend durch Laser-Granulometrie ersetzt.

17.1.8 Kornformanalyse von Gesteinskörnungen

Die Beschreibung der Kornform von Gesteinskörnungen erfolgt nach DIN EN 933-3 (Plattigkeitskennzahl) und DIN EN 933-4 (Kornformkennzahl). Ermittelt werden die beiden Parameter **Plattigkeitskennzahl FI (Flakiness Index) und Kornformkennzahl SI (Shape Index)**. Die Plattigkeitskennzahl wird mit Hilfe von **Stabsieben** ermittelt. Sie beschreibt das Verhältnis in % zwischen der Masse in einer Kornklasse d/D (d-kleinere Korngröße, D-größere Korngröße) und dem entsprechenden Durchgang durch ein Stabsieb mit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

der Schlitzweite D/2. Die Kornformkennzahl gibt den Anteil ungünstig geformten Körner in M.-% an. Als ungünstig werden Körner angesehen deren Verhältnis Länge zu Dicke größer als 3 : 1 ist. Die Ermittlung der ungünstig geformten Körner kann mit Hilfe eines **Kornform-Messschiebers** erfolgen. Der Anteil an gebrochenen Körnern an einer Gesteinskörnung auf der Basis einer manuellen Sortierung kann nach DIN EN 933-5 bestimmt werden.

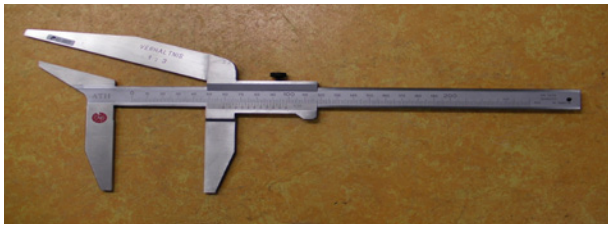


Abb. 190 Kornform Messschieber zur Bestimmung von Formparametern von Gesteinskörnung. Institution: iBMB/ MPA Braunschweig.

17.1.9 Bestimmung der äußeren Oberfläche von Pulvern – Blaine-Wert

Die äußere Oberfläche von pulverförmigen Stoffen kann mit Durchströmungsverfahren gemessen werden (Ermittlung des Blaine-Wertes). Dabei nutzt man aus, dass unter bestimmten Bedingungen die spezifische Oberfläche eines Pulverbetts definierter Dichte proportional ist zur Wurzel der Zeit, die eine Luftmenge zur Durchströmung des Pulverbettes benötigt. Das Blaine Verfahren muss anhand von Referenzmaterialien mit bekannter spezifischer Oberfläche kalibriert werden. Es ist nicht anwendbar bei faser- oder plättchenförmigen Partikeln und beschränkt auf einen relativ kleinen Meßbereich. Eine dem Blainewert äquivalente äußere Oberfläche kann nach entsprechender Kalibrierung auch mit Methoden der Korngrößenanalyse ermittelt werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 196-6 und DIN 66126.

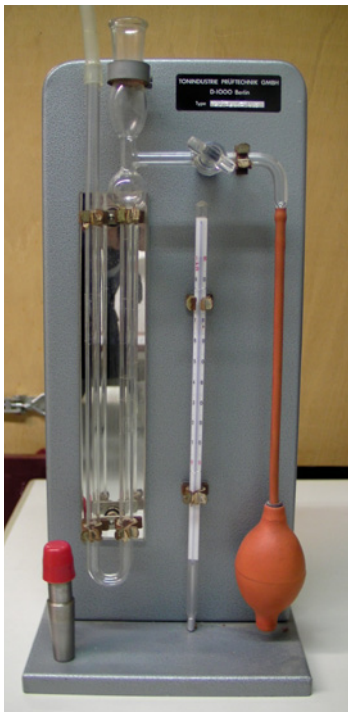


Abb. 191 Blaine Gerät.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.2 Zeta-Potential

Festkörperpartikel tragen in der Regel eine Oberflächenladung (**Nernst-Potential**). Diese Oberflächenladung wird ausgeglichen durch adsorbierte Ionen, die nahe an der Partikeloberfläche relativ stark fixiert sind (innere und äußere **Helmholtz-Schicht**, bzw. **Stern-Schicht**). Das Potential der äußeren Schicht stark adsorbierter Ionen bezeichnet man deshalb auch als **Stern-Potential**. Auf die Stern-Schicht folgt eine **diffuse Schicht** um die Festkörperpartikel, in der das Potential vom Stern-Potential exponentiell gegen Null abfällt. Entsprechend sind die Konzentrationsverhältnisse der Ionen in der diffusen Schicht. Die Dicke der diffusen Schicht (Steilheit des Potentialabfalls) verringert sich mit zunehmendem Elektrolytgehalt und zunehmender Ionenwertigkeit des in der diffusen Schicht angereicherten Ions.

Wird eine Suspension mechanisch beansprucht, tritt innerhalb der diffusen Schicht eine Scherebene auf. Das Potential an dieser Scherebene bezeichnet man als Zeta-Potential. Die Lage dieser Scherebene hängt von der eingetragenen Energie ab. Je höher die Energie, umso näher liegt die Scherebene an der Stern-Schicht. In der Regel werden Zeta-Potential-Messungen so ausgeführt, dass die diffuse Schicht weitgehend abgestreift wird. Das Zeta-Potential ist dann näherungsweise gleich dem Stern-Potential, wobei das Zeta-Potential betragsmäßig immer etwas kleiner ist als das Stern-Potential.

Insbesondere bei hohen Ionenstärken im Elektrolyten (geringe Dicke der diffusen Schicht, steiler Abfall des Potentials in der diffusen Schicht), ist damit zu rechnen, dass das Zeta-Potential auch bei hohem Energieeintrag betragsmäßig deutlich kleiner wird als das Stern-Potential.

Das Zeta-Potential ist, bei gleichbleibendem Elektrolyten, ein Maß für unterschiedliche Nernst-Potentiale unterschiedlicher Festkörperpartikel. Bei Betrachtung des gleichen Festkörpers in unterschiedlichen Elektrolyten ist das Zeta-Potential ein Maß für die Struktur der Stern-Schicht und die Dicke der diffusen Schicht. In beide Fällen gilt, dass die elektrostatische Abstoßung der Partikel umso größer ist, je größer das Zeta-Potential ist. Nur hohe gleichsinnige negative oder positive Zeta-Potentiale, zusammen mit einer ausreichend großen Dicke der diffusen Schicht, führen dazu, dass sich Festkörperpartikel in einer Suspension nicht zu sehr annähern können. Dies ist eine Voraussetzung für eine homogene Verteilung der Festkörperpartikel in der Suspension und eine hohe Stabilität der Suspension (gute **Dispergierung**).

Betragsmäßig niedrige Potentiale (in der Nähe des **isoelektrischen Punktes**), entgegengesetzt gerichtete Potentiale oder eine sehr kleine Dicke der diffusen Schicht führen aufgrund der dann überwiegenden anziehenden Kräfte zur Bildung von Aggregaten, mit einer deutlich verschlechterten Verarbeitbarkeit entsprechender Baustoffe. Zeta-Potential-Messungen spielen daher eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Untersuchung der Wirkungsweise von **Zusatzmitteln** für mineralische Baustoffe. Das Zeta-Potential ist auch von großer Bedeutung für die **Stabilität von Dispersionen**, z. B. Anstrichstoffen und Polymerdispersionen, die in der Regel nur nur in einem bestimmten pH-Bereich stabil sind. Der pH-Wert hat großen Einfluss auf das Zeta-Potential.

Für die Untersuchung von Baustoffsuspensionen hat sich die **elektroakustische und die akustische Technik** besonders bewährt. Im einen Fall wird in der Suspension ein Ultraschallsignal erzeugt und das kolloidale Vibrationspotential genutzt, im anderen Fall wird ein Hochfrequenzsignal eingestrahlt und die elektrokinetische Schallamplitude genutzt. Der Hauptvorteil dieser Methoden bei der Anwendung an Baustoffen liegt darin, dass in realitätsnahen Feinkornsuspensionen mit hohen und baupraktisch relevanten Feststoff/Flüssigkeits-Verhältnissen gemessen werden kann und Korngrößen bis zu etwa 100 µm untersucht werden können. Für die Auswertung wird zusätzlich die **Korngrößenverteilung** des Feststoffs benötigt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

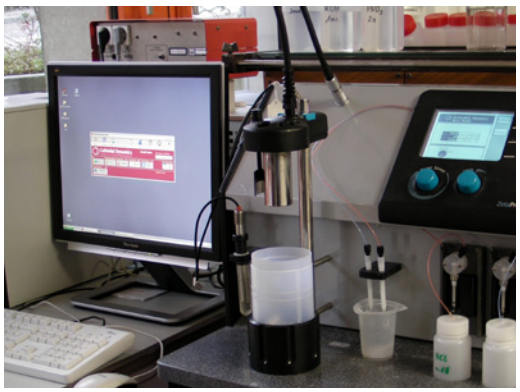


Abb. 192 Zeta-Potential Messgerät nach dem elektroakustischen Prinzip. Die Messzelle ist geöffnet. Im Boden der Messzelle befindet sich ein Rührer. In die Messzelle kann zusätzlich eine pH-Elektrode eingeführt werden (links) und mittels automatischer Büretten titriert werden (rechts). Versuchsaufbau: Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie, Universität Kassel.

Weiterführende Literatur:

Kordts, S.: Herstellung und Steuerung der Verarbeitungseigenschaften selbstverdichtender Betone, Dissertation, TU Berlin, 2005.

Hirsch, C.M.: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen polymeren Fließmitteln und Zementen bzw. Mineralphasen der frühen Zementhydratation, Dissertation TU München, 2005.

Müller, R.H.: Zetapotential und Partikelladung in der Laborpraxis, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1996.

17.3 Adsorption von organischen Substanzen auf Festkörperoberflächen in Suspension und Ladungsmengenbestimmung von Polymeren

Die Wirkung von Fließmitteln für mineralische Baustoffe mit elektrostatischem oder sterischem Effekt setzt eine Adsorption dieser Stoffe auf den Festkörperoberflächen voraus. Moleküle, die nicht in ausreichendem Maße adsorbiert werden, oder in einem Gemisch aus verschiedenen Partikeln nicht auf den gewünschten Partikeln adsorbieren, sind wirkungslos.

Die Adsorption organischer Substanzen auf den Festkörperoberflächen einer Suspension kann z. B. über die Messung des Summenparameters **TOC (Total Organic Carbon)** der Flüssigkeit untersucht werden. Dazu werden nach bestimmter Zeit Festkörper und Flüssigkeit durch Filtration getrennt und der TOC-Wert des Flüssiganteils bestimmt. Aus dem Verhältnis zum Wert vor der Adsorption ergibt sich der Anteil an Molekülen, der an den Festkörperoberflächen adsorbiert wurde. Der TOC-Wert kann mit **Elementaranalysatoren** für das Element Kohlenstoff bestimmt werden (s. Kap. 13.9). Prinzipiell kann jedoch auch jeder andere Messparameter für die Untersuchung verwendet werden, der charakteristisch ist für die organische Substanz im Flüssiganteil der Suspension.

Wichtig für die Adsorption von Polymermolekülen an Festkörperoberflächen ist die Ladungsmenge im Polymer. Deren Bestimmung kann ebenso wie weitere Informationen zur Messung der Adsorption entnommen werden aus:

Hirsch, C.M.: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen polymeren Fließmitteln und Zementen bzw. Mineralphasen der frühen Zementhydratation, Dissertation TU München, 2005.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.4 Mikroskopische Untersuchung von Partikeln und Dispersionen

Die **Rasterelektronenmikroskopie** ist eine sehr gut geeignete Methode um Partikeleigenschaften zu untersuchen. Bis hinab zu Korngrößen von wenigen Mikrometern ist dafür auch die **Lichtmikroskopie** an **Streupräparaten** oder **Dispersionen** sehr gut geeignet. Die Rasterelektronenmikroskopie als Instrument zur Elementanalyse wird in Kap. 13.10 beschrieben, im Hinblick auf die Phasenanalyse in Kap. 14.3. Die Lichtmikroskopie als Instrument zur Phasenanalyse wird in Kap. 14.4 beschrieben und ist über den Umweg über die Phasenanalyse auch ein Instrument zur Elementanalyse. Als Instrument zur Gefügeanalyse werden die mikroskopischen Methoden in Kap. 20.3 beschrieben.

Im Prinzip kann jedes automatisierbare Mikroskop zu einem Instrument zur quantitativen Analyse von **Korngröße** und **Kornform** ausgebaut werden, auch wenn es entsprechende Komplettsysteme auf dem Markt gibt. Die Korngrößen- und Kornformanalyse im Mikroskop erfordert eine entsprechende Vereinzelung der Partikel (ausreichende Verdünnung) und die Anwendung **bildanalytischer Methoden**. Die Vereinzelung der Partikel kann mit einem Präparationsgerät der Fa. Malvern vorgenommen werden, das auf Anfrage auch einzeln erhältlich ist.

Die Lichtmikroskopie ist auch ein hervorragendes Instrument um das Verhalten von Feststoffpartikeln in einer Dispersion in situ zu untersuchen, z. B. die **Dispergierung** bzw. die Neigung von Partikeln zur Bildung von Aggregaten, die z. B. durch Verflüssiger stark verändert werden kann. Die Mikroskopie hat dabei den Vorteil, dass man einen direkten bildlichen Eindruck vom Aussehen und Verhalten gewinnt. Außerdem kann das Präparat direkt manipuliert werden, z. B. durch eine Veränderung der Lösungszusammensetzung. Die Lichtmikroskopie stellt damit eine interessante Ergänzung zur Messung des Zeta-Potentials dar.

Die folgenden Abbildungen zeigen den gleichen **Zement** CEM III/B in zwei verschiedenen Lösungen. In einem Fall zeigt der Zement eine sehr gute Dispergierung, im anderen Fall eine starke Bildung von Aggregaten, was die Verarbeitbarkeit entsprechender Baustoffe erheblich verschlechtert. Der Unterschied zwischen den beiden Bildern ergibt sich alleine aus der Zusammensetzung der Lösung und zwar ohne den Einsatz von **Fließmitteln**. Weitere Informationen dazu können entnommen werden aus:

Schmidt-Döhl, F.: Was ist Salzbeton? Tagung Bauchemie, Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Freiberg, 8.–9.10.2009, GDCh Monographie Band 41, S. 207–210, ISBN 978-3-936028-61-4, 2009.

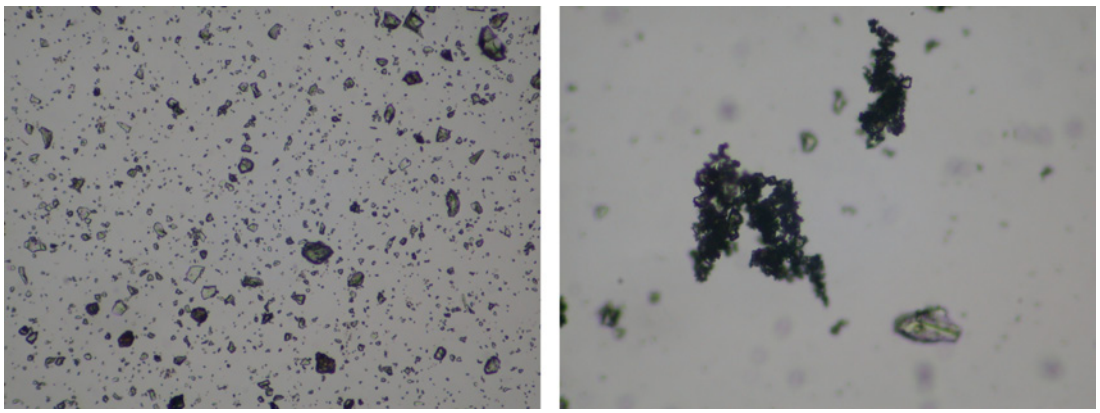


Abb. 193 Zwei Bilder einer Suspension von CEM III/B 32,5N-LH/HS/NA in wässriger Lösung ohne Zusatzmittel. Bildbreite jeweils 0,55 mm. Links mit guter Dispergierung, Zeta-Potential des Zementes in dieser Lösung 27,98 mV. Rechts mit starker Bildung von Aggregaten. Zeta-Potential des Zementes in dieser Lösung 7,16 mV. Institution: iBMB/MPA Braunschweig, Zeta-Potential Messung: Lehrstuhl für Bauchemie, TU München. Quelle: siehe Text.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.5 Prüfung der Oberflächenenergie eines Baustoffs

Die Oberflächenenergie eines Baustoffs ist wichtig für die **Benetzungsfähigkeit**, z. B. durch einen Dichtstoff oder Beschichtung. Eine gute Benetzung ist nur gewährleistet, wenn der Untergrund eine höhere Oberflächenenergie hat als der aufzubringende Stoff. Ist es notwendig, die Oberflächenenergie zu messen, kann dies mit Hilfe von **Testtinten** geschehen, die eine definierte **Oberflächenspannung** haben. Bleibt der Pinselstrich einer Testtinte für mehr als 2 Sekunden stehen, ohne sich zusammenzuziehen, ist die Oberflächenenergie des Baustoffs größer als die Oberflächenspannung der Testtinte. Durch Prüfung mit verschiedenen Tinten kann die Oberflächenergie des Baustoffs eingegrenzt werden. Aufgrund der verfügbaren Testtinten ist dieses Verfahren vor allem bei **polymeren Werkstoffen** mit glatten Oberflächen anwendbar.

Zur Bestimmung von Oberflächenenergien können außerdem **Randwinkelmessungen (Kontaktwinkelmessungen)** herangezogen werden. Dazu werden verschiedene Prüfflüssigkeiten auf die Feststoffoberfläche aufgebracht und der Randwinkel gemessen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 828. Zur Messung von Oberflächen- und Grenzflächenspannungen siehe auch:

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag München, 1996.

17.6 Prüfung von Partikeln auf dünne Oberflächenschichten (abschlämmbare Bestandteile)

Die Prüfung auf dünne Oberflächenschichten auf Gesteinskörnungen und Gesteinsmehlen (abschlämmbare Bestandteile), die die Eigenschaften von **Mörteln und Betonen** verschlechtern können, ist mit verschiedenen Prüfverfahren möglich. Im **Absetzversuch** nach der ersatzlos zurückgezogenen DIN 4226-3 vom April 1983 schüttelt man das Prüfgut mit Wasser, um die abschlämmbaren Bestandteile abzulösen. Dann lässt man die Suspension ruhen. Nach einer Stunde mißt man die Dicke der über der Körnung befindlichen Schlämmeschicht. Über die Annahme einer Dichte von ca. 0,6 g/cm^3 lässt sich der Gehalt an Feinanteilen berechnen. Ist die überstehende Lösung nach 1 Stunde noch trübe, sind sehr feine, meist tonige Anteile enthalten. Man mißt dann nach 24 Stunden und nimmt eine Dichte von 0,9 g/cm^3 an.

Beim **Sandäquivalentverfahren** werden aus einer Suspension aus Gesteinskörnung und Wasser mit Hilfe eines **Flockungsmittel** die tonigen Feinanteile ausgeflockt. Aus den Anteilen aus Körnung und ausgeflockten Teilchen wird ein **Sandäquivalent-Wert SE** berechnet. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 933-8. Es ist anwendbar auf den Kornanteil 0/2 mm bzw. 0/4 mm.

Beim **Methylenblau-Verfahren** nutzt man die Adsorption des Farbstoffs Methylenblau durch Feinststoffe. Dazu gibt man zu einer definierten Feststoff-Wasser Suspension schrittweise Farbstoff hinzu. Nach jeder Zugabe entnimmt man einen Tropfen, gibt diesen auf ein Filterpapier und prüft ob der Tropfen farblos ist (vollständige Adsorption des Farbstoffs) oder durch einen blauen Hof signalisiert, dass mehr Farbstoff zugegeben wurde, als die Feinanteile adsorbieren können. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 933-9. Es ist anwendbar auf den Kornanteil 0/2 mm. Das Ergebnis wird als **Methylenblau-Wert MB** angegeben.

17.7 Bestimmung des Wasserzementwertes von Frischbeton- bzw. Frischmörtelsuspensionen – Darrversuch

Beim Darrversuch wird eine definierte Menge Frischbeton bzw. Frischmörtel scharf und unter ständigem Rühren getrocknet und der Wassergehalt über den Gewichtsverlust ermittelt. Der Wasserzementwert kann dann bei Kenntnis der Frischbetonrohdichte und des Zementgehaltes berechnet werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN 1048-1, der ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 1 und der ZTV-W, Leistungsbereich 215 und Leistungsbereich 219. Hingewiesen werden soll an dieser Stelle auf folgenden Artikel, der jedoch bei der Anwendung auf heutige, komplexe Rezepturen sicherlich kritisch hinterfragt werden muss:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Walz, K.: Prüfung der Zusammensetzung von Frischbeton, beton, S. 282–287, S. 313–317 und S. 347–352, 1977.

17.8 Prüfung des Wassergipswertes

Die Prüfung des Wassergipswertes von Gipsbindern erfolgt nach DIN EN 13279-2, indem die Menge an Gipsbinder ermittelt wird, die beim Einstreuen in 100 g Wasser duchfeuchtet werden kann. Es handelt sich also um einen technologischen Kennwert des zu untersuchenden Gipsbinders. Daneben kann dieser Wassergipswert auch durch **Konsistenzprüfungen** ermittelt werden. Es ist der Wassergipswert, der benötigt wird, um eine entsprechend definierte Konsistenz zu erreichen.

17.9 Bestimmung der Packungsdichte und des Wasseranspruchs mit dem Puntke-Verfahren

Mit dem Puntke-Verfahren wird die Packungsdichte bzw. der Wasseranspruch von Kornhaufwerken bestimmt. Indem man die Zusammensetzung des Kornhaufwerks variiert, kann man die Zusammensetzung mit dem geringsten Wasseranspruch bzw. der höchsten Packungsdichte ermitteln. Der einzelne Versuch nach Puntke ist einfach und schnell durchzuführen, der Aufwand für eine zur Optimierung eines Mörtels notwendige Reihenuntersuchung kann jedoch beträchtlich werden.

Bei der Prüfung grober Körnungen ab 4 mm Größe wird diese in einem Behälter mit bekanntem Volumen vollständig verdichtet und aus der Masse des verdichteten Schüttguts m_k sowie dem Volumen V die Schüttdichte ermittelt, die der bodenmechanischen Trockendichte ρ_d entspricht:

$$\rho_d = m_k/V \qquad \text{Gl. 25}$$

Die Packungsdichte n_k (Volumenanteil der Feststoffkörner) ergibt sich dann bei zusätzlicher Kenntnis der Kornrohdichte ρ_K zu:

$$n_k = \rho_d/\rho_K \qquad (0 \ldots 1) \qquad \text{Gl. 26}$$

Je höher die Packungsdichte, umso niedriger der Wasseranspruch und umso geringer der Zementbedarf bei konstantem Wasserzementwert.

Der Volumenanteil der Poren n und der Volumenanteil der Körner n_k müssen zusammen 1 ergeben:

$$1 = n_k + n \qquad \text{Gl. 27}$$

Der Volumenanteil der Poren entspricht dem Wasseranspruch des Kornhaufwerks zur kompletten Füllung der Poren mit Wasser. Dieser kann deshalb nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$n = 1 - n_k \qquad (0 \ldots 1) \qquad \text{Gl. 28}$$

Bei Kenntnis der Packungsdichte kann deshalb auch der Wasseranspruch eines groben Kornhaufwerkes berechnet werden, in dem für n_k eingesetzt wird:

$$n_k = \rho_d/\rho_K \qquad (0 \ldots 1) \qquad \text{Gl. 29}$$

Damit ergibt sich (in der Orginalarbeit von Puntke ist hier ein Fehler!):

$$n = (\rho_K - \rho_d) / \rho_K \qquad (0 \ldots 1) \qquad \text{Gl. 30}$$

Durch Multiplizieren mit 1 000 erhält man den Wasseranspruch in l/m^3.

Bei feinen Kornhaufwerken arbeitet das Verfahren anders. Feine Kornhaufwerke lassen sich erst dann zu einer stoffspezifischen Packungsdichte verdichten, wenn der Wassergehalt zur Sättigung des Korngefüges ausreicht. Solange das Kornhaufwerk nicht mit Wasser gesättigt ist, behindern Kapillarspannungen die Umlagerung der Körner. Im Moment der Sättigung verschwinden die **Kapillarspannungen**. Dieser Effekt wird zur Bestimmung des **Sättigungswassergehaltes** und damit des Wasseranspruchs zur Fül-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

lung der Porosität zwischen den Körnern verwendet. Bei feinen Kornhaufwerken (das eigentliche Puntke-Verfahren) wird dazu schrittweise soviel Wasser hinzugegeben, bis sich das Kornhaufwerk verdichten lässt. Das Verfahren ist nur auf solche Körnungen anwendbar, die eine vernachlässigbare Porosität und damit verbundene Wasseraufnahme in den Partikel haben.

Bei Kenntnis der mittleren Kornrohdichte des Gemisches ρ_K kann der Wasseranspruch n_w des Korngemisches (0 … 1) nach folgender Gleichung aus der Masse des zugegebenen Wassers bei Sättigung m_W, der Masse der trockenen Körnung m_K und der Dichte von Wasser ρ_w berechnet werden:

$$n_w = \frac{\frac{m_w}{\rho_w}}{\frac{m_k}{\rho_k} + \frac{m_w}{\rho_w}}$$

Gl. 31

Das Verfahren ist im Detail beschrieben in folgendem Artikel:

Puntke, W.: Wasseranspruch von feinen Kornhaufwerken, beton, Heft 5, 2002, S. 242–248.

Das Verfahren für feinkörnige Stoffe ist außerdem beschrieben in der DAfStb-Richtlinie für Selbstverdichtenden Beton.

17.10 Ermittlung des Wasseranspruchs nach dem β_p-Wert-Verfahren

Das β_p-Wert-Verfahren dient zur Ermittlung des optimalen Verhältnisses von Wasser zu Mehlkorn bei der Herstellung von selbstverdichtendem Beton und beruht im Wesentlichen auf Messungen des Leimsetzfließmaßes **(Konsistenzprüfverfahren)** für verschiedene Mischungsverhältnisse. Das Verfahren ist z. B. beschrieben in:

Kordts, S.: Herstellung und Steuerung der Verarbeitungseigenschaften selbstverdichtender Betone, Dissertation, TU Berlin, 2005.

17.11 Prüfung des Zusammenhangs zwischen Dichte und Wassergehalt von Partikelgemischen

Die Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Verdichtungsenergie, der erzielbaren Dichte und dem Wassergehalt von Partikelgemischen erfolgt, indem entsprechende Gemische mit unterschiedlichem Wassergehalt verdichtet werden und die erzielte Dichte gemessen wird. Die Verdichtung erfolgt dabei nach DIN EN 13286-2 **(Proctorversuch)** mit einem Fallgewicht, nach DIN EN 13286-3 über Vibrationsverdichtung mit vertikalem Druck **(Rütteldruckverdichtung)**, mit einem Vibrationshammer nach DIN EN 13286-4 oder einem Vibrationstisch mit Auflast auf der Probe nach DIN EN 13286-5.

17.12 Luftgehalt von Frischbeton und -mörtel

Die Messung des Luftgehaltes von Frischbeton und Frischmörtel kann mit dem **Druckausgleichsverfahren** erfolgen. Zwischen dem Baustoff und einem mit Druckluft gefüllten Behälter wird Druckausgleich hergestellt. Der Druckabfall im Druckluftbehälter hängt vom Luftgehalt im Baustoff ab. Der Luftgehalt kann dann an einem Manometer abgelesen werden. Der Luftporengehalt dient zur Überprüfung der Verdichtung bzw. des Einbringens künstlicher Luftporen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 194 Luftporengeräte für Beton (links) und Mörtel (rechts). Die Probe befindet sich jeweils im Topf im unteren Teil des teilbaren Gerätes. Die beiden Hähne dienen zum Auffüllen des Restvolumens mit Wasser vor dem Aufbringen des Druckausgleichs. Foto: F. Tralow.

Die Messung des Luftgehaltes von Frischbeton ist beschrieben in DIN EN 12350-7. Dort findet sich neben dem Druckausgleichsverfahren außerdem noch eine Beschreibung des **Wassersäulenverfahrens**. Dabei wird der verdichtete Beton mit Wasser überschichtet und auf die Wassersäule ein definierter Druck aufgebracht. Über das Absinken der Wassersäule lässt sich der Luftgehalt bestimmen.

Poröse Gesteinskörnung kann die Messung des Luftgehaltes im Frischbeton oder -mörtel verfälschen. Der in der Gesteinskörnung enthaltene Luftgehalt kann jedoch gesondert bestimmt werden, indem die Gesteinskörnung alleine geprüft wird. Diese Porosität kann dann nach Umrechnung der entsprechenden Volumenanteile bei der Luftporenprüfung des Betons oder Mörtels als Korrekturwert berücksichtigt werden. Die in DIN EN 12350-7 genannten Verfahren sind jedoch nicht für die Anwendung auf Betone mit poröser Gesteinskörnung gedacht.

Alternativ kann Beton mit poröser Gesteinskörnung nach ASTM C 173/C 173M geprüft werden. Diese Norm gestattet auch die Prüfung von Beton mit porösem Zuschlag und ist auch in DIN EN 206-1 als Prüfverfahren des Luftporengehaltes von Leichtbeton festgelegt. Die Messung des Luftgehaltes von Baukalk-Frischmörtel mit dem Druckausgleichsverfahren ist beschrieben in DIN EN 459-2.

Daneben findet das **Alkoholverfahren** Anwendung. Die Baustoffsuspension inklusive eingeschlossener Luft wird in einem volumetrischen Gefäß mit einem Gemisch aus Alkohol und Wasser überschichtet. Anschließend schüttelt man das Gemisch und lässt die Feststoffanteile des Mörtels sedimentieren. Da die Luft beim Schütteln aus der Suspension entweicht, ist das Volumen aus Baustoff und Flüssigkeit nach dem Schütteln kleiner als vorher. Aus dem Volumenverlust bezogen auf das Ausgangsvolumen des Baustoffs ergibt sich der ursprüngliche Luftgehalt.

Die Messung des Luftgehaltes von Frischmörtel aus Putz- und Mauerbindern mit dem Druckausgleichs- und dem Alkoholverfahren ist beschrieben in DIN EN 413-2 und in DIN EN 1015-7 (Mörtel für Mauerwerk). Nach DIN EN 1015-7 ist dabei das Druckverfahren unterhalb 20 % Luftgehalt und das Alkoholverfahren bei einem Luftgehalt über 20 % einzusetzen. DIN EN 413-2 verlangt dies nicht, sondern sieht beide Verfahren als Alternativen.

Die Überprüfung des Luftporengehaltes und des Abstandfaktors am Festbeton erfolgt mittels einer lichtmikroskopischen Untersuchung, siehe Kap. 20.3.3. Unter www.germann.org ist ein kommerziell erhältliches Gerät beschrieben, mit dem der Abstandfaktor und die spezifische Oberfläche der Luftporen auch im Frischbeton ermittelt werden kann (AVA-Gerät – air void analyzer).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.13 Bestimmung der Porengrößenverteilung von Gasblasen in Suspensionen

Zur Untersuchung der Porengrößenverteilung von Gasblasen in Suspensionen kann man sich zunutze machen, dass große Gasblasen in einer Flüssigkeit schneller nach oben steigen als kleinere. Die Menge an Luft, die aus der Suspension entgast ist, kann gravimetrisch über eine Auftriebsmessung erfasst werden. Ein entsprechendes Messgerät der Fa. Dansk Beton Teknik A/S ist in der folgenden Arbeit beschrieben:

Stürmer, S.: Injektionsschaummörtel für die Sanierung historischen Mauerwerkes unter besonderer Berücksichtigung bauschädlicher Salze, Dissertation, Bauhaus Universität Weimar, 1997.

Auch die folgende Arbeit geht auf diese Messmethode ein:

Pott, J.U.: Entwicklungsstrategien für zementgebundene Schäume, Dissertation, Universität Hannover, 2006.

17.14 Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens von Suspensionen

Das Wasserückhaltevermögen von Suspensionen, z. B. von **Mörteln**, kann ermittelt werden, in dem man den Mörtel auf einem Filterpapier in eine unten offene Form einfüllt. Nach dem Abziehen der Form, z. B. eines Kunststoffringes, und Schutz des Mörtels gegen Austrocknung, z. B. durch Abdecken mit einem Becherglas, kann die Ausbreitung der Feuchtefront auf dem Filterpapier zeitabhängig verfolgt werden.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Veränderung der Konsistenz nach definiertem Absaugen von Feuchtigkeit durch Anlegen von Vakuum an den Frischmörtel zu untersuchen. ASTM-C 91 definiert ein entsprechendes Prüfverfahren. Das Verfahren nach DIN EN 413-2 (Putz- und Mauerbinder) setzt eine Frischmörtelprobe einem Wassersaugen durch mehrere Lagen Filterpapier aus. Die in der Probe verbliebene Wassermenge wird zur Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens verwendet. Das Verfahren nach DIN EN 459-2 nutzt den Wasserentzug aus dem Baukalk-Mörtel durch eine Filterplatte, um das Wasserrückhaltevermögen **WRV** zu bestimmen.

17.15 Prüfung des Wasserabsonderns und der Volumenveränderungen von Baustoffsuspensionen

Die Wasserabsonderung **(Bluten)**, die eine Form der **Entmischung** von Baustoffsuspensionen ist, kann bei Einpressmörteln nach DIN EN 445 untersucht werden. Die Norm verwendet dafür einen **Absetztest** in 5 m langen schräg angeordneten durchsichtigen Rohren, die verpresst werden und in zeitlichen Abständen auf überstehende Lösung hin untersucht werden. Mit Hilfe eines zweiten Verfahrens, dem Absetztest mit einem 1 m langen durchsichtigen Vertikalrohr, kann sowohl das Entmischungsverhalten als auch die Volumenveränderung des Mörtels untersucht werden. Beide Verfahren arbeiten mit in die Rohre eingeführten Zuggliedern während des Verpressens.

Für Betone stellt DIN EN 480-4 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel) ein Verfahren zur Bestimmung des Blutens zur Verfügung. Dabei wird das Blutwasser mit einer Pipette abgenommen und durch Wägung quantifiziert.

DIN EN 12847 beschreibt einen Versuch zur Untersuchung des Absetzverhaltens von Bitumenemulsionen. Die Probe wird in einem Messzylinder eine festgelegte Zeit stehen gelassen und dann Teilproben aus dem oberen und dem unteren Teil entnommen, deren Wassergehalt nach DIN EN 1428 oder DIN EN 1431 bestimmt wird.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.16 Prüfung der Eindringstabilität von Rissfüllstoffen

Wichtig für Rissfüllstoffe ist, welche Rissbreiten mit ihnen noch zuverlässig gefüllt werden können. Eine einfache Prüfung zur Beurteilung von Zementsuspensionen für die Rissverpressung ist die Ermittlung der Eindringstabilität (Fähigkeit, Risse ohne Verstopfung zu passieren) nach DIN EN 14497. Dabei wird die Suspension durch Siebe verschiedener Größe eingesaugt und anschließend wieder herausgedrückt, bis ein definierter Siebdurchgang unterschritten wird. Das Verfahren kann auch zur Beurteilung von Mischbarkeit und Verarbeitungsdauer herangezogen werden.

17.17 Prüfung der Injektionsfähigkeit

Bei der Prüfung der Injektionsfähigkeit von Rissfüllstoffen nach DIN EN 1771 wird der Baustoff unter definierten Randbedingungen in eine trockene und eine feuchte Sandsäule hineingedrückt. Die Kenngrößen zur Beurteilung des Materials sind die Geschwindigkeit der Injektion und die **Spaltzugfestigkeit** der injizierten Sandsäulen.

17.18 Prüfung der Sedimentationsstabilität

DIN EN 12350-11 beschreibt ein Verfahren um die Sedimentationsstabilität von selbstverdichtendem Beton zu untersuchen. Nach einer Beobachtung der Wasserabsonderung nach oben wird der Beton auf ein Sieb mit 5 mm Öffnungsweite gegeben, der Materialverlust innerhalb von 2 Minuten ermittelt und zur Ermittlung der **Entmischung SR** herangezogen. Die DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton beschreibt ein Verfahren zur Prüfung des Sedimentierverhaltens unter Benutzung eines **Tauchstabes**. Entmischungen können durch das Eintauchverhalten des Tauchstabes erkannt werden. Die Sedimentationsstabilität kann am erhärteten Baustoff durch Spalten oder Anfertigung eines Schnittes und Untersuchung der Kornverteilung geprüft werden.

17.19 Prüfung der Erosionsstabilität von Dispersionen mit dem Ausspülverfahren

Die Prüfung der Erosionsstabilität von hydraulisch gebundenen **Vergussstoffen** nach den Richtlinien für die Prüfung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (RPV) der Bundesanstalt für Wasserbau, 2008, erfolgt, in dem das Material in einem Siebkorb unter definierten Bedingungen durch eine Wassersäule hindurchgezogen wird und die im Siebkorb verbliebene Masse bestimmt wird. Dieses Verfahren ist auch Bestandteil der Richtlinien für die Prüfung von mineralischen **Weichdichtungen** im Verkehrswasserbau (RPW) der Bundesanstalt für Wasserbau, 2006.

17.20 Prüfung des Gehaltes von Fasern in Frischbeton

Der Gehalt metallischer Fasern in Frischbeton wird nach DIN EN 14721 bestimmt, in dem die Fasern aus der Suspension ausgewaschen und gewogen werden. Ein Auswaschversuch ist auch beschrieben in der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton. Darin ist auch ein magnetisches Verfahren angegeben. Weitere Informationen können entnommen werden aus:

Breitenbücher, R.; Rahm, H.: Zerstörungsfreie Bestimmung des Stahlfasergehalts und der Stahlfaserorientierung im Frisch- und Festbeton, beton, S. 88–93, 2009.

Stahlfaserprüfung im Frisch- und Festbeton und Mietmodelle zur Kostensenkung, Ernst & Sohn Special 1/2009, Messtechnik im Bauwesen, S. 110.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Auch die **Faserorientierung** kann mit den dort beschriebenen Verfahren ermittelt werden. Die Fasergehaltbestimmung in Festbeton und -mörtel wird in Kap. 20.14 behandelt.

Ein Auswaschversuch wird auch zur Bestimmung des Fasergehaltes in **Glasfaserbeton** nach DIN EN 1170-2 angewandt.

17.21 Prüfung der Teilchenpolarität von Bitumenemulsionen

Die Prüfung der Teilchenpolarität von Bitumenemulsionen ist beschrieben in DIN EN 1430. In die Emulsion werden zwei Elektroden eingetaucht und mit Gleichstrom versorgt. Im Falle einer kationischen Emulsion scheidet sich Bindemittel an der Kathode ab, im Falle einer anionischen Emulsion an der Anode.

17.22 Verhalten von Bitumenemulsionen vermischt mit Zement (Mischstabilität)

Die Bestimmung der Mischstabilität von Bitumenemulsionen mit Zement nach DIN EN 12848 erfolgt, indem die Mischung aus beiden Baustoffen über ein 2 mm Sieb gegeben wird und das zurückgehaltene koagulierte Material durch Wägung bestimmt wird.

17.23 Haftung von Bitumen auf Gesteinskörnung

Bitumen zeigt aufgrund der unterschiedlichen Ladungseigenschaften der Oberflächen verschiedener Gesteinskörnungen ein unterschiedliches Haftvermögen zu Gesteinskörnungen. DIN EN 13614 beschreibt ein Prüfverfahren, das die Haftung über eine qualitative **visuelle Prüfung** erfasst. Die Gesteinskörnung wird mit der Bitumenemulsion vermischt und entweder sofort mit Wasser beansprucht oder nach Erhärtung. Der Anteil der mit Bindemittel bedeckten Gesteinskörnungsoberfläche wird zur Beurteilung der Haftung herangezogen.

Ähnlich geht auch DIN 52006-1 vor. Die Gesteinskörnung wird in die Bitumenemulsion getaucht, anschließend getrocknet und mit Wasser beansprucht. Nach DIN 52006-2 wird die Gesteinskörnung mit dem Bindemittel aus Kaltbitumen vermischt und mit Wasser überschichtet. Nach DIN 52006-3 wird die heiße Gesteinskörnung mit Fluxbitumen vermischt und mit Wasser überschichtet. Anschließend wird jeweils visuell geprüft, ob die Gesteinskörnung noch vom Bindemittel vollständig umhüllt ist.

Die Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen ist natürlich auch für Asphalt von Bedeutung. DIN EN 12697-11 nennt dazu verschiedene Prüfverfahren. Nach verschiedener Behandlung der Asphaltproben (Flaschen-Rollverfahren, Lagerung in Wasser, Lagerung in siedendem Wasser) wird die nicht mehr vollständig umhüllte Gesteinskörnungsoberfläche visuell oder über den Verbrauch eines Reagenzes ermittelt, das mit der zugänglichen Oberfläche der Gesteinskörnung reagiert.

17.24 Prüfung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt

Die Prüfung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt nach DIN EN 12697-12 erfolgt, in dem die Proben zunächst mit Wasser gesättigt werden. Je nach Verfahren und Materialsorte erfolgt die Beurteilung über das Verhältnis der indirekten Zugfestigkeiten ITSR oder das Verhältnis der Druckfestigkeiten i/C, jeweils im Vergleich mit trocken gelagertem Material bzw. über die Menge abgelösten Materials als Haftwert bv.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

17.25 Prüfung der Entmischungsneigung und des Ablaufens von Asphalt

Die Prüfung der Entmischungsneigung von Asphalt nach DIN EN 12697-15 wird gemessen, in dem die Probe aus einem Trichter auf eine darunterliegende Plattform fallen gelassen wird und die örtliche Verteilung der Fein- und Grobanteile in dem entstehenden Haufwerk analysiert wird. Die Grobanteile reichern sich im Außenbereich an. Bei der Prüfung der Entmischungsneigung bituminöser Massen nach DIN 1996-16 wird das Material in ein Gefäß gefüllt, aus dem oberen und unteren Teil Proben entnommen, verascht und die Unterschiede im Aschegehalt untersucht.

Die Prüfung des Bindemittelablaufens von Asphalt nach DIN EN 12697-18 erfolgt entweder mit dem Korbverfahren oder dem Schellenberg-Verfahren. Beim Korbverfahren wird der Asphalt in einem aus Lochblech bestehenden Korb bei erhöhter Temperatur gehalten. Die Beurteilung erfolgt über die Masse des aus dem Korb heraustretenden Materials. Beim Schellenberg-Verfahren wird Asphalt in Bechergläsern bei erhöhter Temperatur gehalten. Anschließend werden die Becher 19 Sekunden umgedreht. Die Beurteilung erfolgt über die im Becherglas verbliebene Masse.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

18 Rheologische bzw. rheometrische Untersuchungen an Flüssigkeiten und Suspensionen

18.1 Allgemeines

Die Rheologie von Flüssigkeiten, Dispersionen (z. B. Frischmörtel- bzw. Frischbetonsuspensionen, Anstrichstoffe, Kleber) und Pasten hat entscheidenden Einfluss auf deren **Verarbeitbarkeit**. Die Verarbeitbarkeit ist eine komplexe Werkstoffeigenschaft, die i. w. aus folgenden Komponenten besteht:

- Wie »flüssig« ist ein Baustoff (hat etwas mit **Viskosität** zu tun)?
- Welche Kräfte werden benötigt, damit sich der Baustoff überhaupt in »Bewegung setzt« (hat etwas mit der **Fließgrenze** zu tun)?
- Wie verändern sich diese Größen mit der Zeit und mit der Beanspruchungsgeschwindigkeit?

Fragen der **Entmischung** und des **Zusammenhaltevermögens** von Baustoffen (Trennung in Bindemittelleim und Gesteinskörnung, **Wasserabsondern**, **Bluten**, Funktion von Viskosität, Fließgrenze und **Granulometrie**), die ebenfalls mit der Eigenschaft Verarbeitbarkeit verbunden sind, werden auch in Kap. 17 behandelt.

Beim **Newton´schen Verhalten** steigt die Scherspannung τ linear mit der Scherrate $d\gamma/dt$ an. Die Steigung der Funktion ist die temperaturabhängige Viskosität η. Beispiel: Wasser.

$$\tau = \eta \times d\gamma/dt \qquad \text{Gl. 32}$$

Beim **Bingham´schen Verhalten** kommt zusätzlich eine Fließgrenze hinzu, d. h. eine Mindestscherspannung die erreicht werden muss, um das System irreversibel zu verformen, Beispiel: Fliesenkleber. Die Viskosität ist in diesem Fall die Steigung der Funktion nach Überschreiten der Fließgrenze τ_f.

$$\tau = \eta \times d\gamma/dt + \tau_f \qquad \text{Gl. 33}$$

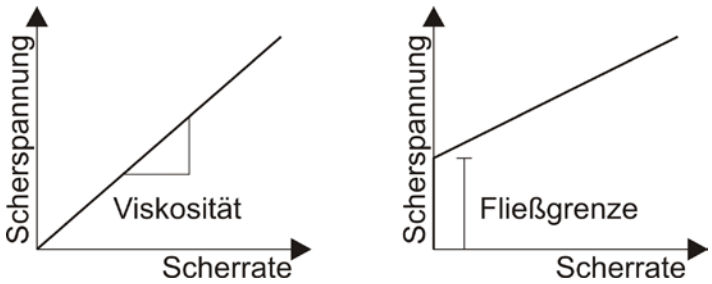


Abb. 195 Scherspannung als Funktion der Scherrate bei Newton´schem und Bingham´schem Verhalten. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Die Viskosität kann mit wachsender Scherrate auch sinken (**strukturviskoses Verhalten**) oder ansteigen (**dilatantes Verhalten**). In diesem Falle spricht man von einer **scheinbaren oder dynamischen Viskosität**, die von der Temperatur und der Scherrate abhängig ist. Zur Beschreibung dieser Effekte kann die Gleichung des Bingham´schen Verhaltens mit einem Exponenten b angepasst werden:

$$\tau = \eta \times (d\gamma/dt)^b + \tau_f \qquad \text{Gl. 34}$$

Darüberhinaus treten auch zeitabhängige rheologische Effekte auf, die reversibel oder irreversibel sein können. So spricht man von **Thixotropie,** wenn nach Beginn der Einwirkung einer Scherkraft eine zeitabhängige Abnahme der Viskosität auftritt und von **Rheopexie**, wenn sich die Viskosität mit der Zeit vergrößert. Um den Einfluss zeitabhängiger Effekte zu minimieren, kann es sinnvoll sein, bei abnehmender Scherrate zu messen.

Viele Baustoffsuspensionen zeigen eine Fließgrenze sowie nichtlineares und zeitabhängiges rheologisches Verhalten. Die Bestimmung entsprechender Kenngrößen wird in den folgenden Kapiteln behandelt. Die zur Ermittlung exakter rheologischer Kenngrößen notwendigen Randbedingungen sind bei Messun-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

gen an Baustoffsuspensionen häufig nicht einzuhalten, insbesondere bei grobkörnigen Materialien wie **Mörteln** und **Betonen**. Deswegen spricht man hier von Rheometrie und stellt die Ergebnisse entsprechender Untersuchungen häufig in folgender Form dar:

$$T = h \times N + g \qquad \text{Gl. 35}$$

Dabei ist T die Messgröße Drehmoment in Nmm, N die Messgröße Belastungsgeschwindigkeit in Umdrehungen pro Sekunde sowie g und h die das Fließverhalten des untersuchten Materials beschreibenden Parameter in Nmm (g) bzw. Nmm s (h). Die rheometrischen Kenngrößen »Fließgrenze« g und **»plastische Viskosität«** h können durch Kalibrierung des Messgerätes in die rheologischen Größen überführt werden. Eine gute Übersicht über das Thema Rheologie bzw. Rheometrie von **zementgebundenen Baustoffsuspensionen** und deren Messung gibt die folgende Arbeit:

Kordts, S.: Herstellung und Steuerung der Verarbeitungseigenschaften selbstverdichtender Betone, Dissertation, TU Berlin, 2005.

18.2 Einfache rheologische Untersuchungsmethoden

18.2.1 Allgemeines

Es existieren zahlreiche einfache und in der Regel baustellentaugliche rheologische Prüfmethoden, um die **Verarbeitbarkeit** eines flüssigen oder pastösen Baustoffes unmittelbar vor der Verwendung, auch auf der Baustelle, prüfen zu können. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen einfachen Methoden und Untersuchungen mit Viskosimetern bzw. Rheometern besteht darin, dass mit den einfachen Verfahren keine quantitativen Daten über die gesamte Scherspannungs-Schergeschwindigkeits-Kurve erfasst werden können.

Die einfachen Verfahren prüfen nur einzelne Punkte bzw. kleine Bereiche der Scherspannungs-Schergeschwindigkeits-Funktion. Dies bedeutet, dass aus diesen Daten nicht auf das Materialverhalten bei anderen Scherbeanspruchungen geschlossen werden kann. Zum Beispiel können zwei unterschiedliche Betone mit einem Konsistenzprüfverfahren den gleichen Messwert ergeben, mit einem anderen nicht, weil mit den beiden Prüfmethoden eine andere Beanspruchung aufgebracht wird. Auch die Zeitabhängigkeit der Messgrößen kann mit den einfachen Methoden nur diskontinuierlich geprüft werden.

Die Verfahren sind immer nur für einzelne Baustoffe, z. B. Beton, und auch dort jeweils nur für Teilbereiche möglichen Materialverhaltens einsetzbar, z. B. nur für steiferen oder nur für weicheren Beton. Es ist also für den jeweiligen Einsatzzweck ein geeignetes Verfahren im Vorfeld auszuwählen.

18.2.2 Übliche Konsistenzprüfverfahren für Beton und Mörtel

Zu den einfachen rheologischen Prüfverfahren sind die üblichen Verfahren zur Prüfung der Konsistenz von Beton und Mörtel zu zählen. Konsistenzprüfverfahren sind z. B. die:

- Prüfung des **Ausbreitmaßes** mit dem Ausbreittisch (für Beton) nach DIN EN 12350-5. Gemessen wird das Ausbreiten des Betonkuchens nach Hochziehen der konusförmigen Form und mehrmaligem Aufschlagen des Ausbreittisches. Das Verfahren ist insbesondere für eher weichen Beton geeignet und das Ergebnis wird deutlich von der **Fließgrenze** des Materials beeinflusst. Das Verfahren ist nicht für Schaumbeton, selbstverdichtenden Beton, Beton ohne Feinkorn und Beton mit einem Größtkorn über 63 mm geeignet. Es erlaubt auch die Prüfung der **Entmischungsneigung**, die sich durch Zementleimabsonderung am Rand bemerkbar macht.
- Prüfung des Ausbreitsmaßes mit dem Ausbreittisch für Mörtel (**Haegermann-Tisch**) nach DIN EN 13395-1 (Instandsetzungsmörtel), DIN EN 1015-3 (Mörtel für Mauerwerk), DIN EN 413-2 (Putz- und Mauerbinder), DIN EN 459-2 (Baukalk) bzw. DIN EN 13454-2 oder DIN EN 13279-2 (Calciumsulfatbaustoffe).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 196 Haegermann-Tisch zur Messung des Ausbreitmaßes von Mörtel. Foto F. Tralow.

- Prüfung eines **Ausbreitmaßes ohne Schlag** bei Einpressmörteln nach DIN EN 445. Ähnlich arbeitet auch DIN EN 13454-2, DIN EN 13279-2 und DIN EN 14016-2 bei der Bestimmung eines **Fließmaßes** für Calciumsulfatbaustoffe und Magnesiabinder. Der gleiche Versuch wird verwendet um die **Verarbeitungszeit** von Calciumsulfatbaustoffen zu bestimmen. Sie wird bestimmt über eine definierte Abnahme des Fließmaßes. Bei steiferen Mörteln erfolgt die Bestimmung der Verarbeitungszeit über einen Ausbreitversuch mit Schlag.
- Prüfung eines **Eindringmaßes** durch Messung der Eindringtiefe eines Eindringkörpers nach DIN EN 1015-4 (Mörtel für Mauerwerk), DIN EN 413-2 (Putz- und Mauerbinder) bzw. DIN EN 459-2 (Baukalk) **(Steifemessgerät)**. Ein ähnliches Prinzip, allerdings mit anderer Geometrie des Prüfgerätes, wird auch zur Untersuchung von Magnesiabinder nach DIN 272 eingesetzt.

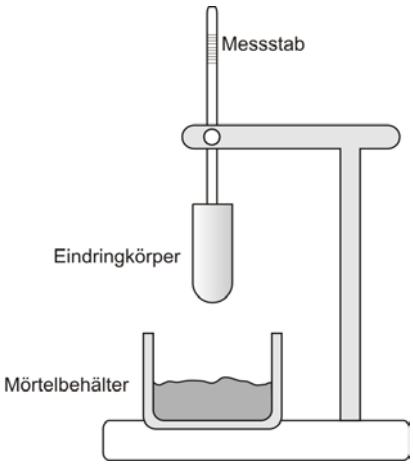


Abb. 197 Prinzip der Prüfung des Eindringmaßes nach DIN EN 413-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

- Prüfung des **Verdichtungsmaßes** nach DIN EN 12350-4. Gemessen wird das Zusammensacken des Betons in einem Behälter während der Verdichtung. Das Verfahren ist insbesondere für eher steifen Beton geeignet. Betone mit einem Größtkorn größer 63 mm können nicht geprüft werden.
- Prüfung des **Setzmaßes (slump-Versuch)** von Beton nach DIN EN 12350-2. Gemessen wird das Zusammensacken des Betons nach Hochziehen der hohlkegelstumpfförmigen Metallform.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

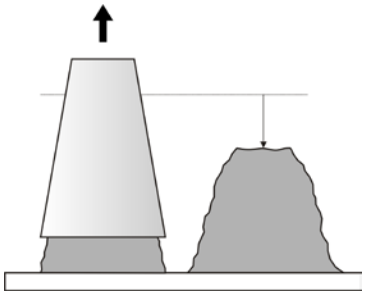


Abb. 198 Prüfung des Setzmaßes nach DIN EN 12350-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy

- Prüfung der **Setzzeit (Vébé-Prüfung)** von Beton nach DIN EN 12350-3. Die Ermittlung der Setzzeit erfordert ein besonderes Prüfgerät **(Konsistometer)**. Dieses Verfahren ist auf Betone mit Größtkorn größer 63 mm nicht anwendbar. Bei dieser Prüfung wird durch Hochziehen der konischen Form zunächst ein **Setzmaß** bestimmt. Anschließend wird die Zeit gemessen, die notwendig ist, bis der Beton unter Verdichtung die vorhandene zylinderförmige Form vollständig ausfüllt. Dies ist daran erkennbar, dass eine durchsichtige Scheibe auf der Spitze des Betons vollständig benetzt ist **(Vebe-Zeit)**.
- Prüfung des **Setzfließmaßes SF** von selbstverdichtendem Beton (SVB) nach DIN EN 12350-8. Die Prüfung läuft ähnlich wie bei der Prüfung des Setzmaßes, allerdings ist der Beton viel weicher. Im Gegensatz zur Prüfung des Ausbreitmaßes hat der Blechkonus eine andere Form, der Ausbreittisch ist größer und es wird nicht geschockt. Gemessen wird die Zeit bis der Betonkuchen nach Hochziehen der Form einen Durchmesser von 50 cm erreicht (**Fließzeit t_{500J}**), sowie der sich einstellende Durchmeser des Betonkuchens, das Setzfließmaß. Das Setzfließmaß wird deutlich von der **Fließgrenze** des Materials beeinflusst, die Fließzeit jedoch von der **Viskosität**. SVB haben ein Setzfließmaß von etwa 70–80 cm. Die Prüfung des Setzfließmaßes ist auch Gegenstand der DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton.
- Prüfung des **Fließvermögens** von selbstverdichtendem Beton nach DIN EN 12350-10 im **L-Kasten-Versuch**. Der Beton wird in eine L-förmige Schalung eingefüllt. Gemessen wird das Verhältnis der Höhen des Betons H2 zu H1 nach Öffnen des Durchlasses zwischen dem vertikalen und horizontalem Bereich der Prüfform. Das Verhältnis wird als Fließvermögen **PL** angegeben. Im Bereich des Durchlasses befinden sich Stahlstäbe.
- Prüfung des Fließens von selbstverdichtendem Beton nach DIN EN 12350-12. Der Versuch beruht auf der Bestimmung des Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-8. Zusätzlich wird jedoch das Fließen des Betons durch die Stahlstäbe eines **Blockierrings** gehemmt. Es werden mehrere Blockierringe mit verschiedenen Stababständen verwendet. Gemessen wird die Zeit bis der Betonkuchen nach Hochziehen der Form einen Durchmesser von 50 cm erreicht (**Fließzeit t_{500}**) und das **Ausbreitmaß** des Betonkuchens nach Stillstand **SF_J**. Die **Blockierneigung PJ** wird aus gemessenen Höhen des Betonkuchens ermittelt. Der Versuch ist eine Alternative zum L-Kasten Versuch. Die Prüfung des Setzfließmaßes mit Blockierring ist auch Gegenstand der DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton, wobei Abweichungen bestehen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

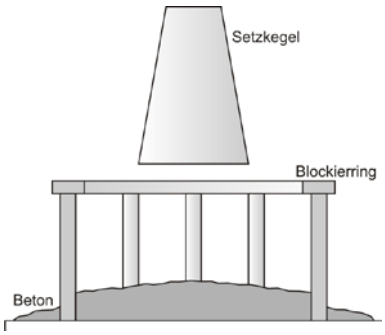


Abb. 199 Prüfung des Fließens mit Blockierring nach DIN EN 12350-12. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

- Prüfung des **Fließmaßes** (Fließweg innerhalb einer definierten Zeit) nach DIN EN 13395-2 (Instandsetzungsmörtel) bzw. der **Fließzeit** (Zeit die das Material benötigt um einen definierten Weg zurückzulegen) nach DIN EN 13395-3 (Instandsetzungsbeton) in einer **Fließrinne**.

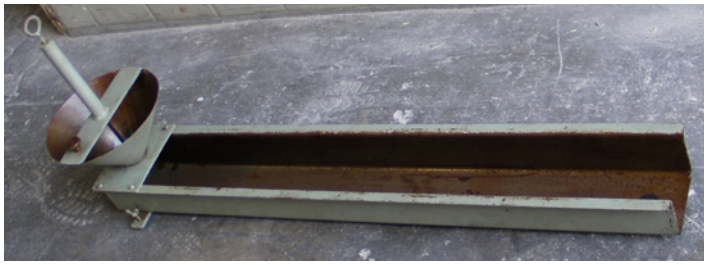


Abb. 200 Fließrinne für Mörtel. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

18.2.3 Prüfung der Auslaufzeit

Weit verbreitet in der Baustofftechnologie sind Messungen der Auslaufzeit einer Flüssigkeit oder **Dispersion** aus einem **Trichter oder Becher**, z. B. dem **Marsh-Trichter.** Das Ergebnis von Auslaufversuchen wird stark von der **Viskosität** des Materials beeinflusst. Diese Methode wird beispielsweise bei Einpressmörteln angewandt und erfolgt nach DIN EN 445. Rissfüllstoffe werden geprüft nach DIN EN 14117.



Abb. 201 Messung der Trichterauslaufzeit bei einem Einpressmörtel. Foto: A.-W. Gutsch, MPA Braunschweig, Versuch: Hochtief. Aus: Gutsch, A.-W.: Ortung und Injektion von Spanngliedern in einer Straßenbrücke. Bauen im Bestand, Tagung der MPA Braunschweig, 23.2.2005, Heft 183 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, S. 43–54, ISBN 3-89288-164-2, 2005.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Auch Bitumenbaustoffe werden nach DIN EN 12846 mit einem **Auslaufviskosimeter (Straßenteerviskosmeter – STV)** geprüft, wobei es sich nicht um ein echtes Viskosimeter handelt (s. Kap. 18.3). Polymere Beschichtungsstoffe mit **Newtonschem Fließverhalten** werden geprüft mit Auslaufbechern nach DIN EN ISO 2431. Für Produkte mit unterschiedlicher Viskosität stehen verschiedene Düsendurchmesser zur Verfügung. Gemessen wird die Zeit von der Freigabe der Düse bis zum erstmaligen Abreisen des Polymerfadens in der Nähe der Düse. Messungen der Trichterauslaufzeit spielen auch eine große Rolle bei der Prüfung von selbstverdichtenden Betonen. DIN EN 12350-9 beschreibt mit dem **Auslauftrichterversuch** ein entsprechendes Verfahren. Der Versuch ist nicht geeignet für Beton, dessen Größtkorn 22,3 mm übersteigt.

18.2.4 Prüfung der Tauchzeit

Zur Prüfung des Fließvermögens kann auch die Messung der Zeit zum Eintauchen eines in der Geometrie festgelegten Kolbens in einen mit Mörtel gefüllten Zylinder als rheologische Kenngröße herangezogen werden. Der Kolben lässt sich durch Veränderung seines Gewichts kalibrieren.



Abb. 202 Messung der Tauchzeit bei einem Einpressmörtel. Foto: A.-W. Gutsch, MPA Braunschweig, Versuch: Hochtief. Aus: Gutsch, A.-W.: Ortung und Injektion von Spanngliedern in einer Straßenbrücke. Bauen im Bestand, Tagung der MPA Braunschweig, 23.2.2005, Heft 183 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, S. 43–54, ISBN 3-89288-164-2, 2005.

18.2.5 Prüfungen für erdfeuchte Betone

Prüfungen speziell für erdfeuchte Betone werden beschrieben in:

Bornemann, R.: Untersuchungen zur Modellierung des Frisch- und Festbetonverhaltens erdfeuchter Betone, Dissertation, Universität Kassel, 2005, Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, Heft 4, Kassel University Press, ISBN 3-89958-132-6.

Danach ist der **Vebe-Test** (s. Kap. 18.2.2) für erdfeuchte Betone geeignet. Zum Vergleich verschiedener erdfeuchter Betone kann außerdem das **Proctorverfahren** herangezogen werden, mit dem die Dichte in Abhängigkeit vom Wassergehalt bestimmt werden kann. Nach Bornemann können durch Rüttelverdichtung und Auflast (modifizierter **Rüttelproctorversuch**) die realen Verhältnisse bei der Verdichtung erdfeuchter Betone besser wiedergegeben werden, als bei der schlagenden Verdichtung des Proctorversuchs.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

18.2.6 Prüfung des Erstarrens von Bindemittelleimen

Die Ermittlung des **Erstarrungsbeginns- und -endes** bzw. der **Abbindezeit** nach DIN EN 196-3 (Zement), DIN EN 413-2 (Putz- und Mauerbinder), DIN EN 459-2 (Baukalk), DIN EN 13454-2 und DIN EN 13279-2 (Calciumsulfatbaustoffe), DIN EN 13963 (Spachtelmassen für Gipsplatten-Fugen), DIN EN 14496 (Kleber auf Gipsbasis), DIN EN 13409 (hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen) und DIN EN 14016-2 (Magnesiabinder) beruht auf der Untersuchung des Eindringverhaltens eines Prüfkörpers in die Suspension mit Hilfe des **Vicat-Gerätes**. DIN EN 13279-2 beschreibt auch eine Prüfung mittels **Messerverfahren**. Es wird die Zeit gemessen, bis die Ränder eines Schnittes durch den Gipskuchen nicht mehr zusammenlaufen.

Wenn das Mischungsverhältnis nicht vorgegeben ist, beginnt die Untersuchung mit der Ermittlung des Wassergehaltes der Mörtelsuspension, die zur Erzielung der **Normsteife** notwendig ist, die durch ein definiertes Eindringverhalten eines Prüfkörpers festgelegt ist. Dazu müssen ggf. mehrere Versuche mit unterschiedlichem Wassergehalt in der Suspension durchgeführt werden.

Mit dem so ermittelten Wassergehalt im Mörtel wird anschließend Erstarrungsbeginn und -ende bzw. die Abbindezeit durch Eindringversuche mit dem Vicat-Gerät bestimmt. Details der Untersuchung hängen vom Material und der entsprechenden Prüfnorm ab. Die Prüfnorm für Gipsbinder spricht von **Versteifungsbeginn**. Für Messungen mit dem Vicat-Gerät im Zusammenhang mit der Prüfung von Zusatzmitteln gilt DIN EN 480-2.

Das Erstarren von **schnellerstarrenden Zementen** kann mit dem oben beschriebenen Verfahren nicht geprüft werden. DIN 1164-11 beschreibt für diese Bindemittel ein Verfahren mit Anmachen des Zementleims mit Eiswasser, sehr kurzer Mischzeit und Prüfung des Eindrückverhaltens mit einem Rundstab. Methoden zu besseren Erkennen von **frühem oder falschem Erstarren** sind die Prüfung des **Setzfließmaßes nach Wadepohl** oder die Prüfung mit einem **Tauchstab nach Tusshenbrock**. Eine Beschreibung dieser Prüfungen findet sich in:

Droll, K.: Zement für bauchemische Anwendungen, Internationale Baustofftagung iBausil, Weimar, 2006.

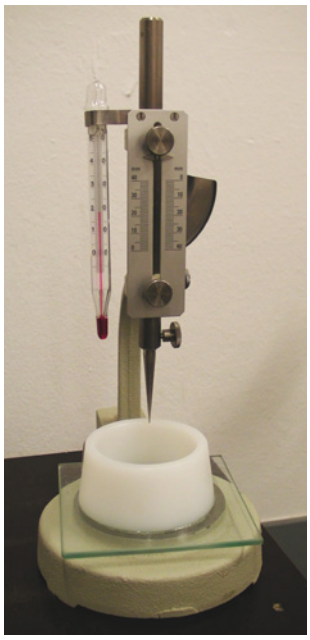


Abb. 203 Manuelles Vicat-Gerät. Die Probe kommt in den unten befindlichen Behälter. Das Eindringverhalten eines Prüfkörpers, hier einer Nadel, wird zeitabhängig untersucht. Institution: iBMB/MA Baunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

18.2.7 Prüfung der Verarbeitbarkeitszeit bzw. -dauer, Topfzeit, Offenzeit und Korrigierbarkeitszeit

Zur Prüfung der Verarbeitbarkeitszeit nach DIN EN 13294 (Instandsetzungsmörtel und -beton) bzw. DIN EN 1015-9 (Mörtel für Mauerwerk) wird ein Stab immer wieder bis zu einer definierten Tiefe in den Prüfmörtel gedrückt, der sich in einem Probenbehälter auf einer Waage befindet. Aus der angezeigten Gewichtskraft lässt sich der Eindringwiderstand in N/mm² berechnen, über dessen Zeitabhängigkeit die Verarbeitbarkeitszeit bestimmt wird. Bei Dünnbettmörteln erfolgt die Bestimmung der Verarbeitungszeit nach DIN EN 1015-9 über die zeitabhängige Prüfung der Veränderung des Ausbreitmaßes.

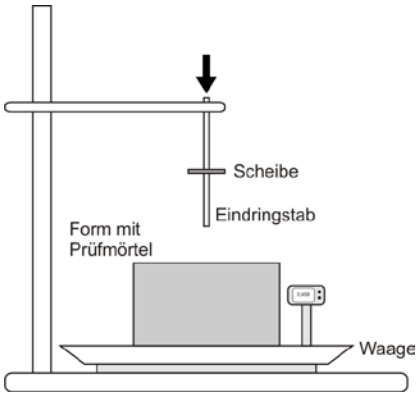


Abb. 204 Prinzip der Prüfung der Verarbeitungszeit nach DIN EN 1015-9. Zeichnung: R. v. Ghyczy

Die Prüfung der Verarbeitungszeit (Topfzeit) nach DIN EN ISO 9514 (Beschichtungsstoffe) erfolgt durch die zeitabhängige Prüfung verschiedener für die Verarbeitung wichtiger baustoffspezifischer Kenngrößen, z. B. der Viskosität. Ähnlich geht auch DIN EN 14022 (Strukturklebstoffe) vor. Die DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen definiert die Topfzeit als die Zeit die notwendig ist, bis die Temperatur eines Produktes, z. B. eines Klebers, nach dem Mischen von 23 °C auf 40 °C angestiegen ist. Dieses Kriterium ist auch in DIN EN 14022 vorgesehen.

Die Offenzeit eines Klebstoffes wird nach DIN EN 12189 geprüft, indem Betonprismen nach verschiedenen Zeitpunkten nach dem Anmischen des Klebers miteinander verklebt werden und anschließend einer Biegeprüfung unterzogen werden. Solange der Bruch im Beton erfolgt, ist die Verklebung innerhalb der Offenzeit des Klebers erfolgt.

Die Prüfung der Korrigierbarkeitszeit von Dünnbettmörteln nach DIN EN 1015-9 erfolgt durch Aufbringen von Dünnbettmörtel auf Mauersteine und zeitabhängigem Aufbringen weiterer kleinerer Steinproben unter definierter Auflast. Nach Abheben der Steinproben rechtwinklig zur Kontaktfläche wird der prozentuale Anteil der Kontaktfläche ermittelt, der mit Mörtel bedeckt ist, solange bis dieser Flächenanteil 50 % beträgt und die dazu notwendige Zeit ermittelt.

Die Prüfung der Verarbeitbarkeitsdauer von hydraulisch gebundenen Gemischen für den Straßenbau kann nach DIN EN 13286-45 durch die wiederholte Prüfung der Dichte mit einem modifizierten Proctorversuch erfolgen. Die Verarbeitbarkeitsdauer ist definiert als der Zeitraum, in dem sich die Dichte gegenüber dem Anfangswert um 2 % verringert.

18.2.8 Prüfung der statischen Fließgrenze mit der Kugelharfe

Zur Prüfung der statischen Fließgrenze ist die Kugelharfe gut geeignet. Die Kugelharfe besteht aus Kugeln mit verschiedenem Durchmesser und Gewicht. Aus der Kugel, die gerade noch in die Suspension einsinkt, ergibt sich die statische Fließgrenze. Die statische Fließgrenze ist die Fließgrenze, die am ruhenden Produkt messbar ist. Sie kann deutlich größer sein als die dynamische Fließgrenze (DIN 4126, 1986, Anhang B).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

18.2.9 Prüfung der Fließgrenze mit dem Pendelgerät

Die Fließgrenze kann nach DIN 4127 (Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten) ermittelt werden, in dem ein Pendel durch die Prüfsuspension gezogen wird, und nach Erreichen der Endstellung, der sich einstellende Winkel des Pendels gegen die Senkrechte ermittelt wird.

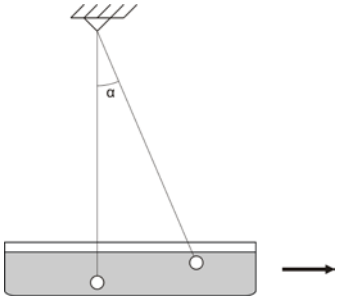


Abb. 205 Prinzip der Prüfung der Fließgrenze mit dem Pendelgerät nach DIN 4127. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

18.2.10 Prüfung der Verarbeitbarkeit bei Überkopfanwendungen

Die Untersuchung der Verarbeitbarkeit von Instandsetzungsmaterialien bei Überkopfanwendung nach DIN EN 13395-4 kombiniert die entsprechende Herstellung eines Prüfkörpers auf einem Betonuntergrund mit einer Prüfung der Abreißfestigkeit nach definierter längerer Zeit.

18.2.11 Prüfung der Ablaufneigung

Zur Prüfung der Ablaufneigung nach DIN EN 13062 werden zwei Stahlplatten mit dem gleichen Produkt beschichtet. Die eine Platte wird horizontal, die andere vertikal gelagert. Die Ablaufneigung ist das Verhältnis der Schichtdicke an der Oberkante der vertikal gelagerten Platte zum Mittelwert der Schichtdicke der horizontal gelagerten Platte nach 24 Stunden. Bei der Prüfung von Klebern nach DIN EN 1799 werden flache Prüfkammern verschiedener Höhe bei horizontaler Lagerung mit dem Kleber gefüllt. Anschließend werden die Kammern vertikal aufgestellt, so dass der Kleber aus den unten offenen Kammern herabfließen kann. Der Fließweg wird in Abhängigkeit von der Schichtdicke bestimmt. Weitere Prüfverfahren sind in DIN EN ISO 16862 beschrieben.

18.2.12 Prüfung des Abrutschens von Fliesen und Platten auf Klebemörtel

DIN EN 1308 beschreibt ein Verfahren zur Beurteilung des Abrutschens von Fliesen und Platten auf einem zu prüfenden Mörtel. Dazu wird eine Fliese auf eine Betonplatte geklebt, die dann senkrecht gestellt wird. Das anschließende Abrutschen der Fliese wird gemessen.

18.2.13 Prüfung der Oberflächentrocknungszeit von Beschichtungen

Zur Prüfung der Oberflächentrocknungszeit von Beschichtungen, z. B. nach DIN EN ISO 9117-3, werden entsprechende Proben hergestellt und nach verschiedenen Zeitpunkten mit Glasperlen bestreut und diese abgepinselt. Gelingt dies ohne Beschädigung der Oberfläche ist die Beschichtung oberflächentrocken.

18.2.14 Prüfgeräte zur Messung der Viskosität technischer Flüssigkeiten

Bei **Newtonschen Flüssigkeiten** kann man über eine 1-Punkt Messung die Viskosität bestimmen. Auch bei **Binghamschen Flüssigkeiten** ist dies möglich, wenn man die Fließgrenze kennt. Zudem wird das Verhältnis der Viskosität einer Lösung zur Viskosität des Lösungsmittels (einheitslose Größe) manchmal als Viskosität bezeichnet, was jedoch im physikalischen Sinne nicht richtig ist.

Für solche Messungen werden zahlreiche verschiedenen Gerätetypen eingesetzt, z. B. Viskositätsmessgeräte vom Typ **Ubbelohde oder vom Typ Brookfield** (DIN 51398) oder z. B. **Kugelfallviskosimeter** nach DIN EN ISO 12058-1. Diese Viskositätsmessgeräte werden häufig als **Viskosimeter** bezeichnet, sind allerdings keine Viskosimeter im Sinne des Kap. 18.3. Auch die Bestimmung der Viskosität von Bitu-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

men und bitumenhaltigen Bindemitteln nach DIN 52007 fällt in diesen Bereich. Zur Viskositätsbestimmung wird eine Kugel unter definierten Bedingungen durch die Probe gezogen und aus der Geschwindigkeit die Viskosität errechnet **(Kugelzieh-Viskosimeter)**.

18.2.15 Ermittlung des Schmelzindexes

Die Ermittlung des Schmelzindexes ist eine einfache technische Prüfung zur Untersuchung der Gleichmäßigkeit von thermoplastischen **Polymerchargen**. Er wird ermittelt, indem die Masse (**Schmelze-Massefließrate (MFR)**) oder das Volumen (**Schmelze-Volumenfließrate (MVR)**) an geschmolzenem Polymer gemessen wird, das bei definierter Temperatur und Druck innerhalb eines Zeitintervalls aus einer Düse extrudiert wird. Der Schmelzindex ist damit ein Maß für das rheologische Verhalten der Schmelze und hängt von der Struktur bzw. dem Vernetzungsgrad des Polymers ab. Das Verfahren ist genormt in DIN EN ISO 1133.



Abb. 206 Gerät zur Prüfung des Schmelzindex. Im oberen Teil befindet sich der Ofen zur Temperatureinstellung und die Düse, aus der das Polymer extrudiert wird. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

18.2.16 Prüfung der Benetzungsfähigkeit und Ausbreitfähigkeit von Klebern

Die Benetzungsfähigkeit von Mörteln und Klebern für Fliesen und Platten wird geprüft, in dem die Kontaktfläche zwischen dem Kleber und unter definierten Bedingungen aufgelegten Glasplatten durch die Glasplatte hindurch ausgemessen wird. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1347. Bei der Prüfung der Ausbreitfähigkeit von Klebern nach DIN EN 1799 wird der Kleber zwischen zwei Platten definiert gepresst und der Durchmesser der Fläche gemessen, über die sich der Kleber ausgebreitet hat.

18.2.17 Nadelpenetration von Bitumen

Bei der Nadelpenetration wird die Einsinktiefe einer Nadel in die temperierte Bitumenprobe innerhalb von 5 Sekunden bei standardisierten Randbedingungen (Auflast, Temperatur) geprüft. Ziel ist die Bestimmung der Härte. Das Verfahren ist geregelt in DIN EN 1426.

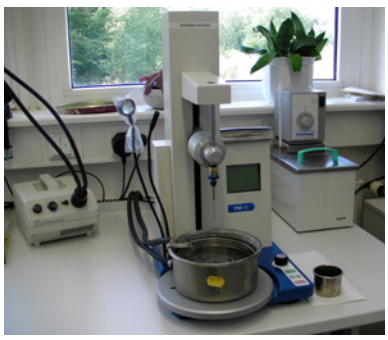


Abb. 207 Gerät zur Prüfung der Nadelpenetration. Institution: Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

18.2.18 Bestimmung der Bitumenzahl

Bei der Bestimmung der Bitumenzahl nach DIN EN 13179-2 wird die Wassermenge gemessen, die benötigt wird, um mit einem mineralischen Füller eine Mischung definierter Viskosität herzustellen. Die Viskosität wird über ein **Penetrometer** nach DIN EN 1426 gemessen (**Nadelpenetration**, s. Kap. 18.2.17), wobei jedoch ein Stempel anstatt der Nadel verwendet wird.

18.2.19 Erweichungspunkt bzw. Erweichungstemperatur Ring und Kugel

Beim Prüfverfahren Erweichungspunkt Ring und Kugel nach DIN EN 1427 werden zwei Ringe mit einer Schicht Bitumen gefüllt. Auf diese Schicht wird je eine Stahlkugel gelegt. Anschließend wird die Temperatur über ein gerührtes Flüssigkeitsbad solange erhöht, bis die Bitumenschichten eine definierte Verformung aufweisen. Ziel ist die Bestimmung der Temperatur für eine bestimmte Verformbarkeit im Übergangsbereich fest/flüssig.

Das Verfahren wird auch benutzt in DIN EN 13179-1, in dem die Veränderung des Erweichungspunktes Ring und Kugel einer Mischung aus Bitumen und Füller gegenüber dem reinen Bitumen ermittelt wird. Nach DIN EN ISO 4625-1 wird das Verfahren auch zur Bestimmung der Erweichungstemperatur von Bindemitteln für Beschichtungsstoffe verwendet. DIN EN ISO 4625-2 beschreibt ein entsprechendes Verfahren mit Becher und Kugel. Ähnlich verläuft auch die Prüfung des Erweichungspunktes bituminöser Massen nach Wilhelmi, beschrieben in DIN 1996-15.

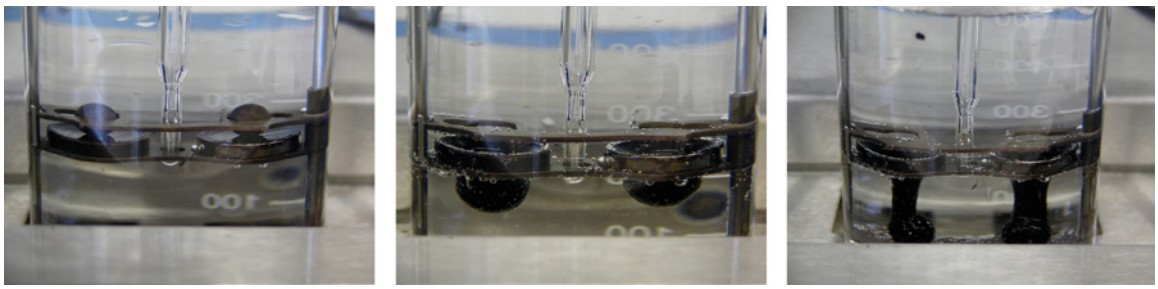


Abb. 208 Bestimmung des Erweichungspunktes bzw. der Erweichungstemperatur Ring und Kugel. Herabsinken der Kugeln bei ansteigender Temperatur. Versuch: Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig.

18.2.20 Bestimmung der Wärmestandfestigkeit von Bitumenbahnen

Die Bestimmung der Wärmestandfestigkeit von Bitumenbahnen nach DIN EN 1110 sieht vor, dass die Prüfkörper auf eine definierte Temperatur erwärmt werden und überprüft wird, ob sich die 100 mm langen Prüfkörper um mehr als 2 mm dehnen und/oder ob es zu einem Tropfenabfall kommt. Mit dem gleichen Versuchsaufbau kann auch die **Wärmestandfestigkeitsgrenze** ermittelt werden, in dem Proben bei verschiedenen Temperaturen geprüft werden und die oben genannten Kriterien überprüft werden.

18.2.21 Vicat-Erweichungstemperatur von Thermoplasten (VST)

Die Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur erfolgt nach DIN EN ISO 306. Bei der Vicat-Erweichungstemperatur dringt die plane Nadel 1 mm tief in die Oberfläche des Kunstoffes ein. Sie ist ein Maß für die Temperatur bei der Thermoplaste beginnen schnell zu erweichen. Die Temperaturerhöhung der Probe kann z. B. über ein Flüssigkeitsheizbad erfolgen.

18.3 Viskosimeter und Rheometer

Komplette Scherspannungs-Schergeschwindigkeits-Kurven und deren Zeitabhängigkeit können mit Viskosimetern bzw. Rheometern ermittelt werden. Zu beachten ist dabei, dass der Begriff Viskosimeter auch für einfache Viskositätsmessgeräte eingesetzt wird (s. Kap. 18.2.14), was irreführend ist. Auf die Grundla-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

gen entsprechender Messungen und die Unterscheidung zwischen Rheologie und Rheometrie wurde in Kap. 18.1 eingegangen.

Hauptsächlich werden **Rotationsviskosimeter bzw. -rheometer** eingesetzt, mit verschiedenen Messköpfen. Diese sind auch für nicht zu grobkörnige und nicht zu viskose Suspensionen verwendbar. An grobkörnigen Materialien können nur quasirheologische Eigenschaften ermittelt werden, da die Öffnungsweite zwischen rotierender und feststehender Einheit groß gemacht werden muss (ein Mehrfaches des Größtkorndurchmessers). Entscheidend ist, dass durch die Wahl des Messkopfes sichergestellt wird, dass in der Suspension keine Gleitflächen und keine Hohlräume entstehen. Geräte die einen oszillierenden Betriebsmodus fahren können, sind zusätzlich in der Lage, den **Speichermodul** des ruhenden Baustoffs zu messen.

Grobkörnige Suspensionen, die noch pumpfähig sind, können auch in **Rohrviskosimetern** geprüft werden, bei denen die Suspension unter wechselndem Pumpendruck durch eine Rohrschleife gepumpt wird, wobei die Strömungsgeschwindigkeit und der Druckverlust gemessen wird. Rohrviskosimeter sind für ein online-monitoring von Herstellungsprozessen geeignet. Auf rheologische Messungen an Baustoffen mit Rotations- und Rohrviskosimeter geht der folgende Artikel ein:

Hollinderbäumer, E.W.; Zysk, K.-H.; Aberle, B.: Zur Rheologie von Baustoffen, ZKG International, Bd. 53, S. 114–120, 2000.

Literaturhinweise zu rheologischen Prüfgeräten für die Baustoffuntersuchung werden auch genannt in:

Kordts, S.: Herstellung und Steuerung der Verarbeitungseigenschaften selbstverdichtender Betone, Dissertation, TU Berlin, 2005.

Ein einfaches und kostengünstiges Prüfgerät lässt sich auch mit einem elektronischen Laborrührer mit Drehmomentmessung aufbauen, der über eine PC-Steuerung und Messwerterfassung von Drehzahl und Drehmoment sowie eine Drehmomentkalibrierung verfügt. Damit können zum einen Drehzahlrampen gefahren werden und das Drehmoment als Funktion der Drehzahl kontinuierlich gemessen werden. Zum anderen kann die zeitliche Veränderung des Drehmomentes bei konstanter Drehzahl gemessen werden. In beiden Fällen muss das Drehmoment kalibriert werden. Dann wird die Drehmomentänderung ohne Probe ermittelt und als Nullkurve von der Messkurve abgezogen. Das Messergebnis hängt wie bei allen rheometrischen Messgeräten nicht nur vom Prüfmaterial, sondern auch vom Rührwerkzeug, dem Rührbecher, der Füllhöhe und der Temperatur ab. Bei vergleichenden Messungen müssen diese nicht materialbedingten Einflussgrößen also konstant gehalten werden.

Das Arbeiten mit Rotationsviskosimetern ist genormt in DIN 53019 sowie DIN EN ISO 3219 (Kunststoffe). Eingesetzt werden Rotationsviskometer z. B. zur Bestimmung der Scherspannung nach DIN 4127 (Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten). Auch die Viskositätsbestimmung polymerer Stoffe im Verarbeitungszustand erfolgt nach DIN EN ISO 3219 mit einem Rotationsviskosimeter. DIN EN ISO 2884 beschäftigt sich mit der Viskositätsbestimmung von Beschichtungsstoffen mittels Rotationsviskosimeter. Mit der Bestimmung der Fließgrenze befasst sich DIN Fachbericht 143.

Untersuchungen an Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln mittels Rotationsvikosimeter sind beschrieben in DIN EN 13302, Versuche mittels Platte-Kegel Verfahren sind beschrieben in DIN EN 13702. Spezielle Untersuchungen sind wiedergegeben in DIN CEN/TS 15324 und DIN CEN/TS 15325. Untersuchungen mittels Biegebalkenrheometer sind beschrieben in DIN EN 14771, Untersuchungen mittels dynamischem Scherrheometer sind Gegenstand der DIN EN 14770.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 209 Rotationsviskosimeter für Mörtel. Gerät: Schleibinger Geräte Teubert und Greim GmbH.

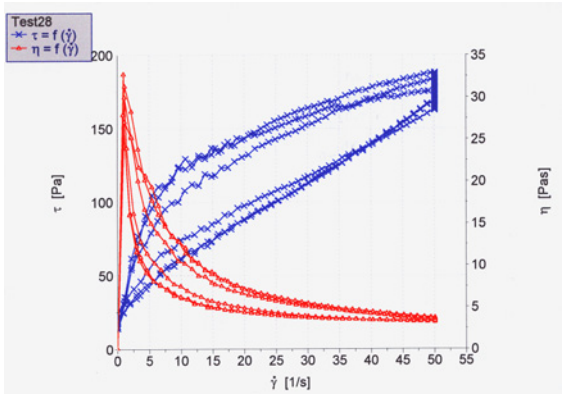


Abb. 210 Ergebnis einer rotationsviskosimetrischen Untersuchung einer **Tonsuspension**, bestehend aus einer sehr langsamen Deformation zur Untersuchung einer Fließgrenze, einem darauf folgenden linearen Anstieg der Winkelgeschwindigkeit, Halten der Maximalgeschwindigkeit, lineare Verminderung der Winkelgeschwindigkeit und Messen der Schubspannung in Ruhe (Relaxationseffekte). Dieser Zyklus wurde dreimal durchgeführt. Die Probe zeigt keine detektierbare Fließgrenze, ein strukturviskoses Verhalten und die größten Schubspannungen bei der ersten Belastung (bleibende Strukturschädigung). Graphik: M. Zühlke, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

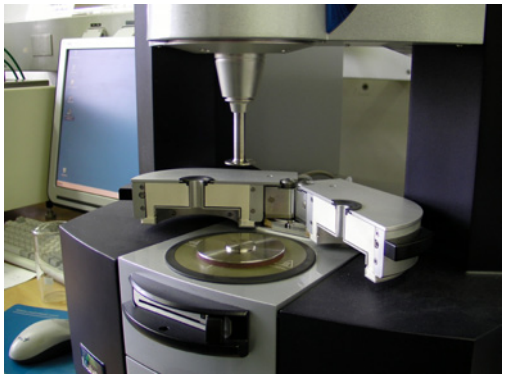


Abb. 211 Dynamisches Scherrheometer für die Bitumenuntersuchung bei erhöhten Temperaturen. Zwischen die beiden runden plattenförmigen Teile (Platte-Platte Geometrie) wird eine dünne Schicht Bitumen eingebracht und durch oszillierende Drehbewegung beansprucht. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung, TU München.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

19 Dichtebestimmung

19.1 Allgemeines

Die Dichte ist der Quotient aus Probenmasse und Probenvolumen. Die **Reindichte** ist die Masse des Stoffes bezogen auf das hohlraumfreie Volumen, die **Rohdichte** die Masse des Stoffes bezogen auf das Stoffvolumen einschließlich der Poren und die **Schüttdichte** die Masse des Stoffes bezogen auf das Stoffvolumen einschließlich der Poren und der Hohlräume zwischen den Körnern einer Schüttung. Die Rohdichte von porösen Materialien ist feuchteabhängig und daher bezogen auf einen bestimmten Feuchtezustand.

In der Asphalttechnologie wird auch eine Definition der Rohdichte verwendet, bei der die Luftporen beim Volumen des Feststoffs nicht berücksichtigt werden (DIN EN 12697-5). Die oben angegebene Definition der Rohdichte entspricht eher dem dort gebräuchlichen Begriff der **Raumdichte** (DIN EN 12697-6). Die genaue Definition ergibt sich aus den entsprechenden Normen.

Bei allen Dichteprüfverfahren, die mit einer Füllung des Probenraums mit einer Prüfflüssigkeit arbeiten, ist zu berücksichtigen, dass der Füllgrad unterschiedlich ist, je nachdem ob unter Luftdruck, unter Vakuum nach vorhergehendem Evakuieren oder unter Druck befüllt wird. Es ist nicht möglich **geschlossene Porosität** zu befüllen.

Ein Verfahren zur Bestimmung der Dichte pastenförmiger Stoffe ist enthalten in DIN EN ISO 2811-3, ein Verfahren zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten, die mit Luft versetzt sind, in DIN EN ISO 2811-4. Beides sind Normen für Beschichtungsstoffe.

Die folgende Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen den Größen Reindichte, **Trockenrohdichte** und **Gesamtporosität**.

$$\rho_{tro} = \rho_{rein} \times (1 - \varepsilon) \qquad \text{Gl. 36}$$

Mit:

ρ_{tro} – Trockenrohdichte

ρ_{rein} – Reindichte

ε – Gesamtporosität (0 … 1)

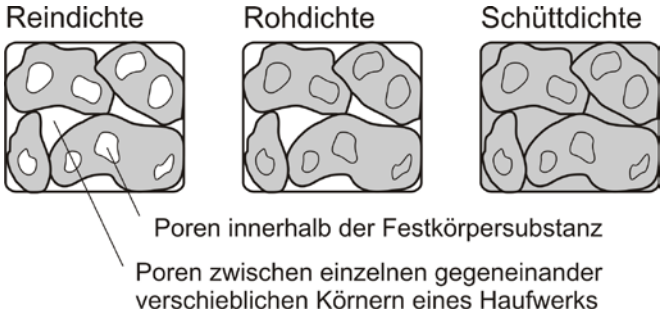


Abb. 212 Dichtebegriffe. Das bei der Dichtebestimmung berücksichtigte Volumen ist grau eingefärbt. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

19.2 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten

19.2.1 Dichtebestimmung mittels Flüssigkeits-Pyknometer

Ein Pyknometer ist ein Gefäß mit einem genau bekannten Füllvolumen bei definierten Druck- und Temperaturbedingungen. Durch Auswägen des bekannten Volumens einer Flüssigkeit lässt sich die Dichte der Flüssigkeit direkt bestimmen. Die Dichtebestimmung von Flüssigkeiten niedriger bis mittlerer Viskosität mittels Pyknometer ist in DIN EN ISO 2811-1 (Beschichtungsstoffe) beschrieben. Für hochviskose Flüs-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

sigkeiten, z. B. Bitumen, kann ein **Hubbard-Pyknometer** verwendet werden. Hilfreich ist auch DIN EN ISO 3838, eine Norm für Rohöl und flüssige oder feste Mineralölerzeugnisse.

19.2.2 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten mittels Tauchkörper

Das Verfahren der Dichtebestimmung mittels Tauchkörper ist in DIN EN ISO 2811-2 (Beschichtungsstoffe) beschrieben. Ein Tauchkörper mit genau bekanntem Volumen wird bei konstanter Temperatur in die Flüssigkeit gedrückt. Durch Wägung des Flüssigkeitsgefäßes vor und nach dem Tauchvorgang kann die Dichte nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Gl. 37

Mit:

ρ – Dichte

m_2 – Masse nach dem Eintauchen des Tauchkörpers

m_1 – Masse vor dem Eintauchen des Tauchkörpers

V – eingetauchtes Volumen des Tauchkörpers

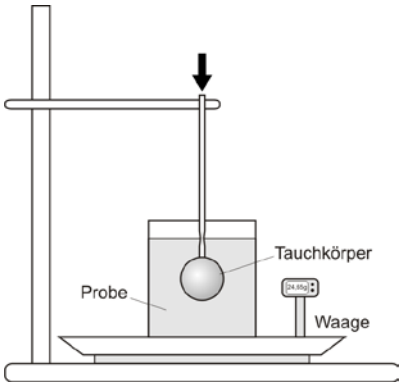


Abb. 213 Dichtebestimmung mittels Tauchkörper nach DIN EN ISO 2811-2. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

19.2.3 Dichtebestimmung von Flüssigkeiten mittels Aräometer

Aräometer sind Dichtemessgeräte, die auf dem Archimedischen Prinzip beruhen. Je nach Dichte der Flüssigkeit tauchen sie unterschiedlich tief ein und die Dichte kann auf einer Skala abgelesen werden.

19.3 Dichtebestimmung von Festkörpern

19.3.1 Allgemeines

In vielen Prüfvorschriften zur Dichtebestimmung ist eine Bestimmung des Trockengewichtes am Anfang der Prüfung vorgesehen. Da bei der Trocknung durch Erwärmung bereits Gefügeänderungen möglich sind, ist zu empfehlen, die Bestimmung des Trockengewichtes an das Ende der Prüfung zu legen. Ein schwieriger Punkt bei der Rohdichtebestimmung von Festkörpern nach verschiedenen Verfahren ist die Bestimmung des Gewichtes der Probe im wassergesättigten, aber oberflächentrockenen Zustand. Dadurch können u. U. große Fehler entstehen. Hinweise zum Erkennen dieses Zustandes sind enthalten in DIN EN 1097-6. Bei Stoffen sehr geringer Dichte kann bei der Massenbestimmung an Luft durch Wägung ein Fehler durch Auftrieb entstehen. Die Berücksichtigung dieses Effektes ist beschrieben in DIN EN ISO 845.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

19.3.2 Bestimmung der Schüttdichte von Festkörpern

Die Bestimmung der Schüttdichte pulverförmiger Baustoffe und Haufwerke kann nach DIN EN 459-2 (Baukalk) durchgeführt werden. Dabei wird unter definierten Randbedingungen ohne Verdichtung ein spezielles Einlaufgefäß befüllt. Die Schüttdichte wird aus dem Volumen des Gefäßes und dem Gewicht des eingefüllten Baustoffs ermittelt. Analog wird auch in DIN EN 14016-2 (Magnesiabinder) vorgegangen. Die Bestimmung der Schüttdichte und des **Hohlraumgehaltes** von Gesteinskörnungen erfolgt nach DIN EN 1097-3. Die Bestimmung des Hohlraumgehaltes von verdichtetem Füller erfolgt nach DIN EN 1097-4. DIN EN 543 (Klebstoffe) beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Schüttdichte ohne Verdichtung.

19.3.3 Rohdichtebestimmung von Festkörpern durch Ausmessen

Haben Festkörper regelmäßige Abmessungen kann die Rohdichte durch Messen des Volumens und des Gewichtes direkt ermittelt werden. Es wird die zu dem jeweiligen Feuchtezustand zugehörige Dichte bestimmt, z. B. im Anlieferungszustand, gesättigt oder getrocknet. Dieses Verfahren nutzen z. B. DIN EN 12390-7 (Festbeton), DIN EN 323 (Holzwerkstoffe), DIN 52182 (Holz), DIN EN 520 (Gipsplatten), DIN EN 992 (haufwerksporiger Leichtbeton), DIN EN 1015-10 (Mörtel für Mauerwerk) und DIN EN 678 (Porenbeton).

19.3.4 Bestimmung der Rohdichte von Festkörpern durch Unterwasserwägung (Tauchwägung)

Die Rohdichte von Festkörpern, auch von solchen mit unregelmäßiger Form, lässt sich gut mit dem Verfahren der Unterwasserwägung bestimmen, wobei prinzipiell auch andere Prüfflüssigkeiten als Wasser verwendet werden können. Dazu wird eine Waage mit Unterflurwägeeinrichtung benötigt. Gemessen wird das Nassgewicht im gesättigten Zustand nach Abnahme des Haftwassers, das Unterwassergewicht des Probekörpers im gesättigten Zustand und das Gewicht des Probekörpers in dem Feuchtezustand, der untersucht werden soll, d. h. trocken, wassergesättigt oder in einem anderen zu untersuchenden Feuchtezustand. Aus diesen Daten lässt sich die Rohdichte wie folgt bestimmen:

$$\rho = \rho_{Fl} \cdot \frac{m}{m_{nass} - m_{UW}} \qquad \text{Gl. 38}$$

Mit:

ρ – Rohdichte

m – Probengewicht bei dem zu untersuchenden Feuchtezustand

m_{nass} – Nassgewicht der Probe im gesättigten Zustand ohne Haftwasser

m_{UW} – Unterwassergewicht der Probe im gesättigten Zustand

ρ_{Fl} – Dichte der Prüfflüssigkeit

Bezieht sich das Gewicht m auf den trockenen Zustand, wird die Trockenrohdichte ermittelt. Bezieht sich m auf den flüssigkeitsgesättigten Zustand, wird die Rohdichte im Sättigungszustand ermittet. Bezieht sich das Gewicht m auf einen anderen Feuchtezustand, wird die Dichte in diesem Feuchtezustand ermittelt. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 993-1 und DIN EN 993-18, beides sind Prüfnormen für feuerfeste Produkte. Es ist außerdem enthalten in DIN EN 1097-6, einer Norm für Gesteinskörnung, in DIN EN 12390-7, einer Norm für Beton und DIN EN 539-2, einer Norm für Tondachziegel. Es wird außerdem für dichte Kunststoffe nach DIN EN ISO 1183-1 angewendet, bei denen m und m_{nass} quasi gleich groß ist. Dort ist auch eine Möglichkeit beschrieben, Proben zu prüfen, deren Dichte geringer ist als die der Prüfflüssigkeit.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

19.3.5 Rohdichtebestimmung von porösen Festkörpern mittels Feststoff-Pyknometer

Die Rohdichtebestimmung mittels Feststoffpyknometer beruht auf der Bestimmung der Masse der Probe in dem Feuchtezustand, der untersucht werden soll, z. B. getrocknet (Trockenrohdichte) oder wassergesättigt aber oberflächentrocken, der Bestimmung der Masse des Pyknometers mit der Prüfflüssigkeit und der Probe sowie der Bestimmung der Masse des Pyknometers nur mit der Prüfflüssigkeit. Aus diesen Daten lässt sich die Rohdichte wie folgt bestimmen:

$$\rho = \rho_{Fl} \cdot \frac{m}{m_{nass} - (m_{PPW} - m_{PW})} \qquad \text{Gl. 39}$$

Mit:

ρ – Rohdichte

m – Probengewicht bei dem zu untersuchenden Feuchtezustand

m_{nass} – Nassgewicht im gesättigten Zustand ohne Haftwasser

m_{PPW} – Gewicht des Pyknometers mit wassergesättigter Probe und Wasser

m_{PW} – Gewicht des Pyknometers mit Wasser

ρ_{Fl} – Dichte der Prüfflüssigkeit

Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1097-6 (Gesteinskörnung). Auch die Rohdichtebestimmung von Füllern beruht auf einem Pyknometerverfahren und ist beschrieben in DIN EN 1097-7. Auch DIN EN ISO 3838, eine Norm für Rohöl und flüssige oder feste Mineralölerzeugnisse und DIN EN 993-2, eine Norm für feuerfeste Erzeugnisse, können herangezogen werden. DIN EN ISO 1183-1 verwendet das Verfahren für die Dichtebestimmung dichter Kunststoffe. Wie man bereits aus den erwähnten Normen entnehmen kann, ist das Verfahren auch geeignet die Dichte kleiner Partikel zu messen.

Zu den Pyknometerverfahren zählt auch ein **Verfahren nach Thaulow**, mit dem die feuchteabhängige Kornrohdichte von Gesteinskörnung mit dichtem Gefüge ermittelt wird. Dazu wird die Gesteinskörnung im oberflächentrockenen Zustand gewogen und in ein Feststoff-Pyknometer gefüllt. Es kann beispielsweise ein Luftporentopf mit einer Abdeckplatte aus Glas verwendet werden, der luftblasenfrei mit Wasser befüllt wird. Zur Berechnung benötigt wird:

- die Dichte der Prüfflüssigkeit ρ_{fl}
- die Masse der oberflächentrockenen Probe m_1
- die Masse der Wasserfüllung des Messtopfs m_3
- die Masse des Inhalts des Messtopfs (Gesteinskörnung und Wasser) m_2

Eine Abdeckplatte auf dem Topf ist notwendig, um ein definiertes Volumen im Topf zu erreichen. Sie muss aus Glas sein, um noch eingeschlossene Luftblasen sehen zu können. Die Kornrohdichte ρ kann dann wie folgt bestimmt werden:

$$\rho = \frac{m_1 \cdot \rho_{fl}}{m_1 + m_3 - m_2} \qquad \text{Gl. 40}$$

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das Verfahren wird umso ungenauer, je mehr Wasser die Gesteinskörnung während der Messung aufsaugt. Diese Gleichung entspricht der Vorgehensweise in DIN EN 993-2, einer Norm für feuerfeste Erzeugnisse, bei der die Probe vor der Prüfung zerkleinert und getrocknet wird. Dabei bedeuten:

m_1 – Einwaage des zu prüfenden Werkstoffs

m_2 – Masse des mit der Probe und der Flüssigkeit gefüllten Pyknometers

m_3 – Masse des mit der verwendeten Flüssigkeit gefüllten Pyknometers

Hinweis: Die Prüfvorschrift aus: Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung. 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003, ist untauglich.

Mittels Feststoff-Pyknometer lässt sich auch die Rohdichte poröser Stoffe ermitteln, deren Poren oberflächlich verschlossen worden sind, z. B. mit Paraffin. Bei trockenen Proben erhält man die Trockenrohdichte, bei feuchten Proben die zur jeweiligen Feuchte gehörende Rohdichte. Dazu wird der Festkörper vor dem Porenverschluss gewogen und sein Volumen als Volumendifferenz zwischen dem Pyknometervolumen und dem eingebrachten Flüssigkeitsvolumen bestimmt. Sitzt das Abdichtungsmittel im wesentlichen außen auf der Oberfläche kann die daraus resultierende Volumenvergrößerung der Probe näherungsweise aus der Masse und der Dichte des aufgebrachten Abdichtungsmittels ermittelt und berücksichtigt werden. Auf eine Abdichtung der Probe kann verzichtet werden, wenn die Probe im Pyknometer nicht in eine Flüssigkeit eingebettet wird, sondern in eine Schüttung von Mikrokugeln, die definiert verdichtet wird.

19.3.6 Bestimmung der Dichte von Partikeln durch Mischen zweier Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte

DIN EN ISO 1183-1 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Dichte von dichten Partikeln durch Titration. Man benötigt zwei mischbare Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Dichte. Durch Zutitration der einen Flüssigkeit zur anderen bringt man die Partikel zur Schwebe. Dies bedeutet, dass die Dichte von Flüssigkeit und Festkörper gleich groß ist. Dann kann man die Dichte der Flüssigkeit mit entsprechenden Methoden bestimmen.

19.3.7 Bestimmung der Trockenrohdichte von Festkörpern mit dem Messzylinderverfahren oder einem anderen volumetrischen Gefäß

Das Volumen inklusive Poren eines vorher flüssigkeitsgefüllten Festkörpers kann durch Eintauchen in einen flüssigkeitsgefüllten Messzylinder und Ermittlung der dadurch hervorgerufenen Volumendifferenz ermittelt werden, wobei in der Regel Wasser verwendet werden kann. Bei Kenntnis der Trockenmasse kann aus beiden Größen die Trockenrohdichte ermittelt werden. Das Verfahren ist beschrieben in DIN 52102 (Gesteinskörnungen). Es wird auch als Schnellprüfverfahren nach DIN EN 1097-6 (Gesteinskörnungen) eingesetzt. Die Ermittlung des Volumens eines vorher wassergesättigten Probekörpers durch Untertauchen in einen wassergefüllten Behälter und Ermittlung der verdrängten Wassermenge ist auch Bestandteil der Rohdichtebestimmung von Faserzement-Wellplatten nach DIN EN 494 und Faserzement-Dachplatten nach DIN EN 492.

19.3.8 Bestimmung der Rohdichte von Gesteinskörnungen

Die Bestimmung der Rohdichte von normalschweren und leichten Gesteinskörnungen kann nach DIN EN 1097-6 erfolgen. Diese Prüfnorm unterscheidet mehrere Prüfverfahren die zum einen auf der Unterwasserwägung (s. Kap. 19.3.4), zum anderen auf einem Pyknometerverfahren (s. Kap. 19.3.5) beruhen. Das Messzylinderverfahren wird als Schnellprüfverfahren eingesetzt (siehe Kap. 19.3.7). Die Bestimmung der Kornrohdichte leichter Gesteinskörnungen kann auch unter Verwendung einer Volumenmessung im Messzylinder nach DIN V 18004 sowie nach DIN 52102 erfolgen.

19.3.9 Bestimmung der wirksamen Kornrohdichte leichter Gesteinskörnung

Unter der wirksamen Kornrohdichte versteht man die Dichte der wassergesättigten Körnung. Ein Verfahren zur Bestimmung der wirksamen Kornrohdichte von leichter Gesteinskörnung unter Verwendung einer Volumenmessung im Messzylinder wird in DIN V 18004 angegeben.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

19.3.10 Bestimmung der scheinbaren Rohdichte von Gesteinskörnung

Die scheinbare Rohdichte von Gesteinskörnung spielt bei der Herstellung von Asphalt eine Rolle. Es handelt sich um die Rohdichte ofengetrockneten Materials, wobei beim relevanten Volumen das Volumen wasserzugänglicher Hohlräume nicht berücksichttigt wird. Die Ermittlung kann erfolgen nach DIN EN 1097-6.

19.3.11 Bestimmung der Rohdichte von Mauersteinen

Die Bestimmung der Rohdichte von Mauersteinen außer Natursteinen erfolgt nach DIN EN 772-13. Je nach Baustoff bedient sich diese Norm verschiedener Verfahren zur Ermittlung des zugrundeliegenden Volumens, z. B. durch Ausmessen, Unterwasserwägung oder Füllung der Hohlräume mit Sand.

19.3.12 Roh- und Reindichtebestimmung von Festkörpern mittels Quecksilberdruckporosimetrie

Mittels Quecksilberdruckporosimeter (s. Kap. 20.5), kann sowohl die Rohdichte (da in der Regel vorher getrocknet wird, die Trockenrohdichte), die Reindichte und die **offene Porosität** bestimmt werden. Voraussetzung ist allerdings, dass der vorhandene Porenradienbereich mit dem Messbereich des Quecksilberdruckporosimeters komplett erfasst werden kann. Zum Vergleich können folgen Daten herangezogen werden aus Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996, auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9. Die erste Angabe ist die Trockenrohdichte in g/cm³, bestimmt durch Messung des Trockengewichts, Naßgewichts und Unterwassergewichts, die zweite Angabe ist die Trockenrohdichte bestimmt mittels Quecksilberdruckporosimeter:

Zementmörtel: $1{,}98 \pm 0{,}02$ / $2{,}01 \pm 0{,}03$

Sandstein: $2{,}08 \pm 0{,}02$ / $2{,}16 \pm 0{,}08$

Da das Quecksilberdruckporosimeter ein Teil der vorhandenen Porosität nicht erfasst, wird eine höhere Trockenrohdichte errechnet.

19.3.13 Reindichtebestimmung von pulverförmigen Festkörpern mittels Feststoff-Pyknometer

Zur Dichtebestimmung eines pulverförmigen Festkörpers wird dieser in ein Pyknometer eingebracht. Das Pyknometer wird unter Vakuum mit der Pyknometerflüssigkeit befüllt, die nicht mit dem Feststoff regieren darf. Aus der Masse des Festkörpers und der Volumendifferenz zwischen dem Pyknometervolumen und dem eingebrachten Flüssigkeitsvolumen lässt sich die Reindichte bestimmen. Eine Prüfvorschrift ist in Heft 33 der Schriftenreihe der Zementindustrie von 1967 enthalten sowie in Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003.

Alternativ kann zur Volumen- und Reindichtebestimmung des Pulvers auch ein Volumenmessgerät nach **Le Chatelier** verwendet werden. Dieses Verfahren und das Pyknometerverfahren sind beschrieben in DIN EN 1936, einer Prüfnorm für Naturstein.

19.3.14 Reindichtebestimmung von Festkörpern mittels Helium-Pyknometer

Ein Helium Pyknometer arbeitet nach dem Prinzip der Gasverdrängung durch den Festkörper nach dem Druckausgleichsverfahren. Es können sowohl Pulverproben als auch größere Festkörperproben, auch in unregelmäßiger Form, untersucht werden. Die Probe wird getrocknet und gewogen. Das Volumen der Festkörpersubstanz wird über die Druckveränderung des Messgases bei der Expansion vom Probenraum in ein zusätzliches, bekanntes Volumen gemessen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

19.3.15 Dichtebestimmung mittels Compton-Streuung

Die Dichte kann zerstörungsfrei mit einer Oberflächensonde über die Compton-Streuung von Röntgen- oder γ-Strahlung gemessen werden. Bei diesem Verfahren ist eine materialabhängige Kalibrierung erforderlich.

19.4 Rohdichtebestimmung von Baustoffsuspensionen

Die Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel nach DIN EN 1015-6 und der Rohdichte von Frischbeton nach DIN EN 12350-6 erfolgt durch das Befüllen eines Gefäßes mit bekanntem Volumen und Ausmessen des Gewichts. Dazu wird häufig der Luftporentopf verwendet. Bei Betonproben kann ein Aufsatzrahmen auf dem Prüfbehälter verwendet werden, der nach dem Verdichten entfernt wird. Die Rohdichte hängt vom Verdichtungszustand ab. Gemessen wird in der Regel im fertig verdichteten Zustand.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20 Untersuchung des Gefüges von Baustoffen und Bauteilen

20.1 Allgemeines

»Unter dem Begriff Gefüge fasst man zum einen die äußere Gestalt der einzelnen Phasen **(Struktur)**, als auch die räumliche Ausrichtung der Phasen **(Textur)** zusammen, wobei man **Poren, Risse** und andere Fehlstellen ebenfalls als eine Phase des Baustoffs oder des Bauteils auffassen muss.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de).

Die Spannweite von Gefügeuntersuchungen reicht von Gefügeeigenschaften auf mikroskopischer Ebene, über die Prüfung von Probekörpern, z. B. Bohrkernen, bis hin zur Prüfung von Bauteilen oder Abschnitten ganzer Bauwerke. Viele der Prüfverfahren sind jedoch für mehrere Größenskalen geeignet, so dass es sinnvoll ist sie in einem Abschnitt zu behandeln.

Bei der Untersuchung des Gefüges von Bauteilen spielen Verfahren der **zerstörungsfreien Prüfung** für die Baupraxis eine besonders wichtige Rolle. Alle diese Verfahren haben Vor- und Nachteile für die Zustandsbeurteilung von Bauwerken. Aus diesem Grund werden inzwischen häufig verschiedene Methoden miteinander kombiniert, auch in einer gemeinsamen Messplattform.

Weitergehende Informationen zur zerstörungsfreien Prüfung sind über die **Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)** und ihre Publikationen erhältlich (www.dgzfp.de)

20.2 Visuelle Untersuchung von Bauwerken, der Baustoff- und Bauteiloberfläche und von Bohrkernen

20.2.1 Allgemeines

Neben der visuellen Untersuchung eines Baustoffs oder Bauteils von Außen ist eine Entnahme von Bohrkernen möglich, was immer mit einer Störung des Bauteils einhergeht. Die Entnahme und Untersuchung von Betonbohrkernproben ist in DIN EN 12504-1 geregelt. Die Vorgehensweise bei der Entnahme von Bohrkernen ist in Kap. 9.3.2 beschrieben.

Zu einer visuellen Beschreibung gehört die Abfolge und Dicke erkennbarer Schichten und die Anzahl, Lage, Orientierung, Art und Durchmesser von Bewehrung. Wichtig sind außerdem alle Arten von **Gefügestörungen, Entmischungserscheinungen und Poren**. Bei **Beton** und **Mörtel** ist das Korn visuell zu beschreiben (**Form, Korngrößen, Korngrößenverteilung** und **Petrographie** (DIN EN 932-3, DIN EN 12407) soweit möglich einschätzen). Weitere wichtige Parameter sind die Verbreitung, Lage, Form, Breite und sekundäre Veränderung von **Rissen**. Methoden zur Untersuchung äußerlich sichtbarer Risse und anderer Fehlstellen in Bauteilen sind beschrieben in Kap. 12.5.

Die Überwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Straßen und Wegen ist in Deutschland geregelt in DIN 1076 in Verbindung mit der RI-EBW-PRÜF (Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen von Bauwerksprüfungen) der BAST. Sehr hilfreich ist auch das Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrwasserbauten (MSV) der Bundesanstalt für Wasserbau. Hinweise zur Terminologie der Sichtprüfung enthält DIN EN 1330-10.

Hinweise zur visuellen Beurteilung von Bauteiloberflächen aus Beton können auch entnommen werden aus der Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des DAfStb (RILI SIB) sowie aus DIN-Fachbericht CEN/TR 15739. Die Untersuchung von Abwasserkanälen ist beschrieben in den ATV- bzw. DWA-Merkblättern M 143-2 und M 149-5. Die Anwendung digitaler Bildverarbeitung zur Beurteilung von Beschichtungsschäden ist beschrieben in DIN EN ISO 21227.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Untersuchung der Oberflächenbeschaffenheit von Fliesen und Platten beruht auf einer visuellen Beurteilung und ist beschrieben in DIN EN ISO 10545-2. Gleiches gilt auch für künstliche Steine nach EN 14618 die nach DIN EN 14617-16 beurteilt werden.

Die visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit von Stahloberflächen, die für eine Beschichtung vorgesehen sind, ist Gegenstand der DIN EN ISO 8501. Ein Klebebandverfahren zur Beurteilung der Staubbeladung einer Oberfläche ist beschrieben in DIN EN ISO 8502-3. Die makroskopische und mikroskopische Untersuchung von Schweißverbindungen metallischer Werkstoffe ist Gegenstand der DIN EN 1321, die Sichtprüfung von Schweißnähten metallischer Werkstoffe wird auch behandelt in DIN EN ISO 17637. Die Untersuchung von Schweißverbindungen thermoplastischer Kunststoffe ist Gegenstand der DIN EN 12814-5 und der DIN EN 13100-1.

Eine visuelle Prüfung sieht auch DIN EN 1850 bei der Prüfung von Abdichtungsbahnen, DIN EN 12697-42 bei der Prüfung des Fremdstoffgehaltes in Asphalt und DIN EN 12697-36 bei der Prüfung der Dicke von Fahrbahnbefestigungen aus Asphalt an Bohrkernen vor.

20.2.2 Beschreibung und Interpretation eines Bohrkerns

Im Folgenden wird der dargestellte Betonbohrkern beschrieben und teilweise auch eine Interpretation der sichtbaren Merkmale gegeben.



Abb. 214 Beschriebener Betonbohrkern. Die Oberfläche ist oben. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

Der Beton-Bohrkern hat einen Durchmesser von 10 cm. Die Oberfläche des Betonbauteils ist oben. Der ursprünglich längere Kern ist in 8 cm Tiefe in der Ebene einer Mattenbewehrung zerbrochen. Die Bauteiloberfläche ist angegriffen. Bindemittel wurde abgetragen, Zuschläge stehen etwa 1 bis 7 mm über. Noch größere Abtragungsraten bei anderen Kernen des gleichen Bauwerks deuten auf **lösenden chemischen Angriff** hin. Der Beton wurde mit **Hochofenzement** hergestellt, der im Inneren eine blaugraue Färbung erzeugt. Im Oberflächenbereich ist durch den Lufteinfluss die typische Aufhellung von Betonbauteilen aus Hochofenzement sichtbar. Der Durchmesser des Größtkorns liegt bei 32 mm. Die **Gesteinskörnung** ist überwiegend silikatischer Natur. Der Kern zeigt in ca. 2 bis 5 cm Tiefe nachträglich verheilte oberflächenparallele **Risse** von etwa 0,1 bis 1 mm Breite.

Weitere Untersuchungen zeigten, dass der Beton **alkaliempfindlichen Zuschlag** enthält. Der Nachweis von Gipsneubildungen und großen Mengen an **Ettringit** mittels **Röntgenpulverdiffraktometrie** deuten in dem Bauwerk außerdem auf **Sulfattreiben** hin. Außerdem konnte ein Eindringen von **Chlorid** von der Oberfläche her festgestellt werden.

20.2.3 Visuelle Untersuchung von Holz

Die Bestimmung der gängigen Bauholzarten, der Anteil von Splint- und Kernholz sowie eventuelle Schäden können mit Hilfe makroskopisch sichtbarer Merkmale am Bauteil, an Schnitten oder an **Bohrkernen** erfolgen, wobei eine **Lupe** oder ein **Mikroskop** hilfreich ist. Häufig haben Bohrkerne zur Holzuntersuchung einen Durchmesser von 10 bis 20 mm. Wichtige Merkmale für die Holzartbestimmung sind z. B. Gefäße, Kanäle und Farbkerne. Weitere Informationen enthält das folgende Buch:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kraft, U.; Pribbernow, D.: Handbuch der Holzprüfung, Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2006.

Auch die Gütesortierung von Holz beruht auf einer visuellen Beurteilung von Außen (Äste, Faserneigung, Markröhre, Jahrringbreite, Risse, Baumkante, Krümmung, Verfärbungen/Fäule, Druckholz, Insektenfraß). Das Verfahren ist beschrieben in DIN 4074 und DIN 68365. Auch die Erfassung von Merkmalen von Holz auf der Basis von DIN EN 1310 und DIN EN 1311 beruht auf einer visuellen Prüfung des Holzes.

20.3 Gefügeuntersuchungen mittels mikroskopischer Methoden

20.3.1 Allgemeines

Bei mikroskopischen Gefügeuntersuchungen eines neuen, unbekannten Festkörpers sollte man mit einer Betrachtung der zugänglichen Oberfläche mit einem **Stereomikroskop (Makroskop)** beginnen. Diese Mikroskope haben Vergrößerungen bis etwa 50-fach, sie liefern einem räumlichen Bildeindruck und besitzen einen großen Schärfentiefebereich (siehe Kap. 11).

Werden höhere Vergrößerungen benötigt, muss man auf die **Polarisationsmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie oder Transmissionselektronenmikroskopie** übergehen. Die Polarisationsmikroskopie wurde bereits in Kap. 14.4 im Hinblick auf die Phasenanalyse und in Kap. 17.4 im Hinblick auf die Untersuchung von Partikeln und Dispersonen behandelt. Die Rasterelektronen- und Transmissionselektronenmikroskopie wurde im Hinblick auf die Elementanalyse bereits in Kap. 13.10 behandelt und im Hinblick auf die Phasenanalyse bereits in Kap. 14.3.

Bei der Gefügeanalyse hat die Rasterelektronenmikroskopie den Vorteil großer Vergrößerungen und gleichzeitig großer Schärfentiefe, was z. B. für die Betrachtung von Bruchflächen wichtig ist. Mit lichtoptischer Mikroskopie können insbesondere bei größeren Vergrößerungen nur einzelne Schnittebenen scharf betrachten werden, es sei denn, das Mikroskop verfügt über eine extended Focus-Funktion. Dabei werden Bilder mehrerer Schnittebenen aufgenommen und rechnerisch ein Bild mit erhöhter Schärfentiefe erstellt. Trotz dieser Einschränkung ist die optische Mikroskopie ebenfalls eine leistungsfähige Methode zur Gefügeuntersuchung. Ein Beispiel für eine genormte lichtmikroskopische Gefügeuntersuchung ist die Graphitklassifizierung bei Gusseisen nach DIN EN ISO 945-1.

20.3.2 Untersuchung korrodierter Randschichten mit lichtmikroskopischen Methoden

Stereomikroskopische und **polarisationsmikroskopische** Untersuchungen zeigen einen detailierten Einblick in die Struktur korrodierter Randzonen von Bauteilen.

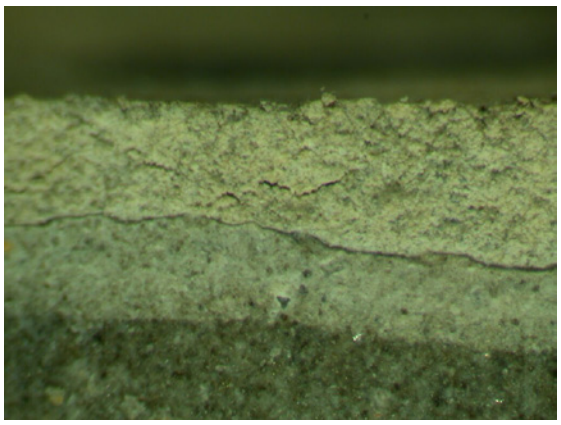


Abb. 215 Mikroskopische Aufnahme eines durch **kalklösende Kohlensäure** angegriffenen **Injektionsmörtels**. Außen liegt eine verfärbte, hochporöse und wenig feste Randschicht vor, dann folgt eine feste aber verfärbte Schicht, dann der unbeeinflusste Mörtel. Die Dicke der verfärbten Schicht beträgt 1,64 mm. Gesägte Probe. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.3.3 Luftporenbestimmung am Festbeton/-mörtel

Die Ermittlung des Luftporengehaltes an erhärtetem Beton beruht auf einem lichtmikroskopischen Verfahren, bei dem die Luftporen an Schnittflächen z. B. entlang von Messlinien ausgezählt und klassiert werden. Dieses Verfahren kann mittels **optischer Bildanalyse** automatisiert werden, wenn der Kontrast zwischen Poren und dem Rest des Materials erhöht wird. DIN EN 480-11, ASTM C 457/C 457M sowie Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991, können für diese Prüfung herangezogen werden. Auf die Untersuchung mittels Bildanalyse geht Gätje vertieft ein (Gätje, B.: Nachträgliche Ermittlung betontechnologischer Parameter an Zementsteinen, Mörteln und Betonen unbekannter Zusammensetzung, Dissertation, TU Hamburg-Harburg, GCA-Verlag, Herdecke, 2004, ISBN 3-89863-152-4).

Luftporen können auch durch Fehlbedienung und ungewollte Wechselwirkungen zwischen Komponenten entstehen und sind dann Ursache für Minderfestigkeiten. Sie können anhand ihrer spezifischen runden Form gut mikroskopisch erkannt werden.

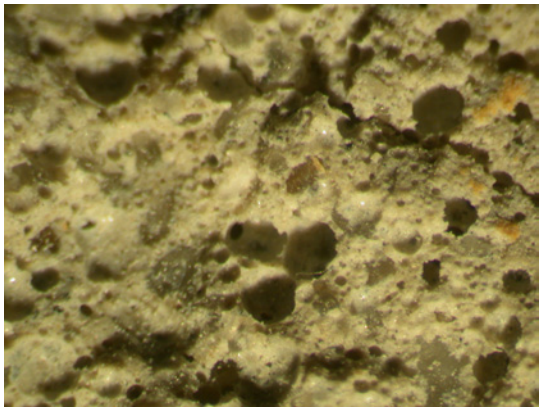


Abb. 216 Unerwünschte Bildung von großen Mengen an künstlich eingebrachten Luftporen in einem **Beton**. Typisch ist die fast kreisrunde Form. Aufnahme mittels Stereomikroskop. Bildbreite ca. 5 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

20.3.4 Untersuchung von Gefügestörungen in einem schadhaften Verlegemörtel

Bei einem schadhaften Verlegemörtel konnte u. a. festgestellt werden, dass die auf der Baustelle zugegebenen Polymerfasern durch den **Mischprozess** nur **mangelhaft vereinzelt** wurden. Dadurch sind sie unwirksam.

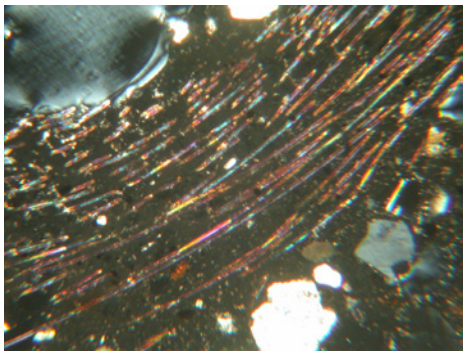


Abb. 217 Mangelhafte Vereinzelung von Polymerfasern in einem Verlegemörtel. Eine positive Wirkung der Fasern ist dadurch nicht mehr gegeben. Dünnschliff im Polarisationsmikroskop mit gekreuzten Polarisatoren. Bildbreite 2,5 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Faserbündel und die schlechte Vereinzelung der Fasern sind auch bereits im Stereomikrokop gut zu erkennen und zu belegen. Die Polymerbasis der Fasern konnte mittels **Infrarotspektroskopie** analysiert werden, siehe dazu Kap. 14.7.6.

Bei dem gleichen schadhaften Mörtel konnte mikroskopisch in Teilbereichen ein **haufwerksporiges Gefüge** festgestellt werden, das durch Bindemittelmangel entsteht und zu verminderter Festigkeit führt.

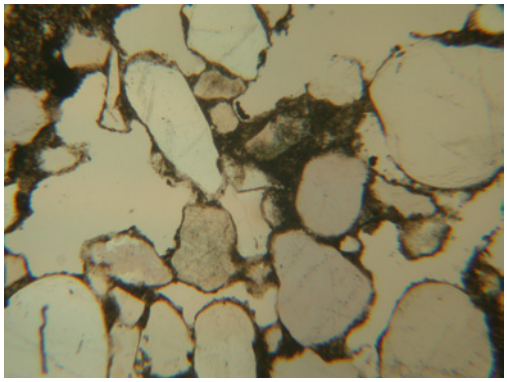


Abb. 218 Dünnschliffaufnahme einer bereichsweise haufwerksporigen Struktur in einem Mörtel. Punktuelle Verklebung der Körner mit großen Hohlräumen dazwischen. Dünnschliff im Polarisationsmikroskop ohne gekreuzte Polarisatoren, Bildbreite 2,5 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

Die haufwerksporige Struktur zeigt sich auch bereits im Stereomikroskop.



Abb. 219 Aufnahme mit einem Stereomikroskop einer bereichsweise haufwerksporigen Struktur eines Mörtels sowie Fasern. Bildbreite 12 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

Zusätzlich waren in anderen Bereichen **schalenförmige Anreicherungen von Bindemittel** um Gesteinskörnungen herum feststellbar. Diese entstehen, wenn beim Mischen von **Trockenmörtel oder -beton** einige Zuschläge nicht ganz trocken sind oder ein Beton bzw. Mörtel mit wenig Wasser (im erdfeuchten Zustand bzw. Zwischenzustand) zu lange bzw. zu wenig intensiv gemischt wird.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

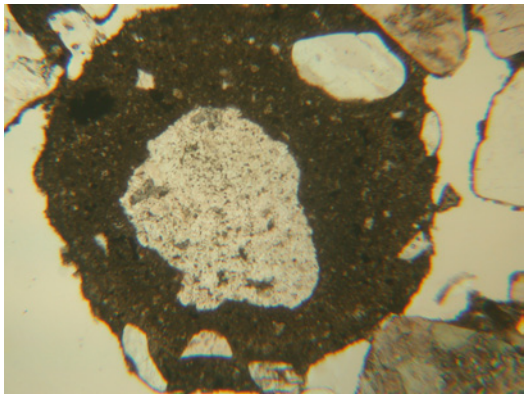


Abb. 220 Schalenförmige Bindemittelanreicherung um ein Gesteinskorn. Dünnschliff im Polarisationsmikroskop ohne gekreuzte Polarisatoren, Bildbreite 2,5 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

20.3.5 Untersuchung von Fließstrukturen in Baustoffen

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Abfolge mehrerer Schichten mit verschiedenem Quarzgehalt in einem mörtelähnlichen Stoff. Eine solche Struktur ist nicht durch eine Entmischung erklärbar, sondern nur dadurch, dass sich nacheinander Suspensionen mit verschiedenem Quarzgehalt übereinander abgesetzt haben.



Abb. 221 Stereomikroskopische Aufnahme. Mehrere Schichten mit verschiedenem Quarzgehalt, quarzarme Schicht zwischen zwei quarzreichen Schichten, Bildhöhe 11,1 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

Die folgenden Abbildungen des gleichen Materials zeigen eine Schicht, die im Wesentlichen nur Mineralkörner, sehr grobe **Zementpartikel** und **Portlandit** enthält und durch **Sedimentation** aus einem Gemisch aus **Gesteinskörnung** und Zement mit normaler Kornverteilung entstanden ist. Die Sedimentation hat jedoch nicht an Ort und Stelle stattgefunden, sondern das Material ist in der vorliegenden Form in eine bereits am Ort befindliche, mineralkornfreie Zementsuspension eingedrungen. Dies wird daran deutlich, dass die grobkörnige Schicht im Bereich der abgebildeten Dünnschliffe endet, eine Böschung ausgebildet hat und am vorderen Ende eine walzenförmige Verwirbelung stattgefunden hat. Das grobkörnige Material hat sich dabei aufgrund der höheren Dichte unter den bereits am Ort vorliegenden mineralkornfreien Zementleim geschoben.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

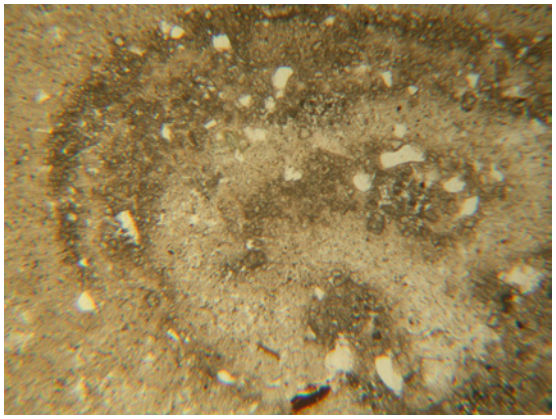


Abb. 222 Polarisationsmikroskopische Aufnahme eines Dünnschliffs. Man erkennt eine walzenförmige Verwirbelung einer grobkornreichen Schicht mit einem praktisch mineralkornfreien Zementleim, Bildbreite: 2,8 mm. Eine solche walzenförmige Struktur entsteht, wenn zwei Suspensionen ineinanderlaufen. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

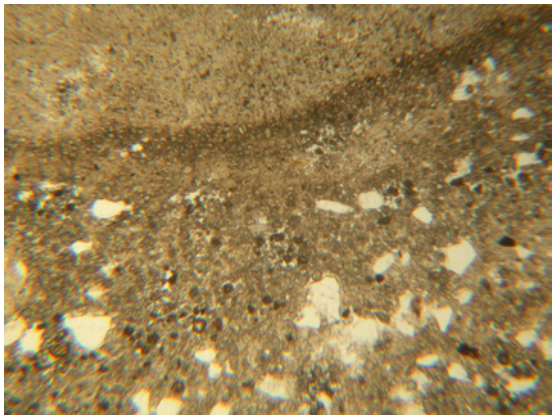


Abb. 223 Polarisationsmikroskopisches Bild. Unten grobkornreiche Schicht, oben praktisch mineralkornfreier Zementstein, Ausbildung eines Böschungswinkels, links schließt sich der im vorhergehenden Bild gezeigte Wirbel an, Bildbreite: 2,8 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

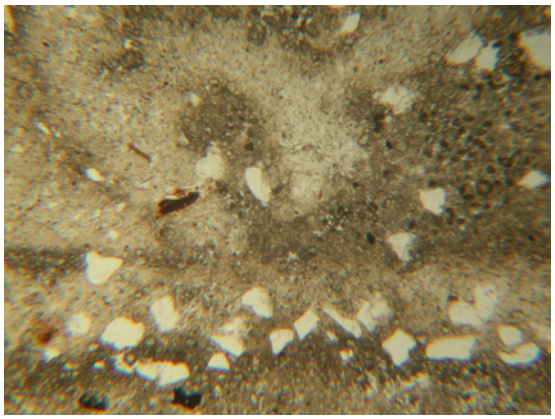


Abb. 224 Polarisationsmikrokopische Aufnahme. Unterhalb der oben sichtbaren Verwirbelung befindet sich, deutlich abgegrenzt, eine weitere Schicht, die sich durch Sedimentationserscheinungen von Mineralkörnern und groben Zementpartikeln auszeichnet (Absetzen der groben Partikel nach unten), Bildbreite: 2,8 mm. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.3.6 Lichtmikroskopie zur Wasserzementwertbestimmung am Festbeton

In einigen Ländern ist die Lichtmikroskopie ein gängiges Verfahren, um den Wasserzementwert von Festbeton zu bestimmen (Genauigkeit ±0,05, andere Autoren sprechen auch von ±0,02). Dazu wird die mit dem Lichtmikroskop sichtbare Farbsättigung einer mit Harz getränkten Probe verglichen mit Vergleichsproben mit bekanntem Wasserzementwert. Weitere Informationen zu dieser Methode können z. B. entnommen werden aus:

St. John, D.A.; Poole, A.W.; Sims, I.: Concrete petrography, Arnold, London, 1998.

Hammer, M.: Entwicklung mineralogischer Färbetechniken und ihre Anwendung auf spezifische Betonphasen zur Analyse der Zusammensetzung von zementgebundenen Baustoffe, Dissertation, Universität Halle-Wittenberg, 2007.

Gran, H.C.: Fluorescent liquid replacement technique. A means of crack detection and water:binder ratio determination in high strength concretes, Cement and Concrete Research, Bd. 25, S. 1063–1074, 1995.

www.ramboll.com/services/buildingsanddesign/buildingphysicsandmaterialtechnology

20.4 Rasterkraftmikroskopie (AFM) und Rastertunnelmikroskopie (STM)

Bei der Rasterkraftmikroskopie werden die Kräfte zwischen einer Festkörperoberfläche und einer u. U. atomar feinen Spitze gemessen, bei der Rastertunnelmikroskopie der Tunnelstrom zwischen der Spitze und der Oberfläche. Bei der Rasterkraftmikroskopie muss die Probenoberfläche im Gegensatz zur Rastertunnelmikroskopie nicht leitfähig sein. Im Falle der Rasterkraftmikroskopie muss die Spitze die Probenoberfläche nicht in jedem Fall berühren. Es reicht, wenn sie sich in der Reichweite der van der Waals bzw. Coulomb-Kräfte befindet. Damit können Oberflächentopographien von Werkstoffen bis hinab in den atomaren Maßstab untersucht werden. Mit Rasterkraftmikroskopen können auch mechanische Größen auf atomarer Ebene untersucht werden. Messungen an Feststoffen in Flüssigkeit sind möglich. Die Mikroskope sind erschütterungsempfindlich.

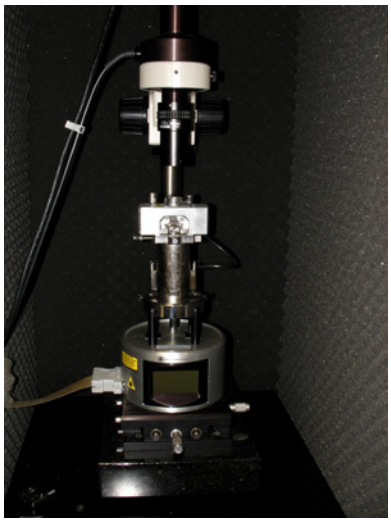


Abb. 225 Rasterkraftmikroskop. Institution: Universität Kassel, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.5 Quecksilberdruckporosimetrie (MIP)

20.5.1 Allgemeines

Grundlage für die Quecksilberdruckporosimetrie ist die Eigenschaft von Quecksilber nur unter äußerem Druck in poröse Stoffe einzudringen. Die Auswertung entsprechender Messungen erfolgt mit Hilfe der Washburn-Gleichung, die einen Zusammenhang zwischen dem Einpressdruck des Quecksilbers Δp und dem Porenradius einer kreiszylindrischen Pore bzw. der Weite eines ebenen, ausgedehnten Risses R herstellt, der von dem Quecksilber gerade befüllt wird. Dabei ist ϑ der Benetzungswinkel des Quecksilbers auf dem Prüfmaterial und σ_{HG} die Oberflächenspannung des Quecksilbers.

$$R = \frac{-2 \cdot \sigma_{HG} \cdot \cos \vartheta}{\Delta p}$$

Gl. 41

Gemessen wird das bei einem bestimmten Druck in die Probe eingepresste Volumen an Quecksilber. Unter Verwendung der oben genannten Gleichung kann das eingedrungene Volumen als Funktion der Porengröße aufgetragen werden (Volumensummenkurve).



Abb. 226 Geöffneter Hochdruckteil eines älteren Quecksilberdruckporosimeters mit Hochdruckbehälter (vorne am Gerät), Druckübersetzer (in der Mitte des Geräts) und Regler (links daneben). Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Die differentielle Form der Volumensummenkurve ist die **Porenradien- oder Porenvolumenverteilung**. Unterschiedliche Porensysteme mit ihren Größenbereichen treten in diesen sehr anschaulichen Kurven besonders hervor und können leicht unterschieden werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

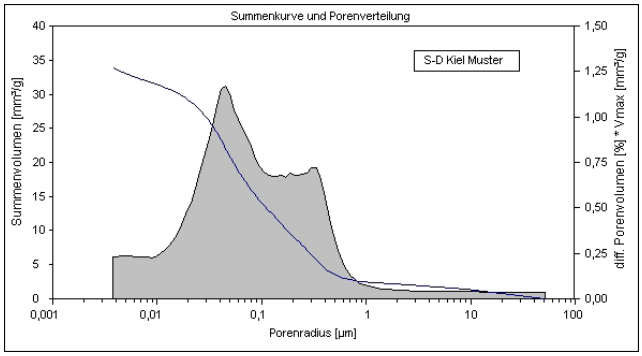


Abb. 227 Analyse eines Betons mittels Quecksilberdruckporosimeter. Deutlich erkennbar sind drei unterschiedliche Porensysteme. Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig.

Problematisch ist die geringe Probenmenge, die in einer entsprechenden Analyse untersucht werden kann. Sie beträgt nur einige cm^3, so dass die Ergebnisse nur bei feinkörnigen Proben repräsentativ sind.

»Mit einem Quecksilberdruckporosimeter lässt sich die **offene Porosität** und Porenradienverteilung im Bereich von etwa 3,7 nm bis ca. 55 µm erfassen, außerdem die **Trockenrohdichte, die Reindichte und die innere Oberfläche**. Die beiden letzten Parameter und die gesamte offene Porosität sind jedoch nur dann exakt messbar, wenn die gesamte Porosität der Probe vollständig im Messbereich des Porosimeters liegt.« (Schmidt-Döhl, F.; Wobst, M.: Wichtige bauchemische Untersuchungsmethoden, MPA Braunschweig, 2004, www.mpa.tu-bs.de). Mit Geräten die einen Druck von bis zu 400 MPa aufbauen können, werden Porenradien bis 1,8 nm erreicht.

In der Regel werden die Proben vor der Messung getrocknet, da nur der leere Porenraum für das Quecksilber zugänglich ist. Dabei ist zu beachten, dass die **Trocknung** bereits zu Veränderungen des Porenraums mancher Baustoffe führen kann. So führt eine Vakuumtrocknung in **zementgebundenen Baustoffen** bereits zum Abbau von **Ettringit** (s. Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996, auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9, S. 134). Es ist prinzipiell möglich auch Proben zu untersuchen, die sich im Gleichgewicht mit einer relativen Luftfeuchte größer Null befinden. Bei diesen Proben ist dann aber ein Teil des Porenraums im Bereich der kleinen Porenradien nicht zugänglich.

Die Quecksilberdruckporosimetrie ist geregelt in DIN 66133. Informationen zur Anwendung des Verfahrens auf die Prüfung von **Beton** können entnommen werden aus Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

20.5.2 Schnellbeurteilung der Frostbeständigkeit von Ziegeln mit Quecksilberdruckporosimetrie

Die Frostbeständigkeit von Vollziegeln lässt sich mit Hilfe ihrer Porenradienverteilung untersuchen. Ziegel müssen als frostempfindlich eingestuft werden, wenn ihr mittlerer Porenradius bezüglich des Volumens kleiner 1 Mikrometer ist. Es sollen mindestens 3 Proben analysiert werden. Liegt nur eine Einzelprobe vor, ist diese bei einem mittleren Porenradius bezüglich des Volumens kleiner 0,65 Mikrometer als frostempfindlich einzustufen. Das Verfahren ist wesentlich schneller als herkömmliche Frostprüfungen und ist beschrieben in:

Bentrup, H.: Untersuchung zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Ziegeln im Hinblick auf lange Lebensdauer, Dissertation TU Hamburg-Harburg, Verlag Shaker, 1992.

Franke, L.: Zustandsbeurteilung und Instandsetzung von Sichtmauerwerksbauten, Mauerwerks-Kalender, 1995.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.5.3 Untersuchung der Porenstruktur von Salzbeton

Als ein Beispiel für die Anwendung der Quecksilberdruckporosimetrie seien Untersuchungen an Salzbeton aufgeführt. Betone und Mörtel mit Gesteinskörnung aus NaCl und dementsprechend ständiger NaCl-Sättigung der Porenflüssigkeit zeigen zum Teil trotz hoher Wasserzementwerte und üblicher Gesamtporositäten im Kontakt mit NaCl-gesättigten Lösungen außerordentlich kleine Ionendiffusionskoeffizienten, Permeabilitätskoeffizienten und kapillare Lösungsaufnahmekoeffizienten.

Untersuchungen mit Quecksilberdruckporosimetrie zeigen, dass dies auf eine sehr ungewöhnliche Porenradienverteilung zurückzuführen ist, die praktisch frei von Kapillarporen ist, trotz hoher Wasserzementwerte. Dieses ist wahrscheinlich auf die Salzausfällung beim Einbau von Wasser in die Hydratphasen zurückzuführen sowie auf die ständigen Auflösungs- und Wiederausfällungsprozesse des Salzes, die zum Verschluss großer Poren führen. Weitere Informationen dazu können entnommen werden aus:

Schmidt-Döhl, F.: Was ist Salzbeton? Tagung Bauchemie – Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Freiberg, 8.–9.10.2009, GDCh Monographie Band 41, S. 207–210, ISBN 978-3-936028-61-4, 2009.

20.6 Untersuchung der inneren Oberfläche durch Adsorption von Gas

Bedampft man eine entgaste, sich im Vakuum befindliche und gekühlte Probe mit einer definierten Menge Gas wird dieses an der inneren (Poren) und äußeren Oberfläche adsorbiert. Dadurch entsteht ein Druckabfall und eine Gewichtszunahme des Feststoffs. Aus diesen Größen kann bei bestimmten Formen der Adsorptionsisotherme über die sogenannte **BET-Theorie** die spezifische Oberfläche von Stoffen berechnet werden. Weiterhin kann in einigen Fällen die **Porenradienverteilung** im Bereich sehr kleiner Radien bestimmt werden und so der Messbereich der Quecksilberdruckporosimetrie nach unten ergänzt werden. Prüfnormen sind DIN ISO 9277, DIN 66134, DIN 66135 und DIN EN ISO 18757.



Abb. 228 Älteres Sorptionsprüfgerät. Im linken Bereich werden die Proben ausgeheizt und evakuiert, im rechten Teil wird die Adsorptionsisotherme aufgenommen. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

20.7 Nutzung von Kenngrößen der Feuchtespeicherung zur Gefügeuntersuchung

Eine Reihe von Kenngrößen der Feuchtespeicherung, wie z. B. die maximale freie Wasseraufnahme oder die Wasseraufnahme unter erhöhtem Druck, sind gleichzeitig auch Porositätskenngrößen und liefern damit Informationen über das Gefüge von Materialien. Auf diese Größen wird in Kap. 26 näher eingegangen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.8 Offene und geschlossene Porosität, Gesamtporosität

Die direkte Bestimmung der offenen Porosität in Volumenprozent ist möglich durch Messung des Nassgewichtes (ohne Haftwasser), des Trockengewichtes und des Unterwassergewichtes. Je nachdem ob die Sättigung bei Luftdruck, unter Vakuum nach vorhergehendem Evakuieren – dies ist das Verfahren nach DIN EN 772-4 (Mauersteine) und DIN EN 1936 (Naturstein) – oder unter erhöhtem Druck stattfindet, erzeugt man einen unterschiedlichen Füllgrad des Porenraums mit unterschiedlichen Ergebnissen. Die Berechnung erfolgt über die Gleichung:

$$\varepsilon_w = \frac{m_{nass} - m_{trocken}}{m_{nass} - m_{UW}} \cdot 100$$

Gl. 42

Mit:

ε_w – offene Porosität in Prozent

m_{nass} – Nassgewicht im gesättigten Zustand (ohne Haftwasser)

$m_{trocken}$ – Trockengewicht

m_{UW} – Unterwassergewicht

Das Verfahren ist auch beschrieben in DIN EN 993-1, einer Prüfnorm für feuerfeste Erzeugnisse. Die offene Porosität kann bei Kenntnis der Trockenrohdichte und der Rohdichte im feuchtegesättigten Zustand auch über folgende Gleichung bestimmt werden.

$$\varepsilon_w = \left(1 - \frac{\rho_{tr}}{\rho_0}\right) \cdot 100$$

Gl. 43

Mit:

ε_w – offene Porosität in Prozent

ρ_{tr} – Trockenrohdichte

ρ_0 – Dichte im feuchtegesättigten Zustand

Geschlossene Porosität ist direkt mit all diesen Methoden nicht erfassbar. Sie kann nur mikroskopisch analysiert werden. Allerdings kann die Gesamtporosität aus Dichtemessungen ermittelt werden.

$$\varepsilon_t = \frac{\rho_t - \rho_{tr}}{\rho_t} \cdot 100$$

Gl. 44

Mit:

ε_t – Gesamtporosität in Prozent

ρ_{tr} – Trockenrohdichte

ρ_t – Reindichte bestimmt nach DIN EN 993-2

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Bei Kenntniss der Gesamtporosität und der offenen Porosität kann die geschlossene Porosität als Differenz ermittelt werden:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_t - \varepsilon_w$$

Gl. 45

Mit:

ε_c – geschlossene Porosität

ε_t – Gesamtporosität

ε_w – offene Porosität

Die Bestimmung kann wiederum auf der Grundlage von DIN EN 993-1 erfolgen. Siehe auch Kap. 19 (Dichtebestimmung).

20.9 Sättigungswert

Der Sättigungswert S ist eine Größe, die zur Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit von Natursteinen herangezogen wird. Die Ermittlung ist beschrieben in DIN 52008 und erfordert die Bestimmung der Trockenmasse, der Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und der Wasseraufnahme unter einem Druck von 15 MPa (150 bar). Der Sättigungswert berechnet sich zu:

$$S = \frac{m_{w,a} - m_{tr}}{m_{w,d} - m_{tr}}$$

Gl. 46

Mit:

$m_{w,a}$ – Masse der unter Atmosphärendruck wassergelagerten Probe

$m_{w,d}$ – Masse der unter 15 MPa wassergelagerten Probe

m_{tr} – Trockenmasse der Probe

20.10 Bestimmung des Volumenanteils offener und geschlossener Zellen bei Schaumstoffen

Die Bestimmung des Volumenanteils offener und geschlossener Zellen bei harten Schaumstoffen nach DIN EN ISO 4590 erfordert zunächst die Ermittlung des geometrischen Volumens eines Probekörpers durch Ausmessen. Anschließend wird das gasdichte Volumen ermittelt, wofür zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung stehen. Zum gasdichten Volumen gehören die geschlossenen Zellen und die Zellwände. Zum einen besteht die Möglichkeit das gasdichte Volumen der Probe über eine Druckänderung in einer gasdichten Kammer zu bestimmen, wobei die Volumenänderung der Kammer gemessen wird. Zum anderen kann das gasdichte Volumen durch die Ausdehnung einer konstanten Gasmenge (Volumenänderung) und eine Messung der Druckänderung erfolgen. Dabei ist es notwendig mehrere Proben mit verschiedenem Oberfläche/Volumen-Verhältnis zu prüfen.

20.11 Feststellung von Hohlstellen unter Beschichtungen mittels Abklopfen und mit der Putzharfe

Hohlstellen unter Putzen und anderen Beschichtungen lassen sich mit einer Putzharfe schnell und effektiv ermitteln. Beim Darüberstreichen der Putzharfe verändert sich bei Hohlstellen das Geräusch. Während

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

bei kleinen Flächen Abklopfen noch durchführbar ist, ist die Putzharfe bei größeren Flächen deutlich effektiver. Das ZfP-Kompendium berichtet, dass beim Klopfen die Änderung der Resonanzfrequenz bei entsprechender starker Anregung (Schlag eines schweren Hammers) ggf. noch bis zu Tiefen der Hohlstellen von bis zu 20 cm zu hören ist. Hohlstellen unter waagerechten Betonflächen können ggf. auch durch das Schleifen einer Kette erkannt werden. (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm)

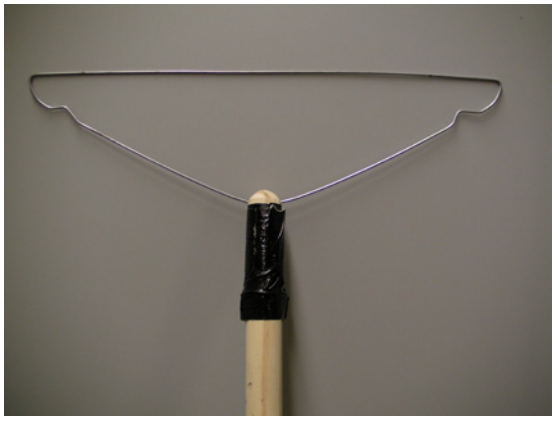


Abb. 229 Im praktischen Einsatz oft belächelt, aber sehr wirkungsvoll und effektiv: eine Putzharfe aus Besenstil, Metallkleiderbügel und Klebeband.

20.12 Endoskopie

Endoskope eignen sich sehr gut dazu über Spalten oder Bohrlöcher das innere Gefüge und den Zustand von Bauteilen zu untersuchen, z. B. den **Aufbau von historischem Mauerwerk** in der Denkmalpflege, **Hohlräume, verborgene Konstruktionsdetails** oder den **Korrosionszustand** verdeckter Bauteile. Bei Spannbetonbauteilen ist mit zerstörungsfreien Prüfverfahren nur schwer feststellbar, ob ein **Hüllrohr vollständig verpresst** wurde. Mit Endoskopie kann man dies zerstörungsarm feststellen. Dazu wird das Spannglied mit einer Maschine angebohrt, die sich bei Stahlkontakt automatisch abschaltet. Lieferanten solcher Maschinen sind im ZfP-Kompendium genannt (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm). Ob die **Spannglieder gebrochen** sind kann man jedoch häufig nicht sehen, wenn sich die Bruchufer berühren.



Abb. 230 Geöffnetes Spannglied ohne Einpressmörtel. Foto: A.-W. Gutsch, MPA Braunschweig. Aus: Gutsch, A.-W.: Ortung und Injektion von Spanngliedern in einer Straßenbrücke, Bauen im Bestand, Tagung der MPA Braunschweig, 23.2.2005, Heft 183 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, S. 43–54, ISBN 3-89288-164-2, 2005 sowie Gutsch, A.-W.: Injizieren von Spanngliedern mit nachträglichem Verbund mit Einpressmörtel, Bautechnik, Bd. 85, S. 322–331, 2008.

Endoskope gibt es in starrer (**Boreskop**, bis 3,6 m) und flexibler Ausführung (**Fiberscop** mit Glasfaserübertragung, bis 60 m) sowie mit CCD-Chip im Kopf **(Videoscop)**. Bei einem Fiberscop ist die Anzahl der

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Glasfasern entscheidend für die Bildqualität. Der kleinste Durchmesser liegt bei 0,5 mm. Der Bildwinkel kann nach vorwärts oder seitlich ausgerichtet sein. Meist ist eine Beleuchtungseinrichtung integriert.



Abb. 231 Boreskop, in der Mitte der Anschluss der Beleuchtungseinrichtung.

Weiterführende Informationen:

DGZfP B 06 Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, 1995.

20.13 Volumenbestimmung von Hohlräumen durch Evakuierung

Das Volumen von Hohlräumen, die nahezu luftdicht abgeschlossen sind, kann bestimmt werden, indem man über eine Bohrung an den Hohlraum ein Vakuum anlegt und den Druckabfall als Funktion der herausgepumpten Gasmenge bestimmt.

20.14 Ermittlung des Fasergehaltes von Festbeton und Festmörtel

Die Ermittlung des Fasergehaltes entsprechender Betone und Mörtel kann erfolgen nach DIN EN 14488-7 (Spritzbeton). Diese Prüfnorm sieht vor, dass Festbetonproben mechanisch zerstört werden, um die Fasern herauszulösen und auszuwiegen. Diese Prüfung ist nach DIN EN 14488-7 nicht für Polymerfasern geeignet. Fasergehalte können mit relativ großem Aufwand auch quantitativ mittels **Mikroskopie** gemessen werden. Der Fasergehalt von Stahlfaserbeton kann auch mit einem am iBMB/MPA Braunschweig ermittelten magnetischen Verfahren an zylinder- oder würfelförmigen Probekörpern am Frisch- oder Festbeton ermittelt werden. Auch die **Faserorientierung** kann damit untersucht werden. Das Verfahren ist beschrieben in:

Stahlfaserprüfung im Frisch- und Festbeton und Mietmodelle zur Kostensenkung. Ernst & Sohn Special 1/2009, Messtechnik im Bauwesen, S. 110.

Siehe auch unter: Breitenbücher, R.; Rahm, H.: Zerstörungsfreie Bestimmung des Stahlfasergehalts und der Stahlfaserorientierung im Frisch – und Festbeton. beton, S. 88–93, 2009.

Die Ermittlung des Fasergehalts am Frischbeton wird in Kap. 17.20 beschrieben.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.15 Durchstrahlungsprüfung

Bei der Durchstrahlungsprüfung wird ein Werkstück mit hochenergetischer Strahlung beschossen und der Durchtritt der Strahlung durch das Werkstück beobachtet. Durch Streuung und Absorption entsteht dabei ein Intensitätsverlust. Fehlstellen machen sich durch Intensitätsveränderungen gegenüber der ungestörten Umgebung bemerkbar. Als Strahlenquelle dienen leistungsstarke Röntgenröhren oder Gammastrahlungsquellen. Als Nachweismimik werden Röntgenfilme, die entwickelt werden müssen, Speicherfolien die gescannt werden müssen oder Flachdetektoren verwendet.

Die Anwendung der Durchstrahlungsprüfung setzt speziell ausgebildetes Personal und die Einrichtung eines Kontrollbereichs voraus **(Strahlenschutzvorkehrungen)**. Die Durchstrahlungsdicke in Beton beträgt bei üblichen Strahlenquellen etwa 60 cm, mit Linearbeschleunigern mehr als 1 m.

Als Einstieg in die zugrundeliegenden Regeln für diese Prüfung kann DIN EN 444 dienen, aus der auch Hinweise zur Vorgehensweise und zu den Strahlenquellen entnommen werden können. Hinweise zur Terminologie enthält DIN EN 1330-3. Die Prüfung von Schweißverbindungen ist beschrieben in DIN EN 1435, DIN EN ISO 17636 sowie DIN EN 13100-2. Zur Bestimmung der Bildgüte dienen Drahtstege nach DIN EN 462.

20.16 Röntgen 3D-Computertomographie (CT) und andere tomographische Verfahren

Die Röntgen 3D-Computertomographie beruht auf der **Durchstrahlungsprüfung** (s. Kap. 20.15). Die Durchstrahlung wird jedoch aus verschiedenen Blickwinkeln durchgeführt und aus den Einzelbildern eine räumliche Verteilung der Absorption im Prüfobjekt berechnet. Anschließend kann man verschiedene Schnitte durch die Probe betrachten, wobei der Kontrast auf der unterschiedlichen Absorption für Röntgenstrahlung beruht. Die erzielbare Auflösung (Voxelkantenlänge) hängt vom Detektor ab und beträgt beispielsweise 1/1000 oder 1/2000 der maximalen Probekörperabmessung. Mit der Methode können Fehlstellen sichtbar gemacht werden oder beispielsweise der **Fasergehalt und die Faserorientierung** von **Stahlfaserbeton** bestimmt werden.

Statt Röntgenstrahlung kann auch Gamma- oder Neutronen-Strahlung zur Erzielung eines Absorptionskontrastes eingesetzt werden. Auch eine Streustrahlentomographie (Compton-Streuung) ist möglich. Dabei muss das Bauteil nicht durchstrahlt werden, sondern kann in Aufsatztechnik von einer Seite untersucht werden. Der **Strahlenschutz** ist zu beachten. Weitere Informationen zur Anwendung der Röntgen CT im Bauwesen können entnommen werden aus:

Koster, M.: Mikrostruktur-basierte Simulation des Feuchtetransports in Zement- und Sandstein, Dissertation, RWTH Aachen, 2007, Aachener Beiträge zur Bauforschung des IBAC, Band 15, ISBN 3-86130-633-6.

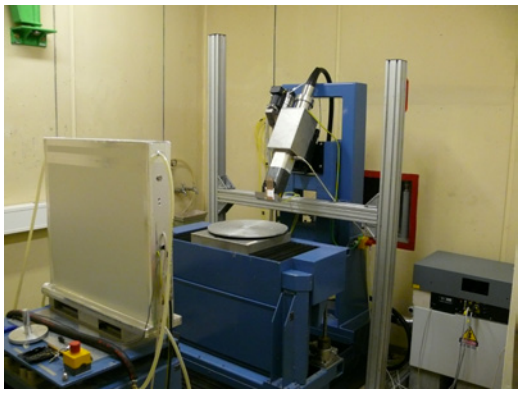


Abb. 232 Röntgen µCT-Anlage. Links der Flachdetektor (2000 × 2000), rechts die Röntgenröhre. Foto: D. Meinel, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

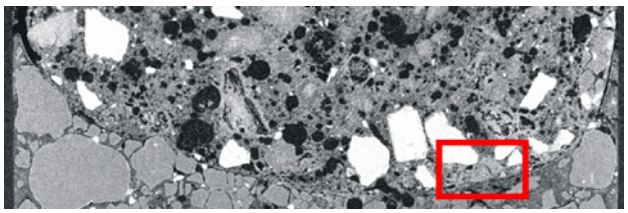


Abb. 233 Röntgen-CT-Aufnahme einer Gipsputz-Mörtel-Verbundzone. Breite der Markierung: 1 mm. Auflösung 10 µm. Aufnahme: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung. Aus: Heidmann, M.; Schmidt-Döhl, F.; Rigo, E.: Extension and Application of the Simulation Programm Transreac to Investigate Debonding of Gypsum Plaster and Concrete. In: Franke, L.; Deckelmann, G.; Espinosa-Marzal, R. (ed.): Simulation of time dependent degradation of porous materials. Cuvillier Verlag, Göttingen, S. 351–366, 2009, ISBN 978-3-86727-902-4.

Neben der Nutzung hochenergetischer Strahlung können tomographische Untersuchungen auch mittels **NMR** durchgeführt werden (s. Kap. 14.10), mit **geoelektrischer Tomographie** (s. Kap. 21.3) sowie mit **Ultraschall und Radar** (siehe Kap. 20.19 und 20.18). Auf die beiden letztgenannten Methoden sowie die Grundlagen und die Anwendung tomographischer Methoden im Bauwesen geht die folgende Arbeit ein:

Wendrich, A.: Zerstörungsfreie Ortung von Anomalien im historischen Mauerwerk mit Radar und Ultraschall – Möglichkeiten und Grenzen, Dissertation, Bauhaus Universität Weimar, BAM Dissertationsreihe, Bd. 47, ISBN 978-3-9812910-1-8, 2008.

20.17 Geräte zur Ortung der Bewehrung und Messung der Betonüberdeckung

Bewehrungssucher bestehen im einfachsten Fall aus einem Magneten, wobei die Veränderung des Magnetfelds durch die Bewehrung zur Ortung und Messung der Betonüberdeckung genutzt wird. Beim Pulsinduktionsverfahren wird in der Bewehrung ein Wirbelfeld induziert, das wiederum ein Magnetfeld in den Spulen des Messgerätes erzeugt, dessen Abklingverhalten ausgewertet wird. Bewehrungsdurchmesser und Betondeckung können ermittelt werden. Betondeckungsmessungen sind bis etwa 10 cm Tiefe möglich.

Das Ergebnis wird durch die Zusammensetzung des Betons (Eisenoxide im Bindemittel), den Durchmesser der Bewehrung und die Stahlzusammensetzung beeinflusst. Es ist deshalb ratsam, an einzelnen Stellen durch Stemmen die tatsächliche Tiefenlage und den **Bewehrungsdurchmesser** zu überprüfen. Weiterführende Literatur: DGZfP B02 Merkblatt für Bewehrungsnachweis und Überdeckungsmessung bei Stahl- und Spannbeton.

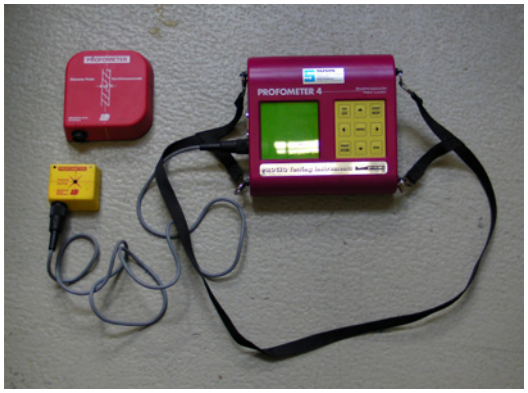


Abb. 234 Bewehrungssucher. Bei diesem Gerät sind noch unterschiedliche Sonden zum Auffinden von Bewehrung und Messung der Tiefenlage sowie zur Ermittlung des Durchmessers der Bewehrung notwendig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.18 Bauwerksradar

Der Kontrast bei Radarverfahren beruht auf Unterschieden in der Dielektrizität der Materialien. Es wird über eine Antenne eine Mikrowellenstrahlung in Form einzelner sehr kurzer Impulse eingestrahlt und die Laufzeit und Amplitude der durchstrahlten oder reflektierten Signale ausgewertet.



Abb. 235 Bauwerksradar z. B. zur Ortung von Spanngliedern. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung, TU München.

Die mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit der Impulse v_m wird dabei von der relativen **Dielektrizitätskonstante** des Materials ε_r und der Lichtgeschwindigkeit c bestimmt:

$$v_m = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

Gl. 47

Beim Durchgang der Strahlung durch das Bauteil tritt eine Schwächung auf. An Schichtgrenzen mit einem Wechsel der Dielektrizitätskonstante des Materials tritt Brechung und Reflexion auf. Die Strahlung wird an metallischen Oberflächen total reflektiert, was Grundlage für die Ortung entsprechender Körper im Bauteil ist. Die Strahlung wird von Wasser stark absorbiert. Aufgrund der hohen Dielektrizität des Wassers haben deshalb Feuchteunterschiede einen großen Einfluss auf das Ergebnis.

Zur Untersuchung von Betonbauwerken wird mit Frequenzen von 900 MHz bis 1 GHz gearbeitet, in Einzelfällen auch mit noch höherer Frequenz. Zur Untersuchung des Erdbodens wird mit 120 bis 300 MHz gearbeitet. Aus mehreren, nebeneinander laufenden Radargrammen (Profilschnitte) können auch Tiefenschnitte erzeugt werden.

Mit Bauwerksradar können **Hohlräume**, **Bewehrung** bis 30 cm Tiefe, **Auflockerungen und Verdichtungsmängel** unter Betonplatten festgestellt werden. Der Durchmesser von Bewehrung ist nicht detektierbar. Obere Bewehrungslagen mit einer Maschenweite von mindestens 5 bis 8 cm können i. d. R. gut durchdrungen werden und darunter liegende Bewehrung detektiert werden, wobei die Detektierbarkeit in Transmission besser ist als bei Reflexionsmessungen. Die Auswertung von **Radargrammen** ist schwierig und erfordert Erfahrung. Bauteildicken sind z. T. bis zu einer Dicke von 50 cm detektierbar. Zum Teil ist von Reichweiten in **Stahlbetonbauteilen** von bis zu 80 cm Tiefe die Rede. Auflockerungen im Erdboden, z. B. unter Straßen **(Georadar)**, sind bis zu mehreren Metern Tiefe feststellbar. Zur Anwendung tomographischer Methoden siehe in Kap. 20.16. Weiterführende Literatur:

Maierhofer C.; Leipold, S.; Wöstmann, J.: Strukturuntersuchungen in Beton mit dem **Impulsradar**. In: DGZfP (Hrsg.): Berichtsband der Fachtagung Bauwerksdiagnose – Praktische Anwendungen zerstörungsfreier Prüfungen, DGZfP Berichtsband 66, München, 1999.

DGZfP B 10 Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, 2008.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau. Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Heft 565, Beuth Verlag, Berlin, 2005.

DWA Merkblatt DWA-M 149-4 (Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten und Hohlräumen mittels geophysikalischer Verfahren, 2008).

20.19 Prüfungen mittels Ultraschall

Bei der Ultraschallprüftechnik wird mittels breitbandigen Prüfköpfen ein Ultraschallsignal in den Prüfkörper eingestrahlt und das von der Probe emittierte Signal ausgewertet. Die Ultraschallerzeugung und der Empfang von Ultraschallsignalen erfolgt in der Regel mittels des Piezoeffektes. Das Ultraschallgerät selbst ist im Wesentlichen ein Hochfrequenzerzeuger mit veränderlicher Frequenz und ein Anzeigegerät, beispielsweise ein Transientenrekorder. Der Empfänger wird mit Hilfe der Sendeimpulse getriggert.

Verwendet werden Frequenzen zwischen ca. 20 kHz und 12 MHz. Bei der Prüfung von **metallischen Werkstoffen** wird in der Regel mit Frequenzen im Bereich von 500 kHz bis 5 MHz gearbeitet, bei der Prüfung **mineralischer Baustoffe** aufgrund der größeren Inhomogenitäten in der Regel mit Frequenzen zwischen 30 und 200 kHz. Dies erfordert je nach Anwendungsbereich auch unterschiedliche Prüfköpfe. Günstig sind häufig Prüfköpfe mit großem Durchmesser.

Die Prüfköpfe müssen an das Bauteil angekoppelt werden. Bei einer direkten Kontaktprüfung füllt das Ankoppelmedium den sehr dünnen Spalt zwischen Prüfkopf und Bauteil. Daneben sind auch Prüfungen mit einem großen definierten Spalt, Prüfungen in einem Flüssigkeitsbad und Prüfungen mit einer flüssigkeitsgefüllten Vorlaufstrecke im Prüfkopf sowie Prüfungen mit einer polymeren Schutzschicht zwischen Prüfkopf und Bauteil möglich.

Als Ankoppelmedium wird häufig Wasser verwendet (ggf. mit Zusätzen zur Erhöhung der Leitfähigkeit, Benetzungsfähigkeit oder Viskosität, z. B. Tapetenkleister), Öl, Fett, Vaseline, Wachs, Plastillin, Silikon, Gips oder dünne Kunststofffolien. Kunststofffolien werden auch zum Schutz des Kopfes eingesetzt. Inzwischen sind auch spezielle Prüfköpfe erhältlich, die mit Punktkontakten arbeiten. Dadurch entfällt die Notwendigkeit eines Koppelmittels.

Eingesetzt werden **Normalprüfköpfe**, die senkrecht abstrahlen und **Winkelprüfköpfe**, die schräg abstrahlen. Manche Prüfköpfe benötigen leitfähige Oberflächen oder leitfähige Koppelmittel. Die Bauteiloberfläche muss sauber und eben sein. Politur ist nicht notwendig. Konvexe Oberflächen können auch mit ebenen Prüfköpfen untersucht werden. Bei konkaven Oberflächen sind in jedem Fall angepaßte Prüfköpfe erforderlich.

Das Ultraschallsignal wird an Grenzflächen reflektiert. Dies können sowohl Fehlstellen, als auch Bauteilgrenzen sein. Die **Durchschallungstechnik** nutzt den Abfall der Amplitude beim Durchgang des Ultraschallsignals durch die Probe. Die Durchschallungstechnik kann sowohl mit einem als auch mit zwei Prüfköpfen durchgeführt werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

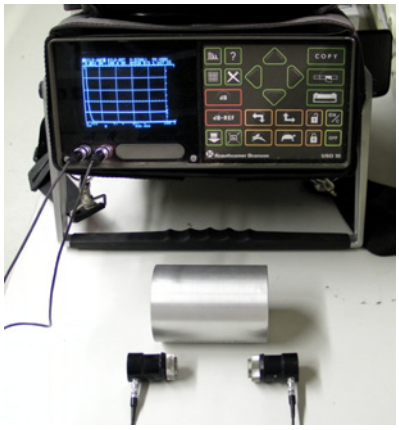


Abb. 236 Analoges Ultraschallgerät mit zwei Normalprüfköpfen und einem Kalibriernormal.

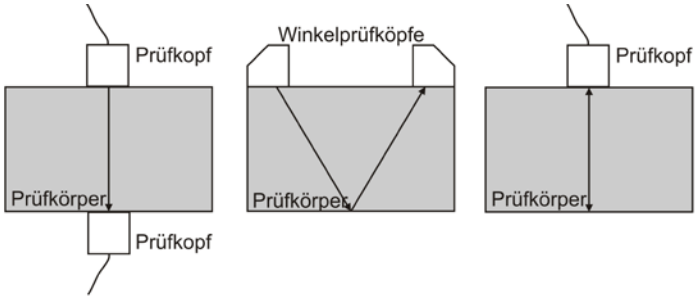


Abb. 237 Links: Untersuchung mit zwei Normalprüfköpfen, Mitte: Untersuchung mit zwei Winkelprüfköpfen, Rechts: Untersuchung mit einem Normalprüfkopf. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Es können aber auch reflektierte bzw. gestreute Signale ausgewertet werden, wobei die Laufzeit und die Amplitude genutzt wird. In diesem Fall spricht man von einem **Impuls-Laufzeit-Verfahren** und der **Impuls-Echo-Technik**. Ein Zutritt zur Rückseite des Probekörpers ist häufig nicht notwendig. Die Reflexionstechnik ist mit zwei oder auch mit nur einem Prüfkopf möglich. Bei Verwendung eines Prüfkopfes tritt eine tote Zone (Störzone) dicht unter der Oberfläche auf, die nicht untersucht werden kann.

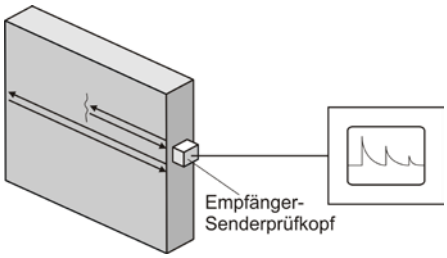


Abb. 238 Impuls-Echo-Technik mit Auswertung der Laufzeit und Amplitude. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Man unterscheidet dabei sogenannte A, B und C-Scans. Beim A- und B-Scan erfolgt eine Darstellung der Amplitude als Funktion der Laufzeit, einmal in Form einer Einzelmessung, im anderen Fall entlang eines Längsschnittes. Beim C-Scan, bei dem die Messung in Form eines Rasters erfolgt, erfolgt eine Darstellung der Ultraschallintensität auf einem Schnitt parallel zur Bauteiloberfläche in definierter Tiefe.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

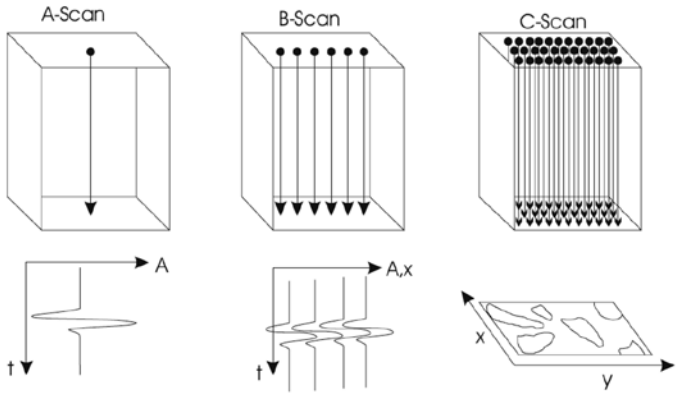


Abb. 239 A-, B- und C-Scans bei der Ultraschalltechnik. Aus: Große, U: Quantitative zerstörungsfreie Prüfung von Baustoffen mittels Schallemissionsanalyse und Ultraschall, Dissertation, Universität Stuttgart, 1996.

Zwischen **Schallgeschwindigkeit**, Frequenz und Wellenlänge des Ultraschallsignals besteht folgender Zusammenhang:

$$v = f \cdot \lambda$$

Gl. 48

Mit:

v – Schallgeschwindigkeit

f – Frequenz

λ – Wellenlänge

Mit der longitudinalen Schallgeschwindigkeit in Stahl von 5,9 × 10^3 m/s und einer für Stahl typischen Ultraschallfrequenz von 2 MHz ergibt sich eine Wellenlänge von 3 mm, bei 6 MHz 1 mm. Damit sind typischerweise noch Fehlstellen bis 0,5 mm detektierbar, z. B. eine **Hohlstelle**. Die Prüfung von Stahl wird meist mit Prüfköpfen von 20–25 mm Durchmesser durchgeführt, die einen Öffnungswinkel des Ultraschallsignals von etwa 3–10° haben.

Bei inhomogeneren Materialien, wie z. B. Beton, muss aufgrund der Streuung an den Inhomogenitäten mit niedrigeren Frequenzen gearbeitet werden. Dies vergrößert die Störzone, so dass in Reflexion ggf. mit 2 Prüfköpfen oder überhaupt nur in Durchstrahlung gemessen werden kann. Die Nachweisbarkeit von Fehlstellen ist dabei natürlich auch wesentlich verschlechtert. Senkt man die Frequenz, damit z. B. bei Beton die Gesteinskörnung nicht stört, bedeutet dies im Gegenzug, dass auch nur Fehlstellen detektiert werden können, die in ihren Mindestabmessungen deutlich über der Gesteinskörnung liegen. Beton mit einem typischen Größtkorn von 32 mm wird mit etwa 100 kHz untersucht. Dabei entstehen auch Oberflächenwellen mit starken Störechos. Die Richtwirkung des Ultraschallsignals ist deutlich weniger ausgeprägt. Bei Beton ist das **Impact-Echo-Verfahren** (s. Kap. 20.20) eine gute Alternative.

Beim Impuls-Echo-Verfahren kann bei bekannter Schallgeschwindigkeit im Bauteil aus der Laufzeit der Weg bis zur Bauteilgrenze oder bis zu einer Fehlstelle bestimmt werden:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$$d = \frac{v \cdot t}{2}$$

Gl. 49

Mit:

d – Weg

v – Schallgeschwindigkeit

t – Laufzeit

Typische Schallgeschwindigkeiten (longitudinal) sind:

Stahl: $5{,}92 \times 10^3$ m/s

Aluminium: $6{,}32 \times 10^3$ m/s

Die Schallgeschwindigkeit kann an Probekörpern mit bekannter Dicke d aus der Laufzeit t bis zur Rückwand ermittelt werden.

Den Zusammenhang der longitudinalen und transversalen Schallgeschwindigkeiten mit dem **E-Modul** zeigen die beiden folgenden Gleichungen:

$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu)\cdot(1-2\cdot\mu)}}$$

Gl. 50

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2\cdot(1+\mu)}}$$

Gl. 51

Mit:

v_p – logitudinale Schallgeschwindigkeit

v_s – transversale Schallgeschwindigkeit

E – E-Modul

ρ – Dichte

μ – Querdehnzahl

Die **Querdehnzahl** lässt sich damit über eine Ermittlung der longitudinalen und transversalen Schallgeschwindigkeiten ermitteln:

$$\mu = \frac{\frac{1}{2}v_p^2 - v_s^2}{v_p^2 - v_s^2}$$

Gl. 52

Mit:

μ – Querdehnzahl

v_p – logitudinale Schallgeschwindigkeit

v_s – transversale Schallgeschwindigkeit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Damit lässt sich z. B. der **dynamische E-Modul** bei Kenntnis der Dichte aus den beiden Schallgeschwindigkeiten oder bei Kenntnis von Dichte und Querdehnzahl aus der longitudinalen Schallgeschwindigkeit ermitteln:

$$E = 4 \cdot \rho \cdot \frac{3/4\, v_p^2 - v_s^2}{(v_p/v_s)^2 - 1}$$

Gl. 53

$$E = \rho \cdot v_p^2 \cdot \frac{(1+\mu)\cdot(1-2\cdot\mu)}{1-\mu}$$

Gl. 54

Mit:

E – E-Modul

v_p – logitudinale Schallgeschwindigkeit

v_s – transversale Schallgeschwindigkeit

ρ – Dichte

μ – Querdehnzahl

Die Bestimmung der für die Ermittlung des dynamischen E-Moduls von Beton oder Naturstein notwendigen Ultraschalllaufzeit ist in DIN EN 12504-4 (Beton) bzw. in DIN EN 14579 (Naturstein) beschrieben (s. Kap. 12.16.1). Sie hängt stark vom Wassergehalt des Materials ab. Informationen zur Ermittlung der Druckfestigkeit und des dynamischen E-Moduls mittels Ultraschallmessungen können auch entnommen werden aus Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

Die Bestimmung des E-Moduls von Beschichtungen mittels laserinduzierten Ultraschall-Oberflächenwellen ist Gegenstand der DIN EN 15042-1. Diese Norm nennt auch eine Reihe weiterer Verfahren zur Bestimmung des E-Moduls von Beschichtungswerkstoffen.

Über die beschriebenen Zusammenhänge lässt sich auch der **Hydratationsfortschritt** erhärtender Baustoffe zerstörungsfrei verfolgen. Die Ermittlung der Festigkeit von Beton erfordert eine Kalibrierung anhand zerstörender Prüfungen.

Fehlstellen machen sich durch Abschwächung oder Verschwinden des Rückwandechos bzw. sonstiger Echos, die für das Bauteil »normal« sind, lokal längere Laufzeiten oder Beugungseffekte bemerkbar. Große Fehlstellen im Bauteil werden durch die Ermittlung des Umrisses auf der Oberfläche des Bauteils abgetastet. Die Größe kleinerer Fehlstellen wird durch Auswertung der Signalamplitude ermittelt.

Bessere Aussagen lassen sich mit einem zweidimensionalem Abtasten der Oberfläche und rechnerischer Konstruktion des dreidimensionalen Gefüges erzielen **(SAFT Rekonstruktion – Synthetic Aperture Focusing Technique)**. Dazu werden vor allem Sensorarrays verwendet (siehe auch unter tomographischen Methoden, Kap. 20.16).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 240 Multiarray Prüfkopf mit einer Reihe von Einzelprüfköpfen zur Untersuchung von Fehlstellen. Die Einzelprüfköpfe werden punktförmig durch Federkraft angedrückt und erfordern kein Koppelmittel. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung TU München.

Mit der Ultraschalltechnik sind somit eine Reihe von Informationen über das Bauteilinnere erhältlich. So kann die **Dicke** nur einseitig zugänglicher Bauteile ermittelt werden (60 cm sicher möglich, häufig auch darüber) sowie die Lage von inneren Fehlstellen und von metallischen Teilen festgestellt werden, da die Ultraschallwellen stark gebündelt sind und deshalb eine Richtcharakteristik haben. So wird die Ultraschalltechnik zur Dickenmessung von Tunnelinnenschalen nach der Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU) eingesetzt.

Bei Spannkanälen mit nur einem **Spannstahl** können Koppelstellen und ggf. **Brüche** detektiert werden. Außerdem kann aus der Schwächung der Impulse auf die **Verfüllung des Hüllrohrs** geschlossen werden, wobei jedoch nur große nicht verpresste Bereiche detektiert werden können. Die Ultraschallprüfung wird außerdem zur **Holzsortierung** eingesetzt.

Wichtige Normen im Zusammenhang mit der Ultraschallprüfung sind DIN EN 583, DIN EN 12504-4 (Beton), DIN EN 14579 (Naturstein) und ASTM D 6760 (Beton). Hinweise zur Terminologie enthält DIN EN 1330-4. Die Prüfung von Schweißverbindungen ist Gegenstand der DIN EN ISO 10863 und der DIN EN 13100-3. Weiterführende Literatur:

DGZfP B 04 Merkblatt für das Ultraschall-Impuls-Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile, 1999.

Deutsch, V.: Ultraschallprüfung: Grundlagen und industrielle Anwendungen, Springer, Berlin, 1997.

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau, Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Heft 565, Beuth Verlag, Berlin, 2005.

Große, U: Quantitative zerstörungsfreie Prüfung von Baustoffen mittels Schallemissionsanalyse und Ultraschall, Dissertation, Universität Stuttgart, 1996.

Krautkrämer, J.: Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Springer, Berlin, 1986.

20.20 Impact-Echo-Verfahren (Resonanzverfahren)

Beim Impact-Echo-Verfahren wird die akustische Energie über einen definierten mechanischen Stoß in das Bauteil eingebracht, der möglichst viele Frequenzen anregen muss. Der Impuls wird an Fehlstellen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

und Bauteilgrenzflächen mehrfach reflektiert und gebrochen, das entstehende Signal mit einem möglichst breitbandigen Empfänger aufgenommen und das Frequenzspektrum analysiert. Gut geeignet für die Mehrfachreflexion sind Bauteile mit parallelen Wänden. Das Impact-Echo-Verfahren wird insbesondere angewandt bei **Betonbauteilen**, bei denen die **Impuls-Echo-Technik** versagt.



Abb. 241 Dickenmessung mit Impact-Echo-Technik. Foto: M. Laube, Untersuchung: iBMB/MPA Braunschweig / Germann Instruments A/S.

Mit dem Verfahren kann bei bekannter **Schallgeschwindigkeit** die Dicke des Bauteils auch bei nur einseitiger Zugänglichkeit gemessen werden. Voraussetzung ist allerdings, dass an der Bauteilrückseite eine ausreichende Reflexion auftritt. Weiterhin kann eventuell die Lage von **Fehlstellen** lokalisiert werden, die sich als Nebenmaxima im Frequenzspektrum ausdrücken. Eine weitere Anwendung liegt in der Detektion von Verpressfehlern in **Hüllrohren in Spanngliedern**. Die Schallgeschwindigkeit ist nach dem ZfP-Kompendium (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm) nicht genau gleich der Schallgeschwindigkeit in Ultraschallverfahren. Der Abstand des Empfängers von der Fehlstelle bzw. der Bauteilgrenze d ergibt sich aus der Geschwindigkeit der Kompressionswelle (P-Welle) v_p und der Resonanzfrequenz f_R nach folgender Gleichung:

$$d = \frac{v_p}{2 \cdot f_R}$$

Gl. 55

Die höheren Moden spielen dabei aufgrund der hohen Dämpfung in der Regel keine Rolle. Bei messbarer Dicke von einzelnen Bauteilbereichen kann anhand der Rückwandechos die bauteilspezifische Schallgeschwindigkeit vor Ort ermittelt werden und so die Genauigkeit zur Lokalisierung von Fehlstellen erhöht werden. Bauteildicken bis 50 cm können bestimmt werden, häufig auch darüber.

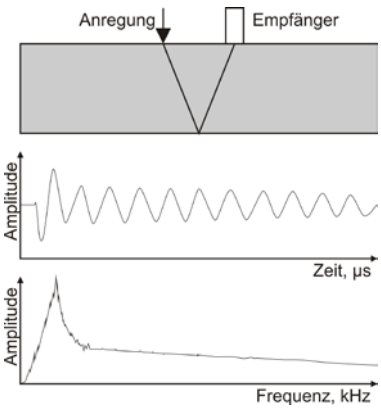


Abb. 242 Prinzip des Impact-Echo-Verfahrens. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Durch Messung der Geschwindigkeiten der Kompressions- und der Oberflächenwelle kann wie bei der Ultraschallmesstechnik der **dynamische E-Modul** bestimmt werden. Die Impact-Echo-Technik wird zur **Dickenmessung** von Tunnelinnenschalen nach der Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU) eingesetzt. Weiterführende Literatur:

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau, Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Heft 565, Beuth Verlag, Berlin, 2005.

DGZfP B 11 Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens zur Zerstörungsfreien Prüfung von Betonbauteilen, 2011.

Sansalone, M.; Streett, W.: Impact-Echo, Jersey Shore, PA: Bullbrier Press, 1997.

Wiggenhauser, H.: Impact Echo, Bauphysik-Kalender, Ernst und Sohn, Berlin, S. 358–365, 2004

Siehe auch unter Ultraschallverfahren, Kap. 20.19.

20.21 Mikroseismik

Die Mikroseismik beruht auf der Ausbreitung elastischer Kompressionswellen. Mit ihr lassen sich deshalb Unterschiede in den elastischen Eigenschaften des Bauteils sichtbar machen. Die Wellenausbreitung wird mit **Geophonen** aufgezeichnet. Diese bestehen im Wesentlichen aus einem mit einer Feder verbundenen Permanentmagneten und einer Spule. Relativbewegungen zwischen Spule und Magnet führen zu einer induzierten Spannung.

20.22 Thermographie

Alle Körper senden bei Temperaturen über etwa 500 °C aktiv sichtbares Licht aus, sie fangen an zu glühen. Bei niedrigeren Temperaturen empfängt das Auge von undurchsichtigen Körpern nur reflektiertes Licht anderer Lichtquellen. Jedoch senden alle Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt (–273,15 °C) **Infrarotstrahlung** aus. Menschen spüren sie als Wärmestrahlung mit der Haut. Gleichzeitig empfängt jeder Körper Wärmestrahlung von seiner Umgebung. Ob er sich dabei erwärmt oder abkühlt ist eine Frage der Strahlungsbilanz.

Bei der Thermographie wird die von einem Objekt ausgesandte Infrarotstrahlung mit einer für diesen Wellenlängenbereich empfindlichen Thermokamera aufgenommen und in für das Auge sichtbare Bilder umgesetzt. Das Spektrum der von einem Punkt ausgesandten Infrarotstrahlung hängt hauptsächlich von der Temperatur des Punktes ab. Thermographieaufnahmen geben also im Wesentlichen eine momentane Temperaturverteilung wieder. Dabei ist in günstigen Fällen eine Auflösung bis 0,1 K möglich.

Die Thermographie wird eingesetzt um **Wärmebrücken, Feuchteansammlungen und ungewollte Luftströmungen** zu lokalisieren. Aufgrund unterschiedlicher wärmetechnischer Eigenschaften der verschiedenen Baustoffe und Bauteile sowie von Luft und Wasser können aber auch Materialunterschiede und von außen **nicht sichtbare Konstruktionsdetails** sowie ggf. **Gefügeeigenschaften** sichtbar gemacht werden. Der Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen mittels Thermographie ist Gegenstand der DIN EN 13187. Die Thermographie ist außerdem Gegenstand der DIN 54190 und DIN 54192.

Für die passive Thermographie ohne zusätzliche Wärmequelle ist ein Temperaturunterschied von mindestens 12 K zwischen Innen- und Außenseite der Konstruktion erforderlich. Passive Thermographie ist deshalb in der Regel nur in der kälteren Jahreszeit möglich. Außerdem stören kurzzeitige oder lokale Effekte, z. B. durch Sonnenbestrahlung oder starken Wind. Thermographieaufnahmen werden deshalb häufig in den frühen Morgenstunden durchgeführt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

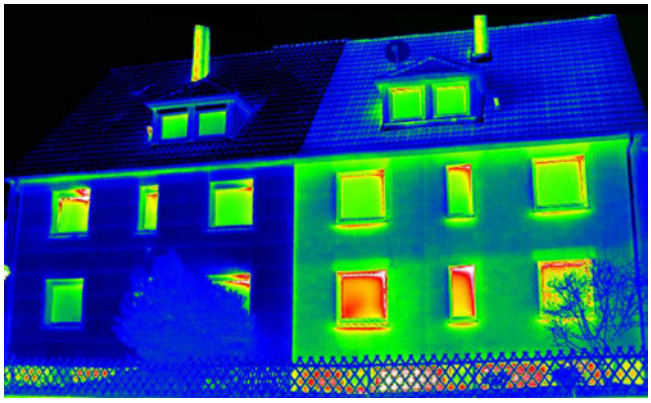


Abb. 243 Klassische Gebäudethermographie. Das linke Haus besitzt eine gedämmte vorgehängte Fassade, die Lage der Lattung ist im Thermographiebild sichtbar. Das Dach ist gedämmt. Das rechte Gebäude besitzt das ursprüngliche verputzte Ziegelmauerwerk und keine Dachdämmung. Bild: P. Meinlschmidt, Aufnahme: Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI).

Um Luftströmungen zu lokalisieren muss ein ausreichend großer Druckunterschied über der Konstruktion hergestellt werden, z. B. durch die **Blower-Door Methode**. Luftströmungen können dann entweder durch Temperaturdifferenzbilder vor und während der Blower-Door Messung ermittelt werden oder indem man Temperaturverteilungen daraufhin untersucht, ob sie vom Erwarteten abweichen. Solche Untersuchungen setzen voraus, dass die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft ausreichend groß ist und der Luftstrom auf eine Bauteiloberfläche trifft und deren Temperatur lokal verändert.

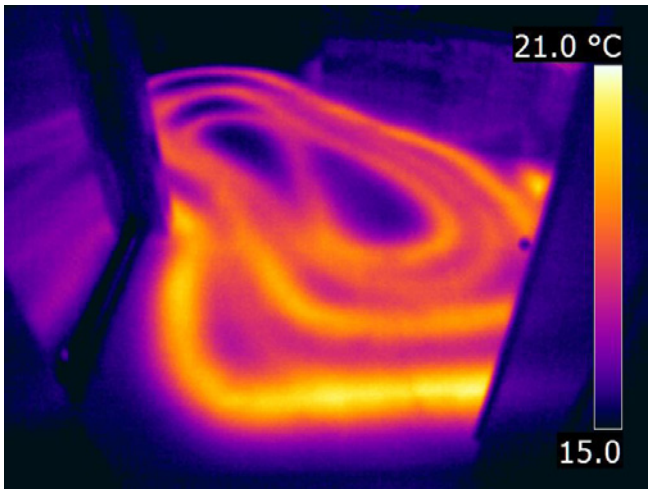


Abb. 244 Untersuchung einer Fußbodenheizung mittels Thermographie. Bild: P. Meinlschmidt, Aufnahme: Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI).

Bei der aktiven Thermographie **(Impulsthermographie)** wird das zu untersuchende Bauteil vorher erhitzt. Dadurch können Unterschiede im thermischen Verhalten an Bauteilen sichtbar gemacht werden, die sich ohne zusätzliche Wärmezufuhr in einem ausgeglichenen Temperaturzustand befinden und somit keinen Kontrast zeigen. Auch **Fehlstellen**, z. B. Ablösungen von Beschichtungen, sind ggf. lokalisierbar, wobei andere Methoden, z. B. eine Prüfung auf Putzablösung mit einer **Putzharfe** z. T. deutlich einfacher und effektiver sind (s. Kap. 20.11). Ein wichtiger Parameter für die aktive Thermographie ist die Länge der Impulse, die auf das Bauteil abgestimmt sein muss. Zur Prüfung dünner Beschichtungen werden z. B. Blitzlampen eingesetzt. Wichtig ist auch die Gleichmäßigkeit der Erwärmung, wobei auch der Wärmeabfluss in benachbarte Bereiche zu berücksichtigen ist.

Bei der **Lock-In-Thermographie** wird das Bauteil zyklisch erwärmt. Mit Hilfe eines Lock-In-Verstärkers bzw. einer Fourier-Analyse ist es möglich, Amplitude und Phase des Temperatursignals des Bauteils aus-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

zuwerten. Dadurch lassen sich Störeinflüsse weitestgehend ausschalten. Die Temperaturantwort des Bauteils wird im Wesentlichen von den Eigenschaften der Oberflächenschicht beeinflusst.

Bei der **Induktionsthermographie** werden Metallteile, z. B. **Bewehrung**, durch ein magnetisches Feld aufgeheizt und sind so lokalisierbar. Der Beton heizt sich dabei kaum auf. Bei der **Infrarot-Reflektometrie** bestrahlt man das Bauteil und untersucht durch Vorschalten von Filtern in der rückgestreuten Strahlung speziell die Wellenlängenbereiche, bei denen Wasser IR-Strahlung absorbiert, im Vergleich mit einem Wellenlängenbereich, in dem keine Absorption durch Wasser besteht. Insbesondere in Verbindung mit der Lock-In-Thermographie lassen sich damit **Feuchteverteilungen** analysieren. Durch entsprechende Kalibrierung lassen sich auch **Feuchtegehalte** messen. Weiterführende Literatur:

Brink, A.N.: Einsatz der Impuls-Thermographie zur quantitativen zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, Dissertation TU Berlin, 2004.

DGZfP B 05 Merkblatt über thermographische Untersuchungen an Bauteilen und Bauwerken, 1993.

Fouad, N.A.; Richter, T.: Leitfaden Thermographie im Bauwesen, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 3. Aufl., 2008.

Maldague, X.P.: Theory and Practice of Infrared Technoloy for Nondestructive Testing, Wiley & Sons, 2001.

20.23 Bohrwiderstandsmethode

Anhand des Bohrwiderstandes spezieller Bohrgeräte kann bei konstanter Vorschubgeschwindigkeit und Umdrehungszahl die Härte von Holz ortsabhängig untersucht werden. Auf diese Weise kann zerstörungsarm anhand eines Bohrlochs mit sehr kleinem Durchmesser auf den inneren Aufbau von Holzbauteilen geschlossen werden (Fäule, Insekten mit größeren Larvengängen, Holzverbindungen u. a.). Nicht alle Geräte zur Ermittlung des Bohrwiderstandes sind auch für sehr harte Hölzer (z. B. Bongossi) geeignet. Weitere Infomationen können entnommen werden aus:

Baron, T.: Untersuchungen an ungeschädigten und durch Pilzbefall geschädigten Nadelholzbauteilen mit ausgewählten Prüfverfahren, Dissertation, Universität Dresden / Universität Weimar, 2009.

Görlacher, R.; Hättrich, R.: Die Bohrwiderstandsmessung, Bauen mit Holz, Heft 6, S. 455–459, 1990.

Kraft, U.; Pribbernow, D.: Handbuch der Holzprüfung, Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2006.

20.24 Wirbelstromverfahren

Mit dem Wirbelstromverfahren (induktive Verfahren) können mit relativ geringem Aufwand oberflächennahe Fehlstellen in elektrisch leitenden Materialien lokalisiert werden, wobei die Zugänglichkeit gewährleistet sein muss. **Fehlstellen** behindern die Ausbildung von induzierten Wirbelströmen. Dadurch ändert sich der Wechselstromwiderstand der Induktionsspule. Das Verfahren ist auch unter Wasser sowie zur **Rissdetektion** und Prüfung der **Schichtdicke** von Oberflächenbeschichtungen einsetzbar (s. Kap. 20.25). Die Grundlagen des Verfahrens werden beschrieben in DIN EN ISO 15549, die Technische Ausrüstung in DIN EN ISO 15548. Begriffe werden definiert in DIN EN ISO 12718.

20.25 Schichtdickenmessung

Zur Schichtdickenmessung stehen sowohl für Nassschichtdicken, als auch für Trockenschichtdicken zahlreiche verschiedene Messverfahren zur Verfügung, die für Beschichtungsstoffe in DIN EN ISO 2808 und für anorganische Überzüge in DIN EN ISO 3882 zusammengefasst sind. Zur Prüfung der Nasschichtdicke sind aufgeführt:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- **Messkamm, Messrad** oder **Messuhr** ermöglichen eine mechanische Prüfung (ASTM D 4414 bzw. ASTM D 1212).
- **Gravimetrische Prüfungen** durch Ermitteln der Masseveränderung nach einer Behandlung der Probe.
- **Photothermisch** durch Ermitteln der Wärmeausbreitung (DIN EN 15042-2).

Zur Prüfung der Trockenschichtdicke stehen beispielsweise folgende Verfahren zur Verfügung:

- **Tiefenmessung bzw. Messung mittels Profilabtastung** (DIN EN ISO 4518, mechanische Prüfungen mittels Messuhr als Dickendifferenzmessung (ASTM D 1005, DIN EN 13523-1 bzw. DIN 50933).
- **Gravimetrische und chemische Prüfungen**. Kann die Beschichtung abgelöst werden, kann die Schichtdicke bzw. die flächenbezogene Masse durch Ermitteln der Masseveränderung oder durch chemische Analyse des angreifenden Stoffes nach einer Behandlung der Probe ermittelt werden. Das Verfahren wird z. B. zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse einer Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1460 angewandt, die durch Säurebehandlung abgelöst wird. Eine allgemeine Norm zur Prüfung der flächenbezogenen Masse anorganischer Beschichtungen ist DIN EN ISO 10111. In diesem Dokument werden auch eine Reihe von Reagenzien genannt, mit denen Beschichtungen selektiv von Substraten abgelöst werden können.
- **Optische Prüfung** durch Messung am **Keilschnitt** nach DIN 50986 oder DIN EN 13523-1 oder am Querschnitt (DIN EN ISO 1463) oder anderen Schnitten bzw. Bohrungen (DIN EN 13523-1). Zur Schichtdickenbestimmung sehr dünner Schichten mittels mikroskopischer Vermessung von Schnitten wird u. U. ein **Rasterelektronenmikroskop** benötigt (DIN EN ISO 9220), siehe unter Kap. 13.10. Dickere Schichten lassen sich auch im **Lichtmikroskop** vermessen, s. Abb. 215. Beim Keilschnittverfahren wird unter einem definierten Winkel, z. B. 45 Grad, ein Schnitt in eine Beschichtung hinein geführt. Durch Ausmessen der Schichtdicke mit einer Lupe lassen sich die Schichtdicken bestimmen.
- **Magnetische Prüfung** durch Messung der Haftkraft oder der Magnetinduktion, z. B. nach DIN EN ISO 2178 (Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen), DIN EN 13523-1 (Bandbeschichtete Metalle) sowie des **Hall-Effektes** bei ferromagnetischen Untergründen oder nach DIN EN ISO 2360 (Nichtleitende Überzüge auf nichtmagnetischen metallischen Grundwerkstoffen) sowie unter Nutzung von **Wirbelstrom** allgemein bei metallischen Untergründen (DIN EN 13523-1). Siehe dazu auch Kap. 20.24, Wirbelstromverfahren.
- **Betarückstreuverfahren** für metallische und nichtmetallische Werkstoffe nach DIN EN ISO 3543.
- **Photothermisch** durch Ermitteln der Wärmeausbreitung (DIN EN 15042-2).
- **Akustisch durch Ultraschallreflexion**.
- **Mittels Röntgenfluoreszenzanalyse** können Schichtdickenmessung auf metallischen Untergründen durchgeführt werden. Dies ist sowohl mit Labor- als auch mit Handgeräten möglich. Handgeräte zum Einsatz vor Ort setzen als Strahlenquelle einen Gammastrahler ein. Siehe DIN EN ISO 3497.

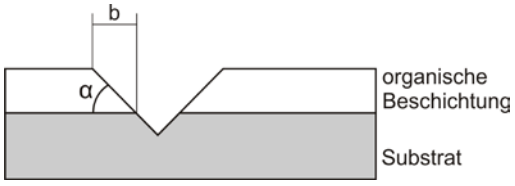


Abb. 245 Keilschnitt zur Messung der Schichtdicke nach DIN EN 13523-1. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die folgende Arbeit gibt einen Überblick über die in Zusammenhang mit der Schichtdicke verwendeten Begriffe und statistische Auswertungen:

Engelfried, R.: Über den Einfluss der Schichtdicke und der Alterung auf die Wirksamkeit von Oberflächenschutzsystemen für Betonbauteile, Dissertation, Universität Dortmund, Shaker Verlag 2001.

Auf die Schichtdickenbestimmung von Oberflächenschutzsystemen für Beton geht auch die ZTV-ING in Teil 3 Abschnitt 4 ein sowie die Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (RI-ERH-KOR) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung.

20.26 Bruchortung in Stählen mit elektromagnetischen Resonanzmessungen

Durch Anregung von Stählen mit einem breitbandigen Hochfrequenzspektrum und Auswertung der Reflexionsantworten kann auf die Länge der Stähle bzw. die Lage von Bruchstellen geschlossen werden. Dieser Effekt ist in der Praxis jedoch nur sehr schwer detektierbar und bei elektrischem Kurzschluss mit anderen Bewehrungs- oder Spannelementen, was häufig der Fall ist, nicht anwendbar. Nähere Informationen können entnommen werden aus:

Holst, A.: Korrosionsmonitoring und Bruchortung vorgespannter Zugglieder in Bauwerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2007, auch als Heft 197 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 978-3-89288-179-7.

20.27 Remanenzmagnetismus-Verfahren zur Bruchortung in Stählen

Bei dem Remanenzmagnetismus-Verfahren werden Stähle von der Oberfläche des Betonbauwerks mit einem starken Magneten bis zur Sättigung magnetisiert. Dadurch wird der Stahl zu einem Magneten mit Nord- und Südpol. Anschließend wird der Stahl mit einem empfindlichen **Magnetometer** abgefahren. An Bruchstellen tritt ein zusätzlicher Nord- und Südpol auf, auch wenn der Abstand zwischen den Bruchflanken nur gering ist. Das dafür typische Messsignal des Magnetometers wird zur Bruchortung verwendet. Bruchstellen können dabei bis etwa 20 cm Betondeckung gefunden werden. Das Verfahren wird insbesondere zur Ortung von Spannstahlbrüchen verwendet. Für eine hohe Empfindlichkeit zur Detektion von Spannstahlbrüchen ist häufig ein komplexes Magnetisierungsprogramm erforderlich. Weiterführende Literatur:

Scheel, H.: Spannstahlbruchortung an Spannbetonbauteilen mit nachträglichem Verbund unter Ausnutzung des Remanenzmagnetismus, Dissertation, TU Berlin, 1997.

Weitere Informationen können auch aus dem ZfP-Kompendium: www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm entnommen werden.

20.28 Bestimmung der spezifischen Oberfläche mittels Röntgenkleinwinkelstreuung (SAXS)

Die Röntgenkleinwinkelstreuung ist eine Methode zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche, die auch an feuchtegesättigten Probekörpern durchgeführt werden kann. Außerdem kann die Partikelform ermittelt werden, wenn die Korngröße bekannt ist und umgekehrt. Die Technik nutzt Effekte im Bereich sehr kleiner Beugungswinkel, die auf Streuung zurückzuführen sind. Wie bei allen röntgenographischen Methoden ist der **Strahlenschutz** zu beachten. Die Methode und eine Anwendung im Bereich der Baustoffe wurde beschrieben in:

Kropp, J.; Karbonatisierung und Transportvorgänge in Zementstein, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1983.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Auf den Einsatz dieser Methode zur Untersuchung von Polymerstrukturen geht ein:

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag München, 1996.

20.29 Bestimmung der Oberflächenrauhigkeit bzw. der Rauhtiefe

Die Rauhtiefenmessung kann mit dem **Sandflächenverfahren** durchgeführt werden. Dazu wird eine definierte Menge und Art von Sand in einen Zylinder gefüllt und durch Hochziehen ausfließen lassen. Anschließend wird der Sand mittels einer genormten Scheibe auf der Oberfläche kreisförmig verteilt und aus dem Durchmesser des Kreises die Rauhtiefe bestimmt. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1766, in der ZTV-ING, Teil 1, Abschnitt 3 sowie in der DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Ein ähnliches Verfahren wird zur Bestimmung der Makrotexturtiefe von Fahrbahnoberflächen nach DIN EN 13036-1 verwendet. Verfahren zur Beurteilung der Rauhigkeit von Stahloberflächen vor Beschichtungsarbeiten sind beschrieben in DIN EN ISO 8503. Folgende Verfahren sind beschrieben:

- Sicht- oder Tastvergleich mit einem **Rauheitsvergleichsmuster** (Referenzprobe, Rauhtiefe von 25 bis maximal 150 Mikrometer, Einteilung der Oberfläche in fein, mittel oder grob)
- **Mikroskopische Vermessung** der Höhenunterschiede auf der Prüffläche oder eines Abdrucks der Prüffläche unter Ausnutzung der geringen Schärfentiefe eines optischen Mikroskops. Das Verfahren ist anwendbar bei Rauhtiefen zwischen 20 und 200 Mikrometer.
- Das **Tastschnittverfahren**, bei dem die Oberfläche mit einer Diamantspitze mit einem Radius von 5 Mikrometer abgetastet wird. Es ist nach der Prüfnorm anwendbar für Rauhtiefen zwischen 20 und 200 Mikrometer. Das Tastschnittgerät selbst ist Gegenstand der DIN EN ISO 3274. Dort sind auch andere Geometrien der Tastspitze angegeben.
- Das Andrücken von speziellen **Abdruckbändern**, die auf die zu prüfende Oberfläche gedrückt werden und deren verbleibende Dicke ausgemessen wird. Dieses Verfahren ist anwendbar für Rauheiten zwischen 20 und 115 Mikrometer.

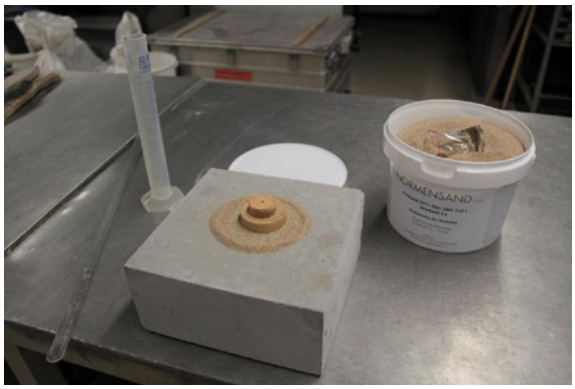


Abb. 246 Sandflächenverfahren. Foto: L. Nguyen.

20.30 Messung der Wandrauheit von Rohren

Die Bestimmung der Wandrauheit von Steinzeugrohren nach DIN EN 295-3 erfolgt durch eine Bestimmung des Druckverlustes zwischen zwei Punkten der Rohrleitung bei verschiedenen Durchflussmengen. Ein ähnliches Verfahren wird zur Bestimmung des Reibungsbeiwertes von Rohren für Abgasanlagen nach DIN EN 1457, DIN EN 1806 und DIN EN 1859 verwendet.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

20.31 Messung der Griffigkeit von Oberflächen und des Gleitwiderstandswertes mit dem Pendeltest (SRT)

Eine Möglichkeit zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen ist der Pendeltest nach DIN EN 13036-4. Dabei wird ein Gleitkörper aus Gummi mittels eines Pendels über die befeuchtete Oberfläche gezogen. Über die Dämpfung der Pendelschwingung wird ein Kennwert für die Griffigkeit ermittelt. Das Gerät wird auch eingesetzt zur Ermittlung der Griffigkeit von **Gesteinskörnung**, siehe Kap. 12.21.4, sowie zur Messung des Gleitwiderstandswertes **(USRV)** von Pflastersteinen und Bordsteinen aus Beton nach DIN EN 1338 bzw. DIN EN 1340, Terazzo nach DIN EN 13784 und Natursteinen nach DIN EN 14231 sowie zur Messung des Gleitwiderstandwertes von unpolierten Pflasterziegeln nach DIN EN 1344.

Die Untersuchung der Veränderung des Griffigkeitsbeiwertes durch Polierung ist beschrieben in DIN V ENV 12633. Das Polieren erfolgt mit einer Flachbettpoliermaschine, die Prüfung mit dem Pendelgerät. Der Gleitwiderstandswert von polierten Flächen wird mit dem Kürzel **PSRV** belegt. Das Pendelgerät wird auch zur Ermittlung der Griffigkeit von Oberflächen von Straßen und Flugplätzen nach DIN EN 13036-4 verwendet. Ermittelt wird der Pendelwert **PTV**.



Abb. 247 Pendelgerät (SRT-Pendel) zur Griffigkeitsmessung (Aufbau für Messung an **PSV**-Probekörpern). Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung, TU München.

20.32 Messung der Rutschhemmung auf geneigten Oberflächen und des Reibungskoeffizienten

Die Bestimmung der Rutschhemmung von Bodenbelägen auf geneigten Oberflächen im Labor erfolgt nach DIN 51130 durch Begehen der geneigten, mit einem definierten Öl benetzten Fläche mit einem Prüfschuh und Bestimmung des Neigungswinkels bei dem Rutschen eintritt **(Begehungsverfahren)**. Ähnlich geht DIN 51097 bei der Prüfung nasser Barfußbereiche vor. Die Prüffläche wird hier mit einer wässrigen Lösung beaufschlagt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 248 Prüfung der Rutschhemmung auf geneigten Oberflächen mit dem Begehungsverfahren. Institution: Institut für Wand- und Bodenbeläge Säurefliesner-Vereinigung e. V.

Verfahren zur Messung des **Gleitreibungskoeffizienten** von Bodenbelägen werden in DIN 51131 festgelegt und können auch vor Ort durchgeführt werden. Dabei werden Gleiter in definierter Art und Weise, ggf. unter Anwendung eines Gleitmittels, über die Prüffläche gezogen. Der Gleitreibungskoeffizient ergibt sich als Quotient aus dem Mittelwert der Reibungskraft und der Gewichtskraft des gezogenen Körpers. Ähnlich geht auch DIN EN ISO 8295 bei der Bestimmung des Reibungskoeffizienten von Kunststoffen vor. Bei Sportböden kann der Gleitreibungsbeiwert mit dem Gleitmessgerät Stuttgart nach DIN 18032-2 gemessen werden. Dort ist auch eine Methode zur Messung des **Rollwiderstandes** angegegeben.

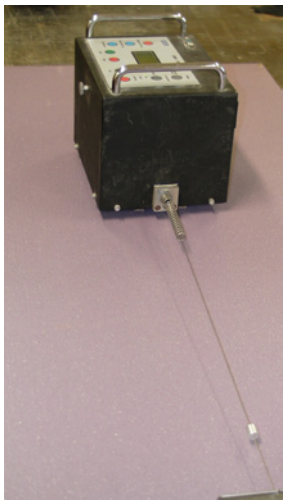


Abb. 249 Messung des Gleitreibungskoeffizienten. Institution: Institut für Wand- und Bodenbeläge Säurefliesner-Vereinigung e. V.

20.33 Nutzung elektrischer Widerstandsmessungen zur Gefügeuntersuchung

Auf die Untersuchung des Gefüges von Proben mit Hilfe elektrischer Widerstandsmessungen wird in Kap. 21.3 eingegangen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

21 Ermittlung elektrischer Eigenschaften von Baustoffen

21.1 Elektrischer Widerstand von Baustoffen

Der elektrische Widerstand von Baustoffen ist insbesondere von Bedeutung für **Bodenbeläge**, für die **Feuchtemessung** und zur Beurteilung der **Korrosionsgefahr von Stahlbetonbewehrung**. Die Messung des elektrischen Widerstandes von Baustoffen kann auf der Grundlage von DIN EN 1081 (Elastische Bodenbeläge) erfolgen. Dabei kann entweder der **Durchgangswiderstand** zwischen Oberseite und Rückseite, der **Erdableitwiderstand** zwischen Bodenbelag und Erde oder der **Oberflächenwiderstand** zwischen zwei Elektroden auf der Oberfläche gemessen werden. Verwendet werden Dreifußelektroden.

Die Bestimmung des elektrischen Widerstandes von Klebstoff-Filmen **(Klebstoffwiderstand)** und des Durchgangswiderstandes eines Verbundes aus Bodenbelag, Klebstoff und einer Faserzementplatte ist Gegenstand der DIN EN 13415. Die Messung des Durchgangswiderstandes, des Widerstandes gegen Erde und des Oberflächenwiderstandes kann auch nach DIN EN 61340-4-1 durchgeführt werden. Mit der Bestimmung des Durchgangswiderstandes und des Oberflächenwiderstandes beschäftigt sich auch DIN EN 14617-13 (Künstlich hergestellter Stein). Von Bedeutung ist außerdem DIN 54345. Weitere Informationen zu den elektrischen Eigenschaften von Baustoffen und Messverfahren können entnommen werden aus:

Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.

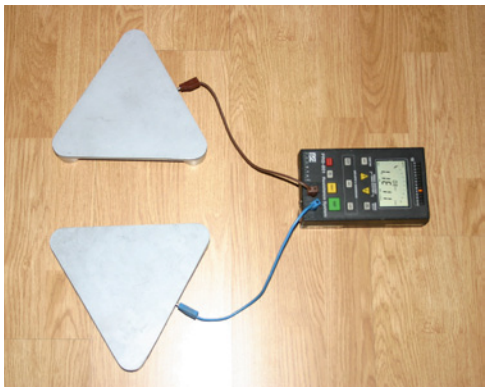


Abb. 250 Messung des Oberflächenwiderstandes mit Dreifußelektroden. Foto: P. Pautzsch, Institution: IHD Dresden.

21.2 Untersuchung der elektrischen Aufladung von Personen beim Begehen von Bodenbelägen

Die Prüfung der elektrischen Aufladung von Personen beim Begehen von Bodenbelägen ist beschrieben in DIN EN 1815. Es wird die Körperspannung gemessen, die sich beim Begehen des Probenmaterials unter definierten Prüfbedingungen einstellt. Sie liegt im kV-Bereich. Die Prüfung kann vor Ort und im Labor durchgeführt werden. Von Bedeutung ist außerdem DIN 54345.

21.3 Elektrische Messverfahren zur Feuchte- und Gefügeuntersuchung

Feuchte in porösen Baustoffen erniedrigt den elektrischen Widerstand. Es verwundert daher nicht, dass die Widerstandsmessung in der Praxis häufig zur Feuchteanalyse in Baustoffen eingesetzt wird. Allerdings gibt es eine Reihe von Einflussfaktoren, die neben dem Feuchtegehalt das Messergebnis beeinflussen. Der Temperatureinfluss lässt sich noch relativ einfach kompensieren. Nach Schiegg (Schiegg, Y.: Online-Monitoring zur Erfassung der Korrosion der Bewehrung von Stahlbetonbauwerken, Doktorarbeit, ETH Zürich, 2002) kann dazu die folgende Gleichung verwendet werden:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$$R_1 = R_0 \cdot e^{b \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Gl. 56

Mit:

R_1 – Widerstand bei der Temperatur T_1

R_0 – Widerstand bei der Temperatur T_0

b – Temperaturkoeffizient

T_1 – Temperatur in Kelvin

T_0 – Temperatur in Kelvin

Salze im Bauteil erniedrigen den elektrischen Widerstand jedoch sehr stark. Ihr Einfluss auf das Messergebniss lässt sich im Einzelfall nicht quantifizieren. Auch bei unversalzten Materialien ist in jedem Fall eine baustoffspezifische Kalibrierung erforderlich, die zu Korrekturgrößen führt, die jedoch nicht jeden Einzelfall erfassen können.

Bei von der Bauteiloberfläche aus messenden Geräten umfasst der Bauteilbereich, aus dem eine Information ermittelt wird, einige cm Tiefe und ist ebenfalls nicht genau definierbar. Zuverlässig einsetzbar ist diese Art der Messung nur bei der Feuchtebestimmung von **Holz**, wobei jedoch die Holzart bekannt sein muss, zumindest, ob es sich um Laub- oder Nadelholz handelt. Durch Elektroden, die in das Holz eingeführt werden, kann in diesem Fall auch eine Messung in größerer Tiefe durchgeführt werden. Die Feuchtemessung von Schnittholz mit dem Widerstands-Messverfahren ist beschrieben in DIN EN 13183-2. Die Norm spricht hier von einer Schätzung.

Durch Einbau von **Widerstandssensoren** in verschiedener, definierter Tiefe, z. B. in Betonbauteilen, lässt sich nach entsprechender Kalibrierung ein Feuchtemonitoring betreiben. Ein Beispiel für eine solche Anordnung sind die sogenannten **Multiring-Feuchtesensoren**. Problematisch kann dabei ein z. B. durch Schwindprozesse auftretender Ringspalt sein, der die Transportprozesse in der Nähe des Sensors beinflusst.

Die Messung des elektrischen Widerstandes von Beton wird auch mit herangezogen um die **Korrosionsgefahr von Stahlbetonbewehrung** zu beurteilen. Selbst wenn die Bewehrung depassiviert ist, muss es nicht zur Korrosion kommen, wenn der elektrische Widerstand des **Betons** groß genug ist. Zur Messung des elektrischen Widerstandes können neben den oben beschriebenen Sensoren im Grunde genommen alle nicht korrodierenden Metallteile herangezogen werden, deren Lage genau bekannt ist und die nicht direkt miteinander elektrisch leitend verbunden sind.

Dichtigkeitsuntersuchungen von Stahlbetonoberflächen durch Messung der **Gaspermeabilität** werden ebenfalls stark durch die vorhandene Feuchte beeinflusst, da wassergefüllte Poren nicht für die Durchströmung zur Verfügung stehen. Zur Korrektur des Feuchtigkeitseinflusses werden deshalb ebenfalls Widerstandsmessungen herangezogen, die von der Oberfläche aus ausgeführt werden. Verwendet wird dabei in der Regel eine lineare 4 Elektroden Anordnung, bei der in die beiden äußeren Elektroden ein Strom eingespeist wird und an den beiden inneren Elektroden der Spannungsabfall gemessen wird. Wenn die Elektroden den gleichen Abstand zueinander haben spricht man von **Wenner Anordnung**, wenn die beiden äußeren Elektroden einen größeren Abstand haben von **Schlumberger Anordnung**. Auch andere Anordnungen sind möglich, jeweils mit speziellen Vorteilen.

Entsprechende Anordnungen bei denen der Widerstand in Abhängigkeit vom Abstand der Elektroden gemessen wird sind auch geeignet, Schichtgrenzen mit starken Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund zu detektieren **(Geoelektrik, geoelektrische Tomographie)**. Die Methode ist jedoch leider nicht geeignet Chlorideindringtiefen in Betonbauteilen zu messen, dazu ist die Leitfähigkeitsänderung durch das Chlorid zu gering (Jehn, C.; Schmidt-Döhl, F.: Zerstörungsfreier Chloridnachweis in Beton mittels Widerstandsmessung? Bericht über das Arbeitspaket im Teilprojekt D3 »Zustandserfassung

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

und -beurteilung vorgespannter Zugglieder durch Monitoring« des Sonderforschungsbereichs 477 der Deutschen Forschungsgemeinschaft »Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken mit Hilfe innovativer Bauwerksüberwachung«, 2009, erhältlich vom Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg).

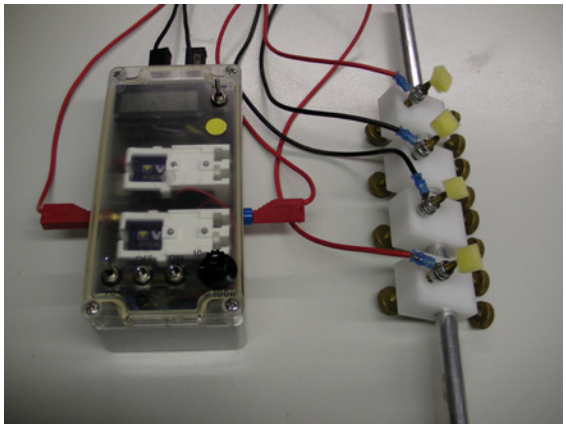


Abb. 251 Geoelektrik-Messgerät mit Sonde, die einen variablen Abstand der Elektroden erlaubt. Der elektrische Kontakt wird über angefeuchtete Schwämme hergestellt.

Durch Vergleichsmessungen an ungerissenen und gerissenen Bereichen, bei denen sich ein Riss symmetrisch in der Mitte der Elektrodenanordnung befindet, lässt sich zerstörungsfrei die **Risstiefe** bestimmen **(Potentialsondenverfahren)**. Auch **tomographische** Messungen zur Untersuchung des inneren Gefüges mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit sind möglich, siehe Kap. 20.16.

21.4 Impedanzspektroskopie

Die Impedanzspektroskopie nutzt wie bei einem potentiostatischen Halteversuch (s. Kap. 29.26.8) eine Arbeitselektrode, eine Gegenelektrode und eine Referenzelektrode. Bei der Impedanzspektroskopie wird an das Probenmaterial jedoch eine Wechselspannung mit veränderlicher Frequenz angelegt und der entstehende Stromfluss in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Die daraus berechenbare frequenzabhängige **Leitfähigkeit** und frequenzabhängige **Dielektrizitätsfunktion** erlauben Rückschlüsse auf die Beweglichkeit von Ionen im Material und deren **Transportprozesse**. Ziel entsprechender Untersuchungen ist die Analyse von Korrosionssystemen. Z. B. ist die unterschiedliche Wasseraufnahme von Korrosionsschutzmaterialien erkennbar.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

22 Bestimmung optischer Kenngrößen von Baustoffen

Die Bestimmung der **Farbwerte** von Baustoffen kann nach DIN 6174 erfolgen, z. B. nach dem **CIELAB**-Farbraum (**Farbmaßzahlen** L*, a*, b*), nach dem **Hunterfarbsystem** (Farbmaßzahlen L,a,b) oder als **Normfarbwerte** (X,Y,Z). Moderne Farbmessgeräte sind in der Lage entsprechende Daten in verschiedenen Systeme auszugeben. Die Bestimmung der **relativen Farbstärke** von Pigmenten ist beschrieben in DIN EN 12878. DIN EN ISO 10545-16 nutzt ein Spektrophotometer bzw. ein Farbmessgerät um **Farbabweichungen** zwischen keramischen Fliesen und Platten zu ermitteln.



Abb. 252 Farbmessgerät zum Aufsetzen auf die Probe. Ähnlich sehen Glanzmessgeräte aus. Institution: iBMB/MPA Braunschweig

Zur Bestimmung des **Lichttransmissionsgrades** kann DIN EN ISO 13468 herangezogen werden. Das von einer Lichtquelle kommende und durch die Probe hindurchgetretene Licht tritt in eine Ulbricht-Kugel ein und wird mit einem Detektor registriert. Auch DIN EN 1873 und DIN EN 2155-5 beschäftigen sich mit der Ermittlung dieser Größe. Die Bestimmung des Emissionsgrades von Glas ist beschrieben in DIN EN 12898 und beruht auf einer Messung mit einem Spektralphotometer.

DIN EN 410 beschreibt die Ermittlung des **spektralen Transmissionsgrades**, des **spektralen Reflexionsgrades**, des Lichttransmissionsgrades, des **Lichtreflexionsgrades**, des **direkten Strahlungsemissionsgrades**, des **direkten Strahlungsreflexionsgrades**, des **Gesamtenergiedurchlassgrades**, des **UV-Transmissionsgrades** und des **allgemeinen Farbwidergabeindexes** von Verglasungen, wobei sich die Norm nicht mit der experimentellen Durchführung entsprechender Prüfungen beschäftigt, sondern mit der Berechnung entsprechender Kenngrößen von Mehrfachverglasungen. Zur Farbmessung siehe auch:

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag München, 1996.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

23 Temperaturmessung

23.1 Allgemeines

Instrumente zur Temperaturmessung sind Gegenstand der DIN EN ISO 7726.

23.2 Temperaturmessung über die Ausdehnung von Flüssigkeiten – Flüssigkeitsthermometer

Zur Temperaturmessung kann die Volumenveränderung von Flüssigkeiten bei Änderung der Temperatur genutzt werden, z. B. von Quecksilber oder Alkohol. Die klassischen Flüssigkeitsthermometer werden jedoch nur noch im chemischen Labor in größerem Maße verwendet. Ausgelaufenes Quecksilber ist nur schwer zu beseitigen und vergiftet über lange Zeit die Atmosphäre von Räumen, wenn diese nicht mit ständig in Betrieb befindlichen Abzügen versehen sind.

23.3 Widerstandsthermometer

Flüssigkeitsthermometer sind in der Messtechnik heute in der Regel ersetzt duch **Pt100 oder Pt1000** Widerstandsthermometer, deren Messprinzip auf der temperaturabhängigen Widerstandsänderung von Platin beruht. Die Zahl gibt den Nennwiderstand bei 0 °C an. Für Platin-Widerstandsthermometer gilt DIN EN 60751.

23.4 Thermoelemente

Das Messprinzip eines Thermoelements beruht darauf, dass an den Enden zweier Drähte aus verschiedenen Metallen eine Spannung entsteht, wenn die Temperatur der Verbindungsstelle der beiden Werkstoffe eine andere ist, als die Temperatur der Drahtenden am Messgerät. Diese Spannung hängt über einen weiten Bereich linear von der Temperaturdifferenz ab. Häufig benutzte Kombinationen von Metallen sind Nickelchrom/Nickel **(NiCr-Ni)** und Platinrhodium/Platin **(PtRh-Pt)**. Weitere Informationen über Thermoelemente können entnommen werden aus DIN EN 60584.

23.5 Strahlungsthermometer

Berührungslose Strahlungsthermometer sind sehr gut geeignet um die **Oberflächentemperaturen** von Bauteilen zu messen, was z. B. zur Beurteilung einer **Schimmelpilzgefahr** von Bedeutung ist. Sie messen die von der Oberfläche abgestrahlte **Infrarotstrahlung** und nutzen damit das gleiche Prinzip wie eine **Thermographiekamera**, jedoch ohne Ortsauflösung (siehe auch Kap. 20.22).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 253 Strahlungsthermometer, der Punkt markiert die Messstelle.

23.6 Messung von Temperaturprofilen entlang sehr langer Messstrecken

Santa (Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004) berichtet von **faseroptischen Messsystemen**, die die Messung von Temperaturprofilen mit hoher Ortsauflösung (ca. 1 m) über mehrere Kilometer Länge ermöglichen. Genutzt werden dabei die Eigenschaften rückgestreuter Strahlung **(Ramandiffusion, Brillouindiffusion)** nach Einstrahlung gepulsten Laserlichts. Die Temperaturauflösung liegt bei ca. 1 K. Ähnliche Systeme werden auch zur **Dehnungsmessung** entlang sehr langer Strecken eingesetzt.

23.7 Weitere Temperaturmessverfahren

Im Prinzip kann jede Methode zur Verformungsmessung (siehe Kap. 12.3) auch zur Temperaturmessung eingesetzt werden. Vorausetzung ist, dass die Messstrecke, deren Verformung untersucht wird, nur durch Temperaturveränderungen, aber nicht durch mechanische Lasten oder Schwinden bzw. Quellen verformt wird, und dass das Wärmedehnverhalten des Materials der Messstrecke bekannt ist.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

24 Feuchtemessung

24.1 Allgemeines

Da Feuchte für einen großen Teil der Bauschäden verantwortlich oder mitverantwortlich ist, existieren eine sehr große Anzahl verschiedener zerstörender und **zerstörungsfreier Feuchteprüfverfahren**. Im Folgenden wird nur auf die wichtigsten Verfahren eingegangen. Weiterführende Literatur:

Kober, A.; Plinke, B.: Feuchtemessung an Holz, Holzwerkstoffen und Baustoffen, WKI-Bericht Nr. 21. 1989.

Krus, M.: Feuchtetransport- und Speicherkoeffizienten poröser mineralischer Baustoffe, theoretische Grundlagen und neue Messtechniken, Dissertation, Universität Stuttgart, 1995.

Kupfer, K.: Materialfeuchtemessung, Expert-Verlag, Renningen, 1997.

Oxley, T.; Gobert, E.: Feuchtigkeit in Gebäuden – Messgeräte, Diagnose, Behandlung, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln, 1992.

WTA-Merkblatt 4-11-02/D Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen, 2002.

Weiß, S. und K. Ungerer: Feuchtemessverfahren bei Gebäudeschäden, Lauth & Partner, Waiblingen, 1995.

24.2 Gravimetrisches Referenzverfahren zur Feuchtemessung (Darren)

Das Referenzverfahren für die Messung des Wassergehaltes von Proben ist die gravimetrische Bestimmung durch Trocknung einer Probe bei erhöhter Temperatur. Dieses Verfahren ist beschrieben in DIN EN ISO 12570. Die **Trocknung** erfolgt in der Regel bei 105 °C bis zur Massekonstanz. Diese Temperatur wird z. B. auch bei der Untersuchung von Böden verwendet (DIN 18121, DIN ISO 11461, DIN ISO 11465). Beispiele aus dem Bauwesen sind DIN EN 1338 (Pflastersteine aus Beton), DIN EN 1340 (Bordsteine aus Beton), DIN EN 1363-1 (Feuerwiderstandsprüfungen) und DIN 272 (Magnesiaestrich). Einige Prüfvorschriften sprechen auch von 100 °C oder 110 °C (z. B. DIN EN 1097-5 für Gesteinskörnungen oder DIN EN ISO 10545-12 und DIN EN ISO 10545-13 für keramische Fliesen und Platten).

Für die Bestimmung des Feuchtegehaltes von Schnittholz nach DIN EN 13183-1, von Holzwerkstoffen nach DIN EN 322 sowie von mit Holzschutzmitteln behandeltem Holz nach DIN EN 212 wird eine Temperatur von 103 °C verwendet. Bei einigen Stoffen, die bei dieser Temperatur bereits Zersetzungprozesse zeigen, werden auch niedrigere Temperaturen verwendet, z. B. bei Calciumsulfatbaustoffen 40 °C, so z. B. in DIN EN 520 (Gipsplatten) und DIN EN ISO 12570. DIN EN 1363-1 (Feuerwiderstandsprüfungen) nennt als Trockentemperatur für Gipsbaustoffe 50 °C.

DIN EN 772-4, DIN EN 1015-9, DIN EN 1926, DIN EN 1936, DIN EN 13755, DIN EN 13919, DIN EN 14147 und DIN EN 14158 sehen für Naturstein eine Trocknung bei 70 °C vor. Auch DIN EN 772-11 sieht für Mauersteine aus Beton, Porenbeton und Naturstein eine Trocknungstemperatur von 70 °C vor, während DIN EN 772-13 und DIN EN 1015-9 für Ziegel, Kalksandstein und Porenbeton eine Trocknungstemperatur von 105 °C und für Beton eine Trocknungstemperatur von 70 °C vorsehen.

DIN EN 1015-1, DIN EN 1015-10 und DIN EN 1015-17 sehen für die Trocknung von Mörteln mit organischen Bestandteilen eine Temperatur von 60 °C vor. DIN EN 1015-9 sieht für die Trocknung von Mauersteinen mit organischen Bestandeilen eine Temperatur von 60 °C vor. DIN EN 1353 sieht für Porenbeton eine Trocknungstemperatur von 105 °C vor. DIN 18555-9 sieht für Porenbeton dagegen eine Trocknungstemperatur von 70 °C vor.

Bei temperaturempfindlichen Stoffen, bei denen mit niedrigerer Temperatur gearbeitet werden muss, kann der Prozess durch Trockung in einem Vakuum-Trockenschrank beschleunigt werden. Allgemein kann man davon ausgehen, dass bei einer Reihe von **zementgebundenen Baustoffen** bei einer Trocknung

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

bei 105 °C oder auch im Vakuum bereits ein geringer Verlust an chemisch gebundenem Wasser auftritt, beispielsweise durch die Zerstörung von **Ettringit**.

Eine gute Alternative zur Trocknung mittels Erwärmung kann ggf. die **Gefriertrocknung** sein. Die Gefriertrocknung hat den Vorteil, dass dabei z. B. auch Transportprozesse gelöster Salze an die Probenoberfläche oder die Wanderung von Holzschutzmitteln in behandeltem Holz während der Trocknung weitgehend unterbunden werden. Die Gefriertrocknung beruht auf der Sublimation von Eis im Vakuum.



Abb. 254 Gefriertrocknungsanlage. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Der **Wassergehalt** (oder **Feuchtegehalt, Feuchtigkeitsgehalt**) berechnet sich zu:

$$w_m = \frac{(m_1 - m_0)}{m_0} \cdot 100$$

Gl. 57

Mit:

w_m – Wassergehalt in M.-%

m_1 – Gewicht der Probe im feuchten Zustand

m_0 – Gewicht der Probe im getrockneten Zustand

Der Wassergehalt in M.-% kann über folgende Gleichung in den Wassergehalt in Vol.-% umgerechnet werden:

$$w_v = w_m \cdot \frac{\rho_t}{\rho_w}$$

Gl. 58

Mit:

w_v – Wassergehalt in Vol.-%

w_m – Wassergehalt in M.-%

ρ_t – Trockenrohdichte der Probe

ρ_w – Dichte des Wassers

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die dabei notwendige **Dichte von Wasser** bei verschiedenen Temperaturen kann berechnet werden nach DIN EN ISO 12570. Für das Erreichen von **Massekonstanz** gibt es verschiedene Definitionen. Die weit überwiegende Anzahl von Prüfnormen geht davon aus, dass Massekonstanz erreicht ist, wenn die Gewichtsänderung der Probe innerhalb von 24 Stunden kleiner ist als 0,1 %. Eine deutlich kleinere Zahl von Prüfnormen spricht vom Erreichen der Massekonstanz, wenn die Gewichtsänderung nicht mehr als 0,2 % in 24 Stunden beträgt. Andere Definitionen sind ebenfalls gebräuchlich.

Das Erreichen von Massekonstanz bedeutet nicht, dass in allen Probenmaterialien auch gleichzeitig eine gleichmäßige Feuchteverteilung vorhanden ist.

24.3 CM-Methode

Grundlage der CM-Methode ist die Reaktion von Calciumcarbid mit freiem Wasser zu Calciumhydroxid und Acetylen. Dazu wird die Probe zerkleinert, zusammen mit einer Carbidampulle und Stahlkugeln in einen Druckbehälter eingeschlossen, die Ampulle durch Schütteln zerstört und der Druckanstieg gemessen. Der Druckanstieg ist eine Funktion des freien Wassergehaltes. Um den Druckanstieg in einen Wassergehalt nach dem Referenzprüfverfahren umzurechen, sind teilweise baustoffspezifische Umrechnungen notwendig. Die Genauigkeit der CM-Methode liegt bei etwa 0,3 bis 0,5 M.-%. Die CM Methode ist für **Beton** aufgrund der großen Inhomogenitäten weniger geeignet. Die CM-Methode ist nicht genormt. Eine Prüfvorschrift kann entnommen werden aus:

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung. 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant).

Eine detailierte Beschreibung ist auch enthalten in der Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des DAfStb und der ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4.



Abb. 255 CM-Gerät, unten die Carbidampullen.

24.4 Elektrische Widerstandsmessung

Die elektrische Widerstandsmessung wird in der Praxis häufig zur Feuchteanalyse in Baustoffen eingesetzt und beruht auf der Erniedrigung des Widerstandes bei ansteigender Bauteilfeuchte. Sie ist zerstörungsfrei und sehr schnell durchführbar. Es gibt jedoch zahlreiche Einfussgrößen auf den Widerstand neben der Feuchte, die die Messungen erheblich verfälschen können. Auf die elektrische Widerstandsmessung auch zur Feuchtemessung wird in Kap. 21.3 näher eingegangen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

24.5 Kapazitive Feuchtemessung

Bei der kapazitiven Messung wird ein Kondensator mit dem Baustoff als Dielektrikum aufgebaut. Da sich die **Dielektrizitätskonstante** von Wasser sehr stark von der trockener Baustoffe unterscheidet, lässt sich damit über eine baustoffspezifische Kalibrierung eine Feuchtemessung realisieren. Der Salzgehalt des Baustoffs und die Güte der Ankopplung beeinflusst jedoch ebenfalls das Ergebniss stark. Gemessen wird mit Wechselpannung wobei der Einfluss des Salzgehaltes mit zunehmender Frequenz sinkt, bei kapazitiven Messungen jedoch immer bedeutsam ist. Die Feuchtemessung von Schnittholz mit kapazitiven Messverfahren ist beschrieben in DIN EN 13183-3. Die Norm spricht hier von einer Schätzung.

24.6 Mikrowellenverfahren zur Feuchtemessung

Mikrowellenverfahren nutzen wie die **kapazitiven Messverfahren** die im Vergleich mit trockenen Baustoffen sehr große **Dielektrizitätszahl** von freiem Wasser. Über eine Messung der Dielektrizitätszahl kann auf den Feuchtegehalt geschlossen werden. Mikrowellenverfahren benötigen dafür eine baustoffspezifische Kalibrierung und eine Berücksichtigung der Temperatur.

Mikrowellenverfahren können zum einen in Transmission betrieben werden. Dazu wird entweder ein Bauteil durchstrahlt oder das Material zwischen zwei Bohrlöchern untersucht, in die Sender und Antenne eingeführt werden, was eine ortsaufgelöste Messung ermöglicht. Transmissionsverfahren erfordern ein Verhältnis von durchstrahlter Dicke und Wellenlänge der Mikrowellen von ungefähr 1. Ausgewertet werden Dämpfung und Phasenverschiebung des Empfangssignals im Vergleich mit dem ursprünglichen Signal. Die Auswertung erfolgt mit einem Netzwerkanalysator. Wie bei allen Bohrlochverfahren mit einer Quelle und einem Detektor (Sender und Empfänger), ist es notwendig, die Bohrlöcher exakt parallel auszurichten. Erfolgt die Einstrahlung über eine Planarantenne von der Oberfläche aus, kommt man mit nur einem Bohrloch aus.

Reflexionsmessungen sind ebenfalls möglich. Sie können wie die Bohrlochverfahren von einer Seite eines Bauteils ausgeführt werden. Entweder wird dabei über die Messung des Reflexionsfaktors die Oberflächenfeuchte bestimmt oder über eine **Laufzeitmessung** die mittlere Feuchte des Materials. **Resonatorverfahren** erfassen nur den Bereich unmittelbar vor dem Sensor und sind damit insbesondere für eingebettete Sensoren geeignet.

Metalle und gelöste Salze haben einen großen Einfluss auf das Ergebnis, wobei der Salzeinfluss durch die Wahl der Messfrequenz reduziert werden kann. Ab 2 GHz ist er nur noch schwach ausgeprägt und kann ab 7 GHz vernachlässigt werden. Je höher die Frequenz, umso größer ist jedoch die Streuung der Mikrowelle an Inhomogenitäten. Für Feuchtemessungen mit Mikrowellen ist daher der Bereich zwischen 2 und 3,5 GHz gut geeignet.

Für die Bauwerksprüfung sind inzwischen mobile Geräte erhältlich, die mit mehreren Sensoren bestückt sind, die unterschiedliche Tiefenbereiche erfassen. Damit können große Flächen effizient abgerastert werden. Die Eindringtiefe der von der Oberfläche ausgeführten Messung liegt dabei bei mehreren Dezimetern. Das Verfahren bietet sich insbesondere zur Erfassung großflächiger **Feuchteverteilungen** an. Quantitative Feuchtemessungen erfordern auch hier eine entsprechende Kalibrierung.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

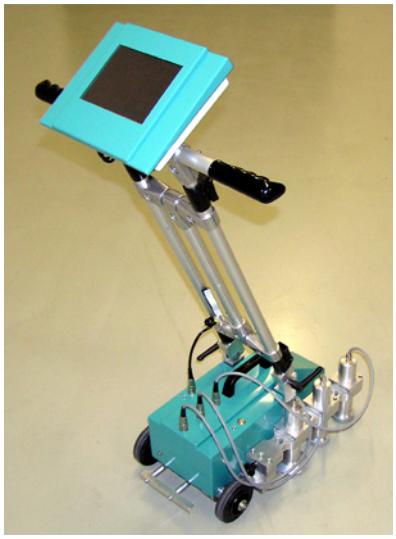


Abb. 256 Mikrowellenmessgerät Moist Scan zur Feuchtemessung großer Flächen. Foto und Gerät: hf sensor GmbH, Leipzig.

Mikrowellensensoren zum Einbau in Bauwerke wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 477 entwickelt.

Weiterführende Literatur:

Jacob, A.F.: Mikrowellensystem für die zerstörungsfreie in-situ-Feuchtemessung in Bauwerken. In: Tagungsband des Abschluss-Symposiums zum DFG-Sonderforschungsbereich 477, Braunschweig, S. 29–34, 2010. Herunterladbar unter: www.sfb477.tu-bs.de/Tagungsband_Symposium_2010.pdf

Sokoll T.: Mikrowellensysteme für die in-situ-Feuchtemessung zur Bauwerksüberwachung, Dissertation, TU Hamburg-Harburg, 2008, Cuvillier Verlag, Göttingen, 2009.

Schlemm, U.: Messung von Feuchte- und Salzprofilen mit Mikrowellen, Dissertation, TU Hamburg-Harburg, 2003, GCA-Verlag, Herdecke, 2004.

24.7 Feuchtemessung mittels Kernspinresonanz (NMR) und Kernspintomographie

Kernspinresonanz wird vor allem als **zerstörungsfreie Labormethode** zur Bestimmung von Feuchteprofilen, z. B. an Bohrkernen u. ä., eingesetzt. Inzwischen kann die NMR-Methode in Aufsatztechnik auch am Bauwerk eingesetzt werden. Die Methode ist bei der Feuchtemessung sensitiv auf Wasserstoffatome. Störeinflüsse gibt es daher kaum. Prinzipiell wird auch chemisch gebundener Wasserstoff erfasst. Unterschiedlich stark gebundener Wasserstoff unterscheidet sich durch seine **Relaxationszeit**. Wasserstoff mit sehr kleiner Relaxationszeit ist aufgrund der Totzeit der Detektoren nicht messbar. Aus diesem Grund ist auch bei der Anwendung der Kernspinresonanz zur Feuchtemessung eine geräte- und materialspezifische Kalibrierung erforderlich. Das Verfahren wird in Kap. 14.10 näher beschrieben. Dort ist auch weiterführende Literatur angegeben.

24.8 Neutronen-Radiometrie und Neutronenaktivierungsanalyse

Bei der Neutronen-Radiometrie werden über eine Strahlenquelle Neutronen in das Bauwerk geschossen. Diese Neutronen verlangsamen sich durch Kollisionen mit Wasserstoffkernen zu thermischen Neutronen, die mit einem Sensor nachgewiesen werden. Die Schwächung des Signals wird in Transmission untersucht. Das Verfahren ist zerstörungsfrei, unabhängig von Temperatur und Leitfähigkeit und hat eine

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Eindringtiefe bis etwa 30 cm. Gemessen wird auch chemisch gebundener Wasserstoff. Zur Feuchtemessung ist deshalb eine Kalibrierung am Baustoff erforderlich. Auch mit Neutronenaktivierungsanalyse lässt sich Wasserstoff, wie auch eine Reihe weiterer Elemente, zerstörungsfrei bis in eine Tiefe von ca. 50 cm nachweisen. Dies erfolgt von einer Bauteilseite und tiefenaufgelöst. Beide Verfahren erfordern **Strahlenschutzvorkehrungen**.

24.9 Schwächung von Gammastrahlung

Führt man einen Gammastrahler über ein Bohrloch in die Probe ein und parallel dazu in einem weiteren Bohrloch einen Detektor, kann bei bekanntem Schwächungskoeffizienten und bekannter **Dichte** des trockenen Probenmaterials über die Schwächung der Strahlung auf den Feuchtegehalt geschlossen werden. Das Verfahren erfordert **Strahlenschutzvorkehrungen**. Die Schwächung wird auch von gelösen Salzen beeinflusst. Die örtliche Auflösung liegt im Bereich weniger Millimeter. Weiterführende Literatur:

Rucker, P.; Krus, M.; Holm, A.: Einsatz einer kombinierten Messmethode zur Untersuchung von Salztransportvorgängen, Bauphysik, Bd. 25, H. 5, S. 296–302, 2003.

24.10 Nutzung der Wärmeleitfähigkeit zur Feuchtigkeitsmessung

Ein veränderter Feuchtegehalt führt zu einer veränderten Wärmeleitfähigkeit des Materials. Nach entsprechender Kalibierung können deshalb lokal messende Wärmeleitfähigkeitsmessgeräte, z. B. die Hot Wire Technik, zur Feuchtemessung eingesetzt werden (s. Kap. 25.8). Die örtliche Auflösung liegt allerdings nur im Zentimeterbereich und die Feuchteverteilung wird durch die Aufheizung während der Messung selbst verändert.

24.11 Thermographie und Infrarot-Reflektometrie

Thermographie kann aufgrund der erhöhten Wärmeleitfähigkeit und der damit verbundenen niedrigen Oberflächentemperaturen durchfeuchtete Stellen anzeigen. Wasser zeigt außerdem im Infrarotbereich eine sehr starke Absorptionsbande. Durch Reflexionsmessungen in diesem Wellenlängenbereich lassen sich deshalb nach einer materialspezifischen Kalibrierung Oberflächenfeuchten bestimmen. Die Messung regiert empfindlich auf den Abstand des Messgerätes von der Oberfläche und die Oberflächeneigenschaften des Materials. Weitere Informationen können aus den Kap. 14.7 und 20.22 entnommen werden.

24.12 Karl-Fischer Titration (KFT)

Die Karl-Fischer Titration ist eine hochgenaue Labormethode zur Wasserbestimmung in nichtwässrigen Lösungen. Zur Wasserbestimmung in Festkörpern wird dem zerkleinerten Feststoff das Wasser durch Extraktion mit einem wasserfreien Lösungsmittel entzogen. Das Lösungsmittel wird dann mit dem Karl-Fischer Reagenz bis zum Farbumschlag nach braun titriert, der anzeigt, dass kein Wasser mehr vorhanden ist. Die zugrundliegende Reaktion lautet:

$$J_2 + SO_2 + 2\,H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2\,HJ \qquad \text{Gl. 59}$$

Die Karl-Fischer-Methode ist Gegenstand der ISO 760. Eine Anwendung der Karl-Fischer-Methode im Bauwesen ist die Messung des Feuchtegehaltes des Trockenmittels von **Mehrscheiben-Isoliergläsern**. Sie ist beschrieben in DIN EN 1279-2.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

24.13 Messung der relativen Luftfeuchte

24.13.1 Allgemeines

Die relative Luftfeuchte ist in der Bauphysik eine wichtige Messgröße, die von großer Bedeutung ist für Fragen der **Schimmelpilzbildung**, der Bildung von Tauwasser, der Behaglichkeit von Gebäudenutzern und der Energieeinsparung durch niedrigere Raumlufttemperaturen bei optimaler Einstellung der Raumluftfeuchte. Die Messung der relativen Luftfeuchte im Baustoff in einem trocken erstellten und abgedichteten Bohrloch erlaubt den direkten Vergleich mit der relativen Luftfeuchte der Umgebung. Ist die relative Luftfeuchte im Bauwerk höher als in der Umgebung trocknet es noch aus oder hat zuvor durch Kondensation oder **Kapillartransport** Wasser aufgenommen.

Die relative Luftfeuchte ist andererseits mit der absoluten Materialfeuchte eines porösen Festkörpers über die **Feuchtespeicherfunktion** verknüpft (siehe Kap. 26.1). Mißt man also die relative Feuchte, z. B. in einem Bohrloch, kann man bei Kenntnis der Feuchtespeicherfunktion aus dem Messergebnis die Materialfeuchte errechnen. Bei der Nutzung der relativen Luftfeuchte zur Feuchtemessung von Baustoffen in Masseprozent ist also eine materialspezifische Kalibrierung notwendig.

Bei allen Auswertungen von Messungen der relativen Luftfeuchte ist zu beachten, dass ein eventueller Salzeinfluss die Feuchtespeicherfunktion sehr stark verändern kann. Zu beachten ist auch, dass die Feuchtespeicherfunktion zwar nur wenig temperaturabhängig ist, jedoch eine Hysterese zeigt (**Desorptions- und Adsorptionsast** der **Sorptionsisotherme**). Der Messwert der relativen Luftfeuchte ist bei Befeuchtungsvorgängen also anders zu interpretieren als bei Austrocknungsvorgängen. Die Messung der relativen Luftfeuchte in Bohrlöchern ist über **Packer** auch tiefenabhängig möglich. Es sind auch Profilsonden erhältlich, die in einem Arbeitsgang die relative Feuchte in verschiedener Tiefe ermitteln. Instrumente zur Messung der relativen Luftfeuchte sind Gegenstand der DIN EN ISO 7726.

24.13.2 Mechanische Hygrometer

Mechanische Hygrometer, wie das Haarhygrometer, übertragen die von der relativen Luftfeuchte abhängige Längenänderung eines Messelementes mechanisch auf ein Zeigerwerk. Sie sind relativ preisgünstig, erfordern jedoch eine regelmäßige Kalibrierung. Dazu wird das Hygrometer in einem Raum mit bekannter relativer Luftfeuchte bis zum Gleichgewichtszustand gelagert und die Anzeige entsprechend eingestellt.

24.13.3 Kapazitive Messsysteme

Bei Hygrometern auf der Basis eines kapazitiven Messsystems befindet sich in einem Kondensator ein hygroskopisches **Dielektrikum**, so dass sich die Kapazität des Kondensators mit der relativen Luftfeuchte verändert.

24.13.4 Faseroptische Feuchtesensoren

Faseroptische Feuchtesensoren basieren auf dem Einbau eines feuchtesensitiven Farbstoffs in eine Polymermatrix, die in ein faseroptisches Messsystem eingebettet ist. Genutzt wird die Veränderung des von der relativen Feuchte der Umgebung abhängigen Absorptionsspektrums des Farbstoffs, das über ein Spektrometer ausgelesen wird. Entsprechende Sensoren wurden im DFG-Sonderforschungsbereich 477 entwickelt. Weiterführende Literatur:

Kowalsky, W.; Johannes, H.-H.: Faseroptische Sensoren für die Bauwerksüberwachung. S. 35–40. In: Tagungsband des Abschluss-Symposiums zum DFG-Sonderforschungsbereich 477, Braunschweig, 2010, herunterladbar unter: www.sfb477.tu-bs.de/Tagungsband_Symposium_2010.pdf Tagungsband

Wiese, S.: Faseroptische chemische Sensoren zur Überwachung von Betonbauwerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2001.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

24.14 Bestimmung der Oberflächenfeuchte und der Wahrscheinlichkeit einer Betauung einer Oberfläche

Zur Bestimmung der Oberflächenfeuchte von Bauteilen kann diese mit einem trockenen, weichen, kapillaraktiven Material durch Andrücken aufgenommen und durch Wägung des trockenen und befeuchteten Materials bestimmt werden. Geeignet sind z. B. Zellstoffmatten. Mit dem Verfahren konnte von Krus und Fitz der zeitabhängige Verlauf der Oberflächenfeuchte verschiedener Beschichtungen untersucht werden (siehe Krus, M.; Fitz, C.: Vergleich unterschiedlicher Messverfahren zur Erfassung der Oberflächenfeuchte von Putzfassaden, Berichtsband zum Workshop Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis, S. 119–126, Aedificatio-Verlag, 2007, ISBN 978-3-931681-91-3).

Ein anderes Verfahren zur Feuchtebestimmung von Stahloberflächen ist beschrieben in DIN EN ISO 8502-8. Das Wasser wird mit einem Lösungsmittel von der Oberfläche abgenommen und der Wasseranteil im Lösungsmittel mit einem Refraktometer bestimmt. Die Wahrscheinlichkeit der Betauung einer Stahloberfläche kann nach DIN EN ISO 8502-4 ermittelt werden.

24.15 Messung der Oberflächenfeuchte von Körnungen mit dichtem Gefüge nach Thaulow

Die Oberflächenfeuchte dichter Körnungen kann mit Hilfe von **Pyknometermessungen** der oberflächentrockenen Körnung und der feuchten Körnung ermittelt werden. Benötigt wird dazu:

- die Masse des Messtopfs mit feuchter Gesteinskörnung, Wasserfüllung und Abdeckplatte m_1
- die Masse des Messtopfs mit oberflächentrockener Gesteinskörnung, Wasserfüllung und Abdeckplatte m_2
- die Masse des Messtopfs mit Wasserfüllung und Abdeckplatte m_3

Als Messtopf kann beispielsweise der **Luftporentopf** verwendet werden. Die Abdeckplatte auf dem Topf ist notwendig, um ein definiertes Volumen im Topf zu erreichen. Sie muss aus Glas sein, um noch eingeschlossene Luftblasen sehen zu können. Die auf die Trockenmasse bezogene Oberflächenfeuchte u in M.-% berechnet sich dann zu:

$$u = (1 - \frac{m_1 - m_3}{m_2 - m_3}) \cdot 100$$

Gl. 60

Eine Prüfvorschrift kann entnommen werden aus: Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

25 Untersuchung von Wärme-, Feuchte- und Stofftransporteigenschaften

25.1 Allgemeines

Die Untersuchung von Wärme-, Feuchte- und Stofftransportkenngrößen sowie Größen zur Beschreibung des Feuchtezustandes von Baustoffen bzw. Bauteilen (s. Kap. 24 und 26) sind für die mit mangelndem Feuchteschutz verbundene **Gesundheitsgefährdung** der Nutzer eines Gebäudes, die **Dauerhaftigkeit** sowie den Wärmeschutz und den Energieverbrauch von großer Bedeutung. Sie sind auch wichtige Eingangsgrößen für entsprechende **Simulationsberechnungen**.

Wichtig für die Ermittlung von **Transportkenngrößen** ist es jegliche Überlagerung verschiedener Transportprozesse zu vermeiden, die Temperaturabhängigkeit aller Transportparameter zu beachten und sinnvolle Mindestprobenabmessung einzuhalten. So kann man an einem Beton mit 16 mm Größtkorn keine Transportparameter mittels 1 cm Scheiben messen, da die Kontaktzone um die großen Zuschlagkörner die Transporte durch die Scheibe dominiert. Die kleinste Probenabmessung sollte wie bei der Prüfung des mechanischen Verhaltens mindestens das dreifache, besser das fünffache des Größtkorndurchmessers betragen.

Von Vorteil bei allen Messungen von Transportparametern ist es, wenn man die Transportprozesse bei der Versuchsdurchführung auf den Fall rein eindimensionalen Transports beschränkt, auch wenn dies nicht immer unbedingt notwendig ist. Lagert man beispielsweise zur instationären Bestimmung eines **Ionendiffusionskoeffizienten** Scheiben mit deutlich größerem Durchmesser als die Dicke in eine Lösung ein und analysiert nur den Bereich aus dem Zentrum der Scheibe, kann man auch ohne seitliche Abdichtung von einem eindimensionalen Transport ausgehen. Begriffe des Stofftransportes werden definiert in DIN EN ISO 9346.

25.2 Diffusion

25.2.1 Allgemeines

Die Bestimmung von **Diffusionskoeffizienten** kann mit Hilfe verschiedener Versuchstechniken erfolgen. Allgemein unterscheidet man stationäre Methoden und instationäre Methoden. Bei **stationären Methoden** bringt man die Probe zwischen zwei unterschiedliche Medien, die einen Diffusionsprozess hervorrufen und deren Zusammensetzung sich näherungsweise nicht verändert. Nachdem sich ein zeitlich konstanter, eindimensionaler Diffusionsstrom durch die Probe eingestellt hat, das heißt ein stationärer Zustand erreicht wurde, wird die Diffusionsstromdichte gemessen. Daraus wird nach dem **1. Fick´schen Gesetz** der Diffusionskoeffizent bestimmt:

$$J = -D \cdot \frac{\partial c}{\partial x}$$

Gl. 61

Dabei bedeuten:

J – Diffusionsstromdichte

D – Diffusionskoeffizient

$\delta c/\delta x$ – Konzentrationsgradient

Diffusionsprozesse sind in der Regel langsame Prozesse. Stationäre Diffusionsexperimente sind daher zum Teil sehr langwierig. Schnellere Ergebnisse können ggf. mittels **instationärer Versuche** erzielt werden. Dazu lagert man die Probe, ausgehend von einem Gleichgewichtszustand, um in ein Medium das den interessierenden Stoff enthält und analysiert, wie dieser Stoff zeitabhängig in die Probe eindringt. Wichtig ist dabei, dass durch die Vorlagerung der Probe und die Auswahl der umgebenden Medien andere

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Transportprozesse und Veränderungen der Probe ausgeschlossen sind. Das zeitabhängige Eindringen des Stoffes wird dann nach dem **2. Fick´schen Gesetz** ausgewertet, was durch entsprechende numerische Programme erleichtert wird.

25.2.2 Gasdiffusion

Diffusionsprozesse von Gasen werden durch Partialdruckgradienten angetrieben. Wichtige Gasdiffusionsprozesse im Bauwesen sind die **Wasserdampfdiffusion** (Bauphysik – Feuchteschutz) und die **CO_2-Diffusion** (Carbonatisierung) durch poröse Baustoffe. Wichtige Kenngrößen zur Beschreibung von Gasdiffusionseigenschaften sind neben den **Diffusionskoeffizienten**, die **Diffusionsleitkoeffizienten**, die **Diffusions-Widerstandszahl** und die **äquivalente Luftschichtdichte** für das entsprechende Gas (in der Regel wird Wasserdampf betrachtet). Diese Größen sind wie folgt definiert. Neben dem Vergleich mit Anforderungen aus entsprechenden Produktnormen werden sie für Transportberechnungen benötigt:

$$g = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$ Gl. 62

$$g = -\delta_v \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$ Gl. 63

$$\mu = \frac{D_L}{\delta_v}$$ Gl. 64

$$s_d = \mu \cdot d$$ Gl. 65

Dabei sind:

g	– Massenstromdichte
D	– Diffusionskoeffizient
δ_v	– Diffusionsleitkoeffizient im porösen Stoff bezogen auf die volumenbezogene Luftfeuchte (bei Wasserdampf)
Δc/Δx	– Konzentrationsgefälle über der relevanten Strecke, bei Wasserdampf ist c die volumenbezogene Luftfeuchte
D_L	– Diffusionskoeffizient in Luft
μ	– Diffusionswiderstandszahl
s_d	– äquivalente Luftschichtdicke
d	– Probendicke

Gasdiffusionsmessungen werden hauptsächlich als stationäre Messungen durchgeführt, die solange weiter geführt werden, bis sich ein konstanter Diffusionsstrom eingestellt hat. Zur Ermittlung der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl wird das Probenmaterial in Form einer Scheibe zwischen zwei Konstantklimata eingebracht, die eine unterschiedliche relative Luftfeuchte haben. Man unterscheidet dabei in der Regel den feuchten Bereich (50 und 93 %, **wet cup**) und den trockenen Bereich (nahezu 0 bzw. 11 % und 50 %, **dry cup**), wobei je nach Material und Fragestellung auch andere Luftfeuchten gebräuchlich sind.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Für die Erzeugung von 50 % relativer Luftfeuchte nutzt man in der Regel einen Klimaraum der bei 50 % relativer Feuchte betrieben wird. Die Einstellung von ca. 93 % relativer Feuchte erfolgt durch gesättigte Kaliumnitratlösung (93,2 % relative Luftfeuchte bei 20 °C), die Einstellung von nahezu 0 % mit Hilfe des Gasraums über einem Trockenmittel und die Einstellung einer etwas höheren Luftfeuchte durch gesättigte Lithiumchloridlösung (12,4 % relative Luftfeuchte bei 20 °C). Die Diffusion kann dann über die Wägung des Behälters mit der Probe und der **Feuchtelösung** bzw. dem Trockenmittel verfolgt werden.

Die Luftschichtdicke im Prüfgefäß und Luftdruckschwankungen können das Ergebniss beeinflussen. Nicht selbsttragende Beschichtungen werden auf einem porösen Substrat geprüft, dessen Eigenschaften in der Auswertung berücksichtigt werden.

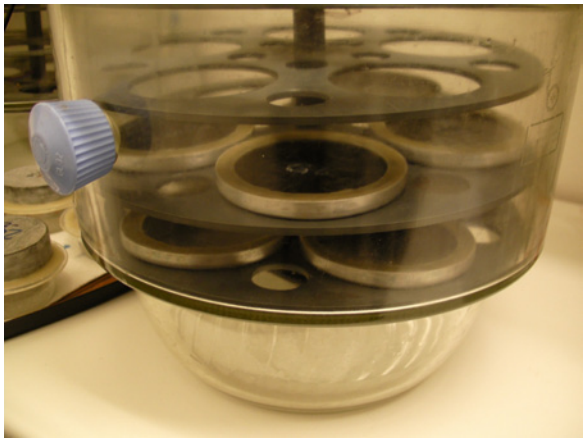


Abb. 257 Untersuchung der Wasserdampfdiffusion an Abdichtungsbahnen zwischen 0 und 75 % relativer Luftfeuchte nach DIN EN 1931. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Eine höhere Auflösung bei der Messung der feuchteabhängigen Wasserdampfdiffusion kann mit Feuchtelösungen auf beiden Seiten der Probe, oder einer Feuchtelösung auf einer Seite der Probe und dem Klima eines regelbaren Klimaschranks auf der anderen Seite realisiert werden. Feuchtelösungen werden in Kap. 10.2 beschrieben. Als Grundlage für die Prüfung der Kennwerte der Wasserdampfdiffusion kann DIN EN ISO 7783, DIN ISO 12572, DIN EN 13469 (Rohrdämmstoffe) oder DIN 53122-1 (Flächengebilde) herangezogen werden.

Daneben sind noch der **Wasserdampf-Diffusionsdurchlasskoeffizient** und die **Wasserdampfdurchlässigkeit** von Bedeutung, die ebenso mit den oben beschriebenen Versuchen ermittelt werden können. Sie werden bei Porenbeton nach DIN EN 772-15 und bei Putzmörteln nach DIN EN 1015-19 bestimmt. Die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Abdichtungsbahnen erfolgt nach DIN EN 1931 unter Nutzung der beiden Prüfbedingungen 23 °C / 75 % r. F. und 23 °C / 0 % r. F. Die Ermittlung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Wärmedämmstoffen ist beschrieben in DIN EN 12086.

Einen anderen Weg zur Messung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Kunststoff-Flächengebilden geht DIN EN ISO 15106. In den dort beschriebenen Versuchen bildet die Probe die Trennwand zwischen einer trockenen und einer feuchten Kammer. Entweder wird der zeitliche Anstieg der relativen Luftfeuchte in der trockenen Kammer mit einem Feuchtesensor gemessen oder der hindurchgetretene Wasserdampf wird mit einem Infrarotsensor analysiert oder mit einer Elektrolysezelle. Die ersten beiden Verfahren erfordern einen Referenzprobekörper mit bekannter Wasserdampfdurchlässigkeit. Alle drei Verfahren sind schnelle Messverfahren.

Die Messung von CO_2 Diffusion erfolgt, in dem man auf der einen Seite der Probe einen konstanten CO_2 Partialdruck erzeugt und auf der anderen Seite mit Hilfe eines CO_2-Absorptionsmittels (**Natronkalk**, ein Gemisch aus Natriumhydroxid und Calciumhydroxid) einen CO_2-Partialdruck von nahezu Null. Die Diffusion wird durch Wägung des Behälters mit der Probe und dem Absorptionsmittel verfolgt, bis sich eine stationäre Gasdiffusion einstellt **(gravimetrisches Verfahren)**. Bei dieser Methode kann nur mit trockenem Gas gearbeitet werden, da CO_2-Absorptionsmittel auch Feuchte aus der Luft aufnehmen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Alternativ kann auf den beiden Seiten der Probe ein Gasstrom vorübergeleitet werden. Auf der einen Seite stellt man einen konstanten CO_2 Partialdruck ein, auf der anderen Seite detektiert man die durch die Probe hindurchgetretene Gasmenge **(Trägergasverfahren)**. Bei diesem Verfahren kann auch mit Gas mit einem Anteil an Wasserdampf geprüft werden.

Als Grundlage für die Prüfung der Kennwerte der CO_2-Diffusion kann die DIN EN 1062-6 für Beschichtungsstoffe verwendet werden. Diese Norm enthält auch Hinweise zum Abdichten von Messzellen mit Wachs. Analog zur Wasserdampfdiffussion kann eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke und eine Diffusions-Widerstandszahl definiert werden.

Wenn die Diffusion dünner Schichten von Beschichtungsstoffen nicht am freien Film untersucht werden kann, wird das Material auf einen Untergrund aufgetragen. Dann untersucht man zuerst eine unbeschichtete Probe des Untergrundes und anschließend die beschichtete Probe. Die Diffusionseigenschaften der Schicht ergeben sich als Differenz aus beiden Messungen. Als Untergründe werden zum einen Glasfritten verwendet, zum anderen Scheiben aus dem Baustoff, auf dem die Beschichtung tatsächlich angewendet wird. Wenn die Beschichtung bei der Anwendung mit dem Untergrund reagiert, ist es notwendig, die Beschichtung auf diesem Untergrund zu prüfen.

Die Diffusions-Widerstandszahl von CO_2 und anderer Gase steigt mit zunehmender Feuchte, da das Porensystem zunehmend durch flüssiges Wasser blockiert wird. Dies gilt im Grunde genommen auch für H_2O-Gas. Bei der Messung kann man jedoch den H_2O-Gas- und Flüssigtransport (Kapillartransport) nicht unterscheiden. Da der Flüssigtransport mit zunehmender Feuchte stark zunimmt, fällt der Messwert der Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl mit zunehmender Feuchte aufgrund der Überlagerung mit dem Flüssigtransport.

25.2.3 Diffusion gelöster Teilchen

Diffusionsprozesse von in einer Flüssigkeit gelösten Teilchen beruhen auf Konzentrationsgradienten. Diffundieren können dabei sowohl gelöste Ionen als auch Neutralteilchen. Wichtige Beispiele für das Bauwesen sind die Diffusion von Cl^-, SO_4^{2-}, Na^+ oder K^+. Da viele Ionen, z. B. auch das Cl^-, in einem **zementgebundenen Baustoff** während eines Diffusionsversuchs auch teilweise chemisch gebunden werden, ist häufig nur ein **effektiver Diffusionskoeffizient** direkt bestimmbar, der durch Reaktions- und Adsorptionsprozesse beeinflusst ist.

Diffusionskoeffizienten gelöster Teilchen werden in der Regel am gesättigten Baustoff gemessen, da jede Abweichung von der Sättigung bei Kontakt mit einer Lösung zusätzliche kapillare Transportprozesse auslöst. Lösungen nur eines Ions gibt es nicht. Es sind immer mindestens ein Kation und ein Anion vorhanden. Alle gelösten Teilchen diffundieren unterschiedlich schnell. Durch die unterschiedliche Geschwindigkeit der verschiedenen Ionen kommt es zu einer Ladungstrennung und zum Aufbau eines **Diffusionspotentials**, das die schnellen Ionen abbremst und die langsameren beschleunigt. Diffusionskoeffizienten gelöster Ionen können deshalb immer nur im Zusammenhang mit den anderen diffundierenden Ionen in der Lösung gemessen werden. Diffusionskoeffizienten gelöster Teilchen sind zusätzlich auch konzentrations- und temperaturabhängig.

Bei **Diffusionszellenverfahren** werden auf beiden Seiten der Probe unterschiedlich konzentrierte Lösungen des zu untersuchenden gelösten Teilchens angelegt. Die Konzentrationen in den Lösungen werden durch regelmäßigen Austausch näherungsweise konstant gehalten. Nach Einstellung einer stationären Diffusion kann durch zeitabhängige Analyse der geringen Konzentrationsveränderungen in den Lösungen ein Diffusionskoeffizient ermittelt werden. Bei der Versuchsdurchführung ist insbesondere zu beachten, dass nicht durch ungesättigte Proben oder Absolutdruckunterschiede zwischen beiden Seiten der Probe zusätzliche Transporte durch Kapillarität bzw. Permeation hervorgerufen werden. Stationäre Diffusionsversuche zur Bestimmung von Diffusionskoeffizienten gelöster Teilchen können u. U. sehr lange dauern, sind aber verhältnismäßig zuverlässig.

Schneller erhält man ein Ergebnis, indem man eine wassergesättigte Probe in eine Lösung der interessierenden Spezies eintaucht und das sich einstellende Konzentrationsprofil zeitabhängig analysiert (instationärer Versuch, siehe z. B. Kap. 13.5.11). Dies ist in der Regel nur zerstörend möglich. Deshalb muss ein

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

solcher Versuch mit einem ganzen Satz gleichartiger Proben gestartet werden. Rechnet man diesen Versuch mit unterschiedlichen Diffusionskoeffizienten auf der Grundlage des 2. Fickschen Gesetzes nach, kann man auf diese Art und Weise den Diffusionskoeffizienten bestimmen. Dies kann beispielsweise mit dem Programm Transreac (siehe Kap. 31.2) geschehen. Erleichtert wird diese Auswertung dadurch, dass bei instationären Messungen des Diffusionskoeffizienten nur die zeitabhängige Form des Konzentrationsprofils, insbesondere die Eindringtiefe des diffundierenden Stoffes, für die Bestimmung des Diffusionskoeffizienten benötigt wird, nicht aber absolute Konzentrationen.

Normprüfungen zum diffusiven Eindringen von Chloriden in Beton sind Inhalt der DIN EN 13396 und DIN CEN/TS 12390-11. Auf diese Prüfungen wird in Kap. 29.26.3 eingegangen.

Eine weitere Möglichkeit zur beschleunigten Bestimmung von Diffusionskoeffizienten gelöster Ionen liegt darin, die Bewegung dieser Ionen durch eine Probe im elektrischen Feld zu untersuchen. Der so messbare **Migrationskoeffizient** kann in einen Diffusionskoeffizienten umgerechnet werden. Die theoretische Grundlage für den diffusiven Stofftransport in Lösungen (Extended Nernst-Planck- Modell), die Zusammenhänge zwischen den Größen Migrationskoeffizient, Diffusionskoeffizient, **Tortuosität** und Diffusionswiderstandszahl sowie ein experimentelles Messverfahren werden dargestellt von:

Gunstmann, C.: Rechnerische Simulation von Säurekorrosionsprozessen zementgebundener Materialien, Dissertation TU Hamburg-Harburg, 2007.

Das von Gunstmann beschriebene Verfahren stellt die flüssigkeitsgesättigte Probe zwischen zwei Lösungen und mißt den entstehenden Strom beim Anlegen einer Spannung an die beiden Lösungen. Das Verfahren verwendet auf beiden Seiten der Probe die gleiche Lösung. Damit werden alle Probleme, die mit dem Einfluss einer unterschiedlichen Lösungsdichte auf beiden Seiten der Probe verbunden sind, vermieden. Auch eine Anlösung der Probe und eine Carbonatisierung der Lösungen muss vermieden werden. Die oben genannten Materialkenngrößen werden rekursiv ermittelt, in dem ein über das Extended Nernst-Planck- Modell berechneter Strom an den experimentell gemessenen Strom angepasst wird.

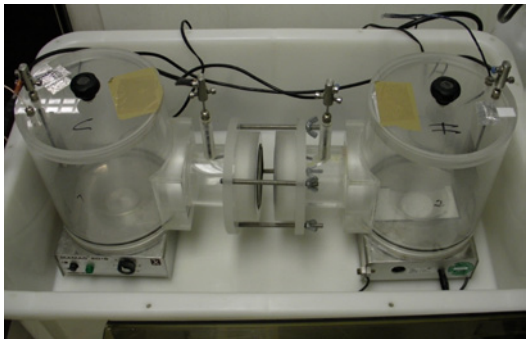


Abb. 258 Anlage zur Schnellprüfung von Chloriddiffusionskoeffizienten in Baustoffen über ein Migrationsverfahren nach Gunstmann. Die Probe wird zwischen die beiden Zellen eingebaut.

Eine weitere Möglichkeit zur experimentellen Bestimmung von Migrationskoeffizienten bietet der sogenannte **Chlorid-Migrationsschnelltest**. Er ist beispielsweise beschrieben in:

Gehlen, C.: Probabilistische Lebensdauerbemessung von Stahlbetonbauwerken: Zuverlässigkeitsbetrachtungen zur wirksamen Vermeidung von Bewehrungskorrosion, Beuth Verlag, Berlin, DAfStb-Heft 510, 2000, sowie im Merkblatt Chlorideindringwiderstand von Beton der Bundesanstalt für Wasserbau, 2004.

In diesem Test dringen durch eine elektrische Spannung Chloridionen in die Probe ein. Die Eindringtiefe wird nach definierter Zeit durch Spalten der Probekörper und Besprühen mit Silbernitratlösung und Kaliumdichromatlösung bzw. Fluorescinlösung und Silbernitratlösung sichtbar gemacht (siehe Kap. 13.2.5). Das Erkennen der Eindringtiefe ist bei diesem Verfahren z. T. nicht einfach. Auf beiden Seiten der Proben befinden sich unterschiedliche Lösungen (KOH sowie KOH und NaCl). Die Versuchsdauer liegt im Bereich von Stunden bis einigen Tagen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Auch der **AASHTO-Test**, beschrieben in den Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing der American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), gehört zu dieser Gruppe. Unter bestimmten Voraussetzungen kann über **Standtests** und die Analyse des Eluats ebenfalls der Diffusionskoeffizient eines gelösten Teilchens in einem Festkörper bestimmt werden (siehe Kap. 15.2).

Schwieriger ist die Ermittlung von Diffusionskoeffizienten gelöster Teilchen im ungesättigten Zustand. In diesem Fall kann man natürlich keine Lösung an die Probe anlegen, da diese kapillar aufgesaugt wird bzw. den Feuchtezustand beeinflusst. Die Probe wird zunächst ins Gleichgewicht zur relativen Luftfeuchte gebracht, bei der die Diffusion gelöster Teilchen untersucht werden soll. Dann kann man auf einer Seite eine leichtlösliche Verbindung des interessierenden Teilchens aufpressen. Die Verbindung sollte die lokalen Feuchtebedingungen möglichst nicht verändern (keine hygroskopische Wirkung bei der gewählten Luftfeuchte). Anschließend kann man über eine zeitabhängige Analyse des Konzentrationsprofils (zerstörende Prüfung – mehrere Proben ansetzen) den Diffusionskoeffizienten über eine numerische Simulation des instationären Versuchs bestimmen, in dem man den Diffusionskoeffizienten in der Berechnung variiert und nach der besten Übereinstimmung sucht.

Möglich ist auch, eine wässrige Lösung des interessierenden Ions kurzzeitig kapillar aufsaugen zu lassen und anschließend bis zur Gleichgewichtsfeuchte zurückzutrocknen. Das sich nach einer gewissen Wartezeit zum Abklingen der kapillaren Transportprozesse einstellende Konzentrationsprofil nimmt man als Ausgangsverteilung, analysiert die zeitliche Veränderung und rechnet diese wiederum mit verschiedenen Diffusionskoeffizienten theoretisch nach.

Andere Verfahren beinhalten nach Meinung des Autors Übergangsprozesse zwischen Probe und benachbarten Materialien, die sich nicht vollständig kontrollieren lassen.

Die Bestimmung von verschiedenen Transportkoeffizienten von Böden und anderen Lockermaterialien ist möglich mit dem sogenannten **DKS-Permeameter**, das am Lehrstuhl für Grundbau und Bodenmechanik der Ruhr-Universität Bochum entwickelt wurde. Dazu gehört auch die Messung von Diffusionskoeffizienten.

Das Permeameter besteht aus mehreren Platten, die aufeinander gesetzt, mit O-Ringen abgedichtet werden und zusammengespannt werden. Durch eine obere und eine untere Strömungskammer, die mit Glaskugeln gefüllt sind, kann Flüssigkeit hindurchgepumpt werden, oder stationär belassen werden. Die Glaskugeln sind punktweise mit Kleberunterschuss miteinander verklebt, damit sie nicht ausgewaschen werden. Die Probe befindet sich dazwischen und ist durch Filterelemente von den Strömungskammern getrennt. Über ein Druckelement kann eine Auflast auf die Probe erzeugt werden. Das Druckelement arbeitet mit Luftdruck. In dem man definierte Lösungen unter gleichem Druck durch die Strömungselemente pumpt oder die stehenden Lösungen regelmäßig austauscht, können Diffusionskoeffizienten gemessen werden. Beim Aufbringen von Differenzdrücken können Permeationskoeffizienten gemessen werden.

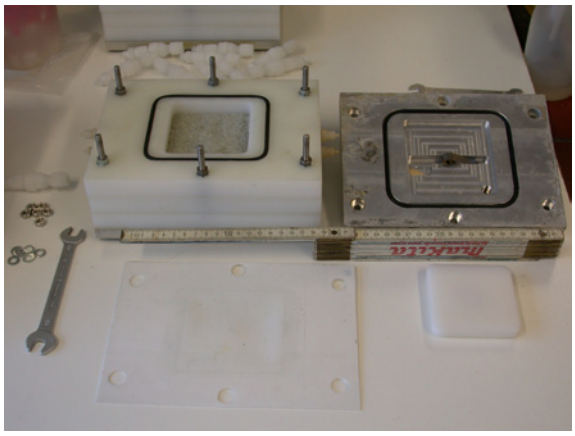


Abb. 259 Geöffnetes DKS-Permeameter. Im linken Teil schaut man auf die Ebene, in die die Probe eingebracht wird. Gerät: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Grundbau, Boden- und Felsmechanik.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

25.3 Kapillare Transportprozesse

Der in der Praxis wichtigste Materialkennwert zur Beschreibung kapillarer Transportprozesse ist der **kapillare Wasseraufnahmekoeffizient w**. Er wird in einem **Saugversuch** geprüft, indem die Probe mit einer definierten Fläche in Kontakt gebracht wird mit Wasser und die zeitabhängige Gewichtszunahme gemessen wird. Er ergibt sich als Steigung der Kurve in einer Auftragung der aufgenommenen Masse des Wassers als Funktion der Wurzel der Zeit.

$$w = \frac{\Delta m}{A \cdot \Delta\sqrt{t}}$$

Gl. 66

Mit:

Δm – Gewichtsveränderung durch Wasseraufnahme
A – Saugfläche
t – Zeit

Zu beachten ist, dass bei zementgebundenen Baustoffen häufig Abweichungen vom linearen Anstieg auftreten und dass bei einigen Baustoffen andere normgemäße Bestimmungsgleichungen verwendet werden, was an den Einheiten dieser Wasseraufnahmekoeffizienten erkennbar ist (DIN EN 772-11 Prüfverfahren für Mauersteine).



Abb. 260 Kapillarer Saugversuch an seitlich abgedichteten Gipsproben (Dreifachbestimmung). Foto: M. Heidmann.

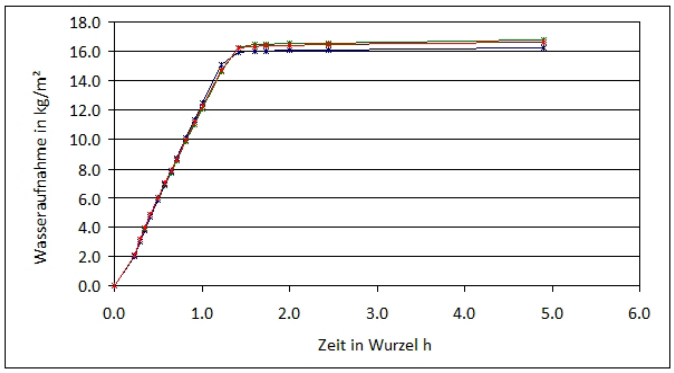


Abb. 261 Verlauf eines kapillaren Saugversuchs mit einem Ziegel bis zur Durchfeuchtung der Probe (Dreifachbestimmung). Graphik: F. Tralow.

Der Wassergehalt der Probe zum Zeitpunkt des Abknickens der Kurve bei Durchfeuchtung der Probe bezeichnet man als **Wasserkapazität**. Die Wasserkapazität ist kleiner als der Sättigungswassergehalt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Trägt man statt der Gewichtszunahme die Steighöhe der Wasserfront als Funktion der Wurzel der Zeit auf, erhält man als Steigung den **Wassereindringkoeffizienten B**.

$$B = \frac{\Delta h}{\Delta \sqrt{t}}$$

Gl. 67

Mit:

Δh – Veränderung der Steighöhe
t – Zeit

Der Wasseraufnahmekoeffizient wird mit steigender Ausgangsfeuchte des Materials immer kleiner. Die Ermittlung des Wasseraufnahmekoeffizienten setzt deshalb in der Regel einen trockenen Probekörper zu Versuchsbeginn voraus. Eine **Trocknung** jedoch kann die Struktur (Rissbildung) und damit den Wasseraufnahmekoeffizienten bereits verfälschen.

Möchte man den Wasseraufnahmekoeffizienten w nicht getrockneter Proben messen, ist die Berechnungsgleichung wie folgt zu modifizieren:

$$w = \frac{\Delta m}{A \cdot (1 - c_0) \cdot \Delta \sqrt{t}}$$

Gl. 68

Mit:

Δm – Gewichtsveränderung durch Wasseraufnahme
A – Saugfläche
t – Zeit
c_0 – Quotient aus Probenfeuchte zu Beginn des Versuchs und Wasserkapazität (0 … 1, einheitslos)

Die Messung des Wassereindringkoeffizienten ist nahezu unabhängig vom Ausgangsfeuchtezustand, in der Praxis aber schwieriger und ungenauer durchführbar.

Bei Kenntnis des Wassereindringkoeffizienten und der Wasserkapazität in Volumenanteilen kann der Wasseraufnahmekoeffizient nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$w = B \cdot \rho_w \cdot \psi$$

Gl. 69

Mit:

w – Wasseraufnahmekoeffizient
B – Wassereindringkoeffizient
ρ_w – Dichte des Wassers
ψ – Wasserkapazität in Volumenanteilen (0 … 1, einheitslos)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Wasserkapazität in Volumenanteilen lässt sich nach folgender Gleichung bestimmen:

$$\psi = \frac{m_f - m_t}{\rho_w} \cdot \frac{\rho_t}{m_t}$$

Gl. 70

Mit:

ψ – Wasserkapazität in Volumenanteilen (0 … 1, einheitslos)
m_f – Feuchtgewicht bei Durchfeuchtung der Probe (beim Erreichen der Wasserkapazität)
m_t – Trockengewicht
ρ_w – Dichte des Wassers
ρ_t – Trockenrohdichte der Probe

Um einen Feuchteaustausch mit der Umgebungsluft bei der Prüfung der kapillaren Wasseraufnahme zu unterbinden wird die Probe in der Regel seitlich abgedichtet, wobei diese Abdichtung umso wichtiger wird, je kleiner die kapillare Wasseraufnahme ist. Bei transparenter Abdichtung bleibt die Steighöhe häufig beobachtbar. Kapillare Saugversuche können selbstverständlich auch mit anderen Flüssigkeiten durchgeführt werden, wobei bei flüchtigen organischen Lösungsmitteln die seitliche Abdichtung der Proben besonders wichtig wird.

Eine allgemeine Prüfvorschrift zur Messung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei seitlich abgedichtetem Probekörper, die auch auf die Grundlagen des kapillaren Wassertransports eingeht, ist in DIN EN ISO 15148 enthalten. Eine Prüfung kann auch nach DIN EN 13057 (Instandsetzungsprodukte) erfolgen, wobei die Norm von **Sorptionskoeffizient** spricht und nicht von kapillarem Wasseraufnahmekoeffizient und insofern missverständlich ist. Eine seitliche Abdichtung der Proben ist nicht vorgesehen.

DIN EN 1062-3 nutzt einen kapillaren Saugversuch an einer beschichtenen Baustoffprobe, um eine **Wasserdurchlässigkeit** der Beschichtung zu prüfen. DIN EN 772-11 beschreibt die Messung der Wasseraufnahme von Steinen aus Beton, Porenbeton, Naturstein und Ziegel, wobei keine seitliche Abdichtung der Proben vorgesehen ist. DIN EN 1925 beschreibt die Bestimmung des kapillaren Wasseraufnahmekoeffizienten für Naturstein. Auch in diesem Fall ist keine seitliche Abdichtung vorgesehen. DIN EN 1015-18 beschreibt die Bestimmung eines Koeffizienten der kapillaren Wasseraufnahme von Mörtel mit Hilfe einer 2-Punkt Messung.

Die Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme kann auch nach DIN EN 480-5 (Zusatzmittel) erfolgen, wobei diese Norm keine Bestimmung des kapillaren Wasseraufnahmekoeffizienten vorsieht.

Zur Beurteilung des Wassersaugens am Bauwerk wird z. B. der **Wassereindringprüfer nach Karsten (Karstensches Prüfröhrchen)**, **Prüfröhrchen nach Pleyers**, die **WA-Platte nach Franke** oder der sogenannte **ISAT-Test** nach BS 1881-208 verwendet. Die WA-Platte nach Franke deckt einen größeren Bereich von Stein und Fuge ab. Informationen zu dem Verfahren sind erhältlich vom Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg. Die Prüfanweisung für diese Platte steht unter www.tu-harburg.de/t3resources/bp/PDF/WAPruefplatteneu.pdf

Das bekannte Karstensche Prüfröhrchen erlaubt eine Messung auf Stein oder Fuge. Die Prüfanweisung für dieses Messverfahren steht in: Karsten, R.: Bauchemie, C.F.-Müller Verlag, Heidelberg, 2003. Beim Prüfröhrchen nach Pleyers wird eine innere Messfläche von einem äußeren, ebenfalls wassergefüllten Ring umgeben, dessen Wasserverlust nicht mit berücksichtigt wird. Dadurch kommt es zu einer nahezu eindimensionalen Wasserbewegung im Baustoff unter der Messfläche. Wie beim Karstenschen Prüfröhrchen sind diese Prüfröhrchen sowohl für waagerechte als auch für senkrechte Bauteile erhältlich.

Bei der Anwendung dieser Prüfverfahren am Bauwerk ist zu beachten, dass der Feuchtezustand im Allgemeinen nur unzureichend bekannt ist und deshalb kein Wasseraufnahmekoeffizient bestimmt werden kann. Man vergleicht den Messwert mit empirisch gewonnenen Vergleichswerten, die in den Prüfanweisungen angegeben sind. Zum Ankleben hat sich der Karroseriedichtstoff Terostat IX, TEROSON bewährt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Ein Verfahren zur Ermittlung der **Wassersaughöhe** von Gesteinskörnungen ist enthalten in DIN EN 1097-10.

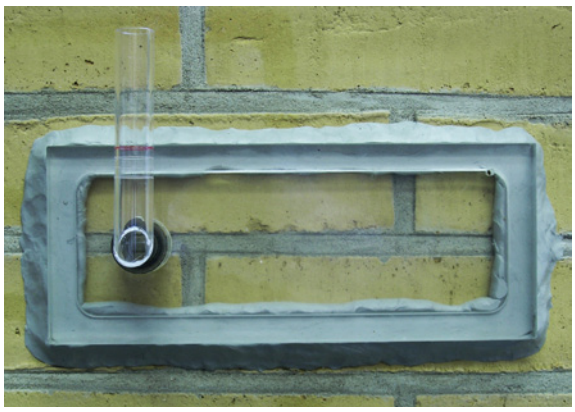


Abb. 262 WA-Platte nach Franke. Foto: F. Tralow.



Abb. 263 Karstensches Prüfröhrchen. Foto: F. Tralow.

25.4 Feuchtetransport in Polymeren

Polymere ohne ausgeprägte Porosität nehmen in der Regel Wasser auf, in dem sie unter Quellen die Wassermoleküle zwischen die Polymermoleküle einlagern **(Lösungsdiffusion)**. Viele Polymere zeigen eine Wasseraufnahme die ganz analog zur kapillaren Wasseraufnahme über ein Wurzel-Zeit-Gesetz beschrieben werden kann. Diese Wasseraufnahme wird als Wasserdurchlässigkeit bezeichnet, der Werkstoffkennwert als **Wasserdurchlässigkeitsrate**. Andererseits kann man die Wasseraufnahme vieler Polymere über ein Diffusionsgesetz beschrieben. DIN EN ISO 62 gibt Hinweise zur Ermittlung entsprechender **Diffusionskoeffizienten**.

25.5 Strömungsprozesse von Flüssigkeiten und Gasen sowie Dichtigkeitsprüfung

25.5.1 Permeabilitätsuntersuchungen

Strömungsprozesse von Flüssigkeiten oder Gasen in porösen Stoffen beruhen auf einem Absolutdruckgradienten. Wichtige Kenngröße ist der **Permeabilitätskoeffizient** bei laminarer Strömung **(Darcy-Ge-**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

setz). Er wird gemessen, indem die Probe in einen entsprechenden Druckgradienten gebracht wird und der Transport zeitabhängig verfolgt wird. Dabei ist darauf zu achten, dass die Strömung im laminaren Bereich bleibt. Dies wird überprüft, in dem die Strömung bei verschiedenen Druckstufen gemessen und auf einen linearen Zusammenhang zwischen Strömung und Druck hin untersucht wird. Bei sehr dichten Materialien kann es unmöglich werden innerhalb vertretbarer Zeiträume einen stationären Fluß zu erhalten. In diesem Fall können Kenngrößen der Permeabilität durch Anlegen von Druckstößen und Auswertung des Druckabfalls ermittelt werden. Bei nichtporösen Stoffen kann eine Permeation über einen Lösungsprozess erfolgen, der anders beschrieben werden muss, siehe z. B. unter:

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag München, 1996.

Zementgebundene Baustoffe zeigen bei der Permeabilitätsprüfung mit nichtkorrosiven wässrigen Lösungen eine starke Veringerung der Permeabilität, die auf Nachhydratation, Quelleffekte u. a. zurückzuführen ist. Alle Prüfungen der **Gaspermeabilität** sind außerdem sehr stark abhängig vom Feuchtegehalt der Proben, da nur trockene Poren durchströmt werden können.

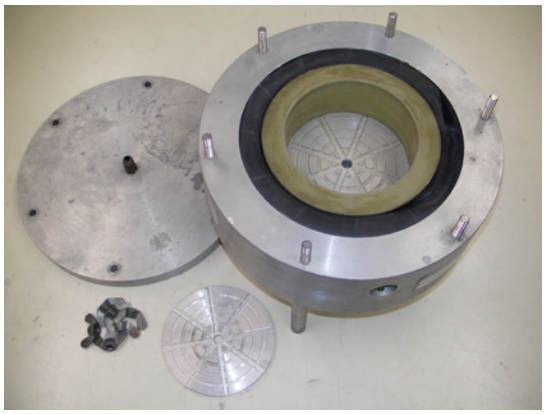


Abb. 264 Geöffnete Apparatur zur Messung der Gaspermeabilität **(RILEM Cembureau Methode)**. Die zylinderförmige Probe wird in die graue Kunststoff-Manschette eingesetzt, seitlich durch Aufpumpen eines Schlauches abgedichtet und dann durchströmt. Das Gerät ist beschrieben in Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Es existiert auch eine große Anzahl von Bauwerksprüfverfahren für die Gaspermeabilität, die eine Einschätzung eines Bauteils im Hinblick auf die Dichtigkeit des oberflächennahen Betons erlauben. Beispiele sind die Verfahren nach **Schönlin/Hilsdorf**, nach **Paulmann**, nach **Torrent** und nach **Figg**. Einen guten Überblick über diese Verfahren gibt die folgende Literatur, die auch im Hinblick auf andere Transportprozesse in **Beton** eine hervorragende Quelle ist:

Kropp, J.; Hilsdorf, H.K. (ed.): Performance criteria for concrete durability, RILEM Report 12, E&FN Spon, London, 1992.

Am praktikabelsten ist das Verfahren nach Torrent, da es zerstörungsfrei ist und nicht nur die Ermittlung eines Permeabilitätsmaßes, sondern die Bestimmung des Permeabilitätskoeffizienten am Bauwerk erlaubt. Mit einer Zwei-Kammer Saugglocke wird ein Vakuum an die Bauteiloberfläche angelegt und die Strömung ermittelt. Das Torrent-Verfahren wird meist verbunden mit einer **Feuchtemessung**, um den Einfluss der Feuchte auf den Permeabilitätskoeffizienten zu korrigieren. Das Torrent Verfahren ist Bestandteil der Richtlinie SIA 262/1 bzw. der Schweizer Norm SN 505262/1.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

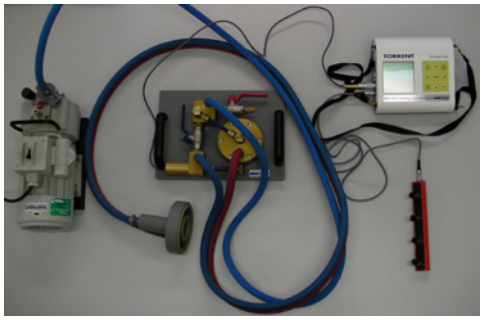


Abb. 265 Aufbau des Torrent-Messverfahrens. Links die Vakuumpumpe, in der Mitte unten die Saugglocke mit zwei Kammern, wobei nur die mittlere für die Messung verwendet wird, rechts unten eine Wenner-Sonde zur Feuchtigkeitsmessung des Betons. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Eine interessante Entwicklung ist das Sensorsystem Atmoperm, da es ohne künstliche Gasdruckquellen oder -senken auskommt. Es nutzt die natürlichen Veränderungen des Luftdrucks am Untersuchungsobjekt. Gemessen wird der Luftdruck im Inneren des Betons sowie außerhalb des Bauteils und deren Veränderung. Dieses System ist damit besonders zum Online-Monitoring geeignet und kann z. B. zur Bestimmung der Betonpermeabilität eingesetzt werden. Das Verfahren ist im Detail beschrieben in:

Bruder, S.: Adaptives Modell der Dauerhaftigkeit im Zuge der Überwachung von Betonbauwerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2006, auch als Heft 196 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, 2007, ISBN 978-3-89288-178-0.

Die Messung der Permeabilität bei gleichzeitig einstellbarem Manteldruck bei Festkörpern und Böden ist beschrieben in DIN 18130-1 und kann z. B. mit einer **Triaxialzelle** erfolgen. Permeabilitäten von Lockermaterial ohne Manteldruck können auch mit dem **DKS-Permeameter** gemessen werden (s. Kap. 25.2.3). Die Prüfung der Wasserdurchlässigkeit von Geopolymeren erfolgt nach DIN 60500-4 oder DIN 60500-8 unter definierter Auflast. Ein Prüfvorschrift zur Messung der Gasdurchlässigkeit feuerfester Erzeugnisse ist in DIN EN 993-4 angegeben. Die Messung des **Strömungswiderstandes** von Materialien für akustische Anwendungen ist Gegenstand der DIN EN 29053 bzw. ISO 9053 und wird für die Bestimmung der **dynamischen Steifigkeit** benötigt.

25.5.2 Wasserundurchlässigkeitsprüfung (WU-Prüfung)

Die Prüfung der **Betondichtigkeit** erfolgt meist durch die Wasserundurchlässigkeitsprüfung (WU-Prüfung) an gesondert hergestellten Probekörpern oder Bohrkernscheiben mit einem Mindestdurchmesser oder -kantenlänge von 15 cm, unter äußerem Wasserdruck (**Wasserplatten** 20 × 20 × 12 cm^3). Die Wasserbeaufschlagung erfolgt über 72 Stunden mit 500 kPa. Die Ermittlung der Wassereindringtiefe erfolgt **visuell** nach Spalten der Probe. Das Prüfverfahren ist beschrieben in DIN EN 12390-8. Das Verfahren ist auch in DIN 1048-5 enthalten. Die gleiche Prüfapparatur wird benutzt, um die **Wasserdurchlässigkeit** von **Mauerwerk-Verbundproben** nach der Hamburger Sielbaurichtlinie zu prüfen **(Dichtigkeit)**.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

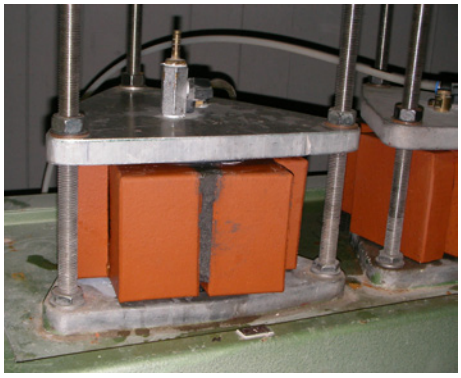


Abb. 266 Prüfung der Wasserdurchlässigkeit von Mauerwerk-Verbundproben nach der Hamburger Sielbaurichtlinie.

25.5.3 Untersuchung der Wasserundurchlässigkeit von Materialien zur Dacheindeckung und von Abdichtungsstoffen

Die Untersuchung der Wasserundurchlässigkeit von Dach- und Formsteinen aus Beton nach DIN EN 491 beinhaltet das Aufbringen einer Wassermenge auf der Oberseite des Probekörpers und eine Untersuchung, ob es innerhalb eines definierten Zeiraums zu einem Abtropfen von Wasser kommt. Ähnlich wird auch bei der Prüfung von Faserzement-Wellplatten nach DIN EN 494 und Faserzement-Dachplatten nach DIN EN 492 vorgegangen.

Bei der Prüfung von Dachziegeln nach DIN EN 539-1 wird entweder die Durchlässigkeit gegenüber Wasser bei einem Wasserdruck von 10 cm Höhe oder die Zeitdauer bis zum Abtropfen von Wasser von der Unterseite der Ziegel gemessen. Daraus wird ein **Undurchlässigkeitsfaktor IF** bzw. ein **Undurchlässigkeitskoeffizient IC** berechnet.

Abdichtungsbahnen werden nach DIN EN 1928 je nach Anwendungsbereich entweder einem Wasserdruck von bis zu 60 kPa bei vollflächiger Auflagerung oder einem festzulegenden Prüfdruck ohne vollflächige Auflagerung ausgesetzt **(Schlitzdruckprüfung)**. Es darf kein Wasser durch die Probe hindurchdringen. Eine Schlitzdruckprüfung wird auch angewandt bei der Bestimmung des Widerstandes von Abdichtungsbahnen gegen Wasserdruck nach vorhergehender **Perforationsbeanpruchung** durch ein Fallgewicht nach DIN EN 14694.

Unterdeck- und Unterspannbahnen werden nach DIN EN 13111 dem Wasserdruck einer Wassersäule ausgesetzt und die während 3 h hindurchgetretene Wassermenge ermittelt.



Abb. 267 Schlitzdruckprüfung. Linkes Gerät geschlossen, rechtes offen. Die Probe wird unter die im rechten Gerät sichtbare geschlitzte Platte gelegt und von unten mit Wasserdruck beaufschlagt. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Eine Funktionsprüfung von Systemen zur **Abdichtung im Verbund mit Platten und Fliesen** sowie von **Fugenabdichtungen** nach den Prüfgrundsätze zur Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen für Übergänge von Bauwerksabdichtungen auf Bauteile aus Beton mit hohem Wasserein-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

dringwiderstand (PG-ÜBB) erfordert die Herstellung eines ensprechend ausgerüsteten Probekörpers und eine Prüfung auf Wasserdichtigkeit bei druckloser Wasserfüllung bzw. bei 5 bar Druck.



Abb. 268 Prüfung der Wasserdichtigkeit einer Fugenabdichtung mit definierter Breite zwischen einer Betonbodenplatte und einem Betonaufsatz unter 5 bar Druck. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

25.5.4 Prüfung der Wasser- und Luftdichtigkeit von Rohrsystemen

Die Prüfung der Wasserdichtigkeit von Entwässerungsgegenständen aus Beton nach DIN 4281 erfolgt, in dem der Prüfgegenstand mit Wasser befüllt wird und das Absinken des Wasserspiegels beurteilt wird. Die Prüfung der Dichtigkeit von Steinzeugrohrsystemen nach DIN EN 295-3 erfolgt bei einem Wasserdruck von 0,5 bar. Untersucht werden Undichtigkeiten und die zur Aufrechterhaltung des Drucks notwendige Wassermenge. In dieser Norm ist auch ein Verfahren zur Prüfung der Luftdichtigkeit angegeben.

Die Prüfung der Dichtigkeit von Rohren aus Beton und deren Verbindungen ist beschrieben in DIN EN 1916, die Prüfung von Schächten aus Beton in DIN EN 1917. Geprüft wird bei einem Druck von bis zu 0,5 bar auf Undichtigkeiten. Die Dichtigkeitsprüfung von Rohren und Formstücken aus glasfaserverstärkten Kunststoffen durch Aufbringen eines Kurzzeit-Innendrucks ist Gegenstand der DIN EN 1229.

25.5.5 Prüfung des Eindringens wassergefährdender Stoffe in Beton

Untersuchungen nach der DAfStb-Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen zielen darauf ab zu prüfen, ob ein Bauteil aus einem entsprechenden Beton in der Lage ist, ein Durchdringen der Flüssigkeit während eines Zeitraums von 72 Stunden zu verhindern. Experimentelle Untersuchungen sind notwendig für sogenannte **FDE-Betone** (Flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung) und **FDE-Dichtschichten** (Flüssigkeitsdichte nichttragenden Dichtschicht nach Eindringprüfung). Dabei wird die Eindringtiefe von n-Hexan und Dichlormethan nach definierter Vorlagerung und damit verbundener Austrocknung von Bohrkernen überprüft.

25.5.6 Prüfung der Dichtigkeit von Dichtungen im Tunnelbau

Die Prüfung der Wasserdichtigkeit von Dichtungen im Tunnelbau kann auf der Grundlage der Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Dichtungsprofile (TL/TP DP) erfolgen. Dazu werden verschiedene geometrische Nutformen im Labor nachgebildet und bei verschiedenen Wasserdrücken auf Dichtigkeit geprüft.

25.5.7 Untersuchung der Wasserdichtheit injizierter Risse

Die Prüfung der Wasserdichtheit injizierter Risse nach DIN EN 14068 erfolgt, in dem Betonzylinder gespalten werden und ein Riss von 1 mm Breite eingestellt wird, der unter definierten Randbedingungen injiziert wird. Anschließend werden die Probekörper mit Druckwasser beaufschlagt und die Wasserdichtheit untersucht.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

25.5.8 Prüfung der Durchlässigkeit von Asphalt

Die Prüfung der Durchlässigkeit von Probekörpern aus Asphalt nach DIN EN 12697-19 erfolgt mit Wasser unter einem Druck von 30 cm Wassersäule bei Umgebungstemperatur in vertikaler oder horizontaler Richtung. Die Prüfung der Durchlässigkeit von Asphalt vor Ort ist beschrieben in DIN EN 12697-40 und beruht auf der Verwendung eines Durchlässigkeitsprüfgerätes mit einem wassergefüllten Standrohr, das auf die Oberfläche des Bauteils aufgesetzt wird.

25.5.9 Durchdringung von Textilien mit Wasser

Die Bestimmung des Widerstandes von Textilien gegen Durchdringung mit Wasser kann nach DIN EN 20811 bzw. ISO 811 erfolgen. Auf das Probenmaterial wird ein sich steigernder Wasserdruck aufgebracht und der Wasserdruck gemessen, bei der erstmalig ein Durchdringen der Probe an drei Stellen auftritt.

25.5.10 Luftdurchlässigkeit von Bauteilen und Gebäuden

Bei Dichtigkeitsprüfungen wird ein ganzes Gebäude **(z. B. im Blower-Door-Verfahren)** oder ein Bauteil **(z. B. Fugendichtigkeit von Fenstern)** einem Differenzdruck ausgesetzt und die Luftströmung durch das Bauteil bzw. durch die Außenhülle des Gebäudes gemessen. Die Prüfung der Luftdichtigkeit eines Gebäudes erfolgt häufig, indem in eine Außentür ein Gebläse eingebaut wird, mit dem ein Unterdruck im Gebäude von üblicherweise 50 Pa gegenüber dem Außenluftdruck hergestellt wird. In das Gebäude wird über die Undichtigkeiten von Außen Luft nachgesaugt. Über eine Volumenstrommessung kann bei bekanntem Gebäudevolumen die **Luftwechselzahl n_{50}** bestimmt werden. Die Prüfung von Gebäuden erfolgt nach DIN EN 13829.

Die Prüfung der Luftdurchlässigkeit von Fenstern und **Türen** erfolgt nach DIN EN 1026 über ein Laborprüfverfahren mit Druckkammer. Ein allgemeines Laborprüfverfahren zur Messung der Luftdurchlässigkeit von Bauteilen ist beschrieben in DIN EN 12114. Das Bauteil wird in einen luftdichten Prüfstand eingebaut, einer Reihe von Druckdifferenzstufen ausgesetzt und der Luftstrom durch das Bauteil gemessen. Die Prüfung kann sowohl bei Über- als auch bei Unterdruck durchgeführt werden. DIN EN 12427 beschreibt ein ähnliches Verfahren zur Prüfung der Luftdurchlässigkeit von **Toren**, DIN EN 12153 von **Vorhangfassaden**.

Die Bestimmung des Luftvolumenstroms bzw. der Luftwechselrate in Gebäuden kann auch mit Hilfe von Indikatorgasen und deren Konzentrationsbestimmung nach DIN EN ISO 12569 erfolgen.

25.5.11 Leckageortung

Mit Hilfe von **Blower-Door Tests** (s. Kap. 25.5.10) und einem Strömungsmesser oder künstlichem Nebel im Innenbereich und Überdruck im Gebäude können Leckagestellen in der Gebäudehülle festgestellt werden. Zur Leckageortung im Hinblick auf Luftströmungen kann auch die **Thermographie** eingesetzt werden, s. dazu Kap. 20.22. Zur Untersuchung von Wegsamkeiten im Hinblick auf Flüssigkeiten können **Tracermethoden** eingesetzt werden, bei denen das Wasser an definierten Stellen mit leicht nachweisbaren Substanzen oder Farbstoffen versetzt wird. Hinweise zur Terminologie bei der **Dichtigkeitsprüfung** enthält DIN EN 1330-8.

25.5.12 Schlagregendichtigkeit von Fenstern, Türen und Vorhangfassaden sowie Widerstand gegen eindringendes Wasser bei Toren

Die Schlagregendichtigkeit von Fenstern und Türen wird geprüft, indem das Bauteil mit Wasser besprüht wird und gleichzeitig mit einem ansteigenden Luftdruck beaufschlagt wird. Ermittelt wird insbesondere der Druck bei dem Wassereintritt erfolgte. Die Prüfung wird beschrieben von DIN EN 1027. In analoger Weise wird der Widerstand von Toren gegen eindringendes Wasser nach DIN EN 12489 geprüft. Eine Prüfung mit ansteigendem pulsierendem Luftdruck ist beschrieben in DIN EN 12865. In ähnlicher Weise werden Vorhangfassaden nach DIN EN 12155 und DIN EN 13050 geprüft.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

25.6 Ermittlung der Trocknungsgeschwindigkeit von Hydrophobierungen und Imprägnierungen

DIN EN 13579 beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung der Trocknungsgeschwindigkeit von Hydrophobierungen und Imprägnierungen. Anhand der zeitabhängigen Gewichtsveränderung von imprägnierten Betonprobekörpern wird die Trocknungsgeschwindigkeit ermittelt.

25.7 Ermittlung der Eindringtiefe von Hydrophobierungen und Imprägnierungen

Die Ermittlung der Eindringtiefe von Hydrophobierungen und Imprägnierungen erfolgt **visuell** durch Besprühen von Bruchflächen mit Wasser **(Abperltest)**. Das Verfahren ist in DIN EN 1504-2 beschrieben (s. auch Kap. 11). Die Qualität von Hydrophobierungen kann nach ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 auch zerstörungsfrei mit einem **Hydrophobierungsprüfgerät** ermittelt werden. Das Verfahren nutzt die elektrische Leitfähigkeit nach definierter Benetzung der Oberfläche.

25.8 Wärmeleitfähigkeit, Wärmedurchlasswiderstand und Temperaturleitfähigkeit

Die Messung der Wärmeleitfähigkeit bzw. des Wärmedurchlasswiderstandes von Baustoffen beruht in der Regel darauf, in einer Probe einen konstanten und definierten Wärmestrom zu erzeugen und die entstehende Temperaturdifferenz über die Dicke der Probe zu ermitteln. Verwendet werden dazu sogenannte **Ein- und Zweiplattengeräte**. Zweiplattengeräte sind genauer, erfordern aber mehr Probenmaterial. Beim Zweiplattengerät befindet sich die Heizeinheit zwischen zwei Probekörpern, die nach Außen hin von zwei Kühleinheiten abgeschlossen werden. Beim Einplattengerät befindet sich eine Probe zwischen Heiz- und Kühleinheit. Die zweite Probe ist durch einen Dämmstoff und eine Schutzplatte ersetzt. Das Zweiplattengerät ist nicht so leicht von außen zu beeinflussen.

Zur Berechnung des **Wärmedurchlasswiderstandes** werden die Heizleistung der Heizeinheit, die Messfläche und die Temperaturen auf der kalten und der warmen Seite der Proben benötigt. Das Verfahren und seine Anwendung zur Ermittlung des **Wärmedurchgangskoeffizienten** von Glas ist beschrieben in DIN EN 674. Allgemeine Normen für das Prüfverfahren sind DIN EN 12664 und DIN EN 12667. Für dicke Produkte ist DIN EN 12939 zu beachten. Für Messungen bei hohen Temperaturen mit dem Plattengerät gilt DIN EN 15548-1.

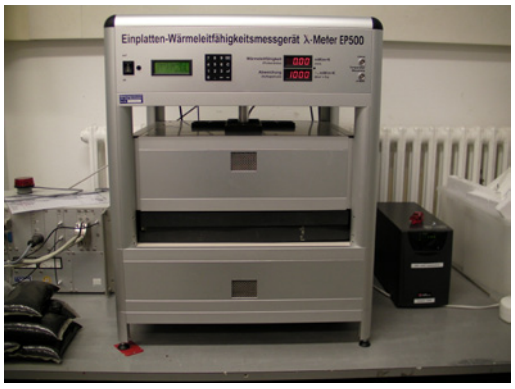


Abb. 269 Einplattengerät zur Messung der Wärmeleitfähigkeit. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

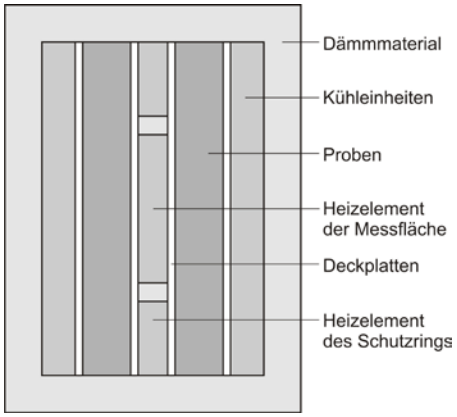


Abb. 270 Prinzipieller Aufbau eines Zweiplattengerätes nach DIN EN 674. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

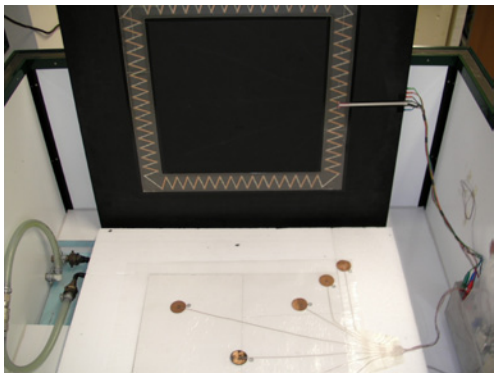


Abb. 271 Blick in ein geöffnetes Zweiplattengerät mit unterer Probenlage, Temperaturmessfolie und Heizplatte. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

In ähnlicher Weise wie mit den Plattengeräten können mit Hilfe von **Wärmestrommessern** Wärmedurchlasswiderstände bestimmt werden. Auch dies wird mit Einzelproben- oder Doppelproben-Geräten ausgeführt. Bei dieser Messmethode werden neben der Wärmestromdichte (die Messgröße des Wärmestrommessers), die Temperaturen an der warmen und der kalten Seite der Probe zur Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes benötigt. Dieses Verfahren und seine Anwendung zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Glas ist in DIN EN 675 beschrieben. Allgemeine Normen für das Prüfverfahren sind wiederum DIN EN 12664 und DIN EN 12667. Für dicke Produkte ist DIN EN 12939 zu beachten.



Abb. 272 Wärmestrom-Messplatte.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Das **Heizkastenverfahren** ist geeignet für inhomogene Materialien, wie z. B. Mauerwerk mit Lochsteinen. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1934. Für homogene Materialien sind Messungen mit einem Plattengerät oder Wärmestrommessern besser geeignet. Gemessen wird der Wärmedurchlasswiderstand von Oberfläche zu Oberfläche. Das Messinstrument ist auch in diesem Fall ein Wärmestrommesser auf der warmen Seite der Probe. Die nicht vom Wärmestrommesser bedeckte Fläche der Probe wird mit einem Material abgedeckt, das die gleiche Dicke und den gleichen Wärmedurchlasswiderstand hat wie der Wärmestrommesser (Schutzfläche). Der Heizkasten ist ein geschlossener Behälter, der durch die Probe in eine warme und eine kalte Seite geteilt wird. Die Probe mit dem aufgebrachten Wärmestrommesser und der Schutzfläche auf der warmen Seite steht in Kontakt mit Luft definierter Temperatur (Heiz- bzw. Kühleinrichtung) unter erzwungener Konvektion und unterliegt außerdem einem Strahlungsaustausch mit den Wänden des Heizkastens. Die Einstellung einer gleichmäßigen Lufttemperatur auf der kalten und der warmen Seite ist eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens. Wenn dies gegeben ist, kann der Wärmedurchlasswiderstand R_t aus den beiden Oberflächentemperaturen T_{si} und T_{se} und der Wärmestromdichte q berechnet werden zu:

$$R_t = (T_{si} - T_{se})/q \qquad \text{Gl. 71}$$

Das Heizkastenverfahren ist auch Gegenstand der DIN EN ISO 8990. Die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von **Fenstern** und **Türen** mittels Heizkastenverfahren ist beschrieben in DIN EN ISO 12567.

Sowohl Messungen mit einem Plattengerät als auch Messungen mit Wärmestrommessern und dem Heizkastenverfahren erfordern einen **stationären Zustand**. Für die Weiterbehandlung der Messwerte sind DIN 52612-2 und DIN 52612-3 von Belang. Die Prüfung von Wärmetransporteigenschaften im stationären Zustand von Rohrwärmedämmmaterialien ist beschrieben in DIN EN ISO 8497.

Eine instationäre Technik **(Heißdrahtverfahren)** ist beschrieben in DIN EN ISO 8894-1 und DIN EN 993-15. Beides sind Normen für feuerfeste Werkstoffe. Mit diesen Methoden können auch Wärmeleitfähigkeiten bei hohen Temperaturen bestimmt werden. Mit ihr können im Prinzip Festkörper, Pulver, Flüssigkeiten und Gase untersucht werden. Aus dem Aufheizverlauf lässt sich die Wärmeleitfähigkeit ermitteln **(Hot wire method)**. Ähnlich lässt sich mit einer **Lamda Nadelsonde** die Wärmeleitfähigkeit weicher Stoffe zerstörungsarm ermitteln. Ein Einstechfühler wird in den Baustoff eingestochen und linienförmig erwärmt (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm). Nach ähnlichem Prinzip arbeitet auch die **Hot Disk Messtechnik (Transient Plane Source Method)**. Die instationären Verfahren liefern sehr schnell Ergebnisse. Auch die **Wärmekapazität** kann ggf. bestimmt werden.

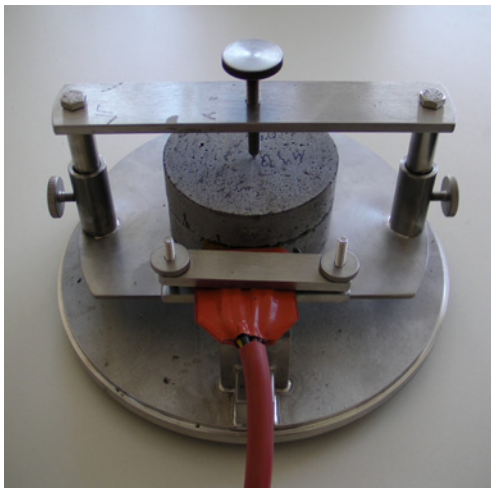


Abb. 273 Hot Disk Messaufbau. Der Messfühler befindet sich zwischen zwei gleichartigen Probekörpern, in diesem Fall ein Ultrahochfester Beton. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die **Temperaturleitfähigkeit**, die über die **Wärmekapazität** mit der Wärmeleitfähigkeit verknüpft ist, kann bestimmt werden nach DIN EN 821-2, einer Prüfnorm aus der Hochleistungskeramik. Das Verfahren verwendet die Zeitfunktion des Temperaturanstiegs auf der Rückseite einer Probe, die auf der Vorderseite durch einen Energieimpuls kurzzeitig aufgeheizt wird.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

26 Ermittlung von Speicherfunktionen und Kenngrößen der Feuchtespeicherung

26.1 Untersuchung der Feuchtespeicherfunktion

Für alle **Feuchtetransportberechnungen** und -untersuchungen spielt die Feuchtespeicherfunktion eines Baustoffs eine entscheidende Rolle. Bis zu etwa 95 % relativer Lufteuchte wird sie gemessen, in dem der Baustoff mit Luft entsprechender Luftfeuchte in das Gleichgewicht gebracht wird und das Probengewicht gemessen wird **(Sorptionsisotherme)**. Zur Feststellung des hygrischen Gleichgewichts muss die Gewichtsmessung in größeren zeitlichen Abständen wiederholt werden. Zur Messung der Feuchte und relativen Luftfeuchte siehe Kap. 24.

Dieser Vorgang ist sehr zeitaufwendig. Der Prozess selbst kann auch durch automatisch arbeitende Geräte nur begrenzt beschleunigt werden, wobei der manuelle Messaufwand jedoch deutlich reduziert wird. Von größerer Bedeutung ist, die Probengröße zu minimieren und insbesondere die Probenoberfläche zu maximieren, um den Feuchteaustausch mit der Umgebung zu beschleunigen (flache Proben).

Aufgrund von Porenstruktureffekten ist die **Adsorptionsisotherme** (Erhöhung des Feuchtegehaltes vor der Gleichgewichtseinstellung) eines Baustoffs und die **Desorptionsisotherme** (Erniedrigung des Feuchtegehaltes vor der Gleichgewichtseinstellung) nicht gleich. Zur Betrachtung von Befeuchtungs- und Trocknungsprozessen müssen beide Äste der Sorptionsisotherme bekannt sein.

Die Sorptionsisotherme wird außerdem erheblich von einem eventuellen Salzgehalt im Baustoff beeinflusst. Hygroskopische Salze erzeugen bei einer salzspezifischen relativen Luftfeuchte einen charakteristischen Knick der Sorptionsisotherme, der bei relativen Luftfeuchten, die größer sind als dieser Wert, zu deutlich höheren absoluten Feuchtegehalten führt. Die Ermittlung von Sorptionsisothermen ist Gegenstand der DIN EN ISO 12571. Die Ermittlung des Sorptionsverhaltens von Baustoffen, die ausgleichend auf die Raumluftfeuchte wirken sollen, ist Gegenstand der DIN ISO 24353.

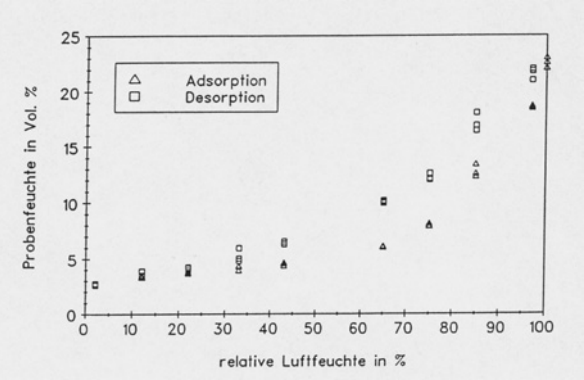


Abb. 274 Feuchtespeicherfunktion eines Zementmörtels mit Desorptions- und Adsorptionsast. Als Endpunkt bei 100 % r. F. wurde die **maximale freie Wasseraufnahme** eingesetzt. Aus: Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996, auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9.

Bei relativen Luftfeuchten über 95 % kann die Feuchtepeicherfunktion in der Regel nicht mehr über gravimetrische Messungen, wie oben beschrieben, ermittelt werden. Dieser Bereich kann bei kapillarporösen Materialien über **Saugspannungsmessungen** analysiert werden. Ob solche Messungen notwendig sind oder ob im Bereich sehr hoher Luftfeuchten bei feinporigen Baustoffen, die bei 95 % r. F. bereits einen hohen Feuchtegehalte haben, eine Interpolation des Verlaufs der Feuchtespeicherfunktion ausreichend ist, muss im Einzelfall entschieden werden.

Ausgangspunkt für eine Saugspannungsmessung ist eine Probe mit einem Feuchtegehalt, der der **maximalen freien Wasseraufnahme** entspricht. Durch Aufbringen eines Überdrucks, der stufenweise gesteigert wird, wird mehr und mehr Wasser aus den Poren ausgepresst. Pro Druckstufe muss mit einer War-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

tezeit von mehreren Tagen bis zum Erreichen des Gleichgewichts gerechnet werden. Die Veränderung des Probengewichts als Funktion des Überdrucks wird ermittelt. Unter Verwendung eines Porenmodells kann daraus die Saugspannungskurve ermittelt werden. Saugspannungsmessgeräte sind im Bereich der Geotechnik verbreitet. Sinnvolle Abweichungen gegenüber der herkömmlichen Versuchsdurchführung wurden beschrieben von Krus (siehe unten, weiterführende Literatur).

Im Prinzip kann eine Saugspannungskurve auch aus einer **Porenradienverteilung**, ermittelt mit **Quecksilberdruckporosimetrie**, berechnet werden. Saugspannungsmessungen sind jedoch besser geeignet, da hier die Wechselwirkung von Wasser mit der inneren Baustoffoberfläche im realitätsnahen Zustand experimentell untersucht wird.



Abb. 275 Einrichtung zur Saugspannungsmessung. Die unterschiedlichen Geräte dienen zur Messung bei verschiedenen Drücken. Im linken geöffneten Gerät sind Probe eingelegt. Institution: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

Während die Sorptionsisotherme den Zusammenhang zwischen Wassergehalt im Baustoff und relativer Luftfeuchte im Porenraum beschreibt (hygroskopischer Feuchtebereich), stellt die Saugspannungskurve den Zusammenhang zwischen Wassergehalt im Baustoff und Kapillardruck bzw. Kapillarporenradius dar (überhygroskopischer Feuchtebereich). Beide Größen lassen sich ineinander umrechnen (Gleichgewichtsbedingung nach Kelvin-Thomson, Kelvin Gleichung). Auf diese Weise lässt sich aus beiden Messungen die Feuchtespeicherfunktion über den gesamten Feuchtebereich konstruieren.

Weiterführende Literatur:

Espinosa, R.M.: Sorptionsisothermen von Zementstein und Mörtel, Dissertation, TU Hamburg-Harburg, 2004, GCA-Verlag, Herdecke, 2005, ISBN 3-89863-194-X.

Krus, M.: Feuchtetransport- und Speicherkoeffizienten poröser mineralischer Baustoffe, Theoretische Grundlagen und neue Messtechniken, Dissertation, Universität Stuttgart, 1995.

Krus, M.; Kießl, K.: Determination of the moisture storage characteristics of porous capillary active materials, Materials and Structures, Bd. 31, S. 522–529, 1998.

26.2 Ermittlung von weiteren Kenngrößen der Feuchtespeicherung

26.2.1 Allgemeines

Zur Beurteilung eines gemessenen Wassergehaltes in einem Baustoff können eine Reihe von Kenngrößen der Feuchtespeicherung herangezogen werden. Letztlich handelt es sich dabei um ausgewählte Punkte der Feuchtespeicherfunktion, die die potentielle Feuchteaufnahme eines Baustoffs bei definierten Randbedingungen beschreiben. Viele dieser Kenngrößen spielen auch eine Rolle bei hygrischen **Simu-**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

lationsberechnungen. Sie sind außerdem auch Porositätskenngrößen und können damit auch zur Beschreibung der **Struktur eines Baustoffs** verwendet werden.

Grundlage für die Bestimmung dieser Kenngrößen der Feuchtespeicherung ist die folgende Gleichung, die auch den Wassergehalt w in M.-% definiert und hier der Übersichtlichkeit noch einmal wiederholt wird:

$$w = 100 \times (m_1 - m_0) / m_0 \qquad \text{Gl. 72}$$

mit

m_1 – dem Gewicht der Probe

m_0 – dem Gewicht der getrockneten Probe (zur Problematik der Trocknungstemperaturen siehe unter Kap. 24.2)

Alle Werte der Wasseraufnahme können durch Multiplikation mit dem Quotienten aus Trockenrohdichte und Dichte des Wassers von Massenprozent in Volumenprozent umgerechnet werden.

Auch wenn sehr viele Normen zunächst eine **Trocknung** der Proben und eine Bestimmung des Trockengewichtes am Anfang der Untersuchung vorsehen ist zu empfehlen, die Ermittlung des Trockengewichts erst ganz am Ende der Prüfung durchzuführen, da bei jeder Erwärmung bereits Veränderungen des Phasenbestandes und irreversible Strukturveränderungen hervorgerufen werden können, die den jeweiligen Messwert verändern.

Bei reinen Porositätsmessungen ist es im Gegensatz zu Untersuchungen, bei denen Transportprozesse das Ergebniss beeinflussen oder Transportparameter gemessen werden sollen, nicht unbedingt notwendig, dass die kleinste Probenkörperabmessung deutlich größer sein muss als die größte Inhomogenität. So können Porositätsmessungen an Betonproben mit beispielsweise 32 mm Größtkorn auch an Scheiben mit 1 cm Dicke durchgeführt werden, solange die Probe insgesamt groß genug ist. Transportparameter oder eine Wasseraufnahme nach einem bestimmten Zeitpunkt können an einer solchen Betonprobe jedoch nicht gemessen werden, da die Kontaktzone zwischen Bindemittelmatrix und Gesteinskörnung das Ergebnis wesentlich beeinflußt.

26.2.2 Maximale freie Wasseraufnahme, Vakuum-Wasseraufnahme und maximale Wasseraufnahme

Die maximale freie Wasseraufnahme **(freiwilliger Wassergehalt, Wasseraufnahme unter atmosphärischem Druck)** wird bestimmt, in dem die Probe drucklos bis zur **Massekonstanz** unter Wasser gelagert wird. Zur Definition der Massekonstanz siehe unter Kap. 24.2. Dann wird das Feuchtgewicht bestimmt. Dabei ist das Haftwasser an der Oberfläche der Probe zu entfernen (Abwischen). Zusammen mit dem Trockengewicht wird daraus die maximale freie Wasseraufnahme berechnet.

Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 13755 (Naturstein). Auch die Wasseraufnahme von Pflastersteinen aus Beton nach DIN EN 1338, von Bordsteinen aus Beton nach DIN EN 1340 und die Prüfung der Wasseraufnahme nach DIN EN 14617-1 (Künstlich hergestellter Stein) wird nach diesem Verfahren geprüft.

Zur Bestimmung der Vakuum-Wasseraufnahme ist die Probe im Exsikkator zu entlüften und unter Vakuum mit Wasser zu fluten. Anschließend wird wieder das Feuchtgewicht (ohne Haftwasser) bestimmt. Zusammen mit dem Trockengewicht kann daraus die Vakuum-Wasseraufnahme berechnet werden. Das Verfahren der Flutung unter Vakuum ist beschrieben in DIN EN 772-4 und in DIN EN 1936. Beides sind Prüfnormen für Naturstein. Es ist außerdem beschrieben in DIN EN 993-18, einer Prüfnorm für feuerfeste Erzeugnisse.

Schließlich kann die Probe zunächst unter Wasser im Vakuum entlüftet und anschließend unter erhöhtem Druck (150 bar) in einem **Autoklaven** mit Wasser geflutet werden. Anschließend wird wieder das Feuchtgewicht (ohne Haftwasser) bestimmt. Zusammen mit dem Trockengewicht kann daraus der Wassergehalt berechnet werden, der der maximalen Wasseraufnahme der Probe entspricht. Das Verfahren der **Wasseraufnahme unter Druck** ist beschrieben in DIN 52009, einer Prüfnorm für Gesteinskörnungen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die genannten Prüfungen zur Wasseraufnahme sind auch beschrieben in Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991. Einige Prüfvorschriften sehen zur Bestimmung der maximalen Wasseraufnahme auch ein Kochen der Proben in Wasser vor. Die maximale freie Wasseraufnahme ist geringer als die Vakuum-Wasseraufnahme und diese ist geringer als die maximale Wasseraufnahme.

26.2.3 Technische Kenngrößen für die Wasseraufnahme

Bei einer Reihe von Bauprodukten ist die Prüfung der Aufnahme flüssigen Wassers bei definierten Randbedingungen (Zeit, Temperatur, Überdeckung) vorgesehen. Ein Beispiel ist die Prüfung von Gipsbauplatten nach DIN EN 520, die Prüfung von Tondachziegeln nach DIN EN 539-2, die Prüfung von Wärmedämmstoffen nach DIN EN 1609, DIN EN 12087 und DIN EN 13472, die Wasseraufnahme von Kanalklinkern nach DIN 4051, die Wasseraufnahme von keramischen Fliesen und Platten nach DIN EN ISO 10545-3, die Wasseraufnahme von Rohrbeton nach DIN EN 1916, die Prüfung von Schächten aus Beton nach DIN EN 1917, die Prüfung von Dachschiefer nach DIN EN 12326-2, die Wasseraufnahme von faserverstärkten Gipsplatten nach DIN EN 15283-1 und DIN EN 15283-2, die Wasseraufnahme von Fugenmörteln für keramische Fliesen und Platten nach DIN EN 12808-5 und die Wasserabsorption von Abdichtungsbahnen nach DIN EN 14223.

DIN EN ISO 62 beschreibt die zeitabhängige Bestimmung der Wasseraufnahme von Kunststoffproben bei Einlagerung in Wasser von 23 °C, in siedendes Wasser, in Luft mit einer relativen Luftfeuchte von 50 % und weiteren Randbedingungen. Die Bestimmung der Wasseraufnahme leichter Gesteinskörnungen ist beschrieben in DIN V 18004.

Die Messung der Wasseraufnahme von Oberflächen kann nach dem **Cobb-Verfahren** durchgeführt werden, das in DIN EN 20535 bzw. ISO 535 beschrieben ist. Obwohl es ein Prüfverfahren für Papier ist, findet es auch im Bauwesen Anwendung. Es wird eine Wassersäule von 10 mm Höhe auf die Oberfläche aufgebracht und die Wasseraufnahme in definierter Zeitspanne über Wägung des Probekörpers gemessen. Ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Wasseraufnahme durch Wasserdampfdiffusion in einen Wärmedämmstoff hinein und Kondensation an der kalten Seite ist in DIN EN 12088 angegeben.

26.2.4 Durchfeuchtungsgrad, Feuchtezustand, Restsaugfähigkeit, praktischer Feuchtegehalt

Durchfeuchtungsgrade, der Feuchtezustand und die Restsaugfähigkeit sind Parameter, die aus dem aktuellen Feuchtegehalt eines Baustoffs und einem Kennwert der Wasseraufnahme berechnet werden und zur Interpretation des Feuchtezustandes dienen. Der kapillare Durchfeuchtungsgrad ist das Verhältnis von aktuellem Feuchtegehalt in M.-% zu maximaler Feuchteaufnahme in M.-%. Die Restsaugfähigkeit ist die Differenz zwischen maximaler Feuchteaufnahme und aktuellem Feuchtegehalt. Als Feuchtezustand bezeichnet man das Verhältnis von aktuellem Feuchtegehalt in M.-% zu maximaler freier Wasseraufnahme in M.-%. Der hygroskopische Durchfeuchtungsgrad ist das Verhältnis von hygroskopischer Feuchte in M.-% zu maximaler Feuchteaufnahme in M.-%. Als praktischen Wassergehalt bezeichnet man den Wassergehalt, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % während der Nutzung unterschritten wird.

26.3 Untersuchung der Speicherfunktion von gelösten Teilchen und von Gasen, außer Wasserdampf

Analog zur gravimetrischen Ermittlung der Feuchtespeicherfunktion lassen sich im Prinzip auch Speicherfunktionen anderer Gase ermittelt. Baustoff und Gas definierten Partialdruckes werden ins Gleichgewicht gebracht und die Aufnahme des Gases durch den Baustoff analysiert. Das gleiche Prinzip ist auch auf Baustoffe im Gleichgewicht mit gelösten Stoffen definierter Lösungskonzentration anwendbar.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

27 Untersuchungen zum Brandverhalten

27.1 Allgemeines

Begriffe des Brandschutzes und ihre englischsprachige Entsprechung sind erläutert in DIN EN ISO 13943.

27.2 Flammpunkt und Selbstentzündungstemperatur

Die niedrigste Temperatur, bei der in Gegenwart einer Zündquelle die Dampfphase über einer Probe entflammt wird, bezeichnet man als Flammpunkt. Sie ist von Bedeutung z. B. für ölige Holzschutzmittel und Schalöle. Zur Prüfung wird die Probe in definierter Art und Weise erwärmt und immer wieder mit der Zündquelle die Entflammbarkeit geprüft. Die Prüfung kann z. B. mit dem Verfahren nach **Cleveland** erfolgen, beschrieben in DIN EN ISO 2592, mit dem Verfahren nach **Pensky-Martens**, das in DIN EN ISO 2719 beschrieben ist, nach DIN EN ISO 1523, DIN EN ISO 3679 oder DIN EN ISO 3680. Die Selbstentzündungstemperatur (Zündtemperatur) ist die Temperatur bei der sich ein Stoff an Luft ohne Zündquelle selbst entzündet. Beide Temperaturen sind für den sicheren Umgang mit Stoffen wichtig.

27.3 Wärmekapazität

Die Messung der Wärmekapazität kann z. B. mittels **DSC** erfolgen, siehe Kap. 14.6.10. Die Wärmekapazität kann auch mittels instationärer Messmethoden zur Ermittlung der **Wärmeleitfähigkeit** mit bestimmt werden, siehe Kap. 25.8 sowie mit **Kalorimeterversuchen**, siehe Kap. 16.

27.4 Baustoff-Brandversuche

27.4.1 Allgemeines

Die Klassifizierung der Brennbarkeit von Baustoffen erfolgt nach DIN EN 13501-1, wobei auch einige Details der Prüfungsdurchführung dort beschrieben sind. Die zur Ermittlung der zugrundeliegenden Daten erforderlichen Prüfverfahren werden im Folgenden beschrieben. Zusätzlich sind noch die Prüfverfahren auf der Basis der alten deutschen Normung aufgeführt. Diese sind relevant für eine Klassifizierung nach DIN 4102. Außerdem sind einige weitere Prüfverfahren genannt.

Baustoff-Brandversuche orientieren sich an verschiedenen Szenarien, die sich auch in der Gliederung dieses Kapitels wiederfinden: das Verhalten des Baustoffes bei Erwärmung ohne Beflammung, das Verhalten bei Beaufschlagung mit einer kleinen Flamme (z. B. ein Feuerzeug) und das Verhalten bei großflächiger Beflammung.

27.4.2 Messung der Verbrennungswärme, Brennwert und Heizwert

Die Prüfung der Verbrennungswärme eines Bauprodukts erfolgt nach DIN EN ISO 1716 über die Ermittlung der Brutto-Verbrennungswärme (Brennwert, **PCS**) und der daraus berechneten Netto-Verbrennungswärme (Heizwert, **PCI**). Die Messung des Brennwertes erfolgt über eine Messung der freigesetzten Wärmemenge im **Verbrennungskalorimeter**. Die Prüfung kann an festen und flüssigen Stoffen durchgeführt werden. Sie ist relevant für die Klassen A1 und A2.

Details der verschiedenen Verfahren sind außerdem beschrieben in DIN 51900. Die Prüfung des Heizwertes kann bei Baustoffen der Baustoffklasse A2 bei einer Bewertung nach der alten deutschen Norm DIN 4102-1 die **Ofenprüfung** ersetzen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 276 Verbrennungskalorimeter. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

27.4.3 Prüfung der Nichtbrennbarkeit durch Erwärmung ohne Beflammung von außen

Die Prüfung der Nichtbrennbarkeit ist in DIN EN ISO 1182 beschrieben. Die Proben werden in einen Ofen eingeführt, der bei 750 °C betrieben wird. Die Prüfung dauert 30 bis 60 Minuten. Ermittelt wird die Masseveränderung Δm der Proben, eine ggf. auftretende Entflammung und deren Dauer t_f sowie die Temperaturerhöhung ΔT und zwar bei den Klassen A1 und A2.



Abb. 277 Ofen für die Nichtbrennbarkeitsprüfung nach DIN EN ISO 1182. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Ähnlich verläuft die Nichtbrennbarkeitsprüfung nach DIN 4102-1 **(Ofenprüfung)**. Geprüft wird bei der Prüftemperatur von 750 °C die Entflammung und die zusätzliche Erwärmung im Ofen durch die Probe. Der Ofen entspricht nicht dem Ofen nach DIN EN ISO 1182, die beiden Prüfverfahren sind jedoch sehr ähnlich.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

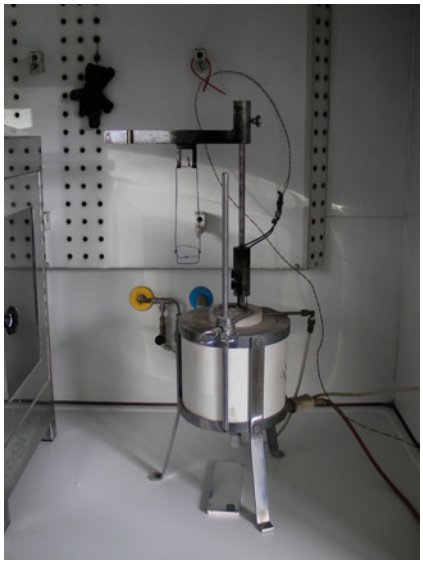


Abb. 278 Ofen für die Nichtbrennbarkeitsprüfung nach DIN 4102-1. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Ein weiterer Baustoff-Brandversuch ohne Beflammung ist die **cone-calorimetry** nach ASTM E1354b bzw. ISO 5660-1. Die kleinformatige Probe wird durch einen konischen Heizer erwärmt, wobei eine konstante homogene Wärmestromdichte erreicht wird. Geprüft wird beispielsweise der Entflammungszeitpunkt, Masseverlust, Rauch, Schadstofffreisetzung und die Energiefreisetzungsrate. Mit der cone calorimetry lassen sich sehr gut Eingangsdaten für Brandsimulationsprogramme ermitteln.

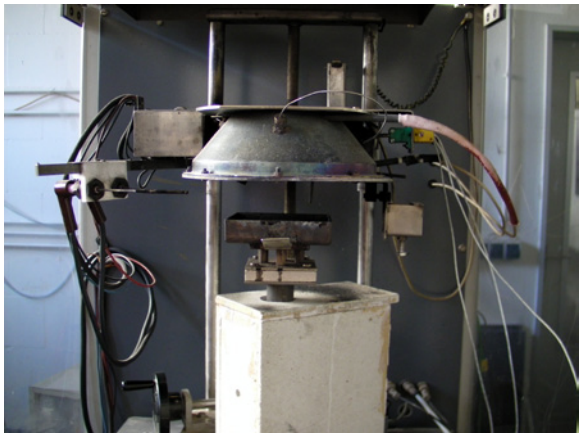


Abb. 279 Cone Calorimeter. Oben befindet sich der konische Heizer. Die Probe wird in die darunter befindliche Schale eingelegt, die sich auf einer Waage befindet, um den Masseverlust zu messen. Die Entflammung kann durch ein Zündgerät (Funken, links im Bild) geprüft werden. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

27.4.4 Prüfung der Entzündbarkeit durch Beflammung mit einer kleinen Flamme

Die Norm DIN EN ISO 11925-2 beschreibt ein Prüfverfahren, mit dem die Entzündbarkeit eines Bauprodukts durch eine kleine Flamme ermittelt werden kann. Bestimmt werden die Parameter vertikale **Flammenausbreitung (F_s)** und **brennendes Abtropfen/Abfallen** von Teilen. Das Verfahren ist relevant für die Klassen B, C, D und E. Geprüft wird das Verhalten bei Beflammung einer Probenkante und/oder -fläche mit einer kleinen Flamme.

Diese Prüfung mittels **Brennkasten** nach DIN 50050-1 und **Brenner (Kleinbrennertest)** nach DIN 50051 ist auch relevant für brennbare Baustoffe nach der alten deutschen Norm DIN 4102-1, wobei es Unterschiede im Detail zur Prüfung nach DIN EN ISO 11925-2 gibt. Das Verfahren wird auch benutzt bei der Prüfung von Werkstoffen nach DIN 53438-1, DIN 53438-2 und DIN 53438-3 sowie bei der Prüfung des

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Brennverhaltens von Fußbodenbelägen nach DIN 54332 und Textilien nach DIN 54333-1, DIN 54334 und DIN 54335.



Abb. 280 Prüfung mittels Brennkasten und Brenner nach DIN EN ISO 11925-2 und DIN 4102-1. Die Probe wird an dem sichtbaren Gestell befestigt. Sie kann auch von hinten mittels Spiegel beobachtet werden. Die Beflammung erfolgt mit dem vorne sichtbaren Kleinbrenner. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

27.4.5 Baustoff-Brandversuche mit großflächiger Beflammung

Der **Single Burning Item Test (SBI)** nach DIN EN 13823 dient zur Bewertung des potentiellen Beitrages eines Bauproduktes zu einem sich entwickelnden Brand, in dem der Brand eines einzelnen Gegenstandes in einer aus dem Bauprodukt gebildeten Raumecke nachgestellt wird und das Brandverhalten über einen Zeitraum von 20 Minuten beurteilt wird. Für die Durchführung eines SBI-Tests wird ein entsprechend ausgestatteter Prüfraum mit den Abmessungen Länge 3 m, Breite 3 m, Höhe 2,4 m benötigt. Bestimmt werden die Parameter **Wärmefreisetzungsrate** (**FIGRA**$_{0,2\ MJ}$, FIGRA$_{0,4\ MJ}$), gesamte freigesetzte **Wärmemenge** (**THR**$_{600\ s}$), **Rauchentwicklungsrate (SMOGRA)**, gesamte freigesetzte **Rauchmenge** (**TSP**$_{600\ s}$), seitliche **Flammenausbreitung (LFS)** und **brennendes Abtropfen/Abfallen**. Das Verfahren ist relevant für die Klassen A2, B, C und D.



Abb. 281 Blick in das Innere eines Prüfraums für den Single Burning Item Test. Man erkennt die Schienen, in die die Probe eingebaut wird und dann eine Raumecke ausbildet. Am Boden der Ecke befindet sich der Brenner. Links oben befindet sich ein Kalibrierbrenner. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Prüfung des **Brandverhaltens von Oberflächenprodukten**, z. B. zur Unterstützung einer Brandrisikoanalyse, kann nach DIN EN 14390 erfolgen. Dazu wird der Großteil der Innenoberfläche einer Brandkammer (Länge 3,6 m, Breite 2,4 m, Höhe 2,4 m, Brenner in der dem Durchgang gegenüberliegenden Ecke am Boden) mit dem Produkt ausgekleidet und im Brandversuch die Wärmefreisetzung, Rauchfrei-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

setzung und Brandnebenerscheinungen **(Flammenausbreitung, brennendes Abtropfen)** geprüft. Dies entspricht dem **Room/Corner Test** nach ISO/TR 9705-2.



Abb. 282 Prüfeinrichtung zur Durchführung eines Room Corner Tests, links der Bildmitte die Prüfkammer. Foto: O. Riese, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Eine Prüfung der Rauchentwicklung ist auch relevant für Baustoffe der Baustoffklassen A1 und A2 nach der alten deutschen Norm DIN 4102-1 und wird auch in dieser Norm beschrieben. Geprüft wird die Lichtabsorption des Rauchs mit einer **Lichtmessstrecke** nach DIN 50055.



Abb. 283 Prüfung der Rauchentwicklung bei Flammenbeanspruchung nach DIN 4102-1. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

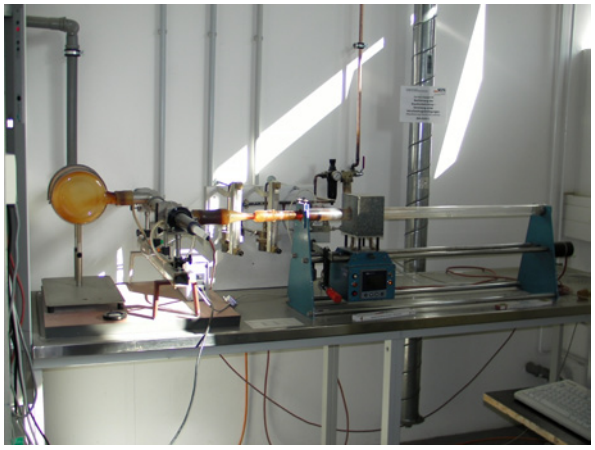


Abb. 284 Prüfung der Rauchentwicklung unter Verschwelungsbedingungen nach DIN 4102-1. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Wichtige Kenngrößen in der **Brandschachtprüfung** für Baustoffe der Baustoffklasse A2 und B1 nach der alten deutschen Norm DIN 4102-1 sind die Restlänge der Probe, die Rauchgastemperatur und die Entflammbarkeit.



Abb. 285 Brandschacht. Das Probenmaterial wird in einem Gestell hängend um den im Foto sichtbaren Brenner angeordnet. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

27.4.6 Flammenausbreitung auf Bodenbelägen

Die Untersuchung des Brandverhaltens von Bodenbelägen unter Verwendung eines Wärmestrahlers erfolgt nach DIN EN ISO 9239-1. Bestimmt wird der kritische Wärmestrom, ab dem sich die Flammen nicht mehr weiter ausbreiten sowie die **Rauchentwicklung**. In der Norm ist auch eine Anleitung zur **Rauchdichteprüfung** enthalten. Diese Prüfung ist fast identisch mit der entsprechenden Prüfung nach DIN 4102-14. Ein ähnliches Prüfverfahren ist der **Radiant Panel Test** nach ASTM E-162.

27.4.7 Gefügezusammenhalt von Gipsbauplatten bei hoher Temperatur

Die Prüfung des Gefügezusammenhalts von Gipsbauplatten bei hoher Temperatur nach DIN EN 520 erfolgt, in dem die Proben einseitig in eine Halterung eingespannt werden, mit zwei Brennerflammen erhitzt werden **(Meker-Brenner)** und auf Biegung beansprucht werden. Der Probekörper darf nicht brechen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

27.5 Prüfung des Feuerwiderstandes von Bauteilen

Zur Prüfung des Feuerwiderstandes werden Bauteile in der Regel in einen **Brandofen** eingebaut und nach einer Temperatur-Zeit-Kurve einseitig beflammt. Während des Versuchs werden eine Reihe von Versagenskriterien überprüft. Prüfungen zur Ermittlung des Feuerwiderstandes von Bauteilen werden durchgeführt nach DIN EN 1363, DIN EN 1364 (nichttragende Bauteile), DIN EN 1365 (tragende Bauteile) und DIN EN 1366 (Installationen). Wie bei den Baustoffprüfungen gibt es auch bei den Bauteilprüfungen noch ein Nebeneinander der Klassifizierung nach europäischen Normen und der alten deutschen Norm DIN 4102. Der Feuerwiderstand von Bauteilen ist außerdem Gegenstand der internationalen Norm ISO 834.



Abb. 286 Brandofen 5 × 5 m, z. B. für Fassaden. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Temperatur-Zeit-Kurven simulieren bestimmte Brandszenarien:

- **Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK**, vollentwickelter Brand nach dem flash-over, Normalfall, DIN EN 1363-1, DIN EN 13501-2, ISO 834, DIN 4102-2)
- **Kohlenwasserstoffkurve** (z. B. für Öllachenbrände, DIN EN 1363-2)
- **Außenbrandkurve** (für Brandbeanspruchung von Außen, DIN EN 1363-2, DIN EN 13501-2, DIN 4102-3)
- **Schwelbrandkurve** (für Produkte, deren Feuerwiderstand unter Schwelbrandbedingungen reduziert ist, DIN EN 1363-2, DIN EN 13501-2).
- **Naturbrandkurve** (für einige leichte Unterdecken, zusätzliche Bezeichnung sn, DIN EN 13381-1, DIN EN 13501-2). Ein Naturbrand wird durch Verbrennen von Krippen aus Nadelholz erzeugt.
- **Konstante Temperaturen** (r) werden in folgenden Prüfungen verwendet:
  - 20 oder 200 °C zur Prüfung der Leckrate von **Rauchschutztüren**
  - 500 °C nach vorhergehender Aufheizung nach ETK zur Prüfung von Doppel- und Hohlböden (abgeminderte Temperaturzeitkurve), wenn diese nicht vollständig nach ETK geprüft werden
  - 1 000 °C zur Prüfung des Widerstandes von Schornsteinen und Schornsteinprodukten gegen Rußbrand
- Daneben existieren noch weitere Temperatur-Zeitkurven, die für Brandversuche herangezogen werden.

Öfen zur Prüfung des Feuerwiderstandes müssen die Temperatur-Zeit-Kurven erreichen können. Außerdem ist für entsprechende Öfen DIN V ENV 1363-3 relevant.

Die Klassifizierung von Bauteilen im Hinblick auf ihren Feuerwiderstand erfolgt durch Messung, wie lange bestimmte Eigenschaften des Bauteils bei der Prüfung erhalten bleiben (DIN EN 13501-2 bis DIN EN

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

13501-5). Welche Eigenschaften geprüft werden hängt vom Bauteil ab. Die im Folgenden genannten Kurzzeichen beziehen sich auf die europäische Normung.

Die **Tragfähigkeit** (Kurzzeichen R) wird geprüft über die Durchbiegung und Durchbiegungsgeschwindigkeit bzw. die Stauchung und die Stauchungsgeschwindigkeit während des Versuchs unter Last.

Unter **Raumabschluss** (Kurzzeichen E) versteht man die Eigenschaft die Ausbreitung des Feuers auf benachbarte Räume zu verhindern. Geprüft wird dies dadurch, dass Flammen durch das Bauteil, einschließlich Anschlüsse, Fugen und Stöße nicht anhaltend hindurchtreten dürfen, dass ein Wattebausch sich durch austretende heiße Gase nicht entzünden darf, und dass entstehende Öffnungen eine definierte Größe nicht überschreiten dürfen. Raumabschluss ist nur gegeben, solange Tragfähigkeit vorhanden ist.

Die **Wärmedämmung** (Kurzzeichen I) des Bauteils, z. B. bei Wänden, wird über die Erwärmung auf der feuerabgewandten Seite des Bauteils geprüft. Kriterien können sein, dass diese Erwärmung im Mittel 140 K und an einer Einzelstelle 180 K nicht überschreiten darf. Wärmedämmung ist nur gegeben, solange Tragfähigkeit und Raumabschluss vorhanden ist.



Abb. 287 Brandschutzverglasung im Verlauf eines Brandversuchs. Fotos: J. Mühlpforte, Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Soll für das Bauteil eine **strahlungsmindernde** (Kurzzeichen W) Eigenschaft nachgewiesen werden, z. B. bei strahlungsmindernden Verglasungen, wird die Strahlungsabgabe mit Wärmestrommessgeräten ermittelt.

Der Widerstand gegen **mechanische Beanspruchung** (Kurzzeichen M) raumabschließender Wände wird mit einem dreifachen **Stoß** von 20 Nm (**Brandwände**: 3 000 Nm, **Komplextrennwände** (ein Begriff der Feuerversicherer): 4 000 Nm) geprüft. Das durch die Kurzzeichen R, E oder I gekennzeichnete Verhalten darf durch die Stoßbeanspruchung nicht beeinflusst werden.

Die Prüfung der **Rußbrandbeständigkeit** (Kurzzeichen G) bzw. des Widerstandes gegen **thermische Schockbelastung** und die Prüfung der thermischen Auswirkungen des Betriebs auf benachbarte Bauteile sind relevant für **Abgasanlagen**. Die Prüfung ist beschrieben in DIN EN 1457, DIN EN 1806, DIN EN 1857, DIN EN 1858, DIN EN 1859, DIN EN 12446, DIN EN 13069 und DIN EN 13216-1. Benötigt wird

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ein Heißgasgenerator, dessen Gase durch die Probe hindurch abgeleitet werden. Im Versuch wird der Probekörper je nach Typ mit Temperaturen von bis zu 1 000 °C (Rußbrandbedingung) über 30 Minuten plus die Aufheizzeit beansprucht. Teilweise wird eine zyklische Beheizung vorgeschaltet. Die Beurteilung erfolgt über die Leckrate des Abgassystems und ggf. über die auftretenden Temperaturen in der Nähe der Anlage.

Die Prüfung der **Rauchdichtigkeit**, (Kurzzeichen S), z. B. einer Rauchschutztür, erfolgt durch Bestimmung der Leckrate bei Umgebungstemperatur bzw. 200 °C. Die Prüfung ist beschrieben in DIN EN 1634.

Für Rauchschutztüren und **Feuerschutzabschlüsse** ist die **selbstschließende Eigenschaft** (Kurzzeichen C) von Bedeutung, für **Kabelanlagen** die **Aufrechterhaltung der Funktion** (Kurzzeichen P), für **Brandschutzbekleidungen** die **Brandschutzfunktion** (Kurzzeichen K).

Für Bauteile zur **Rauch- und Wärmefreihaltung** ist die **Formstabilität** und der **Funktionserhalt** wichtig.

Die **Feuerwiderstandsklasse** richtet sich danach, wie lange eine Eigenschaft mindestens erhalten bleibt. Die Bezeichnung besteht hauptsächlich aus Kennbuchstaben und einem Zahlenwert, der die Zeitdauer beschreibt.

In Ergänzung stehen die folgenden Zeichen für:

ef	Leistungsverhalten nach der **Außenbrandkurve** bestimmt
IncSlow	Leistungsverhalten nach der **Schwelbrandkurve** bestimmt
r	Leistungsverhalten bei konstanter Beanspruchung bestimmt
Index bei I:	Unterschiedliche Wärmedämmungskriterien
Index sonst:	Angabe zur Temperaturbeanspruchung
o→i	Brandbeanspruchung von außen nach innen
i→o	Brandbeanspruchung von innen nach außen
a→b	Brandbeanspruchung von oben nach unten
b→a	Brandbeanspruchung von unten nach oben
U/C	Die verschiedenen Kombinationen der Buchstaben U und C beschreiben die Anordnung und den Zustand von Rohrverschlüssen
Zahl nach Buchstaben:	bestandene Branddauer

Bei rauchmindernd steht der Index m für mittlere Temperaturbedingungen, a für Umgebungstemperatur, eine Zahl für die Temperatur.

Ergebnisse von Brandprüfungen können unter bestimmten Umständen auch auf andere Ausführungen des geprüften Bauteils angewendet werden. Damit dies erfolgen kann muss jedoch der Probekörper und sein Einbau eine Reihe von Kriterien erfüllen, die in den relevanten Normen genannt sind. Als Beispiel sei DIN EN 1364-1 für nichttragende Wände genannt. Brandprüfungen von Bauteilen sollten deshalb besonders sorgfältig vorbereitet werden, auch aufgrund der hohen Kosten und Vorlaufzeiten.

Bei **Datensicherungsschränken** ist neben einer Feuerwiderstandsprüfung zusätzlich auch eine **Feuerstoß- und Sturzprüfung** vorgesehen. Für die Feuerwiderstandsprüfung ist ein Probekörper vorgesehen, für die Feuerstoß- und Sturzprüfung ein zweiter Probekörper. Für die Feuerstoß- und Sturzprüfung wird der Probekörper in einen auf 1 090 °C vorgeheizten Ofen eingeführt und über einen definierten Zeitraum beansprucht. Anschließend wird der Probekörper aus 9,15 m Höhe auf eine Aufschlagfläche fallen gelassen und dann bei 840 °C noch einmal beflammt. Kriterien für die Beurteilung der Probekörper sind der Temperaturverlauf an verschiedenen Messstellen und die maximale relative Luftfeuchte im Inneren während der Feuerwiderstandsprüfung. Die Prüfung ist beschrieben in DIN EN 1047-1.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 288 Krananlage zur Sturzprüfung, Aufschlagfläche abgedeckt. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Datensicherungsräume und **Datensicherungscontainer** werden nach DIN EN 1047-2 geprüft. Dazu gehört eine Prüfung des Feuerwiderstands mit Ermittlung der Temperaturen und relativen Feuchten im Inneren. Außerdem erfolgt eine **Stoßprüfung** mit einem Gewicht von 200 kg.

Leichte **Brandschutzschränke** werden nach DIN EN 15659 auf Temperaturerhöhung im Innenraum während einer Feuerwiderstandsprüfung geprüft.

Bei allen drei genannten Prüfverfahren wird auch eine Prüfung der Übereinstimmung mit der Technischen Dokumentation durchgeführt, wobei auch eine Probenentnahme und -untersuchung vorgesehen ist.

Eine große Bedeutung bei Prüfungen an allen beweglichen Bauteilen wie **Tore**, Türe sowie **Rauch- und Feuerschutzabschlüsse** haben im Zusammenhang mit dem Brandschutz **Dauerfunktionsprüfungen**. Dies bedeutet, dass die Bauteile unter definierten Bedingungen sehr häufig betätigt werden und dabei ihre Funktion nicht beeinträchtigt werden darf. Beispiele sind die Prüfung von **Türdrückergarnituren** für **Feuerschutz-** oder **Rauchschutztüren** nach DIN EN 1906 bzw. DIN 18273 sowie die Prüfung von Tür- und **Fensterbändern** nach DIN EN 1935. Eine weitere Regel zu Dauerfunktionsprüfungen von Fenstern und Türen ist DIN EN 1191.

Der **Kleinprüfstand** nach DIN 4102-8 wird z. B. verwendet für die Schmelzpunktbestimmung von Mineralfaserplatten nach DIN 4102-17 sowie für vergleichende Prüfungen an dämmschichtbildenden Brandschutzsystemen und Brandschutzputzen im Rahmen von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.



Abb. 289 Kleinprüfstand. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Prüfung von Türen, Toren, Abschlüssen, Fenstern und Baubeschlägen kann nach DIN EN 1634 erfolgen. Die Prüfung von **Fahrschachttüren** kann außerdem auch nach DIN EN 81-58 erfolgen. Die Prüfung von **Wärmeabzügen** kann nach DIN 18232-4 durchgeführt werden. Geprüft wird das Öffnungsmaß bei der jeweiligen Prüftemperatur.

Die Prüfung und Klassifizierung von **Bedachungen** ist Gegenstand der DIN V ENV 1187 und der DIN EN 13501-5 sowie, bei Prüfungen nach der nationalen deutschen Norm, DIN 4102-7. Geprüft wird die Brandausbreitung, ausgehend von Brandsätzen (**Flugfeuerbeständigkeit**). Von Bedeutung für die Brandprüfung von Industriedächern ist außerdem die DIN 18234-1.

Die Prüfung und Klassifizierung von feuerwiderstandsfähigen Lagerschränken ist Gegenstand der DIN EN 14470-1 (**Sicherheitsschränke** für brennbare Flüssigkeiten) und DIN EN 14470-2 (Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen). Die wesentliche Prüfkenngröße im Brandversuch ist die Begrenzung des Temperaturanstiegs im Inneren des Schranks.

Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages von Brandschutzmaßnahmen zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen sind Gegenstand der DIN EN 13381. Die Bestimmung der Brandschutzwirkung von Brandschutzbekleidungen erfolgt nach DIN EN 14135 durch Beflammung von unten in einem Deckenbrandofen, Beobachtung der Temperaturen auf der feuerabgewandten Seite und der Schäden an der Brandschutzbekleidung.

Die Prüfung des Feuerwiderstandes gegen **Unterholzbrand** von **Lärmschutzeinrichtungen** an Straßen ist beschrieben in DIN EN 1794-2. Bei der Prüfung wird das Bauteil durch zwei Brandquellen beflammt und die Beschädigungen sowie die ggf. auftretende Entflammung untersucht.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

28 Untersuchung des schalltechnischen Verhaltens

28.1 Messung der Luftschalldämmung

Die Messung der Luftschalldämmung eines Bauteils erfolgt im Labor nach DIN EN ISO 10140-2. Ein anderes Messverfahren ist in DIN EN ISO 15186-1 und DIN EN ISO 15186-3 beschrieben. Kennzeichnende Größe für die Schalldämmung des Bauteils ist das **Schalldämmmaß R** in dB. Die Prüfung erfordert spezielle bauliche Einrichtungen des Prüflabors, festgelegt in DIN EN ISO 10140-5. Das Bauteil wird in eine Prüföffnung zwischen zwei Räumen eingebaut. Während der Prüfung wird in einem Raum Schall erzeugt und im anderen Raum der übertragene Schall gemessen. Die grundlegende Gleichung zur Auswertung der Prüfung bei der Messung des Schalldrucks ist:

$$R = L_1 - L_2 + 10\lg\frac{S}{A}$$ Gl. 73

Dabei ist:

R – Schalldämm-Maß des Bauteils

L_1 – Schalldruckpegel im Senderaum, energetisch gemittelt

L_2 – Schalldruckpegel im Empfangsraum, energetisch gemittelt

A – Äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum

S – Fläche des Bauteils

Die dabei benötigte **äquivalente Schallabsorptionsfläche** im Empfangsraum wird durch eine Messung der **Nachhallzeit** ermittelt (siehe Kap. 28.5).

Entsprechende Messungen können auch in einem Gebäude zwischen zwei Räumen vorgenommen werden. Am Bauwerk kann die Schalldämmung zwischen Räumen nach DIN EN ISO 140-4 gemessen werden. Für Messungen in Räumen mit besonderen baulichen Bedingungen werden Vorschläge zur Vorgehensweise in der DIN EN ISO 140-14 angegeben.

Bei der Ermittlung der Schalldämmung hat die **Flankenübertragung** (Schallübertragung über angrenzende Bauteile) einen wesentlichen Einfluss. Die Messung der Flankenübertragung in Prüfständen, bei unterschiedlichen Wandanschlussbedingungen, ist Gegenstand der DIN EN ISO 10848. Die Schallübertragung durch flankierende Wände und Decken kann am fertigen Bauwerk nicht vermieden werden. Durch Bauwerksmessungen wird deshalb ein **Bau-Schalldämm-Maß R´** ermittelt, das die flankierenden Bauteile und damit die Gebäudeeigenschaften mit einbezieht. Unter der Voraussetzung, dass die Räume des Gebäudes, zwischen denen die Schalldämmung zu prüfen ist, keine gemeinsame Trennfläche aufweisen (z. B. Räume liegen diagonal übereinander) oder die Trennfläche ist kleiner 10 m² bei versetzt zueinander liegenden Räumen, wird statt R´ eine **Norm-Schallpegeldifferenz D_n** in dB bestimmt, die sich nach folgender Gleichung ergibt:

$$D_n = L_1 - L_2 + 10\lg\frac{A_0}{A}$$ Gl. 74

Dabei ist:

D_n – Norm-Schallpegeldifferenz

L_1 – Schalldruckpegel im Senderaum, räumlich und energetisch gemittelt

L_2 – Schalldruckpegel im Empfangsraum, räumlich und energetisch gemittelt

A – Äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, gemessen

A_0 – Bezugsabsorptionsfläche (10 m²)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Für kleinformatige Bauelemente, mit einer Fläche kleiner 1 m², die im Prüfstand geprüft werden, wird eine Norm-Schallpegeldifferenz **$D_{n,e}$** nach DIN EN ISO 10140-2 gemessen und angegeben.



Abb. 290 Typischer Aufbau einer Luftschallmessung im Labor. Im Senderaum befindet sich ein Dodekaeder-Lautsprecher mit kugelförmiger Abstrahlung und ein Mikrofon, im Empfangsraum ein Mikrofon. Die Mikrofone sind drehbar und nehmen während der Messung verschiedene Positionen im Raum ein. Zwischen Sende- und Empfangsraum wird das zu prüfende Bauteil eingebaut. Absorber dienen zur Einstellung der Nachhallzeit. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Messung der Luftschalldämmung von Außenbauteilen am Bauwerk erfolgt nach DIN EN ISO 140-5. Dabei gibt es zwei Verfahren, die sich im Wesentlichen durch die Geräuschquelle und die Messung des Anregungsschalls unterscheiden. Als Geräuschquelle kann Straßenverkehrs-, Eisenbahn- oder Fluglärm bzw. Lautsprechergeräusch genutzt werden. Je nach dem, ob die Schalldämmung eines bestimmten Fassadenbauteiles, z. B. eines **Fensters**, oder der gesamten Fassade, z. B. einer Außenwand inklusive Fenster, bestimmt werden soll, werden die Mikrofone aufgestellt. Aus den Messergebnissen wird das Schalldämm-Maß **$R'_{tr,s}$** bei Anregung mit Straßenverkehrslärm oder bei der Nutzung von Lautsprecherlärm **$R'_{45°}$** ermittelt. Für die gesamte Fassade gilt die Normschallpegeldifferenz **$D_{2m,n}$** bei Anregung der Fassade mit Lautsprechergeräusch.

Schalldämm-Maße und Schallpegeldifferenzen sind frequenzabhängig und werden frequenzabhängig in Terzen (1/3 Oktave) gemessen. Sie werden anschließend unter Verwendung einer **Bezugskurve**, die die unterschiedliche Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für verschiedene Frequenzen berücksichtigt, auf eine einfach handhabbare **Einzahlangabe** umgerechnet. So erhält man das **bewertete Schalldämm-Maß R_w**, das **bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w** oder die **bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ bzw. $D_{n,e,w}$**. Das Verfahren ist in DIN EN ISO 717-1 geregelt.

Die Messung der Luftschalldämmung im Prüfstand von **Lärmschutzeinrichtungen**, z. B. für Straßen, ist Gegenstand der DIN EN 1793-2. Das Ergebnis ist eine Einzahl-Angabe der luftschalldämmenden Eigenschaft **DL_R** der Lärmschutzeinrichtung. Messungen der Luftschalldämmung vor Ort, also nach Fertigstellung, können nach DIN EN 1793-6 durchgeführt werden. Ermittelt wird ein **Schalldämmungsindex SI**, der in Form einer Einzahl-Angabe **DL_{SI}** angegeben wird.

28.2 Messung der Trittschalldämmung

Die Messung der Trittschalldämmung eines Bauteils erfolgt im Labor nach DIN EN ISO 10140-3. Kennzeichnende Größe für die Trittschalldämmung des Bauteils ist der **Norm-Trittschallpegel L_n** in dB. Die Prüfung erfordert spezielle bauliche Einrichtungen des Prüflabors, festgelegt in DIN EN ISO 10140-5. Das Bauteil wird in eine Prüföffnung waagerecht zwischen zwei Räume eingebaut. Zur Prüfung wird ein **Norm-Hammerwerk**, das oben auf das Bauteil (Decke) gestellt wird, eingesetzt. In dem darunter liegenden

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Raum wird der übertragene Schall, der Norm-Trittschallpegel L_n, gemessen. Die grundlegende Gleichung zur Auswertung der Prüfung bei der Messung des Schalldrucks ist:

$$L_n = L + 10\lg\frac{A}{A_0}$$

Gl. 75

Dabei ist:

L_n – Norm-Trittschallpegel

L – Schalldruckpegel im Empfangsraum, räumlich und energetisch gemittelt

A – Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraums, gemessen

A_0 – Bezugsabsorptionsfläche (10 m^2)

Die dabei benötigte **äquivalente Schallabsorptionsfläche** im Empfangsraum wird durch eine Messung der **Nachhallzeit** ermittelt. Die Messung der **Flankenübertragung** in Prüfständen ist wieder Gegenstand der DIN EN ISO 10848.

Die Ermittlung des Trittschallpegels in Gebäuden ist in DIN EN ISO 140-7 beschrieben. Er wird als Norm-Trittschallpegel **L'_n** bezeichnet. Für Messungen in Räumen mit besonderen baulichen Bedingungen werden Vorschläge zur Vorgehensweise in der DIN EN ISO 140-14 angegeben.

Zur Messung der **Trittschallminderung ΔL** (Verbesserung der Trittschalldämmung) durch eine Deckenauflage wird der Norm-Trittschallpegel mit und ohne Deckenauflage gemessen und die Differenz gebildet (DIN EN ISO 10140-1).

Genau wie die Schalldämm-Maße sind auch Trittschallpegel frequenzabhängig und werden auch frequenzabhängig gemessen. Sie werden anschließend unter Verwendung einer Bezugskurve auf eine einfach handhabbare **Einzahlangabe** umgerechnet. So erhält man **bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ bzw. $L'_{n,w}$**. Für Deckenauflagen wird ein **Trittschall-Verbesserungsmaß ΔL_w** berechnet. Das Verfahren ist in DIN EN ISO 717-2 geregelt.

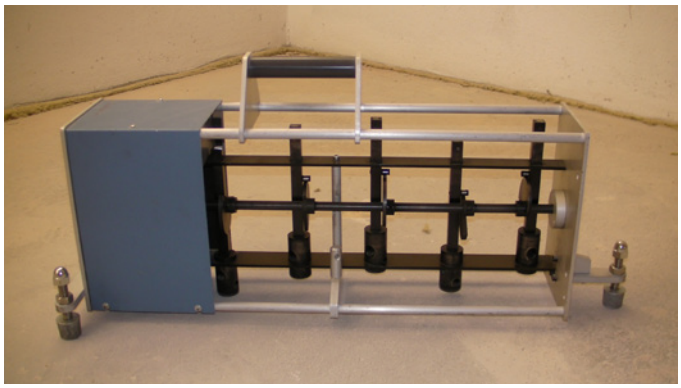


Abb. 291 Norm-Trittschall Hammerwerk. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

28.3 Schallschutzprüfung an Armaturen

Die Schallschutzprüfung an Armaturen ist Gegenstand der DIN EN ISO 3822. Grundlage der Messungen ist der Vergleich mit einem **Installationsgeräuschnormal**. Für den Fall, dass die Differenz des Pegels des Installationsgeräuschnormals und des entsprechenden Bezugswertes des Installationsgeräuschnormals weitgehend unabhängig von der Frequenz ist, wird der Armaturengeräuschpegel L_{ap} nach folgender Gleichung bestimmt:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

$L_{ap} = L - (L_s - L_{sr})$ Gl. 76

Dabei bedeuten:

L_{ap} – Armaturengeräuschpegel

L – mittlerer A-bewerteter Schallpegel, hervorgerufen durch das Geräusch der Armatur

L_s – mittlerer A-bewerteter Schallpegel, hervorgerufen durch das Geräusch des Installationsgeräuschnormals

L_{sr} – A-bewerteter Bezugsschallpegel des Installationsgeräuschnormals

Die A-Bwertung ist eine dem menschlichen Gehöhr nachempfundene frequenzabhängige Pegelbewertung.

Für die Prüfung wird ein Armaturenprüfstand benötigt, der im Wesentlichen aus einem Messraum mit einer speziellen Prüfwand und einer daran befindlichen Messleitung, Druck-, Durchflussregelanlage und einem definierten Armaturendoppelanschluss besteht, an die die zu prüfende Armatur bzw. das Installationsgeräuschnormal angeschlossen wird.



Abb. 292 Zentraler Teil eines Armaturenprüfstandes, rechts das Installationsgeräuschnormal. Aufbau: iBMB/MPA Braunschweig.

28.4 Kurzmessverfahren der Luft- und Trittschalldämmung sowie des Schalls haustechnischer Anlagen

Am Bauwerk werden häufig Kurzmessverfahren zur Beurteilung des Schallschutzes eines Gebäudes herangezogen, die allerdings einen wesentlich größeren Messfehler (bis zu 5 dB) aufweisen können und daher für Messungen, die mit exakten Anforderungen an Bauteile verglichen werden sollen, ungeeignet sind. Die Norm für solche Messungen ist DIN EN ISO 10052, in Verbindung mit der DIN 4109-11. Daneben sind Kurzmessverfahren beschrieben in:

Fischer, H.-M.; Freymuth, H.; Häupl, P.; Homann, M.; Jenisch, R.; Richter, E.; Stohrer, M.: Lehrbuch der Bauphysik. 6. Aufl., Vieweg und Teubner, Wiesbaden, 2008.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

28.5 Messung der Nachhallzeit, Bestimmung der äquivalenten Absorptionsfläche und des Schallabsorptionsgrades

Zur Ermittlung der Nachhallzeit eines Raums wird in dem Raum ein Schall erzeugt und die Zeit ermittelt, bis zu der der Schalldruckpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB abgeklungen ist, wobei durch Filter die frequenzabhängigen Eigenschaften des Nachhalls erfasst werden können. Aus der Messung der Nachhallzeit kann über die **Sabine´sche Formel** die äquivalente Absorptionsfläche bestimmt werden:

$$A = 0{,}16 \cdot \frac{V}{T}$$

Gl. 77

Dabei sind:

A – Äquivalente Absorptionsfläche

V – Raumvolumen

T – gemessene Nachhallzeit

DIN EN ISO 354 beschäftigt sich mit der Bestimmung des Schallabsorptionsgrades von Materialien bzw. der äquivalenten Schallabsorptionsfläche von Körpern bei statistischem Schalleinfall in einem **Hallraum**. Aus den Messwerten der Nachhallzeiten im Hallraum mit und ohne Prüfobjekt, wird die äquivalente Absorptionsfläche berechnet, um dann unter Verwendung der Prüfobjektfläche dessen Schallabsorptionsgrad zu ermitteln.



Abb. 293 Hallraum für Absorptionsmessungen mit Segeln zur Erzeugung eines diffusen Schallfeldes, einer schallharten Oberfläche und ohne parallele Wände. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Die Bewertung dieser Messwerte und die Berechnung einer **Einzahlangabe** des Schallabsorptionsgrades unter Verwendung einer **Bezugskurve** und deren Klassifizierung ist Gegenstand der DIN EN ISO 11654. Neben der Nachhallzeit existieren weitere Kenngrößen zur Charakterisierung eines akustisch wirksamen Raumes, z. B. Theater. Dazu können auch andere Messverfahren, z. B. Impulsantwort, eingesetzt werden. In DIN EN ISO 3382-2 sind diese Verfahren und deren Einsatz beschrieben.

Auf der Prüfmethode der Nachhallzeitmessung im Hallraum beruht auch die Ermittlung des Schallabsorptionsgrades von **Lärmschutzeinrichtungen** nach DIN EN 1793-1, z. B. an Straßen. Ermittelt wird dann eine Einzahl-Angabe zur Schallabsorption $\mathbf{DL}_{\alpha}$ auf Basis eines Verkehrslärmspektrums.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

28.6 Weitere Schallschutzprüfungen

DIN EN ISO 140-18 beschreibt ein Verfahren zur Messung des **Schalls durch Regen** auf **Dächern**, **Oberlichtern** usw. Dazu wird ein definierter **künstlicher Regen** erzeugt und der erzeugte Schall in dem darunter liegenden Prüfraum gemessen.

Die Messung von **Körperschall aus haustechnischen Anlagen** ist Gegenstand der DIN 52221. Die Messung des Körperschalls erfolgt z. B. mittels piezoelektrischer Wandler. Soll als Schallquelle nicht eine Maschine oder ähnliches dienen, kann beispielsweise ein **Norm-Trittschallhammerwerk** als Körperschallsender verwendet werden.

Zur Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen kann DIN EN ISO 3741 herangezogen werden.

Die **dynamische Steifigkeit** von Dämmmaterialien wird nach DIN EN 29052-1 bestimmt, in dem aus dem Dämmmaterial und einer aufliegenden Platte ein Feder-Masse-System aufgebaut wird und die Resonanzfrequenz des Systems gemessen wird. Aus der Masse des Systems, der Resonanzfrequenz und Informationen über den nach DIN EN 29053 bzw. ISO 9053 bestimmten **Strömungswiderstand** des eingeschlossenen Gases wird die dynamische Steifigkeit berechnet.

DIN EN ISO 10534 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des **Schallabsorptionsgrades** der **akustischen Impedanz**. Dazu wird eine Baustoffprobe in ein **Kundtsches Rohr** eingebracht und aus dem Stehwellenverhältnis bei ausschließlich senkrechten Schalleinfall wird der Absorptionsgrad und damit die Impedanz ermittelt.

DIN EN 14366 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Geräusche von Abwasserinstallationen. Dazu werden handelsübliche Abwasserinstallationen an eine speziell ausgebildete Prüfwand eines mehretagigen Prüfstandes angebaut und das Durchflussgeräusch von Abwasser ähnlich wie bei allgemeinen Installationen gemessen.

Die DIN EN ISO 16032 beschreibt ein sehr aufwendiges, aber sehr gut zur Fehlersuche geeignetes Verfahren, um die Schallübertragung ausgehend von haustechnischen Anlagen in ausgeführten Bauten zu ermitteln.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29 Dauerhaftigkeitsuntersuchungen ohne direkte Schädigung durch Organismen

29.1 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfverfahren sowie Prüfungen der Temperaturwechselbeständigkeit

29.1.1 Allgemeines

Verfahren zur Beurteilung des Materialverhaltens bei Beanspruchung durch Frost bzw. Frost mit Tausalzbeaufschlagung beruhen in der Regel darauf, Proben einer definierten Befeuchtung, einem definierten **Temperaturzyklus** sowie ggf. einer Beaufschlagungsprozedur für Tausalzlösung zu unterziehen und die Schädigung zu beschreiben. Dies kann z. B. durch die Masse abgewittertes Material oder anhand der innere Schädigung erfolgen, z. B. gemessen mit **Ultraschall**. Wichtige Verfahrensparameter für diese Prüfungen sind die Art und Weise der Feuchtezufuhr, die genaue Eingrenzung des **Feuchtezustandes** und des Temperaturverlaufs in den Proben und andere Parameter.

29.1.2 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Gesteinskörnung

Die Frostprüfung von Gesteinskörnung erfolgt durch 10-maliges Einfrieren und Wiederauftauen, vorzugsweise der Kornklasse 8/16, in einer wassergefüllten Dose. Als Schädigungsparameter ermittelt wird der Durchgang durch ein Sieb mit halber Lochweite wie das Kleinstkorn der Korngruppe, bei 8/16 mm also der Durchgang durch das 4 mm Sieb **(Dosenfrost)**. Das Verfahren ist in DIN EN 1367-1 beschrieben. Ein ähnliches Verfahren wird nach DIN EN 13055 für leichte Gesteinskörnung eingesetzt. Im Dosenfrost mit Taumittel wird das gleiche Verfahren in einer 1 %igen NaCl-Lösung durchgeführt. Diese Prüfung ist beschrieben in DIN EN 1367-6. Je nach geplanter Anwendung kann das Verfahren auch mit anderen Taumitteln durchgeführt werden.

Mit Erfahrung lässt sich die Frostbeständigkeit von Gesteinskörnung grob auch über das Verhalten bei Belastung mit einem Hammerschlag auf einer Stahlplatte beurteilen. Ein Zerbrechen mit dumpfen Klang in viele kleine Stücke deutet auf nicht frostbeständiges **Mürbkorn** hin **(Hammerschlag-Verfahren)**.

DIN EN 1367-2 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung der Frostbeständigkeit von Gesteinskörnung, das nicht mit Befrostungsversuchen arbeitet, sondern den Widerstand der Körnung gegen einen Kristallisationsdruck als indirektes Prüfverfahren für den Frost-Tausalz-Widerstand heranzieht (**Magnesiumsulfat-Verfahren**). Dazu werden die Proben fünfmal abwechselnd in gesättigter Magnesiumsulfatlösung gelagert und dann bei 110 °C getrocknet. Anschließend werden die abgelösten Feinkornanteile abgesiebt. Der **Magnesiumsulfatwert MS** ist der auf die Ausgangsmasse der Probe bezogene Verlust in M.-%. Die Ergebnisse des Magnesiumsulfatversuchs sind nicht direkt vergleichbar mit Befrostungsversuchen. So gibt es Gesteine, die sich im Magnesiumsulfatversuch besser verhalten als im Frostversuch und umgekehrt.

Eine interessante Prüfung ist der **Washington Hydraulic Fracture Test (WHFT)**. Die Gesteinskörnung wird dabei unter hohem Druck mit Wasser befüllt, so dass sich auch kritische Porengrößen (0,04 bis 0,2 µm) mit Wasser füllen, wobei die eingeschlossene Luft komprimiert wird. Durch eine anschließende sehr schnelle Druckentlastung wird das Wasser durch die sich ausdehnende Luft durch das Porensystem gepresst. Die Beurteilung erfolgt anhand der mechanischen Schädigung der Gesteinskörnung nach dieser Prozedur. Einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Prüfungen gibt:

Dombrowski, K.: Einfluss von Gesteinskörnungen auf die Dauerhaftigkeit von Beton, Dissertation, Universität Weimar, 2003.

Der Frost- und der Frost-Tausalz-Widerstand von Gesteinskörnung kann auch durch Prüfungen an daraus hergestellten Betonen untersucht werden, DIN V 18004 geht darauf ein.

Der Widerstand von Straßenbaustoffen wird geprüft nach den Technischen Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TP Gestein-StB).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.1.3 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Beton

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Konstruktionsbeton. Künstliche Steine aus Beton werden in Kap. 29.1.4 behandelt. Zur Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Beton existieren eine Reihe unterschiedlicher Prüfverfahren. Die Prüfung des Widerstandes von Beton auf Basis der Abwitterung ist Inhalt der DIN CEN/TS 12390-9. Die Norm benennt mehrere verschiedene Prüfverfahren. Darunter ist auch das inzwischen weit verbreitete **CF/CDF-Prüfverfahren**. Das CF-Verfahren prüft den Frost-Tauwiderstand (56 Frost-Tau-Wechsel), das CDF-Verfahren den Frost-Tausalz-Widerstand (28 Frost-Tau-Wechsel), nach vorhergehender Flüssigkeitsaufnahme durch kapillares Saugen. Die Proben sind während der Prüfung mit der Unterseite in Kontakt mit der Prüfflüssigkeit. Die Temperatur wechselt zwischen –20 °C und +20 °C.



Abb. 294 Blick in eine geöffnete CDF-Prüftruhe. In der großen Edelstahlwanne befindet sich die Temperierflüssigkeit. Die seitlich abgedichteten Probekörper werden auf Abstandhalter in die einzelnen Prüfbehälter gelegt, in denen sich auch die Prüfflüssigkeit befindet. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Der **CIF**–Test stellt eine Weiterentwicklung des CF-Verfahrens dar, bei dem die innere Gefügeschädigung durch eine **Ultraschallmessung** analysiert wird. Weitere Verfahren zur Messung der inneren Gefügestörung von Beton durch Frost-Tau-Prüfungen sind beschrieben im DIN-Fachbericht CEN/TR 15177. Der Bericht geht auf den Abfall des E-Moduls, gemessen über die Ermittlung der **Ultraschallgeschwindigkeit** oder der **Resonanzfrequenz** sowie die Messung der Längenänderung durch den Angriff ein.

Der CDF-Test ist beschrieben in der RILEM-Recommendation TC117-FDC: Freeze-thaw and de-icing resistance of concrete. Materials and Structures, Vol. 29, S. 523–528, 1996. Der CIF-Test ist beschrieben in der Final Recommendation of RILEM 176-IDC »Internal damage of concrete due to frost-action«: Test methods of frost-resistance of concrete, Materials and Structures, Vol. 37, S. 742–753, 2004. Die Prüfvorschriften für den CDF und den CIF-Test können heruntergeladen werden über: www.uni-due.de/ibpm/Pruefvorschrift.html. CDF- und CIF-Verfahren sind auch Bestandteil des Merkblatts Frostprüfung von Beton der Bundesanstalt für Wasserbau (MFB).

In der DIN CEN/TS 12390-9 enthalten ist auch das sogenannte **Plattenprüfverfahren** (Referenzverfahren, in der Regel 56 Frost-Tau-Wechsel zwischen –20 °C und +20 °C, Lösung auf der Probe) und ein **Würfelprüfverfahren** (in der Regel 56 Frost-Tau-Wechsel zwischen –15 °C und +20 °C, Probe in der Lösung). Beide Verfahren können mit Wasser (Prüfung des Frost-Tauwiderstandes) oder NaCl-Lösung (Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstandes) durchgeführt werden. Das Plattenprüfverfahren beruht auf dem schwedischen **Slab test (Borås-Test).** Daneben sind ASTM C 666/C 666 M und ASTM C 672 sowie mehrere bundeslandspezifische Prüfverfahren zu nennen. Auch diese Methoden werden, wie die Methoden zur Prüfung von Gesteinskörnung, im Überblick beschrieben von:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dombrowski, K.: Einfluss von Gesteinskörnungen auf die Dauerhaftigkeit von Beton, Dissertation, Universität Weimar, 2003.

2007 erschien folgender Review-Artikel zur Tausalzbeanspruchung von Beton:

Valenza II, J.J.; Scherer, G.W.: A review of salt scaling, I: Phenomenology, II: Mechanisms, Cement and Concrete Research, Bd. 37, S. 1007–1021 und S. 1022–1034, 2007.

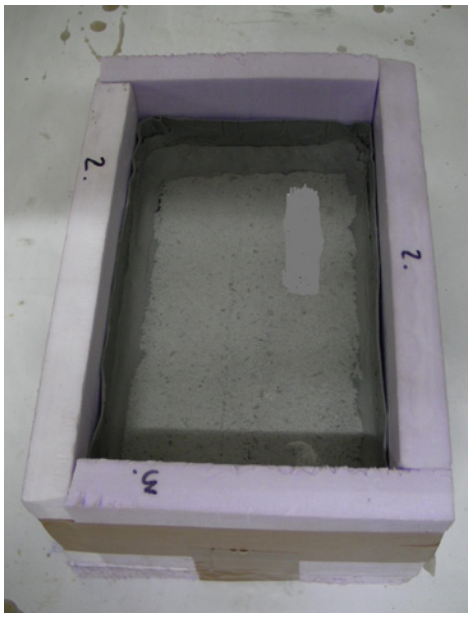


Abb. 295 Probekörper für das Plattenprüfverfahren. Versuch: Beton- und Prüftechnik Blomberg.

29.1.4 Frostprüfung von künstlichen Steinen, Mauerwerk und anderen Bauteilen

Die Prüfung von Betonpflastersteinen ist beschrieben in DIN EN 1338, die Prüfung von Platten aus Beton in DIN EN 1339, die Prüfung von Bordsteinen aus Beton in DIN EN 1340 und die Prüfung von Terazzoplatten für den Außenbereich in DIN EN 13748-2. Die Prüfung erfolgt mit NaCl-Lösung auf der Probe und 28 Frost-Tau-Wechseln. Die Beurteilung erfolgt über den Massenverlust. Der Prüfaufbau entspricht dem Plattenprüfverfahren nach DIN CEN/TS 12390-9 mit veränderter Anzahl von Frost-Tau-Wechseln.

Die Frostprüfung von Dach- und Formsteinen aus Beton nach DIN EN 491 besteht aus einem Zyklus von 25 Frost/Tau-Zyklen. Die Beurteilung erfolgt über eine anschließende **Wasserundurchlässigkeitsprüfung** (siehe Kap. 25.5.3), Prüfung der **Tragfähigkeit** und **visuelle Untersuchung** auf Schäden.

Die Frostprüfung von Faserzement-Wellplatten nach DIN EN 494 und Faserzement-Dachplatten nach DIN EN 492 besteht aus einem Zyklus von 100 Frost/Tau-Zyklen. Die Bewertung erfolgt über die Prüfung der Bruchlast bzw. des Biegemomentes bei **Biegebelastung** im Vergleich mit Referenzproben. Die Prüfung von Kalksandsteinen erfolgt nach DIN EN 772-18 durch Frostprüfungen einzelner Steine und der Begutachtung sichtbarer Beschädigungen bzw. Festigkeitsveränderungen. Für die Frostprüfung von Tondachziegeln beschreibt DIN EN 539-2 mehrere verschiedene Verfahren. Die Beurteilung der Probenschädigung nach den Frost-Tau-Zyklen erfolgt visuell oder über den Massenverlust.

DIN 52252 und DIN 52253 Beiblatt 1 beschreiben direkte Prüfverfahren für Vormauerziegel und Klinker. DIN 52252-1 sieht eine allseitige Befrostung von Einzelziegeln nach Wasserlagerung mit 25 Frost-Tau-Wechseln zwischen –15 und +20 °C vor. Diese Beanspruchung erzeugt Schäden, die häufig nicht mit dem tatsächlichen Schadensbild von Mauerwerksbauten übereinstimmen, ist jedoch relativ einfach und schnell durchführbar. DIN 52252-2 sieht einen Prüfblock aus 4 Ziegeln vor, der 50 Frost-Tau-Wechseln zwischen –24 °C und einem Auftauen durch warmes Wasser ausgesetzt wird. DIN 52252-3 sieht die einseitige Befrostung einer Prüfwand vor, die 100 Frost-Tau-Wechseln zwischen –15 und +20 °C ausgesetzt wird. Die

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Beurteilung der Schädigung erfolgt visuell. Die Frostprüfung von Mauerziegeln ist auch Gegenstand der DIN CEN/TS 772-22. Bei dieser Prüfung wird eine mit Wasser aufgesättigte Prüfwand einseitig 100 Frost-Tau-Wechseln unterzogen, mit dazwischen geschalteten Phasen, in denen die Wand mit Wasser besprüht wird. Die Beurteilung erfolgt visuell, anhand der sichtbaren Schäden.



Abb. 296 Bewitterungsschrank auch für die Frostprüfung von Mauerwerk. Foto: J. Oppermann.

Die einzelnen Teile der Norm DIN 52251 beschreiben mehrere indirekte Verfahren zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Ziegeln, die herangezogen werden können, wenn für einen Ziegel entsprechende Vergleichswerte mit direkten Frostprüfverfahren zur Verfügung stehen (**Wasseraufnahme unter Umgebungsdruck**, Wasseraufnahme durch Kochen, **Wasseraufnahme im Vakuum**, Tränkungswert, Trocken- und Brennschwindung). Die Beurteilung der Frostbeständigkeit von Vollziegeln kann auch über die **Porenradienverteilung**, ermittelt mit **Quecksilberdruckporosimetrie**, erfolgen. Siehe dazu Kap. 20.5.2.

Die Beurteilung der Frostbeständigkeit von Porenbeton kann nach DIN EN 15304 erfolgen. Diese Norm sieht Frost-Tau-Wechsel wassergesättigter und von Plastikbeuteln umgebener Probekörper zwischen –15 °C und 20 °C vor. Die Beurteilung erfolgt anhand des Masseverlustes und ggf. dem Verlust an Druckfestigkeit.

Die Frostprüfung von keramischen Fliesen und Platten ist beschrieben in DIN EN ISO 10545-12. Die Norm sieht 100 Frost/Tau-Zyklen wassergesättigter Proben vor und eine visuelle Beurteilung der Proben. Die Prüfung der Frostbeständigkeit von Pflasterziegeln ist beschrieben in DIN EN 1344. Die Steine werden wassergesättigt, ein Prüfbelag wird aufgebaut, mit einem Wasserfilm überspült und 100 Frost-Tau-Wechseln mit dazwischen liegenden Wassersprühphasen unterzogen. Die Beurteilung der Schäden erfolgt visuell. Die Prüfung der Frost-Tau-Wechselbeständigkeit von künstlichen Steinen nach DIN EN 14618 auf der Grundlage von DIN EN 14617-5 sieht 25 Frost-Tau-Wechsel wassergesättigter Probekörper zwischen –20 °C und +20 °C vor. Die Beurteilung erfolgt über die Veränderung der **Biegefestigkeit**.

Eine Frostprüfung für Abgasanlagen ist beschrieben in DIN EN 14297 und für Keramik-Aufsätze für Abgasanlagen in DIN EN 13502.

29.1.5 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung von Naturstein und Wasserbausteinen

Die Prüfung des Frostwiderstandes von Naturstein ist beschrieben in DIN EN 12371. Die Proben werden bis zu 168 Zyklen einer Befrostung mit anschließendem Wiederauftauen in Wasser unterzogen. Die Be-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

urteilung erfolgt anhand einer Sichtprüfung, einer Messung der Veränderung des Volumens bzw. einer Messung der Veränderung des E-Moduls.

Die Prüfung der Frostbeständigkeit von Naturstein nach DIN 52008 sieht eine Frostprüfung mit mindestens 25 Zyklen zwischen –20 °C und +20 °C mit wassergesättigten Probekörpern an Luft vor. Außerdem wird ein Verfahren beschrieben, bei dem die Probekörper in Wasser verbleiben und mit mindestens 25 Zyklen zwischen –17,5 °C und +20 °C beansprucht werden. Die Beurteilung erfolgt **visuell**, über die Masseveränderung und ggf. über die Festigkeitsveränderung. Die in dieser Norm beschriebene Frost-Tausalz-Prüfung sieht vor, dass plattenförmige Probekörper von oben bewässert werden und auf eine Temperatur von –17,5 °C gebracht werden. Anschließend werden die Probekörper in definierter Weise mit NaCl bestreut und aufgetaut. Nach Austausch der NaCl-Lösung gegen Wasser werden die Probekörper wieder eingefroren und durchlaufen insgesamt 25 Frost-Tausalz-Wechsel. Die Beurteilung erfolgt visuell und durch Ausmessen der Abtragungstiefe der beaufschlagten Flächen.

Die Prüfung von Dachschiefern erfolgt nach DIN EN 12326-2, indem Proben nach einer Wasserlagerung 50 Frost-Tau-Wechseln zwischen –20 °C und +23 °C ausgesetzt werden. Nur bei +23 °C erfolgt eine weitere Wasserlagerung. Die Beurteilung der Schädigung erfolgt über eine Prüfung der **Biegefestigkeit** im Vergleich zu einer unbeanspruchten Vergleichsgruppe.

Wasserbausteine werden zur Frostprüfung mit Wasser gesättigt, in Folie verpackt und anschließend 25 Frost-Tau-Zyklen zwischen –17,5 °C und 20 °C ausgesetzt. Die Beurteilung erfolgt über den Masseverlust sowie eine visuelle Prüfung.

29.1.6 Prüfung des Verhaltens von Wärmedämmstoffen bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

Die Widerstandsfähigkeit von Wärmedämmstoffen gegenüber Frost-Tau-Wechselbeanspruchung kann nach DIN EN 12091 geprüft werden. Dazu werden die Proben zunächst einer Wasseraufnahme nach DIN EN 12087 oder DIN EN 12088 ausgesetzt. Anschließend werden die Proben 300 Zyklen einer Wechselbeanspruchung zwischen –20 °C und +20 °C ausgesetzt, wobei eine Lagerung unter Wasser nur bei +20 °C erfolgt. Die Beurteilung der Schädigung erfolgt anhand der Masseveränderung, einer Sichtprüfung sowie der Veränderung des Verhaltens bei **Druckbeanspruchung** im feuchten bzw. trockenen Zustand.

29.1.7 Frost- und Frost-/Tausalz-Prüfung sowie Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Beschichtungen, Hydrophobierungen und Mörteln

Bei der Prüfung nach DIN EN 13687-1, DIN EN 13687-3 und DIN EN 13687-4 wird das Prüfgut auf einen Betonuntergrund aufgebracht. Anschließend wird der **Verbundkörper** nach DIN EN 13687-1 einer Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Tausalzangriff zwischen –15 °C und + 21 °C unterzogen. Bei der Prüfung nach DIN EN 13687-4 erfolgt eine Frost-Tau-Wechselbeanspruchung zwischen –25 °C und + 55 °C ohne Tausalzbeanspruchung. Bei einer Prüfung nach DIN EN13687-3 wird der Verbundkörper einer Frost-Tau-Wechselbeanspruchung zwischen –15 °C in Luft und + 60 °C in Wasser ohne Tausalz unterzogen. Die Beurteilung der Schädigung erfolgt **visuell** und durch Prüfung der **Haftung**.

DIN EN 13687-2 und DIN EN 13687-5 beschreiben Verfahren zur Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit. Das Prüfgut wird auf einen Betonuntergrund aufgebracht. Bei einer Prüfung nach DIN EN 13687-2 wird der Verbundkörper einem **Temperaturschock** durch kalten Regen unterzogen (**Gewitterregenbeanspruchung**, Temperaturwechsel zwischen +60 °C und +12 °C). Bei einer Prüfung nach DIN EN 13687-5 wird der Probekörper mit heißem Silikonöl oder einer anderen Prüfflüssigkeit beansprucht. Die Beurteilung erfolgt durch visuelle Prüfung auf Schäden und Prüfung der Haftung.

DIN EN 13581 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung von **hydrophobiertem** Beton durch Frost-Tausalz-Wechsel. Die Proben werden 50 Temperaturzyklen zwischen von –15 und + 21 °C ausgesetzt und visuell sowie auf Masseverlust geprüft.

DIN EN 12808-3 beschreibt ein Verfahren zur Beurteilung von Fugenmörteln für keramische Fliesen und Platten bei Frost-Tau-Wechseln. Probekörper werden 25 Frost-Tau-Wechseln zwischen –15 °C und +15 °C ausgesetzt und die Schädigung über eine Prüfung der **Druck- und Biegefestigkeit** untersucht.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.1.8 Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Fugendichtungsbändern

Die Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Fugendichtungsbändern ist Gegenstand der DIN 18542. Das Fugendichtungsband wird zwischen 2 Aluminiumrohren eingebaut und der Versuchskörper einem Temperaturwechsel zwischen 40 bzw. 50 °C und –20 °C unterzogen. Anschließend wird der Kontaktbereich auf Verfärbungen, Bindemittelabwanderung und das Rückstellvermögen des Fugenbandes untersucht.

29.1.9 Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von keramischen Fliesen und Platten und künstlichen Steinen

Die Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von keramischen Fliesen und Platten nach DIN EN ISO 10545-9 erfolgt durch einen zehnmaligen Temperaturwechsel zwischen 15 und 145 °C und eine **visuelle** Prüfung auf aufgetretene Schäden. Die Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von künstlichen Steinen nach DIN EN 14618 erfolgt nach DIN EN 14617-6 durch eine Beanspruchung mit 20 Zyklen zwischen 70 °C bzw. 105 °C und Eintauchen in Wasser mit 15 °C.

29.1.10 Prüfung des Widerstandes von Naturstein gegenüber Wärmeschock

Bei der Prüfung des Widerstandes von Naturstein gegenüber Wärmeschock nach DIN EN 14066 werden die Probekörper einer Temperaturwechselbeanspruchung zwischen 105 °C und 20 °C unterzogen. Die Abkühlung auf 20 °C erfolgt mit hoher Geschwindigkeit durch Eintauchen in Wasser. Die Beurteilung erfolgt nach 20 Zyklen **visuell** und über eine Messung des **dynamischen E-Moduls**. Die Prüfung des Widerstandes gegen **Hitzebeanspruchung** von Gesteinskörnung nach DIN EN 1367-5 erfolgt, in dem eine vorher wasserbeaufschlagte Probe kurzzeitig einer Temperatur von 700 °C ausgesetzt wird und der abgesprengte Feinkornanteil bzw. die Veränderung des **Los-Angeles-Koeffizienten** bzw. des **Schlagzertrümmerungswertes** untersucht wird. Die Prüfung steht in Zusammenhang mit der Verwendung von Gesteinskörnung zusammen mit heißen **bitumenhaltigen Mischungen**.

29.1.11 Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit von Rohrverbindungen

DIN EN 295-3 beschreibt ein Verfahren zur Untersuchung der Temperaturwechselbeständigkeit von Verbindungen von Steinzeugrohren. Die Rohrverbindungen werden einem Temperaturzyklus zwischen –10 °C und +70 °C ausgesetzt und anschließend einer **Dichtheitsprüfung** und einer Sichtprüfung unterzogen.

29.2 Raumbeständigkeitsprüfungen

29.2.1 Allgemeines

Prüfungen der Raumbeständigkeit zielen darauf ab herauszufinden, ob in einem Material Komponenten in zu hoher Konzentration enthalten sind, die unter normalen Gebrauchsbedingungen, d. h. ohne Zufuhr aggressiver Medien, durch Treiberscheinungen den Baustoff zerstören können.

29.2.2 Prüfung der Raumbeständigkeit von Bindemitteln, Stahlwerksschlacken und mit Bindemitteln behandeltem Boden

Durch zu große Anteile an freiem CaO, freiem MgO und Sulfat können **Treibschäden** am Zementstein auftreten, die durch eine Volumenzunahme im schon erhärteten Zustand gekennzeichnet sind. Die zulässigen Anteile von CaO und MgO sind deshalb begrenzt und der Sulfatgehalt von **Zementen** muss auf die Gesamtzusammensetzung abgestimmt sein. Dies wird über die Prüfung der sogenannte Raumbeständigkeit nach DIN EN 196-3 laufend überprüft. Dabei wird ein Zementleim mit **Normsteife** hergestellt und damit **Le-Chatelier-Ringe** befüllt. Nach einem 24 stündigen Erhärten werden die Proben gekocht. An

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

den Le-Chatelier-Ringen befinden sich Nadeln, die sich bei einer **Ausdehnung** des Mörtels voneinander entfernen. Über deren Abstand vor und nach dem Kochen wird die Raumbeständigkeit beurteilt.



Abb. 297 Draufsicht auf einen Le-Chatelier-Ring. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

DIN 1164-11 sieht für **schnellerstarrende Zemente** einen **Kochversuch** ohne Le-Chatelier-Ring vor, bei dem der Kuchen auf Treibrisse und Verformung **visuell** geprüft wird. Die entsprechende Prüfung nach ASTM C 151 prüft die Ausdehnung dagegen nach einer **Autoklavbehandlung**. Freies CaO und MgO können auch in **Schlacken** auftreten. DIN EN 1744-1 beschreibt ein Prüfverfahren, um die Raumbeständigkeit von Stahlwerksschlacken zu prüfen. Dazu wird eine Messprobe mit definierter Korngrößenverteilung zusammengestellt und verdichtet. Sie wird anschließend mit heißem Dampf durchströmt und die Volumenzunahme der Probe untersucht. Die Prüfung des Zerfalls von Wasserbausteinen aus Stahlwerksschlacke nach DIN EN 13383-2 erfolgt durch Kochen der Proben und Messen des eintretenden Masseverlustes.

Die Prüfung der Raumbeständigkeit von Baukalken nach DIN EN 459-2 richtet sich nach der Art des Baukalkes. Die Norm sieht zum einen die Prüfung der Ausdehnung von gepressten Probekörpern nach einer Dampfbehandlung bzw. die Prüfung nach DIN EN 196-3 (Zement) vor. Andere Kalktypen werden mit dem **Kaltwasserversuch** geprüft. Dazu werden Kalkkuchen hergestellt, die in feuchter Luft erstarren. Bei anschließender Lagerung bis zum Alter von 28 Tagen unter Wasser dürfen bei visueller Beurteilung keine Treiberscheinungen auftreten. Andere Prüfungen sehen vor, den Kalk mit einem Gipsmörtel zu vermischen und den Kuchen nach Erhärtung des Gipses einer Dampfbehandlung auszusetzen oder Kalkkuchen bei 105 °C mehrere Stunden zu trocknen. Dabei dürfen keine sichtbaren Anzeichen für Treiberscheinungen auftreten.

Das Quellen von mit Bindemittel behandeltem Boden wird nach DIN EN 13286-49 über eine Ausdehnungsmessung nach definierter Lagerung geprüft.

29.2.3 Prüfung der Raumbeständigkeit von Gesteinskörnung

Die Prüfung der Raumbeständigkeit von leichter Gesteinskörnung kann erfolgen nach DIN EN 13055-1. Die Prüfung besteht aus einer Lagerung unter Wasser und einer anschließenden Lagerung bei erhöhter Temperatur und Druck im **Autoklaven**. Die dabei zerfallenen Körner werden über eine Siebanalyse abgetrennt und dienen zur Beurteilung der Raumbeständigkeit. Die Prüfung der Raumbeständigkeit von Straßenbaustoffen ist Gegenstand der Technischen Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TP Gestein-StB).

29.2.4 Prüfung von keramischen Baustoffen auf treibende Einschlüsse

Die Prüfung von Mauerziegeln und Kanalklinkern auf treibende Einschlüsse kann mit dem **Dampftest** nach DIN V 105-100 (Mauerziegel) bzw. DIN 4051 (Kanalklinker) erfolgen. Dazu werden Probekörper nach einer Trocknung bei 110 °C über mehrere Stunden dem Wasserdampf über siedendem Wasser ausgesetzt. Die Beurteilung erfolgt aufgrund der aufgetretenen Absprengungen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.3 Prüfungen im Zusammenhang mit Alkalireaktion

29.3.1 Allgemeines

Alkalireaktion und Alkalireaktivität werden hier als Überbegriff über verschiedene Prozesse verwendet, deren wichtigste die **Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)** ist. Die gängigen Prüfungen zur Beurteilung der Alkalireaktivität von Gesteinskörnungen in Deutschland sind in der DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie) niedergelegt. Einen guten Überblick über die Prüfungen im Zusammenhang mit Alkalireaktion, auch über die Alkali-Richtlinie hinaus, gibt das Buch:

Stark, J.; Erfurt, D.; Freyburg, E.; Giebson, C.; Seyfarth, K.; Wicht, B.: Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Heft 3 der Schriftenreihe des F.A. Finger Instituts für Baustoffkunde, Weimar, 2008, ISBN 978-3-00-024607-4.

Weitere Informationen im Zusammenhang mit der Alkalireaktion können entnommen werden aus:

Dombrowski, K.: Einfluss von Gesteinskörnungen auf die Dauerhaftigkeit von Beton, Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2003.

Mansfeld, T.: Das Quellverhalten von Alkalisilikatgelen unter Beachtung ihrer Zusammensetzung, Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2008

Die zuletzt genannte Arbeit geht insbesondere auch auf die Messung von Quelldrücken ein.

29.3.2 Prüfungen zur Beurteilung von Gesteinskörnungen

Wichtigste Grundlagen für die Beurteilung von Gesteinskörnung sind die petrographische Untersuchung und Einordnung der Gesteinskörnung sowie die Erfahrungen aus der Baupraxis. Die **petrographische Beurteilung** erfolgt **visuell**, durch die Untersuchung von **Dünn- oder Anschliffen** im **Lichtmikroskop** sowie ggf. auch durch andere **phasenanalytische Methoden**. Internationale Prüfstandards sind z. B. ASTM C 294, ASTM C 295 und die RILEM recommended test method AAR-1: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – petrographic method (Materials and Structures, Bd. 36, S. 480–496, 2003). DIN EN 932-3 beinhaltet ein Prüfverfahren zur vereinfachten petrographischen Beschreibung von Gesteinskörnung. Die wichtigsten Merkmale bei der lichtmikroskopischen petrografischen Beurteilung im Hinblick auf Alkalireaktion sind in Kap. 14.4.10 aufgeführt. Die Nutzung der **Röntgendiffraktometrie** im Hinblick auf Alkalireaktion zur Bestimmung eines **Kristallinitätsindexes**, der **Kristallitgröße** und des **Mikrostrain** ist im Kap. 14.5.6 beschrieben.

Für Gesteine aus dem norddeutschen Raum, bei denen die Gefahr von Opalsandstein, Kieselkreide und Flint ausgeht, ist in Teil 2 der DAfStb-Richtlinie ein Prüfverfahren vorgeschrieben. Körnungen über 1 bzw. 4 mm werden zunächst petrographisch untersucht. Anschließend wird die Gesteinskörnung durch 1-stündige Einlagerung in 4 %ige heiße Natronlauge beansprucht. Reaktive Körner werden angelöst oder erweichen. Der Anteil entsprechender Körner darf bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Die Reaktionsfähigkeit des Flintes wird über seine **Rohdichte** beurteilt. Die Zuschläge werden nach ihrer Alkaliempfindlichkeit eingeteilt in die **Klassen EI (unbedenklich), EII (bedingt brauchbar) und E III (bedenklich)**. Hinzu kommt der Zusatz O wenn sich die Bewertung auf Opalsandstein bezieht und OF wenn Flint hinzukommt.

Für gebrochene präkambrische Grauwacken, gebrochener Quarzporphyr (Rhyolit), gebrochene Kiese aus dem Oberrheingebiet, recycelten Beton und alle anderen nicht als unbedenklich geltenden gebrochenen Gesteinskörnungen, die insbesondere der Gruppe der slow/late Gesteine zuzuordnen sind, greift Teil 3 der Richtlinie. Die Prüfung erfolgt durch eine **40 °C Nebelkammerlagerung** von Würfeln mit 30 cm Kantenlänge und Balken 10 × 10 × 50 cm^3 über 9 Monate **(40 °C Betonversuch)**. Anhand möglicher Rissbildung am Würfel und Dehnungen am Balken erfolgt eine Einstufung in E I S (unbedenklich) oder E III S (bedenklich). Weitere Prüfverfahren, die die Gesteinskörnung anhand eines Betonversuchs mit einer Standardrezeptur untersuchen sind: ASTM C 1293 und der kanadische **Concrete Prism Test CPT**, die RILEM recommended test method **AAR-3** (Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – method

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

for aggregate combinations using concrete prisms, Materials and Structures, Bd. 33, S. 290–293, 2000 und der **Accelerated Concrete Prism Test (ACPT)**.



Abb. 298 Nebelkammer zur Durchführung von Untersuchungen im Zusammenhang mit **Alkali-Kieselsäurereaktion**. Lagerung von Würfeln und Balken zur Prüfung von Gesteinskörnung nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie des DAfStb sowie von Bohrkernen aus Bauwerken bei 40 °C und 100 % r. F.

Da der 40 °C Betonversuch sehr lange dauert hat man sich bemüht **Schnellprüfverfahren** zu entwickeln. Die DAfStb-Richtlinie sieht dazu einen an der TU Hamburg-Harburg entwickelten Schnelltest **(DAfStb-Schnellprüfverfahren)** und als Alternativverfahren den **Mörtelschnelltest (MST)** der Bauhaus Universität Weimar vor. Bei den Schnelltests werden mit gebrochener Körnung, definiertem Zement und z. T. mit zusätzlicher Alkalizufuhr kleinere Probekörper hergestellt und bei erhöhter Temperatur in Wasser oder alkalischer Lösung gelagert. Nach wenigen Wochen kann über eine Dehnungsmessung, die die Temperaturdehnung berücksichtigt, eine Aussage über die Reaktivität getroffen werden. Ist über ein Schnellprüfverfahren keine Einstufung in E I S möglich, kann diese ggf. noch durch einen Betonversuch in der Nebelkammer erzielt werden. Weitere Schnelltests nach internationalen Standards sind in ASTM C 1260 **(mortar-bar method)** und der RILEM recommended test method **AAR-2** beschrieben. Diese Verfahren beruhen auf dem sogenannten **Accelerated Mortar Bar Test (AMBT)**, entwickelt ursprünglich in Südafrika (s. Recommendation of RILEM TC 106-AAR: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates: The ultra-accelerated mortar-bar test, Materials and Structures, Bd. 33, S. 283–289, 2000). Relevant ist weiterhin der **Concrete Microbar Test (CMBT)**.

Von Bedeutung ist auch ein in Frankreich entwickelter Betonversuch, bei dem schlankere Prüfkörper mindestens 12 Wochen über 60 °C warmen Wasser gelagert **(60 °C Betonversuch)** und anhand eines Dehnungsgrenzwertes beurteilt werden. Dieser ist beschrieben in NF P18-454. Weitere Prüfverfahren im internationalen Raum können entnommen werden aus:

Mansfeld, T.: Das Quellverhalten von Alkalisilikatgelen unter Beachtung ihrer Zusammensetzung, Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, 2008.

Hill, S.: Zur direkten Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit präkambrischer Grauwacken aus der Lausitz anhand deren Kieselsäure- und Aluminiumlöseverhalten, Dissertation TU Cottbus, 2004.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

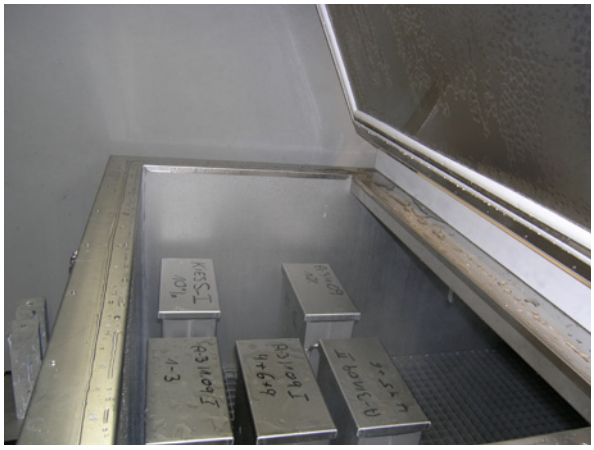


Abb. 299 60 °C Betonversuch zur Alkalireaktivität. Die Probekörper befinden sich in den Edelstahlbehältern. Foto: F. Tralow.

Eine wesentliche Einflussgröße auf Verfahren zur Prüfung von Gesteinskörnung durch Mörtel oder Betonversuche ist die Auswahl bzw. Aufbereitung der Körnung. Durch die Auswahl des Korngrößenbereichs und insbesondere durch Verwendung gebrochenen Zuschlags können die Ergebnisse entsprechender Tests stark verändert werden. Durch das Brechen können zum einen Risse neu geschaffen werden **(Backenbrecher)** zum anderen aber auch Schwachstellen in den gröberen Körnern abgebaut werden **(Prallbrecher)**. Risse beeinflussen als Wegsamkeiten aber stark die Transportprozesse in der Gesteinskörnung und damit die Reaktivität. Von großer Bedeutung ist auch der **Alkaligehalt** des **Zementes**. Für entsprechende Prüfungen nach Alkalirichtlinie wird ein spezieller **Prüfzement** verwendet.

Einen ganz anderen Weg gehen Prüfverfahren, die die Auslaugung von SiO_2 aus Gesteinen chemisch analytisch prüfen, z. B. nach ASTM C289. Eine weiterentwickelte Variante dieser Verfahren ist der von der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus entwickelte **BTU-SP-Schnelltest**. Bei diesem Test wird das aus einer Gesteinskörnung bei definierten Bedingungen lösliche SiO_2 und Al_2O_3 bestimmt. Die Aluminiumkomponente bindet einen Teil des löslichen Siliziums. Nur der Überschuss wird als reaktiv angesehen. Der Kieselsäureüberschuss wird im Zusammenhang mit der Porosität der Gesteinskörnung zur Beurteilung der Reaktivität herangezogen. Dieser ursprünglich für Grauwacken entwickelte Test ist wahrscheinlich auch auf die anderen potentiell alkalireaktiven Gesteine übertragbar. Es handelt sich dabei im Gegensatz zu den anderen Schnelltests um ein direktes Prüfverfahren der Gesteinskörnung, das nicht durch andere mörtel- oder betontechnologische Parameter beeinflusst wird. Es ist noch nicht als Regelprüfverfahren in der DAfStb-Richtlinie enthalten, dies wird zukünftig jedoch wahrscheinlich der Fall sein. Informationen dazu sind bei der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, Lehrstuhl Baustoffe und Bauchemie, erhältlich.

29.3.3 Performance-Prüfungen zur Untersuchung von Betonrezepturen

Ein weiterer Typus von Prüfverfahren sind die sogenannten Performance Prüfungen. In einer Performance Prüfung werden konkrete Betone, mit allen vorgesehenen Ausgangsstoffen, und in der vorgesehenen Zusammensetzung unter den Beanspruchungen einer geplanten Anwendung geprüft. Ein reaktiver Zuschlag alleine macht noch keine Alkalireaktion. Es gibt zahlreiche weitere Baustoff- und Umgebungsparameter, die die Entstehung eines Schadens mitbestimmen. Bezogen auf die Performance-Prüfung zur Alkalireaktion bedeutet dies, dass konkrete Betonsorten Umgebungsbedingungen ausgesetzt werden, die der jeweiligen geplanten Anwendung angepaßt sind, d. h. mit oder ohne Feucht-/Trockenwechsel, mit/ohne **Frost-/Tauwechsel**, mit/ohne **Taumittel** (je nach Anwendung NaCl, andere Cloride oder Acetate/Formiate bei Flugbetriebsflächen). Als Ausgangspunkt für eine Performance Prüfung kann der Prüfaufbau des **60 °C Betonversuchs** dienen, der dann entsprechend abgewandelt wird. Die Schädigung kann über die **Dehnung**, Masseveränderungen, Veränderungen des **dynamischen E-Moduls, visuelle Ver-**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

änderungen und **lichtmikroskopische Untersuchungen** nach Ende der Einlagerungsperiode beurteilt werden. Auch die Performance Prüfung ist noch nicht in der DAfStb-Richtlinie als Regelprüfung enthalten.

29.3.4 Prüfungen an geschädigten Bauwerken

Prüfungen an geschädigten Bauwerken umfassen zunächst die **visuelle Untersuchung** des äußeren **Rissbildes**. Typisch für Alkalireaktion sind i. d. R. netzartige Risse an der Oberfläche. Das tatsächliche Rissbild hängt jedoch von der Summe der sich überlagernden Spannungen ab und kann im Einzelfall anders aussehen. So zeigen vorgespannte Eisenbahnschwellen primär Längsrisse. Durch die Rissbildung zeigen Straßenbetone Ausbrüche im Fugenbereich. Durch oberflächennahe reaktive Körner können trichterförmige Abplatzungen **(pop-outs)** entstehen. Im späten Stadium treten auch **Gelausscheidungen** auf, die zuerst dickflüssig und klar sind und später trüb und fest werden. Teile dieser Ausscheidungen reagieren mit Luft-CO_2 zu Carbonat. An bewitterten Außenwänden sind sichtbare Gelausscheidungen seltener, da sie abgewaschen werden.

Anhand von **Bohrkernen** kann die innere Rissstruktur beurteilt werden. Typisch sind viele feine Risse im Inneren, die sich zur Oberfläche hin zu wenigen breiteren Rissen vereinigen. Häufig biegen die Risse in der Tiefe des Bauteils parallel zur Bauteiloberfläche um, so dass das Bauteil in Schalen zerlegt wird. Typisch für AKR sind Risse durch einzelne rissverursachende Gesteinskörner hindurch, die sich strahlenförmig in die Zementmatrix fortpflanzen, weiterhin **Reaktionsränder** um die kritischen Gesteinskörner und gelgefüllte Poren. Nach Trocknung reißt das Gel schollenartig auf. Zur Beurteilung sind **lichtmikroskopische Untersuchungen** im **Stereomikroskop** und im **Polarisationsmikroskop** an **Dünn- oder Anschliffen** hilfreich.



Abb. 300 Pop Out eines reaktiven Korns nach Feuchtlagerung. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Bei der Nebelkammerlagerung von Bohrkernen entstehen je nach Vorgeschichte weitere Treibdehnungen, Gelausscheidungen und pop-outs. Bei Anwesenheit schnell reagierender Gesteinskörnung reicht dazu häufig bereits, den Bohrkern einer **Fußbadlagerung** mit Wasser auszusetzen. Treten diese Erscheinungen nicht oder nur in geringem Maße auf, ist dies jedoch kein Beweis dafür, dass keine Alkalireaktion vorliegt, da die entsprechenden Reaktionen bereits im Bauwerk vollständig abgelaufen sein können. Entscheidend ist letztlich die Gesamtbetrachtung des Bauteils und die Petrographie. Eine innere Schädigung lässt sich durch **Ultraschallprüfung** feststellen. Mittels chemischer **Element-** und **Phasenanalyse** lassen sich auch die entstandenen Reaktionsprodukte analysieren, um Klarheit über den Schadensprozess zu gewinnen. Verwechselungsgefahr besteht grundsätzlich mit einem **Sulfattreiben** und anderen Schadensprozessen, die zu Rissbildungen führen. Wichtige Hinweise für die Schadensdiagnose und Instandsetzung bestehender Bauwerke mit dem Verdacht einer Alkalireaktion finden sich in:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Betonbauwerke, die infolge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion geschädigt sind – Empfehlung für die Schadensdiagnose und die Instandsetzung, beton, Heft 9, S. 438–443, 2003.



Abb. 301 Gelausscheidung an einem Bohrkern nach Nebelkammerlagerung. Foto: F. Tralow.

29.4 Prüfung der Dauerhaftigkeit im Kontakt mit chemisch angreifenden Lösungen und Gasen

29.4.1 Allgemeines

Zur Prüfung des Korrosionsverhaltens von Baustoffen und Bauteilen in Kontakt mit chemisch angreifenden Stoffen werden diese mit dem Stoff beaufschlagt und die Schädigung durch eine oftmals zeit- und ortsabhängige Analyse des Baustoffs und/oder der angreifenden Lösung untersucht. Das Kapitel beschäftigt sich im Wesentlichen mit dem Angriff durch Lösungen. Die Aussagen können jedoch mit entsprechenden Anpassungen auf Korrosionsversuche mit Gasen übertragen werden.



Abb. 302 Prüfzelle zur Beaufschlagung von Injektionsmörtel mit Lösung mit kalklösender Kohlensäure und diffusivem Eindringen. Versuch: Ruhr-Universität Bochum.

Durch Einlagerung von Probenpulver in Flüssigkeit erhält man den zu dem jeweiligen Festkörper-Lösungs-Verhältnis zugehörigen korrodierten Gleichgewichtszustand, wenn man lange genug wartet **(Schüttel-tests)**. Durch wiederholte Tennung von Flüssigkeit und zerkleinertem Festkörper **(Filtrieren)** und anschließendem Hinzufügen von neuem Feststoff zur abfiltrierten Flüssigkeit bzw. von neuer Flüssigkeit zum abfiltrierten Festkörper kann man **Reaktionspfaduntersuchungen** anstellen. Zu diesem Typ von Versuchen gehört zum Beispiel ein von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit entwickelter **Kaskadenversuch**, bei dem zur abfiltrierten Lösung immer wieder frischer Feststoff hinzugefügt wird, bis

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

die Lösung komplett verbraucht ist. Mit solchen Versuchen lässt sich der chemische **Verlauf von Korrosionsreaktionen** untersuchen, es lässt sich jedoch keine absolute Zeitskala an den Schädigungsprozess eines Bauteils anlegen, da die Transportprozesse im porösen Baustoff unberücksichtigt bleiben.

Um Aussagen über den zeitlichen Verlauf von Schädigungsprozessen treffen zu können, muss man größere Probekörper in Kontakt mit der angreifenden Lösung bringen und die Schädigung zeit- und ortsabhängig untersuchen. Für solche Versuche sind neben den Reaktionen die ablaufenden **Transportvorgänge** von entscheidender Bedeutung. Diese sollen bei der Laboruntersuchung möglichst den Bedingungen entsprechen, denen das interessierende Bauteil auch in der Realität ausgesetzt ist.

Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da unterschiedliche Transportprozesse unterschiedliche Anteile am Porensystem eines Baustoffs nutzen. Man kann nicht einen Korrosionsversuch, den man zur Verkürzung der Versuchszeit mit **kapillarem Saugen** des korrosiven Mediums ausführt, ohne weiteres übertragen auf einen realen Korrosionsvorgang mit **diffusiven Transportprozessen**. Es bestehen sehr komplexe Wechselwirkungen zwischen Reaktionen, Transportprozessen und Veränderungen der Transportparameter in der korrodierten Zone. Sollen ausschließlich diffusive Transportvorgänge untersucht werden, müssen die Proben vor dem Versuch komplett mit einer inerten Lösung gesättigt werden, sonst bekommt man eine Überlagerung mit kapillarem Saugen. Das gleiche gilt für Korrosionsversuche mit **Durchströmung**. Soll kapillares Saugen untersucht werden, ist der Ausgangs-Feuchtegehalt zu Beginn des Versuchs genau festzulegen und die Proben in diesen **Feuchtezustand** zu bringen. Bei Korrosionsversuchen mit kapillarem Saugen oder Durchströmung finden unvermeidbar immer auch zusätzliche Diffusionsprozesse statt.

Von großer Bedeutung ist auch, ob die Proben ganz oder teilweise eingetaucht werden, ob die Oberfläche mechanisch beansprucht wird oder die korrodierte Randschicht auf der Probe verbleiben kann, welches Festkörper/Flüssigkeits-Verhältnis man wählt, bei welcher Temperatur man arbeitet, ob die Konzentrationen in der Flüssigkeit konstant gehalten werden oder nicht und ob die Proben einer einmaligen und dann anhaltenden Beaufschlagung unterzogen werden oder einer wechselnden Befeuchtung und **Trocknung** (s. Kap. 10.3). All diese Punkte müssen vor Beginn entsprechender Versuche festgelegt werden.

Lösungskonzentrationen können durch regelmäßigen Austausch der angreifenden Flüssigkeit, durch die Verwendung von **Pufferlösungen**, durch automatische **Titrationsanlagen (Titroprozessor)** oder durch ein sehr großes Flüssigkeits-/Festkörperverhältnis näherungsweise konstant gehalten werden. Dies ist insbesondere ein Problem bei Säurekorrosionsversuche **zementgebundener Materialien**, bei denen ohne Titroprozessor der pH-Wert nur mit großem Aufwand konstant gehalten werden kann. Auch bei Verwendung eines Titroprozessors zur Konstanthaltung des pH-Wertes ist die Aufkonzentration herausgelöster Komponenten zu beachten, die ebenfalls Einfluss auf das Ergebniss eines Korrosionsversuchs hat. Die Untersuchung von Korrosionsprozessen unter erhöhtem Druck, z. B. für Tiefbohrzemente und zur Untersuchung von Materialien zur Verwendung im Bergbau, erfordert den Einsatz von **Hochdruckautoklaven**, siehe Kap. 10.5.

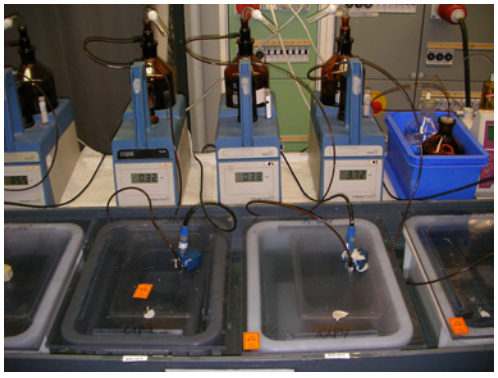


Abb. 303 Automatische Titrationsanlage zur Untersuchung des chemischen Angriffs auf zementgebundenen Werkstoffe durch Säure. Die Proben befinden sich in den Behältern im Vordergrund. Ohne Titration verändert sich der pH-Wert der umgebenden Säure sehr schnell.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Untersuchung des Korrosionsprozesses und der korrodierten Zone erfolgt durch an die Fragestellung angepaßte zeit- und ortsabhängige **Element-, Phasen- und Gefügeanalysen** sowie ggf. auch die Messung von **Transportparametern**. Wichtig ist dabei, analytische Verfahren mit ausreichend hoher Ortsauflösung zur Verfügung zu haben, da wegen der begrenzten Versuchszeit häufig nur kleine Schichtdicken der korrodierten Bereiche zur Verfügung stehen. Wichtig ist auch eine klare Definition der Korrosionstiefe. Ergänzend kann die Zusammensetzung der angreifenden Lösung zeitabhängig analysiert werden, um Informationen über den Korrosionsprozess zu erhalten.

Interessant zur Planung von Korrosionsversuche sind auch Experimente zur **Eluation** von Schadstoffen, siehe Kap. 15.2. Eluationsversuche und Korrosionsversuche nutzen ähnliche Techniken. Nähere Informationen zur **rechnerischen Simulation** von Korrosionsprozessen können aus Kap. 31.2 entnommen werden. Korrosionsversuche mineralischer Baustoffe werden häufig für einzelne Projekte gezielt entworfen. Daneben existieren jedoch auch einige etablierte Prüfverfahren, die in den folgenden Kapiteln beschrieben werden. **Freilandversuche** vor Ort unter realen Umgebungsbedingungen erfordern eine sorgfältige Erfassung der in der Regel instationären Randbedingungen, siehe auch unter Kap. 10.4.



Abb. 304 **Freilandversuch**, bei dem Stahlbetonproben mit definierten Rissbreiten und Betonüberdeckungen in die Wasserwechselzone eines Belebungsbeckens einer kommunalen Kläranlage eingelagert wurden. Die Proben dienten zur Untersuchung des zeitabhängigen Korrosionszustandes des Betons, der Dichtigkeit des Betons und der Korrosion der Stahlbetonbewehrung. Aufnahme während der jährlichen Reinigung des Beckens. Das kleine Foto zeigt Tomatenpflanzen, die sich auf den Proben angesiedelt haben, ein typisches Phänomen in kommunalen Kläranlagen. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 305 Korrosionsprüfung unter realitätsnahen Bedingungen an vorgespannten **Probebauwerken**, die in mehreren Versuchsfeldern mit unterschiedlichen Lösungen beaufschlagt wurden und das Korrosionsverhalten des Betons untersucht wurde. Zwischen den Probebauwerken eine Wetterstation zur Aufnahme des lokalen Klimas. Foto: R. Epperlein, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Weiterführende Literatur:

Bruder, S.: Adaptives Modell der Dauerhaftigkeit im Zuge der Überwachung von Betonbauwerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2007, auch als Heft 196 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, ISBN 978-3-89288-178-0.

Franke, L.; Schmidt, H.; Schmidt-Döhl, F.: Prüfung der Beständigkeit von Mörtelprodukten gegenüber saurem Angriff bis pH3 und Einstufung in Expositionsklassen, beton, Heft 1+2, Bd. 60, S. 20–31, 2010.

Hof, C.: Über das Verpreßankertragverhalten unter kalklösendem Kohlesäureangriff, Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, auch als Heft 41 der Schriftenreihe des Lehrstuhls für Grundbau und Bodenmechanik der Ruhr-Universität Bochum, ISSN 1439-9342, 2004.

Schmidt-Döhl, F.: Dauerhaftigkeitsprognose von Salzbeton im Kontakt mit salinaren Lösungen, Tagung Bauchemie, Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Freiberg, 8.–9.10.2009, GDCh Monographie Band 41, S. 81–88, ISBN 978-3-936028-61-4, 2009.

Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996, auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9.

29.4.2 Säureprüfung nach der Hamburger Sielbau-Richtlinie, GSTT Informationen Nr. 18 und DWA Merkblatt M-143-17

Die Säureprüfung von **Mörtelprodukten** nach der Hamburger Sielbaurichtlinie mit Schwefelsäure ist letztlich ein Ersatz für eine Prüfung der korrosiven Wirkung schwefelsäureproduzierenden Bakterien **(biogene Schwefelsäurekorrosion)**. Die Prüfung mit Schwefelsäure ist sehr viel einfacher und schneller durchführbar. Die Sielbaurichtlinie enthält eine Reihe weiterer Prüfungen für Mörtel für den Sielbau, beispielsweise die Prüfung der **Dichtigkeit** von **Stein-Mörtel-Verbundkörpern**, siehe Kap. 25.5.2. Auch die GSTT Informationen Nr. 18 (Anforderungen an Mörtel für Abwasserkanäle und Bauwerke der Ortsentwässerung – Teil 1: Zementgebundene Mörtel) und das DWA Merkblatt 143-17 beziehen sich auf die Sielbaurichtlinie. Die Hamburger Sielbaurichtlinie enthält Regeln für Mauer- und Fugenmörtel sowie Beton-Reparaturmörtel. Die Säureprüfung erfolgt durch Einlagerung von Mörtelprismen über 14 Tage in Schwefelsäure mit pH 0 und 70 Tage in Schwefelsäure mit pH 1. Ermittelt werden verschiedene Schädigungstiefen und die **Restdruckfestigkeit** im Vergleich mit wassergelagerten Proben, die zur Beurteilung der Prüfmörtel herangezogen werden. Als Referenz dient ein Zementmörtel mit CEM I 42,5 R HS NA, W/Z=0,45, Mischungsverhältnis 1 : 3, Herstellung mit Normensand, zu dem am Institut für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg sehr viele Daten zum Korrosionsverhalten in verschiedenen angreifenden Lösungen bekannt sind.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.4.3 Prüfungen der äquivalenten Leistungsfähigkeit im Falle eines Säureangriffs

Manche Bauprodukte können u. U. eine größere Beständigkeit im Falle chemischen Angriffs aufweisen als für diese Baustoffe normalerweise üblich ist. Soll durch ein Untersuchungsprogramm nachgewiesen werden, dass dies der Fall ist und damit ggf. auch eine Einsatzbarkeit außerhalb der von den gültigen Regeln gesetzten Grenzen möglich ist, kann dazu das Konzept der äquivalenten Leistungsfähigkeit herangezogen werden.

Soll z. B. ein **zementgebundener Baustoff** bei pH-Werten unterhalb von 4,5 eingesetzt werden (Grenze Expositionsklasse XA2/XA3), schreibt die DIN 1045-2 für **Beton** zusätzliche Schutzmaßnahmen vor. Beton wird auch bei einem pH-Wert von 4,5 angegriffen. Das Verhalten eines entsprechenden normgemäßen Werkstoffs (Vorgaben für die Zusammensetzung) definiert also eine zulässige Schädigung von Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2. Die Grenzwerte setzen bestimmte Randbedingungen voraus, z. B. eine üblichen Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren, Herkunft der angreifenden Wässer, Fließgeschwindigkeit, Temperatur, Betonzusammensetzung, Lastabtrag über den Bauteilquerschnitt und nicht über Mantelreibung usw.

Die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Baustoffs für eine definierte Angriffsart kann durch entsprechende Untersuchungen und Vergleich der Ergebnisse mit denen von Referenzmaterialien festgestellt werden, die repräsentativ sind z. B. für einen Beton, der für die Expositionsklasse XA2 geeignet ist. Ein solches Referenzmaterial, für das viele zeitabhängige Schädigungstiefen im Falle chemische Angriffs bekannt sind, ist beispielsweise der in Kap. 29.4.2 beschriebene **Zementmörtel** (Referenzmörtel).

Dabei kann sich z. B. herausstellen, dass ein Beton oder Mörtel A bei Beanspruchung durch Schwefelsäure bei pH 3,7 eine gleiche Schädigung aufweist wie das Referenzmaterial, das für die Expositionsklasse XA2 geeignet ist, bei pH 4,5. Das Referenzmaterial und das Material A haben also bei pH 4,5 bzw. pH 3,7 eine äquivalente Leistungsfähigkeit. Dies kann für leistungsbezogene Entwurfsverfahren und die Auslegung von Schutzschichten genutzt werden. Näheres dazu kann entnommen werden aus:

Franke, L.; Schmidt, H.; Schmidt-Döhl, F.: Prüfung der Beständigkeit von Mörtelprodukten gegenüber saurem Angriff bis pH3 und Einstufung in Expositionsklassen, beton, Bd. 60, H. 1+2, S. 20–31, 2010.

29.4.4 Dauerhaftigkeitsprüfungen nach DIN EN 13529

DIN EN 13529 bescheibt ein Verfahren zur Prüfung des Widerstandes gegen chemischen Angriff. Die Norm ist für **Oberflächenschutzsysteme** gedacht, kann jedoch im Einzelfall auch auf **Mörtel** angewendet werden. Ein Verbundkörper aus einem Referenzbeton, der mit dem Oberflächenschutzsystem beschichtet ist, wird 1 cm mit der Prüfflüssigkeit überschichtet, die drucklos oder unter 1 bar Druck aufgebracht werden kann. Die Prüfdauer beträgt 1–90 Tage. Geprüft wird die **Blasenbildung**, Abblättern, **Rissbildung**, **optische Veränderungen, Adhäsion** oder **Härte** sowie die **Dichtheit**. Die Norm nennt eine Reihe von Prüfflüssigkeiten, die in Gruppen geordnet sind.

29.4.5 Beständigkeitsprüfungen nach Zulassungsgrundsätzen des DIBt

Die Zulassungsgrundsätze für **Beschichtungssysteme** für Auffangwannen, Auffangräume und Flächen aus Beton in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Flüssigkeiten **(LAU-Anlagen)** des DIBt (Schriften des DIBt, Reihe B, Heft 12, 2009) beschreiben ein Verfahren zur Prüfung von Beschichtungen. Die Prüfflächen werden über 42 Tage mit leichtem Überdruck beaufschlagt. Prüfkriterien sind die mögliche Schädigung der Beschichtung und das Durchdringen der Prüfflüssigkeit. Daneben existieren zahlreiche weitere Zulassungsgrundsätze für ähnliche Beschichtungen, Kunststoffbahnen und Fugendichtstoffe, die ebenfalls die Prüfung der **chemischen Beständigkeit** beinhalten.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.4.6 Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen nach DIN EN ISO 2812

DIN EN ISO 2812 beschreibt mehrere Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen gegenüber angreifenden flüssigen oder pastösen Stoffen. Dazu werden beschichtete Platten und andere Proben in Lösung eingelagert oder mit getränkten Stoffen in Kontakt gebracht und einer **Sichtprüfung** sowie weiteren Prüfungen unterzogen.

29.4.7 Prüfung der Beständigkeit von Kunststoffen in Lösungen

DIN EN ISO 175 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung des Verhaltens von Kunststoffen in Flüssigkeiten und Dämpfen. Die Norm gibt dazu Standardwerte für die Prüftemperaturen und die Prüfdauer an und macht Vorschläge für Prüflösungen. Die Probekörper werden vollständig in die Prüfflüssigkeit eingetaucht. Die Beurteilung erfolgt über die Veränderung der Masse, der Veränderung der Maße, Farbveränderungen oder anderer Eigenschaften. Ähnlich geht auch DIN EN 1847 bei der Prüfung der Beständigkeit von Kunststoff- und Elastomerbahnen gegenüber Wasser und Lösungen vor. Die Beurteilung erfolgt über die Änderung der Masse, des **Erscheinungsbildes** und der Eigenschaften im **Zugversuch**.

29.4.8 DECHEMA-Richtlinie zur chemischen Beständigkeit von Beschichtungs-, Verlege- und Verfugmassen

Nach der DECHEMA-Richtlinie zur chemischen Beständigkeit von Beschichtungs-, Verlege- und Verfugmassen werden Probekörper bis 42 Tage in die entsprechende Lösung eingetaucht. Die Beurteilung erfolgt aufgrund der Veränderungen des **Aussehens**, der Masse, der Abmessungen und der **Druckfestigkeit**.

29.4.9 Verfahren zur Prüfung des Sulfatwiderstandes von Zementen, Mörteln und Betonen

Die treibende Komponente im Falle eines Sulfatgriffs auf **zementgebundene Baustoffe** ist die Bindemittelmatrix. Der Sulfatwiderstand von Mörteln und Betonen hängt deshalb neben den betontechnologischen Parametern **Dichtigkeit** und Bindemittelgehalt ganz wesentlich vom Sulfatwiderstand des Bindemittels ab. Einen Überblick über die verschiedenen existierenden Verfahren zur Prüfung des Sulfatwiderstandes von Zement gibt der DIN Fachbericht CEN/TR 15697. Aus diesem Bericht wurden die meisten, hier wiedergegebenen Informationen entnommen. Die zahlreichen verschiedenen Verfahren zur Prüfung des Sulfatwiderstandes von Zement nutzen die **Treibdehnung**, **Festigkeitsveränderungen**, Veränderungen der Masse, die **visuelle Berteilung** des Probekörpers und Veränderungen des **dynamischen E-Moduls** bzw. der **Ultraschalllaufzeit** als Schadensindikator.

Verfahren die das treibende Sulfat bei der Probenherstellung zusetzen, wie das Verfahren nach ASTM C 452, sind nicht in der Lage den Einfluss der Dichtigkeit des Gefüges auf das Treiben zu berücksichtigen und führen auch zu veränderten Hydratations- und Reaktionsprozessen, insbesondere im Bereich der langsam reagierenden puzzolanischen und latent hydraulischen Komponenten. Sie liefern damit zwar schnell Ergebnisse, die jedoch nur einen geringen Bezug zu realen Sulfatangriffen haben.

Diese Nachteile werden durch Verfahren vermieden, bei denen Mörtelprüfkörper nach Erreichen einer gewissen Erhärtung in Sulfatlösungen eingetaucht werden. Dazu gehören die Verfahren nach ASTM C 1012, das **Wittekind-Verfahren** (beschrieben in: Wittekind, W.: Sulfatbeständige Zemente und ihre Prüfung. Zement Kalk Gips, Band 13, S. 565–572, 1960), das **SVA-Verfahren** (beschrieben in: Locher, F.W.: Sulfatwiderstand von Zement und seine Prüfung, Zement Kalk Gips, Band 51, S. 388–398, 1998) das **CEN-Verfahren** (beschrieben in: DIN Fachbericht CEN/TR 15697), das Verfahren nach **Koch/Steinegger** (beschrieben in: Koch, A.; Steinegger, H.: Ein Schnellprüfverfahren für Zemente auf ihr Verhalten bei Sulfatangriff, Zement Kalk Gips, Band 13, S. 317–324, 1960) und das **Mulenga-Nobst-Stark-Verfahren** (beschrieben in: Mulenga, D.M.; Nobst, P.; Stark, J.: Praxisnahes Prüfverfahren zum Sulfatwiderstand von Beton und Mörtel mit und ohne Flugasche. In: 37. Forschungskolloquium des DAfStb, Weimar, S. 197–213, 1999). Ringversuche haben jedoch gezeigt, dass die Verfahren, soweit diese Daten bekannt sind, nur eine mangelhafte Vergleichspräzision aufweisen.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

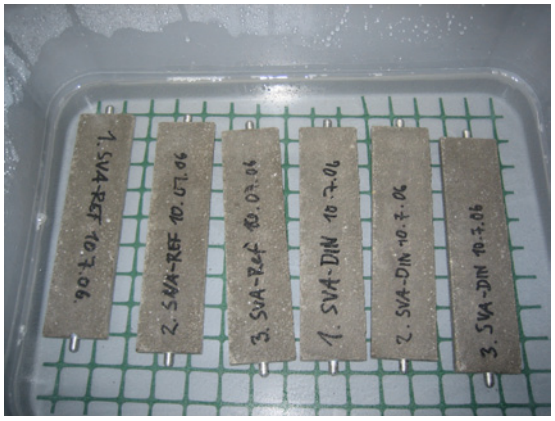


Abb. 306 Prüfung des Sulfatwiderstandes nach dem SVA-Verfahren an Flachprismen. Foto: F. Tralow.

Zusätzlich dazu werden auch Prüfverfahren unter Verwendung von Zementstein oder Beton statt Mörtel verwendet. Die Zementsteinversuche leiden daran, dass kein Verbund zwischen Zementstein und Gesteinskörnung enthalten ist. Die Betonversuche erfordern sehr lange Prüfzeiträume. Als Dehnungsgrenzwert in Prüfverfahren zum Sulfatanfriff wird häufig 0,5 mm/m verwendet. Daneben werden Prüfverfahren angewendet, bei denen Zementmörtel, Mörtel oder Beton nur teilweise in Sulfatlösungen eingetaucht werden oder einer Wechselbeanspruchung aus Beaufschlagung und Trocknung unterzogen werden.

Für Sulfatprüfverfahren spielt die Art der Sulfatlösung eine wichtige Rolle. Magnesiumsulfatlösung erzeugt durch die zusätzliche korrosive Wirkung des Magnesiumions beispielsweise eine ganz andere Korrosion als Natriumsulfatlösung. Eine weitere wichtige Rolle spielt die Vorcarbonatisierung der Probekörper, die nach dem DIN Fachbericht CEN/TR 15697 die Sulfatbeständigkeit erhöht. Dies ist sicherlich auf die Bildung CO_2-haltiger **AFm-Phasen** zurückzuführen.

Die verschiedenen Schädigungsindikatoren für das Sulfattreiben und die Möglichkeiten zur Beschleunigung der Schadensprogression werden im DIN Fachbericht CEN/TR 15697 vergleichend diskutiert. Der Fachbericht schlägt vor, ein Prüfverfahren zu entwickeln, das mit Normmörtelprismen mit einem Wasserzementwert von 0,6 arbeitet, die vor der Beaufschlagung gut nachbehandelt werden und nicht carbonatisiert sind. Die Prismen sollten vollständig in Na_2SO_4-Lösung moderater Konzentration eingetaucht werden, deren pH-Wert auf 8 konstant gehalten wird, die gerührt wird und deren Temperatur realitätsnah gewählt wird. Als Schädigungskriterium wird die **Festigkeitsveränderung** vorgeschlagen, da es bei manchen Bindemittelsystemen große Schädigungen durch Sulfat trotz geringer **Dehnung** gibt. Es ist mit einer Prüfdauer von ein bis zwei Jahren zu rechnen. Stark beschleunigte Prüfungen werden als nicht zuverlässig angesehen.

29.4.10 Prüfung der chemischen Beständigkeit von keramischen Baustoffen

Die Untersuchung der Säurebeständigkeit von Kanalklinkern nach DIN 4051 erfolgt durch Kochen des gebrochenen Materials in einer Mischung aus Salpetersäure und Schwefelsäure und Ermittlung des Massenverlusts. Auch die Bestimmung der Säurebeständigkeit von Kanalisations-Steinzeug nach DIN 51102-1, Keramik Abgasrohren nach DIN EN 1457, Keramik-Formblöcken für Abgasanlagen nach DIN EN 1806 und Keramik Aufsätzen für Abgasanlagen nach DIN EN 13502 beruht auf einer Einlagerung in heiße Schwefelsäure und der Ermittlung des Masseverlustes.

Die Prüfung der Beständigkeit von Steinzeugrohren nach DIN EN 295-3 erfolgt durch Einlagerung von Rohrbruchstücken in Schwefelsäure und in Natronlauge und der Ermittlung des Masseverlustes. Die Prüfung der chemischen Beständigkeit entsprechender Rohrverbindungen erfolgt durch Einlagerung von zwei miteinander verbundenen Rohrstücken in Schwefelsäure, Salpetersäure, Natronlauge und Natriumhypochloritbleichlauge. Die Beurteilung erfolgt anhand eines Druckversuchs mit Wasser **(Dichtigkeit)**.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Die Prüfung der Säurebeständigkeit von Pflasterziegeln nach DIN EN 1344 beruht darauf, das gebrochene Material in einem Gemisch aus Schwefel- und Salpetersäure zu kochen und den dabei eintretenden Masseverlust zu ermitteln. Die Prüfung der chemischen Beständigkeit von keramischen Fliesen und Platten kann erfolgen nach DIN EN ISO 10545-13. Dabei werden unglasierte Proben in die angreifenden Lösungen getaucht, anschließend fließendem Wasser ausgesetzt und zuletzt in Wasser gekocht. Glasierte Proben werden beaufschlagt, in dem die Prüflösungen über Standzylinder auf die Oberfläche der Proben aufgebracht werden. Als Prüflösungen werden Ammoniumchloridlösung, Natriumhypochloritlösung sowie Säuren und Laugen eingesetzt. Die Beurteilung erfolgt anhand einer **visuellen Prüfung**.

29.4.11 Prüfung des Widerstandes von Asphalt gegenüber chemischen Auftaumitteln

Die Prüfung des Widerstandes von Asphalt gegenüber chemischen Auftaumitteln nach DIN EN 12697-41 beruht auf einer Lagerung von Asphaltproben in der Taumittellösung, einer anschließenden Zugprüfung und einem Vergleich der Ergebnisse mit Ergebnissen von Referenzproben, die nicht in dem Taumittel gelagert wurden.

29.4.12 Prüfung der Treibstoffbeständigkeit von Asphalt

Die Prüfung der Treibstoffbeständigkeit von Asphalt nach DIN EN 12697-43 erfolgt durch Einlagerung von Proben in den Treibstoff, in der Regel Düsentreibstoff, Messung des Masseverlustes, Durchführung einer **Sichtprüfung**, Beanspruchung mit Bürsten und erneuter Sichtprüfung.

29.4.13 Weitere Verfahren zur Prüfung der chemischen Beständigkeit

Ein weiteres Testverfahren zur Prüfung der chemischen Beständigkeit definiert ASTM C 267. DIN EN 1120 beschäftigt sich mit der Korrosion von GFK durch chemisch angreifende Lösungen unter gleichzeitiger Dehnung. DIN EN 14617-10 nutzt eine **Glanzmessung** von durch Salzsäure bzw. Natriumhydroxidlösung beanspruchten polierten Flächen zur Beurteilung der chemischen Beständigkeit künstlicher Steine nach DIN EN 14618. Prüfverfahren zur Korrosionsbeständigkeit von Abgasanlagen aus Metall sind enthalten in DIN EN 1856-1 (Beanspruchung mit Abgas, angereichert mit Chlor und Schwefel), für Abgasanlagen aus Beton in DIN EN 1857 und DIN EN 1858 (Besprühen mit Säure und Prüfen des Masseverlustes), für Abgasanlagen mit Keramik-Innenrohren in DIN EN 13063-2 (Einlagerung von Proben in Schwefelsäure und Prüfung des Masseverlustes). DIN EN 12808-1 beschäftigt sich mit der Chemikalienbeständigkeit von Reaktionsharzmörteln. Proben werden in die Prüfflüssigkeit eingelagert und auf Veränderungen der Masse, des Durchmessers und der **Druckfestigkeit** untersucht und einer **Sichtprüfung** unterzogen. Die Prüfung der Beständigkeit von geosynthetischen Dichtungsbahnen ist Gegenstand der DIN EN 14415. Die Proben werden bei erhöhter Temperatur in die Lösung eingelagert und nach der Beaufschlagung auf Veränderungen der Masse, der mechanischen Eigenschaften und sichtbare Veränderungen überprüft.

29.5 Prüfung der Beständigkeit gegen Verschmutzung

Die Beständigkeit von keramischen Fliesen und Platten gegen **Fleckenbildner** lässt sich prüfen nach DIN EN ISO 10545-14. Die Probekörper werden mit verschiedenen Fleckenbildnern (gefärbte ölige Pasten, Iodlösung in Alkohol, Olivenöl) verunreinigt. Anschließend versucht man mit verschiedenen Reinigungsverfahren und Reinigungsmitteln die Flecken zu entfernen, wobei die Beurteilung, ob ein Fleck entfernt werden konnte oder nicht, **visuell erfolgt**. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse erfolgt eine Klasseneinteilung der Bauprodukte. Auch DIN EN 14617-10 nutzt eine visuellen Prüfung der Oberfläche von künstlichen Steinen zur Beurteilung der Wechselwirkung mit verfärbenden Stoffen. Ähnlich geht auch DIN EN 423 bei elastischen Bodenbelägen vor. DIN EN ISO 11378-2 beschreibt ein Prüfverfahren für textile Bodenbeläge. Diese werden auf der Innenseite einer Trommel befestigt und rotierend mit Schmutz beansprucht. Die Bewertung beruht auf einer **Farbmessung** bzw. einem Vergleich mit Graumaßstäben. Die Norm enthält Informationen über genormte **Schmutzmischungen**.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.6 Prüfungen zur Verträglichkeit von Baustoffen untereinander

29.6.1 Allgemeines

Prüfverfahren zur Verträglichkeit von Baustoffen beschäftigen sich mit möglichen Schadensprozessen, die bei der direkten Berührung von Stoffen einsetzen. So haben viele mineralische Baustoffe wie **Zement- oder Kalkmörtel** sowie **Beton** alkalischen Charakter. **Füllstoffe, Fasern** und **Beschichtungen** für solche Baustoffe müssen daher alkaliverträglich sein. Polymere Baustoffe können **Lösungsmittel** oder **Weichmacher** an ihre Umgebung abgeben, die wiederum andere Baustoffe im direkten Kontakt in ihren mechanischen Eigenschaften erheblich verändern können (siehe dazu auch in Kap. 14.7.3).

29.6.2 Prüfung des Alkaliwiderstandes von Glasfasern

Der Alkaliwiderstand von Glasfasern wird mit dem **SIC-Test** ermittelt **(Strand in Cement)**. Dabei wird die **Zugfestigkeit** eines Fadens geprüft nach vorhergehender Beanspruchung durch einen **Zementmörtel** in heißem Wasser. Der **Alkaligehalt** des Zementes spielt dabei eine wichtige Rolle. Der SIC-Test ist genormt in DIN EN 14649. Weitergehende Informationen zum SIC Test können entnommen werden aus:

Öttl, C.: Die schädigende Alkalireaktion von gebrochener Oberrhein-Gesteinskörnung im Beton, Dissertation Universität Stuttgart, Heft 87 der Schriftenreihe des Otto-Graf-Instituts, Stuttgart, 2004.

Nach den dort beschriebenen Untersuchungen ist der SIC-Test auch geeignet, den Angriffsgrad von Bindemitteln im Hinblick auf die **Alkalireaktion** vergleichend zu beurteilen.

29.6.3 Prüfung der Alkalibeständigkeit von Rissfüllstoffen

Manche Rissfüllstoffe können durch die Einwirkung der alkalischen Betonporenlösung geschädigt werden. DIN EN 12637-1 beschreibt dazu ein Prüfverfahren. Der Rissfüllstoff erhärtet in einer geschlossenen Form, um das Ausdehnungsdehnungsverhalten in einem Riss zu simulieren. Das Material wird mit KOH-Lösung beansprucht und das **Verformungsverhalten** zur Auswertung herangezogen. Als Vergleich werden wasser- und luftgelagerte Proben herangezogen.

29.6.4 Prüfung der Alkalibeständigkeit von Farbpigmenten

Die Prüfung der Alkalibeständigkeit von Farbpigmenten kann erfolgen nach DIN EN 12878. Die Prüfung beruht auf einem **visuellem Vergleich** von Bruchflächen von Mörtelprüfkörpern mit einer Bezugsprobe.

29.6.5 Prüfung der Verträglichkeit von Putzen und Mauerwerk

DIN EN 1015-21 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung der Verträglichkeit von Putzmörteln auf Mauerwerksuntergründen. Das Verfahren beruht auf einer **Feuchte- und Temperaturwechselbeanspruchung** von **Verbundkörpern** und einer anschließenden Prüfung der **Wasserdurchlässigkeit** und **Haftfestigkeit** des Putzes.

29.6.6 Prüfung der Verträglichkeit von Beschichtungen und Beton

DIN EN 13578 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung der Verträglichkeit von Beschichtungen mit Betonuntergründen, insbesondere bei feuchtem Untergrund. Beschichtete Betonproben werden dabei in Wasser gelagert. Zum Vergleich werden gleiche Probekörper an Luft gelagert. Die Beurteilung erfolgt über eine **visuelle Prüfung** und Prüfung der **Haftung**.

29.6.7 Prüfung der Verträglichkeit von Kunststoffen und Rissfüllstoffen

DIN EN 12637-3 bescheibt ein Prüfverfahren, mit dem die Verträglichkeit von Kunststoffbauteilen und Rissfüllstoffen getestet werden kann. Dazu wird das Kunststoffbauteil über einen Zeitraum von mehreren Wochen mit dem Rissfüllstoff in Kontakt gebracht. Die Verträglichkeit wird anhand der Veränderungen von Aussehen, Masse, **Zugfestigkeit** und **Verformungsverhalten** des Kunststoffs im Vergleich mit dem Material ohne Kontakt mit dem Rissfüllstoff beurteilt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.6.8 Prüfung der Verträglichkeit von Dichtstoffen mit Beschichtungssystemen und anderen Baustoffen

DIN 52452-1 beschäftigt sich mit der Verträglichkeit von Dichtstoffen mit anderen Baustoffen. Dazu wird ein Verbundkörper aus Baustoff und Dichtstoff hergestellt und einer Wechsellagerung bei erhöhter Temperatur und in Wasser ausgesetzt. Die Prüfung erfolgt **visuell** im Vergleich mit Referenzkörpern des Baustoffs ohne Beschichtung. DIN 52452-2 beschäftigt sich mit der Verträglichkeit von Dichtstoffen mit Chemikalien. Dazu werden Verbundkörper des Dichtstoffes mit einem Kontaktmaterial, beispielsweise Glas, in die Chemikalie eingebracht. Die Beurteilung erfolgt anhand der visuell sichtbaren Veränderungen sowie einer Prüfung des **Haft- und Dehnverhaltens** im Vergleich mit unbehandelten Referenzproben. DIN 52452-4 beschreibt eine Reihe von Verfahren zur Prüfung der Verträglichkeit von Dichtstoffen und Beschichtungssystemen. Die verschiedenen Prüfverfahren beinhalten die Lagerung von Verbundkörpern bei erhöhter bzw. erniedrigter Temperatur bzw. Feuchte. Prüfkriterien sind beispielsweise die Haftung bei Dehnung bzw. Dehnung und Stauchung, Verlaufsstörungen, **Rissbildungen**, Runzelbildungen, **Klebrigkeit** und Verfärbungen. Dies beinhaltet auch die Prüfung der **Überstreichbarkeit und der Anstrichverträglichkeit**.

DIN 52455-1 sieht die Herstellung von Probekörpern einer Fuge aus dem zu prüfenden Dichtstoff zwischen einem Kontaktmaterial vor. Diese Verbundkörper können verschiedenen Beanspruchungen aus Klima, erhöhter Temperatur, Wasserlagerung und Lagerung in gesättigter $Ca(OH)_2$-Lösung ausgesetzt werden. Die Verbundkörper werden anschließend einer **Zugbeanspruchung** senkrecht zur Fuge bis zum Erreichen einer definierten Dehnung ausgesetzt. Das Verformungsverhalten wird registriert und Rissbildungen und Ablösungen von Kontaktmaterial untersucht. Die Prüfung der Verträglichkeit von Fugendichtbändern mit angrenzenden Baustoffen erfolgt nach DIN 18542 durch Herstellung von Verbundkörpern und visueller Prüfung der Kontaktflächen. Dabei wird auf die Richtlinie »Verträglichkeit von Dichtprofilen mit Anstrichen auf Holz«, des Instituts für Fenstertechnik e. V., Rosenheim, hingewiesen, die auch auf andere Untergründe als Holz angewendet wird.

29.6.9 Prüfung des Verhaltens von polymeren Baustoffen bei Kontakt mit Bitumen

Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen können nach DIN EN 1548 auf ihre Bitumenverträglichkeit geprüft werden. Die Probekörper werden bei erhöhter Temperatur mit Bitumen beschichtet und gelagert. Anschließend wird die Bitumenbeschichtung wieder entfernt. Die Beurteilung erfolgt anhand der Masseänderung bzw. der Änderung des **Elastizitätsmoduls** im Vergleich mit unbeschichteten Referenzprobekörpern. Die Prüfung der Beständigkeit von Elastomerbahnen gegenüber Bitumen nach DIN 7864-1 beruht auf einer Beschichtung des Materials mit Bitumen und einer Untersuchung der Veränderung seiner **Reißfestigkeit** und Reißdehnung. Die Prüfung von Elastomer-Fugenbändern nach DIN 7865-2 sieht eine Einlagerung in Heißbitumen und anschließende Bestimmung der Reißfestigkeit, Reißdehnung und der bleibenden Verformung vor. Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen werden nach DIN 18541-2 mit Bitumen umhüllt. Die Beurteilung erfolgt an den vom Bitumen befreiten Probekörpern durch Ermittlung der **Zugfestigkeit, der Bruchdehnung** und des Elastizitätsmoduls im Vergleich mit Probekörpern ohne Kontakt zu Bitumen.

29.6.10 Prüfung der Beständigkeit von Hydrophobierungen auf Betonuntergründen

Hydrophobierungen auf Betonuntergründen können nach DIN EN 13580 geprüft werden. Dazu wird die Wasseraufnahme von hydrophobierten Betonwürfeln im Vergleich mit unhydrophobierten Proben untersucht. Die gleiche Untersuchung wird außerdem nach vorhergehender Lagerung der Proben in Kaliumhydroxidlösung durchgeführt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.7 Prüfung der Kondenswasserbeständigkeit und der Säurebeständigkeit von beschichtetem Glas, Neutralsalz-Sprühversuch

DIN EN 1096-2 beschreibt eine Reihe von Prüfverfahren für beschichtetes Glas. Darunter ist die Prüfung der Kondenswasserbeständigkeit in einer Prüfkammer, die eine Betauung ohne herabtropfendes Wasser erlaubt (**Kesternich-Prüfkammer**). In der dampfdichten Prüfkammer wird über die Beheizung des Wassers in der Bodenwanne eine Temperatur von 40 °C und Wasserdampfsättigung eingestellt. Die Säurebeständigkeit wird geprüft, in dem der wasserdampfgesättigten Atmosphäre in der Prüfkammer eine definierte Menge SO_2 hinzugefügt wird. Im Neutralsalz-Spühversuch wird das Probenmaterial einem Salzwasser-Sprühnebel ausgesetzt **(Salzspühnebel)**. Der Spühnebel wird mit gefilterter Druckluft und NaCl-Lösung hergestellt. Die Beurteilung erfolgt über eine **visuelle** Prüfung bzw. die Prüfung des **Transmissionsgrades** bei 550 und 900 nm bzw. des **Reflexionsgrades** bei 8 µm.

29.8 Bestimmung der Beständigkeit von Naturstein gegenüber Salzsprühnebel

Die Prüfung der Beständigkeit von Naturstein gegen Salzsprühnebel erfolgt nach DIN EN 14147. Die Proben werden 60 Zyklen ausgesetzt, bestehend aus einer Beanspruchung durch Salzsprühnebel und anschließender Trocknung. Die Beurteilung erfolgt über den Masseverlust und eine **visuelle Prüfung**.

29.9 Bestimmung der Beständigkeit von Naturstein gegenüber SO_2

Die Beständigkeit von Naturstein gegenüber Einwirkung von SO_2-Gas in feuchter Umgebung wird nach DIN EN 13919 geprüft durch Lagerung im Gasraum luftdichter Behältern, die unterschiedlich konzentrierte schwefelige Säure enthalten. Die Beurteilung erfolgt über den Masseverlust.

29.10 Prüfung des Widerstandes von Naturstein gegen Salzkristallisation

Die Prüfung des Widerstandes von Naturstein gegen Salzkristallisation ist geregelt in DIN EN 12370. Die Prüfung besteht aus einem Eintauchen der würfelförmigen Probekörper in eine Natriumsulfatlösung, einer Trocknung bei 105 °C und anschließendem Wiederabkühlen. Dieser Zyklus wird 15 mal wiederholt. Die Beurteilung erfolgt über den Masseverlust und die **sichtbaren Veränderungen** des Probekörpers.

29.11 Prüfung auf Sonnenbrenner Basalt

Einige Basalte zeigen einen Zerfall, den man als Sonnenbrenner bezeichnet. Die Prüfung auf entsprechendes Verhalten beruht auf einer **Sichtprüfung** (Flecken und Risse) sowie auf einer Prüfung des Masse- und Festigkeitsverlustes (**Los-Angeles Koeffizient** oder **Schlagzerstrümmerungswert**) nach einer Lagerung in siedendem Wasser. Das Verfahren ist beschrieben in DIN EN 1367-3 und DIN 52008. Eine Prüfung für Wasserbausteine nach DIN EN 13383-2 sieht ebenfalls ein Kochen der Proben vor, beschränkt sich aber auf eine **visuelle Prüfung** der Proben.

29.12 Prüfung des Widerstandes gegen Glasurrisse

Die Prüfung des Widerstandes gegen Glasurrisse von glasierten keramischen Fliesen und Platten nach DIN EN ISO 10545-11 beruht auf einer Lagerung der Proben bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Wasserdampfdruck im **Autoklaven** und **visueller Beurteilung** der Oberfläche. Vorher werden die Proben bei 500 °C getempert.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.13 Prüfungen von Hochofenstückschlacke auf Dicalciumsilikat- und Eisenzerfall

Die Prüfung von Hochofenstückschlacke auf Dicalciumsilikatzerfall nach DIN EN 1744-1 beruht auf einer Identifizierung gefährdeter Bereiche unter **UV-Licht**. Entsprechende Bereiche zeigen besondere Farbeffekte aufgrund von **Fluoreszenzerscheinungen** (s. auch Kap. 14.13). Die gleiche Norm behandelt auch die Gefährdung von Hochofenschlacke durch Eisenzerfall (Hydrolyse von Eisen- und Mangansulfiden). Die Prüfung beruht auf einer Wasserlagerung und der **visuellen Prüfung** der Körner auf Zerfall.

29.14 Prüfung des Verfärbungspotentials von Bindemitteln und Mörteln

Das Verfärbungspotential von Bindemitteln kann vergleichend geprüft werden, in dem ein spezieller Mörtel, der unter Verwendung des Bindemittels hergestellt worden ist, zunächst in einer geschlossenen, luftdichten Verpackung erhärtet. Diese Verpackung wird anschließend mit lokalen Fehlstellen versehen. Dadurch wird die Verdunstung des Wassers auf diese Fehlstellen in der Abdichtung konzentriert und die farblichen Veränderungen während der Hydratation und Austrocknung der Probe in diesem Bereich verstärkt. Die Veränderungen werden anschließend mittels Farbmessung quantitativ ermittelt. Das Verfahren ist beschrieben in:

Härdtl, R.; Bolte, G.; Tax, M.; Dienemann, W.: Verringerung des Braunverfärbungsrisikos von Betonwaren, Betonwerk + Fertigteil-Technik, Bd. 69, S. 34–46, 2003.

Weitere Prüfverfahren für das Ausblühen von Mörteln werden beschrieben von:

Aberle, T.; Zurbriggen, R.; Keller, A.: Efflorescence – testing methods and results, ZKG International, Bd. 61, S. 84–91, 2008.

29.15 Prüfung der Warmwasserbeständigkeit, des Verhaltens bei Nass-Trocken-Lagerung und bei Wärme-Regen-Wechsel

DIN EN 494 und DIN EN 492 beschreiben ein Verfahren zur Warmwasserbeständigkeit von Faserzement-Wellplatten und Faserzement-Dachplatten. Die Platten werden über einen Zeitraum von 56 Tagen in 60 °C warmes Waser eingelagert, wobei durch eine vorhergehende Sättigung des Wassers keine Auslaugung stattfinden soll. Die gleichen Regeln beschreiben eine Prüfung, bei der die Platten Nass-Trocken-Zyklen ausgesetzt werden. Die Trocknung erfolgt bei 60 °C. Bei beiden Prüfungen erfolgt die Bewertung des Bauteilverhaltens über die Abnahme der Bruchlast bzw. des Biegemomentes bei **Biegebelastung** im Vergleich mit Referenzproben. In den gleichen Normen wird außerdem eine Wärme-Regen-Wechsel Prüfung beschrieben, bei der die Probekörper 50 Zyklen einer Beregnung und anschließender Beheizung bei 70 °C ausgesetzt werden. Anschließend werden die Probekörper **visuell** auf Beschädigungen geprüft.

29.16 Prüfung der Dauerhaftigkeit von Betonersatzsystemen bei Wasserwechselbeanspruchung

Die ZTV-W, Leistungsbereich 219, beschreiben ein Prüfverfahren zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Betonersatzsystemen in Wasserwechselzonen. Die Probekörper werden einer Wechsellagerung in Meerwasser und Trocknung bei 23 °C und 50 % r. F. ausgesetzt. Die Beurteilung erfolgt anhand der relativen **Biegezugfestigkeit** der prismatischen Probekörper im Vergleich mit Proben, die bei 23 °C und 50 % r. F. gelagert wurden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.17 Prüfung der Zerfallsbeständigkeit eines Haufwerks bei Einlagerung in eine Flüssigkeit und der Erosionsbeständigkeit bei Durchströmung mit einer Flüssigkeit

Der Zerfall eines bindigen Haufwerks aus körnigem Feststoff bei Einlagerung in eine Flüssigkeit kann mit Hilfe des **Zerfallstest nach Endell** geprüft werden. Zur Ermittlung der Zerfallsbeständigkeit beim Eintauchen der Probe in die Flüssigkeit kann entweder der Masseverlust durch Unterwasserwägung oder die Veränderung der Eintauchtiefe eines mit der Probe verbundenen Aräometers verwendet werden. Die Prüfung der Erosionsbeständigkeit entsprechender Materialien oder Feststoffen geringer Festigkeit mit dem **Pinhole-Test** beruht auf einer Durchströmung eines Kanals durch die Probe. Dieser Durchströmungskanal darf sich nicht wesentlich vergößern. Beide Prüfungen sind beschrieben in den Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau (RPW) der Bundesanstalt für Wasserbau. Der Pinhole-Test beruht auf ASTM D 4647.

29.18 Prüfung der Dauerhaftigkeit von Konstruktionsklebstoffen

Ein Verfahren zur Prüfung der Dauerhaftigkeit von Konstruktionsklebstoffen beschreibt DIN EN 13733. Die Beanspruchung erfolgt über eine **Temperaturwechselbeanspruchung** zwischen –25 °C und + 55 °C bzw. einer Lagerung in einer feuchtwarmen Umgebung von +40 °C und 95 % relativer Luftfeuchte. Die Beurteilung des Klebstoffs erfolgt entweder über eine **Scherprüfung** an einem verklebten Betonprüfkörper, wobei auch der Verbund des Klebstoffs mit **Beton** geprüft werden kann oder über eine Beanspruchung verklebter Stahlplatten durch eine **Spaltkraft**, jeweils im Vergleich mit Proben, die bei 21 °C und 60 % relativer Luftfeuchte gelagert wurden.

29.19 Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen und Beurteilung von Schäden an Beschichtungen

Die Beständigkeit von Beschichtungsstoffen für den Außenbereich kann nach DIN EN 1062-11 geprüft werden. Diese Norm unterscheidet 4 unterschiedliche Lagerungen:

- Erhöhte Temperatur (70 °C)
- **UV-Strahlung** und Feuchte
- Wechsel aus Wasserlagerung bei 23 °C und Trocknung bei 50 °C
- **Frost-Tauwechsel-Beanspruchung**

Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit gegenüber Kondenswasser sind in DIN EN ISO 6270 beschrieben, Prüfungen zur Beständigkeit gegenüber Schwefeldioxidatmosphären in DIN EN ISO 3231, Prüfungen zur Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung und Wasser auch in DIN EN ISO 11507, Prüfungen zur Beständigkeit gegen UV-Strahlung und Säure auch in DIN EN ISO 15110.

Diese Normen greifen zur Beurteilung der Schäden auf DIN EN ISO 4628 und ggf. weitere Normen zurück. Die Beurteilung und Einordnung der Schäden in Kategorien (Stärke des Schadens steigt von 0 bis 5 an) nach der Norm DIN EN ISO 4628 erfolgt mit einfachen Prüfungen, zumeist **visuell**. Kriterien sind:

- der **Blasengrad** (Vergleichsbilder),
- der **Rostgrad** (Vergleichsbilder),
- der **Rissgrad** (Vergleichsbilder, Messung der Rissbreite und -tiefe),
- der **Abblätterungsgrad** (Vergleichsbilder, Messung der durchschnittlichen Größe, Lage der Trennfläche),

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- der **Kreidungsgrad** (**Klebebandverfahren** und Vergleichsmuster oder **Samtverfahren** und Beurteilung der Verschmutzung des Gewebes),
- die von einem Ritz ausgehende **Korrosion** und **Enthaftung** (Bewitterung, Ausmessen des geschädigten Bereichs oder Vergleichsbilder) und
- die **Filiformkorrosion** (Korrosion, die sich in Form von Fäden entwickelt, Messparameter ist die Länge der Fäden).

29.20 Prüfung der Wetterbeständigkeit von Pigmenten

Die Prüfung der Wetterbeständigkeit von Pigmenten erfolgt nach DIN EN 12878 durch Vergleich bewitterter und unbewitterter Baustoffproben, wobei die Bewitterung in der Regel als **Freibewitterung** durchgeführt wird, über mindestens 2 Jahre.

29.21 Freilandbewitterung von Kunststoffen

DIN EN ISO 16871 beschreibt ein Verfahren zur Bewitterung von Rohren und Formstücken aus Kunststoffen im Freien über einen langen Zeitraum. Die Prüfungen zur Beurteilung des Verhaltens sind nicht Gegenstand der Norm.

29.22 Beanspruchung durch sichtbares Licht und UV-Strahlung sowie ggf. weiteren Faktoren

Inbesondere polymere Werkstoffe werden durch UV-Bestrahlung in ihren Eigenschaften negativ verändert. Zur Prüfung dieser Veränderung werden die Werkstoffe in **Umweltsimulationsprüfgeräten** einer zeitraffenden Beanspruchung mit sichtbarem Licht und UV-Bestrahlung ausgesetzt. Entsprechende Prüfungen sind beispielsweise beschrieben in DIN EN ISO 4892-1. Zu dieser Art der Beanspruchung gehört beispielsweise auch die **QUV-Schnellbewitterung**.



Abb. 307 Umweltsimulationsprüfschrank mit UV-Bestrahlung 290–400 nm, 45 W/m² (Lampen links in der Tür), mit Wechsel von Trocknung und Befeuchtung (Sprühdüsen im rechten Teil) und definierter Temperatur, z. B. für Beschichtungsstoffe. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

Eine ähnliche Prüfung für beschichtetes Glas ist beschrieben in DIN EN 1096-3. Veränderungen der Eigenschaften des beschichteten Glases werden über eine **visuelle** Prüfung bzw. eine Prüfung des **Transmissionsgrades** bei 550 und 900 nm bzw. einer Prüfung des Reflexionsgrades bei 8 µm untersucht. Die Beständigkeit bandbeschichteter Metalle unter Beanspruchung mit UV-Strahlung und Kondensation ist Gegenstand der DIN EN 13523-10. Die Beurteilung erfolgt aufgrund der beobachteten Veränderungen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

von **Farbe** und **Glanz** sowie einem eventuellen **Kreiden**. Die Lichtechtheit von keramischen Fliesen und Platten wird nach DIN 51094 nach Bestrahlung mit UV-Licht visuell beurteilt. Bei der Prüfung nach DIN 52455-1 werden Dichtstoffe zwischen Glas eingebracht und durch das Glas hindurch mit UV Strahlung und warmem Wasser beansprucht. Die Verbundkörper werden anschließend senkrecht zur Fuge einer **Zugbeanspruchung** bis zu einer definierten Dehnung ausgesetzt. Das Verformungsverhalten wird aufgezeichnet und Schäden am Verbundkörper werden registriert.

29.23 Künstliche Alterung von Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen

Die künstliche Alterung von Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen ist Gegenstand der DIN EN 1296 und der DIN EN 1297. Die Alterung beruht auf Lagerung bei erhöhter Temperatur, Beanspruchung mittels **UV-Strahlung** sowie Wasserbeanspruchung (Besprühen). Die Alterung dient zur Probenvorbereitung verschiedener nachfolgender Prüfungen. Die oben genannten Regeln sehen eine **Sichtprüfung** der Proben vor.

29.24 Prüfung der Alterung von Asphalt (SATS-Prüfung)

Die Prüfung der Alterung von Asphalt nach DIN EN 12697-45 beruht auf einer Sättigung von Probekörpern mit Wasser, einer Lagerung in Wasser bei erhöhter Temperatur und Druck, einer anschließenden Prüfung eines Werkstoffparameters, vorzugsweise des **indirekten Zugsteifigkeitsmoduls** nach DIN EN 12697-26, und einem Vergleich dieses Messwertes mit einem nicht beanspruchter Probekörper. Sie zielt vor allem ab auf den Erhalt der Verbundeigenschaften zwischen Gesteinskörnung und Bindemittel.

29.25 Dekontaminierbarkeit

Die Dekontaminierbarkeit von Beschichtungsstoffen ist insbesondere in kerntechnischen Anlagen von Bedeutung. Auf das Thema geht das folgende Buch ein:

Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006

29.26 Prüfungen im Zusammenhang mit der Korrosion von Stahlbetonbewehrung

29.26.1 Messung der Carbonatisierungstiefe von Beton

Der von der Oberfläche ausgehende Prozess der Carbonatisierung führt zu einer Absenkung des pH-Wertes **zementgebundener Baustoffe**, so dass in der carbonatisierten Zone die Passivierung der Stahlbewehrung aufgehoben wird. Die Carbonatisierungstiefe kann relativ einfach bestimmt werden, indem eine frische Betonbruchfläche mit **Phenolphthalein-Indikatorlösung** besprüht wird. Noch ausreichend alkalischer Beton wird rot (Passivierung der Bewehrung ist gegeben), carbonatisierter Beton bleibt unverfärbt (Passivierung der Bewehrung nicht gegeben). Der Umschlagpunkt von Phenolphthalein liegt zwischen pH 8,4 und 10,0. Die Phenolphthalein-Indikatorlösung wird hergestellt, in dem man 1 g Phenolphthalein in 70 ml Ethylalkohol oder Isopropylalkohol löst und mit entionisiertem Wasser auf 100 ml verdünnt.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

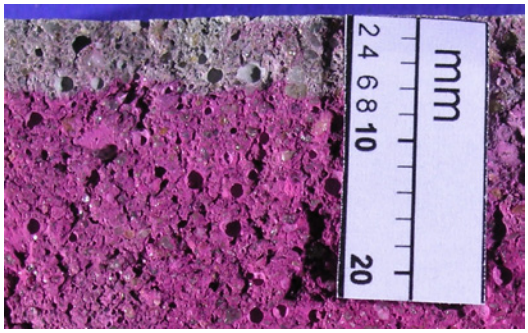


Abb. 308 Prüfung der Carbonatisierungstiefe. Foto: F. Tralow.

Eine Prüfung sollte wenn möglich an frischen Bruchflächen durchgeführt werden. Säge- und Bohrflächen sind wegen der Verschleppung von Staub weniger geeignet. Die Färbung stellt sich erst nach einer gewissen Wartezeit ein. Eine sehr langsame Ausbildung einer roten Färbung deutet auf einen teilcarbonatisierten Beton hin. Auch eine **Hydrophobierung** kann die Ausbildung des roten Farbumschlags behindern. Bei der Auswertung sind neben der mittleren Carbonatisierungstiefe insbesondere auch die Carbonatisierungsspitzen anzugeben. Die Prüfung ist nicht nur zum Nachweis carbonatisierter Randzonen geeignet, sondern z. B. auch zur Untersuchung neutralisierter Randzonen bei einem **Säureangriff**. Das Prüfverfahren ist beschrieben in DIN EN 14630, DIN CEN/TS 12390-10 sowie in:

RILEM-Commitee CPC 18: Measurement of hardened concrete carbonation depth, Materials and Structures, Bd. 18, S. 453–455, 1988.

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant).

Bunke, N.: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048, Heft 422 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, 1991.

29.26.2 Messung des Carbonatisierungswiderstandes

Die Untersuchung des Carbonatisierungswiderstandes nach DIN EN 13295 erfolgt durch Lagerung des **Festbetons oder- mörtels** in einer Atmosphäre mit einer erhöhten CO_2-Konzentration von 1 % bei 60 % relativer Luftfeuchte und 21 °C. Die zeitabhängige Prüfung der **Carbonatisierungstiefe** erfolgt mittels **Phenolphthalein** (s. Kap. 29.26.1). DIN CEN/TS 12390-10 enthält eine vergleichende Prüfung für Beton.

29.26.3 Analyse von Chloridprofilen im Beton und Untersuchung des Eindringens von Chloriden in Beton

Chloride können wie andere Halogenide die Passivschicht von Bewehrung zerstören. Die Chloridanalyse im Beton ist eine der häufigsten bauchemischen Untersuchungen überhaupt. Sie ist eine klassische nasschemische Untersuchung und wird in Kap. 13.2.5 beschrieben. Das diffusive Eindringen von Chloriden in Beton kann nach DIN EN 13396 untersucht werden. Die Proben werden erst wassergesättigt und dann in NaCl-Lösung eingelagert. Nach verschiedenen Zeitdauern (bis zu 6 Monate) wird der tiefenabhängige Chloridgehalt im Vergleich mit einer 28 Tage lang wassergelagerten Referenzprobe ermittelt. Die Untersuchung der Chloriddiffusion von Beton im wassergesättigten Zustand ist auch Gegenstand der DIN CEN/TS 12390-11.

29.26.4 Beurteilung von Rissbreiten und Betonüberdeckungsmessungen

Bei zu großen Rissbreiten besteht eine erhöhte Gefahr der Bewehrungskorrosion. Die Messung bzw. Überwachung von Rissbreiten wurde in Kap. 12.5 beschrieben. Die Beurteilung erfolgt anhand der zulässigen maximalen Rissbreiten. Die Messung der Betonüberdeckung, ein Parameter, der den Widerstand von Stahlbetonbauwerken gegenüber Bewehrungskorrosion wesentlich bestimmt, wird in Kap. 20.17 beschrieben.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

29.26.5 Prüfung von Beschichtungen zum Korrosionsschutz von Bewehrung

DIN EN 15183 beschreibt eine Prüfung der Korrosionsschutzwirkung von Beschichtungen zum Korrosionsschutz von Bewehrung. Vier Stahlstäbe und eine Stahlplatte werden beschichtet. Bei der Stahlplatte wird der Korrosionsschutz an einer Längskante wieder entfernt, um das Unterrosten zu untersuchen. Die Stahlteile werden zur Hälfte in Beton eingebettet und verschiedenen korrosiven Umgebungsbedingungen ausgesetzt (Wasser, Schwefeldioxid, Salz). Anschließend erfolgt eine **visuelle Prüfung** des Korrosionszustandes. DIN EN 15184 beschreibt dagegen eine Prüfung des Verbundes zwischen beschichtetem Stahl und Beton. Beschichtete und unbeschichtete Bewehrungsstäbe werden mit definierter Verbundlänge jeweils in einen Würfel einbetoniert und nach Erhärtung gezogen. Zur Beurteilung dient das **Kraft-Verformungsverhalten** und die Versagensart. DIN EN 990 beschreibt mehrere Verfahren zur Prüfung der Korrosionsschutzwirkung von Beschichtungen für Bewehrung in Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton. Es erfolgt eine visuelle Begutachtung der Bewehrung nach vorhergehender Beanspruchung durch Natriumchloridlösung, Wasser oder feuchter Luft. Zur Prüfung der Korrosionsschutzwirkung von Beschichtungen können auch Messungen mittels Impedanzspektroskopie herangezogen werden, siehe Kap. 21.4. Siehe auch unter Kap. 29.26.8.

29.26.6 Korrosions-Stellvertretersensorik

Stellvertretersensoren detektieren stellvertretend für die Bewehrung die Korrosionsgefährdung am Ort der Bewehrung. Bekannte Stellvertretersensoren sind die **Anodenleitern** der Fa. Sensortec GmbH. In ihnen sind in regelmäßigem Abstand in Form einer Leiter Metallproben angeordnet. Durch schrägen Einbau der Anodenleiter in der Nähe der Bauwerksoberfläche erhält man eine tiefengestaffelte Abfolge von Anoden. Der Korrosionszustand des Stellvertretersensors wird durch Abgriff des elektrochemischen Potentials und des Korrosionsstroms gegenüber einer inerten Referenzelektrode gemessen. Außerdem kann durch Impedanzmessungen zwischen den Anoden eine Information über den Betonwiderstand gewonnen werden. Ein analoges System ist als **Spreizringelektrode** oder **Bohrkernanode** auch für den nachträglichen Einbau erhältlich.

Ein weiteres System von Korrosions-Stellvertreter-Sensoren stellen die im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 477 der Deutschen Forschungsgemeinschaft entwickelten platinenbasierten **Drahtkorrosionssensoren** dar. Sie bestehen aus einer regelmäßigen Abfolge von Drahtringen auf einem Träger, die in verschiedenem Abstand zur Oberfläche des Bauteils liegen. Der Gesamtwiderstand des Sensors wird über ein zweiadriges Kabel mit herkömmlicher Widerstandsmesstechnik ermittelt. Jeder der parallel geschalteten Drahtringe ist mit einem unterschiedlichen Vorwiderstand versehen, so dass aus der Änderung des Gesamtwiderstandes des Sensors darauf geschlossen werden kann, welcher Draht durchkorrodiert ist.



Abb. 309 Anodenleiter der Fa. Sensortec GmbH beim Einbau in ein Stahlbetonbauwerk. Foto: R. Epperlein, Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 310 Drahtkorrosionssensor. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

Weiterführende Literatur:

Holst, A.; Bruder, S.; Budelmann, H.: Drahtsensoren für das Korrosionsmonitoring von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken, Forschungsbericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, 2008, herunterladbar unter www.ibmb.tu-braunschweig.de/docpool/reports/KaF-2008-08.pdf.

Holst, A.: Korrosionsmonitoring und Bruchortung vorgespannter Zugglieder in Bauwerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2007, auch als Heft 197 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 978-3-89288-179-7.

29.26.7 Elektrochemische Korrosionsmessverfahren am Bauwerk

Bei der **Potentialfeldmethode (Ruhepotentialmessung)** wird das elektrochemische Potential zwischen einer Referenzelektrode und der zu untersuchenden Bewehrung ortsabhängig gemessen. Dazu werden Elektroden (z. B. $Cu/CuSO_4$) eingesetzt, die zerstörungsfrei über das Stahlbetonbauteil geführt werden (zumeist Radsonden). Es ist außerdem eine elektrische Verbindung zur Bewehrung notwendig. Die Methode liefert bei sehr schnellem Messfortschritt qualitative Anhaltspunkte für die ortsabhängige Korrosionswahrscheinlichkeit der schlaffen Stahlbetonbewehrung durch **Chlorid**, zum Zeitpunkt der Messung. Die Korrosionsgefährdung durch **Carbonatisierung** kann nicht erfasst werden, da in diesem Fall Anode und Kathode sehr eng beieinander liegen. Die räumliche Trennung von Anode und Kathode ist aber Voraussetzung zur Anwendung der Methode.

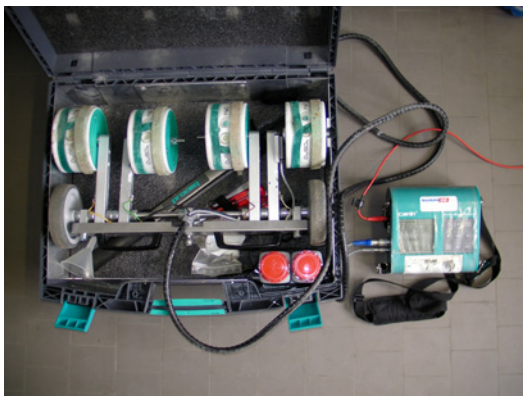


Abb. 311 4-Elektroden-Sensor zur Potentialfeldmessung mit Wegmessung. Das rote Messkabel muss mit der Bewehrung verbunden werden. Institution: Centrum Baustoffe und Materialprüfung, TU München.

Die Auswertung entsprechender Daten ist schwierig und erfordert Erfahrung, da das Ergebnis von vielen Faktoren beeinflusst wird, z. B. **Betonüberdeckung, Feuchtezustand, Zusammensetzung des Betons und Zementart, Risszustand, Betonwiderstand**, Anodenfläche, eingesetzte Elektrode sowie **Tempe-**

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ratur. Eine Auswertung nach fixen Grenzwerten ist nicht zu empfehlen. ASTM C 876 nennt zwar Grenzwerte, diese gelten aber nur für normal feuchten Beton aus Zement CEM I. Alleine ein Sauerstoffmangel durch höhere Feuchtegehalte kann eine hohe Korrosionswahrscheinlichkeit vortäuschen. Sinnvoller ist es deshalb nach hohen Potentialgradienten zu suchen, um gefährdete und nicht gefährdete Bereiche zu unterscheiden. Aufgrund der hohen Unsicherheiten der Methode ist es sinnvoll, diese mit Betonüberdeckungsmessungen und mit elektrischen Widerstandsmessungen zu kombinieren. Durch Asphaltschichten oder Beschichtungen kann nicht hindurchgemessen werden.

Weitere Literaturhinweise:

SIA Merkblatt 2006: Durchführung und Interpretation der Potentialfeldmessung an Stahlbetonbauten, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 1993.

DGZfP Merkblatt B03 für elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion, 2008.

Elsener, B.; Andrade, C.; Gulikers, J.; Raupach, M.: Half cell potential measurements – potential mapping on reinforced concrete structures, RILEM TC 154 – EMC, Materials and Structures, Bd. 36, S. 461–471, 2003.

Galvanostatische Pulsmessungen (GPM) liefern eine Information darüber, ob die Bewehrung an der untersuchten Stelle aktiv oder passiv ist. Dafür ist ein **Potentiostat** erforderlich. Er steuert die Bewehrung als Arbeitselektrode an (Strom zwischen Gegenelektrode und Arbeitselektrode und Spannung zwischen Referenzelektrode und Arbeitselektrode). Bei der galvanostatischen Pulsmessung wird ein anodischer Stromimpuls auf die Bewehrung gegeben. Ein großer positiver Potentialhub zeigt Passivität der Bewehrung an, eine kleine Potentialänderung Korrosionsaktivität sowohl durch Chloridkorrosion, als auch durch Karbonatisierung.

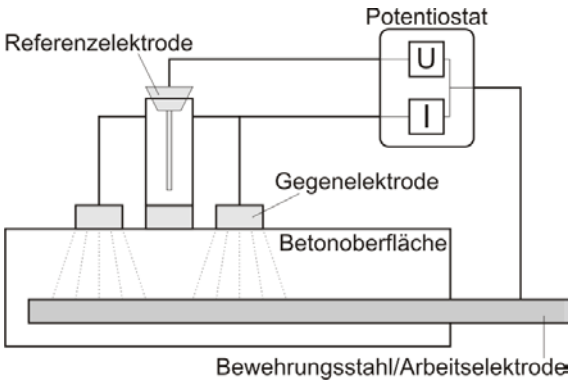


Abb. 312 Prinzip einer galvanostatischen Pulsmessung. Zeichnung: R. v. Ghyczy.

Eine zusätzliche **Polarisationsmessung** mit dieser Methode liefert den Polarisationswiderstand, aus dem der Korrosionsstrom berechnet werden kann, aus dem wiederum Abtragungsgeschwindigkeiten abgeschätzt werden können, was jedoch am Bauwerk mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Dabei wird die Bewehrung zunächst kathodisch, dann anodisch polarisiert und die auftretenden Ströme gemessen. Diese Messungen sind als Einzelmessungen relativ schnell, es ist aber notwendig pro Messstelle die Messparameter zu variieren, so dass nur wenige Messstellen pro Tag gemessen werden können.

Der Polarisationswiderstand und eine Abschätzung der Korrosionsgeschwindigkeit kann außerdem auch mittels elektrochemischer **Impedanzspektroskopie** (siehe Kap. 21.4) und mittels **linearer potentiostatischer Polarisation** gemessen werden. Voraussetzung für die Messung der notwendigen Polarisationswiderstände ist in allen Fällen, dass die Anodenfläche genau bekannt ist. Da dies am Bauwerk im Normalfall nicht gegeben ist, ist die Anwendung am Bauwerk mit sehr großen Unsicherheiten verbunden. Der aktuelle Restquerschnitt kann mit keiner der Methoden ermittelt werden. Grundlagen zur Polarisationsmessung an freien Metallen können aus DIN EN ISO 17475 entnommen werden.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Konzentrationen von freiem **Chlorid in Beton** (das in der Porenflüssigkeit gelöste Chlorid) können durch einbetonierte **Chloridsensoren** erfasst werden. Deren wesentliches Element besteht aus einem Silberdraht, der teilweise mit Silberchlorid beschichtet ist. Die Analyse beruht auf einer Messung des Potentials gegenüber einer MnO_2-Elektrode. Diese Sensoren können auch tiefengestaffelt eingebaut werden, um Chloridprofile zu ermitteln. Nach Einsatz in vorgefertigte Betonprobekörper können diese auch nachträglich in bestehende Bauteile integriert werden, wobei der Spalt zwischen Bauteil und instumentiertem Probekörper mit einem Füllmörtel verschlossen wird. Die Sensoren können durch Korrosionsströme gestört werden. Weiterführende Literatur:

Holst, A.: Korrosionsmonitoring und Bruchortung vorgespannter Zugglieder in Bauwerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2007, auch als Heft 197 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 978-3-89288-179-7.

Page, C.L.; Bamfort, P.B.; Figg, J.L. (eds.): Corrosion of steel in concrete construction, SCI Cambridge, 1996.

Santa, U.: Bauwerksinspektion und Überwachung, Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 2004.

Schiegg, Y.: Online-Monitoring zur Erfassung der Korrosion der Bewehrung von Stahlbetonbauwerken, Doktorarbeit, ETH Zürich, 2002.

29.26.8 Laborprüfung des Korrosionsverhaltens von Stahl in Beton

Elektrochemische Korrosionsversuche erfordern einen **Potentiostaten**. Dies ist ein Operationsverstärker mit hoher Ausgangsleistung, Regelgeschwindigkeit, Unempfindlichkeit gegenüber kapazitiven Lasten und hohem Eingangswiderstand. Potentiostaten dienen dazu, zwischen einer Arbeitselektrode und einer Referenzelektrode, über den Stromfluss zwischen Arbeitselektrode und Gegenelektrode, ein geregeltes Potential aufzubauen. Dieses kann konstant sein oder auch einer Zeitfunktion folgen. Ein Potentiostat kann auch als Galvanostat betrieben werden, der einen geregelten Zellenstrom aufbaut. Ein Potentiostat kann außerdem als Amperemeter verwendet werden, das keinen Potentialunterschied zwischen den Messpunkten erzeugt, was bei elektrochemischen Zellen sehr wichtig ist. Außerdem kann der **Polarisationswiderstand** gemessen werden, d. h. die Steigung der Strom-Potential-Kurve bei einem Strom von Null.

Beispielsweise kann der Einfluss von Zusatzmitteln auf das Korrosionsverhalten von Stahl in Beton nach DIN EN 480-14 geprüft werden. Mit Hilfe eines Potentiostaten wird eine konstante Spannung zwischen der Arbeitselektrode und der Referenzelektrode erzeugt und der Strom zwischen Arbeitselektrode und Gegenelektrode gemessen. Außerdem wird die Arbeitselektrode auf Korrosion untersucht. Als Arbeitselektrode wird eine Mörtelelektrode mit eingebettetem Stahl verwendet. Proben mit und ohne Zusatzmittel werden miteinander verglichen. Nähere Informationen zu **elektrochemischen Halteversuchen** mit Mörtelelektroden können auch entnommen werden aus:

Breit, W.: Untersuchungen zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt für Stahl in Beton, Dissertation, RWTH Aachen, 1997, auch als Band 8 der Aachener Beiträge zur Bauforschung, ISBN 3-86073-136-X.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.



Abb. 313 Potentiostatische Halteversuche zur Prüfung der Wirksamkeit einer EP-Beschichtung auf Betonstahl. Als Referenzelektrode ist in der Zellenmitte jeweils eine Ag/AgCl-Elektrode vorhanden. Die beschichtete Stahlprobe bildet die Arbeitselektrode. Gegenelektrode ist ein Gitter im unteren Teil der mit Elektrolyt gefüllten Zellen. Versuch: Centrum Baustoffe und Materialprüfung, TU München.

Die Beständigkeit von **Spannstählen** gegenüber **Spannungsrisskorrosion** wird nach DIN EN ISO 15630-3 durch Korrosionsversuche unter Vorspannung untersucht, wobei sich die Probe in Kontakt mit einer Thiocyanatlösung befindet. Eine der beiden verwendeten Prüflösungen enthält 5 g/l SO_4^{2-} in Form von K_2SO_4, 0,5 g/l Cl^- in Form von KCl und 1 g/l SCN^- in Form von KSCN. Die andere Lösung wird hergestellt durch Lösen von 200 g NH_4SCN in 800 ml Wasser. Geprüft wird bei 50 °C bis zum Bruch oder bis zu einer definierten Zeit. Auf Korrosionsprüfungen für metallische Baustoffe im Allgemeinen geht Kap. 29.27 ein.



Abb. 314 Prüfung von Spannstahl auf Beständigkeit gegenüber Spannungsrisskorrosion. Die Stähle stehen unter Zugspannung, die während des Versuchs durch Tellerfedern aufrecht erhalten wird und durchlaufen jeweils einen extern temperierten Behälter mit Korrosionsflüssigkeit. Versuch: iBMB/MPA Braunschweig.

29.27 Korrosionsprüfungen für metallische Baustoffe

Der Widerstand metallischer Werkstoffe und von metallischen Werkstoffen mit Korrosionsschutzsystemen in verschiedenen Medien wird in **Freibewitterungsversuchen**, **Umweltsimulationsgeräten** und **Schadgasschränken** sowie mit Hilfe von **Potentiostaten** untersucht. S. dazu auch unter Kap. 29.19 und 29.22. Untersucht werden beispielsweise Masseveränderungen, Oberflächenveränderungen, **Rissbildungen, Gefügeveränderungen**, Veränderungen **mechanischer Eigenschaften** oder Korrosionsströme. Prüfungen für Bewehrung im Beton werden beschrieben in Kap. 29.26. Im Hinblick auf Korrosionsuntersuchungen im Freiland und im Meer wird auf Kap. 10.4 verwiesen.

Zugrundeliegende Regeln für die Korrosionsprüfung metallischer Werkstoffe sind beispielsweise DIN EN ISO 7384, DIN EN ISO 6988 (**Kesternichtest** mit Schwefeldioxid) zusammen mit DIN 50018 sowie DIN 50905. Im Teil 4 dieser Norm sind auch Verfahren zur Prüfung bei **erhöhtem Druck** und wechselnder Kor-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

rosionsbelastung gezeigt. DIN EN ISO 9227 beschäftigt sich mit **Salzsprühnebelprüfungen**. Dabei wird unterschieden zwischen einer neutralen Salzsprühnebelprüfung, einer Essigsäure-Sprühnebelprüfung und einer kupferbeschleunigten Essigsäure-Salzsprühnebelprüfung. Die Prüfungen mit sauren Medien sind insbesondere gedacht für Überzüge auf der Basis von Kupfer, Nickel und Chrom bzw. Nickel und Chrom. Die Bewertung richtet sich nach der Anwendung der Materialien. Weitere Salzsprühnebelprüfungen sind beschrieben in DIN EN ISO 11997 und DIN EN ISO 16151. Eine Wechseltauchprüfung in Salzlösung wird beschrieben in DIN EN ISO 11130. Korrosionsversuche an Metallen in Laboratmosphären mit sehr niedrigen Schadgaskonzentrationen sind beschrieben in DIN EN ISO 10062.

Auf den Einfluss von Strömungsprozessen auf die Korrosion und die Berücksichtigung in Korrosionsexperimenten geht DIN 50920-1 ein. In DIN 50905-1 sind eine Reihe weiterer genormter Prüfverfahren für metallische Werkstoffe aufgeführt. Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen wie z. B. **potentiostatische Halteversuche** sind beschrieben in DIN 50918. Zu diesen Versuchen siehe auch Kap. 29.26.8. Informationen zur Untersuchungen von **Kontaktkorrosion** von Metallen können entnommen werden aus DIN 50919 sowie DIN EN ISO 7441. Zur Prüfung beschichteter Metalle kann DIN 50928 und DIN EN 13523-8 herangezogen werden. Dabei werden auch Fragen der **Unterwanderung** der Beschichtung und der **Blasenbildung** behandelt.

Die Bewertung korrodierter Proben mit anorganischen Überzügen ist beschrieben in DIN EN ISO 10289. Sie beruht auf einer **visuellen Bewertung** des Schutzgrades für das Grundmetall und einer Bewertung des Aussehens. Bewertungsmöglichkeiten von **Lochkorrosion** sind z. B. in DIN EN ISO 8993, DIN EN ISO 8994 und DIN EN ISO 11463 beschrieben. Die Prüfung der **Spannungsrisskorrosion** von metallischen Werkstoffen ist Gegenstand der DIN EN ISO 7539. Geprüft wird das Auftreten von Brüchen und Rissen. Die Prüfung von Spannstahl auf Beständigkeit gegenüber Spannungsrisskorrosion ist Gegenstand des Kap. 29.26.8.

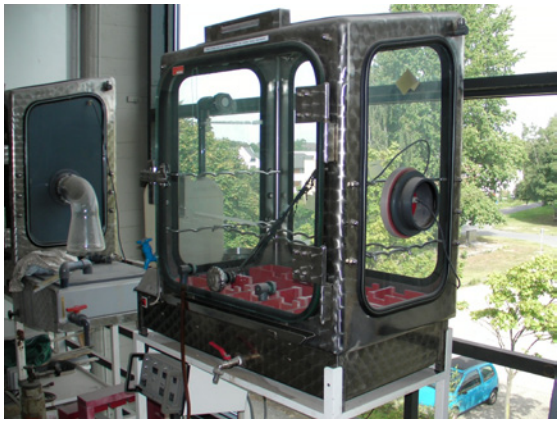


Abb. 315 Kesternich-Prüfschrank ohne Probenbeladung. Institution: iBMB/MPA Braunschweig.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

30 Untersuchungen zum Befall und zur Schädigung von Baustoffen und Bauteilen durch Organismen

30.1 Befall von Holz durch holzzerstörende Pilze und Insekten

Untersuchungen im Zusammenhang mit einem Befall von Holzbauteilen durch holzzerstörende Pilze oder Insekten erfordern besondere Fachkenntnisse, die in Deutschland durch den erfolgreichen Erwerb des **Sachkundenachweises für Holzschutz am Bau** nach DIN 68800-4 erworben und nachgewiesen werden. Die Kriterien für entsprechende Untersuchungen sind z. B. bei Insekten das Aussehen der Tiere und deren **Fluglöcher**, bei Pilzen die am Holz zu erkennenden Veränderungen durch den Befall, das Aussehen des **Mycells**, von **Fruchtkörpern** usw. Der Befall mit holzzerstörenden Pilzen setzt eine genügend hohe **Feuchte** voraus, wobei die sichtbare Stelle des Befalls nicht mit der Stelle des erhöhten Feuchteanfalls im Bauwerk identisch sein muss. Neben der Identifizierung des Pilzes konzentrieren sich entsprechende Untersuchungen deshalb immer auch darauf, die Feuchtequelle zu finden und Hinweise zu geben, wie diese beseitigt werden kann.

Die vergleichende und klassifizierende Prüfung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Vollholz im Labor ist Gegenstand der DIN EN 350.

30.2 Beständigkeit von Beschichtungsstoffen gegen Pilz- und Algenbefall

Zur Prüfung der Beständigkeit von Beschichtungsstoffen gegen Pilz- und Algenbefall können die Richtlinien des Verbandes der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie (VdL) zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Algenbefall bzw. Pilzbefall herangezogen werden.

30.3 Wirksamkeit von Holzschutzmitteln gegen Schädlinge

Die Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmitteln gegenüber Schädlingen kann erfolgen, indem befallenes Holz mit dem Holzschutzmittel versetzt wird und die Wirkung auf die Schädlinge beobachtet wird. Solche Verfahren sind beispielsweise beschrieben in DIN EN 48 und DIN EN 1390. Es existieren eine ganze Reihe verschiedener Prüfverfahren. Einen Überblick über die verschiedenen Verfahren ist möglich über DIN EN 599-1.

30.4 Untersuchungen im Zusammenhang mit Schimmelpilzbildung

Bei Schimmelpilzbefall kann die Art des Pilzes ggf. durch **mikrobiologische Nachweise** identifiziert werden. Voraussetzung für eine Schimmelpilzbildung ist eine ausreichend hohe **Feuchte** im Baustoff bzw. auf der Baustoffoberfläche. Im Vordergrund entsprechender Untersuchungen stehen deshalb in der Regel Untersuchungen woher diese Feuchte kommt. Häufig ist dabei die Frage zu klären, ob die erhöhte Feuchte auf einen Mangel der Konstruktion oder falsches Nutzerverhalten zurückzuführen ist. Sachverständige versuchen diese Frage in der Regel über Raumklimamessungen und darauf aufbauende bauphysikalischen Berechnungen zu klären. Weitergehende Informationen zu diesem Thema können entnommen werden aus DIN EN ISO 13788, DIN ISO 16000-16 bis DIN ISO 16000-19, die in weiten Bereichen auf der VDI Richtlinie 4300 beruht und dem DIN Fachbericht 4108-8. Einen sehr guten Überblick über die gesamte Thematik gibt die folgende Arbeit:

Sedlbauer, K.: Vorhersage der Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen, Dissertation, Universität Stuttgart, 2001.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

30.5 Prüfung des Verhaltens von Kunststoffen in Kontakt mit biologisch aktiven Stoffen

DIN EN ISO 846 beschreibt mehrere Verfahren zur Prüfung des Verhaltens von Kunststoffen gegenüber Pilzen, Bakterien und mikrobiell aktiver Erde. Die Beurteilung der Schädigung erfolgt **visuell**, über die Änderung der Masse oder anderer Eigenschaften im Vergleich mit unbeaufschlagten Referenzproben. Ein **Erdeingrabungsversuch** für Geotextilien in mikrobiologisch aktive Erde ist beschrieben in DIN EN 12225. Die Prüfung dauert mindestens 16 Wochen. Die Bewertung erfolgt anhand der Veränderung der **Zugfestigkeit** im Vergleich mit Referenzproben, die nicht dem Einfluss der Erde ausgesetzt waren. Die Prüfung der biologischen Wirkung der Erde erfolgt über die Einlagerung von Baumwollstreifen, deren Zugfestigkeit sich innerhalb von 7 Tagen auf unter 25 % der Ausgangszugfestigkeit verringern muss.

30.6 Prüfung des Widerstandes von Baustoffen gegen Wurzeln

Die Prüfung des Widerstandes von Abdichtungsbahnen gegenüber **Wurzelpenetration** nach DIN EN 13948 erfolgt in Versuchgefäßen, in denen die Proben einer Beanspruchung durch eine Vegetationstragschicht mit Bepflanzung ausgesetzt werden. Unter den Proben befindet sich eine grobkörnige mineralische Feuchtigkeitsschicht, die von einem Vlies oder Gewebe von der Probe getrennt ist. Nach einer Wachstumsdauer von 2 Jahren werden die Proben **visuell** auf eine Wurzelpenetration hin untersucht. Die Prüfung von geosynthetischen Dichtungsbahnen nach DIN CEN/TS 14416 erfolgt ähnlich. Die Prüfung ist aber schon nach 6 bis 8 Wochen beendet. Zur Prüfung der Vitalität der verwendeten Lupinen dient eine Vergleichsprobe mit einer 2 cm dicken Bitumenschicht, die durchdrungen werden muss.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

31 Rechnerische Simulationen

31.1 Allgemeines

Rechnerische Simulationen werden dann angewandt, wenn man Fragestellungen und Probleme nicht mehr im Laborexperiment lösen kann oder will. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn Prozesse zu schnell sind, um sie im Laborexperiment beobachten zu können, wenn sie zu langsam sind und Laborexperimente daher zu lange dauern würden, wenn die notwendigen Prüfkörper zu groß sind, um sie im Labor prüfen zu können, wenn die Prozesse zu komplex sind, um sie rein experimentell durchschauen zu können oder wenn man durch rechnerische Simulation gegenüber einem Laborexperiment Kosten einsparen kann, z. B. weil umfangreiche Parameterstudien im Computerexperiment schneller und kostengünstiger durchführbar sind als im Labor.

Man verlegt also ein Laborexperiment bzw. das Experiment am Bauwerk in den Rechner. Wenn man von **wissensbasierten Systemen (Expertensystemen)** absieht, beruhen rechnerische Simulationsverfahren darauf, einen mehr oder weniger komplexen, orts- und ggf. zeitabhängigen, physikalischen und/oder chemischen Prozess in Form von gekoppelten Gleichungen zu beschreiben und das sich ergebende Gleichungssystem numerisch zu lösen.

Natürlich benötigen rechnerische Simulationen materialspezifische, problemspezifische und weitere Eingangsgrößen. Die Güte der Ergebnisse hängt davon ab, in wie weit die zugrundeliegenden physikalisch-chemischen Modelle die Realität abbilden können, von der Qualität der Algorithmen, der Qualität der Eingangsgrößen und nicht zuletzt von der Kompetenz des Anwenders. Jede Nutzung eines komplexen rechnerischen Simulationsprogramms ohne Kenntnis der zugrundeliegenden Prozesse und Modelle birgt erhebliche Risiken. Voraussetzung für die Nutzung von rechnerischen Simulationsverfahren ist auch immer, dass die richtige Funktion des Simulationsverfahrens für den Anwendungsfall vorher nachgewiesen wurde. Beispiele für die Anwendung rechnerischer Simulationen im Bauwesen sind im Folgenden genannt.

Die Bemessung eines Bauteils auf Tragfähigkeit unter Zuhilfenahme einer Simulation mittels **Finite-Elemente-Methode (FEM)** ersetzt die **mechanische Prüfung** von Probebauteilen im Labor und ist sehr viel schneller und preisgünstiger.

Die Simulation macht die Untersuchung des Trag-, Verformungs- und ggf auch des **dynamischen Verhaltens** von ganzen Bauwerken oftmals erst möglich, wobei sich Simulation und **Probebelastungen** am Bauwerk ergänzen können (s. Kap. 12.32.2). Am anderen Ende der Größenskala gehört dazu letztlich auch die Modellierung von Baustoffgefügen und daraus abgeleiteter Materialeigenschaften, z. B. im sogenannten »**numerischen Beton**«.

Zur Bearbeitung komplexer Fragestellungen im Bereich des Wärme- und Feuchteschutzes können **thermisch-hygrische Simulationen** von Bauteilen durchgeführt werden. In der Regel lassen sich dabei der **Wärme- und Feuchtetransport** nicht unabhängig voneinander betrachten, weswegen entsprechende Softwareprogramme, wie z. B. WUFI© des Fraunhofer Instituts für Bauphysik, Delphin der TU Dresden und ASTRa der TU Hamburg-Harburg immer beide gekoppelten Prozesse betrachten. Die Prüfung eines Bauteils auf Tauwasserausfall und **Oberflächentemperaturen** sowie Transmissionswärmeverlust unter instationären Randbedingungen mit Hilfe eines bauphysikalischen Simulationsprogramms ersetzt langwierige Messreihen am realen Bauteil. Bei Verfahren zur Simulation des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransportes werden häufig **Differenzenverfahren** zur Lösung der Gleichungssysteme eingesetzt, da man hier die Stärke der FEM-Methoden, komplizierte Geometrien leicht abzubilden, in der Regel nicht benötigt. Die thermisch-hygrische Simulation von Bauteilen ist auch geregelt in DIN EN 15026.

Sollen Fragen des Energieverbrauchs von Gebäuden, der Minimierung von Betriebskosten und der **Behaglichkeit** der Nutzer bearbeitet werden spricht man von **Gebäudesimulation**. In entsprechenden Simulationsprogrammen werden beispielsweise Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung, CO_2-Ausstoß, Raumluftqualität, usw. ganzer Bauwerke betrachtet.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Mit numerischer **Strömungsmechanik** (computational fluid dynamics, **CFD**) ist es beispielsweise möglich, die **Rauchausbreitung** im **Brandfall** zu beschreiben. Mittels **Partikelsimulation** lassen sich **Mischprozesse** numerisch simulieren. Bauteile, deren Verhalten im Brandfall aufgrund der notwendigen Abmessungen nicht im Labor-Brandversuch untersucht werden kann, können nach Eurocode über **allgemeine Rechenverfahren** auf der Basis thermischer und mechanischer Simulationen für den Brandschutz bemessen werden. Große Bedeutung haben Simulationsverfahren im Bauwesen heute auch in der **Akustik**.

Häufig steht heute auch die Ermittlung von **Versagenswahrscheinlichkeiten** im Vordergrund, was über eine **Fehlerbaumanalyse** nach DIN 25424-1, die **First-** oder **Second-Order-Reliability-Method (FORM/SORM)** oder **Monte-Carlo-Methoden (MC)** möglich ist. Auf weitere Details eingegangen werden kann und soll im Rahmen dieses Buches nur im Hinblick auf die Dauerhaftigkkeitssimulation mineralischer Baustoffe.

31.2 Dauerhaftigkeitssimulation

Um die Leistungsfähigkeit von Simulationsverfahren grob zu umreißen arbeiten man mit folgenden Abkürzungen, für die miteinander gekoppelten Teilmodelle:

C – Simulation chemischer Prozesse

T – Simulation thermischer Prozesse

H – Simulation hydraulischer Prozesse (besser Stofftransport)

M – Simulation mechanischer Prozesse

Um Dauerhaftigkeitsfragestellungen poröser Baustoffe zu simulieren benötigt man zumindest ein **THC-Modell**, wenn Rissbildungen und ihre Rückkopplung auf die Dauerhaftigkeit mit einbezogen werden sollen auch ein **THMC-Modell**.

Die Dauerhaftigkeit eines mineralischen Baustoffes in einem bestimmten chemischen Milieu wird im Wesentlichen bestimmt durch die **Transportprozesse** im Porensystem des Baustoffs, die ablaufenden **chemischen Reaktionen** und die daraus resultierenden korrosiven Effekte, z. B. die Bildung korrodierter Bereiche mit verminderter Festigkeit, Querschnittsverlust, erhöhten Transportparametern, Dehnungen oder Bewehrungskorrosion. Die auftretenden chemischen Reaktionen verändern die **Porenstruktur** und damit die Transportparameter in der korrodierten Randzone und haben somit eine Rückwirkung auf die Transportprozesse.

Ein Modell das nicht nur spezifisch für einen bestimmten Schadensprozess ist, sondern im Prinzip allgemeingültig anwendbar ist, muss die oben beschriebenen Teilprozesse eines **Korrosionsvorganges** durch miteinander verknüpfte chemisch-physikalische Modelle beschreiben. Die Grundstruktur solcher Algorithmen ist im folgenden Bild aufgezeigt, in dem auch die Möglichkeiten der Software **Transreac** eingetragen sind. Details zu dieser Software und ihren Anwendungen können aus folgenden Arbeiten entnommen werden:

Schmidt-Döhl, F.: Ein Modell zur Berechnung von kombinierten chemischen Reaktions- und Transportprozessen und seine Anwendung auf die Korrosion mineralischer Baustoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1996, auch als Heft 125 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-104-9.

Schmidt-Döhl, F.; Rostásy, F.S.: A model for the calculation of combined chemical reactions and transport processes and its application to the corrosion of mineral building materials. I. Simulation model, Cement and Concrete Reseach, Bd. 29, S. 1039–1046, 1999.

Schmidt-Döhl, F.; Rostásy, F.S.: A model for the calculation of combined chemical reactions and transport processes and its application to the corrosion of mineral building materials. II. Experimental Verification, Cement and Concrete Research, Bd. 29, S. 1047–1054, 1999.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Rigo, E.: Ein probabilistisches Konzept zur Beurteilung der Korrosion zementgebundener Baustoffe durch lösenden und treibenden Angriff, Dissertation, TU Braunschweig, 2005, auch als Heft 187 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig, ISBN 3-89288-169-3.

Rigo, E.; Schmidt-Döhl, F.; Krauß, M.; Budelmann, H.: Transreac: A model for the calculation of combined chemical reactions and transport processes and its extension to a probabilistic model, Cement and Concrete Research, Bd. 35, S. 1734–1740, 2005.

Bruder, S.: Adaptives Modell der Dauerhaftigkeit im Zuge der Überwachung von Betonbauerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2007, auch als Heft 196 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, ISBN 978-3-89288-178-0.

Schmidt-Döhl, F.; Rigo, E.; Bruder, S.; Budelmann, H.: Chemical attack on mineral building materials, features and examples of the simulation program Transreac. In: Stangenberg, F.; Bruhns, O.T.; Hartmann, D.; Meschke, G. (ed.): Proceedings of the Second International Conference Lifetime-Oriented Design Concepts, 1.–3. März 2004, S. 269–278, Bochum 2004.

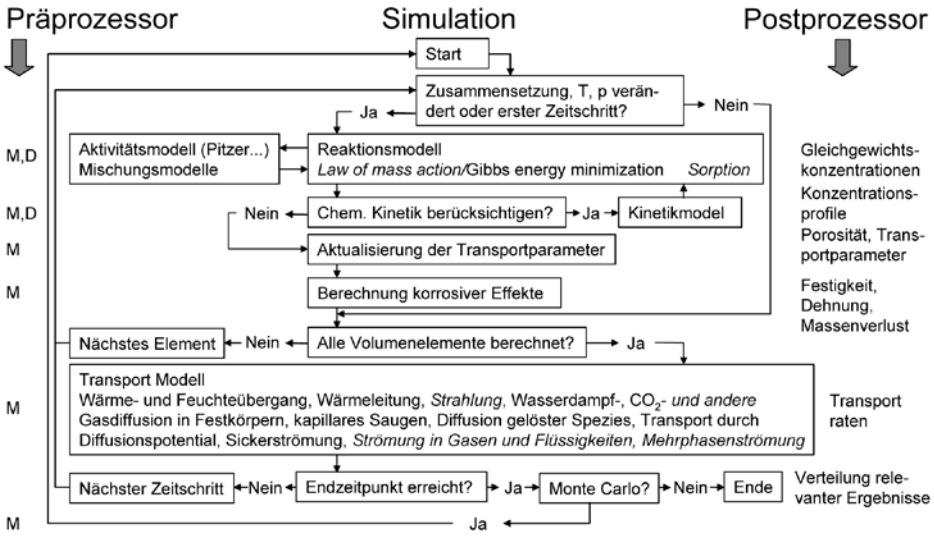


Abb. 316 Grundstruktur von **Transport-Reaktions-Modellen** für die Dauerhaftigkeitsmodellierung. Nicht kursive Module sind in der Software Transreac enthalten. M – material-, umgebungs- und bauteilabhängige Eingangsgrößen, D – materialunabhängige Eingangsgrößen. Aus: Schmidt-Döhl, F.: Dauerhaftigkeitsprognose von Salzbeton im Kontakt mit salinaren Lösungen, Tagung Bauchemie, Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Freiberg, 8.–9.10.2009, GDCh Monographie Band 41, S. 81–88, ISBN 978-3-936028-61-4, 2009.

Für die Simulation von Korrosionsprozessen von Bauteilen aus mineralischen Baustoffen ist es insbesondere notwendig die folgenden Transportprozesse zu simulieren, am besten zweidimensional:

- **Wasserdampfdiffusion**
- **CO_2-Diffusion** bei der Simulation von **Carbonatisierungsprozessen**
- **Kapillare Transportprozesse** bei Kontakt mit Lösungen und ohne Kontakt mit Lösungen (Weiterverteilung)
- **Permeation** (Sickerströmung)
- Feuchteübergang
- Wärmeleitung
- Wärmeübergang
- Huckepacktransport gelöster Spezies durch Kapillarität und Permeation

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- Diffusion gelöster Teilchen
- Transport durch ein Diffusionspotential, das sich unweigerlich aufbaut, da unterschiedliche Ionen unterschiedlich schnell diffundieren

Durch die Transportprozesse sowie veränderte Temperatur- oder Druckbedingungen werden chemische Reaktionen ausgelöst, die über ein Reaktionsmodell beschrieben werden müssen. Für die Reaktionsmodellierung von Baustoffen sind **GEM**-Algorithmen gut geeignet (**Gibbs Energy Minimization**), da sie im Gegensatz zu den sogenannten Law of Mass Action Modellen, wie EQ3/6 und PHREEQC, die vor allem in der Geochemie verbreitet sind, die Möglichkeit bieten beliebig viele Mischphasen zu berücksichtigen. Bei der Modellierung **zementgebundener Baustoffe** hat man neben der Porenflüssigkeit in jedem Fall noch die **C-S-H-Mischphase** und Mischphasen im Bereich der **AFm- und AFt-Phasen** vorliegen. Um Redoxreaktionen simulieren zu können ist dabei als Nebenbedingung, neben dem Erhalt der Masse der einzelnen chemischen Elemente, auch der Erhalt der Ladung sicherzustellen.

Von besonderer Bedeutung für die Modellierung chemischer Reaktionen in Systemen mit hoher Ionenstärke ist die Verwendung des **Pitzer-Modells** zur Bestimmung der **Aktivitätskoeffizienten** der gelösten Teilchen. Nur das Pitzer-Modell ist in der Lage in diesem Milieu realistische Aktivitätskoeffizienten zu liefern.

Bei sehr langsamen Reaktionen kann es notwendig sein, zusätzliche reaktionskinetische Effekte zu berücksichtigen, die nicht auf die begrenzte Transportgeschwindigkeit der einzelnen Spezies im Porenraum des Bauteils zurückzuführen sind.

Hinzu kommt dann die Berechnung korrosiver Effekte wie Massenverlust, Festigkeitsverlust, Treibdehnungen usw. sowie Modelle, die die Abhängigkeit der Transportkenngrößen von Strukturparametern beschreiben und die notwendig sind, um die Transportprozesse in den korrodierten Bereichen richtig wiederzugeben.

Transreac kann bei vollem Erhalt der Funktionalität über eine Einbettung des **deterministischen** Kernalgorithmus in eine **Monte Carlo Simulation (MC)** auch als **probabilistisches** Modell eingesetzt werden. Ein probabilistisches Modell berücksichtigt im Gegensatz zu einem deterministischen Modell die statistischen Streuungen der Eingangsgrößen und liefert Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die berechneten Größen. Andere Möglichkeiten für eine probabilistische Modellierung sind in Kap. 31.1 genannt.

Die Bereiche bei der rechnerischen Simulation von Dauerhaftigkeitsproblemen mit den größten Unsicherheiten derzeit sind:

- die Veränderung der Transportparameter während des Korrosionsprozesses
- die Simulation kapillarer Transportprozesse im korrodierten Bereich
- einige Aspekte der Simulation korrosiver Effekte
- fehlende oder inkonsistente thermodynamische Daten für das Reaktionsmodell

Wenn ein solches Simulationsprogramm eingesetzt werden soll, sollte im Vorfeld zu Testzwecken untersucht werden, ob die folgenden Parameter und Prozesse richtig berechnet werden können:

- Zusammensetzung des angreifenden Mediums. Beispielsweise ist es bei hochkonzentrierten gesättigten Lösungen keinesfalls selbstverständlich, dass ein Reaktionsmodell deren Zusammensetzung richtig berechnen kann. Die Güte der thermodynamische Datenbasis spielt dabei eine wichtige Rolle (exp. Nachweis: **Elementanalyse**, s. Kap. 13).
- Ausgangs-Phasenbestand der unkorrodierten Baustoffe, soweit er experimentell ermittelt werden kann (exp. Nachweis: **Phasenanalyse**, s. Kap. 14).
- Veränderungen des Phasenbestandes der beteiligten gemahlenen Baustoffe im Gleichgewicht mit dem angreifenden Medium, z. B. einer Lösung, bei definierten Feststoff-Lösungs-Verhältnissen und/oder Untersuchungen des **Reaktionspfades**, z. B. mit Hilfe von **Kaskadenexperimenten** (siehe unter Kap. 15.2 und 29.4.1).

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

- **Korrosionsexperimente** mit den in der Realität zu erwartenden Transportprozessen (s. Kap. 29.4.1). Bei sehr dichten Materialien können solche Korrosionsexperimente in vertretbaren Zeiträumen sehr schwierig werden. Für die chemischen Analysen sind dann Messmethoden mit hoher Ortsauflösung notwendig. Ggf. ist es notwendig zum Nachweis der richtigen Funktion des Simulationsverfahrens ein gesondertes Material herzustellen, das dem eigentlich interessierenden Material chemisch möglichst ähnlich ist, aber dessen Porensystem durchlässiger ist.

Alle angesprochenen Tests, bis auf den letzten, untersuchen nur die Güte des Reaktionsmodells. Nur bei der Simulation von Korrosionsversuchen selbst werden auch die Transportmodelle und das Zusammenwirken der miteinander gekoppelten chemisch-physikalischen Modelle untersucht. Deshalb stellt das Korrosionsexperiment der wichtigste Schritt in einer solchen Untersuchungsreihe dar. Nur wenn diese Tests zufriedenstellend verlaufen, kann ein Simulationsprogramm für Berechnungen in dem jeweiligen System eingesetzt werden. Diese Vorgehensweise ist beispielhaft gezeigt in: Schmidt-Döhl, F.: Dauerhaftigkeitsprognose von Salzbeton im Kontakt mit salinaren Lösungen, Tagung Bauchemie, Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Freiberg, 8.–9.10.2009, GDCh Monographie Band 41, S. 81–88, ISBN 978-3-936028-61-4, 2009.

Im Zuge der Bauwerksüberwachung bietet es sich an, mit **adaptiven Prognosemodellen** zu arbeiten. Unter adaptiver Modellierung wird in diesem Fall die Nutzung von Messdaten am Bauwerk zur Verbesserung der Zukunftsprognose verstanden. Allerdings wird ein gewisser Zeitraum zur Beobachtung des Bauwerks benötigt, was im Zuge der Bauwerksüberwachung aber in der Regel kein Poblem darstellt. Transreac kann als solches adaptives Modell eingesetzt werden. Dabei werden anhand von Messdaten vom Bauwerk Vergleichsereignisse definiert, über die materialspezifische Größen angepasst werden, so dass das Programm in der Lage ist, sich an das Materialverhalten während des Beobachtungszeitraums anzupassen. Damit können Ungenauigkeiten des Simulationsmodells und seiner Eingangsdaten ausgeglichen werden, was eine zuverlässigere Zukunftsprognose ermöglicht, bei gleichzeitig nur geringerem Aufwand zur Ermittlung der materialspezifischen Eingangsgrößen. Diese Funktion und Anwendung ist beschrieben in:

Bruder, S.: Adaptives Modell der Dauerhaftigkeit im Zuge der Überwachung von Betonbauerken, Dissertation, TU Braunschweig, 2007, auch als Heft 196 der Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, ISBN 978-3-89288-178-0.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

32 Erstellen eines Untersuchungsberichtes oder Gutachtens

Die Ergebnisse einer Materialprüftätigkeit werden in einem Untersuchungsbericht oder einem Gutachten zusammengefasst. In einem Untersuchungsbericht beschränkt sich die Bewertung auf einfache Fälle, z. B. darauf, dass ein Bauprodukt die Anforderungen einer bestimmten Regel erfüllt oder nicht erfüllt. Sind komplexere Bewertungen enthalten, die auch besondere Erfahrung erfordern, handelt es sich um ein Gutachten. Von entscheidender Bedeutung für die Qualität eines Gutachtens ist neben der Auswahl und der Durchführung der zugrundeliegenden Untersuchungen die klare Unterscheidung zwischen bewiesenen Tatsachen, begründeten Schlussfolgerungen (z. B.: … Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse handelt es sich bei dem Material mit sehr großer Wahrscheinlichkeit um xyz …) und Spekulationen. Spekulationen können im Einzelfall durchaus hilfreich sein, müssen aber klar als solche gekennzeichnet sein.

Ein Untersuchungsbericht oder Gutachten sollte mindestens die folgenden Punkte enthalten, wobei in vielen **Prüfnomen** Vorgaben für den Inhalt des Berichts enthalten sind:

- Auftraggeber und dessen Anschrift, ggf. Ansprechpartner und Auftragszeichen
- Thema/Inhalt und Datum des Auftrages
- Ggf. Anlass des Auftrages
- Datum des Dokuments und eindeutige Dokumentennummer
- Anzahl der Seiten und Anlagen
- Verwendete Unterlagen
- Angaben zur Probennahme (wann und durch wen), Datum des Probeneingangs
- Bezeichnung und ggf. Bescheibung des Probenmaterials
- Ggf. Untersuchungszeitraum/Ortstermin
- Bezeichnung bzw. Beschreibung der durchgeführten Untersuchung(en)
- Bezeichung der verwendeten Methoden, Prüfeinrichtung(en) und Hilfsstoffe
- Ggf. Prüfungsgrundlage (z. B. eine Norm). Bei Abweichungen von Regeln sind diese anzugeben. Die Bezeichnung »Prüfung in Anlehnung an DIN EN xyz« reicht nicht.
- Ergebnisse
- Bewertung
- Verbleib der Proben
- Bei längeren Berichten und Gutachten ist eine Zusammenfassung notwendig
- Verfasser, Anschrift, Ort, Datum und Unterschrift(en)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

33 Informationsquellen über Materialeigenschaften

33.1 Allgemeines

Für viele Baustoffe existieren normgemäße Anforderungen in den Produktnormen und auch bei der Entwicklung oder bei der Optimierung eines Baustoffes existieren Zielwerte für definierte Eigenschaften, die erreicht werden sollen. Gerade bei Bauschadensuntersuchungen steht man jedoch häufig vor dem Problem der Interpretation der gemessenen Daten, weil Vergleichsdaten fehlen und zu den Spezifikationen in Produktnormen äquivalente Materialkenngrößen nicht ermittelbar sind. Man steht dann vor der Frage, ob das zu gewinnende Analysenergebnis »normal« ist für diesen Baustoff oder ungewöhnlich.

Es ist nicht möglich im Rahmen dieses Textes typische Daten für alle möglichen Baustoffe zu nennen, da dies den Rahmen bei weitem sprengen würde. Häufig ist das Problem der fehlenden Vergleichsdaten auch nur zu lösen, in dem man mit dem gleichen oder einem möglichst ähnlichen Baustoff unter genau definierten Randbedingungen eine neue Vergleichsprobe herstellt und in gleicher Weise wie die Asservatprobe untersucht. Es ist sehr zu empfehlen bei entsprechenden Untersuchungen Resourcen für solche Vergleichsuntersuchungen von vorne herein mit einzuplanen.

Zusätzlich sollen hier einige Quellen angegeben werden, in denen man neben dem Internet, Firmeninformationen, Fachzeitschriften und Tagungsberichten in kompakter Form typische Daten für Baustoffe und ihre Komponenten finden kann. Einige dieser Bücher sind vergriffen. Antiquarische Bücher kann man über www.zvab.de recherchieren. Diese Bücher sind in der Regel auch über die Bibliotheken von Technischen Universitäten zugänglich.

33.2 Literatur Baustoffe allgemein

Ashby, M.F.; Jones, D.R.H.: Werkstoffe, 1. Bd., 3. Aufl., Elsevier, München, 2006.

Ashby, M.F.; Jones, D.R.H.: Werkstoffe, 2. Bd., 3. Aufl., Elsevier, München, 2007.

Goris, A. (Hrsg.): Schneider Bautabellen für Ingenieure, 19. Aufl., Werner Verlag, Neuwied, 2010.

Härig, S.; Klausen, D.; Hoscheit, R.: Technologie der Baustoffe, 15. Aufl., VDE-Verlag, 2003.

Hestermann, U.; Rongen, L. u. a.: Frick/Knöll Baukonstruktionslehre Bd. 1, 35. Aufl., Vieweg und Teubner, 2010. Band 2 unter Neumann et al.

Hiese, W. (Hrsg.): Baustoffkenntnis, 17. Aufl., Werner-Verlag, Neuwied, 2011.

Neroth, G.; Vollenschaar, D. (Hrsg.): Wendehorst Baustoffkunde, 27. Aufl., Vieweg und Teubner, 2011.

Neumann, D.; Hestermann, U.; Rongen, L. u. a.: Frick/Knöll Baukonstruktionslehre Bd. 2, 33. Aufl., Vieweg und Teubner, 2008. Band 1 unter Hestermann et al.

Reinhardt, H.-W.: Ingenieurbaustoffe, 2. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin, 2010.

Rostásy, F.S.: Baustoffe, W. Kohlhammer, Stuttgart, 1983.

Stark, J.; Wicht, B.: Geschichte der Baustoffe, Vieweg und Teubner, 1998.

Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile, Band 1, Grundlagen, 3. Aufl., Vieweg und Teubner, 1996.

Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile, Band 2, Beton, Mauerwerk, 3. Aufl., Vieweg und Teubner, 1993.

Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile, Band 3, Metalle, 2. Aufl., Vieweg und Teubner, 1985.

Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile, Band 4, Holz und Kunststoffe, Bauverlag, 1973.

33.3 Literatur Straßenbaustoffe

Lorenz, M.; Lorenz, J.: Handbuch Straßenbau, Fraunhofer IRB Verlag, 2006.

Straube, E.; Krass, K.: Straßenbau und Straßenerhaltung, 9. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2009

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

33.4 Literatur Bauchemie

Benedix, R.: Bauchemie, 5. Aufl., Vieweg und Teubner, 2011.

Biczok, I.: Betonkorrosion, Betonschutz, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1960, Hinweis: veraltet, enthält aber interessante Informationen.

Briehl, H.: Chemie der Werkstoffe, 2. Aufl., Vieweg und Teubner, 2008.

Henning, O.; Knöfel, D.: Baustoffchemie, 6. Aufl., Verlag Bauwesen, 2002.

Karsten, R.: Bauchemie, 11. Aufl., C.F.-Müller Verlag, Heidelberg, 2003.

Knoblauch, H.; Schneider, U.: Bauchemie, 7. Aufl., Werner Verlag, Neuwied, 2011.

Krenkler, K.: Chemie des Bauwesens, Band 1: Anorganische Chemie, Springer Verlag, Berlin, 1980.

Pöllmann, H.: Die Kristallchemie der Neubildungen bei Einwirkung von Schadstoffen auf hydraulische Bindemittel, Dissertation, Universität Erlangen, 1984.

Reul, H.: Handbuch der Bauchemie, Verlag für die chemische Industrie H. Zielkowsky KG, Augsburg, 1991.

33.5 Literatur Bauphysik

Bauphysik-Kalender, Ernst & Sohn, Berlin.

Bobran, H.W.; Bobran-Wittfoht, I.: Handbuch der Bauphysik, 8. Aufl., Verlagsgesellschaft Müller, 2010.

Fischer, H.-M.; Jenisch, R.; Stohrer, M.; Hohmann, M.; Freymuth, H.; Richter, E.; Häupl, P.: Lehrbuch der Bauphysik, 6. Aufl., Vieweg und Teubner, Wiesbaden, 2008.

Häupl, P.: Bauphysik, Ernst & Sohn, Berlin, 2008.

Hens, H.: Building physics, Ernst & Sohn, Berlin, 2007.

Hohmann, R.; Setzer, M.J.; Wehling, M.: Bauphysikalische Formeln und Tabellen, 5. Aufl., Werner, Neuwied, 2008.

33.6 Literatur Beton und Zement

Beton-Kalender, Ernst & Sohn, Berlin.

Hewlett, P.C. (ed.): Lea´s Chemistry of Cement and Concrete, Arnold, London, 1998.

Popovics, S.: Concrete Materials, Noyes Publications, Park Ridge, 1992.

Springenschmid, R.: Betontechnologie für die Praxis, Bauwerk-Verlag, Berlin, 2007.

Stark, J.; Wicht, B.: Zement und Kalk, Birkhäuser, 2000.

Stark, J.; Wicht, B.: Dauerhaftigkeit von Beton, Birkhäuser, 2001.

St. John, D.A.; Poole, A.W.; Sims, I.: Concrete Petrography, Arnold, London, 1998.

Taylor, H.F.W.: Cement chemistry, 2. Aufl., Thomas Telford, London, 2003.

VDZ (Hrsg.): Kompendium Zement und Beton, herunterladbar unter www.vdz-online.de/literatur.html.

33.7 Literatur Zusatzmittel

Rixom, R.; Mailvaganam, N.: Chemical Admixtures for Concrete, E&FN Spon, London, 1999.

Betonzusatzmittel, Verlag Bau und Technik, Erkrath, 2012.

33.8 Literatur Gipsbaustoffe

Gipsdatenbuch unter www.gips.de, 2011 nicht erhältlich.

33.9 Literatur keramische Baustoffe und Mauerwerk

Maier, J.: Handbuch Historisches Mauerwerk, Birkhäuser, 2002.

Mauerwerk-Kalender, Ernst & Sohn, Berlin.

Salmang, H.; Scholze, H.: Keramik, 7. Aufl., Springer, Berlin, 2007.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

33.10 Literatur Mineralien und Naturstein

Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussmann, J.: Introduction to the rock forming minerals, Longman, 1980.

Grimm, W.-D.: Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsheft 50, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, München 1990.

Knöfel, D.; Schubert, P.: Handbuch Mörtel und Steinergänzungsstoffe in der Denkmalpflege, Ernst & Sohn, Berlin, 1993.

Maresch, W.; Medenbach, O.; Trochim, H.D.: Gesteine, Mosaik Verlag, München, 1987.

Ramdohr, P.; Strunz, H.: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1967.

Reinsch, D.: Natursteinkunde, Enke-Verlag, Stuttgart, 1991.

33.11 Literatur Glas

Interpane Glas Industrie AG (Hrsg.): Gestalten mit Glas. 8. Aufl., Lauenförde, 2011, herunterladbar unter www.interpane.com/gestalten_mit_glas_64.html

Scholze, H.: Glass, Springer, Berlin, 1991.

33.12 Literatur Instandsetzungsbaustoffe, Polymere, Polymerdispersionen, Anstrichstoffe, Beschichtungen, Kleber, bituminöse Baustoffe, Dichtstoffe

Ehrenstein, G.W.: Polymeric materials structure-properties-applications, Hanser, München, 2001.

Ehrenstein, G.W.: Faserverbund-Kunstoffe, 2. Aufl. Hanser-Verlag, München, 2006.

Ehrenstein, G.W.: Polymerwerkstoffe, Hanser-Verlag, München, 2010.

Ehrenstein, G.W.; Pongratz, S.: Beständigkeit von Kunststoffen, Hanser Verlag, 2007.

Elsner, P.; Eyerer, P.; Hirth, T. (Hrsg): Domininghaus Kunststoffe, 8. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2011.

Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.

Habenicht, G.: Kleben, 6. Aufl., Springer, Berlin, 2009.

Mark, J.E.; Allcock, H.R.; West, R.: Inorganic Polymers, Oxford University Press, 2. Aufl., 2005.

Pröbster, M.: Baudichtstoffe, 2. Aufl., Vieweg und Teubner, 2011.

Raupach, M.; Orlowsky, J: Erhalten von Betonbauwerken, Vieweg und Teubner, Wiesbaden, 2008.

Raupach, M.; Orlowsky, J: Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken, Verlag Bau und Technik, 2008.

Reul, H.: Handbuch Bautenschutz und Bausanierung, 5. Aufl., Verlagsgesellschaft Müller, 2007.

Reul, H. (Hrsg.): Kittel Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Bd. 7, Produkte für das Bauwesen, Beschichtungen, Bauklebstoffe, Dichtstoffe, Hirzel, Stuttgart, 2005. Hinweis: Dieses Buch enthält auch wertvolle Informationen zur modernen Mörteltechnologie.

Weber, J., Hafkesbrink, V. (Hrsg.): Bauwerksabdichtung in der Altbausanierung, 2. Aufl., Vieweg und Teubner, 2008.

Carlowitz, B.: Kunststoff-Tabellen, 4. Aufl., Hanser Fachbuchverlag München 1995.

33.13 Literatur Metalle und Korrosion

Bargel, H.-J.; Schulze, G. (Hrsg.): Werkstoffkunde, 10. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2008.

Gieler, R.P.; Dimmig-Osburg, A.: Kunststoffe für den Bautenschutz und die Betoninstandsetzung, Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.

Nürnberger, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen, Teil 1 und 2, Bauverlag, Wiesbaden, 1995.

Stahlbau Kalender, Ernst & Sohn, Berlin.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

33.14 Literatur allgemein

Lechner, M.D. (Hrsg.): D`Ans Lax Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Bd. 1, 4. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 1992.

Synowitz, C. (Hrsg.): D`Ans Lax Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Bd. 2, 4. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 1983.

Blachnik, R. (Hrsg.): D`Ans Lax Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Bd. 3, 4. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 1998.

Haynes, W.M., Lide, D.R. (ed): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 91. Aufl., Taylor and Francis, 2010.

Römpp-Lexikon-Chemie, Thieme Verlag, Stuttgart, 2008.

Ullmann´s Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7. Aufl., Wiley-VCH, 2011.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

34 Literatur zu Prüfverfahren, soweit nicht in den jeweiligen Kapiteln aufgeführt

Zusätzlich ist auf die in Kap. 33 aufgeführte Literatur über Baustoffe hinzuweisen, die häufig auch Angaben über Prüfverfahren enthält.

Bethge, W.; Richter, T.: Beton, Prüfung nach Norm, Verlag Bau und Technik, 2011.

Czichos, H.; Saito, T.; Smith, L. (eds): Springer handbook of materials measurement methods. Springer Verlag, 2006.

DAfStb-Heft 565: Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau, Beuth Verlag, Berlin, 2006.

DFG-Sonderforschungsbereich 477: Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken mit Hilfe innovativer Bauwerksüberwachung, Übersicht unter: www.sfb477.tu-bs.de

Ernst & Sohn (Hrsg.): Messtechnik im Bauwesen, Berlin, 2011, 2010, 2009, und 2008, Sonderhefte zur Zeitschrift Bautechnik.

Fischer, H.: Schadensanalysen und bauphysikalisches Messen, Expert Verlag, Ehningen, 1993.

Fuhrmann, E.: Einführung in die Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, Band 2, Werkstoff- und Werkstückprüfung auf Qualität, Fehler, Dimension und Zuverlässigkeit, Expert-Verlag, Renningen, 2003.

Grellmann, W.; Seidler, S.: Kunststoffprüfung, 2. Aufl., Hanser Verlag, Leipzig, 2011.

Heine, B.: Werkstoffprüfung, 2. Aufl., Hanser Verlag, Leipzig, 2011.

Hiese, W.; Knoblauch, H: Baustoffprüfungen: Versuche – Erläuterungen – Beispiele, Werner Verlag GmbH, Düsseldorf, 1988. Hinweis: veraltet, aber manchmal noch hilfreich.

Iken, H.-W.; Lackner, R.; Zimmer, U.; Wöhnl, U.: Handbuch der Betonprüfung, 5. Aufl., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2003 (6. Aufl. geplant).

Kämpf, G.: Industrielle Methoden der Kunststoff-Charakterisierung, Carl Hanser Verlag München, 1996.

Kaufmann, E.N.: Characterization of materials, Wiley, Hoboken, 2003.

Kraft, U.; Pribbernow, D.: Handbuch der Holzprüfung, Verlag Bau und Technik, Düsseldorf, 2006.

Martin, J.W.: The local chemical analysis of materials, Elsevier, Amsterdam, 2003

Raupach, M.; Orlowsky, J: Erhalten von Betonbauwerken, Vieweg und Teubner, Wiesbaden, 2008.

RILEM Publikationen: Es ist sehr sinnvoll nachzuschauen, ob zu einer Fragestellung eine RILEM Publikation existiert (www.rilem.net).

Rhodes, M.: Introduction to Particle Technology, 2. Aufl., John Wiley & Sons, Chichester, 2008.

Schickert, G.; Krause, M.; Wiggenhauser, H.: ZfP-Kompendium, www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm. Das ZfP-Kompendium in der Version von 2007 ist in vielerlei Hinsicht veraltet, kann jedoch im Einzelfall interessante Informationen zu wenig bekannten Verfahren liefern.

Schubert, H. (Hrsg.): Handbuch der mechanischen Verfahrenstechnik, Wiley-VCH, Weinheim, 2003.

Schulze, W.: Einführung in die Baustoffprüfung, 3. Aufl., VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1976.

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

35 Wichtige Lieferanten von Baustoffprüfgeräten

Germann Instruments A/S: www.germann.org
Petrotest® Instruments GmbH & Co. KG: www.petrotest.com
Proceq SA: www.proceq.com
Qualitest International Inc.: www.worldoftest.com
Schleibinger Geräte Teubert u. Grein GmbH: www.schleibinger.com
Straßentest: www.strassentest.de
Testing Bluhm & Feuerherdt GmbH: www.testing.de

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

36 Verzeichnisse

Drei Verzeichnisse ermöglichen neben dem Inhaltsverzeichnis das Auffinden von Informationen im Buch:

- Ein Verzeichnis von Prüfvorschriften geordnet nach Baustoffen bzw. Themenbereichen. Dieses Verzeichnis dient dazu sich einen Überblick über die zu einem Baustoff bzw. einem Themenbereich zugehörigen Prüfvorschriften zu verschaffen. Siehe Seite 399
- Ein Verzeichnis von Prüfvorschriften mit Angabe des Titels, das alphanumerisch geordnet ist. Hier kann man nach Inhalten von Prüfvorschriften, z. B. Normen recherchieren. Dieses Verzeichnis dient gleichzeitig als Literaturverzeichnis für die Prüfvorschriften. Die bibliographischen Angaben zu den anderen zitierten Dokumenten befinden sich im Text. Siehe Seite 438.
- Ein allgemeines Stichwortverzeichnis. Dieses Verzeichnis dient gleichzeitig als Abkürzungsverzeichnis. Stichworte und Abkürzungen werden auf der genannten Seite erläutert. Dieses Verzeichnis beginnt auf Seite 506.

36.1 Verzeichnis der Prüfvorschriften geordnet nach Baustoffen bzw. Themenbereichen

Die Verzeichnisse der Prüfvorschriften erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Den kompletten Titel und die Seitenzahlen, auf denen diese Prüfvorschrift im Buch erwähnt wird, finden Sie im alphanumerisch geordneten Verzeichnis der Prüfvorschriften ab Seite 438. Eine angegebene Prüfvorschrift kann auch aus mehreren Teilen bestehen.

Regeln zur Prüfung von Beton und Stahlbetonbauteilen, ohne Regeln für Mauersteine. Siehe auch unter Instandsetzungsbaustoffe und Systemen zum Oberflächenschutz

ASTM C 39 / C 39Ma (Compressive Strength)

ASTM C 173/C 173M (Air content in freshly mixed concrete)

ASTM C 457/C 457M (Air void system, in hardened concrete)

ASTM C 666/C 666 M (Frost resistance)

ASTM C 672 (Sealing resistance, deicing chemicals)

ASTM C 876 (Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete)

ASTM D 6760 (Concrete Deep Foundations, Ultrasonic Crosshole Testing)

BAW Merkblatt Chlorideindringwiderstand

BAW Merkblatt Frostprüfung

BS 1881-208 (Initial surface absorption of concrete)

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15177 (Prüfung des Frost-Tauwiderstandes, innere Gefügestörung)

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15678 (Freisetzung von Stoffen)

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15739 (Fertigteile, Betonoberflächen, Beschreibungsmerkmale)

DIN **CEN/TS** 12390-9 (Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand)

DIN **CEN/TS** 12390-10 (Karbonatisierungswiderstand)

DIN **CEN/TS** 12390-11 (Chloridwiderstand, Diffusion)

DAfStb-Richtlinie verzögerter Beton

DAfStb-Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DAfStb-Richtlinie Auslaugung
DAfStb-Richtlinie Vergußbeton
DAfStb-Richtlinie Belastungsversuche an Bauwerken
DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton
DAfStb-Richtlinie Restwasser, Restbeton
DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton
DAfStb-Richtlinie Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung

DGZfP B 02 Merkblatt für Bewehrungsnachweis und Überdeckungsmessung
DGZfP B 03 Merkblatt für elektrochemische Potentialmessungen
DGZfP B 04 Merkblatt für das Ultraschall-Impuls-Verfahren
DGZfP B 11 Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens

DIN 1045-2 (Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1)
DIN 1048 (Prüfverfahren für Beton)
DIN V 1201 (Rohre und Formstücke)
DIN 4030-2 (Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase)
DIN 4126 (Ortbeton, Schlitzwände)
DIN 4266-3 (Sickerrohre für Deponien)
DIN 4281 (Entwässerungsgegenstände)
DIN 18178 (Haubenkanäle, Abdeckhauben und Kanalsohle)
DIN V 18500 (Betonwerkstein)
DIN 51302-2 (Druckprüfmaschinen)
DIN 52170 (Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton)

DIN **EN** 206 (Beton)
DIN **EN** 491 (Dach- und Formsteine)
DIN **EN** 1008 (Zugabewasser, Restwasser)
DIN **EN** 1168 (Fertigteile, Hohlplatten)
DIN **EN** 1170 (Glasfaserbeton)
DIN **EN** 1338 (Pflastersteine)
DIN **EN** 1339 (Platten)
DIN **EN** 1340 (Bordsteine)
DIN **EN** 1857 (Abgasanlagen)
DIN **EN** 1858 (Abgasanlagen)
DIN **EN** 1916 (Rohre und Formstücke)
DIN **EN** 1917 (Einsteig- und Kontrollschächte)
DIN **EN** 12350 (Prüfung von Frischbeton)
DIN **EN** 12390 (Prüfung von Festbeton)
DIN **EN** 12446 (Abgasanlagen)
DIN **EN** 12504 (Prüfung von Beton in Bauwerken)
DIN **EN** 12794 (Gründungspfähle)
DIN **EN** 12839 (Zäune)
DIN **EN** 12843 (Maste)
DIN **EN** 13369 (Betonfertigteile)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13577 (Chemischer Angriff, angreifendes Kohlendioxid)
DIN **EN** 13693 (Fertigteile für Dächer)
DIN **EN** 13747 (Deckenplatten mit Ortbetonergänzung)
DIN **EN** 13791 (Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken)
DIN **EN** 13978 (Betonfertiggaragen)
DIN **EN** 14474 (Holzspanbeton)
DIN **EN** 14488 (Prüfung von Spritzbeton)
DIN **EN** 14629 (Chloridgehalt im Festbeton)
DIN **EN** 14630 (Karbonatisierungstiefe)
DIN **EN** 14649 (Beständigkeit von Glasfasern in Beton)
DIN **EN** 14650 (Betonfertigteile mit metallischen Fasern)
DIN **EN** 14651 (Beton mit metallischen Fasern, Biegezugfestigkeit)
DIN **EN** 14721 (Beton mit metallischen Fasern, Fasergehalt)
DIN **EN** 14843 (Treppen)
DIN **EN** 14844 (Hohlkastenelemente)
DIN **EN** 14845 (Fasern in Beton)
DIN **EN** 14991 (Betonfertigteile, Gründungselemente)
DIN **EN** 14992 (Betonfertigteile, Wandelemente)
DIN **EN** 15037 (Betonfertigteile, Balkendecken mit Zwischenbauteilen)
DIN **EN** 15050 (Betonfertigteile, Fertigteile für Brücken)
DIN **EN** 15258 (Betonfertigteile, Stützwandelemente)
DIN **EN** 15564 (Kunstharzbeton)

ETAG 001 Metalldübel zur Verankerung im Beton
ETAG 009 Nicht lasttragende verlorene Schalungsbausätze/-systeme
ETAG 013 Bausätze zur Vorspannung von Tragwerken
ETAG 020 Kunststoffdübel, Verankerung im Beton und Mauerwerk

NEN 5970 (Fertigkeitsentwicklung, Reifegrad)

Technische Prüfvorschriften für hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) (TP HGT-StB)
Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (TP Beton-StB)

WTA-Merkblatt 5-6-99/D Diagnose an Betonbauwerken
WTA-Merkblatt 5-7-99/D Prüfen und Warten von Betonbauwerken

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, BAST
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen Wasserbau
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien, Fahrbahndecken aus Beton

Regeln zur Prüfung von Porenbeton und haufwerksporigem Leichtbeton, ohne Regeln für Mauersteine

DIN **EN** 678 (Trockenrohdichte, Porenbeton)
DIN **EN** 679 (Druckfestigkeit, Porenbeton)
DIN **EN** 680 (Schwinden, Porenbeton)
DIN **EN** 989 (Verbundverhalten, Bewehrungsstab und Porenbeton)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 990 (Korrosionsschutz der Bewehrung)
DIN **EN** 991 (Maße von Bauteilen)
DIN **EN** 992 (Trockenrohdichte, haufwerksporiger Leichtbeton)
DIN **EN** 1351 (Biegezugfestigkeit, Porenbeton)
DIN **EN** 1352 (Statischer Elastizitätsmoduls unter Druckbeanspruchung)
DIN **EN** 1353 (Feuchtegehalt, Porenbeton)
DIN **EN** 1354 (Druckfestigkeit haufwerksporiger Leichtbeton)
DIN **EN** 1355 (Kriechverformungen unter Druckbeanspruchung)
DIN **EN** 1356 (Tragverhalten von Bauteilen, Belastung quer zur Bauteilebene)
DIN **EN** 1521 (Biegezugfestigkeit haufwerksporiger Leichtbeton)
DIN **EN** 1737 (Bruchscherkraft von Schweißknoten der Bewehrung)
DIN **EN** 1738 (Stahlspannungen, Porenbeton)
DIN **EN** 1739 (Schubtragfähigkeit von Fugen, Belastung in Bauteilebene)
DIN **EN** 1740 (Tragverhalten von Bauteilen, Belastung in Längsrichtung)
DIN **EN** 1741 (Schubtragfähigkeit von Fugen, Belastung rechtwinklig zur Bauteilebene)
DIN **EN** 1742 (Scherfestigkeit zwischen Schichten mehrschichtiger Bauteile)
DIN **EN** 12269 (Verbundverhalten zwischen Bewehrungsstahl und Porenbeton)
DIN **EN** 15304 (Frost-Tau-Widerstand Porenbeton)

Regeln zur Prüfung von Faserzementprodukten

DIN **EN** 492 (Dachplatten)
DIN **EN** 494 (Wellplatten)
DIN **EN** 512 (Druckrohre und Verbindungen)
DIN **EN** 588 (Rohre für Abwasserleitungen und -kanäle)
DIN **EN** 12467 (Tafeln)
DIN **EN** 15057 (Wellplatten, Schlagfestigkeitsprüfung)

Regeln zur Prüfung von Calciumsulfatbaustoffen und entsprechenden Bausystemen

DIN **EN** 520 (Gipsplatten)
DIN **EN** 12859 (Gips-Wandbauplatten)
DIN **EN** 12860 (Gipskleber)
DIN **EN** 13279-2 (Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel)
DIN **EN** 13454-2 (Binder und Werkmörtel für Estriche)
DIN **EN** 13815 (Formteile aus faserverstärktem Gips)
DIN **EN** 13915 (Gipsplatten-Wandbaufertigtafeln mit Kartonwabenkern)
DIN **EN** 13950 (Gips-Verbundplatten zur Wärme- und Schalldämmung)
DIN **EN** 13963 (Verspachteln von Gipsplatten-Fugen)
DIN **EN** 14190 (Gipsplattenprodukte aus der Weiterverarbeitung)
DIN **EN** 14195 (Metallprofile für Unterkonstruktionen von Gipsplatten)
DIN **EN** 14209 (Hohlkehlleisten aus kartonummanteltem Gips)
DIN **EN** 14246 (Gipselemente für Unterdecken)
DIN **EN** 14353 (Hilfs- und Zusatzprofile aus Metall zur Verwendung mit Gipsplatten)
DIN **EN** 14496 (Kleber auf Gipsbasis für Platten)
DIN **EN** 14566 (Mechanische Befestigungsmittel für Gipsplattensysteme)
DIN **EN** 15283 (Faserverstärkte Gipsplatten)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ETAG 003 Bausätze für innere Trennwände

Regeln zur Prüfung von Bindemitteln, Komponenten und Zusatzmittel außer Gipsbaustoffen

ASTM C 91 (Masonry Cement)
ASTM C 151/C 151M (Autoclave Expansion of Hydraulic Cement)
ASTM C 452/C 452M (Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate)
ASTM C 1012/C 1012M (Length Change of Cement Mortars Exposed to Sulfate)
ASTM C 1698 (Autogenous Strain)

DIN Fachbericht **CEN/TR** 196-4 (Zement, quantitative Bestimmung der Bestandteile)
DIN Fachbericht **CEN/TR** 15697 (Zement, Sulfatwiderstand)

DIN 1164-10 (Normalzement mit besonderen Eigenschaften)
DIN 1164-11 (Zement mit verkürztem Erstarren)
DIN 1164-12 (Zement mit erhöhtem Anteil an organischen Bestandteilen)
DIN 1164-31 (Bestimmung des Hüttensandanteils und des Traßanteils)
DIN V 18998 (Korrosionsverhalten von Zusatzmitteln nach Normenreihe DIN EN 934)
DIN 51043 (Traß)

DIN **EN** 196 (Prüfverfahren für Zement)
DIN **EN** 413 (Putz- und Mauerbinder)
DIN **EN** 451 (Flugasche)
DIN **EN** 459 (Baukalk)
DIN **EN** 480 (Zusatzmittel für Beton und Mörtel)
DIN **EN** 12878 (Pigmente)
DIN **EN** 14016 (Bindemittel für Magnesiaestriche)

ISO 758 (Flüssige chemische Produkte, Dichte)
ISO 4316 (pH-Wert wässriger Lösungen)
DIN EN **ISO** 10426 (Zemente und Materialien für Tiefbohrungen)
ISO 29581-1 (Zement, Prüfverfahren, nasschemisches Verfahren)
DIN EN **ISO** 29581-2 (Zement, chemische Analyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse)

Regeln zur Prüfung von Gesteinskörnung

ASTM C 289 (Alkali-Silica Reactivity of Aggregates, Chemical Method)
ASTM C 294 (Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates)
ASTM C 295 (Petrographic Examination of Aggregates for Concrete)
ASTM C 1260 (Alkali Reactivity of Aggregates, Mortar Bar Method)
ASTM C 1293b (Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction)

DAfStb Alkalirichtlinie

DIN 4226-100 (Gesteinskörnungen, auch rezykliert)
DIN V 18004 (Gesteinskörnungen nach DIN V 20000-103 und -104)
DIN 52009 (Wasseraufnahme unter Druck)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 52096 (Versteifende Wirkung von Füller auf Bitumen)

DIN 52098 (Korngrößenverteilung)

DIN 52099 (Reinheit)

DIN 52101 (Probenahme)

DIN 52102 (Trockenrohdichte und Dichtigkeitsgrad)

DIN 52106 (Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit)

DIN 52115-2 (Schlagversuch an gebrochenen Gesteinskörnungen)

DIN **EN** 932 (Allgemeine Eigenschaften)

DIN **EN** 933 (Geometrische Eigenschaften inklusive Fließkoeffizient, Muschelschalengehalt, Bestandteile recyclierter Gesteinskörnung)

DIN **EN** 1097 (Mechanische und physikalische Eigenschaften inklusive Wassergehalt)

DIN **EN** 1367 (Thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit inklusive Trockenschwindung und Widerstand gegen Hitzebeanspruchung)

DIN **EN** 1744 (Chemische Eigenschaften)

DIN **EN** 13055 (Leichte Gesteinskörnungen)

DIN **EN** 13179 (Mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen)

DIN **EN** 13639 (Organischer Kohlenstoff in Kalkstein)

NF P18-454 (60 °C Betonversuch)

Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TP Gestein-StB)

Regeln zur Prüfung von Naturstein ohne Gesteinskörnungen, siehe auch unter Steinen

DIN 52100-2 (Gesteinskundliche Untersuchungen)

DIN 52008 (Verwitterungsbeständigkeit)

DIN **EN** 1341 (Platten für Außenbereiche)

DIN **EN** 1342 (Pflastersteine für Außenbereiche)

DIN **EN** 1343 (Bordsteine für Außenbereiche)

DIN **EN** 1925 (Wasseraufnahmekoeffizient)

DIN **EN** 1926 (Druckfestigkeit)

DIN **EN** 1936 (Reindichte, Rohdichte, offene Porosität und Gesamtporosität)

DIN **EN** 12326-2 (Schiefer, Naturstein, Dachdeckung, Außenwandbekleidung)

DIN **EN** 12370 (Widerstand gegen Kristallisation von Salzen)

DIN **EN** 12371 (Frostwiderstand)

DIN **EN** 12372 (Biegefestigkeit unter Mittellinienlast)

DIN **EN** 12407 (Petrographische Prüfung)

DIN **EN** 13161 (Biegefestigkeit unter Drittellinienlast)

DIN **EN** 13364 (Ausbruchlast am Ankerdornloch)

DIN **EN** 13373 (Geometrische Merkmale von Gesteinen)

DIN **EN** 13383-2 (Wasserbausteine)

DIN **EN** 13755 (Wasseraufnahme unter atmosphärischem Druck)

DIN **EN** 13919 (Alterung durch SO_2 bei Feuchteeinwirkung)

DIN **EN** 14066 (Alterung durch Wärmeschock)

DIN **EN** 14146 (Dynamischer Elastizitätsmodul)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 14147 (Alterung durch Salzsprühnebel)
DIN **EN** 14157 (Widerstand gegen Verschleiß)
DIN **EN** 14158 (Bruchenergie)
DIN **EN** 14205 (Härte nach Knoop)
DIN **EN** 14231 (Gleitwiderstand)
DIN **EN** 14579 (Geschwindigkeit der Schallausbreitung)
DIN **EN** 14580 (Statischer Elastizitätsmodul)
DIN **EN** 14581 (Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient)

Regeln zur Prüfung von Mauer-, Putz-, Estrich und anderer Mörtel sowie Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten, siehe auch unter Instandsetzungsprodukte und Produkte für den Oberflächenschutz

ASTM C 267 (Chemical Resistance)
ASTM C 1698 (Autogenous Strain)

DAfStb-Richtlinie Vergußmörtel
DIBT-Richtlinie Hersteller und Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle
DIN 272 (Magnesiaestrich)
DIN 18555 (Mörtel mit mineralischen Bindemitteln)
DIN 18560 (Estriche im Bauwesen)
DIN 52450 (Schwinden und Quellen kleiner Probekörper)

DIN **EN** 445 (Einpressmörtel)
DIN **EN** 1015 (Mörtel für Mauerwerk)
DIN **EN** 1308 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten, Abrutschen)
DIN **EN** 1323 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten, Betonplatten für Prüfungen)
DIN **EN** 1324 (Dispersionsklebstoffe für Fliesen und Platten, Haftfestigkeit)
DIN **EN** 1346 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten, offene Zeit)
DIN **EN** 1347 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten, Benetzungsfähigkeit)
DIN **EN** 1348 (Zementhaltige Mörtel für Fliesen und Platten, Haftfestigkeit)
DIN **EN** 1937 (Bodenspachtelmassen, Mischverfahren)
DIN **EN** 12002 (Zementhaltige Mörtel für Fliesen und Platten, Verformung)
DIN **EN** 12003 (Reaktionsharz-Klebstoffe für Fliesen und Platten, Scherfestigkeit)
DIN **EN** 12808 (Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten)
DIN **EN** 13408 (Hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen, Haftzugfestigkeit)
DIN **EN** 13409 (Hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen, Erstarrungszeit)
DIN **EN** 13892 (Estrichmörtel und Estrichmassen)

GSTT Informationen Nr. 18, Mörtel für Abwasserkanäle und Bauwerke der Ortsentwässerung
Hamburger Sielbau Richtlinie
WTA-Merkblatt 2-9-04/D Sanierputzsysteme

Regeln zur Prüfung von Steinen, Mauerwerk, keramischen Fliesen und Platten, ohne Faserzementprodukte, siehe auch unter Beton, Porenbeton und haufwerksporigem Beton sowie Naturstein

DIN **CEN/TS** 772-22 (Mauerziegel Frost-Tau-Widerstand)
DIN V 105-6 (Planziegel)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN V 105-100 (Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften)
DIN 4051 (Kanalklinker)
DIN 18554 (Mauerwerk, Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul)
DIN 51045 (Thermische Längenänderung)
DIN 51094 (Keramische Fliesen und Platten, Lichtechtheit)
DIN 51102-1 (Kanalisations-Steinzeug, Säurebeständigkeit)
DIN 52251 (Dachziegel, Frostwiderstandsfähigkeit)
DIN 52252 (Vormauerziegel und Klinker, Frostwiderstand)
DIN 52253 Beiblatt 1 (Dachziegel, Vormauerziegel, Klinker, Frostwiderstand)

DIN **EN** 295-3 (Steinzeugrohrsysteme für Abwasserleitungen und -kanäle)
DIN **EN** 538 (Dachziegel, Biegetragfähigkeit)
DIN **EN** 539 (Dachziegel, physikalische Eigenschaften)
DIN **EN** 772 (Mauersteine)
DIN **EN** 846 (Ergänzungsbauteile für Mauerwerk)
DIN **EN** 1024 (Dachziegel, geometrischen Kennwerte)
DIN **EN** 1052 (Mauerwerk)
DIN **EN** 1344 (Pflasterziegel)
DIN **EN** 1457 (Abgasanlagen, Keramik-Innenrohre)
DIN **EN** 1806 (Abgasanlagen, Keramik-Formblöcke)
DIN **EN** 13063 (System-Abgasanlagen mit Keramik-Innenrohren)
DIN **EN** 13069 (Abgasanlagen, Keramik-Außenschalen)
DIN **EN** 13502 (Abgasanlagen, Keramik-Aufsätze)
DIN **EN** 13748 (Terrazzoplatten)
DIN **EN** 14617 (Künstlich hergestellte Steine)

ETAG 020 Kunststoffdübel, Verankerung in Beton und Mauerwerk

DIN EN **ISO** 10545 (Keramische Fliesen und Platten)

WTA-Merkblatt 4-5-99/D Beurteilung von Mauerwerk-Mauerwerksdiagnostik der WTA, 1999

Regeln zur Prüfung von metallischen Werkstoffen, neben den genannten existieren eine Reihe weiterer Korrosionsprüfungen für Metalle

Bundesministerium für Verkehr , Bau und Stadtentwicklung, Richtlinien Korrossionsschutz von Stahlbauten

DIN 50018 (Kondenswasser-Wechselklima, schwefeldioxidhaltige Atmosphäre)
DIN 50106 (Druckversuch)
DIN 50115 (Kerbschlagbiegeversuch)
DIN 50125 (Zugproben)
DIN 50905 (Korrosionsuntersuchungen)
DIN 50918 (Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen)
DIN 50919 (Kontaktkorrosion in Elektrolytlösungen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 50920-1 (Korrosion in strömenden Flüssigkeiten)
DIN 50928 (Korrosion beschichteter metallischer Werkstoffe, wässrige Medien)
DIN 54130 (Magnetische Streufluß-Verfahren)

DIN **EN** 444 (Durchstrahlungsprüfung)
DIN **EN** 524 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder)
DIN **EN** 545 (Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen, Wasserleitungen)
DIN **EN** 598 (Rohre aus Gusseisen)
DIN **EN** 846-3 (Schubtragfähigkeit der Schweißstellen vorgefertigter Lagerfugenbewehrung)
DIN **EN** 846-4 (Bänder für Mauerwerk, Festigkeit und Verformung)
DIN **EN** 846-5 (mechanisches Verhalten von Mauerankern (Steinpaar-Prüfung))
DIN **EN** 846-6 (mechanisches Verhalten von Mauerankern (Einseitige Prüfung))
DIN **EN** 846-7 (Schubtragfähigkeit und Steifigkeit von Mauerverbindern)
DIN **EN** 846-8 (Mauerwerk, mechanisches Verhalten von Balkenauflagern
DIN **EN** 846-10 (Mauerwerk, mechanisches Verhalten von Konsolen)
DIN **EN** 969 (Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gußeisen, Gasleitungen)
DIN **EN** 1320 (Schweißverbindungen, Bruchprüfung)
DIN **EN** 1321 (Schweißverbindungen, makroskopische und mikroskopische Untersuchungen)
DIN **EN** 1435 (Schweißverbindungen, Durchstrahlungsprüfung)
DIN **EN** 1737 (Porenbeton und Leichtbeton, Bruchscherkraft von Schweißknoten der Bewehrung)
DIN **EN** 1856 (Metall-Abgasanlagen)
DIN **EN** 1859 (Metall-Abgasanlagen)
DIN **EN** 10080 (Betonstahl)
DIN **EN** 10088-1 (Verzeichnis der nichtrostenden Stähle)
DIN **EN** 10218-1 (Stahldraht, Prüfverfahren)
DIN **EN** 10247 (Gehalt nichtmetallischer Einschlüsse in Stählen)
DIN **EN** 10319-1 (Relaxationsversuch unter Zugbeanspruchung)
DIN **EN** 13391 (Spannverfahren mit nachträglichem Verbund)
DIN **EN** 13509 (Kathodischer Korrosionsschutz)
DIN **EN** 13523 (Bandbeschichtete Metalle)
DIN **EN** 13658 (Putzträger und Putzprofile aus Metall)
DIN **EN** 14195 (Metallprofile für Unterkonstruktionen von Gipsplatten)
DIN **EN** 14353 (Hilfs- und Zusatzprofile aus Metall zur Verwendung mit Gipsplatten)
DIN **EN** 14650 (Betonfertigteile mit metallischen Fasern)
DIN **EN** 14651 (Beton mit metallischen Fasern, Biegezugfestigkeit)
DIN **EN** 14721 (Beton mit metallischen Fasern, Fasergehalt)

ETAG 001 Metalldübel zur Verankerung im Beton
ETAG 013 Bausätze zur Vorspannung von Tragwerken
ETAG 015 Blechformteile

DIN EN **ISO** 148 (Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy)
DIN EN **ISO** 204 (Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung)
DIN EN **ISO** 376 (Kalibrierung der Kraftmessgeräte von Prüfmaschinen)
DIN EN **ISO** 377 (Stahlerzeugnisse – Lage und Vorbereitung von Probenabschnitten)
DIN EN **ISO** 643 (Mikrophotographische Bestimmung der scheinbaren Korngröße)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 945-1 (Gusseisen, Graphitklassifizierung)
DIN EN **ISO** 1460 (Feuerverzinken, Bestimmung der flächenbezogenen Masse)
DIN EN **ISO** 1463 (Mikroskopische Schichtdickenmessung)
DIN EN **ISO** 4516 (Mikrohärteprüfungen nach Vickers und Knoop)
DIN EN **ISO** 4545 (Knoop Härteprüfung)
DIN EN **ISO** 5173 (Biegeprüfungen)
DIN EN **ISO** 5178 (Schmelzschweißverbindungen, Längszugversuch)
DIN EN **ISO** 6506 (Brinell Härteprüfung)
DIN EN **ISO** 6507 (Vickers Härteprüfung)
DIN EN **ISO** 6508 (Rockwell Härteprüfung)
DIN EN **ISO** 6892 (Zugversuch)
DIN EN **ISO** 6988 (Korrosion mit Schwefeldioxid unter Feuchtigkeitskondensation)
DIN EN **ISO** 7384 (Korrosionsprüfungen)
DIN EN **ISO** 7438 (Biegeversuch)
DIN EN **ISO** 7441 (Kontaktkorrosion, Freibewitterungsversuche)
DIN EN **ISO** 7539 (Spannungsrisskorrosion)
DIN EN **ISO** 7799 (Bleche und Bänder, Hin- und Herbiegeversuch)
DIN **ISO** 7800 (Draht, Verwindeversuch)
DIN **ISO** 7801 (Draht, Hin- und Herbiegeversuch)
DIN **ISO** 7802 (Draht, Wickelversuch)
DIN EN **ISO** 8491 (Rohre, Biegeversuch)
DIN EN **ISO** 8492 (Rohre, Ringfaltversuch)
DIN EN **ISO** 8493 (Rohre, Aufweitversuch)
DIN EN **ISO** 8494 (Rohre, Bördelversuch)
DIN EN **ISO** 8495 (Rohre, Ringaufdornversuch)
DIN EN **ISO** 8496 (Rohre, Ringzugversuch)
DIN EN **ISO** 8501 (Oberflächenreinheit, Stahloberflächen, vor Beschichtung)
DIN EN **ISO** 8502 (Beurteilung Oberflächenreinheit, Stahloberflächen, vor Beschichtung)
DIN EN **ISO** 8503 (Rauheit, Stahloberflächen, vor Beschichtung)
DIN EN **ISO** 8565 (Korrosionsversuche in der Atmosphäre)
DIN EN **ISO** 8993 (Aluminium, Lochkorrosion, Richtreihenmethode)
DIN EN **ISO** 8994 (Aluminium, Lochkorrosion, Rasterzählmethode)
DIN EN **ISO** 9015 (Schweißverbindungen, Härteprüfung)
DIN EN **ISO** 9016 (Schweißverbindungen, Kerbschlagbiegeversuch)
DIN EN **ISO** 9018 (Schweißverbindungen, Zugversuch)
DIN EN **ISO** 9220 (Rasterelektronenmikroskopische Messung der Schichtdicke)
DIN EN **ISO** 9227 (Salzsprühnebelprüfungen)
DIN EN **ISO** 9513 (Längenänderungs-Messeinrichtungen, Kalibrierung)
DIN **ISO** 9649 (Wechselverwindeversuch)
DIN EN **ISO** 10042 (Schweißverbindungen, Aluminiumlegierungen, Unregelmäßigkeiten)
DIN EN **ISO** 10062 (Korrosionsprüfung, sehr niedrige Schadgaskonzentation)
DIN EN **ISO** 10289 (Korrosionsprüfung, Bewertung von Proben)
DIN EN **ISO** 10863 (Schweißverbindungen, Beugungslaufzeittechnik)
DIN EN **ISO** 11130 (Korrosion, Wechseltauchprüfung in Salzlösung)
DIN EN **ISO** 11306 (Korrosion, Auslagerung in Meerwasser)
DIN EN **ISO** 11463 (Lochkorrosion)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 11666 (Schweißverbindungen, Ultraschallprüfung, Zulässigkeitsgrenzen)
DIN EN **ISO** 12737 (Bruchzähigkeit)
DIN EN **ISO** 14284 (Proben für die chemischen Zusammensetzung)
DIN EN **ISO** 14556 (Instrumentierter Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy)
DIN EN **ISO** 14577 (Instrumentierte Härteprüfung)
DIN **ISO** 15579 (Zugversuch bei tiefen Temperaturen)
DIN EN **ISO** 15630 (Stahlbetonbewehrung und Spannstahl)
DIN EN **ISO** 15653 (Bruchzähigkeit von Schweißverbindungen)
DIN EN **ISO** 16151 (Korrosion, Schnellprüfungen, saurer Salzsprühnebel, trocken, feucht)
DIN EN **ISO** 17475 (Korrosion, Polarisationsmessungen)
DIN EN **ISO** 17635 (Schweißverbindungen, Zerstörungsfreie Prüfung, Allgemeine Regeln)
DIN EN **ISO** 17636 (Schweißverbindungen, Durchstrahlungsprüfung)
DIN EN **ISO** 17637 (Schweißverbindungen, Sichtprüfung)
DIN EN **ISO** 17638 (Schweißverbindungen, Magnetpulverprüfung)
DIN EN **ISO** 17640 (Schweißverbindungen, Ultraschallprüfung)
DIN EN **ISO** 17641 (Schweißverbindungen, Heißrissprüfungen)
DIN EN **ISO** 18265 (Umwertung von Härtewerten)
DIN EN **ISO** 18592 (Schweißverbindungen, Schwingfestigkeitsprüfung)
DIN EN **ISO** 22825 (Schweißverbindungen, Ultraschallprüfung)
DIN **ISO** 22826 (Härteprüfung, Schweißverbindungen)
DIN EN **ISO** 23279 (Schweißverbindungen, Ultraschallprüfung)

VDI/VDE 2616-1 (Härteprüfung, metallische Werkstoffe)

Regeln zur Prüfung von Instandsetzungsbaustoffen und Systemen zum Oberflächenschutz, siehe auch unter Schichtdickenanalyse

ASTM C 321 (Bond Strength of Chemical-Resistant Mortars)
ASTM D 1005 (Dry-Film Thickness of Organic Coatings)
ASTM D 1212 (Wet Film Thickness of Organic Coatings)
ASTM D 4060 (Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser)
ASTM D 4414 (Wet Film Thickness by Notch Gages)

BAW-Richtlinie Korrossionsschutz im Stahlwasserbau

DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen

DIN 18556 (Beschichtungsstoffe, Kunstharzputze)
DIN 53150 (Beschichtungsstoffe, Trockengrad)
DIN 53159 (Kreidungsgrad von Beschichtungen)
DIN 53219 (Volumen nichtflüchtiger Anteile)
DIN 53221 (Überarbeitbarkeit von Beschichtungen)
DIN 53233 (Abriebverhalten von dekontaminierbaren Beschichtungen)
DIN 55670 (Prüfung auf Poren und Risse mit Hochspannung)

DIN **EN** 846-13 (Mauerwerk, Prüfung organischer Beschichtungen verzinkter Stahlteile)
DIN **EN** 1062 (Beschichtungsstoffe)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1504-2 (Oberflächenschutzsysteme für Beton)
DIN **EN** 1542 (Betonschutz und -instandsetzung, Haftfestigkeit)
DIN **EN** 1543 (Betonschutz und -instandsetzung, Zugfestigkeitsentwicklung von Polymeren)
DIN **EN** 1766 (Betonschutz und -instandsetzung, Referenzbetone)
DIN **EN** 1767 (Betonschutz und -instandsetzung, Infrarotanalyse)
DIN **EN** 1770 (Betonschutz und -instandsetzung, Wärmeausdehnungskoeffizient)
DIN **EN** 1771 (Betonschutz und -instandsetzung, Injektionsfähigkeit, Spaltzugfestigkeit)
DIN **EN** 1799 (Betonschutz und -instandsetzung, Eignung von Klebern)
DIN **EN** 1877 (Betonschutz und -instandsetzung, Epoxidharze)
DIN **EN** 1881 (Betonschutz und -instandsetzung, Ausziehprüfung)
DIN **EN** 12188 (Betonschutz und -instandsetzung, Klebewirkung an Stahl)
DIN **EN** 12189 (Betonschutz und -instandsetzung, Offenzeit)
DIN **EN** 12190 (Betonschutz und -instandsetzung, Druckfestigkeit)
DIN **EN** 12192 (Betonschutz und -instandsetzung, Korngrößenanalyse)
DIN **EN** 12614 (Betonschutz und -instandsetzung, Glasübergangstemperatur)
DIN **EN** 12615 (Betonschutz und -instandsetzung, Druckscherfestigkeit)
DIN **EN** 12617 (Betonschutz und -instandsetzung, Schrumpfen, Schwinden, Quellen)
DIN **EN** 12618 (Betonschutz und -instandsetzung, Haftung)
DIN **EN** 12636 (Betonschutz und -instandsetzung, Verbundwirkung Beton – Beton)
DIN **EN** 12637 (Betonschutz und -instandsetzung, Verträglichkeit von Rissfüllstoffen)
DIN **EN** 13057 (Betonschutz und -instandsetzung, kapillare Wasseraufnahme)
DIN **EN** 13062 (Betonschutz und -instandsetzung, Ablaufneigung)
DIN **EN** 13294 (Betonschutz und -instandsetzung, Verarbeitbarkeitszeit)
DIN **EN** 13295 (Betonschutz und -instandsetzung, Karbonatisierungswiderstand)
DIN **EN** 13395 (Betonschutz und -instandsetzung, Verarbeitbarkeit)
DIN **EN** 13396 (Betonschutz und -instandsetzung, Eindringen von Chloridionen)
DIN **EN** 13412 (Betonschutz und -instandsetzung, Druck-Elastizitätsmodul)
DIN **EN** 13529 (Betonschutz und -instandsetzung, Widerstand gegen chemischen Angriff)
DIN **EN** 13578 (Betonschutz und -instandsetzung, Verträglichkeit)
DIN **EN** 13579 (Betonschutz und -instandsetzung, Trocknungsprüfung Hydrophobierung)
DIN **EN** 13580 (Betonschutz und -instandsetzung, Wasseraufnahme und Alkalibeständigkeit, Hydrophobierung)
DIN **EN** 13581 (Betonschutz und -instandsetzung, hydrophobierter Beton, Frost-Tausalz-Wechsel)
DIN **EN** 13584 (Betonschutz und -instandsetzung, Druckkriechen)
DIN **EN** 13687 (Betonschutz und -instandsetzung, Temperatur- und Temperaturwechselverträglichkeit)
DIN **EN** 13733 (Betonschutz und -instandsetzung, Dauerhaftigkeit von Klebstoffen)
DIN **EN** 13894 (Betonschutz und -instandsetzung, Ermüdungsverhalten)
DIN **EN** 14068 (Betonschutz und -instandsetzung, Wasserdichtheit injizierter Risse)
DIN **EN** 14117 (Betonschutz und -instandsetzung, Ausflusszeit)
DIN **EN** 14406 (Betonschutz und -instandsetzung, Ausdehnungsverhalten)
DIN **EN** 14497 (Betonschutz und -instandsetzung, Eindringstabilität)
DIN **EN** 14498 (Betonschutz und -instandsetzung, Wechsel-Beanspruchung Luft Wasser)
DIN **EN** 14629 (Betonschutz und -instandsetzung, Chloridgehalt in Festbeton)
DIN **EN** 14630 (Betonschutz und -instandsetzung, Karbonatisierungstiefe)
DIN **EN** 14879 (Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion)
DIN **EN** 15042 (Schichtdickenmessung und Charakterisierung mit Oberflächenwellen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 15183 (Betonschutz und -instandsetzung, Korrosionsschutz)
DIN **EN** 15184 (Betonschutz und -instandsetzung, Haftzugfestigkeit)
DIN **EN** 15771 (Emails, Ritzhärte nach Mohs)
DIN **EN** 23270 (Anstrichstoffe, Konditionierung und Prüfung)

DIN EN **ISO** 1513 (Beschichtungsstoffe, Prüfung und Vorbereitung von Proben)
DIN EN **ISO** 1514 (Beschichtungsstoffe, Norm-Probenplatten)
DIN EN **ISO** 1518 (Beschichtungsstoffe, Ritzprüfung)
DIN EN **ISO** 1519 (Beschichtungsstoffe, Dornbiegeversuch)
DIN EN **ISO** 1520 (Beschichtungsstoffe, Tiefungsprüfung)
DIN EN **ISO** 1522 (Beschichtungsstoffe, Pendeldämpfungsprüfung)
DIN EN **ISO** 1524 (Beschichtungsstoffe, Mahlfeinheit)
DIN EN **ISO** 2177 (Metallische Überzüge, Coulometrische Schichtdickenmessung)
DIN EN **ISO** 2409 (Beschichtungsstoffe, Gitterschnittprüfung)
DIN EN **ISO** 2431 (Beschichtungsstoffe, Bestimmung der Auslaufzeit)
DIN EN **ISO** 2810 (Beschichtungsstoffe, Freibewitterung)
DIN EN **ISO** 2811 (Beschichtungsstoffe, Dichtebestimmung)
DIN EN **ISO** 2812 (Beschichtungsstoffe, Beständigkeit gegen Flüssigkeiten)
DIN EN **ISO** 2813 (Beschichtungsstoffe, Reflektometerwert)
DIN EN **ISO** 2815 (Beschichtungsstoffe, Eindruckversuch nach Buchholz)
DIN EN **ISO** 2884 (Beschichtungsstoffe, Viskosität)
DIN EN **ISO** 3231 (Beschichtungsstoffe, Beständigkeit gegen feuchte, Schwefeldioxid enthaltende Atmosphären)
DIN EN **ISO** 3233 (Beschichtungsstoffe, Volumen nichtflüchtiger Anteile)
DIN EN **ISO** 3248 (Beschichtungsstoffe, Auswirkung von Wärme)
ISO 3270 (Anstrichstoffe, Konditionierung und Prüfung)
DIN EN **ISO** 3668 (Beschichtungsstoffe, visueller Vergleich der Farbe)
DIN EN **ISO** 3681 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe, Verseifungszahl)
DIN **ISO** 4530 (Emaillierte Gegenstände, Wärmebeständigkeit)
DIN **ISO** 4532 (Emails, Widerstand gegen Schlag)
DIN EN **ISO** 4536 (Überzüge, Salztröpfchen-Korrosionsprüfung)
DIN EN **ISO** 4538 (Überzüge, Thioacetamid-Korrosionsprüfung)
DIN EN **ISO** 4541 (Überzüge, Corrodkote-Korrosionsprüfung)
DIN EN **ISO** 4543 (Überzüge – Allgemeine Richtlinien für Korrosionsversuche)
DIN EN **ISO** 4623 (Beschichtungsstoffe, Filiformkorrosion)
DIN EN **ISO** 4624 (Beschichtungsstoffe, Haftfestigkeit)
DIN EN **ISO** 4625 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe, Erweichungstemperatur)
DIN EN **ISO** 4628 (Beschichtungsstoffe; Beurteilung von Beschichtungsschäden)
DIN EN **ISO** 4629 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe, Hydroxylzahl)
DIN EN **ISO** 6270 (Beschichtungsstoffe, Beständigkeit gegen Feuchtigkeit)
DIN EN **ISO** 6272 (Schlagprüfung)
DIN EN **ISO** 6504 (Deckvermögen)
DIN EN **ISO** 6860 (Beschichtungsstoffe, Dornbiegeversuch)
DIN EN **ISO** 7783 (Beschichtungsstoffe, Wasserdampfdurchlässigkeit)
DIN EN **ISO** 7784-1 (Beschichtungsstoffe, Abriebwiderstand)
DIN EN **ISO** 8289 (Emails, Niedrigspannungsprüfung, Fehlstellen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 8401 (Metallische Schutzschichten, Duktilität)

DIN EN **ISO** 8501 (Oberflächenreinheit, Stahloberflächen, vor Beschichtung)

DIN EN **ISO** 8502 (Beurteilung Oberflächenreinheit, Stahloberflächen, vor Beschichtung)

DIN EN **ISO** 8503 (Rauheit, Stahloberflächen, vor Beschichtung)

DIN EN **ISO** 9117 (Beschichtungsstoffe, Trocknungsprüfungen)

DIN EN **ISO** 9514 (Beschichtungsstoffe, Verarbeitungszeit)

DIN EN **ISO** 10111 (Anorganische Schichten, flächenbezogenen Masse, gravimetrische und chemische Analyseverfahren)

DIN EN **ISO** 10308 (Metallische Überzüge, Porenprüfverfahren)

DIN EN **ISO** 11341 (Beschichtungsstoffe, Beanspruchung durch gefilterte Xenonbogenstrahlung)

DIN EN **ISO** 11507 (Beschichtungsstoffe, Beanspruchung durch UV-Strahlung und Wasser)

DIN EN **ISO** 11890 (Beschichtungsstoffe, Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen)

DIN EN **ISO** 11909 (Isocyanatharze)

DIN EN **ISO** 11997 (Beschichtungsstoffe, Beständigkeit bei zyklischen Korrosionsbedingungen)

DIN EN **ISO** 11998 (Beschichtungsstoffe, Nassabriebbeständigkeit und Reinigungsfähigkeit)

DIN EN **ISO** 12137-1 (Beschichtungsstoffe, Kratzfestigkeit)

DIN EN **ISO** 12944 (Beschichtungsstoffe zum Korrosionsschutz von Stahlbauten)

DIN EN **ISO** 13076 (Beschichtungsstoffe, visuelle Abmusterung)

DIN EN **ISO** 13129 (Beschichtungsstoffe, elektrochemische Messung der Schutzwirkung auf Stahl)

DIN EN **ISO** 14577-4 (Schichten auf metallischen Werkstoffen, instrumentierte Härteprüfung)

DIN EN **ISO** 14680 (Beschichtungsstoffe, Pigmentgehalt)

DIN EN **ISO** 15091 (Beschichtungsstoffe, elektrischen Leitfähigkeit)

DIN EN **ISO** 15110 (Beschichtungsstoffe, künstliches Bewittern mit saurer Beanspruchung)

DIN EN **ISO** 15184 (Beschichtungsstoffe, Bleistifthärte)

DIN EN **ISO** 15234 (Beschichtungsstoffe, Emission von Formaldehyd)

DIN EN **ISO** 15528 (Beschichtungsstoffe und deren Rohstoffe, Probenahme)

DIN EN **ISO** 15695 (Email, Ritzbeständigkeit)

DIN EN **ISO** 15710 (Beschichtungsstoffe, Korrosion, Eintauchen und Entnehmen aus Natriumchloridlösung)

DIN EN **ISO** 15711 (Beschichtungsstoffe, kathodische Enthaftung in Meerwasser)

DIN EN **ISO** 15880 (Beschichtungsstoffe, MEQ-Wert)

DIN EN **ISO** 16276 (Beschichtungssysteme für Stahlbauten)

DIN EN **ISO** 16805 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe, Glasübergangstemperatur)

DIN EN **ISO** 16862 (Beschichtungsstoffe, Widerstand gegen Ablaufen)

DIN EN **ISO** 17132 (Beschichtungsstoffe, T-Biegeprüfung)

DIN EN **ISO** 17872 (Beschichtungsstoffe, Korosionsprüfung, Anbringen von Ritzen)

DIN EN **ISO** 17895 (Beschichtungsstoffe, flüchtige organischen Verbindungen in wasserverdünnbaren Dispersionsfarben)

DIN EN **ISO** 20566 (Beschichtungsstoffe, Kratzbeständigkeit mit Laborwaschanlage)

DIN EN **ISO** 21227 (Beschichtungsstoffe, Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung)

DIN EN **ISO** 23811 (Beschichtungsstoffe, Volumen nichtflüchtiger Anteile, Ergiebigkeit)

DIN EN **ISO** 28199 (Beschichtungsstoffe, Beurteilung applikationsbedingter Eigenschaften)

DIN EN **ISO** 28706 (Emails, Beständigkeit gegen chemische Korrosion)

DIN EN **ISO** 28764 (Emails, Herstellung von Proben)

DIN EN **ISO** 29601 (Beschichtungsstoffe, Porosität einer trockenen Beschichtung)

TL/TP-KOR Stahlbauten (Beschichtungsstoffe)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TL/TP-KOR Seile (Korrossionsschutz von Seilen)

TP BEL-EP Reaktionsharze unter Asphaltbelägen auf Beton
TP RHD-ST Reaktionsharzgebundenen Dünnbeläge auf Stahl

Regeln zur Prüfung von Kunststoffen, siehe auch unter Kunststoff-Rohre, Klebstoffe, Dichtstoffe und Fugendichtstoffe, Abdichtungsbahnen, Asphalt, Bitumen, Instandsetzungsbaustoffe und Systeme zum Oberflächenschutz sowie Geokunststoffe

DIN 4060 (Rohrverbindungen mit Elastomerdichtungen)
DIN 16945 (Reaktionsharze)
DIN 18159 (Ortschaum)
DIN 53122-1 (Wasserdampfdurchlässigkeit)
DIN 53240-2 (Hydroxylzahl)
DIN 53357 (Bahnen und Folien, Trennversuch)
DIN 53504 (Kautschuk und Elastomere, Zugversuch)
DIN 53505 (Kautschuk und Elastomere, Shore Härteprüfung)
DIN 53545 (Elastomere, Verhalten bei tiefen Temperaturen)
DIN 53752 (Thermischer Längenausdehnungskoeffizient)
DIN 53754 (Abrieb)
DIN 53765 (Dynamische Differenzkalorimetrie)
DIN 65467 (DSC-Verfahren)

DVS 2203 (Prüfen von Schweißverbindungen, thermoplastische Kunststoffe)
DVS 2211 (Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen)
DVS 2226 (Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen)

DIN **EN** 59 (Härte, Barcol-Prüfgerät)
DIN **EN** 1873 (Lichtkuppeln)
DIN **EN** 12814 (Schweißverbindungen)
DIN **EN** 12842 (Gussformstücke für PVC-U- oder PE-Rohrleitungssysteme)
DIN **EN** 13100 (Zerstörungsfreie Prüfung, Schweißverbindungen)
DIN **EN** 14471 (Systemabgasanlagen mit Kunststoffinnenrohren)
DIN **EN** 14716 (Spanndecken)
DIN **EN** 15564 (Kunstharzbeton)
DIN **EN** 23270 (Anstrichstoffe, Konditionierung und Prüfung)

ETAG 014 Kunststoffdübel, Wärmedämm-Verbundsystemen
ETAG 020 Kunststoffdübel, Verankerung in Beton und Mauerwerk

DIN **ISO** 34-1 (Elastomere, Weiterreißwiderstand)
ISO/DIS 37 (Elastomere, Zugfestigkeitseigenschaften)
DIN **ISO** 48 (Elastomere, Härte)
DIN EN **ISO** 62 (Wasseraufnahme)
DIN EN **ISO** 175 (Verhalten gegen flüssige Chemikalien)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 176 (Weichmacherabgabe)
DIN EN **ISO** 177 (Migration von Weichmachern)
DIN EN **ISO** 178 (Biegeeigenschaften)
DIN EN **ISO** 179 (Charpy-Schlageigenschaften)
DIN EN **ISO** 180 (Izod-Schlagzähigkeit)
DIN EN **ISO** 291 (Normalklimate)
DIN EN **ISO** 306 (Thermoplaste, Vicat-Erweichungstemperatur)
DIN EN **ISO** 527 (Zugeigenschaften)
DIN EN **ISO** 604 (Druckeigenschaften)
DIN **ISO** 815 (Elastomere, Druckverformungsrest)
DIN EN **ISO** 844 (Schaumstoffe, Druckeigenschaften)
DIN EN **ISO** 845 (Schaumstoffe, Rohdichte)
DIN EN **ISO** 846 (Einwirkung von Mikroorganismen)
DIN EN **ISO** 868 (Shore-Härte)
DIN EN **ISO** 877-1 (Freibewitterung)
DIN EN **ISO** 899 (Kriechverhalten)
DIN **ISO** 976 (Dispersionen, pH-Wert)
DIN EN **ISO** 1133 (Schmelze-Massefließrate, Schmelze-Volumenfließrate)
DIN EN **ISO** 1158 (Chlorgehalt)
DIN EN **ISO** 1172 (Textilglas- und Mineralfüllstoffgehalt)
DIN EN **ISO** 1183 (Dichte)
DIN **ISO** 1431 (Elastomere, Ozonrissbildung)
DIN **ISO** 1817 (Elastomere, Verhalten gegenüber Flüssigkeiten)
DIN **ISO** 1827 (Elastomere, Schubmodul und Haftung zu starren Platten)
DIN EN **ISO** 1923 (Schaumstoffe, Abmessungen)
DIN EN **ISO** 2039 (Härte)
DIN EN **ISO** 2114 (Säurezahl)
DIN **ISO** 2115 (Weißpunkt und Mindest-Filmbildetemperatur)
DIN **ISO** 2285 (Elastomere, Zugverformungsrest)
DIN EN **ISO** 2440 (Schnellalterungsprüfung)
DIN EN **ISO** 2554 (Hydroxylzahl)
DIN EN **ISO** 2818 (Herstellung von Probekörpern)
DIN EN **ISO** 3001 (Epoxid-Äquivalent)
DIN EN **ISO** 3167 (Vielzweckprobekörper)
DIN EN **ISO** 3219 (Viskosität)
DIN EN **ISO** 3251 (Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen)
ISO 3270 (Anstrichstoffe, Konditionierung und Prüfung)
DIN EN **ISO** 3386 (Druckspannungs-Verformungseigenschaften)
DIN EN **ISO** 3451 und DIN **ISO** 3451 (Bestimmung der Asche)
DIN **ISO** 4576 (Polymerdispersionen, grobe Teilchen und Koagulatgehalt)
DIN EN **ISO** 4611 (Verhalten bei warmfeuchtem Klima, Sprühwasser, Salznebel)
DIN EN **ISO** 4892-1 (Bestrahlen oder Bewittern in Geräten)
DIN EN **ISO** 5659 (Kunststoffe, Rauchentwicklung, optischen Dichte)
DIN EN **ISO** 6603 (Durchstoßverhalten)
DIN EN **ISO** 6721 (Dynamisch-mechanische Eigenschaften)
DIN EN **ISO** 7142 (Epoxidharze)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **ISO** 7619 (Elastomere, Eindringhärte, Shore, IRHD-Taschengeräteverfahren)
DIN **ISO** 7743 (Elastomere, Druckverformungsverhalten)
DIN EN **ISO** 7765 (Folien und Bahnen, Schlagfestigkeit)
DIN EN **ISO** 7822 (Textilglasverstärkte Kunststoffe, Lunker, Glühverlust, mechanische Zersetzung)
DIN EN **ISO** 8256 (Schlagzugzähigkeit)
DIN EN **ISO** 8295 (Folien und Bahnen, Reibungskoeffizient)
DIN EN **ISO** 8307 (Schaumstoffe, Rückprallelastizität)
DIN EN **ISO** 9773 (Brandverhalten, dünne, biegsame Proben, kleine Zündquelle)
DIN EN **ISO** 10093 (Brandprüfung, Standard-Zündquellen)
DIN EN **ISO** 10350 (Ermittlung und Darstellung vergleichbarer Einpunktkennwerte)
DIN EN **ISO** 10352 (Faserverstärkte Kunststoffe, Flächengewicht)
DIN EN **ISO** 11357 und **ISO** 11357 (Dynamische Differenz-Thermoanalyse)
DIN EN **ISO** 11358 (Thermogravimetrie)
SN **ISO** 11359 (Kunststoffe, Thermomechanische Analyse)
DIN EN **ISO** 11403 (Vergleichbare Vielpunkt-Kennwerte)
DIN EN **ISO** 11501 (Folien und Bahnen, Maßänderung bei Erwärmung)
DIN EN **ISO** 11502 (Folien und Bahnen, Blockwiderstand)
DIN EN **ISO** 11667 (Faserverstärkte Kunststoffe, Bestimmung Harz, Faser und Füllstoff)
DIN EN **ISO** 12017 (Stegdoppel- und Stegdreifachplatten, Prüfverfahren)
DIN EN **ISO** 12058-1 (Viskosität, Kugelfall-Viskosimeter)
DIN EN **ISO** 13468 (Totaler Lichttransmissionsgrad)
DIN **ISO** 13741 (Polymerdispersionen, Restmonomere, andere organische Bestandteile)
DIN EN **ISO** 13802 (Verifizierung von Pendelschlagwerken)
DIN EN **ISO** 14125 (Faserverstärkte Kunststoffe, Biegeeigenschaften)
DIN EN **ISO** 15106 (Folien und Flächengebilde, Wasserdampfdurchlässigkeit)
DIN **ISO** 23529 (Elastomere, Vorbereitung und Konditionierung von Prüfkörpern)

VDI/VDE 2616-2 (Härteprüfung, Kunststoff und Gummi)

Regeln zur Prüfung von Kunststoff-Rohren, siehe auch unter Kunststoffen

DIN 4266-1 (Sickerrohre für Deponien)
DIN 8075 (Rohre aus Polyethylen)
DIN 8078 (Rohre aus Polypropylen)
DIN 8080 (Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C))
DIN 16964 (Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen)
DIN 53769 (Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen)

DIN **EN** 728 (Oxidations-Induktionszeit)
DIN **EN** 744 (Schlagbeanspruchung)
DIN **EN** 761 (Kriechfaktor)
DIN **EN** 1120 (Chemikalieneinwirkung)
DIN **EN** 1226 (Anfangs-Ringverformbarkeit)
DIN **EN** 1228 (Anfangs-Ringsteifigkeit)
DIN **EN** 1229 (Dichtheit unter Kurzzeit-Innendruck)
DIN **EN** 1437 (Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1447 (Langzeit-Widerstandsfähigkeit gegen Innendruck)
DIN **EN** 1862 (Kriechfaktor nach Lagerung)
DIN **EN** 1905 (PVC-Gehalt)

DIN EN **ISO** 1167-1 (Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck)
DIN EN **ISO** 2505 (Längsschrumpf)
DIN EN **ISO** 6259-1 (Zugversuch)
DIN EN **ISO** 9080 (Zeitstand-Innendruckverhalten)
DIN EN **ISO** 9967 (Verformungsverhalten)
DIN EN **ISO** 9969 (Ringsteifigkeit)
DIN EN **ISO** 13477 (Widerstand gegenüber schneller Rissfortpflanzung, Laborprüfung)
DIN EN **ISO** 13478 (Widerstand gegenüber schneller Rissfortpflanzung, Praxistest)
DIN EN **ISO** 13479 (Widerstand gegen Rissfortpflanzung, Kerbprüfung)
DIN EN **ISO** 13967 (Formstücke, Ringsteifigkeit)
DIN EN **ISO** 13968 (Ringflexibilität)
DIN EN **ISO** 16871 (Bewitterung im Freien)

Regeln zur Prüfung von polymeren Klebstoffen, siehe auch unter Kunststoffen

DIN **EN** 205 (Holzklebstoffe, Klebfestigkeit von Längsklebungen im Zugversuch)
DIN **EN** 543 (Schüttdichte)
DIN **EN** 828 (Benetzbarkeit)
DIN **EN** 1067 (Vorbereitung von Proben)
DIN **EN** 1240 (Hydroxylzahl)
DIN **EN** 1241 (Säurezahl)
DIN **EN** 1242 (Isocyanatgehalt)
DIN **EN** 1372 (Schälversuch)
DIN **EN** 1373 (Scherversuch)
DIN **EN** 1841 (Maßänderung Linoleumbelag im Kontakt mit Klebstoff)
DIN **EN** 1902 (Zeitstand-Scherversuch)
DIN **EN** 1903 (Maßänderungen nach beschleunigter Alterung)
DIN **EN** 12003 (Scherfestigkeit)
DIN **EN** 12188 (Klebewirkung an Stahl)
DIN **EN** 13415 (Elektrischer Widerstand)
DIN **EN** 13733 (Dauerhaftigkeit)
DIN **EN** 13999 (Emissionseigenschaften)
DIN **EN** 14022 (Topfzeit)
DIN **EN** 14292 (Beständigkeit gegen statische Belastung in der Wärme)
DIN **EN** 14293 (Klebstoffe für Parkett)
DIN **EN** 14869 (Scherverhalten)

DIN EN **ISO** 8510-2 (180 Grad Schälversuch)
DIN EN **ISO** 9142 (Auswahl von Labor-Alterungsbedingungen)
DIN EN **ISO** 9653 (Scherschlagfestigkeit)
DIN EN **ISO** 9664 (Ermüdung bei Zugscherbeanspruchung)
DIN EN **ISO** 10365 (Bruchbilder)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 11339 (T-Schälprüfung)
DIN EN **ISO** 11343 (Keil Schlag Widerstand unter Schlagbelastung)
DIN EN **ISO** 15605 (Probenahme)

Regeln zur Prüfung von Geotextilien, Geokunststoffen und Geosynthetischen Dichtungsbahnen

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15019 (Geotextilien Baustellenkontrolle)

DIN **CEN/TS** 14416 (Geo. Dichtungsbahnen, Widerstand gegen Wurzeln)
DIN **CEN/TS** 14417 (Geo. Dichtungsbahnen, Nass-Trocken-Wechsel und Durchlässigkeit)
DIN **CEN/TS** 14418 (Geo. Dichtungsbahnen, Frost-Tau-Wechsel und Durchlässigkeit)

DIN 60500 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte)

DIN **EN** 12224 (Geotextilien, Witterungsbeständigkeit)
DIN **EN** 12225 (Geotextilien, mikrobiologische Beständigkeit, Erdeingrabungsversuch)
DIN **EN** 12226 (Geokunststoffe, Beständigkeitsprüfungen)
DIN **EN** 12447 (Geotextilien, Hydrolysebeständigkeit)
DIN **EN** 13719 (Geotextilien, Schutzwirksamkeit im Kontakt mit Dichtungsbahnen)
DIN **EN** 13738 (Geotextilien, Herausziehwiderstand aus dem Boden)
DIN **EN** 14030 (Geotextilien, Beständigkeit gegen Säure und Lauge)
DIN **EN** 14151 (Geokunststoffe, Berstdruckfestigkeit)
DIN **EN** 14415 (Geo. Dichtungsbahnen, Auslaugen)
DIN **EN** 14574 (Geokunststoffe, Pyramidendurchdrückwiderstand)
DIN **EN** 14575 (Geo. Dichtungsbahnen, Oxidationsbeständigkeit)
DIN **EN** 14576 (Geokunststoffe, Spannungsrissbildung)

DIN EN **ISO** 9862 (Geokunststoffe, Probenahme und Vorbereitung)
DIN EN **ISO** 9863 (Geokunststoffe, Dicke)
DIN EN **ISO** 9864 (Geokunststoffe, flächenbezogene Masse)
DIN EN **ISO** 10319 (Geokunststoffe, Zugversuch am breiten Streifen)
DIN EN **ISO** 10320 (Geotextilien und verwandte Produkte, Identifikation)
DIN EN **ISO** 10321 (Geokunststoffe, Zugprüfung von Verbindungen/Nähten)
DIN EN **ISO** 10722 (Geokunststoffe, Beschädigung durch körnige Materialien)
DIN EN **ISO** 10769 (Geo. Dichtungsbahnen, Wasseraufnahme von Bentonit)
DIN EN **ISO** 10772 (Geotextilien, Filterbeständigkeit)
DIN EN **ISO** 10773 (Geo. Dichtungsbahnen, Gasdurchlässigkeit)
DIN EN **ISO** 10776 (Geotextilien, Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene unter Auflast)
DIN EN **ISO** 11058 (Geotextilien, Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene)
DIN EN **ISO** 12236 (Geokunststoffe, Stempeldurchdrückversuch)
DIN EN **ISO** 12956 (Geotextilien, charakteristische Öffnungsweite)
DIN EN **ISO** 12957 (Geokunststoffe, Reibungseigenschaften)
DIN EN **ISO** 12958 (Geotextilien, Wasserableitvermögen in der Ebene)
DIN EN **ISO** 13431 (Geotextilien, Zugkriech- und Zeitstandbruchverhalten)
DIN EN **ISO** 13433 (Geokunststoffe, dynamischer Durchschlagversuch (Kegelfallversuch))
DIN EN **ISO** 13437 (Geotextilien, Einbau, Ausgraben und Prüfung von Proben)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 13438 (Geotextilien, Oxidationsbeständigkeit)
DIN EN **ISO** 25619 (Geokunststoffe, Druckverhalten)
TL/TP SD (Schutz- und Dränschichten)

Regeln zur Prüfung von Dichtstoffen und Fugendichtstoffen ohne Abdichtungsbahnen

DIN 7865-2 (Elastomer-Fugenbänder)
DIN 18541-2 (Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen)
DIN 18542 (Fugendichtungsbänder aus Schaumkunststoff)
DIN 18545-2 (Abdichten von Verglasungen)
DIN 52451-1 (Masse und Volumen selbstverlaufender Dichtstoffe)
DIN 52452 (Dichtstoffe für das Bauwesen)
DIN 52455 (Dichtstoffe für das Bauwesen, Haft- und Dehnversuch)
DIN 52459 (Wasseraufnahme von Hinterfüllmaterial)
DIN 52461 (Regenbeständigkeit von frisch verarbeitetem Dichtstoff)

DIN **EN** 14241-1 (Dichtungen für Abgasanlagen)
DIN **EN** 14840 (Vorgeformte Fugenprofile)

ETAG 005 Flüssig aufzubringende Dachabdichtungen
ETAG 006 Mechanisch befestigte Dachabdichtungssysteme
ETAG 022 Abdichtungen für Wände und Böden in Nassräumen

Institut für Fenstertechnik, Richtlinie Verträglichkeit von Dichtprofilen
Institut für Fenstertechnik, Richtlinie Schlierenbildung und Abrieb von Verglasungsdichtstoffen

DIN EN **ISO** 7389 (Fugendichtstoffe, Rückstellvermögen)
DIN EN **ISO** 7390 (Fugendichtstoffe, Standvermögen)
DIN EN **ISO** 8339 (Fugendichtstoffe, Zugverhalten)
DIN EN **ISO** 8340 (Fugendichtstoffe, Zugverhalten unter Vorspannung)
DIN EN **ISO** 8394 (Fugendichtstoffe, Verarbeitbarkeit)
DIN EN **ISO** 9046 (Fugendichtstoffe, Haft- und Dehnverhalten, konstante Temperatur)
DIN EN **ISO** 9047 (Fugendichtstoffe, Haft- und Dehnverhalten, unterschiedliche Temperaturen)
DIN EN **ISO** 10563 (Fugendichtstoffe, Änderung von Masse und Volumen)
DIN EN **ISO** 10590 (Fugendichtstoffe, Zugverhalten unter Vorspannung und Tauchen in Wasser)
DIN EN **ISO** 10591 (Fugendichtstoffe, Haft- und Dehnverhalten nach Tauchen in Wasser)
DIN EN **ISO** 11431 (Fugendichtstoffe, Haft- und Dehnverhalten, Einwirkung von Wärme, Wasser, künstliches Licht durch Glas)
DIN EN **ISO** 11432 (Fugendichtstoffe, Druckwiderstand)

TL/TP DF (Dichtungsprofile)
TL/TP FÜ (Fahrbahnübergänge)

Regeln zur Prüfung von Abdichtungsbahnen, siehe auch unter Geopolymere

DIN 7864-1 (Elastomer-Bahnen)
DIN 16726 (Kunststoffbahnen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 16906 (Kunststoffbahnen und -folien, Entnahme, Vorbehandlung)
DIN 18192 (Polyestervlies als Einlage für Bitumen- und Polymerbitumenbahnen)
DIN 52123 (Bitumen- und Polymerbitumenbahnen)

DIN **EN** 495-5 (Verhalten beim Falzen bei tiefen Temperaturen)
DIN **EN** 1107 (Maßhaltigkeit)
DIN **EN** 1108 (Formstabilität bei zyklischer Temperaturänderung)
DIN **EN** 1109 (Kaltbiegeverhalten)
DIN **EN** 1110 (Wärmestandfestigkeit)
DIN **EN** 1296 (Künstliche Alterung durch erhöhte Temperatur)
DIN **EN** 1297 (Künstliche Alterung durch UV-Strahlung, erhöhte Temperatur, Wasser)
DIN **EN** 1548 (Verhalten nach Lagerung auf Bitumen)
DIN **EN** 1844 (Verhalten bei Ozonbeanspruchung)
DIN **EN** 1847 (Einwirkung von Flüssigchemikalien und Wasser)
DIN **EN** 1848 (Länge, Breite, Geradheit und Planlage)
DIN **EN** 1849 (Dicke und flächenbezogenen Masse)
DIN **EN** 1850 (Sichtbare Mängel)
DIN **EN** 1928 (Bestimmung der Wasserdichtheit)
DIN **EN** 1931 (Wasserdampfdurchlässigkeit)
DIN **EN** 12310 (Weiterreißwiderstand)
DIN **EN** 12311 (Zug-Dehnungsverhalten)
DIN **EN** 12316 (Schälwiderstand der Fügenähte)
DIN **EN** 12317 (Scherwiderstand der Fügenähte)
DIN **EN** 12691 (Stoßartige Belastung)
DIN **EN** 12730 (Statische Belastung)
DIN **EN** 13111 (Unterdeck- und Unterspannbahnen, Wasserdurchgang)
DIN **EN** 13375 (Abdichtungssysteme auf Beton, Probenentnahme und -vorbereitung)
DIN **EN** 13416 (Probenentnahme)
DIN **EN** 13583 (Hagelschlag)
DIN **EN** 13596 (Abreißfestigkeit)
DIN **EN** 13653 (Schubfestigkeit)
DIN **EN** 13897 (Wasserdichtheit nach Dehnung bei niedriger Temperatur)
DIN **EN** 13948 (Wurzelpenetration)
DIN **EN** 14223 (Wasserabsorption)
DIN **EN** 14224 (Rissüberbrückungsfähigkeit)
DIN **EN** 14691 (Verträglichkeit nach Wärmelagerung)
DIN **EN** 14692 (Widerstand gegen Verdichtung der Schutzschicht)
DIN **EN** 14693 (Verhaltens von Bitumenbahnen bei Anwendung von Gussasphalt)
DIN **EN** 14694 (Widerstand gegenüber dynamischem Wasserdruck)

TP BEL-B-1 (Brückenbeläge auf Beton, Dichtungsschicht aus Bitumen-Schweißbahn)
TP BEL-ST (Brückenbeläge auf Stahl, Dichtungssystem)
TL/TP UDB (Kunststoffdichtungsbahnen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Regeln für die Prüfung von Bitumen, bitumenhaltigen Bindemitteln, siehe auch unter Asphalt und Abdichtungsbaustoffe

DIN **CEN/TS** 15324 (Äquiviskositätstemperatur)
DIN **CEN/TS** 15325 (Null-Scherviskosität)
DIN **CEN/TS** 15963 (Bruchwiderstandstemperatur, Drei-Punkt-Biegeversuch)

DIN 52005 (Bestimmung der Asche)
DIN 52006 (Wassereinwirkung auf Bindemittelüberzüge)
DIN 52007 (Viskosität)
DIN 52013 (Duktilität)
DIN 52018 (Thermische Beanspruchung, Masseänderung)
DIN 52096 (Versteifende Wirkung von Füllern auf Bitumen)
DIN 53215 (Gehalt an nichtflüchtigen Bestandteilen)

DIN **EN** 58 (Probenahme)
DIN **EN** 1425 (Äußere Beschaffenheit)
DIN **EN** 1426 (Nadelpenetration)
DIN **EN** 1427 (Erweichungspunkt Ring und Kugel)
DIN **EN** 1428 (Wassergehalt von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 1429 (Siebrückstand und Lagerbeständigkeit von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 1430 (Teilchenpolarität von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 1431 (Destillationsrückstand und Öldestillat von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 12592 (Löslichkeit)
DIN **EN** 12593 (Brechpunkt nach Fraaß)
DIN **EN** 12594 (Probenvorbereitung)
DIN **EN** 12595 (Kinematische Viskosität)
DIN **EN** 12596 (Dynamische Viskosität)
DIN **EN** 12606 (Paraffingehalt)
DIN **EN** 12607 (Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft)
DIN **EN** 12846 (Ausflusszeit mittels Ausflussviskosimeter)
DIN **EN** 12847 (Absetzverhalten von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 12848 (Mischstabilität von Bitumenemulsionen mit Zement)
DIN **EN** 12849 (Eindringfähigkeit von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 12850 (pH-Wert von Bitumenemulsionen)
DIN **EN** 13074-1 (Rückgewinnung des Bindemittels durch Verdunstung)
DIN **EN** 13074-2 (Stabilisierung des Bindemittels nach Rückgewinnung)
DIN **EN** 13075 (Bestimmung des Brechverhaltens)
DIN **EN** 13179-1 (Mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen)
DIN **EN** 13301 (Ausölneigung)
DIN **EN** 13302 (Dynamischen Viskosität)
DIN **EN** 13303 (Masseverlust nach Erwärmung)
DIN **EN** 13358 (Destillationsverlauf)
DIN **EN** 13398 (Elastische Rückstellung)
DIN **EN** 13399 (Lagerbeständigkeit von modifiziertem Bitumen)
DIN **EN** 13587 (Streckeigenschaften mittels Zugprüfung)
DIN **EN** 13588 (Kohäsion Pendelprüfung)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13589 (Streckeigenschaften mittels Kraft-Duktilitäts-Verfahren)
DIN **EN** 13614 (Haftverhalten bei Wasserlagerung)
DIN **EN** 13632 (Visualisierung der Polymerverteilung)
DIN **EN** 13702 (Dynamische Viskosität)
DIN **EN** 13703 (Formänderungsarbeit)
DIN **EN** 14769 (Beschleunigte Langzeit-Alterung, Druckalterungsbehälter)
DIN **EN** 14770 (Schermodul und Phasenwinkel, Dynamisches Scherrheometer)
DIN **EN** 14771 (Biegekriechsteifigkeit, Biegebalkenrheometer)
DIN **EN** 15323 (Beschleunigte Langzeit-Alterung, rotierender Zylinder)
DIN **EN** 15326 (Dichte und relative Dichte)

Regeln für die Prüfung von Asphalt sowie von ungebundenen und hydraulisch gebundenen Gemischen für den Straßenbau und zur Bodenverbesserung, siehe auch unter Bitumen und Abdichtungsbaustoffen

DIN 1996 (Prüfung bituminöser Massen/Asphalt für den Straßenbau und verwandte Gebiete)

DIN **EN** 1367-5 (Gesteinskörnungen, Widerstand gegen Hitzebeanspruchung)
DIN **EN** 12697 (Heißasphalt)
DIN **EN** 13286 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische)

Technische Prüfvorschriften für Asphalt (TP Asphalt-Stb)
Technische Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt (TP BEL-FÜ)

Regeln zur Prüfung von textilen Flächengebilden

DIN 54333-1 (Brennverhalten, Waagerecht-Methode)
DIN 54334 (Brennverhalten, Zündzeit, Kantenbeflammung)
DIN 54335 (Brennverhalten, 45°-Methode)

DIN **EN** 1624 (Brennverhalten technische Textilien, Flammenausbreitung)
DIN **EN** 1625 (Brennverhalten technischer Textilien, Entzündbarkeit)
DIN **EN** 1876 (Beschichtete Textilien, Prüfungen bei niedrigen Temperaturen)
DIN **EN** 20811 (Durchdringen von Wasser)

ISO 811 (Durchdringen von Wasser)
DIN EN **ISO** 5470-1 (Beschichtete Textilien, Abriebwiderstand)
DIN EN **ISO** 6940 (Entzündbarkeit)
DIN EN **ISO** 6941 (Flammenausbreitungseigenschaften)
DIN EN **ISO** 13934 (Zugeigenschaften)
DIN EN **ISO** 13937 (Weiterreißeigenschaften)

Regeln zur Prüfung von Holz, Holzwerkstoffen und Holzverbindungen, siehe auch unter Bodenbeläge

DIN Fachbericht **CEN/TR** 14823 (Pentachlorphenol in Holz, Gaschromatographie)
DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15046 (Holzschutzmittel, künstliche Bewitterung von Holz)
DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15314 (Holz, Bestimmung quartärer Ammoniumverbindungen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 4074 (Sortierung von Holz nach Tragfähigkeit)
DIN 52161 (Nachweis von Holzschutzmitteln im Holz)
DIN 52182 (Rohdichte)
DIN 52184 (Quellen und Schwinden)
DIN 52185 (Druckfestigkeit parallel zur Faser)
DIN 52186 (Biegeversuch)
DIN 52187 (Scherfestigkeit in Faserrichtung)
DIN 52188 (Zugfestigkeit parallel zur Faser)
DIN 52189-1 (Schlagbiegeversuch, Bruchschlagarbeit)
DIN 52192 (Druckversuch quer zur Faserrichtung)
DIN 53255 (Bindefestigkeit von Sperrholzleimungen)
DIN 68365 (Schnittholz für Zimmererarbeiten, Sortierung)
DIN 68800-4 (Holzschutz)

DIN **EN** 48 (Holzschutzmittel, Wirkung gegenüber Anobium punctatum)
DIN **EN** 73 (Holzschutzmittel, Alterung von Holz, Verdunstungsbeanspruchung)
DIN **EN** 84 (Holzschutzmittel, beschleunigte Alterung von Holz, Auswaschbeanspruchung)
DIN **EN** 113 (Holzschutzmittel, Wirksamkeit gegen Basidiomyceten)
DIN **EN** 120 (Holzwerkstoffe, Formaldehydgehaltes, Extraktionsverfahren)
DIN **EN** 205 (Holzklebstoffe, Klebfestigkeit von Längsklebungen im Zugversuch)
DIN **EN** 212 (Holzschutzmittel, Probenahme und -vorbereitung von behandeltem Holz)
DIN **EN** 310 (Holzwerkstoffe, Biege-Elastizitätsmodul und Biegefestigkeit)
DIN **EN** 311 (Holzwerkstoffe, Abhebefestigkeit der Oberfläche)
DIN **EN** 314-1 (Sperrholz, Verklebung)
DIN **EN** 317 (Spanplatten und Faserplatten, Dickenquellung nach Wasserlagerung)
DIN **EN** 318 (Holzwerkstoffe, Maßänderungen bei Änderungen der relativen Luftfeuchte)
DIN **EN** 319 (Spanplatten und Faserplatten, Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene)
DIN **EN** 322 (Holzwerkstoffe, Feuchtegehalt)
DIN **EN** 323 (Holzwerkstoffe, Rohdichte)
DIN **EN** 324 (Holzwerkstoffe, Plattenmaße)
DIN **EN** 325 (Holzwerkstoffe, Maße der Prüfkörper)
DIN **EN** 326 (Holzwerkstoffe, Probenahme und Überwachung)
DIN **EN** 350 (Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz)
DIN **EN** 351 (Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz)
DIN **EN** 380 (Holzbauwerke, Prüfung unter statischen Belastungen)
DIN **EN** 383 (Holzbauwerke, Lochleibungsfestigkeit und Bettungswerte)
DIN **EN** 391 (Brettschichtholz, Delaminierungsprüfung von Klebstofffugen)
DIN **EN** 392 (Brettschichtholz, Scherprüfung)
DIN **EN** 408 (Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz)
DIN **EN** 594 (Wandscheiben-Tragfähigkeit und -Steifigkeit, Holztafelbauart)
DIN **EN** 595 (Fachwerkträger, Tragfähigkeit und Verformungsverhalten)
DIN **EN** 596 (Wände in Holztafelbauart, weicher Stoß)
DIN **EN** 599-1 (Wirksamkeit von Holzschutzmitteln)
DIN **EN** 717 (Holzwerkstoffe, Formaldehydabgabe)
DIN **EN** 789 (Mechanischen Eigenschaften von Holzwerkstoffen)
DIN **EN** 1014 (Kreosot und damit imprägniertes Holz)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1058 (Holzwerkstoffe, 5-%-Quantilwerte und Mittelwerte)
DIN **EN** 1075 (Holzbauwerke, Verbindungen mit Nagelplatten)
DIN **EN** 1128 (Zementgebundene Spanplatten, Stoßwiderstand)
DIN **EN** 1309 (Rund- und Schnittholz, Maße)
DIN **EN** 1310 (Rund- und Schnittholz, Merkmale)
DIN **EN** 1311 (Rund- und Schnittholz, Schädlingsbefall)
DIN **EN** 1312 (Schnittholz, Losvolumen)
DIN **EN** 1380 (Tragende Verbindungen mit Nägeln, Schrauben, Stabdübeln, Bolzen)
DIN **EN** 1381 (Tragende Klammerverbindungen)
DIN **EN** 1382 (Ausziehtragfähigkeit von Holzverbindungsmitteln)
DIN **EN** 1383 (Kopfdurchziehen von Holzverbindungsmitteln)
DIN **EN** 1390 (Holzschutzmittel, Bekämpfung von Hylotrupes bajulus (Linnaeus))
DIN **EN** 12490 (Eindringtiefe und Aufnahme von Kreosot)
DIN **EN** 13183 (Feuchtegehalt, Schnittholz)
DIN **EN** 13354 (Massivholzplatten, Verklebung)
DIN **EN** 13647 (Fußböden, Wand- und Deckenbekleidungen, geometrische Eigenschaften)
DIN **EN** 13696 (Fußböden, Verformbarkeit, Verschleiß, Stoßbeanspruchung)
DIN **EN** 14298 (Schnittholz, Trocknungsqualität)
DIN **EN** 14358 (Holzbauwerke, 5 %-Quantile und Annahmekriterien)

ETAG 003 Bausätze für innere Trennwände
ETAG 007 Bausätze für den Holzrahmenbau
ETAG 011 Leichte Holzbauträger und -stützen
ETAG 012 Bausätze für Blockhäuser

DIN EN **ISO** 8970 (Holzbauwerke, Holzrohdichte)

Regeln zur Prüfung von Bodenbelägen

DIBT-Grundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen
DIN 51097 (Begehungsverfahren, Barfußbereiche)
DIN 51130 (Rutschhemmende Eigenschaft, Begehungsverfahren)
DIN 51131 (Rutschhemmende Eigenschaft, Gleitreibungskoeffizient)
DIN 54332 (Brennverhalten)
DIN 54345-1 (Elektrostatisches Verhalten)

DIN **EN** 423 (Fleckenempfindlichkeit)
DIN **EN** 424 (Verhalten bei Verschiebung eines Möbelfußes)
DIN **EN** 425 (Stuhlrollenversuch)
DIN **EN** 428 (Gesamtdicke)
DIN **EN** 430 (Flächenbezogene Masse)
DIN **EN** 433 (Resteindruck nach konstanter Belastung)
DIN **EN** 434 (Maßänderung und Schüsselung nach Wärmeeinwirkung)
DIN **EN** 660 (Verschleißverhalten)
DIN **EN** 1081 (Elektrischer Widerstand)
DIN **EN** 1399 (Widerstandsfähigkeit gegen Zigaretten)
DIN **EN** 1815 (Elektrostatisches Verhalten)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13329 (Laminatböden)
DIN **EN** 61340-4-1 (Elektrischer Widerstand)

DIN EN **ISO** 9239-1 (Brandverhalten von Bodenbelägen)
DIN EN **ISO** 11378-2 (Anschmutzungsprüfung, Trommelprüfung)
ISO 24334 (Laminat, Verbindungsfestigkeit)
ISO 24339 (Maßänderung durch feuchte und trockene Klimabedingungen)

Regeln zur Prüfung von Glas

DIBT TR absturzsichernde Verglasung
DIN 18516-4 (Einscheiben-Sicherheitsglas)
DIN 52338 (Kugelfallversuch für Verbundglas)

DIN **EN** 356 (Widerstand gegen manuellen Angriff)
DIN **EN** 410 (Lichttechnische und strahlungsphysikalische Kenngrößen)
DIN **EN** 673 (U-Wert, Berechnungsverfahren)
DIN **EN** 674 (U-Wert, Plattengerät)
DIN **EN** 675 (U-Wert, Wärmestrommesser-Verfahren)
DIN **EN** 1063 (Widerstand gegen Beschuß)
DIN **EN** 1096 (Beschichtetes Glas)
DIN **EN** 1279 (Mehrscheiben-Isolierglas)
DIN **EN** 1288 (Biegefestigkeit)
DIN **EN** 1523 (Fenster, Türen, Abschlüsse, Durchschußhemmung)
DIN **EN** 12600 (Pendelschlagversuch)
DIN **EN** 12603 (Biegefestigkeit)
DIN **EN** 12758 (Schalldämmung)
DIN **EN** 12898 (Emissionsgrad)
DIN **EN** 13541 (Widerstand gegen Sprengwirkung)
DIN **EN** 14020 (Textilglasrovings)
DIN **EN** 14649 (Beständigkeit von Glasfasern in Beton)

ETAG 002 Geklebte Glaskonstruktionen

DIN EN **ISO** 1288 (Biegefestigkeit)
DIN **ISO** 7991 (Thermischer Längenausdehnungskoeffizient)
DIN **ISO** 9385 (Härteprüfung nach Knoop)
DIN EN **ISO** 12543-4 (Verbundglas, Beständigkeit, Feuchte, Temperatur, Strahlung)
DIN EN **ISO** 12543-6 (Verbundglas, Aussehen)

Regeln zur Prüfung von Wärmedämmstoffen, siehe auch unter Regeln zum Prüfung des Wärmeschutzes und des Wärmetransports

DIN **EN** 822 (Länge und Breite)
DIN **EN** 823 (Dicke)
DIN **EN** 824 (Rechtwinkligkeit)
DIN **EN** 825 (Ebenheit)
DIN **EN** 826 (Verhalten bei Druckbeanspruchung)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1602 (Rohdichte)
DIN **EN** 1603 (Dimensionsstabilität bei 23 °C/ 50 % r. F.)
DIN **EN** 1604 (Dimensionsstabilität bei definierter Temperatur- und Feuchte)
DIN **EN** 1605 (Verformung bei definiertem Druck und Temperatur)
DIN **EN** 1606 (Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung)
DIN **EN** 1607 (Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene)
DIN **EN** 1608 (Zugfestigkeit in Plattenebene)
DIN **EN** 1609 (Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen)
DIN **EN** 12085 (Maße von Probekörpern)
DIN **EN** 12086 (Wasserdampfdurchlässigkeit)
DIN **EN** 12087 (Wasseraufnahme bei langzeitigem Eintauchen)
DIN **EN** 12088 (Wasseraufnahme durch Diffusion)
DIN **EN** 12089 (Biegebeanspruchung)
DIN **EN** 12090 (Scherbeanspruchung)
DIN **EN** 12091 (Frost-Tau-Wechselbeanspruchung)
DIN **EN** 12429 (Ausgleichsfeuchte bei definierten Temperatur- und Feuchte)
DIN **EN** 12430 (Verhalten unter Punktlast)
DIN **EN** 12431 (Dicke von Dämmstoffen unter schwimmendem Estrich)
DIN **EN** 13467 (Maße, Rechtwinkligkeit, Linearität von Rohrdämmstoffen)
DIN **EN** 13468 (Wasserlösliche Chlorid-, Flourid-, Silikat- und Natrium-Ionen, pH-Wert)
DIN **EN** 13469 (Wasserdampfdurchlässigkeit von Rohrdämmstoffen)
DIN **EN** 13470 (Rohdichte von Rohrdämmstoffen)
DIN **EN** 13471 (Wärmeausdehnungskoeffizient)
DIN **EN** 13472 (Wasseraufnahme bei kurzzeitigem Eintauchen, Rohrdämmstoffe)
DIN **EN** 13820 (Gehalt an organischen Bestandteilen)
DIN **EN** 14706 (Obere Anwendungsgrenztemperatur)
DIN **EN** 14707 (Obere Anwendungsgrenztemperatur, Rohrdämmstoffe)

ETAG 004 Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht
ETAG 009 Nicht lasttragende verlorene Schalungsbausätze/-systeme
ETAG 014 Kunststoffdübel für Wärmedämm-Verbundsysteme
ETAG 017 Bausätze aus vorgefertigten Wärmedämmelementen

DIN EN **ISO** 4590 (Volumenanteil offener und geschlossener Zellen)
DIN EN **ISO** 13787 (Nennwert der Wärmeleitfähigkeit)

Regeln zur Prüfung von Lärmschutzeinrichtungen und von Rückhaltesystemen an Straßen

DIN **CEN/TS** 1793 (Lärmschutzeinrichtungen, akustische Eigenschaften)

DIN **EN** 1317 (Rückhaltesysteme)
DIN **EN** 1793 (Lärmschutzeinrichtungen, akustische Eigenschaften)
DIN **EN** 1794 (Lärmschutzeinrichtungen, nichtakustische Eigenschaften)
DIN **EN** 14389 (Lärmschutzeinrichtungen Langzeitwirksamkeit)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Regeln zur Prüfung von Fenstern, Türen, Tore, Vorhangfassaden und Markisen

DIN 18273 (Türdrückergarnituren)

DIN **EN** 477 (PVC-U, Stoßfestigkeit)
DIN **EN** 478 (PVC-U, Verhalten nach Lagerung bei 150 °C)
DIN **EN** 479 (PVC-U, Wärmeschrumpf)
DIN **EN** 513 (PVC-U, Wetterechtheit und Wetterbeständigkeit)
DIN **EN** 514 (PVC-U, Festigkeit verschweißter Ecken und T-Verbindungen)
DIN **EN** 1026 (Fenster und Türen, Luftdurchlässigkeit)
DIN **EN** 1027 (Fenster und Türen, Schlagregendichtheit)
DIN **EN** 1121 (Türen, Verhalten zwischen zwei unterschiedlichen Klimaten)
DIN **EN** 1154 (Türschließmittel)
DIN **EN** 1155 (Feststellvorrichtungen für Drehflügeltüren)
DIN **EN** 1191 (Fenster und Türen, Dauerfunktionsprüfung)
DIN **EN** 1523 (Fenster, Türen, Abschlüsse, Durchschußhemmung)
DIN **EN** 1906 (Türdrücker und Türknäufe)
DIN **EN** 1932 (Abschlüsse und Markisen, Windlastwiderstand)
DIN **EN** 1933 (Markisen, Belastung durch Wasseransammlung)
DIN **EN** 1935 (Einachsige Tür- und Fensterbänder)
DIN **EN** 12046 (Fenster und Türen, Bedienungskräfte)
DIN **EN** 12153 (Vorhangfassade, Luftdurchlässigkeit)
DIN **EN** 12155 (Vorhangfassade, Schlagregendichheit)
DIN **EN** 12179 (Vorhangfassaden, Widerstand gegen Windlast)
DIN **EN** 12427 (Tore, Luftdurchlässigkeit)
DIN **EN** 12444 (Tore, Windlastwiderstand)
DIN **EN** 12445 (Tore, Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore)
DIN **EN** 12489 (Tore, Widerstand gegen eindringendes Wasser)
DIN **EN** 12605 (Tore, mechanische Aspekte)
DIN **EN** 12608 (PVC-U)
DIN **EN** 12978 (Türen und Tore, Schutzeinrichtungen)
DIN **EN** 13049 (Fenster, Belastung mit weichem, schwerem Stoßkörper)
DIN **EN** 13050 (Vorhangfassaden, Schlagregendichtheit, wechselnder Luftdruck)
DIN **EN** 13330 (Abschlüsse außen, Aufprall und Einbruchwiderstand)
DIN **EN** 13420 (Fenster, Differenzklima)
DIN **EN** 14648 (Beschläge für Fensterläden)

DIN EN **ISO** 10077 (Fenster, Türen, Abschlüsse, Wärmedurchgangskoeffizient)
DIN EN **ISO** 12567 (Fenster und Türen, Wärmedurchgangskoeffizient, Heizkastenverfahren)

Regeln zur Prüfung abwassertechnischer Einrichtungen

DWA Arbeitsblatt DWA-A 139 (Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen)
ATV Merkblatt ATV-M 143-2 (Optische Inspektion)
ATV-M 143-6 (Dichtheitsprüfungen)
DWA-M 143-17 (Beschichtung mit zementgebundenen mineralischen Mörteln)
DWA-M 143-20 (Schlauchliningverfahren und Kurzliner)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DWA-M 149-2 (Kodiersystem für die optische Inspektion)
DWA-M 149-3 (Zustandsklassifizierung und -bewertung)
DWA-M 149-4 (geophysikalische Verfahren)
DWA-M 149-5 (Optische Inspektion)
DWA-M 168 (Korrosion von Abwasseranlagen)
DWA-M 211 (Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken in kommunalen Kläranlagen)

Regeln zur Prüfung sonstiger Baustoffe, Bauteile und Bauwerke

BASt Merkblatt Überwachung Ingenieurbauten
BAW Merkblatt Schadensklassifizierung
BAW Richtlinie Verguß von Wasserbausteien
BAW Richtlinie Weichdichtungen
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Leitfaden objektbezogene Schadensanalyse
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Asbest-/PAK-Leitfaden
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Richtlinien Erhalten von Ingenieurbauten
DiBT Asbest-Richtlinien

DIN 1180 (Ton-Dränrohre, Maße)
DIN 4127 (Schlitzwandtone)
DIN V 18032-2 (Sportböden)
DIN V 18032-3 (Sporthallen, Ballwurfsicherheit)
DIN 18123 (Boden, Korngrößenverteilung)
DIN 18128 (Boden, Glühverlust)
DIN 18129 (Boden, Kalkgehalt)
DIN 18136 (Boden, Druckversuch)
DIN 18516-1 (Außenwandbekleidungen, hinterlüftet)
DIN V 20000 (Anwendung von Bauprodukten)

DIN **EN** 124 (Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen)
DIN **EN** 200 (Auslaufventile und Mischbatterien)
DIN **EN** 438-2 (Dekorative Hochdruck-Schichtpressstoffplatten (HPL))
DIN **EN** 1517 (Sportböden, Schlagfestigkeit)
DIN **EN** 13213 (Hohlböden)
DIN **EN** 13216-1 (System-Abgasanlagen)
DIN **EN** 13383-2 (Wasserbausteine)
DIN **EN** 13508 (Entwässerungssysteme, Zustanderfassung)
DIN **EN** 13964 (Unterdecken)
DIN **EN** 14297 (Abgasanlagen, Frost-Tauwechselbeständigkeit)
DIN **EN** 20535 (Papier und Pappe, Wasserabsorptionsvermögen)

ETAG 003 Bausätze für innere Trennwände
ETAG 008 Treppenbausätze
ETAG 010 selbsttragende, lichtdurchlässige Dachbausysteme
ETAG 016 selbsttragende Verbundplatten
ETAG 027 Steinschlagschutznetze

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ISO 535 (Papier und Pappe, Wasserabsorptionsvermögen)
SiA 262/1 (Torrent Permeabilitätsmessung)
TL/TP ING (Ingenieurbauten)
TRGS 319 (Asbest)

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, BAST

Regeln zur Brandschutzprüfung

ASTM E 162a (Radiant Panel Test)
ASTM E 13546 (Oxygen Consumption Calorimeter)
DIN **CEN/TS** 15447 (Brandverhalten, Einbau und Befestigung von Bauprodukten)

DIN 4102 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen)
DIN 18089-1 (Feuerschutzabschlüsse, Einlagen für Feuerschutztüren, Mineralfaserplatten)
DIN 18095-2 (Türen, Dauerfunktionstüchtigkeit und Dichtheit)
DIN 18095-3 (Rauchschutzabschlüsse, Anwendung von Prüfergebnissen)
DIN V 18160-60 (Abgasanlagen)
DIN 18230-2 (Industriebau, Abbrandfaktor)
DIN 18232-4 (Wärmeabzüge)
DIN 18234 (Dächer, Brandbeanspruchung von unten)
DIN 18273 (Türdrückergarnituren)
DIN 50050 (Brennverhalten von Werkstoffen, Brennkasten)
DIN 50051 (Brennverhalten von Werkstoffen, Brenner)
DIN 50055 (Lichtmeßstrecke für Rauchentwicklungsprüfungen)
DIN 51900 (Brennstoffe, Brennwert, Heizwert)
DIN 53438 (Verhalten beim Beflammen mit einem Brenner)
DIN 54332 (Brennverhalten von textilen Fußbodenbelägen)
DIN 54333-1 (Textilien, Brennverhalten Waagerecht-Methode)
DIN 54334 (Textilien, Brennverhalten, Zündzeit, Kantenbeflammung)
DIN 54335 (Textilien, Brennverhalten, 45°-Methode)

DIN **EN** 81-58 (Feuerwiderstandsfähigkeit, Fahrschachttüren)
DIN **EN** 1047 (Wertbehältnisse)
DIN **EN** 1154 (Türschließmittel)
DIN **EN** 1155 (Feststellvorrichtungen für Drehflügeltüren)
DIN V ENV 1187 (Bedachungen, Feuer von außen)
DIN **EN** 1363 (Feuerwiderstandsprüfungen)
DIN **EN** 1364 (Feuerwiderstandsprüfungen, nichttragende Bauteile)
DIN **EN** 1365 (Feuerwiderstandsprüfungen, tragende Bauteile)
DIN **EN** 1366 (Feuerwiderstandsprüfungen Installationen)
DIN **EN** 1457 (Abgasanlagen, Keramik-Innenrohre)
DIN **EN** 1624 (Brennverhalten technische Textilien, Flammenausbreitung)
DIN **EN** 1625 (Brennverhalten technischer Textilien, Entzündbarkeit)
DIN **EN** 1634 (Türen, Tore, Abschlüsse, Fenster, Baubeschläge)
DIN **EN** 1806 (Abgasanlagen, Keramik-Formblöcke)
DIN **EN** 1856 (Abgasanlagen, Metall-Abgasanlagen)
DIN **EN** 1857 (Abgasanlagen, Betoninnenrohre)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1858 (Abgasanlagen, Betonformblöcke)
DIN **EN** 1859 (Abgasanlagen, Metall-Abgasanlagen)
DIN **EN** 12446 (Abgasanlagen, Außenschalen aus Beton)
DIN **EN** 13063 (Abgasanlagen, Abgasanlagen mit Keramik-Innenrohren)
DIN **EN** 13069 (Abgasanlagen, Keramik-Außenschalen)
DIN **EN** 13216-1 (Abgasanlagen)
DIN **EN** 13238 (Konditionierung und Trägerplatten)
DIN **EN** 13381 (Beitrag zum Feuerwiderstand tragender Bauteile, Brandschutzmaßnahmen)
DIN **EN** 13501 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten)
DIN **EN** 13502 (Abgasanlagen, Keramik-Aufsätze)
DIN **EN** 13823 (Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand)
DIN **EN** 14135 (Brandschutzbekleidungen, Brandschutzwirkung)
DIN **EN** 14390 (Referenzversuch an Oberflächenprodukten in einem Raum)
DIN **EN** 14470 (Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke)
DIN **EN** 14471 (Abgasanlagen, Kunststoffinnenrohre)
DIN **EN** 15269 (Erweiterter Anwendungsbereich von Ergebnissen, Türen, Tore und Fenster)
DIN **EN** 15659 (Leichte Brandschutzschränke)
DIN **EN** 15882 (Erweiterter Anwendungsbereich von Ergebnissen, Brandschutzklappen, Abschottungen)
OEVE/OENORM **EN** 50266 (Kabel und Leitungen, senkrechte Flammenausbreitung)

ETAG 003 Bausätze für innere Trennwände
ETAG 018 Brandschutzprodukte, Brandschutzbekleidungen und Brandschutzbeschichtungen
ETAG 026 Brandschutzprodukte, Abdichten und Verschließen, Aufhalten von Feuer

DIN **IEC** 60695-11-10 (Prüfverfahren mit 50-W-Prüfflamme)
DIN EN **IEC** 60695-11-20 (Prüfverfahren mit einer 500-W-Prüfflamme)

ISO 834 (Feuerwiderstandsprüfungen, Bauteile)
DIN EN **ISO** 1182 (Nichtbrennbarkeitsprüfung)
DIN EN **ISO** 1523 (Flammpunkt, geschlossener Tiegel)
DIN EN **ISO** 1716 (Verbrennungswärme, Brennwert)
DIN EN **ISO** 2592 (Flamm- und Brennpunkt, offener Tiegel nach Cleveland)
DIN EN **ISO** 2719 (Flammpunkt, Pensky-Martens mit geschlossenem Tiegel)
DIN EN **ISO** 3679 (Flammpunkt, geschlossener Tiegel)
DIN EN **ISO** 3680 (Flammpunkt, geschlossener Tiegel)
DIN EN **ISO** 5659 (Kunststoffe, Rauchentwicklung, optische Dichte)
ISO 5660 (Prüfung zum Brandverhalten von Baustoffen)
DIN EN **ISO** 6940 (Textilien, Entzündbarkeit)
DIN EN **ISO** 6941 (Textilien, Flammenausbreitungseigenschaften)
DIN EN **ISO** 9239-1 (Bodenbeläge, Beanspruchung mit Wärmestrahler)
ISO/TR 9705-2 (Room Corner Test)
DIN EN **ISO** 9773 (Kunststoffe dünne, biegsame Proben, kleine Zündquelle)
DIN EN **ISO** 10093 (Kunststoffe, Brandprüfung, Standard-Zündquellen)
DIN EN **ISO** 11925-2 (Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung)
DIN EN **ISO** 13788 (Raumseitige Oberflächentemperatur)
DIN EN **ISO** 13943 (Brandschutz, Vokabular)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Regeln zum Prüfung des Wärmeschutzes und des Wärmetransports, siehe auch unter Wärmedämmstoffe

DIN Fachbericht 4108-8 (Vermeidung von Schimmelwachstum)
DIN 52612-2 (Wärmeleitfähigkeit, Plattengerät, Weiterbehandlung der Messwerte)
DIN 52612-3 (Wärmeleitfähigkeit, Plattengerät, geschichtete Materialien)
DIN 54190 (Thermographie)
DIN 54192 (Aktive Thermographie)

DIN **EN** 821-2 (Temperaturleitfähigkeit, Laserflash-Verfahren)
DIN **EN** 821-3 (spezifische Wärmekapazität)
DIN **EN** 993-15 (Wärmeleitfähigkeit, Heißdraht-Verfahren)
DIN **EN** 1934 (Wärmedurchlaßwiderstand, Heizkastenverfahren, Wärmestrommesser)
DIN **EN** 1946 (Begutachtung von Laboratorien)
DIN **EN** 12114 (Luftdurchlässigkeit von Bauteilen, Labor)
DIN **EN** 12664 (Wärmedurchlasswiderstand, Plattengerät, Wärmestrommessplatten-Gerät)
DIN **EN** 12667 (Wärmedurchlasswiderstand, Plattengerät, Wärmestrommessplatten-Gerät)
DIN **EN** 12898 (Glas, Emissionsgrad)
DIN **EN** 12939 (Wärmedurchlasswiderstand, dicke Produkte)
DIN **EN** 13187 (Wärmebrücken, Infrarot-Verfahren)
DIN **EN** 13829 (Luftdurchlässigkeit von Gebäuden)
DIN **EN** 15548-1 (Wärmedurchlasswiderstand, Plattengerät, hohe Temperaturen)

DIN EN **ISO** 8497 (Wärmetransporteigenschaften, Rohrwärmedämmung)
DIN EN **ISO** 8894-1 (Wärmeleitfähigkeit, Heißdrahtverfahren)
DIN EN **ISO** 8990 (Wärmedurchgangseigenschaften Heizkastenverfahren)
DIN EN **ISO** 10077 (Fenster, Türen, Abschlüsse, Wärmedurchgangskoeffizient)
DIN EN **ISO** 10456 (Bemessungswerte und deren Bestimmung)
DIN EN **ISO** 12567 (Fenster und Türen, Wärmedurchgangskoeffizient, Heizkastenverfahren)
DIN EN **ISO** 12569 (Luftvolumenstrom in Gebäuden, Indikatorgasverfahren)
DIN EN **ISO** 13787 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik, Nennwert der Wärmeleitfähigkeit)

Regeln zum Schallschutzprüfung

DIN **CEN/TS** 1793 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen)

DIN 4109-11 (Schallschutz im Hochbau, Nachweis des Schallschutzes)
DIN 52210-6 (Luft- und Trittschalldämmung, Schachtpegeldifferenz)
DIN 52221 (Körperschallmessungen, haustechnische Anlagen)

DIN **EN** 1793 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen)
DIN **EN** 12758 (Glas, Schalldämmung)
DIN **EN** 14366 (Geräusche von Abwasserinstallationen)
DIN **EN** 14389-1 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen, Langzeitwirksamkeit)
DIN **EN** 20140-2 (Schalldämmung, Gebäude, Bauteile, Genauigkeitsanforderungen)
DIN **EN** 29052-1 (Dynamischen Steifigkeit)
DIN **EN** 29053 (Strömungswiderstand)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 140 (Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen)

DIN EN **ISO** 266 (Normfrequenzen)

DIN EN **ISO** 354 (Schallabsorption, Hallraum)

DIN EN **ISO** 717 (Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen)

DIN EN **ISO** 3382 (Parameter der Raumakustik)

DIN EN **ISO** 3740 (Schallleistungspegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 3741 (Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 3743 (Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 3744 (Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 3745 (Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 3746 (Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 3822 (Geräuschverhalten, Armaturen, Wasserinstallation, Laboratorium)

DIN EN **ISO** 5135 (Schalleistungspegel, Luftdurchlässe, Volumendurchflußregler, Drossel- und Absperrelemente)

DIN EN **ISO** 5136 (Von Strömungsmaschinen in Kanäle abgestrahlte Schallleistung)

DIN EN **ISO** 7235 (Schalldämpfer in Kanälen, Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch, Gesamtdruckverlust)

ISO 9052-1 (Dynamische Steifigkeit)

ISO 9053 (Strömungswiderstand)

DIN EN **ISO** 9614 (Schallleistungspegel von Geräuschquellen)

DIN EN **ISO** 10052 (Luftschalldämmung, Trittschalldämmung, Schall von haustechnischen Anlagen, Kurzverfahren)

DIN EN **ISO** 10140 (Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand)

DIN EN **ISO** 10534 (Impedanzrohr, Bestimmung Schallabsorptionsgrad und Impedanz)

DIN EN **ISO** 10848 (Flankenübertragung zwischen Räumen in Prüfständen)

DIN EN **ISO** 11546 (Schalldämmung von Schallschutzkapseln)

DIN EN **ISO** 11654 (Bewerteter Schallabsorptionsgrad)

DIN EN **ISO** 11819-1 (Einfluss von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche)

DIN **ISO** 13472 (Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen vor Ort)

DIN EN **ISO** 15186 (Schalldämmung aus Schallintensitätsmessungen)

DIN EN **ISO** 16032 (Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen)

DIN EN **ISO** 18233 (Neue Messverfahren in der Bau- und Raumakustik)

DIN EN **ISO** 80000-8 (Größen und Einheiten, Akustik)

Prüfung der Einbruchhemmung

DIN **EN** 1628 (Widerstandsfähigkeit unter statischer Belastung)

DIN **EN** 1629 (Widerstandsfähigkeit unter dynamischer Belastung)

DIN **EN** 1630 (Widerstandsfähigkeit gegen manuelle Einbruchversuche)

Regeln zur chemischen Analytik, siehe auch bei den entsprechenden Baustoffen

DIN 4030 (Betonangreifende Wässer, Böden, Gase)

DIN 32645 (Nachweis-, Erfassungs-, Bestimmungsgrenze unter Wiederholbedingungen)

DIN 38402-71 (Gleichwertigkeit von zwei Analyseverfahren)

DIN 38404-5 (pH-Wert)

DIN 38404-6 (Redox-Spannung)

DIN 38405-1 (Chlorid-Ionen)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 38405-9 (Nitrat)
DIN 38405-13 (Cyanide)
DIN 38405-17 (Borat-Ionen)
DIN 38405-21 (Gelöste Kieselsäure)
DIN 38406 (Kationen)
DIN 38414-4 (Eluierbarkeit mit Wasser)
DIN 51001 (Röntgenfluoreszenz-Analyse)
DIN 51004 (Differenzthermoanalyse, Schmelztemperaturen kristalliner Stoffe)
DIN 51005 (Thermische Analyse)
DIN 51006 (Thermogravimetrie)
DIN 51007 (Differenzthermoanalyse)
DIN 51401 (Atomabsorptionsspektrometrie)
DIN 51418 (Röntgenemissions- und Röntgenfluoreszenz-Analyse)
DIN 51423 (Brechzahl)
DIN 51451 (Infrarotspektrometrische Analyse)
DIN 51729-8 (Gehalt an Natrium- und Kaliumoxid)
DIN 51729-10 (Röntgenfluoreszenz-Analyse)
DIN 51729-11 (Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma)

DIN **EN** 1330-11 (Röntgendiffraktometrie, Terminologie)
DIN **EN** 10315 (Röntgenfluoreszenzanalyse, Stahl)
DIN **EN** 13925 (Röntgendiffraktometrie)
DIN **EN** 15308 (Polychlorierte Biphenyle (PCB), Gaschromatographie)
DIN **EN** 15309 (Röntgenfluoreszenz-Analyse)
DIN **EN** 27888 (Elektrische Leitfähigkeit)

ISO 4316 (pH-Wert wässriger Lösungen)
DIN EN **ISO** 5667 (Wasserproben, Probenahme und Handhabung)
DIN EN **ISO** 6878 (Phosphor in Wasser)
OENORM **ISO** 7150-1 (Wasseruntersuchung, Ammonium, spektrophotometrische Methode)
DIN EN **ISO** 7887 (Wasser, Bestimmung der Färbung)
ISO 7888 (Elektrische Leitfähigkeit)
DIN EN **ISO** 7980 (wässrige Lösungen, Calcium, Magnesium, Atomabsorption)
DIN EN **ISO** 9963-2 (Wasserbeschaffenheit Carbonatalkalinität)
DIN **ISO** 9964-3 (Wasser, Natrium und Kalium, Flammenphotometrie)
DIN EN **ISO** 10304 (Ionenchromatographie)
ISO 10530 (Wasser gelöstes Sulfid)
DIN **ISO** 10693 (Böden, Carbonatgehalt, volumetrisches Verfahren)
DIN **ISO** 10694 (Böden, Kohlenstoffanalytik, Elementaranalyse)
DIN **ISO** 11465 (Böden, Trockensubstanz, Wassergehalt, gravimetrisches Verfahren)
DIN EN **ISO** 11885 (Induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie)
DIN EN **ISO** 14911 (Kationen mit Ionenchromatographie)
DIN EN **ISO** 15586 (Wässer, AAS-Analyse mit Graphitrohr)
DIN EN **ISO** 15587 (Königswasser- und Salpetersäure-Aufschluss für Wässer)
DIN EN **ISO** 16264 (Wasser, lösliche Silicate, Photometrie)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

VDI 3492 (Anorganische faserförmige Partikel)
VDI 3866 (Bestimmung von Asbest)
VDI 4300 (Innenraumluftverunreinigungen)

Schichtdickenanalyse, siehe auch Beschichtungsstoffe

DIN 50933 (Differenzmessung mit einem Taster)
DIN 50986 (Keilschnitt-Verfahren)

DIN EN **ISO** 2178 (Magnetverfahren)
DIN EN **ISO** 2360 (Wirbelstromverfahren)
DIN EN **ISO** 2808 (Beschichtungsstoffe)
DIN EN **ISO** 3497 (Röntgenfluoreszenz)
DIN EN **ISO** 3543 (Betarückstreu-Verfahren)
DIN EN **ISO** 3882 (Übersicht)
DIN EN **ISO** 4518 (Profilometrisches Verfahren)
DIN EN **ISO** 9220 (Schichtdickenmessung mit REM)

Regeln zur statistischen Auswertung

ASTM E 691 (Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method)

DAkkS-Merkblatt 71 SD 1/4 016 (Messunsicherheit)

DIN 1996-1 (Bituminöse Massen, Allgemeines, Übersicht und Angaben zur Auswertung)
DIN 53598-1 (Statistische Auswertung an Stichproben)
DIN 53803 (Statistische Grundlagen der Probenahme)
DIN 53804 (Statistische Auswertungen)
DIN 55303 (Statistische Auswertung von Daten)
DIN 55350 (Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik)

DIN V ENV 13005 (Angabe der Unsicherheit beim Messen)

DIN **ISO** 2859 (Attributprüfung)
DIN **ISO** 3951-1 (Variablenprüfung)
DIN **ISO** 5479 (Tests auf Abweichung von der Normalverteilung)
DIN **ISO** 5725-1 (Genauigkeit, Richtigkeit und Präzision)
DIN **ISO** 10576-1 (Beurteilung der Konformität mit vorgegebenen Anforderungen)
DIN **ISO** 11453 (Tests und Vertrauensbereiche für Anteile)
DIN EN **ISO** 11648-1 (Statistische Aspekte der Probenahme von Massengütern)
DIN **ISO** 13528 (Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche)
DIN **ISO** 16269 und ISO 16269 (Statistische Auswertung von Daten)

Konformitätsbewertung

DIN **EN** 45011 (Anforderungen an Stellen, die Produktzertifizierungssysteme betreiben)
DIN EN **ISO**/IEC 17000 (Allgemeine Grundlagen)
DIN EN **ISO**/IEC 17011 (Anforderungen an Akkreditierungsstellen)
DIN EN **ISO**/IEC 17020 (Inspektionstellen)
DIN EN **ISO**/IEC 17021 (Stellen, die Managementsysteme auditieren und zertifizieren)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO**/IEC 17024 (Stellen, die Personen zertifizieren)
DIN EN **ISO**/IEC 17025 (Anforderungen an Prüf- und Kalibrierlaboratorien)
DIN EN **ISO**/IEC 17030 (Anforderungen an Konformitätszeichen)
DIN EN **ISO**/IEC 17040 (Anforderungen an die Begutachtung)
DIN EN **ISO**/IEC 17043 (Anforderungen an Eignungsprüfungen)
DIN EN **ISO**/IEC 17050 (Konformitätserklärung)
DIN EN **ISO**/IEC 17065 (Stellen, die Produkte, Prozesse und Dienstleistungen zertifizieren)

Sonstiges

ASTM D 4647 (Pinhole Test)

BAW Merkblatt Bohrkernentnahme
BGI 505-30 (Asbest, Infrarotspektroskopie)
BGI 505-31 (Lungengängige Fasern, Lichtmikroskopie)
BGI 505-46 (Anorganische Fasern, Rasterelektronenmikroskopie)

DGZfP B 05 Merkblatt thermographische Untersuchungen
DGZfP B 06 Merkblatt Sichtprüfung und Endoskopie
DGZfP B 10 Merkblatt Radarverfahren
DGZfP EM 0 Richtlinie Magnetpulverprüfungen

DIN Fachbericht 127 (Hygiene-, Gesundheits- und Umweltaspekte)
DIN-Fachbericht 143 (Rheologie, Fließgrenze)
DIN 459 (Mischer)
DIN 820 (Normung)
DIN 1076 (Ingenieurbauwerke, Überwachung und Prüfung)
DIN 1319 (Grundlagen der Meßtechnik)
DIN 4103-1 (Nichttragende innere Trennwände)
DIN 6174 (Farbanalyse)
DIN 18121 (Baugrund, Wassergehalt)
DIN 18126 (Nichtbindige Böden, Dichte)
DIN 18130-1 (Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, Bodenproben)
DIN 18200 (Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte)
DIN 19747 (Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung)
DIN 25424 (Fehlerbaumanalyse)
DIN 50100 (Dauerschwingversuch)
DIN 51220 (Werkstoffprüfmaschinen, Anforderungen, Prüfung, Kalibrierung)
DIN 51308 (Vorrichtungen zur Krafterzeugung und -messung im Bauwesen)
DIN 51309 (Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten)
DIN 51398 (Brookfield-Viskosimeter)
DIN 52108 (Verschleißprüfung, Schleifscheibe nach Böhme)
DIN 53019 (Viskosimetrie, Rotationsviskosimeter)
DIN 66126 (Spezifische Oberfläche, Durchströmungsverfahren, Blaine)
DIN 66133 (Quecksilberdruckporosimetrie)
DIN 66134 (Stickstoffsorption)
DIN 66135 (Mikroporenanalyse mittels Gasadsorption)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 66144 (Korngrößenverteilungen, logarithmisches Normalverteilungsnetz)
DIN 66145 (Korngrößenverteilungen, RRSB-Netz)
DIN 66161 (Partikelgrößenanalyse)
DIN 66165 (Siebanalyse, Grundlagen)

DVGW Arbeitsblatt W 270 (Mikroorganismen auf Werkstoffen)
DVGW Arbeitsblatt W 347 (Zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich)

DIN **EN** 444 (Durchstrahlungsprüfung)
DIN **EN** 462 (Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen)
DIN **EN** 571-1 (Eindringprüfung)
DIN **EN** 583 (Ultraschallprüfung)
DIN **EN** 725-5 (Bestimmung der Teilchengrößenverteilung)
DIN **EN** 821-1 (Thermische Längenänderung)
DIN **EN** 993-1 (Rohdichte, offene Porosität, Gesamtporosität)
DIN **EN** 993-2 (Dichte)
DIN **EN** 993-4 (Gasdurchlässigkeit)
DIN **EN** 993-18 (Rohdichte, Wasserverdrängungsverfahren unter Vakuum)
DIN **EN** 1330 (Zerstörungsfreie Prüfung, Begriffe)
DIN **EN** 2155-3 (Brechungsindex)
DIN **EN** 2155-5 (Lichttransmissionsgrad im sichtbaren Bereich)
DIN V **EN**V 12633 (Griffigkeitsbeiwert vor und nach Polierung)
DIN **EN** 12668 (Ultraschall-Prüfausrüstung)
DIN **EN** 12865 (Widerstand gegen Schlagregen, pulsierender Luftdruck)
DIN **EN** 13009 (Hygrischer Dehnkoeffizient)
DIN **EN** 13036-1 (Makrotexturtiefe einer Fahrbahnoberfläche)
DIN **EN** 13036-4 (Griffigkeit von Oberflächen, Pendeltest)
DIN **EN** 13477 (Schallemissionsprüfung)
DIN **EN** 13554 (Schallemissionsprüfung)
DIN **EN** 15026 (Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation)
DIN **EN** 15305 (Röntgendiffraktometrie, Eigenspannungen)
DIN **EN** 45020 (Normung)
DIN **EN** 60584 (Thermoelemente)
DIN **EN** 60751 (Platin-Widerstandsthermometer)
DIN **EN** 61006 (Glasübergangstemperatur)

DIN **ISO** 565 (Analysensiebe)
DIN EN **ISO** 660 (Säurezahl)
ISO 760 (Karl-Fischer-Methode)
DIN **ISO** 2395 (Analysensiebe und Siebanalyse)
DIN EN **ISO** 3059 (Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung)
DIN EN **ISO** 3274 (Tastschnittverfahren, Geräte)
DIN **ISO** 3310 (Analysensiebe)
DIN EN **ISO** 3452 (Eindringprüfung)
DIN EN **ISO** 3838 (Dichte)
DIN EN **ISO** 4287 (Oberflächenbeschaffenheit, Tastschnittverfahren)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 4288 (Oberflächenbeschaffenheit, Tastschnittverfahren)
DIN EN **ISO** 4516 (Mikrohärteprüfungen, Vickers und Knoop)
DIN EN **ISO** 5470-1 (Beschichtete Textilien, Abriebwiderstand)
DIN EN **ISO** 7027 (Wasserbeschaffenheit, Trübung)
DIN EN **ISO** 7500 (Statische einachsige Prüfmaschinen)
DIN EN **ISO** 7726 (Umgebungsklima, Messinstrumente)
DIN EN **ISO** 7963 (Ultraschallprüfung, Kalibrierkörper Nr. 2)
ISO 8672 (Anzahlkonzentration luftgetragener Fasern, Phasenkontrastmikroskopie)
DIN EN **ISO** 9001 (Qualitätsmanagementsysteme)
DIN **ISO** 9276 (Partikelgrößenanalysen, Darstellung und Auswertung)
DIN **ISO** 9277 (spezifische Oberfläche, Gasadsorption, BET-Verfahren)
DIN EN **ISO** 9346 (Stofftransport, Begriffe)
DIN EN **ISO** 9934 (Magnetpulverprüfung)
ISO 10312 (Luft, Asbestfasern, TEM)
DIN **ISO** 11461 (Wassergehalt, Böden)
DIN **ISO** 11665 (Ermittlung der Radioaktivität in der Luft)
DIN EN **ISO** 12570 (Feuchtegehalt durch Trocknen bei erhöhter Temperatur)
DIN EN **ISO** 12571 (Sorptionseigenschaften)
DIN EN **ISO** 12572 (Wasserdampfdurchlässigkeit)
DIN EN **ISO** 12706 (Eindringprüfung, Begriffe)
DIN EN **ISO** 12718 (Wirbelstromprüfung, Terminologie)
ISO 13320 (Partikelmessung durch Laserlichtbeugung)
DIN **ISO** 13321 (Partikelgrößenanalyse, Photonenkorrelationsspektroskopie)
ISO 13322 (Partikelgrößenanalyse, Bildanalyseverfahren)
ISO 13794 (Luft, Asbestfasern, TEM)
ISO 14966 (Luft, Faserkonzentration, REM)
DIN EN **ISO** 15148 (Wasseraufnahmekoeffizient)
DIN EN **ISO** 15548 (Wirbelstromprüfung, Technische Ausrüstung)
DIN EN **ISO** 15549 (Wirbelstromprüfung, Grundlagen)
DIN EN **ISO** 16000 (Innenraumluftverunreinigungen)
DIN EN **ISO** 18757 (Spezifischen Oberfläche nach dem BET-Verfahren)
DIN EN **ISO** 22475-1 (Geotechnik, Probenentnahmeverfahren)
DIN **ISO** 24353 (Sorptionsverhalten bei Schwankungen der Luftfeuchte)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

WTA-Merkblatt 4-11-02/D Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen

WTA-Merkblatt 6-2-01/D Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse

WTA-Merkblatt 6-3-05/D Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos

DIBT-Prüfgrundsätze Übergänge von Bauwerksabdichtungen auf Bauteile aus Beton

Bundesanstalt für Straßenwesen Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU)

Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau (TP Griff StB)

Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau (TP D-StB)

VDI 2100 (Außenluft und Innenraumluftverunreinigungen, Gaschromatographie)

VDI 3492 (Innenraumluftveruneinigungen, Faser, Rasterelektronenmikroskopie)

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

36.2 Verzeichnis von Prüfvorschriften, alphanumerisch geordnet, gleichzeitig Literaturverzeichnis für die Prüfvorschriften

Die angegebenen Seitenzahlen kennzeichnen in der Regel das erstmalige Auftreten des Suchbegriffs in dem jeweiligen Kapitel.

Die bibliographischen Angaben zu anderen zitierten Dokumenten befinden sich im Text.

Wenn bei einer Norm auf eine Seite des Buches verwiesen wird, bedeutet dies nicht, dass alle in dieser Norm enthaltenen einzelnen Verfahren in dem Buch behandelt werden. Häufig sind nur die Verfahren im Buch erwähnt, die ausschließlich in dieser Norm oder in besonders charakteristischer Weise dargestellt sind. Die für die Sortierung maßgebliche Bezeichnung ist fett gedruckt, wenn sie nicht am Anfang steht.

Abwassertechnische Vereinigung (ATV) siehe unter DWA-Publikationen

Allgemeine Rundschreiben Straßenbau (ARS)

ARS 14/04 Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 14/2004; Sachgebiet 05.7: Brücken- und Ingenieurbau; Prüfung und Überwachung von Brücken, Tunneln und anderen Ingenieurbauwerken; Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse, 2004, siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Wohnungswesen bzw. Stadtentwicklung, Publikationen

ARS 12/07 Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 12/07, Prüfung und Überwachung von Brücken, Tunneln und anderen Ingenieurbauwerken – Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung der Bauwerksprüfung nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), 2007, siehe unter BAST-Publikationen

Arbeitsblätter siehe unter DWA-Publikationen

ARS siehe Allgemeine Rundschreiben Straßenbau

Asbest-/PAK-Leitfaden siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen bzw. Stadtentwicklung, Publikationen

Asbest-Richtlinie siehe unter DIBT-Publikationen

ASTM-Normen

ASTM C 39 / C 39Ma (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, 2010).....97

ASTM C 91 (Standard Specification for Masonry Cement, 2005) 241

ASTM C 151/C 151M (Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement, 2009) 358

ASTM C 173/C 173Ma (Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method, 2010) 240

ASTM C 267 (Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacings and Polymer Concretes, 2001) 370

ASTM C 289 (Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method), 2007) 361

ASTM C 294 (Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates, 2005).....359

ASTM C 295 (Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete, 2008).....359

ASTM C 321 (Standard Test Method for Bond Strength of Chemical-Resistant Mortars, 2000) 106

ASTM C 452/C 452M (Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate, 2010) 368

ASTM C 457/C 457Ma (Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete, 2010).....267

ASTM C 666/C 666 M (Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, 2003) 353

ASTM C 672/C 672 M (Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals, 2003).....353

ASTM C 876 (Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, 2009) 381

ASTM C 1012/C 1012M (Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution, 2009) 368

ASTM C 1260 (Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method), 2007) 360

ASTM C 1293b (Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction, 2008).....359

ASTM C 1698 (Standard Test Method for Autogenous Strain of Cement Paste and Mortar, 2009) ...140

ASTM D 1005 (Standard Test Method for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers, 1995) 293

ASTM D 1212 (Standard Test Methods for Measurement of Wet Film Thickness of Organic Coatings, 1991) 293

ASTM D 4060 (Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser, 2010).....134

ASTM D 4414 (Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages, 1995) 293

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ASTM D 4647 (Standard Test Method for Identification and Classification of Dispersive Clay Soils by the Pinhole Test, 2006) 375

ASTM D 6760 (Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing, 2008).....288

ASTM E 162a (Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source, 2012).....340

ASTM E 691 (Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method, 2009).....43

ASTM E 1354b (Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter, 2011).....337

ATV siehe unter DWA-Publikationen

BAST-Publikationen (Bundesanstalt für Straßenwesen)

Merkblatt für die Bauüberwachung von Ingenieurbauten (M-BÜ-ING) der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mehrere Teile mit unterschiedlichem Bearbeitungsstand. Download unter www.bast.de –

Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen der Bundesanstalt für Straßenwesen (RI-ZFP-TU), 2007, enthalten in ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1 .....288, 290

Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung der Bauwerksprüfung nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), 2007. Download unter www.bast.de 265

Siehe unter Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften TL/TP

BAW-Publikationen (Bundeanstalt für Wasserbau)

Merkblatt Bohrkernentnahme für Bauwerksuntersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau (MBK), 2005. Download unter www.baw.de 49

Merkblatt Chlorideindringwiderstand von Beton der Bundesanstalt für Wasserbau (MCL), 2004. Download unter www.baw.de.....158, 316

Merkblatt Frostprüfung von Beton der Bundesanstalt für Wasserbau (MFB), 2004. download unter www.baw.de 353

Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrwasserbauten der Bundesanstalt für Wasserbau (MSV), 2010. Download unter www.baw.de 265

Richtlinie für die Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB) der Bundesanstalt für Wasserbau, 2001. Download unter www.baw.de 65, 135

Richtlinien für die Prüfung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (RPV) der Bundesanstalt für Wasserbau, 2008. Download unter www.baw.de.....242

Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau (RPW) der Bundesanstalt für Wasserbau, 2006.....242, 375

BGI (Berufsgenossenschaftliche Informationen)

BGI 505-30 (Verfahren zur Bestimmung der Massenanteile von Chrysotilasbest und Amphibolasbesten, 1991) 188

BGI 505-31 (Verfahren zur Bestimmung von lungengängigen Fasern – Lichtmikroskopisches Verfahren, 2004) 188

BGI 505-46 (Verfahren zur getrennten Bestimmung der Konzentrationen von anorganischen Fasern in Arbeitsbereichen – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, 2004).....188

British Standard (BS)

BS 1881-208 (Testing concrete – Recommendations for the determination of the initial surface absorption of concrete, 1996).....320

Bundesanstalt für Straßenwesen siehe unter BAST-Publikationen

Bundesanstalt für Wasserbau siehe unter BAW-Publikationen

Bundesgesundheitsamt

Empfehlungen zur Eignungsprüfung von Kunststoffmaterialien im Schwimm- und Badebeckenbereich (KSW-Empfehlungen).....224

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen bzw. Stadtentwicklung, Publikationen

Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. PAK-haltigen Altanstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV (Asbest-/PAK-Leitfaden) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2007. Download unter www.baw.de.....188, 218

Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse des Bundeministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (OSA), 2004. Download unter www.bast.de –

Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (RI-ERH-KOR) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, 2006. Download unter www.bast.de 294

Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten (RI-ERH-ING) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2010 –

Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung der Bauwerksprüfung nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), 2007 siehe unter BAST-Publikationen

ZTV-W siehe unter Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

CEN/TR

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 196-4 (Prüfverfahren für Zement – Teil 4: Quantitative Bestimmung der Bestandteile, 2007).....60, 61, 193

DIN Fachbericht **CEN/TR** 14823 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Quantitative Bestimmung von Pentachlorphenol in Holz – Gaschromatographisches Verfahren, 2004) –

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15019 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Baustellenkontrolle, 2005) –

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15046 (Holzschutzmittel – Künstliche Bewitterung von behandeltem Holz vor biologischen Prüfungen – Beanspruchung mit UV-Strahlung und Wassersprühen, 2005) –

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15177 (Prüfung des Frost-Tauwiderstandes von Beton – Innere Gefügestörung, 2006) 353

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15314 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Quantitative Bestimmung von quartären Ammoniumverbindungen in Holz, 2006) –

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15678 (Beton – Freisetzung regulierter gefährlicher Stoffe in den Boden, das Grundwasser und das Oberflächenwasser – Prüfverfahren für neue oder noch nicht zugelassene Bestandteile von Beton und für Betone, 2008).....224

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15697 (Zement – Prüfung der Leistungsfähigkeit hinsichtlich des Sulfatwiderstandes – Bericht zum Stand der Technik, 2008) 368, 369

DIN-Fachbericht **CEN/TR** 15739 (Betonfertigteile – Betonoberflächen – Beschreibungsmerkmale, 2010) 265

CEN/TS

DIN **CEN/TS** 772-22 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 22: Bestimmung des Frost-Tau-Widerstandes von Mauerziegeln, 2006).....355

DIN **CEN/TS** 1793-4 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 4: Produktspezifische Merkmale – In-situ-Werte der Schallbeugung, 2004)

DIN **CEN/TS** 1793-5 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 5: Produktspezifische Merkmale; In-situ-Werte der Schallreflexion und der Luftschalldämmung, Vornorm 2003) –

DIN **CEN/TS** 12390-9 (Prüfung von Festbeton – Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand – Abwitterung, 2006) 353, 354

DIN **CEN/TS** 12390-10 (Prüfung von Festbeton – Teil 10: Bestimmung des relativen Karbonatisierungswiderstandes von Beton, 2007) 65, 378

DIN **CEN/TS** 12390-11 (Prüfung von Festbeton – Teil 11: Bestimmung des Chloridwiderstandes von Beton – Einseitig gerichtete Diffusion, 2010) 316, 378

DIN **CEN/TS** 14416 (Geosynthetische Dichtungsbahnen – Prüfverfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Wurzeln, 2006) 386

DIN **CEN/TS** 14417 (Geosynthetische Dichtungsbahnen – Prüfverfahren zur Bestimmung des Einflusses von Nass-Trocken-Wechselbeanspruchungen auf die Durchlässigkeit von geosynthetischen Tondichtungsbahnen, 2006) –

DIN **CEN/TS** 14418 (Geosynthetische Dichtungsbahnen – Prüfverfahren zur Bestimmung des Einflusses von Frost-Tau-Wechselbeanspruchungen auf die Durchlässigkeit von geosynthetischen Tondichtungsbahnen, 2006) –

DIN **CEN/TS** 15324 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Äquiviskositätstemperatur basierend auf Viskosität bei niedriger Schergeschwindigkeit mit Hilfe eines dynamischen Scher-Rheometers in niederfrequentem Schwingungsmodus, 2008).....256

DIN **CEN/TS** 15325 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Null-Scherviskosität (ZSV) mit Hilfe eines Schubspannungs-Rheometers im Kriechmodus, 2008).....256

DIN **CEN/TS** 15447 (Einbau und Befestigung bei Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten, die unter die Bauproduktenrichtlinie fallen, 2006) –

DIN **CEN/TS** 15963 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Bruchwiderstandstemperatur mittels eines Drei-Punkt-Biegeversuches an einem gekerbten Probekörper, 2010) –

DAfStb-Publikationen (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton)

DAfStb-Richtlinie – Belastungsversuche an Betonbauwerken, 2000 154

DAfStb-Richtlinie – Bestimmung der Freisetzung anorganischer Stoffe durch Auslaugung aus zementgebundenen Baustoffen – Teil 1: Grundlagenversuch zur Charakterisierung des Langzeitauslaugverhaltens – Teil 2: Routineversuch zur Charakterisierung des Kurzzeitauslaugverhaltens, 2005 224

DAfStb-Richtlinie – Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – Teil 1: Grundlagen, Bemessung und Konstruktion unbeschichteter Betonbauten – Teil 2: Baustoffe und Einwirken von wassergefährdenden Stoffen – Teil 3: Instandsetzung und Ertüchtigung, 2004 325

DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, 2010 –

DAfStb-Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton) – Erstprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung, 2006 –

DAfStb-Richtlinie für Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser, Restbeton und Restmörtel, 1995 –

DAfStb-Richtlinie – Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmör-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

tel, 2006. Berichtigung kann unter www.dafstb.de eingesehen werden. Entwurf 2011 –

DAfStb-Richtlinie – Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) – Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze; Teil 2: Bauprodukte und Anwendung; Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung; Teil 4: Prüfverfahren, 2001, Berichtigung 1, 2002, Berichtigung 2, 2005) 106, 146, 158, 203, 252, 265, 295, 306

DAfStb-Richtlinie – Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie), 2003.....239, 242, 248

DAfStb-Richtlinie – Stahlfaserbeton, 2010 ....110, 242

DAfStb-Richtlinie – Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie) – Teil 1: Allgemeines – Teil 2: Gesteinskörnungen mit Opalsandstein und Flint – Teil 3: Gebrochene alkaliempfindliche Gesteinskörnungen, 2007. Berichtigung kann unter www.dafstb.de eingesehen werden..... 33, 359-362

DAkkS-Publikationen (Deutsche Akkreditierungstelle)

DAkkS-Dokument 71 SD 1/4 016 »Ermittlung und Angabe der Messunsicherheit nach Forderungen der ISO IEC 17025«, 2011, herunterladbar unter www.dakks.de.....42

DECHEMA-Publikationen (Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie e. V.)

Dechema Richtlinie zur chemischen Beständigkeit von Beschichtungs-, Verlege- und Verfugmassen.368

Deutsche Akkreditierungsstelle siehe unter DAkkS-Publikationen

Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung siehe unter DGZfP-Publikationen

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton siehe unter DAfStb-Publikationen

Deutscher Verband für Schweißen siehe unter DVS-Publikationen

Deutsches Institut für Bauwesen siehe unter DIBT-Publikationen

Deutsches Institut für Normung siehe unter DIN-Normen

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. siehe unter DWA-Publikationen

DGZfP-Publikationen (Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung)

B 02 Merkblatt für Bewehrungsnachweis und Überdeckungsmessung bei Stahl- und Spannbeton, 1990. 281

B 03 Merkblatt für elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion, 2008.....381

B 04 Merkblatt für das Ultraschall-Impuls-Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile, 1999 288

B 05 Merkblatt über thermographische Untersuchungen an Bauteilen und Bauwerken, 1993.....292

B 06 Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, 1995 279

B 10 Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, 2008 282

B 11 Merkblatt über die Anwendung des Impakt-Echo-Verfahrens zur Zerstörungsfreien Prüfung von Betonbauteilen, 2011.....290

EM 0 Richtlinie über die Durchführung von Magnetpulverprüfungen, 2005.....93

DIBT-Publikationen (Deutsches Institut für Bautechnik)

Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (DIBT Mitteilungen, Hefte 4 und 5, 2009) 223

Grundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen (DIBT Mitteilungen, Bd. 41, S. 209–248, 2010).....223

Prüfgrundsätze zur Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen für Übergänge von Bauwerksabdichtungen auf Bauteile aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (PG-ÜBB). Herunterladbar unter www.abp-fugenabdichtungen.de...325

Richtlinien für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbest-Richtlinien), Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Nr. 3, S. 88, 1996 188

Richtlinie zur Überwachung des Herstellers und Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle des Deutschen Instituts für Bautechnik. DIBT Mitteilung Nr. 3, 2002 –

Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV), 2003 126

Zulassungsgrundsätze für Beschichtungssysteme für Auffangwannen, Auffangräume und Flächen aus Beton in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Flüssigkeiten (LAU-Anlagen), Schriften des DIBt, Reihe B, Heft 12, 2009. 367

DIN-Normen

DIN V 105-6 (Mauerziegel – Teil 6: Planziegel, 2002) –

DIN V 105-100 (Mauerziegel – Teil 100: Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften, 2005).....98, 128, 358

DIN Fachbericht 127 (Beurteilung von Bauprodukten unter Hygiene-, Gesundheits- und Umweltaspekten, 2003) 223

DIN-Fachbericht 143 (Moderne rheologische Prüfverfahren – Teil 1: Bestimmung der Fließgrenze – Grundlagen und Ringversuch, 2005).....256

DIN 272 (Prüfung von Magnesiaestrich, 1986) 130, 157, 247, 304

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 459-1 (Baustoffmaschinen – Mischer für Beton und Mörtel – Teil 1: Begriffe, Leistungsermittlung, Größen, 1995) 53

DIN 459-2 (Baustoffmaschinen – Mischer für Beton und Mörtel – Teil 2: Verfahren zur Prüfung der Mischwirkung von Betonmischern, 1995).....53

DIN 820-1 (Normungsarbeit – Teil 1: Grundsätze, 2009) 38

DIN 1045-2 (Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1, 2008) 99, 230, 367

DIN 1048-1 (Prüfverfahren für Beton; Frischbeton, 1991) 237

DIN 1048-2 (Prüfverfahren für Beton; Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 1991) –

DIN 1048-4 (Prüfverfahren für Beton; Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen; Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren, 1991) –

DIN 1048-5 (Prüfverfahren für Beton; Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper, 1991) 323

DIN 1076 (Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung, 1999) ..265

DIN 1164-10 (Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften, 2004).....193

DIN 1164-11 (Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 11: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit verkürztem Erstarren, 2003).....251, 358

DIN 1164-12 (Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 12: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen, 2005) –

DIN 1164-31 (Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung des Hüttensandanteils von Eisenportland- und Hochofenzement und des Traßanteils von Trasszement, 1990) 168, 193

DIN 1180 (Dränrohre aus Ton; Maße, Anforderungen, Prüfung, 1971) –

DIN V 1201 (Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und -kanäle – Typ 1 und Typ 2 – Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität, 2004) –

DIN 1319-1 (Grundlagen der Meßtechnik – Teil 1: Grundbegriffe, 1995) 42

DIN 1319-2 (Grundlagen der Messtechnik – Teil 2: Begriffe für Messmittel, 2005).....42

DIN 1319-3 (Grundlagen der Meßtechnik – Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Meßgröße, Messunsicherheit, 1996).....42

DIN 1319-4 (Grundlagen der Meßtechnik – Teil 4: Auswertung von Messungen; Messunsicherheit, 1999) 42

DIN 1996-1 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Allgemeines, Übersicht und Angaben zur Auswertung der Untersuchungen, 1974) –

DIN 1996-2 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Probenahme, 1971) 50

DIN 1996-3 (Prüfung von Asphalt; Vorbereitung von Proben, 1990) –

DIN 1996-4 (Prüfung von Asphalt; Herstellung von Probekörpern aus Mischgut, 1984) 54

DIN 1996-5 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Bestimmung des Wassergehaltes, 1983) –

DIN 1996-6 (Prüfung von Asphalt; Bestimmung des Bindemittelgehaltes und Rückgewinnung des Bindemittels, 1988).....60

DIN 1996-9 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Quellversuch, 1981) –

DIN 1996-11 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Bestimmung von Marshall-Stabilität und Marshall-Fließwert, 1981) 98

DIN 1996-13 (Prüfung von Asphalt; Eindringversuch mit ebenem Stempel, 1984) 131

DIN 1996-14 (Prüfung von Asphalt; Bestimmung der Korngrößenverteilung von aus Asphalt extrahierten Mineralstoffen, 1990).....231

DIN 1996-15 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Bestimmung des Erweichungspunktes nach Wilhelmi, 1975)....255

DIN 1996-16 (Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Bestimmung der Entmischungsneigung, 1975) –

DIN 1996-17 (Prüfung von Asphalt; Bestimmung der Formbeständigkeit in der Wärme (Verformungswert nach Nüssel), 1990) –

DIN 1996-18 (Prüfung von Asphalt; Kugelfallversuch nach Herrmann, 1989) –

DIN 1996-19 (Prüfung von Asphalt; Bestimmung der Dehnbarkeit und des Haftvermögens im Fugenmodell nach Rabe, 1984) –

DIN 4030-1 (Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte, 2008) –

DIN 4030-2 (Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben, 2008).....50, 160

DIN 4051 (Kanalklinker – Anforderungen, Prüfung, Überwachung, 2002) 334, 358, 369

DIN 4060 (Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Elastomerdichtungen – Anforde-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

rungen und Prüfungen an Rohrverbindungen, die Elastomerdichtungen enthalten, 1998) –

DIN 4074-1 (Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz, Entwurf 2008) 267

DIN 4074-2 (Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz), 1958).....267

DIN 4074-3 (Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 3: Apparate zur Unterstützung der visuellen Sortierung von Schnittholz; Anforderungen und Prüfung, 2008).....267

DIN 4074-5 (Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 5: Laubschnittholz, 2008) 267

DIN 4102-1 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1998, Berichtigung 1, 1998). 335-341

DIN 4102-2 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1977).....335, 341

DIN 4102-3 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1977) 335, 341

DIN 4102-5 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahrschachtwänden und gegen Feuer widerstandsfähige Verglasungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1977).....335, 341

DIN 4102-6 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Lüftungsleitungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1977).....335, 341

DIN 4102-7 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 7: Bedachungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1998).....335, 341, 345

DIN 4102-8 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 8: Kleinprüfstand, 2003).....335, 341, 344

DIN 4102-9 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Kabelabschottungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1990).....335, 341

DIN 4102-11 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Rohrummantelungen, Rohrabschottungen, Installationsschächte und -kanäle sowie Abschlüsse ihrer Revisionsöffnungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1985).....335, 341

DIN 4102-12 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 12: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen; Anforderungen und Prüfungen, 1998) . 335, 341

DIN 4102-13 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Brandschutzverglasungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, 1990).....335, 341

DIN 4102-14 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bodenbeläge und Bodenbeschichtungen; Bestimmung der Flammenausbreitung bei Beanspruchung mit einem Wärmestrahler, 1990) 335, 340, 341

DIN 4102-15 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Brandschacht, 1990) 335, 341

DIN 4102-16 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 16: Durchführung von Brandschachtprüfungen, 1998) 335, 341

DIN 4102-17 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Schmelzpunkt von Mineralfaser-Dämmstoffen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung, 1990) .335, 341, 344

DIN 4102-18 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Feuerschutzabschlüsse; Nachweis der Eigenschaft »selbstschließend« (Dauerfunktionsprüfung), 1991) 335, 341

DIN 4103-1 (Nichttragende innere Trennwände; Anforderungen, Nachweise, 1984) –

DIN Fachbericht 4108-8 (Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden, 2010) 385

DIN 4109-11 (Schallschutz im Hochbau – Teil 11: Nachweis des Schallschutzes – Güte- und Eignungsprüfung, 2010) 349

DIN 4126 (Ortbeton-Schlitzwände; Konstruktion und Ausführung, 1986) 252

DIN 4127 (Erd- und Grundbau; Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten; Anforderungen, Prüfverfahren, Lieferung, Güteüberwachung, 1986).....253, 256

DIN 4226-3 (Zuschlag für Beton – Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge, 1983) zurückgezogen 237

DIN 4226-100 (Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen, 2002) –

DIN 4266-1 (Sickerrohre für Deponien – Teil 1: Sickerrohre aus PE und PP, Entwurf, 2010) –

DIN 4266-3 (Sickerrohre für Deponien aus Beton; Anforderungen, Prüfungen und Überwachung, 1992) –

DIN 4281 (Beton für werkmäßig hergestellte Entwässerungsgegenstände – Herstellung, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung, 1998).....325

DIN 6174 (Farbmetrische Bestimmung von Farbmaßzahlen und Farbabständen im angenähert gleichförmigen CIELAB-Farbenraum, 2007).....301

DIN 7864-1 (Elastomer-Bahnen für Abdichtungen; Anforderungen, Prüfung, 1984).....372

DIN 7865-2 (Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung in Beton – Teil 2: Werkstoff-Anforderungen und Prüfung, 2008) 372

DIN 8075 (Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen, Entwurf 2010) –

DIN 8078 (Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung, 2008) –

DIN 8080 (Rohre aus chloriertem Polyvinylchlorid (PVC-C) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung, 2009) –

DIN 16726 (Kunststoffbahnen – Prüfungen, 2011)120

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 16906 (Prüfung von Kunststoffbahnen und Kunststoff-Folien – Probe und Probekörper – Entnahme, Vorbehandlung, 2007) 55

DIN 16945 (Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen; Prüfverfahren, 1989).....183

DIN 16964 (Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung, 1988) –

DIN V 18004 (Anwendungen von Bauprodukten in Bauwerken – Prüfverfahren für Gesteinskörnungen nach DIN V 20000-103 und DIN V 20000-104, 2004). 262, 334, 352

DIN V 18032-2 (Sporthallen – Hallen für Turnen, Spiele und Mehrzwecknutzung – Teil 2: Sportböden; Anforderungen, Prüfungen, 2001).....127, 297

DIN V 18032-3 (Sporthallen – Hallen für Turnen und Spielen und Mehrzwecknutzung – Teil 3: Prüfung der Ballwurfsicherheit, 1997) 127

DIN 18089 (Feuerschutzabschlüsse; Einlagen für Feuerschutztüren; Mineralfaserplatten; Begriff, Bezeichnung, Anforderungen, Prüfung, 1984) –

DIN 18095-2 (Türen; Rauchschutztüren; Bauartprüfung der Dauerfunktionstüchtigkeit und Dichtheit, 1991) –

DIN 18095-3 (Rauchschutzabschlüsse – Teil 3: Anwendung von Prüfergebnissen, Entwurf 2009) –

DIN 18121-1 (Baugrund – Untersuchungen von Bodenproben; Wassergehalt – Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung, 1998).....304

DIN 18121-2 (Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt – Teil 2: Bestimmung durch Schnellverfahren, Entwurf 2010) 304

DIN 18123 (Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung, Entwurf 2010).....231

DIN 18126 (Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung, 1996) –

DIN 18128 (Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung des Glühverlustes, 2002) ..184

DIN 18129 (Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung, Entwurf 2010).....187

DIN 18130-1 (Baugrund – Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts – Teil 1: Laborversuche, 1998).....323

DIN 18136 (Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Einaxialer Druckversuch, 2003) 98

DIN 18159-1 (Schaumkunststoffe als Ortschäume im Bauwesen; Polyurethan-Ortschaum für die Wärme- und Kältedämmung; Anwendung, Eigenschaften, Ausführung, Prüfung, 1991) –

DIN 18159-2 (Schaumkunststoffe als Ortschäume im Bauwesen; Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum für die Wärmedämmung, Anwendung, Eigenschaften, Ausführung, Prüfung, 1978) –

DIN V 18160-60 (Abgasanlagen – Teil 60: Nachweise für das Brandverhalten von Abgasanlagen und Bauteilen von Abgasanlagen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen) –

DIN 18178 (Haubenkanäle aus Beton und Stahlbeton; Abdeckhauben und Kanalsohle, Maße, Anforderungen, Prüfung, 1972) –

DIN 18192 (Verfestigtes Polyestervlies als Einlage für Bitumen- und Polymerbitumenbahnen; Begriff, Bezeichnung, Anforderungen, Prüfung, 1985) –

DIN 18200 (Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten, 2000). 34

DIN 18230-2 (Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 2: Ermittlung des Abbrandverhaltens von Materialien in Lageranordnung – Werte für den Abbrandfaktor m, 1999) –

DIN 18232-4 (Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 4: Wärmeabzüge (WA); Prüfverfahren, 2003).....345

DIN 18234-1 (Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Prüfungen; Geschlossene Dachflächen, 2003) 345

DIN 18234-3 (Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 3: Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, Durchdringungen, Anschlüsse und Abschlüsse von Dachflächen, 2003) –

DIN 18273 (Baubeschläge – Türdrückergarnituren für Feuerschutztüren und Rauchschutztüren – Begriffe, Maße, Anforderungen und Prüfungen, 1997).....344

DIN V 18500 (Betonwerkstein – Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung, 2006) –

DIN 18516-1 (Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze, 2010) –

DIN 18516-4 (Außenwandbekleidungen, hinterlüftet; Einscheiben-Sicherheitsglas; Anforderungen, Bemessung, Prüfung, 1990) –

DIN 18541-2 (Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton – Teil 2: Anforderungen an die Werkstoffe, Prüfung und Überwachung, 2006) 372

DIN 18542 (Abdichten von Außenwandfugen mit imprägnierten Fugendichtungsbändern aus Schaumkunststoff – Imprägnierte Fugendichtungsbänder – Anforderungen und Prüfung, 2009).....357, 372

DIN 18545-2 (Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen – Teil 2: Dichtstoffe, Bezeichnung, Anforderungen, Prüfung, 2008) –

DIN 18554 (Prüfung von Mauerwerk; Ermittlung der Druckfestigkeit und des Elastizitätsmoduls, 1985) –

DIN 18555-3 (Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel; Bestimmung der Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Rohdichte, 1985) –

DIN 18555-4 (Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel; Bestimmung der Längs-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

und Querdehnung sowie von Verformungskenngrößen von Mauermörteln im statischen Druckversuch, 1986) 98

DIN 18555-6 (Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel; Bestimmung der Haftzugfestigkeit, 1987) –

DIN 18555-7 (Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Frischmörtel; Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens nach dem Filterplattenverfahren, 1987) –

DIN 18555-9 (Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln – Teil 9: Festmörtel; Bestimmung der Fugendruckfestigkeit, 1999) 304

DIN 18556 (Prüfung von Beschichtungsstoffen für Kunstharzputze und von Kunstharzputzen, 1985) –

DIN 18560-1 (Estriche im Bauwesen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung, 2009) –

DIN 18560-2 (Estriche im Bauwesen – Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche, 2009) –

DIN 18560-3 (Estriche im Bauwesen – Teil 3: Verbundestriche, 2006) –

DIN 18560-4 (Estriche im Bauwesen – Teil 4: Estriche auf Trennschicht, 2004) –

DIN 18560-7 (Estriche im Bauwesen – Teil 7: Hochbeanspruchbare Estriche (Industrieestriche), 2004) –

DIN V 18998 (Beurteilung des Korrosionsverhaltens von Zusatzmitteln nach Normenreihe DIN EN 934, 2002, Änderung 1, 2003) –

DIN 19747 (Untersuchung von Feststoffen – Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung für chemische, biologische und physikalische Untersuchungen, 2009).....46, 52

DIN V 20000 (Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken, zahlreiche Teile, 2004 bis 2010) 35

DIN 25424-1 (Fehlerbaumanalyse; Methode und Bildzeichen, 1981).....388

DIN 25424-2 (Fehlerbaumanalyse; Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaumes, 1990).... 388

DIN 32645 (Chemische Analytik – Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze unter Wiederholbedingungen – Begriffe, Verfahren, Auswertung, 2008).. 43

DIN 38402-71 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Allgemeine Angaben (Gruppe A) – Teil 71: Gleichwertigkeit von zwei Analyseverfahren aufgrund des Vergleiches von Analyseergebnissen und deren statistischer Auswertung; Vorgehensweise für quantitative Merkmale mit kontinuierlichem Wertespektrum (A 71), 2002).....43

DIN 38404-5 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C) – Teil 5: Bestimmung des pH-Werts (C 5), 2009) 175

DIN 38404-6 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C); Bestimmung der Redox-Spannung (C 6), 1984) 176

DIN 38405-1 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Bestimmung der Chlorid-Ionen (D 1), 1985) –

DIN 38405-9 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Anionen (Gruppe D) – Teil 9: Photometrische Bestimmung von Nitrat (D 9), 2011) 161

DIN 38405-13 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Anionen (Gruppe D) – Teil 13: Bestimmung von Cyaniden (D 13), 2011).....161

DIN 38405-17 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Borat-Ionen (D 17), 1981) 161

DIN 38405-21 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Photometrische Bestimmung von gelöster Kieselsäure (D 21), 1990) 161

DIN 38406 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Kationen (Gruppe E), mehrere Teile, 1980-2009).....174

DIN 38414-4 (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4), 1984) 223

DIN 50018 (Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre, 1997) 383

DIN 50050-1 (Prüfung von Werkstoffen; Brennverhalten von Werkstoffen; Kleiner Brennkasten, 1986) .337

DIN 50050-2 (Prüfung von Werkstoffen; Brennverhalten von Werkstoffen; Großer Brennkasten, 1988) –

DIN 50051 (Prüfung von Werkstoffen; Brennverhalten von Werkstoffen, Brenner, 1977).....337

DIN 50055 (Lichtmeßstrecke für Rauchentwicklungsprüfungen, 1989) 339

DIN 50100 (Werkstoffprüfung; Dauerschwingversuch, Begriffe, Zeichen, Durchführung, Auswertung, 1978).. 150

DIN 50106 (Prüfung metallischer Werkstoffe; Druckversuch, 1978).....98

DIN 50115 (Prüfung metallischer Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch; Besondere Probenform und Auswerteverfahren, 1991) 125

DIN 50125 (Prüfung metallischer Werkstoffe – Zugproben, 2009) –

DIN 50905-1 (Korrosion der Metalle – Korrosionsuntersuchungen – Teil 1: Grundsätze, 2009).....383, 384

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 50905-2 (Korrosion der Metalle – Korrosionsuntersuchungen – Teil 2: Korrosionsgrößen bei gleichmäßiger Flächenkorrosion, 1987).....383

DIN 50905-3 (Korrosion der Metalle – Korrosionsuntersuchungen – Teil 3: Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger und örtlicher Korrosion ohne mechanische Belastung, 1987).....383

DIN 50905-4 (Korrosion der Metalle – Korrosionsuntersuchungen – Teil 4: Durchführung von chemischen Korrosionsversuchen ohne mechanische Belastung in Flüssigkeiten im Laboratorium, 1987).....383

DIN 50918 (Korrosion der Metalle; Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen, 1978) 384

DIN 50919 (Korrosion der Metalle; Korrosionsuntersuchungen der Kontaktkorrosion in Elektrolytlösungen, 1984) 384

DIN 50920-1 (Korrosion der Metalle; Korrosionsuntersuchungen in strömenden Flüssigkeiten; Allgemeines, 1985) 384

DIN 50928 (Korrosion der Metalle; Prüfung und Beurteilung des Korrosionsschutzes beschichteter metallischer Werkstoffe bei Korrosionsbelastung durch wässrige Korrosionsmedien, 1985) 384

DIN 50933 (Messung von Schichtdicken; Messung der Dicke von Schichten durch Differenzmessung mit einem Taster, 1987) 293

DIN 50986 (Messung von Schichtdicken; Keilschnitt-Verfahren zur Messung der Dicke von Anstrichen und ähnlichen Schichten, 1979) 293

DIN 51001 (Prüfung oxidischer Roh- und Werkstoffe – Allgemeine Arbeitsgrundlagen zur Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA), 2003, Beiblatt 1, 2010) 163

DIN 51004 (Thermische Analyse (TA); Bestimmung der Schmelztemperaturen kristalliner Stoffe mit der Differenzthermoanalyse (DTA), 1994) 203

DIN 51005 (Thermische Analyse (TA) – Begriffe, 2005) 203

DIN 51006 (Thermische Analyse (TA) – Thermogravimetrie (TG) – Grundlagen, 2005) 203

DIN 51007 (Thermische Analyse (TA); Differenzthermoanalyse (DTA); Grundlagen, 1994).....204, 208

DIN 51043 (Traß; Anforderungen, Prüfung, 1979) ..32

DIN 51045-1 (Bestimmung der thermischen Längenänderung fester Körper – Teil 1: Grundlagen, 2005) .. 139

DIN 51045-2 (Bestimmung der thermischen Längenänderung fester Körper – Teil 2: Prüfung gebrannter feinkeramischer Werkstoffe nach dem Dilatometerverfahren, 2009) –

DIN 51045-3 (Bestimmung der thermischen Längenänderung fester Körper – Teil 3: Prüfung ungebrannter feinkeramischer Werkstoffe nach dem Dilatometerverfahren, 2009) –

DIN 51045-4 (Bestimmung der Längenänderung fester Körper unter Wärmeeinwirkung nach dem Dilatometerverfahren – Teil 4: Prüfung gebrannter grobkeramischer Werkstoffe, 2007) –

DIN 51045-5 (Bestimmung der Längenänderung fester Körper unter Wärmeeinwirkung nach dem Dilatometerverfahren – Teil 5: Prüfung ungebrannter grobkeramischer Werkstoffe, 2007) –

DIN 51094 (Keramische Fliesen und Platten – Prüfung der Lichtechtheit der Färbungen von keramischen Fliesen und Platten für Wand- und Bodenbeläge, 1996) 377

DIN 51097 (Prüfung von Bodenbelägen; Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft; Naßbelastete Barfußbereiche; Begehungsverfahren; Schiefe Ebene, 1992) 296

DIN 51102-1 (Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Bestimmung der Säurebeständigkeit, Verfahren mit stückigem Prüfgut für Kanalisations-Steinzeug, 1976) 369

DIN 51130 (Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr, Begehungsverfahren – Schiefe Ebene, 2010).....296

DIN 51131 (Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Verfahren zur Messung des Gleitreibungskoeffizienten, 2008) 297

DIN 51220 (Werkstoffprüfmaschinen – Allgemeines zu Anforderungen an Werkstoffprüfmaschinen und zu deren Prüfung und Kalibrierung, 2003) 76

DIN 51302-2 (Werkstoffprüfmaschinen – Dehnzylinder-Prüfverfahren für Druckprüfmaschinen für Beton, 2000) 76

DIN 51308 (Prüfung von Vorrichtungen zur Krafterzeugung und -messung im Bauwesen – Spannvorrichtungen, Hydraulikzylinder, Dynamometer für Spannzwecke, 2005).....76

DIN 51309 (Werkstoffprüfmaschinen – Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten für statische Drehmomente, 2005) 76

DIN 51398 (Prüfung von Schmierstoffen; Bestimmung der scheinbaren Viskosität von Getriebeölen bei niedriger Temperatur mit dem Brookfield-Viskosimeter (Flüssigkeitsbadmethode), 1983).....253

DIN 51401 (Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) – Begriffe, 2010) –

DIN 51418-1 (Röntgenspektralanalyse – Röntgenemissions- und Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) – Teil 1: Allgemeine Begriffe und Grundlagen, 2008) .. 163

DIN 51418-2 (Röntgenspektralanalyse – Röntgenemissions- und Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) – Teil 2: Begriffe und Grundlagen zur Messung, Kalibrierung und Auswertung, 1996, Beiblatt 1, 2000) .163, 167

DIN 51423-1 (Prüfung von Mineralölen – Teil 1: Messung der relativen Brechzahl mit dem Präzisionsrefraktometer, 2010) 222

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 51423-2 (Prüfung von Mineralölen – Teil 2: Messung der relativen Brechzahl mit dem Abbe-Refraktometer, 2010).....222

DIN 51451 (Prüfung von Mineralölerzeugnissen und verwandten Produkten – Infrarotspektrometrische Analyse – Allgemeine Arbeitsgrundlagen, 2004)...210

DIN 51729-8 (Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Brennstoffasche – Teil 8: Gehalt an Natrium- und Kaliumoxid (Na2O, K2O), 2001).....175

DIN 51729-10 (Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Brennstoffasche – Teil 10: Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA), Entwurf 2010) 163

DIN 51729-11 (Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Brennstoffasche – Teil 11: Atomemissionsspektrometrische Bestimmung mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES), 1998) 175

DIN 51900-1 (Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe – Bestimmung des Brennwertes mit dem Bomben-Kalorimeter und Berechnung des Heizwertes – Teil 1: Allgemeine Angaben, Grundgeräte, Grundverfahren, 2000, Berichtigung 1, 2004) 335

DIN 51900-2 (Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe – Bestimmung des Brennwertes mit dem Bomben-Kalorimeter und Berechnung des Heizwertes – Teil 2: Verfahren mit isoperibolem oder static-jacket Kalorimeter, 2003) 335

DIN 51900-3 (Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe – Bestimmung des Brennwertes mit dem Bomben-Kalorimeter und Berechnung des Heizwertes – Teil 3: Verfahren mit adiabatischem Mantel, 2005).....335

DIN 52005 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Asche, 2004) 184

DIN 52006-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Prüfverfahren zur Bestimmung der Wassereinwirkung auf Bindemittelüberzüge – Teil 1: Bindemittelüberzug aus Bitumenemulsion, 2006) 243

DIN 52006-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Prüfverfahren zur Bestimmung der Wassereinwirkung auf Bindemittelüberzüge – Teil 2: Bindemittelüberzug aus Kaltbitumen, 2006).....243

DIN 52006-3 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Prüfverfahren zur Bestimmung der Wassereinwirkung auf Bindemittelüberzüge – Teil 3: Bindemittelüberzug aus Fluxbitumen, 2006) 243

DIN 52007-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Viskosität – Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Auswertung, 2006).....254

DIN 52007-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Viskosität – Teil 2: Messung mit dem Kugelzieh-Viskosimeter, 2006) 254

DIN 52008 (Prüfverfahren für Naturstein – Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit, 2006) .277, 356, 373

DIN 52009 (Prüfverfahren für Gesteinskörnungen – Bestimmung der Wasseraufnahme unter Druck, 2006) 333

DIN 52013 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Duktilität, 2007) –

DIN 52018 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Thermische Beanspruchung in einer Wärmekammer und Bestimmung der Masseänderung durch thermische Beanspruchung, 2005) –

DIN 52096 (Prüfung von Füllern für den Straßenbau; Prüfung der versteifenden Wirkung auf Bitumen, 1987) –

DIN 52098 (Prüfverfahren für Gesteinskörnungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung, 2005).....231

DIN 52099 (Prüfung von Gesteinskörnungen – Prüfung auf Reinheit, 2005) –

DIN 52100-2 (Naturstein – Gesteinskundliche Untersuchungen – Allgemeines und Übersicht, 2007) ...262

DIN 52101 (Prüfverfahren für Gesteinskörnungen – Probenahme, 2005).....50

DIN 52102 (Prüfverfahren für Gesteinskörnungen – Bestimmung der Trockenrohdichte mit dem Messzylinderverfahren und Berechnung des Dichtigkeitsgrades, 2006) 262

DIN 52106 (Prüfung von Gesteinskörnungen – Untersuchungsverfahren zur Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit, 2004) 185

DIN 52108 (Prüfung anorganischer nichtmetallischer Werkstoffe – Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme – Schleifscheiben-Verfahren, 2010) .. 131

DIN 52115-2 (Prüfung von Gesteinskörnungen – Teil 2: Schlagversuch an gebrochenen Gesteinskörnungen größer 32 mm, Entwurf 2008) –

DIN 52123 (Prüfung von Bitumen- und Polymerbitumenbahnen, 1985) –

DIN 52161-1 (Prüfung von Holzschutzmitteln – Nachweis von Holzschutzmitteln im Holz – Probenahme aus verbautem Holz, 2006) 50

DIN 52161-7 (Prüfung von Holzschutzmitteln; Nachweis von Holzschutzmitteln im Holz; Bestimmung des Gehaltes von kupfer- und chromhaltigen Holzschutzmitteln, 1985).....161, 174

DIN 52170-1 (Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Allgemeines, Begriffe, Probenahme, Trockenrohdichte, 1980).....156

DIN 52170-2 (Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Salzsäureunlöslicher und kalkstein- und/oder dolomithaltiger Zuschlag, Ausgangsstoffe nicht verfügbar, 1980) 156

DIN 52170-3 (Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Salzsäureunlöslicher Zuschlag, Ausgangsstoffe nicht verfügbar, 1980).....156

DIN 52170-4 (Bestimmung der Zusammensetzung von erhärtetem Beton; Salzsäurelöslicher und/oder

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

-unlöslicher Zuschlag, Ausgangsstoffe vollständig oder teilweise verfügbar, 1980) 156

DIN 52182 (Prüfung von Holz; Bestimmung der Rohdichte, 1976).....260

DIN 52184 (Prüfung von Holz; Bestimmung der Quellung und Schwindung, 1979).....141

DIN 52185 (Prüfung von Holz; Bestimmung der Druckfestigkeit parallel zur Faser, 1976) 98

DIN 52186 (Prüfung von Holz; Biegeversuch, 1978)... 111

DIN 52187 (Prüfung von Holz; Bestimmung der Scherfestigkeit in Faserrichtung, 1979).....119

DIN 52188 (Prüfung von Holz; Bestimmung der Zugfestigkeit parallel zur Faser, 1979).....103

DIN 52189-1 (Prüfung von Holz; Schlagbiegeversuch; Bestimmung der Bruchschlagarbeit, 1981)..126

DIN 52192 (Prüfung von Holz; Druckversuch quer zur Faserrichtung, 1979) 98

DIN 52210-6 (Bauakustische Prüfungen; Luft- und Trittschalldämmung; Bestimmung der Schachtpegeldifferenz, 1989) –

DIN 52221 (Bauakustische Prüfungen – Körperschallmessungen bei haustechnischen Anlagen, 2006) 251

DIN 52251-2 (Indirekte Prüfverfahren zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Dachziegeln; Bestimmung der Wasseraufnahme, 1987) 355

DIN 52251-3 (Indirekte Prüfverfahren zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Dachziegeln; Bestimmung des Tränkungswertes, 1987) 355

DIN 52251-5 (Indirekte Prüfverfahren zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Dachziegeln; Bestimmung der Trocken- und Brennschwindung, 1987) 355

DIN 52252-1 (Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Vormauerziegeln und Klinkern; Allseitige Befrostung von Einzelziegeln, 1986) 254

DIN 52252-2 (Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Vormauerziegeln und Klinkern; Befrostung von Ziegeln in Prüfblöcken, 1986).....254

DIN V 52252-3 (Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Vormauerziegeln und Klinkern – Teil 3: Einseitige Befrostung von Prüfwänden, 2005) 254

DIN 52253 Beiblatt 1 (Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit; Dachziegel, Vormauerziegel und Klinker; Hinweise für die Durchführung der Prüfungen, 1990) . 254

DIN 52338 (Prüfverfahren für Flachglas im Bauwesen; Kugelfallversuch für Verbundglas, 1985).....126

DIN 52450 (Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern, 1985).....141

DIN 52451-1 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen – Teil 1: Bestimmung der Änderung von Masse und Volumen selbstverlaufender Dichtstoffe, 2007) –

DIN 52452-1 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen; Verträglichkeit der Dichtstoffe; Verträglichkeit mit anderen Baustoffen, 1989) 372

DIN 52452-2 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen; Verträglichkeit der Dichtstoffe; Verträglichkeit mit Chemikalien, 1983).....372

DIN 52452-4 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen; Verträglichkeit der Dichtstoffe – Teil 4: Verträglichkeit mit Beschichtungssystemen, 2008) 372

DIN 52455-1 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen – Haft- und Dehnversuch – Teil 1: Beanspruchung durch Normalklima, Wasser oder höhere Temperaturen, 2003) 372, 377

DIN 52455-3 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen – Haft- und Dehnversuch – Teil 3: Einwirkung von Licht durch Glas, 1998) –

DIN 52459 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen; Bestimmung der Wasseraufnahme von Hinterfüllmaterial; Rückhaltevermögen, 1981) –

DIN 52461 (Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen – Regenbeständigkeit von frisch verarbeitetem, spritzfähigem Dichtstoff, 2000) –

DIN 52612-2 (Wärmeschutztechnische Prüfungen; Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät – Teil 2: Weiterbehandlung der Messwerte für die Anwendung im Bauwesen, 1984) 329

DIN 52612-3 (Wärmeschutztechnische Prüfungen; Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät – Teil 3: Wärmedurchlaßwiderstand geschichteter Materialien für die Anwendung im Bauwesen, 1979) 329

DIN 53019-1 (Viskosimetrie – Messung von Viskositäten und Fließkurven mit Rotationsviskosimetern – Teil 1: Grundlagen und Messgeometrie, 2008)...256

DIN 53019-2 (Viskosimetrie – Messung von Viskositäten und Fließkurven mit Rotationsviskosimetern – Teil 2: Viskosimeterkalibrierung und Ermittlung der Messunsicherheit, 2001) 256

DIN 53019-3 (Viskosimetrie – Messung von Viskositäten und Fließkurven mit Rotationsviskosimetern – Teil 3: Messabweichungen und Korrektionen, 2008) 256

DIN 53122-1 (Prüfung von Kunststoff-Folien, Elastomerfolien, Papier, Pappe und anderen Flächengebilden – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit – Teil 1: Gravimetrisches Verfahren, 2001) 314

DIN 53150 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Trockengrades von Beschichtungen (Abgewandeltes Bandow-Wolff-Verfahren), 2002) –

DIN 53159 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Kreidungsgrades von Beschichtungen nach Kempf, 2010) –

DIN 53215 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Gehaltes an nichtflüchtigen Bestandteilen von bitumenhaltigen Beschichtungsstoffen, 1998) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 53219 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Volumens nichtflüchtiger Anteile – Verfahren durch Bestimmung der praktischen Trockenfilmdichte, 2009) –

DIN 53221 (Beschichtungsstoffe – Prüfung von Beschichtungen auf Überarbeitbarkeit, 2005) –

DIN 53233 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Abriebverhaltens von dekontaminierbaren Beschichtungen – Fallrohr-Verfahren, 2003) –

DIN 53240-2 (Bestimmung der Hydroxylzahl – Teil 2: Verfahren mit Katalysator, 2007) 184

DIN 53255 (Prüfung von Holzleimen und Holzverleimungen; Bestimmung der Bindefestigkeit von Sperrholzleimungen (Furnier- und Tischlerplatten) im Zugversuch und im Aufstechversuch, 1964) –

DIN 53357 (Prüfung von Kunststoffbahnen und -folien; Trennversuch der Schichten, 1982).....117

DIN 53438-1 (Prüfung von brennbaren Werkstoffen; Verhalten beim Beflammen mit einem Brenner; Allgemeine Angaben, 1984) 338

DIN 53438-2 (Prüfung von brennbaren Werkstoffen; Verhalten beim Beflammen mit einem Brenner; Kantenbeflammung, 1984).....338

DIN 53438-3 (Prüfung von brennbaren Werkstoffen; Verhalten beim Beflammen mit einem Brenner; Flächenbeflammung, 1984).....338

DIN 53504 (Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch, 2009) 103

DIN 53505 (Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Härteprüfung nach Shore A und Shore D, 2000)130

DIN 53545 (Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung des Verhaltens von Elastomeren bei tiefen Temperaturen (Kälteverhalten); Grundlagen, Prüfverfahren, 1990) –

DIN 53598-1 (Statistische Auswertung an Stichproben mit Beispielen aus der Elastomer- und Kunststoffprüfung, 1983) 43

DIN 53752 (Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten, 1980) 139

DIN 53754 (Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des Abriebs nach dem Reibradverfahren, 1977)...134

DIN 53765 (Prüfung von Kunststoffen und Elastomeren; Thermische Analyse; Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK), 1994) 205

DIN 53769-1 (Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Bestimmung der Haft-Scherfestigkeit von Rohrleitungsteilen entsprechend Rohrtyp B, 1988) 101

DIN 53769-2 (Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Zeitstand-Innendruckversuch an Rohren, 1986).....101

DIN 53769-3 (Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Kurzzeit- und Langzeit-Scheiteldruckversuch an Rohren, 1988) 101

DIN 53769-6 (Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Innendruck-Schwellversuche an Rohren und Rohrleitungsteilen, 1989) ...101

DIN 53803-1 (Probenahme; Statistische Grundlagen der Probenahme bei einfacher Aufteilung, 1991) 43

DIN 53803-2 (Probenahme; Praktische Durchführung, 1994) 43

DIN 53803-3 (Probenahme; Statistische Grundlagen der Probenahme bei zweifacher Aufteilung nach zwei gleichberechtigten Gesichtspunkten, 1984) 43

DIN 53803-4 (Probenahme; Statistische Grundlagen der Probenahme bei zweifacher Aufteilung nach zwei einander nachgeordneten Gesichtspunkten, 1984) 43

DIN 53804-1 (Statistische Auswertung – Teil 1: Kontinuierliche Merkmale, 2002, Berichtigung 1, 2003, Berichtigung 2, 2007) 43

DIN 53804-2 (Statistische Auswertungen; Zählbare (diskrete) Merkmale, 1985).....43

DIN 53804-3 (Statistische Auswertungen; Ordinalmerkmale, 1982).....43

DIN 53804-4 (Statistische Auswertungen; Attributmerkmale, 1985).....43

DIN 54130 (Zerstörungsfreie Prüfung; Magnetische Streufluß-Verfahren, Allgemeines, 1974).....93

DIN 54190-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Thermografische Prüfung; Allgemeine Grundlagen, 2004)290

DIN 54190-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Thermografische Prüfung; Geräte. 2011) 290

DIN 54190-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Thermografische Prüfung; Begriffe, 2006).....290

DIN 54192 (Zerstörungsfreie Prüfung – Aktive Thermografie, 2010) 290

DIN 54332 (Prüfung von Textilien; Bestimmung des Brennverhaltens von textilen Fußbodenbelägen, 1975) 338

DIN 54333-1 (Prüfung von Textilien; Bestimmung des Brennverhaltens; Waagerecht-Methode; Zündung durch Kantenbeflammung, 1981) 338

DIN 54334 (Prüfung von Textilien; Bestimmung des Brennverhaltens, Zündzeit, Kantenbeflammung, 1975) 338

DIN 54335 (Prüfung von Textilien; Bestimmung des Brennverhaltens, 45°-Methode, Zündung durch Kantenbeflammung, 1977).....338

DIN 54345-1 (Prüfung von Textilien; Elektrostatisches Verhalten; Bestimmung elektrischer Widerstandsgrößen, 1992) 298

DIN 54345-3 (Prüfung von Textilien; Elektrostatisches Verhalten; Apparative Bestimmung der Aufladung textiler Fußbodenbeläge, 1985).....298

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN 54345-4 (Prüfung von Textilien; Elektrostatisches Verhalten; Bestimmung der elektrostatischen Aufladbarkeit textiler Flächengebilde, 1985) 298

DIN 54345-5 (Prüfung von Textilien; Elektrostatisches Verhalten; Bestimmung des elektrischen Widerstandes an Streifen aus textilen Flächengebilden, 1985)... 298

DIN 55303-1 (Statistische Auswertung von Daten; Testverfahren und Vertrauensbereiche für Erwartungswerte und Varianzen, 1984, Beiblatt 1, 1984).43

DIN 55303-7 (Statistische Auswertung von Daten – Teil 7: Schätz- und Testverfahren bei zweiparametriger Weibull-Verteilung, 1996) 43

DIN 55350 (Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik, mehrere Teile, 1982-2008).....43

DIN 55670 (Beschichtungsstoffe – Prüfung von Beschichtungen auf Poren und Risse mit Hochspannung, 2011).....93

DIN 60500-4 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Teil 4: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene unter Auflast bei konstantem hydraulischen Höhenunterschied, 2007).....323

DIN 60500-8 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Teil 8: Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts bei radialer Durchströmung in der Ebene, 2007) 323

DIN 65467 (Luft- und Raumfahrt – Prüfung von Reaktionsharzsystemen mit und ohne Verstärkung – DSC-Verfahren, 1999).....205, 208

DIN 66126-1 (Bestimmung der spezifischen Oberfläche disperser Feststoffe mit Durchströmungsverfahren; Grundlagen, 1989) 233

DIN 66126-2 (Bestimmung der spezifischen Oberfläche disperser Feststoffe mit Durchströmungsverfahren; Verfahren und Gerät nach Blaine, 1989).....233

DIN 66133 (Bestimmung der Porenvolumenverteilung und der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Quecksilberintrusion, 1993).....274

DIN 66134 (Bestimmung der Porengrößenverteilung und der spezifischen Oberfläche mesoporöser Feststoffe durch Stickstoffsorption – Verfahren nach Barrett, Joyner und Halenda (BJH), 1998) 275

DIN 66135-1 (Partikelmesstechnik – Mikroporenanalyse mittels Gasadsorption – Teil 1: Grundlagen und Messverfahren, 2001).....275

DIN 66135-2 (Partikelmesstechnik – Mikroporenanalyse mittels Gasadsorption – Teil 2: Bestimmung des Mikroporenvolumens und der spezifischen Oberfläche durch Isothermenvergleich, 2001) 275

DIN 66135-3 (Partikelmesstechnik – Mikroporenanalyse mittels Gasadsorption – Teil 3: Bestimmung des Mikroporenvolumens nach Dubinin und Radushkevich, 2001).....275

DIN 66135-4 (Partikelmesstechnik – Mikroporenanalyse mittels Gasadsorption – Teil 4: Bestimmung der Porenverteilung nach Horvath-Kawazoe und Saito-Foley, 2001).....275

DIN 66144 (Darstellung von Korn-(Teilchen-)größenverteilungen; Logarithmisches Normalverteilungsnetz, 1974).....229

DIN 66145 (Darstellung von Korn-(Teilchen-)größenverteilungen; RRSB-Netz, 1976) 229

DIN 66161 (Partikelgrößenanalyse – Formelzeichen, Einheiten, 2010) –

DIN 66165-1 (Partikelgrößenanalyse; Siebanalyse; Grundlagen, 1987).....231

DIN 66165-2 (Partikelgrößenanalyse; Siebanalyse; Durchführung, 1987) –

DIN 68365 (Schnittholz für Zimmererarbeiten – Sortierung nach dem Aussehen – Nadelholz, 2008)...267

DIN 68800-4 (Holzschutz – Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten, Entwurf 2009).....385

DIN CEN/TS siehe unter CEN/TS

DIN EN siehe unter EN-Normen

DIN EN ISO siehe unter ISO Normen

DIN EN ISO/IEC siehe unter ISO Normen

DIN Fachbericht siehe unter DIN-Normen

DIN Fachbericht CEN/TR siehe unter CEN/TR

DIN IEC siehe unter IEC-Normen

DIN ISO siehe unter ISO Normen

DIN V siehe unter DIN-Normen

DVGW-Publikationen (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.)

DVGW Arbeitsblatt W 270 (Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung, 2007).....224

DVGW Arbeitsblatt W 347 (Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung, 2006, Beiblatt 1 Entwurf 2009) 224

DVS-Publikationen (Deutscher Verband für Schweißen)

DVS 2203-1 (Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Prüfverfahren – Anforderungen, 2003, mehrere Beiblätter) –

DVS 2203-2 (Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Zugversuch, 2010, Beiblatt 1, 2010) –

DVS 2203-3 (Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Schlagzugversuch, Entwurf 2010) –

DVS 2203-4 (Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Zeitstand-Zugversuch, 1997, mehrere Beiblätter) –

DVS 2203-5 (Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Technologischer Biegeversuch, 1999) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DVS 2203-6 (Prüfen von Fügeverbindungen aus polymeren Werkstoffen – Scher- und Schälversuche, 2006, mehrere Beiblätter) –

DVS 2211 (Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Schweißzusätze – Kennzeichnung, Anforderungen, Prüfungen, 2005) –

DVS 2226-1 (Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Prüfverfahren, Anforderungen, 2000) –

DVS 2226-2 (Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Zugscherversuch, 1997) –

DVS 2226-3 (Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Schälversuch, 1997) –

DVS 2226-4 (Prüfen von Fügeverbindungen an Dichtungsbahnen aus polymeren Werkstoffen – Zeitstand-Zugversuch an Polyethylen, 2000) –

DVWK siehe unter DWA-Publikationen

DWA-Publikationen (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.)

Arbeitsblatt DWA-A 139 (Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, 2009) –

Merkblatt ATV-M 143-2 (Optische Inspektion – Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen, 1999).....265

Merkblatt ATV-M 143-6 (Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 6: Dichtheitsprüfungen bestehender erdüberschütteter Abwasserleitungen und -kanäle und Schächte mit Wasser, Luftüber- und Unterdruck, 2006) –

Merkblatt DWA-M 143-17 (Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 17: Beschichtung von Abwasserleitungen, -kanälen und Schächten mit zementgebundenen mineralischen Mörteln, 2006) 366

Merkblatt DWA-M 143-20 (Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 20: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren; Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfempfehlungen – Schlauchliningverfahren und Kurzliner, 2005) –

Merkblatt DWA-M 149-2 (Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion, 2006) –

Merkblatt DWA-M 149-3 (Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 3: Zustandsklassifizierung und -bewertung, 2007, Berichtigung 2008) –

Merkblatt DWA-M 149-4 (Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten und Hohlräumen mittels geophysikalischer Verfahren, 2008).....283

Merkblatt DWA-M 149-5 (Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Optische Inspektion, 2010)265

Merkblatt DWA-M 168 (Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserableitung, 2010, Berichtigung 2010) –

Merkblatt DWA-M 211 (Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken in kommunalen Kläranlagen, 2008) –

Merkblatt DWA-M 514 (Bauwerksüberwachung an Talsperren, 2011).....89

EN-Normen

DIN **EN** 48 (Holzschutzmittel – Bestimmung der bekämpfenden Wirkung gegenüber Larven von Anobium punctatum (De Geer) (Laboratoriumsverfahren), 2005) 385

DIN **EN** 58 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Probenahme bitumenhaltiger Bindemittel, Entwurf 2009) 51

DIN **EN** 59 (Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Bestimmung der Härte mit dem Barcol-Härteprüfgerät, 1977) 130

DIN **EN** 73 (Holzschutzmittel; Beschleunigte Alterung von behandeltem Holz vor biologischen Prüfungen; Verdunstungsbeanspruchung, 1990).....64

DIN **EN** 81-58 (Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Überprüfung und Prüfverfahren – Teil 58: Prüfung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Fahrschachttüren, 2003).....345

DIN **EN** 84 (Holzschutzmittel – Beschleunigte Alterung von behandeltem Holz vor biologischen Prüfungen – Auswaschbeanspruchung, 1997) –

DIN **EN** 113 (Holzschutzmittel – Prüfverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen holzzerstörende Basidiomyceten – Bestimmung der Grenze der Wirksamkeit, 1996, Änderung A1, 2004) –

DIN **EN** 120 (Holzwerkstoffe; Bestimmung des Formaldehydgehaltes; Extraktionsverfahren genannt Perforatormethode, 1992) 59, 186

DIN **EN** 124 (Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen, Entwurf 2007).....126

DIN **EN** 196-1 (Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit, 2005)..53, 54, 96, 97, 98, 110

DIN **EN** 196-2 (Prüfverfahren für Zement – Teil 2: Chemische Analyse von Zement, 2005).....157, 159

DIN **EN** 196-3 (Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit, 2009) 251, 357, 358

DIN **EN** 196-5 (Prüfverfahren für Zement – Teil 5: Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanzementen, Enwurf 2010) 160

DIN **EN** 196-6 (Prüfverfahren für Zement – Teil 6: Bestimmung der Mahlfeinheit, 2010).....231, 233

DIN **EN** 196-7 (Prüfverfahren für Zement – Teil 7: Verfahren für die Probenahme und Probenauswahl von Zement, 2008) 50, 52, 227

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 196-8 (Prüfverfahren für Zement – Teil 8: Hydratationswärme – Lösungsverfahren, 2010)....227

DIN **EN** 196-9 (Prüfverfahren für Zement – Teil 9: Hydratationswärme – Teiladiabatisches Verfahren, 2010) 227

DIN **EN** 196-10 (Prüfverfahren für Zement – Teil 10: Bestimmung des Gehaltes an wasserlöslichem Chrom (VI) in Zement, 2006).....186

DIN **EN** 200 (Sanitärarmaturen – Auslaufventile und Mischbatterien für Wasserversorgungssysteme vom Typ 1 und Typ 2 – Allgemeine technische Spezifikation, 2008) –

DIN **EN** 205 (Klebstoffe – Holzklebstoffe für nichttragende Anwendungen – Bestimmung der Klebfestigkeit von Längsklebungen im Zugversuch, 2003) –

DIN **EN** 206-1 (Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, 2001, Änderung 1, 2004, Änderung 2, 2005).....99, 240, 367

DIN **EN** 206-9 (Beton – Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB), 2010) –

DIN **EN** 212 (Holzschutzmittel – Allgemeine Anleitung für die Probenahme und Probenvorbereitung von Holzschutzmitteln und von behandeltem Holz für die Analyse, 2003).....47, 304

DIN **EN** 295-3 (Steinzeugrohrsysteme für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 3: Prüfverfahren, Entwurf 2010) 98, 101, 111, 121, 136, 146, 150, 295, 325, 357, 369

DIN **EN** 310 (Holzwerkstoffe; Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls und der Biegefestigkeit, 1993) 111

DIN **EN** 311 (Holzwerkstoffe – Abhebefestigkeit der Oberfläche – Prüfverfahren, 2002).....107

DIN **EN** 314-1 (Sperrholz – Qualität der Verklebung – Teil 1: Prüfverfahren, 2005) 120

DIN **EN** 317 (Spanplatten und Faserplatten; Bestimmung der Dickenquellung nach Wasserlagerung, 1993) 141

DIN **EN** 318 (Holzwerkstoffe – Bestimmung von Maßänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte, 2002).....141

DIN **EN** 319 (Spanplatten und Faserplatten; Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene, 1993) 103

DIN **EN** 322 (Holzwerkstoffe; Bestimmung des Feuchtegehaltes, 1993).....304

DIN **EN** 323 (Holzwerkstoffe; Bestimmung der Rohdichte, 1993).....260

DIN **EN** 324-1 (Holzwerkstoffe; Bestimmung der Plattenmaße; Teil 1: Bestimmung der Dicke, Breite und Länge, 1993) –

DIN **EN** 324-2 (Holzwerkstoffe; Bestimmung der Plattenmaße; Teil 2: Bestimmung der Rechwinkligkeit und der Kantengeradheit, 1993) –

DIN **EN** 325 (Holzwerkstoffe – Bestimmung der Maße der Prüfkörper, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 326-1 (Holzwerkstoffe – Probenahme, Zuschnitt und Überwachung – Teil 1: Probenahme und Zuschnitt der Prüfkörper sowie Angabe der Prüfergebnisse, 1994).....50

DIN **EN** 326-2 (Holzwerkstoffe – Probenahme, Zuschnitt und Überwachung – Teil 2: Erstprüfung des Produktes und werkseigene Produktionskontrolle, 2010) –

DIN **EN** 326-3 (Holzwerkstoffe – Probenahme, Zuschnitt und Überwachung – Teil 3: Abnahmeprüfung eines einzelnen Loses von Platten, 2004) –

DIN **EN** 350-1 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz – Teil 1: Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz, 1994) ...385

DIN **EN** 350-2 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz – Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa, 1994) 385

DIN **EN** 351-1 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz – Teil 1: Klassifizierung der Schutzmitteleindringung und -aufnahme, 2007) –

DIN **EN** 351-2 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz – Teil 2: Leitfaden zur Probenentnahme für die Untersuchung des mit Holzschutzmitteln behandelten Holzes, 2007) 50

DIN **EN** 356 (Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff, 2000)..... 127

DIN **EN** 380 (Holzbauwerke; Prüfverfahren; Allgemeine Grundsätze für die Prüfung unter statischen Belastungen, 1993) 153

DIN **EN** 383 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Bestimmung der Lochleibungsfestigkeit und Bettungswerte für stiftförmige Verbindungsmittel, 2007) 109

DIN **EN** 391 (Brettschichtholz – Delaminierungsprüfung von Klebstofffugen, 2002) –

DIN **EN** 392 (Brettschichtholz – Scherprüfung der Leimfugen, 1996).....119

DIN **EN** 408 (Holzbauwerke – Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz – Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften, 2010) 98, 102, 111, 119, 120, 123

DIN **EN** 410 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen, 1998) 301

DIN **EN** 413-2 (Putz- und Mauerbinder – Teil 2: Prüfverfahren, 2005) 240, 241, 246, 247, 251

DIN **EN** 423 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung der Fleckenempfindlichkeit, 2002).....370

DIN **EN** 424 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung des Verhaltens bei einer nachgeahmten Verschiebung eines Möbelfußes, 2002) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 425 (Elastische Bodenbeläge und Laminatböden – Stuhlrollenversuch, 2002) –

DIN **EN** 428 (Elastische Bodenbeläge; Bestimmung der Gesamtdicke, 1993) –

DIN **EN** 430 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung der flächenbezogenen Masse, 1994) –

DIN **EN** 433 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung des Resteindruckes nach konstanter Belastung, 1994) –

DIN **EN** 434 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung der Maßänderung und Schüsselung nach Wärmeeinwirkung, 1994) –

DIN **EN** 438-2 (Dekorative Hochdruck-Schichtpressstoffplatten (HPL) – Platten auf Basis härtbarer Harze (Schichtpressstoffe) – Teil 2: Bestimmung der Eigenschaften, 2005) –

DIN **EN** 444 (Zerstörungsfreie Prüfung; Grundlagen für die Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen, 1994) 280

DIN **EN** 445 (Einpressmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren, 2008) 97, 241, 247, 249

DIN **EN** 451-1 (Prüfverfahren für Flugasche – Teil 1: Bestimmung des freien Calciumoxidgehalts, 2004) 186

DIN **EN** 451-2 (Prüfverfahren für Flugasche – Teil 2: Bestimmung der Feinheit durch Naßsiebung, 1995)... 231

DIN **EN** 459-2 (Baukalk – Teil 2: Prüfverfahren, 2010) 98, 157, 184, 228, 231, 240, 241, 246, 247, 251, 260, 358

DIN **EN** 462-1 (Zerstörungsfreie Prüfung; Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen; Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg); Ermittlung der Bildgütezahl, 1994) 280

DIN **EN** 462-2 (Zerstörungsfreie Prüfung; Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen; Teil 2: Bildgüteprüfkörper (Stufe/Loch Typ); Ermittlung der Bildgütezahl, 1994) 280

DIN **EN** 462-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 3: Bildgüteklassen für Eisenwerkstoffe, 1996).....280

DIN **EN** 462-4 (Zerstörungsfreie Prüfung – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 4: Experimentelle Ermittlung von Bildgütezahlen und Bildgütetabellen, 1994).....280

DIN **EN** 462-5 (Zerstörungsfreie Prüfung – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 5: Bildgüteprüfkörper (Doppel-Drahtsteg), Ermittlung der Bildunschärfe, 1996).....280

DIN **EN** 477 (Profile aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) zur Herstellung von Fenstern und Türen – Bestimmung der Stoßfestigkeit von Hauptprofilen mittels Fallbolzen, 1995) –

DIN **EN** 478 (Profile aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) zur Herstellung von Fenstern und Türen – Bestimmung des Verhaltens nach Lagerung bei 150 °C – Prüfverfahren, 1995) –

DIN **EN** 479 (Profile aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) zur Herstellung von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmeschrumpfes, 1995) –

DIN **EN** 480-1 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 1: Referenzbeton und Referenzmörtel für Prüfungen, 2007, Änderung 1, 2010) 55

DIN **EN** 480-2 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung der Erstarrungszeit, 2006).....251

DIN **EN** 480-4 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung der Wasserabsonderung des Betons (Bluten), 2006) . 241

DIN **EN** 480-5 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 5: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme, 2005).....320

DIN **EN** 480-6 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 6: Infrarot-Untersuchung, 2005).....212

DIN **EN** 480-8 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 8: Bestimmung des Feststoffgehalts, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 480-10 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 10: Bestimmung des wasserlöslichen Chloridgehaltes, 2010) 159

DIN **EN** 480-11 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 11: Bestimmung von Luftporenkennwerten in Festbeton, 2005).. 159, 267

DIN **EN** 480-12 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 12: Bestimmung des Alkaligehalts von Zusatzstoffen, 2005) Hinweis: der Titel der Norm ist falsch. Gegenstand ist die Analyse von Zusatzmitteln 174

DIN **EN** 480-13 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 13: Referenz-Baumörtel für die Prüfung von Zusatzmitteln für Mauerwerksmörtel, 2010, Änderung 1, 2010) 54

DIN **EN** 480-14 (Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 14: Bestimmung des Korrosionsverhaltens von Stahl in Beton – Elektrochemische Prüfung bei gleichbleibendem Potenzial, 2007).....382

DIN **EN** 491 (Dach- und Formsteine aus Beton für Dächer und Wandbekleidungen – Prüfverfahren, 2005, Berichtigung 1, 2007) 111, 324, 354

DIN **EN** 492 (Faserzement-Dachplatten und dazugehörige Formteile – Produktspezifikation und Prüfverfahren, Entwurf 2010)..... 111, 262, 324, 354, 374

DIN **EN** 494 (Faserzement-Wellplatten und dazugehörige Formteile – Produktspezifikation und Prüfverfahren, Entwurf 2010)..... 111, 262, 324, 354, 374

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 495-5 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Verhaltens beim Falzen bei tiefen Temperaturen – Teil 5: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2001) 113

DIN **EN** 512 (Faserzementprodukte – Druckrohre und Verbindungen, 1994, Änderung 1 2002) –

DIN **EN** 513 (Profile aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) zur Herstellung von Fenstern und Türen – Bestimmung der Wetterechtheit und Wetterbeständigkeit durch künstliche Bewitterung, 1999) –

DIN **EN** 514 (Profile aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) zur Herstellung von Fenstern und Türen – Bestimmung der Festigkeit verschweißter Ecken und T-Verbindungen, 2000) –

DIN **EN** 520 (Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung, 2009)..... 111, 120, 130, 260, 304, 334, 340

DIN **EN** 524-1 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder – Prüfverfahren – Teil 1: Ermittlung der Formen und Maße, 1997) –

DIN **EN** 524-2 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung des Biegeverhaltens, 1997) –

DIN **EN** 524-3 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder – Prüfverfahren – Teil 3: Hin- und Herbiegeversuch, 1997) –

DIN **EN** 524-4 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung der Querbelastbarkeit, 1997) –

DIN **EN** 524-5 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder – Prüfverfahren – Teil 5: Bestimmung der Zugfestigkeit, 1997) –

DIN **EN** 524-6 (Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder – Prüfverfahren – Teil 6: Bestimmung der Dichtheit (Bestimmung des Wasserverlustes), 1997) –

DIN **EN** 538 (Tondachziegel für überlappende Verlegung – Prüfung der Biegetragfähigkeit, 1994)..... 111

DIN **EN** 539-1 (Dachziegel für überlappende Verlegung – Bestimmung der physikalischen Eigenschaften – Teil 1: Prüfung der Wasserundurchlässigkeit, 2005) 324

DIN **EN** 539-2 (Tondachziegel für überdeckende Verlegung – Bestimmung der physikalischen Eigenschaften – Teil 2: Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit, 2006, Berichtigung 1, 2009).....260, 334, 354

DIN **EN** 543 (Klebstoffe – Bestimmung der Schüttdichte von Pulver- und Granulat-Klebstoffen, 2003).... 260

DIN **EN** 545 (Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren, 2011) –

DIN **EN** 571-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 1997) 92

DIN **EN** 583-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, 1998) 288

DIN **EN** 583-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 2: Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung, 2001).....288

DIN **EN** 583-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 3: Durchschallungstechnik, 1997) 288

DIN **EN** 583-4 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 4: Prüfung auf Inhomogenität senkrecht zur Oberfläche, 2002) 288

DIN **EN** 583-5 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 5: Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten, 2001) 288

DIN **EN** 583-6 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 6: Beugungslaufzeittechnik, eine Technik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten, 2009).....288

DIN **EN** 588-1 (Faserzementrohre für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 1: Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke für Freispiegelleitungen, 1996) –

DIN **EN** 588-2 (Faserzementrohre für Abwasserkanäle und Abwasserleitungen – Teil 2: Einsteig- und Kontrollschächte, 2002) –

DIN **EN** 594 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Wandscheiben-Tragfähigkeit und -Steifigkeit von Wandelementen in Holztafelbauart, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 595 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Prüfung von Fachwerkträgern zur Bestimmung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens, 1996) –

DIN **EN** 596 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Prüfung von Wänden in Holztafelbauart bei weichem Stoß, 1996) –

DIN **EN** 598 (Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren, 2009) –

DIN **EN** 599-1 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Wirksamkeit von Holzschutzmitteln wie sie durch biologische Prüfungen ermittelt wird – Teil 1: Spezifikation entsprechend der Gebrauchsklasse, 2009) 385

DIN **EN** 660-1 (Elastische Bodenbeläge – Ermittlung des Verschleißverhaltens – Teil 1: Stuttgarter Prüfung, 1999, Änderung 1, 2003).....134

DIN **EN** 660-2 (Elastische Bodenbeläge – Ermittlung des Verschleißverhaltens – Teil 2: Frick-Taber-Prüfung, 1999, Änderung 1, 2003).....134

DIN **EN** 673 (Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Berechnungsverfahren, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 674 (Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Verfahren mit dem Plattengerät, Entwurf 2010).....327, 328

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 675 (Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Wärmestrommesser-Verfahren, Entwurf 2010).....328

DIN **EN** 678 (Bestimmung der Trockenrohdichte von dampfgehärtetem Porenbeton, 1994).....260

DIN **EN** 679 (Bestimmung der Druckfestigkeit von dampfgehärtetem Porenbeton, 2005).....98

DIN **EN** 680 (Bestimmung des Schwindens von dampfgehärtetem Porenbeton, 2006).....141

DIN **EN** 717-1 (Holzwerkstoffe – Bestimmung der Formaldehydabgabe – Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode, 2005).....225

DIN **EN** 717-2 (Holzwerkstoffe – Bestimmung der Formaldehydabgabe – Teil 2: Formaldehydabgabe nach der Gasanalyse-Methode, 1995, Berichtigung 1, 2003) 225

DIN **EN** 717-3 (Holzwerkstoffe – Bestimmung der Formaldehydabgabe – Teil 3: Formaldehydabgabe nach der Flaschen-Methode, 1996).....225

DIN **EN** 725-5 (Hochleistungskeramik – Prüfverfahren für keramische Pulver – Teil 5: Bestimmung der Teilchengrößenverteilung, 2007) 229

DIN **EN** 728 (Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre und Formstücke aus Polyolefinen – Bestimmung der Oxidations-Induktionszeit, 1997) 207

DIN **EN** 744 (Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre aus Thermoplasten – Prüfverfahren für die Widerstandsfähigkeit gegen äußere Schlagbeanspruchung im Umfangsverfahren, 1995) .. 126

DIN **EN** 761 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Bestimmung des Kriechfaktors im trockenen Zustand, 1994).....146

DIN **EN** 772-1 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit, Entwurf 2010) .98

DIN **EN** 772-4 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 4: Bestimmung der Dichte und der Rohdichte sowie der Gesamtporosität und der offenen Porosität von Mauersteinen aus Naturstein, 1998) 276, 304, 333

DIN **EN** 772-5 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 5: Bestimmung des Gehaltes an aktiven löslichen Salzen von Mauerziegeln, 2002).....59, 157, 174

DIN **EN** 772-6 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 6: Bestimmung der Biegezugfestigkeit von Mauersteinen aus Beton, 2002)..... 111

DIN **EN** 772-10 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 10: Bestimmung des Feuchtegehaltes von Kalksandsteinen und Mauersteinen aus Porenbeton, 1999) –

DIN **EN** 772-11 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 11: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von Mauersteinen aus Beton, Porenbetonsteinen, Betonwerksteinen und Natursteinen sowie der anfänglichen Wasseraufnahme von Mauerziegeln, 2010) 304, 318, 320

DIN **EN** 772-13 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 13: Bestimmung der Netto- und Brutto-Trockenrohdichte von Mauersteinen (außer Natursteinen), 2000) 263, 304

DIN **EN** 772-14 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 14: Bestimmung der feuchtebedingten Formänderung von Mauersteinen aus Beton und Betonwerksteinen, 2002).....141

DIN **EN** 772-15 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 15: Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Porenbetonsteinen, 2000) 314

DIN **EN** 772-18 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 18: Bestimmung des Frostwiderstandes von Kalksandsteinen, 2010).....354

DIN **EN** 772-19 (Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 19: Bestimmung der Feuchtedehnung von horizontal gelochten großen Mauerziegeln, 2000).....143

DIN **EN** 789 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Holzwerkstoffen, 2005)..... 50, 98, 103, 111, 120

DIN **EN** 821-1 (Hochleistungskeramik – Monolithische Keramik – Thermophysikalische Eigenschaften – Teil 1: Bestimmung der thermischen Längenänderung, 1995) 139

DIN **EN** 821-2 (Hochleistungskeramik – Monolithische Keramik, Thermophysikalische Eigenschaften – Teil 2: Messung der Temperaturleitfähigkeit mit dem Laserflash (oder Wärmepuls-) Verfahren, 1997) ...330

DIN **EN** 821-3 (Hochleistungskeramik – Monolithische Keramik – Thermophysikalische Eigenschaften – Teil 3: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität, 2005) 208

DIN **EN** 822 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Länge und Breite, 1994) –

DIN **EN** 823 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dicke, 1994) –

DIN **EN** 824 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen; Bestimmung der Rechtwinkligkeit, 1994) –

DIN **EN** 825 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Ebenheit, 1994) –

DIN **EN** 826 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung, 1996).....98

DIN **EN** 828 (Klebstoffe – Benetzbarkeit – Bestimmung durch Messung des Kontaktwinkels und der freien Oberflächenenergie fester Oberflächen, 2010) . 237

DIN **EN** 846-2 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 2: Bestimmung der Verbundfestigkeit vorgefertigter Lagerfugenbewehrung, 2000)..... 122

DIN **EN** 846-3 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 3: Bestimmung der Schubtragfähigkeit der Schweißstellen in vorgefertigter Lagerfugenbewehrung, 2000).....121

DIN **EN** 846-4 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 4: Bestimmung der Festigkeit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

und der Last-Verformungs-Eigenschaften von Bändern, 2005) –

DIN **EN** 846-5 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 5: Bestimmung der Zug- und Drucktragfähigkeit sowie der Steifigkeit von Mauerankern (Steinpaar-Prüfung, Entwurf 2010).....121

DIN **EN** 846-6 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 6: Bestimmung der Zug- und Drucktragfähigkeit sowie der Steifigkeit von Mauerankern (Einseitige Prüfung), Entwurf 2010) –

DIN **EN** 846-7 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 7: Bestimmung der Schubtragfähigkeit und der Steifigkeit von Mauerverbindern (Steinpaar-Prüfung in Mörtelfugen, Entwurf 2010)121

DIN **EN** 846-8 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 8: Bestimmung der Tragfähigkeit und der Last-Verformungseigenschaften von Balkenauflagern, 2006) –

DIN **EN** 846-9 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 9: Bestimmung der Biege- und Schubwiderstandsfähigkeit von Stürzen, 2000) –

DIN **EN** 846-10 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 10: Bestimmung der Tragfähigkeit und der Last-Verformungseigenschaften von Konsolen, 2000) –

DIN **EN** 846-11 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 11: Bestimmung der Maße und der Überhöhung von Stürzen, 2000) –

DIN **EN** 846-13 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 13: Bestimmung der Schlagfestigkeit, des Abriebwiderstands und der Korrosionsbeständigkeit von organischen Beschichtungen, 2001) –

DIN **EN** 846-14 (Prüfverfahren für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk – Teil 14: Bestimmung der Anfangsscherfestigkeit des Verbunds zwischen dem vorgefertigten Teil eines teilweise vorgefertigten, bauseits ergänzten Sturzes und dem über dem Sturz befindlichen Mauerwerk, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 932-1 (Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Probenahmeverfahren, 1996) 50, 52

DIN **EN** 932-2 (Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zum Einengen von Laboratoriumsproben, 1999) 52

DIN **EN** 932-3 (Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 3: Durchführung und Terminologie einer vereinfachten petrographischen Beschreibung, 2003).....67, 265, 359

DIN **EN** 932-5 (Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Allgemeine Prüfeinrichtungen und Kalibrierung, Entwurf 2009).42

DIN **EN** 932-6 (Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 6: Definitionen für die Wiederholpräzision und Vergleichspräzision, 1999) 42

DIN **EN** 933-1 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung – Siebverfahren, 2006) 231

DIN **EN** 933-2 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Bestimmung der Korngrößenverteilung; Analysensiebe, Nennmaße der Sieböffnungen, 1996) 231

DIN **EN** 933-3 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 3: Bestimmung der Kornform; Plattigkeitskennzahl, 2003).. 231, 232

DIN **EN** 933-4 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 4: Bestimmung der Kornform – Kornformkennzahl, 2008, Berichtigung 1, 2008) 231, 232

DIN **EN** 933-5 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern in groben Gesteinskörnungen, 2005).....231, 233

DIN **EN** 933-6 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Bestimmung der Oberflächeneigenschaften – Teil 6: Fließkoeffizient von Gesteinskörnungen, 2002, Berichtigung 1, 2004) 231

DIN **EN** 933-7 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 7: Bestimmung des Muschelschalengehaltes; Prozentsatz von Muschelschalen in groben Gesteinskörnungen, 1998) 62, 231

DIN **EN** 933-8 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen – Sandäquivalent-Verfahren, Entwurf 2009) 231, 237

DIN **EN** 933-9 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 9: Beurteilung von Feinanteilen – Methylenblau-Verfahren, 2009) 231, 237

DIN **EN** 933-10 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 10: Beurteilung von Feinanteilen – Kornverteilung von Füller (Luftstrahlsiebung), 2009).....231

DIN **EN** 933-11 (Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 11: Einteilung der Bestandteile in grober recyclierter Gesteinskörnung, 2009) 231, 62

DIN **EN** 969 (Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Gasleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren, 2009) –

DIN **EN** 989 (Bestimmung des Verbundverhaltens zwischen Bewehrungsstab und dampfgehärtetem Porenbeton mit Hilfe der Ausdrückprüfung, 1995) 122

DIN **EN** 990 (Prüfverfahren zur Überprüfung des Korrosionsschutzes der Bewehrung in dampfgehärtetem Porenbeton und in haufwerksporigem Leichtbeton, 2003) 379

DIN **EN** 991 (Bestimmung der Maße vorgefertigter bewehrter Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton, 1995) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 992 (Bestimmung der Trockenrohdichte von haufwerksporigem Leichtbeton, 1995) 260

DIN **EN** 993-1 (Prüfverfahren für dichte geformte feuerfeste Erzeugnisse – Teil 1: Bestimmung der Rohdichte, offenen Porosität und Gesamtporosität, 1995) 260, 276, 277

DIN **EN** 993-2 (Prüfverfahren für dichte geformte feuerfeste Erzeugnisse – Teil 2: Bestimmung der Dichte, 1995, Änderung 1, 2003).....261, 262

DIN **EN** 993-4 (Prüfverfahren für dichte geformte feuerfeste Erzeugnisse – Teil 4: Bestimmung der Gasdurchlässigkeit, 1995).....323

DIN **EN** 993-15 (Prüfverfahren für dichte geformte feuerfeste Erzeugnisse – Teil 15: Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nach dem Heißdraht- (Parallel-) Verfahren, 2005).....329

DIN **EN** 993-18 (Prüfverfahren für dichte geformte feuerfeste Erzeugnisse – Teil 18: Bestimmung der Rohdichte an körnigem Gut nach dem Wasserverdrängungsverfahren unter Vakuum, 2002)....260, 333

DIN **EN** 1008 (Zugabewasser für Beton – Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton, 2002) –

DIN **EN** 1014-1 Holzschutzmittel – Kreosot (Teerimprägnieröl) und damit imprägniertes Holz – Probenahme und Analyse – Teil 1: Verfahren zur Probenahme von Kreosot, 2010) 51

DIN **EN** 1014-2 (Holzschutzmittel – Kreosot (Teerimprägnieröl) und damit imprägniertes Holz – Probenahme und Analyse – Teil 2: Verfahren zur Probenahme von Kreosot aus imprägniertem Holz für die nachfolgende Analyse, 2010) 59

DIN **EN** 1014-3 (Holzschutzmittel – Kreosot (Teerimprägnieröl) und damit imprägniertes Holz – Probenahme und Analyse – Teil 3: Bestimmung des Gehaltes an Benzo(a)pyren im Kreosot, 2010).....215

DIN **EN** 1014-4 (Holzschutzmittel – Kreosot (Teerimprägnieröl) und damit imprägniertes Holz – Probenahme und Analyse – Teil 4: Bestimmung des Gehaltes an wasserextrahierbaren Phenolen im Kreosot, 2010) –

DIN **EN** 1015-1 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung (durch Siebanalyse), 2007) 231, 304

DIN **EN** 1015-2 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 2: Probenahme von Mörteln und Herstellung von Prüfmörteln, 2007) 50, 51, 54, 107

DIN **EN** 1015-3 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 3: Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel (mit Ausbreittisch), 2007).....246

DIN **EN** 1015-4 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 4: Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel (mit Eindringgerät), 1998).....247

DIN **EN** 1015-6 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 6: Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel, 2007) 264

DIN **EN** 1015-7 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 7: Bestimmung des Luftgehaltes von Frischmörtel, 1998).....240

DIN **EN** 1015-9 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 9: Bestimmung der Verarbeitbarkeitszeit und der Korrigierbarkeitszeit von Frischmörtel, 2007). 252, 304

DIN **EN** 1015-10 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 10: Bestimmung der Trockenrohdichte von Festmörtel, 2007).....260, 304

DIN **EN** 1015-11 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 11: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel, 2007).....54, 110

DIN **EN** 1015-12 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 12: Bestimmung der Haftfestigkeit von erhärteten Putzmörteln, 2000).....106

DIN **EN** 1015-14 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 14: Bestimmung der Dauerhaftigkeit von erhärtetem Mauermörtel (Festmörtel) (mit einem Zementanteil an der Gesamtbindemittelmenge von mehr als 50 %), Entwurf 1999) –

DIN **EN** 1015-17 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 17: Bestimmung des Gehalts an wasserlöslichem Chlorid von Frischmörtel, 2005) 159, 304

DIN **EN** 1015-18 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 18: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von erhärtetem Mörtel (Festmörtel), 2003). 320

DIN **EN** 1015-19 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 19: Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Festmörteln aus Putzmörteln, 2005)..... 314

DIN **EN** 1015-21 (Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 21: Bestimmung der Verträglichkeit von Einlagenputzmörteln mit Untergründen, 2003).....371

DIN **EN** 1024 (Tondachziegel für überlappende Verlegung – Bestimmung der geometrischen Kennwerte, 1997) –

DIN **EN** 1026 (Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Prüfverfahren, 2000) 326

DIN **EN** 1027 (Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Prüfverfahren, 2000) 326

DIN **EN** 1047-1 (Wertbehältnisse – Klassifizierung und Methoden zur Prüfung des Widerstandes gegen Brand – Teil 1: Datensicherungsschränke und Diskettenseinsätze, 2006).....343

DIN **EN** 1047-2 (Wertbehältnisse – Klassifizierung und Methoden zur Prüfung des Widerstandes gegen Brand – Teil 2: Datensicherungsräume und Datensicherungscontainer, 2010).....344

DIN **EN** 1052-1 (Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit, 1998).....98

DIN **EN** 1052-2 (Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 2: Bestimmung der Biegezugfestigkeit, 1999)..... 111

DIN **EN** 1052-3 (Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 3: Bestimmung der Anfangsscherfestigkeit (Haftscherfestigkeit), 2007) 119

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1052-4 (Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 4: Bestimmung der Scherfestigkeit bei einer Feuchtesperrschicht, 2000) 119

DIN **EN** 1052-5 (Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 5: Bestimmung der Biegehaftzugfestigkeit, 2005) . 112

DIN **EN** 1058 (Holzwerkstoffe – Bestimmung der charakteristischen 5-%-Quantilwerte und der charakteristischen Mittelwerte, 2010) –

DIN **EN** 1062-3 (Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich – Teil 3: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, 2008) 320

DIN **EN** 1062-6 (Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Untergründe und Beton im Außenbereich – Teil 6: Bestimmung der Kohlenstoffdioxid-Diffusionsstromdichte (Permeabilität), 2002) 315

DIN **EN** 1062-7 (Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich – Teil 7: Bestimmung der rissüberbrückenden Eigenschaften, 2004) 105

DIN **EN** 1062-11 (Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Untergründe und Beton im Außenbereich – Teil 11: Verfahren für die Konditionierung vor der Prüfung, 2002, Berichtigung 1, 2005) 375

DIN **EN** 1063 (Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuß, 2000).....127

DIN **EN** 1067 (Klebstoffe – Untersuchung und Vorbereitung von Proben zur Prüfung, 2006) 47

DIN **EN** 1075 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Verbindungen mit Nagelplatten, 2000) –

DIN **EN** 1081 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung des elektrischen Widerstandes, 1998) 298

DIN **EN** 1096-2 (Glas im Bauwesen – Beschichtetes Glas – Teil 2: Anforderungen an und Prüfverfahren für die Beschichtungen der Klassen A, B und S, 2001) 135, 373

DIN **EN** 1096-3 (Glas im Bauwesen – Beschichtetes Glas – Teil 3: Anforderungen an und Prüfverfahren für Beschichtungen der Klassen C und D, 2001) ..376

DIN **EN** 1097-1 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß (Micro-Deval), Entwurf 2010).....132

DIN **EN** 1097-2 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung, 2010).....135

DIN **EN** 1097-3 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 3: Bestimmung von Schüttdichte und Hohlraumgehalt, 1998) 260

DIN **EN** 1097-4 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 4: Bestimmung des Hohlraumgehaltes an trocken verdichtetem Füller, 2008) 260

DIN **EN** 1097-5 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung, 2008, Berichtigung 1, 2008).....304

DIN **EN** 1097-6 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme, Entwurf 2010) 259-263

DIN **EN** 1097-7 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 7: Bestimmung der Rohdichte von Füller – Pyknometer-Verfahren, 2008, Berichtigung 1, 2008) ..261

DIN **EN** 1097-8 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 8: Bestimmung des Polierwertes, 2009) 132

DIN **EN** 1097-9 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 9: Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß durch Spikereifen – Nordische Prüfung, 2005) 135

DIN **EN** 1097-10 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 10: Bestimmung der Wassersaughöhe, 2003)... 321

DIN **EN** 1107-1 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Maßhaltigkeit – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen) –

DIN **EN** 1107-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Maßhaltigkeit – Teil 2: Kunststoff-und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen) –

DIN **EN** 1108 (Abdichtungsbahnen – Bitumenbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Formstabilität bei zyklischer Temperaturänderung, 1999) –

DIN **EN** 1109 (Abdichtungsbahnen – Bitumenbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung des Kaltbiegeverhaltens, 1999).....113

DIN **EN** 1110 (Abdichtungsbahnen – Bitumenbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Wärmestandfestigkeit bei erhöhter Temperatur, 2011) 255

DIN **EN** 1120 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalieneinwirkung von der Innenseite eines Abschnittes im verformten Zustand, 1996) 370

DIN **EN** 1121 (Türen – Verhalten zwischen zwei unterschiedlichen Klimaten – Prüfverfahren, 2000) –

DIN **EN** 1128 (Zementgebundene Spanplatten – Bestimmung des Stoßwiderstandes mit einem harten Körper, 1995).....126

DIN **EN** 1154 (Schlösser und Baubeschläge – Türschließmittel mit kontrolliertem Schließablauf – Anforderungen und Prüfverfahren, 2003, Beiblatt 1, Schlösser und Baubeschläge – Türschließmittel mit kontrolliertem Schließablauf – Anschlagmaße und Einbau, 2003, Berichtigung 1, 2006) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1155 (Schlösser und Baubeschläge – Elektrisch betriebene Feststellvorrichtungen für Drehflügeltüren – Anforderungen und Prüfverfahren, 2003, Berichtigung 1, 2006) –

DIN **EN** 1168 (Betonfertigteile – Hohlplatten, 2011) –

DIN **EN** 1170-1 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 1: Bestimmung der Konsistenz der Matrix; Setzversuch, 1998) –

DIN **EN** 1170-2 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 2: Bestimmung des Fasergehaltes in frischem GFB, 1998).243

DIN **EN** 1170-3 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 3: Bestimmung des Fasergehaltes in frischem GFB beim Spritzverfahren, 1998) –

DIN **EN** 1170-4 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 4: Bestimmung der Biegezugfestigkeit; Einfache Biegezugprüfung, 1998) –

DIN **EN** 1170-5 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 5: Bestimmung der Biegezugfestigkeit; Vollständige Biegezugprüfung, 1998) –

DIN **EN** 1170-6 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 6: Bestimmung der Wasseraufnahme mittels Tauchverfahren und der Trockenrohdichte, 1998) –

DIN **EN** 1170-7 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 7: Bestimmung der feuchtigkeitsabhängigen Längenänderungen, 1998) –

DIN **EN** 1170-8 (Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Teil 8: Prüfung der Dauerhaftigkeit im Klimazyklus-Test, 2009) –

DIN V **EN**V 1187 (Prüfverfahren zur Beanspruchung von Bedachungen durch Feuer von außen, 2006)345

DIN **EN** 1191 (Fenster und Türen – Dauerfunktionsprüfung – Prüfverfahren, Entwuf 2011).....344

DIN **EN** 1226 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Verfahren zur Überprüfung der Anfangs-Ringverformbarkeit, 1996).....101

DIN **EN** 1228 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der spezifischen Anfangs-Ringsteifigkeit, 1996).....101

DIN **EN** 1229 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme; Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Prüfverfahren zur Feststellung der Dichtheit der Wand unter Kurzzeit-Innendruck, 1996).....325

DIN **EN** 1240 (Klebstoffe – Bestimmung der Hydroxylzahl und/oder des Hydroxylgehaltes, Entwurf 2010) 184

DIN **EN** 1241 (Klebstoffe – Bestimmung der Säurezahl, 1998).....184

DIN **EN** 1242 (Klebstoffe – Bestimmung des Isocyanatgehaltes, 2006).....183

DIN **EN** 1279-2 (Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas – Teil 2: Langzeitprüfverfahren und Anforderungen bezüglich Feuchtigkeitsaufnahme, 2003, Berichtigung 1, 2004) 309

DIN **EN** 1279-3 (Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas – Teil 3: Langzeitprüfverfahren und Anforderungen bezüglich Gasverlustrate und Grenzabweichungen für die Gaskonzentration, 2003) 218

DIN **EN** 1279-4 (Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas – Teil 4: Verfahren zur Prüfung der physikalischen Eigenschaften des Randverbundes, 2002) –

DIN **EN** 1288-1 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 1: Grundlagen, 2000) 111

DIN **EN** 1288-2 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 2: Doppelring-Biegeversuch an plattenförmigen Proben mit großen Prüfflächen, 2000) 111

DIN **EN** 1288-3 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 3: Prüfung von Proben bei zweiseitiger Auflagerung (Vierschneiden-Verfahren), 2000)..... 111

DIN **EN** 1288-4 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 4: Prüfung von Profilbauglas, 2000)..... 111

DIN **EN** 1288-5 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 5: Doppelring-Biegeversuch an plattenförmigen Proben mit kleinen Prüfflächen, 2000) 111

DIN **EN** 1296 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Verfahren zur künstlichen Alterung bei Dauerbeanspruchung durch erhöhte Temperatur, 2001) 377

DIN **EN** 1297 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Verfahren zur künstlichen Alterung bei kombinierter Dauerbeanspruchung durch UV-Strahlung, erhöhte Temperatur und Wasser, 2004) 377

DIN **EN** 1308 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung des Abrutschens, 2007).....253

DIN **EN** 1309-1 (Rund- und Schnittholz – Verfahren zur Messung der Maße – Teil 1: Schnittholz, 1997) –

DIN **EN** 1309-2 (Rund- und Schnittholz – Verfahren zur Messung der Maße – Teil 2: Rundholz – Anforderungen an die Messung und Regeln zur Volumenberechnung, 2006) –

DIN **EN** 1310 (Rund- und Schnittholz – Messung der Merkmale, 1997).....267

DIN **EN** 1311 (Rund- und Schnittholz – Verfahren zur Messung von Schädlingsbefall, 1997).....267

DIN **EN** 1312 (Rund- und Schnittholz – Bestimmung des Losvolumens von Schnittholz, 1997) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1317-1 (Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren, 2011) –

DIN **EN** 1317-2 (Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 2: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Schutzeinrichtungen und Fahrzeugbrüstungen, 2011, Berichtigung 1, 2011) –

DIN **EN** 1317-3 (Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 3: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anpralldämpfer, 2011) –

DIN V **EN**V 1317-4 (Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 4: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anfangs-, End- und Übergangskonstruktionen von Schutzeinrichtungen, 2002) –

DIN **EN** 1320 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Bruchprüfung, 1996) 50

DIN **EN** 1321 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Makroskopische und mikroskopische Untersuchungen von Schweißnähten, 1996).....266

DIN **EN** 1323 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Betonplatten für Prüfungen, 2007) 55

DIN **EN** 1324 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung der Haftfestigkeit von Dispersionsklebstoffen, 2007).....121

DIN **EN** 1330-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 1: Allgemeine Begriffe, 1998) 28

DIN **EN** 1330-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 2: Begriffe, die von allen zerstörungsfreien Prüfverfahren benutzt werden, 1998).....28

DIN **EN** 1330-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 3: Begriffe der industriellen Durchstrahlungsprüfung, 1997).....28, 280

DIN **EN** 1330-4 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 4: Begriffe der Ultraschallprüfung, 2010)... 28, 288

DIN **EN** 1330-7 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 7: Begriffe der Magnetpulverprüfung, 2005) 28, 93

DIN **EN** 1330-8 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 8: Begriffe der Dichtheitsprüfung, 1998).... 28, 326

DIN **EN** 1330-9 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 9: Begriffe der Schallemissionsprüfung, 2009) 28, 94

DIN **EN** 1330-10 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 10: Begriffe für Sichtprüfung, 2003)..28, 265

DIN **EN** 1330-11 (Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 11: Begriffe der Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien, 2009) 28, 198

DIN **EN** 1338 (Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2010)....116, 134, 296, 304, 333, 354

DIN **EN** 1339 (Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2010) 134, 354

DIN **EN** 1340 (Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2010) . 111, 134, 296, 304, 333, 354

DIN **EN** 1341 (Platten aus Naturstein für Außenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2009) 50

DIN **EN** 1342 (Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2009) 50

DIN **EN** 1343 (Bordsteine aus Naturstein für Außenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2009).....50

DIN **EN** 1344 (Pflasterziegel – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2009) 111, 135, 296, 355, 370

DIN **EN** 1346 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung der offenen Zeit, 2007).....107

DIN **EN** 1347 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung der Benetzungsfähigkeit, 2007) 254

DIN **EN** 1348 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung der Haftfestigkeit zementhaltiger Mörtel für innen und außen, 2007).....107

DIN **EN** 1351 (Bestimmung der Biegezugfestigkeit von dampfgehärtetem Porenbeton, 1997)..... 111

DIN **EN** 1352 (Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls unter Druckbeanspruchung von dampfgehärtetem Porenbeton und von haufwerksporigem Leichtbeton, 1997).....98

DIN **EN** 1353 (Bestimmung des Feuchtegehalts von dampfgehärtetem Porenbeton, 1997).....304

DIN **EN** 1354 (Bestimmung der Druckfestigkeit von haufwerksporigem Leichtbeton, 2005) 98

DIN **EN** 1355 (Bestimmung der Kriechverformungen unter Druckbeanspruchung von dampfgehärtetem Porenbeton und von haufwerksporigem Leichtbeton, 1997) 146

DIN **EN** 1356 (Bestimmung des Tragverhaltens von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder aus haufwerksporigem Leichtbeton unter quer zur Bauteilebene wirkender Belastung, 1997) 111

DIN **EN** 1363-1 (Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 1999).....304, 341

DIN **EN** 1363-2 (Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren, 1999).....341

DIN V **EN**V 1363-3 (Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 3: Nachweis der Ofenleistung, 1999).....341

DIN **EN** 1364-1 (Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile – Teil 1: Wände, 1999).....341, 343

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1364-2 (Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile – Teil 2: Unterdecken, 1999)... 341

DIN **EN** 1364-3 (Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile – Teil 3: Vorhangfassaden – Gesamtausführung, 2006, Berichtigung 1, 2007)..341

DIN **EN** 1364-4 (Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile – Teil 4: Vorhangfassaden – Teilausführung, 2007).....341

DIN **EN** 1365-1 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile – Teil 1: Wände, 1999) 341

DIN **EN** 1365-2 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile – Teil 2: Decken und Dächer, 2000) ... 341

DIN **EN** 1365-3 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile – Teil 3: Balken, 2000).....341

DIN **EN** 1365-4 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile – Teil 4: Stützen, 1999).....341

DIN **EN** 1365-5 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile – Teil 5: Balkone und Laubengänge, 2005) 341

DIN **EN** 1365-6 (Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile – Teil 6: Treppen, 2005).....341

DIN **EN** 1366-1 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 1: Leitungen, 2008).....341

DIN **EN** 1366-2 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 2: Brandschutzklappen, Entwurf 2010) 341

DIN **EN** 1366-3 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 3: Abschottungen, 2009).....341

DIN **EN** 1366-4 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 4: Abdichtungssysteme für Bauteilfugen, 2010) 341

DIN **EN** 1366-5 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 5: Installationskanäle und -schächte, 2010) 341

DIN **EN** 1366-6 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 6: Doppel- und Hohlböden, 2005) 341

DIN **EN** 1366-7 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 7: Förderanlagen und ihre Abschlüsse, 2004) 341

DIN **EN** 1366-8 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 8: Entrauchungsleitungen, 2004). 341

DIN **EN** 1366-9 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 9: Entrauchungsleitungen für einen Einzelabschnitt, 2008).....341

DIN **EN** 1366-10 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 10: Entrauchungsklappen, Entwurf 2010) 341

DIN **EN** 1366-11 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 11: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen mit Brandschutzsystem, Entwurf 2010) 341

DIN **EN** 1366-12 (Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 12: Brandschutzverschlüsse für Lüftungsleitungen, 2010).....341

DIN **EN** 1367-1 (Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel, 2007).....352

DIN **EN** 1367-2 (Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 2: Magnesiumsulfat-Verfahren, 2010) 352

DIN **EN** 1367-3 (Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 3: Kochversuch für Sonnenbrand-Basalt, 2001, Berichtigung 1, 2004).....373

DIN **EN** 1367-4 (Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 4: Bestimmung der Trockenschwindung, 2008) 141

DIN **EN** 1367-5 (Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung des Widerstandes gegen Hitzebeanspruchung, Entwurf 2010)... 357

DIN **EN** 1367-6 (Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 6: Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel in der Gegenwart von Salz (NaCl), 2008) 352

DIN **EN** 1372 (Klebstoffe – Prüfverfahren für Klebstoffe für Boden- und Wandbeläge – Schälversuch, 1999) 117, 118

DIN **EN** 1373 (Klebstoffe – Prüfverfahren für Klebstoffe für Boden- und Wandbeläge – Scherversuch, 1999) 120

DIN **EN** 1380 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Tragende Verbindungen mit Nägeln, Schrauben, Stabdübeln und Bolzen, 2009).....120

DIN **EN** 1381 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Tragende Klammerverbindungen, 2000) 120

DIN **EN** 1382 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Ausziehtragfähigkeit von Holzverbindungsmitteln, 2000).. 108

DIN **EN** 1383 (Holzbauwerke – Prüfverfahren – Prüfung von Holzverbindungsmitteln auf Kopfdurchziehen, 2000) 108

DIN **EN** 1390 (Holzschutzmittel – Bestimmung der bekämpfenden Wirkung gegenüber Larven von Hylotrupes bajulus (Linnaeus) – Laboratoriumsverfahren, 2006) 385

DIN **EN** 1399 (Elastische Bodenbeläge – Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Ausdrücken und Abbrennen von Zigaretten, 1998) –

DIN **EN** 1425 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Feststellung der äußeren Beschaffenheit, 2006) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1426 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Nadelpenetration, 2007) 254, 255

DIN **EN** 1427 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Erweichungspunktes – Ring- und Kugel-Verfahren, 2007) 255

DIN **EN** 1428 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Wassergehaltes von Bitumenemulsionen – Destillationsverfahren, Entwurf 2011) . 241

DIN **EN** 1429 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Siebrückstandes von Bitumenemulsionen und Bestimmung der Lagerbeständigkeit durch Sieben, 2009) –

DIN **EN** 1430 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Teilchenpolarität von Bitumenemulsionen, 2009) 243

DIN **EN** 1431 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Destillationsrückstandes und des Öldestillates von Bitumenemulsionen mittels Destillation, 2009).....60, 241

DIN **EN** 1435 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen, 2002, Berichtigung 1, 2004) 280

DIN **EN** 1437 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Prüfverfahren zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel und gleichzeitige äußere Belastung, 2002) –

DIN **EN** 1447 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Bestimmung der Langzeit-Widerstandsfähigkeit gegen Innendruck, 2011) –

DIN **EN** 1457-1 (Abgasanlagen – Keramik-Innenrohre – Teil 1: Innenrohre für Trockenbetrieb – Anforderungen und Prüfungen, Entwurf 2008) .136, 295, 342, 369

DIN **EN** 1457-2 (Abgasanlagen – Keramik-Innenrohre – Teil 2: Innenrohre für Nassbetrieb – Anforderungen und Prüfungen, Entwurf, 2010).....136, 295, 342, 369

DIN **EN** 1504-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton, 2005) ..68, 327

DIN **EN** 1517 (Sportböden – Bestimmung der Schlagfestigkeit, 2001) 127

DIN **EN** 1521 (Bestimmung der Biegezugfestigkeit von haufwerksporigem Leichtbeton, 1996)..... 111

DIN **EN** 1523 (Fenster, Türen, Abschlüsse – Durchschußhemmung – Prüfverfahren, 1999).....127

DIN **EN** 1542 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch, 1999).....106

DIN **EN** 1543 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Zugfestigkeitsentwicklung von Polymeren, 1998) –

DIN **EN** 1548 (Abdichtungsbahnen – Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Verhalten nach Lagerung auf Bitumen, 2007) 372

DIN **EN** 1561 (Gießereiwesen – Gußeisen mit Lamellengraphit, 2012).....117

DIN **EN** 1602 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Rohdichte, 1997) –

DIN **EN** 1603 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dimensionsstabilität im Normalklima (23 °C/ 50 % relative Luftfeuchte), 2007) –

DIN **EN** 1604 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen, 2007) –

DIN **EN** 1605 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Verformung bei definierter Druck- und Temperaturbeanspruchung, 2007) –

DIN **EN** 1606 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung, 2007) 146

DIN **EN** 1607 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene, 1997) 103

DIN **EN** 1608 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Zugfestigkeit in Plattenebene, 1997) 103

DIN **EN** 1609 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen, 2007).....334

DIN **EN** 1624 (Textilien und textile Erzeugnisse – Brennverhalten industrieller und technische Textilien – Verfahren zur Bestimmung der Flammenausbreitung vertikal angeordneter Messproben, 1999) –

DIN **EN** 1625 (Textilien und textile Erzeugnisse – Brennverhalten industrieller und technischer Textilien – Verfahren zur Bestimmung der Entzündbarkeit vertikal angeordneter Messproben, 1999) –

DIN **EN** 1628 (Einbruchhemmende Bauprodukte (nicht für Betonfertigteile) – Prüfverfahren für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit unter statischer Belastung, Entwurf 2006) 127

DIN **EN** 1629 (Einbruchhemmende Bauprodukte (nicht für Betonfertigteile) – Prüfverfahren für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit unter dynamischer Belastung, Entwurf 2006) 126, 127

DIN **EN** 1630 (Einbruchhemmende Bauprodukte (nicht für Betonfertigteile) – Prüfverfahren für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen manuelle Einbruchversuche, Entwurf 2006) 128

DIN **EN** 1634-1 (Feuerwiderstandsprüfungen und Rauchschutzprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse, Fenster und Baubeschläge – Teil 1: Feuerwiderstandsprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse und Fenster, 2009) 343, 345

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1634-2 (Feuerwiderstandsprüfungen und Rauchschutzprüfungen für Türen, Tore, Abschlüsse, Fenster und Baubeschläge – Teil 2: Charakterisierungsprüfung zum Feuerwiderstand von Baubeschlägen, 2009) 343, 345

DIN **EN** 1634-3 (Prüfungen zum Feuerwiderstand und zur Rauchdichte für Feuer- und Rauchschutzabschlüsse, Fenster und Beschläge – Teil 3: Prüfungen zur Rauchdichte für Rauchschutzabschlüsse, 2005, Berichtigung 1, 2009) 343, 345

DIN **EN** 1737 (Bestimmung der Bruchscherkraft von Schweißknoten von Betonstahlmatten oder Bewehrungskörben für vorgefertigte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton, 1998) 121

DIN **EN** 1738 (Bestimmung der Stahlspannungen in unbelasteten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton, 1998) –

DIN **EN** 1739 (Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Fugen zwischen vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton bei Belastung in Bauteilebene, 2007) 121

DIN **EN** 1740 (Bestimmung des Tragverhaltens von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder aus haufwerksporigem Leichtbeton unter vorwiegend in Längsrichtung wirkender Belastung (vertikale Bauteile), 1998).....98

DIN **EN** 1741 (Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Fugen zwischen vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton bei Belastung rechtwinklig zur Bauteilebene, 1998) 121

DIN **EN** 1742 (Bestimmung der Scherfestigkeit zwischen den verschiedenen Schichten mehrschichtiger Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton, 1998) 121

DIN **EN** 1744-1 (Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Chemische Analyse, 2010)..59, 61, 159, 160, 184, 185, 186, 202, 222, 358, 374

DIN **EN** 1744-3 (Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 3: Herstellung von Eluaten durch Auslaugung von Gesteinskörnungen, 2002) 59, 60

DIN **EN** 1744-4 (Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 4: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Füllern in bitumenhaltigen Mischungen, 2005) –

DIN **EN** 1744-5 (Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung der säurelöslichen Chloride, 2006).....159

DIN **EN** 1744-6 (Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 6: Bestimmung des Einflusses von Auszügen rezyklierter Gesteinskörnung auf den Erstarrungsbeginn von Zement, 2006) 185

DIN **EN** 1744-7 (Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 7: Bestimmung des Glühverlustes von Hausmüllverbrennungsasche (HMVA), Entwurf 2010) –

DIN **EN** 1766 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Referenzbetone für Prüfungen, 2000).55, 295

DIN **EN** 1767 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Infrarotanalyse, 1999) 210

DIN **EN** 1770 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten, 1998) 139, 206

DIN **EN** 1771 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Injektionsfähigkeit und Prüfung der Spaltzugfestigkeit, 2004, Berichtigung 1, 2006) 242

DIN **EN** 1793-1 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption, Entwurf 2010).....350

DIN **EN** 1793-2 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 2: Produktspezifische Merkmale der Luftschalldämmung in diffusen Schallfeldern, Entwurf 2010) 347

DIN **EN** 1793-3 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum, 1997) –

DIN **EN** 1793-6 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 6: Produktspezifische Merkmale – In situ der Luftschalldämmung, Entwurf 2010) 347

DIN **EN** 1794-1 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Nichtakustische Eigenschaften – Teil 1: Mechanische Eigenschaften und Anforderungen an die Standsicherheit, 2011).....126

DIN **EN** 1794-2 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Nichtakustische Eigenschaften – Teil 2: Allgemeine Sicherheits- und Umweltanforderungen, 2011) 345

DIN **EN** 1799 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Prüfungen der Eignung von Klebern für die Anwendung auf Betonoberflächen, 1999) 253, 254

DIN **EN** 1806 (Abgasanlagen – Keramik-Formblöcke für einschalige Abgasanlagen – Anforderungen und Prüfmethoden, 2006).....136, 295, 342, 369

DIN **EN** 1815 (Elastische und textile Bodenbeläge – Beurteilung des elektrostatischen Verhaltens, 2011)... 298

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1841 (Klebstoffe – Prüfverfahren für Klebstoffe für Boden- und Wandbeläge – Bestimmung der Maßänderung eines Linoleumbodenbelages im Kontakt mit einem Klebstoff, 1999) –

DIN **EN** 1844 (Abdichtungsbahnen – Verhalten bei Ozonbeanspruchung – Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2001) –

DIN **EN** 1847 (Abdichtungsbahnen – Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Einwirkung von Flüssigchemikalien einschließlich Wasser, 2010).....368

DIN **EN** 1848-1 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Länge, Breite und Geradheit – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen, 1999) –

DIN **EN** 1848-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Länge, Breite, Geradheit und Planlage – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2001) –

DIN **EN** 1849-1 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Dicke und flächenbezogenen Masse – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen, 2000) –

DIN **EN** 1849-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Dicke und der flächenbezogenen Masse – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2010) –

DIN **EN** 1850-1 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung sichtbarer Mängel – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen, 1999) 266

DIN **EN** 1850-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung sichtbarer Mängel – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2001).....266

DIN **EN** 1856-1 (Abgasanlagen – Anforderungen an Metall-Abgasanlagen – Teil 1: Bauteile für System-Abgasanlagen, 2009) 370

DIN **EN** 1856-2 (Abgasanlagen – Anforderungen an Metall-Abgasanlagen – Teil 2: Innenrohre und Verbindungsstücke aus Metall, 2009).....123

DIN **EN** 1857 (Abgasanlagen – Bauteile – Betoninnenrohre, 2010).....136, 342, 370

DIN **EN** 1858 (Abgasanlagen – Bauteile – Betonformblöcke, 2009).....112, 136, 342, 370

DIN **EN** 1859 (Abgasanlagen – Metall-Abgasanlagen – Prüfverfahren, 2009).....295, 342

DIN **EN** 1862 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung des relativen Kriechfaktors nach Lagerung in einer chemischen Umgebung, 1997) –

DIN **EN** 1873 (Vorgefertigte Zubehörteile für Dacheindeckungen – Lichtkuppeln aus Kunststoff – Produktfestlegungen und Prüfverfahren, 2006) ..126, 301

DIN **EN** 1876-1 (Mit Kautschuk oder Kunststoff beschichtete Textilien – Prüfungen bei niedrigen Temperaturen – Teil 1: Biegeversuch, 1998) –

DIN **EN** 1876-2 (Mit Kautschuk oder Kunststoff beschichtete Textilien – Prüfungen bei niedrigen Temperaturen – Teil 2: Schlaufen-Schlagprüfung, 1998) –

DIN **EN** 1877-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Reaktive, funktionelle Gruppen von Epoxidharzen – Teil 1: Bestimmung des Expoxid-Äquivalents, 2000).....183

DIN **EN** 1877-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Reaktive, funktionelle Gruppen von Epoxidharzen – Teil 2: Bestimmung der Aminzahl anhand des Totalbasizitätsgrades, 2000).....183

DIN **EN** 1881 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Prüfung von Verankerungsprodukten mit der Ausziehprüfung, 2007) 123

DIN **EN** 1902 (Klebstoffe – Prüfverfahren für Klebstoffe für Boden- und Wandbeläge – Zeitstand-Scherversuch, 1999) 146

DIN **EN** 1903 (Klebstoffe – Prüfverfahren für Klebstoffe für Boden- und Wandbeläge aus Kunststoff oder Gummi – Bestimmung der Maßänderungen nach beschleunigter Alterung, 2008) –

DIN **EN** 1905 (Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre, Formstücke und Werkstoff aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Verfahren zur Bestimmung des PVC-Gehalts auf der Basis des Gesamtchlorgehaltes, 1999) –

DIN **EN** 1906 (Schlösser und Baubeschläge – Türdrücker und Türknäufe – Anforderungen und Prüfverfahren, 2010) 344

DIN **EN** 1916 (Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton, 2003) 101, 110, 325, 334

DIN **EN** 1917 (Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton, 2003, Berichtigung 1, 2004, Berichtigung 2, 2008).....101, 325, 334

DIN **EN** 1925 (Prüfverfahren von Naturstein – Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung, 1999).....320

DIN **EN** 1926 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der einachsigen Druckfestigkeit, 2007) .98, 304

DIN **EN** 1928 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Wasserdichtheit, 2000).....324

DIN **EN** 1931 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit, 2001) 314

DIN **EN** 1932 (Abschlüsse und Markisen – Widerstand gegen Windlast – Prüfverfahren, 2001) –

DIN **EN** 1933 (Markisen – Widerstandsfähigkeit gegenüber der Belastung durch Wasseransammlung – Prüfverfahren, 1993) –

DIN **EN** 1934 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Messung des Wärmedurchlaßwiderstandes; Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser – Mauerwerk, 1998).....329

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 1935 (Baubeschläge – Einachsige Tür- und Fensterbänder – Anforderungen und Prüfverfahren, 2002) 344

DIN **EN** 1936 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität, 2006)....263, 276, 304, 333

DIN **EN** 1937 (Prüfverfahren für hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen – Standardmischverfahren, 1999) 54

DIN **EN** 1946-1 (Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 1: Allgemeingültige Regeln, 1999) –

DIN **EN** 1946-2 (Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 2: Messung nach Verfahren mit dem Plattengerät, 1999) –

DIN **EN** 1946-3 (Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 3: Messung nach dem Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät, 1999) –

DIN **EN** 1946-4 (Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 4: Messung nach dem Heizkasten-Verfahren, 2000) –

DIN **EN** 1946-5 (Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 5: Messung nach dem Rohrprüfgerät-Verfahren, 2000) –

DIN **EN** 2155-3 (Luft- und Raumfahrt; Prüfverfahren für transparente Werkstoffe zur Verglasung von Luftfahrzeugen; Teil 3: Bestimmung des Brechungsindex, 1993) 222

DIN **EN** 2155-5 (Luft- und Raumfahrt; Prüfverfahren für transparente Werkstoffe zur Verglasung von Luftfahrzeugen; Teil 5: Messung des Lichttransmissionsgrades im sichtbaren Bereich, 1989).....222, 301

DIN **EN** 10080 (Stahl für die Bewehrung von Beton – Schweißgeeigneter Betonstahl – Allgemeines, 2005) . 121, 123

DIN **EN** 10088-1 (Nichtrostende Stähle – Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle, 2005) Buch nimmt Bezug auf Ausgabe 1995.....171

DIN **EN** 10218-1 (Stahldraht und Drahterzeugnisse – Allgemeines – Teil 1: Prüfverfahren Entwurf, 2008) 98

DIN **EN** 10247 (Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer Einschlüsse in Stählen mit Bildreihen, 2007) –

DIN **EN** 10315 (Standardverfahren zur Analyse von hochlegiertem Stahl mittels Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) unter Anwendung eines Vergleichs-Korrekturverfahrens, 2006).....163

DIN **EN** 10319-1 (Metallische Werkstoffe – Relaxationsversuch unter Zugbeanspruchung – Teil 1: Prüfverfahren für die Anwendung in Prüfmaschinen, 2003) 147

DIN **EN** 12002 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung der Verformung zementhaltiger Mörtel und Fugenmörtel, 2009) 111

DIN **EN** 12003 (Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Bestimmung der Scherfestigkeiten von Reaktionsharz-Klebstoffen, 2009) 121

DIN **EN** 12046-1 (Bedienungskräfte – Prüfverfahren – Teil 1: Fenster, 2004) –

DIN **EN** 12046-2 (Bedienungskräfte – Prüfverfahren – Teil 2: Türen, 2000) –

DIN **EN** 12085 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der linearen Maße von Probekörpern, 1997) –

DIN **EN** 12086 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit, 1997) 314

DIN **EN** 12087 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasseraufnahme bei langzeitigem Eintauchen, 2007).....334, 356

DIN **EN** 12088 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion, 1997) 334, 356

DIN **EN** 12089 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Biegebeanspruchung, 1997)..... 111

DIN **EN** 12090 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Scherbeanspruchung, 1997).....121

DIN **EN** 12091 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung, 1997).....356

DIN **EN** 12114 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Luftdurchlässigkeit von Bauteilen – Laborprüfverfahren, 2000).....326

DIN **EN** 12153 (Vorhangfassaden – Luftdurchlässigkeit – Prüfverfahren, 2000).....326

DIN **EN** 12155 (Vorhangfassaden – Schlagregendichheit – Laborprüfung unter Aufbringung von statischem Druck, 2000).....326

DIN **EN** 12179 (Vorhangfassaden – Widerstand gegen Windlast – Prüfverfahren, 2000) –

DIN **EN** 12188 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Klebewirkung an Stahl für die Charakterisierung der Eigenschaften von Klebstoffen für konstruktive Zwecke, 1999) –

DIN **EN** 12189 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

– Prüfverfahren – Bestimmung der Offenzeit, 1989) ... 252

DIN **EN** 12190 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Druckfestigkeit von Reparaturmörteln, 1998).....98

DIN **EN** 12192-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Korngrößenverteilung – Teil 1: Prüfverfahren für Trockenkomponenten von Fertigmörtel, 2002).....231

DIN **EN** 12192-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Korngrößenanalyse – Teil 2: Prüfverfahren für Füllstoffe für Polymerklebstoffe, 1999).....231

DIN **EN** 12224 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Witterungsbeständigkeit, 2000) –

DIN **EN** 12225 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Prüfverfahren zur Bestimmung der mikrobiologischen Beständigkeit durch einen Erdeingrabungsversuch, 2000).....386

DIN **EN** 12226 (Geokunststoffe – Allgemeine Prüfverfahren zur Bewertung nach Beständigkeitsprüfungen, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 12269-1 (Bestimmung des Verbundverhaltens zwischen Bewehrungsstahl und dampfgehärtetem Porenbeton mit Hilfe der »Balkenprüfung« – Teil 1: Kurzzeitprüfverfahren, 2000).....122, 123

DIN **EN** 12269-2 (Bestimmung des Verbundverhaltens zwischen Bewehrungsstahl und dampfgehärtetem Porenbeton mit Hilfe der Balkenprüfung – Teil 2: Langzeitprüfverfahren, 2010) 122

DIN **EN** 12310-1 (Abdichtungsbahnen – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen; Bestimmung des Weiterreißwiderstandes (Nagelschaft), 1999) 109

DIN **EN** 12310-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Widerstandes gegen Weiterreißen – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2000) 109

DIN **EN** 12311-1 (Abdichtungsbahnen – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen; Bestimmung des Zug-Dehnungsverhaltens, 1999).....103

DIN **EN** 12311-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Zug-Dehnungsverhaltens – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2010).. 103

DIN **EN** 12316-1 (Abdichtungsbahnen – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen; Bestimmung des Schälwiderstandes der Fügenähte, 1999).....117

DIN **EN** 12316-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Schälwiderstandes der Fügenähte – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2001) 117, 118

DIN **EN** 12317-1 (Abdichtungsbahnen – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen; Bestimmung des Scherwiderstandes der Fügenähte, 1999) 120

DIN **EN** 12317-2 (Abdichtungsbahnen – Bestimmung des Scherwiderstandes der Fügenähte – Teil 2: Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen, 2010) 120

DIN **EN** 12326-2 (Schiefer und Naturstein für überlappende Dachdeckungen und Außenwandbekleidungen – Teil 2: Prüfverfahren für Schiefer und carbonathaltige Schiefer, 2011).....334, 356

DIN **EN** 12350-1 (Prüfung von Frischbeton – Teil 1: Probenahme, 2009).....51

DIN **EN** 12350-2 (Prüfung von Frischbeton – Teil 2: Setzmaß, 2009).....247, 248

DIN **EN** 12350-3 (Prüfung von Frischbeton – Teil 3: Vebe-Prüfung, 2009) 248

DIN **EN** 12350-4 (Prüfung von Frischbeton – Teil 4: Verdichtungsmaß, 2009) 247

DIN **EN** 12350-5 (Prüfung von Frischbeton – Teil 5: Ausbreitmaß, 2009).....246

DIN **EN** 12350-6 (Prüfung von Frischbeton – Teil 6: Frischbetonrohdichte, 2011).....264

DIN **EN** 12350-7 (Prüfung von Frischbeton – Teil 7: Luftgehalt – Druckverfahren, 2009).....240

DIN **EN** 12350-8 (Prüfung von Frischbeton – Teil 8: Selbstverdichtender Beton – Setzfließversuch, 2010) 248

DIN **EN** 12350-9 (Prüfung von Frischbeton – Teil 9: Selbstverdichtender Beton – Auslauftrichterversuch, Entwurf 2010) 250

DIN **EN** 12350-10 (Prüfung von Frischbeton – Teil 10: Selbstverdichtender Beton – L-Kasten-Versuch, 2010) 248

DIN **EN** 12350-11 (Prüfung von Frischbeton – Teil 11: Selbstverdichtender Beton – Bestimmung der Sedimentationsstabilität im Siebversuch, 2010).....242

DIN **EN** 12350-12 (Prüfung von Frischbeton – Teil 12: Selbstverdichtender Beton – Blockierring-Versuch, 2010).....248, 249

DIN **EN** 12370 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des Widerstandes gegen Kristallisation von Salzen, 1999).....373

DIN **EN** 12371 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des Frostwiderstandes, 2010).....355

DIN **EN** 12372 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Biegefestigkeit unter Mittellinienlast, 2007) 111

DIN **EN** 12390-1 (Prüfung von Festbeton – Teil 1: Form, Maße und andere Anforderungen für Probekörper und Formen, 2001, Berichtigung 1, 2006) –

DIN **EN** 12390-2 (Prüfung von Festbeton – Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen, 2009).....55

DIN **EN** 12390-3 (Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern, 2009).....57, 97

DIN **EN** 12390-4 (Prüfung von Festbeton – Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit; Anforderungen an Prüfmaschinen, 2000) 97

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 12390-5 (Prüfung von Festbeton – Teil 5: Biegezugfestigkeit von Probekörpern, 2009).....110

DIN **EN** 12390-6 (Prüfung von Festbeton – Teil 6: Spaltzugfestigkeit von Probekörpern, 2010).....116

DIN **EN** 12390-7 (Prüfung von Festbeton – Teil 7: Dichte von Festbeton, 2009) 260

DIN **EN** 12390-8 (Prüfung von Festbeton – Teil 8: Wassereindringtiefe unter Druck, 2009).....323

DIN **EN** 12407 (Prüfverfahren für Naturstein – Petrographische Prüfung, 2007).....58, 191, 265

DIN **EN** 12427 (Tore – Luftdurchlässigkeit – Prüfverfahren, 2000).....326

DIN **EN** 12429 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Einstellen der Ausgleichsfeuchte bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen, 1998) ..55

DIN **EN** 12430 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens unter Punktlast, 2007) 98

DIN **EN** 12431 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dicke von Dämmstoffen unter schwimmendem Estrich, 2007) –

DIN **EN** 12444 (Tore – Widerstand gegen Windlast – Prüfung und Berechnung, 2001) –

DIN **EN** 12445 (Tore – Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore – Prüfverfahren, Entwurf 2005) –

DIN **EN** 12446 (Abgasanlagen – Bauteile – Außenschalen aus Beton, Entwurf 2010).....112, 342

DIN **EN** 12447 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Prüfverfahren zur Bestimmung der Hydrolysebeständigkeit in Wasser, 2002) –

DIN **EN** 12467 (Faserzement-Tafeln – Produktspezifikation und Prüfverfahren, 2006) –

DIN **EN** 12489 (Tore – Widerstand gegen eindringendes Wasser – Prüfverfahren, 2000).....326

DIN **EN** 12490 (Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz – Bestimmung der Eindringtiefe und der Aufnahme von Kreosot (Teerimprägnieröl) in behandeltem Holz, 2010) –

DIN **EN** 12504-1 (Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 1: Bohrkernproben – Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit, 2009).....49, 97, 265

DIN **EN** 12504-2 (Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung; Bestimmung der Rückprallzahl, 2001).....99

DIN **EN** 12504-3 (Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 3: Bestimmung der Ausziehkraft, 2005) 99, 108

DIN **EN** 12504-4 (Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 4: Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit, 2004) 99, 124, 287, 288

DIN **EN** 12592 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Löslichkeit, 2007) –

DIN **EN** 12593 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Brechpunktes nach Fraaß, 2007) 113

DIN **EN** 12594 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Vorbereitung von Untersuchungsproben, 2007) 55

DIN **EN** 12595 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der kinematischen Viskosität, 2007) –

DIN **EN** 12596 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der dynamischen Viskosität mit Vakuum-Kapillaren, 2007) –

DIN **EN** 12600 (Glas im Bauwesen – Pendelschlagversuch – Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas, 2003) 126

DIN **EN** 12603 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Schätzverfahren und Bestimmung der Vertrauensbereiche für Daten mit Weibull-Verteilung, 2003) –

DIN **EN** 12605 (Tore – Mechanische Aspekte – Prüfverfahren, Entwurf 2005) –

DIN **EN** 12606-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Paraffingehaltes – Teil 1: Destillationsverfahren, 2007) 60

DIN **EN** 12606-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Paraffingehaltes – Teil 2: Extraktionsverfahren, 2000) 60

DIN **EN** 12607-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 1: RTFOT-Verfahren, 2007) –

DIN **EN** 12607-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 2: TFOT-Verfahren, 2007) –

DIN **EN** 12607-3 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft – Teil 3: RFT-Verfahren, 2007) –

DIN **EN** 12608 (Profile aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) zur Herstellung von Fenstern und Türen – Klassifizierung, Anforderungen und Prüfverfahren, 2003) –

DIN **EN** 12614 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Glasübergangstemperatur von Polymeren, 2005).....203, 207

DIN **EN** 12615 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Druckscherfestigkeit, 1999) 121

DIN **EN** 12617-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 1: Bestimmung des linearen Schrumpfens von Polymeren und Oberflächenschutzsystemen (OS), 2003).....143

DIN **EN** 12617-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 2: Schrumpfung von polymeren Rissfüllstoffen: Volumetrische Schrumpfung, 2004) 143

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 12617-3 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 3: Bestimmung des zeitlichen Verlaufs des linearen Schrumpfens von Klebstoffen, 2002) 143

DIN **EN** 12617-4 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung des Schwindens und Quellens, 2002) 141, 143

DIN **EN** 12618-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 1: Haftung und Dehnung flexibler Füllgüter für Risse, 2003).....107

DIN **EN** 12618-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung der Haftzugfestigkeit von Rissfüllstoffen mit oder ohne thermische Behandlung – Haftzugfestigkeit, 2004).....107

DIN **EN** 12618-3 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Teil 3: Bestimmung der Haftzugfestigkeit von Rissfüllstoffen mit oder ohne thermische Behandlung – Schrägscherfestigkeit, 2004).....121

DIN V **EN**V 12633 (Verfahren zur Bestimmung des Griffigkeitsbeiwertes vor und nach Polierung, 2003) ... 296

DIN **EN** 12636 (Produkte für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Verbundwirkung Beton – Beton, 1999) –

DIN **EN** 12637-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Verträglichkeit von Rissfüllstoffen – Teil 1: Verträglichkeit mit Beton, 2004) 371

DIN **EN** 12637-3 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Verträglichkeit von Rissfüllstoffen – Teil 3: Einwirkung von Rissfüllstoffen aus Kunststoff im Beton, 2004) –

DIN **EN** 12664 (Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand, 2001) 327, 328

DIN **EN** 12667 (Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand, 2001).....327, 328

DIN **EN** 12668-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung – Teil 1: Prüfgeräte, 2010) –

DIN **EN** 12668-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung – Teil 2: Prüfköpfe, 2010) –

DIN **EN** 12668-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung – Teil 3: Komplette Prüfausrüstung, 2004) –

DIN **EN** 12691 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung des Widerstandes gegen stoßartige Belastung, 2006) 127

DIN **EN** 12697-1 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 1: Löslicher Bindemittelgehalt, 2006) 60

DIN **EN** 12697-2 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 2: Korngrößenverteilung, 2007).....231

DIN **EN** 12697-3 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 3: Rückgewinnung des Bindemittels: Rotationsverdampfer, 2005) 60

DIN **EN** 12697-4 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 4: Rückgewinnung des Bindemittels: Fraktionierkolonne, 2005).....60

DIN **EN** 12697-5 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 5: Bestimmung der Rohdichte, 2010).... 258

DIN **EN** 12697-6 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 6: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern, 2007) 258

DIN **EN** 12697-7 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 7: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern mit Gamma-Strahlen, 2002) –

DIN **EN** 12697-8 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 8: Bestimmung von volumetrischen Charakteristiken von Asphalt-Probekörpern, 2003) –

DIN **EN** 12697-9 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 9: Bestimmung der Bezugsraumdichte, Gyrator-Verdichter, 2003) –

DIN **EN** 12697-10 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 10: Verdichtbarkeit, 2002).....54

DIN **EN** 12697-11 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 11: Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, 2005).....243

DIN **EN** 12697-12 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 12: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern, 2008).....243

DIN **EN** 12697-13 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 13: Temperaturmessung, 2001) –

DIN **EN** 12697-14 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 14: Wassergehalt, 2001) –

DIN **EN** 12697-15 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 15: Bestimmung der Entmischungsneigung, 2003) 244

DIN **EN** 12697-16 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 16: Abrieb durch Spikereifen, 2004) 136

DIN **EN** 12697-17 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 17: Kornverlust von Probekörpern aus offenporigem Asphalt, 2007) –

DIN **EN** 12697-18 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 18: Bestimmung des Ablaufens, 2004).. 244

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 12697-19 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 19: Durchlässigkeit von Probekörpern, 2007) 326

DIN **EN** 12697-20 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 20: Eindringversuch an Würfeln oder Marshall-Probekörpern, 2004).....131

DIN **EN** 12697-21 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 21: Eindringversuch an Platten, 2004) .. 131

DIN **EN** 12697-22 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 22: Spurbildungstest, 2007).....150

DIN **EN** 12697-23 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 23: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit von Asphalt-Probekörpern, 2003) 116

DIN **EN** 12697-24 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung, 2007) 151

DIN **EN** 12697-25 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 25: Druckschwellversuch, 2005).....151

DIN **EN** 12697-26 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 26: Steifigkeit, 2004)..73, 105, 151, 377

DIN **EN** 12697-27 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 27: Probenahme, 2001).....50, 51

DIN **EN** 12697-28 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 28: Vorbereitung von Proben zur Bestimmung des Bindemittelgehaltes, des Wassergehaltes und zur Korngrößenbestimmung, 2001) ..52, 55

DIN **EN** 12697-29 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 29: Bestimmung der Maße von Asphalt-Probekörpern, 2002) –

DIN **EN** 12697-30 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 30: Probenvorbereitung, Marshall-Verdichtungsgerät, 2007) 54

DIN **EN** 12697-31 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter, 2007) 54

DIN **EN** 12697-32 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 32: Laborverdichtung von Asphalt mit einem Vibrationsverdichter, 2007).....54

DIN **EN** 12697-33 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Walzenverdichtungsgerät, 2007).....54

DIN **EN** 12697-34 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 34: Marshall-Prüfung, 2007).....98

DIN **EN** 12697-35 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 35: Labormischung, 2007).....54

DIN **EN** 12697-36 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 36: Bestimmung der Dicke von Fahrbahnbefestigungen aus Asphalt, 2003) 266

DIN **EN** 12697-37 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 37: Prüfung des Haftvermögens eines Bindemittels auf vorumhülltem Splitt für Hot-Rolled-Asphalt mittels heißem Sand, 2003) –

DIN **EN** 12697-38 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 38: Prüfeinrichtung und Kalibrierung, 2004) –

DIN **EN** 12697-39 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 39: Bindemittelgehalt durch Thermoanalyse, 2005).....204

DIN **EN** 12697-40 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 40: In situ-Durchlässigkeit, 2006) 326

DIN **EN** 12697-41 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 41: Widerstand gegen chemische Auftaumittel, 2005) 370

DIN **EN** 12697-42 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 42: Fremdstoffgehalt in Ausbauasphalt, 2006) 266

DIN **EN** 12697-43 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 43: Treibstoffbeständigkeit, 2005) ..370

DIN **EN** 12697-44 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 44: Bestimmung der Rissausbreitung mittels Halbzylinder-Biegeversuch, 2010) 137

DIN **EN** 12697-45 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 45: Alterungsprüfung an gesättigten Asphalt-Probekörpern (SATS-Prüfung), Entwurf 2009) 377

DIN **EN** 12697-46 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 46: Rissbildung und Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen, Entwurf 2009) 105, 146, 147, 151

DIN **EN** 12697-47 (Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 47: Bestimmung des Aschegehaltes von Naturasphalt, 2010) 184

DIN **EN** 12730 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung des Widerstandes gegen statische Belastung, 2001).....101

DIN **EN** 12758 (Glas im Bauwesen – Glas und Luftschalldämmung – Produktbeschreibungen und Bestimmung der Eigenschaften, 2011) –

DIN **EN** 12794 (Betonfertigteile – Gründungspfähle, 2007, Berichtigung 1, 2009) –

DIN **EN** 12808-1 (Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten – Teil 1: Bestimmung der Chemikalienbeständigkeit von Reaktionsharzmörteln, 2009) 370

DIN **EN** 12808-2 (Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten – Teil 2: Bestimmung der Abriebfestigkeit, 2009) 135

DIN **EN** 12808-3 (Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten – Teil 3: Bestimmung der Biege- und Druckfestigkeit, 2009).....97, 356

DIN **EN** 12808-4 (Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten – Teil 4: Bestimmung der Schwindung, 2009).....141

DIN **EN** 12808-5 (Klebstoffe und Fugenmörtel für Fliesen und Platten – Teil 5: Bestimmung der Wasseraufnahme, 2009) 334

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 12814-1 (Prüfung von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 1: Biegeversuch, 1999, Berichtigung 1, 2004).... 103, 111, 266

DIN **EN** 12814-2 (Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 2: Zugversuch, 2000) –

DIN **EN** 12814-3 (Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 3: Zeitstand-Zugversuch, 2005).....146

DIN **EN** 12814-4 (Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 4: Schälversuch, 2001).....117

DIN **EN** 12814-5 (Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 5: Makroskopische Untersuchung, 2000).....266

DIN **EN** 12814-6 (Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 6: Zugversuch bei tiefen Temperaturen, 2000).....103

DIN **EN** 12814-7 (Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 7: Zugversuch an Probekörpern mit Rundkerbe, 2003).....103

DIN **EN** 12839 (Betonfertigteile – Betonelemente für Zäune, Entwurf 201) –

DIN **EN** 12842 (Duktile Gussformstücke für PVC-U- oder PE-Rohrleitungssysteme – Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 12843 (Betonfertigteile – Maste, 2004) 123

DIN **EN** 12846-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Ausflusszeit mittels Ausflussviskosimeter – Teil 1: Bitumenemulsionen, 2011) 250

DIN **EN** 12846-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Ausflusszeit mittels Ausflussviskosimeter – Teil 2: Verschnittene und gefluxte bitumenhaltige Bindemittel, 2011) 250

DIN **EN** 12847 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Absetzverhaltens von Bitumenemulsionen, 2009).....241

DIN **EN** 12848 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Mischstabilität von Bitumenemulsionen mit Zement, 2009).....243

DIN **EN** 12849 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Eindringfähigkeit von Bitumenemulsionen, 2009) –

DIN **EN** 12850 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des pH-Wertes von Bitumenemulsionen, 2009) –

DIN **EN** 12859 (Gips-Wandbauplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, Entwurf 2010) 130

DIN **EN** 12860 (Gipskleber für Gips-Wandbauplatten – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren, 2002) –

DIN **EN** 12865 (Wärme- und feuchteschutztechnisches Verhalten von Bauteilen – Bestimmung des Widerstandes des Außenwandsystems gegen Schlagregen bei pulsierendem Luftdruck, 2001)...326

DIN **EN** 12878 (Pigmente zum Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen – Anforderungen und Prüfverfahren, 2006) 184, 301, 371, 376

DIN **EN** 12898 (Glas im Bauwesen – Bestimmung des Emissionsgrades, 2001) 301

DIN **EN** 12939 (Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Dicke Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand, 2001) 327, 328

DIN **EN** 12978 (Türen und Tore – Schutzeinrichtungen für kraftbetätigte Türen und Tore – Anforderungen und Prüfverfahren, 2009) –

DIN V **EN**V 13005 (Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, 1999, Beiblatt 1, 2010) 42

DIN **EN** 13009 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des hygrischen Dehnkoeffizienten, 2000)... 141

DIN **EN** 13036-1 (Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens, 2010) 295

DIN **EN** 13036-4 (Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Der Pendeltest, 2009).....296

DIN **EN** 13049 (Fenster – Belastung mit einem weichen, schweren Stoßkörper – Prüfverfahren, Sicherheitsanforderungen und Klassifizierung, 2003) –

DIN **EN** 13050 (Vorhangfassaden – Schlagregendichtheit – Laborprüfung mit wechselndem Luftdruck und Besprühen mit Wasser, 2011).....326

DIN **EN** 13055-1 (Leichte Gesteinskörnungen – Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel, 2002, Berichtigung 1, 2004) 101, 352, 358

DIN **EN** 13055-2 (Leichte Gesteinskörnungen – Teil 2: Leichte Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen sowie für ungebundene und gebundene Verwendung, 2004) 101, 352

DIN **EN** 13057 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme, 2002) 320

DIN **EN** 13062 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Ablaufneigung von Produkten für den Schutz der Bewehrung, 2003) 253

DIN **EN** 13063-1 (Abgasanlagen – System-Abgasanlagen mit Keramik-Innenrohren – Teil 1: Anforderungen und Prüfungen für Rußbrandbeständigkeit, 2007) 112

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13063-2 (Abgasanlagen – System-Abgasanlagen mit Keramik-Innenrohren – Teil 2: Anforderungen und Prüfungen für feuchte Betriebsweise, 2007) . 112, 370

DIN **EN** 13063-3 (Abgasanlagen – System-Abgasanlagen mit Keramik-Innenrohren – Teil 3: Anforderungen und Prüfungen für Luft-Abgasleitungen, 2007) –

DIN **EN** 13069 (Abgasanlagen – Keramik-Außenschalen für Systemabgasanlagen – Anforderungen und Prüfungen, 2005).....342

DIN **EN** 13074-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Rückgewinnung des Bindemittels aus Bitumenemulsionen oder verschnittenen oder gefluxten Bitumen durch Verdunstung, Entwurf 2008) –

DIN **EN** 13074-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Stabilisierung des Bindemittels aus Bitumenemulsionen oder verschnittenen oder gefluxten Bitumen nach Rückgewinnung, Entwurf 2008) –

DIN **EN** 13075-1 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Brechverhaltens – Teil 1: Bestimmung des Brechwertes kationischer Bitumenemulsionen, Verfahren mit Feinmineralstoff, 2009) –

DIN **EN** 13075-2 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Brechverhaltens – Teil 2: Bestimmung der Mischzeit von Feinanteilen in kationischen Bitumenemulsionen, 2009) –

DIN **EN** 13100-1 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Teil 1: Sichtprüfung, 2000) 266

DIN **EN** 13100-2 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen thermoplastischer Kunststoffe – Teil 2: Röntgenprüfung, 2005) 280

DIN **EN** 13100-3 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen thermoplastischer Kunststoffe – Teil 3: Ultraschallprüfung, 2005).....288

DIN **EN** 13100-4 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen thermoplastischer Kunststoffe – Teil 4: Hochspannungsprüfung, Entwurf 2011).....93

DIN **EN** 13111 (Abdichtungsbahnen – Unterdeck- und Unterspannbahnen für Dachdeckungen und Wände – Bestimmung des Widerstandes gegen Wasserdurchgang, 2010) 324

DIN **EN** 13161 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Biegefestigkeit unter Drittellinienlast, 2008) 111

DIN **EN** 13179-1 (Prüfverfahren für mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen – Teil 1: Delta-Ring- und Kugel-Verfahren, 2000).....255

DIN **EN** 13179-2 (Prüfverfahren für mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen – Teil 2: Bitumenzahl, 2000).....255

DIN **EN** 13183-1 (Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren, 2002, Berichtigung 1, 2003) 304

DIN **EN** 13183-2 (Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren 2002, Berichtung 1, 2003) 299

DIN **EN** 13183-3 (Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 3: Schätzung durch kapazitives Messverfahren, 2005).....307

DIN **EN** 13187 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarot-Verfahren, 1999).....290

DIN **EN** 13213 (Hohlböden, 2001).....127

DIN **EN** 13216 -1 (Abgasanlagen – Prüfverfahren für System-Abgasanlagen – Teil 1: Allgemeine Prüfverfahren, 2004) 136, 342

DIN **EN** 13238 (Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Konditionierungsverfahren und allgemeine Regeln für die Auswahl von Trägerplatten, 2010) –

DIN **EN** 13279-2 (Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel – Teil 2: Prüfverfahren, 2004) 55, 98, 106, 111, 130, 157, 238, 246, 247, 251

DIN **EN** 13286-1 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 1: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt; Einführung, allgemeine Anforderungen und Probenahme, 2003) –

DIN **EN** 13286-2 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes – Proctorversuch, 2010).....239

DIN **EN** 13286-3 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 3: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt; Vibrationsverdichtung mit vertikalem Druck, 2003) 239

DIN **EN** 13286-4 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 4: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt; Vibrationshammer, 2003).....239

DIN **EN** 13286-5 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 5: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt; Vibrationstisch, 2003) 239

DIN **EN** 13286-7 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 7: Dreiaxialprüfung mit zyklischer Belastung für ungebundene Gemische, 2004) 138

DIN **EN** 13286-40 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 40: Prüfverfahren zur Bestimmung der Zugfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische im direkten Zugversuch, 2003).....105

DIN **EN** 13286-41 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 41: Prüfverfahren zur Bestimmung der Druckfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische, 2003).....98

DIN **EN** 13286-42 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 42: Prüfverfahren zur Bestimmung der Zugfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische im indirekten Zugversuch, 2003)....116

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13286-43 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 43: Prüfverfahren zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls hydraulisch gebundener Gemische, 2003).....98, 105, 116

DIN **EN** 13286-44 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 44: Prüfverfahren zur Bestimmung des Alpha-Koeffizienten von verglaster Hochofenschlacke, 2003) –

DIN **EN** 13286-45 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 45: Prüfverfahren zur Bestimmung der Verarbeitbarkeitsdauer hydraulisch gebundener Gemische, 2004).....252

DIN **EN** 13286-46 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 46: Prüfverfahren zur Bestimmung des Feuchtigkeitszustands-Wertes, 2003) –

DIN **EN** 13286-47 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 47: Prüfverfahren zur Bestimmung des CBR-Wertes (California bearing ratio), des direkten Tragindex (IBI) und des linearen Schwellwertes, 2004) –

DIN **EN** 13286-48 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 48: Prüfverfahren zur Bestimmung des Pulverisierungsgrades, 2005) –

DIN **EN** 13286-49 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 49: Beschleunigte Quellprüfung von mit Kalk und/oder hydraulischem Bindemittel behandeltem Boden, 2004) 358

DIN **EN** 13286-50 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 50: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch Verdichtung mit Proctorgerät oder Vibrationstisch, 2005).....54

DIN **EN** 13286-51 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 51: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch Verdichtung mit Vibrationshammer, 2005) 54

DIN **EN** 13286-52 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 52: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch Vibro-Druck (Rütteln und Druck, 2005).....54

DIN **EN** 13286-53 (Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 53: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch axialen Druck, 2005) 54

DIN **EN** 13294 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Verarbeitbarkeitszeit, 2002).....252

DIN **EN** 13295 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Karbonatisierungswiderstands, 2004) 378

DIN **EN** 13301 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Ausölneigung von Bitumen, 2010) –

DIN **EN** 13302 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der dynamischen Viskosität von bitumenhaltigem Bindemittel mit einem Viskosimeter mit rotierender Spindel, 2010) 256

DIN **EN** 13303 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Masseverlustes von Industriebitumen nach Erwärmung, 2009) –

DIN **EN** 13329 (Laminatböden – Elemente mit einer Deckschicht auf Basis aminoplastischer, wärmehärtbarer Harze – Spezifikationen, Anforderungen und Prüfverfahren, 2009) –

DIN **EN** 13330 (Abschlüsse außen – Aufprall eines harten Stoßkörpers und Widerstand gegen gewaltsames Eindringen – Prüfverfahren, Entwurf 2011) –

DIN **EN** 13354 (Massivholzplatten (SWP) – Qualität der Verklebung – Prüfverfahren, 2009) –

DIN **EN** 13358 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Destillationsverlaufes von mit Mineralölfluxmitteln verschnittenen oder gefluxten bitumenhaltigen Bindemitteln, 2010) –

DIN **EN** 13364 (Prüfung von Naturstein – Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch, 2002) –

DIN **EN** 13369 (Allgemeine Regeln für Betonfertigteile, Entwurf 2010) 96

DIN **EN** 13373 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung geometrischer Merkmale von Gesteinen, 2003) –

DIN **EN** 13375 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen – Regeln für Probenentnahme und Vorbereitung von Prüfkörpern, 2004).....55

DIN **EN** 13381-1 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 1: Horizontal angeordnete Brandschutzbekleidungen, Entwurf 2008) 341 345

DIN **EN** 13381-2 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 2: Vertikal angeordnete Brandschutzbekleidungen, Entwurf 2008).....345

DIN **EN** 13381-3 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 3: Brandschutzmaßnahmen für Betonbauteile, Entwurf 2008).....345

DIN **EN** 13381-4 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 4: Passive Brandschutzmaterialien für Stahlbauteile, Entwuf 2009) 345

DIN **EN** 13381-5 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 5: Brandschutzmaßnahmen für profilierte Stahlblech/Beton-Verbundkonstruktionen, Entwurf 2008) 345

DIN **EN** 13381-6 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 6: Brandschutzmaßnahmen für betonverfüllte Stahlverbund-Hohlstützen, Entwurf 2008) 345

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13381-7 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 7: Brandschutzmaßnahmen für Holzbauteile, Entwurf 2008).....345

DIN **EN** 13381-8 (Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 8: Reaktive Ummantelung von Stahlbauteilen, 2010).....345

DIN **EN** 13383-2 (Wasserbausteine – Teil 2: Prüfverfahren, 2009) 358, 373

DIN **EN** 13391 (Mechanische Prüfungen für Spannverfahren mit nachträglichem Verbund, 2004) –

DIN **EN** 13395-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Verarbeitbarkeit – Teil 1: Prüfung des Fließverhaltens von thixotropem Mörtel, 2002) 246

DIN **EN** 13395-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Verarbeitbarkeit – Teil 2: Prüfung des Fließverhaltens von Vergussmörtel, Feinmörtel oder Mörtel, 2002) 249

DIN **EN** 13395-3 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Verarbeitbarkeit – Teil 3: Prüfung des Fließverhaltens von Instandsetzungsbeton, 2002).....249

DIN **EN** 13395-4 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Verarbeitbarkeit – Teil 4: Überkopfanwendung von Instandsetzungsmörtel, 2002).....253

DIN **EN** 13396 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung des Eindringens von Chloridionen, 2004) 316, 378

DIN **EN** 13398 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der elastischen Rückstellung von modifiziertem Bitumen, 2010) 104

DIN **EN** 13399 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Lagerbeständigkeit von modifiziertem Bitumen, 2010) –

DIN **EN** 13408 (Prüfverfahren für hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen – Bestimmung der Haftzugfestigkeit, 2002).....106

DIN **EN** 13409 (Prüfverfahren für hydraulisch erhärtende Boden-Spachtelmassen – Bestimmung der Erstarrungszeit, 2002) 251

DIN **EN** 13412 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Elastizitätsmoduls im Druckversuch, 2006).....98

DIN **EN** 13415 (Prüfung von Klebstoffen für Bodenbeläge – Bestimmung des elektrischen Widerstandes von Klebstoff-Filmen und Verbunden, 2010) 298

DIN **EN** 13416 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Regeln für die Probenentnahme, 2001) 50

DIN **EN** 13420 (Fenster – Differenzklima – Prüfverfahren, 2011) –

DIN **EN** 13454-2 (Calciumsulfat-Binder, Calciumsulfat-Compositbinder und Calciumsulfat-Werkmörtel für Estriche – Teil 2: Prüfverfahren, 2007) 55, 98, 111, 141, 157, 246, 247, 251

DIN **EN** 13467 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung der Maße, der Rechtwinkligkeit und der Linearität von vorgeformten Rohrdämmstoffen, 2001) –

DIN **EN** 13468 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung des Gehalts von wasserlöslichen Chlorid-, Flourid-, Silikat- und Natrium-Ionen und des pH-Wertes, 2001).....161

DIN **EN** 13469 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von vorgeformten Rohrdämmstoffen, 2001).....314

DIN **EN** 13470 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung der Rohdichte von vorgeformten Rohrdämmstoffen, 2001) –

DIN **EN** 13471 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten, 2001) ... 139

DIN **EN** 13472 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen von vorgeformten Rohrdämmstoffen, 2001).....334

DIN **EN** 13477-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Schallemissionsprüfung; Gerätecharakterisierung – Teil 1: Gerätebeschreibung, 2001).....94

DIN **EN** 13477-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Schallemissionsprüfung – Gerätecharakterisierung – Teil 2: Überprüfung der Betriebskenngrößen, 2010).....94

DIN **EN** 13501-1 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten, 2010).....335

DIN **EN** 13501-2 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen, 2010).....341

DIN **EN** 13501-3 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 3: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen an Bauteilen von haustechnischen Anlagen: Feuerwiderstandsfähige Leitungen und Brandschutzklappen, 2010).....341

DIN **EN** 13501-4 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 4: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen von Anlagen zur Rauchfreihaltung, 2010) 341

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13501-5 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 5: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus Prüfungen von Bedachungen bei Beanspruchung durch Feuer von außen) 341, 345

DIN **EN** 13502 (Abgasanlagen – Anforderungen und Prüfverfahren für Keramik-Aufsätze, 2003) ...355, 369

DIN **EN** 13508-1 (Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 13508-2 (Zustandserfassung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion, 2003, Berichtigung 1, 2007) –

DIN **EN** 13509 (Messverfahren für den kathodischen Korrosionsschutz, 2003) –

DIN **EN** 13523-1 (Bandbeschichtete Metalle – Prüfverfahren – Teil 1: Schichtdicke, 2010).....293

DIN **EN** 13523-8 (Bandbeschichtete Metalle – Prüfverfahren – Teil 8: Beständigkeit gegen Salzsprühnebel, 2010).....384

DIN **EN** 13523-10 (Bandbeschichtete Metalle – Prüfverfahren – Teil 10: Beständigkeit gegen UV-Strahlung mit Leuchtstofflampen und Kondensation von Wasser, 2010) 376

DIN **EN** 13523-19 (Bandbeschichtete Metalle – Prüfverfahren – Teil 19: Probenplatten und Verfahren zur Freibewitterung, Entwurf, 2010) 65

DIN **EN** 13523-21 (Bandbeschichtete Metalle – Prüfverfahren – Teil 21: Bewertung von freibewitterten Probenplatten, 2010).....65

DIN **EN** 13529 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Widerstand gegen starken chemischen Angriff, 2003).....367

DIN **EN** 13541 (Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen Sprengwirkung, 2001)...128

DIN **EN** 13554 (Zerstörungsfreie Prüfung – Schallemissionsprüfung – Allgemeine Grundsätze, 2011) ..94

DIN **EN** 13577 (Chemischer Angriff an Beton – Bestimmung des Gehalts an angreifendem Kohlendioxid in Wasser, 2007).....187

DIN **EN** 13578 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Verträglichkeit zwischen Beschichtung und wassergesättigtem, oberflächentrockenem Beton, 2004).....371

DIN **EN** 13579 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Trocknungsprüfung für hydrophobierende Imprägnierungen, 2002) 327

DIN **EN** 13580 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Wasseraufnahme und Alkalibeständigkeit für hydrophobierende Imprägnierungen, 2002) 372

DIN **EN** 13581 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Masseverlustes von hydrophobiertem Beton nach der Beanspruchung durch Frost-Tausalz-Wechsel, 2002).....356

DIN **EN** 13583 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung des Widerstandes gegen Hagelschlag, 2001).....127

DIN **EN** 13584 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Kriechens von Betonersatzsystemen im Druckversuch, 2003).....146

DIN **EN** 13587 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Streckeigenschaften von bitumenhaltigen Bindemitteln mit dem Zugprüfverfahren, 2010) 104

DIN **EN** 13588 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Kohäsion von bitumenhaltigen Bindemitteln mit der Pendelprüfung, 2008) 126

DIN **EN** 13589 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Streckeigenschaften von modifiziertem Bitumen mit dem Kraft-Duktilitäts-Verfahren, 2008, Berichtigung 1, 2008) 104

DIN **EN** 13596 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen – Bestimmung der Abreißfestigkeit, 2005) 107

DIN **EN** 13614 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Haftverhaltens von Bitumenemulsionen bei Wasserlagerung, Entwurf, 2009) 243

DIN **EN** 13632 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Visualisierung der Polymerverteilung in polymermodifiziertem Bitumen, 2010).....195

DIN **EN** 13639 (Bestimmung des Gesamtgehalts an organischem Kohlenstoff in Kalkstein, 2002, Berichtigung 1, 2006) 177

DIN **EN** 13647 (Holzfußböden und Wand- und Deckenbekleidungen aus Holz – Bestimmung geometrischer Eigenschaften, Entwurf 2009) –

DIN **EN** 13653 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen – Bestimmung der Schubfestigkeit, 2004) 119

DIN **EN** 13658-1 (Putzträger und Putzprofile aus Metall – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 1: Innenputze, 2005) –

DIN **EN** 13658-2 (Putzträger und Putzprofile aus Metall – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 2: Außenputze, 2005) –

DIN **EN** 13687-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Wärmeverträglichkeit – Teil 1: Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Tausalzangriff, 2002) 356

DIN **EN** 13687-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Temperaturwechselverträglichkeit – Teil 2: Gewitterregenbeanspruchung (Temperaturschock), 2002).....356

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13687-3 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Temperaturwechselverträglichkeit – Teil 3: Temperaturschockbeanspruchung ohne Tausalzangriff, 2002) 356

DIN **EN** 13687-4 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Temperaturwechselverträglichkeit – Teil 4: Trockene Temperaturwechselbeanspruchung, 2002).....356

DIN **EN** 13687-5 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Temperaturwechselverträglichkeit – Teil 5: Widerstand gegen Temperaturschock, 2002).....356

DIN **EN** 13693 (Betonfertigteile – Besondere Fertigteile für Dächer, 2009) –

DIN **EN** 13696 (Holzfußböden – Prüfverfahren zur Bestimmung der Verformbarkeit und der Beständigkeit gegen Verschleiß und gegen Stoßbeanspruchung, 2009).....126, 134

DIN **EN** 13702 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der dynamischen Viskosität von modifiziertem Bitumen mit dem Platte-Kegel-Verfahren, 2010) 256

DIN **EN** 13703 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Formänderungsarbeit, 2004) 104

DIN **EN** 13719 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der langfristigen Schutzwirksamkeit von Geotextilien im Kontakt mit geosynthetischen Dichtungsbahnen, 2002, Berichtigung 1, 2005) –

DIN **EN** 13733 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung der Dauerhaftigkeit von Klebstoffen für konstruktive Zwecke, 2002).....375

DIN **EN** 13738 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung des Herausziehwiderstandes aus dem Boden, 2005) –

DIN **EN** 13747 (Betonfertigteile – Deckenplatten mit Ortbetonergänzung, 2010) –

DIN **EN** 13748-1 (Terrazzoplatten – Teil 1:Terrazzoplatten für die Verwendung im Innenbereich, 2005).... 134, 296, 354

DIN **EN** 13748-2 (Terrazzoplatten – Teil 2: Terrazzoplatten für die Verwendung im Außenbereich, 2005)... 134, 296, 354

DIN **EN** 13755 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Wasseraufnahme unter atmosphärischem Druck, 2008) 304, 333

DIN **EN** 13791 (Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen, 2008)99

DIN **EN** 13815 (Formteile aus faserverstärktem Gips – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2006) –

DIN **EN** 13820 (Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Gehalts an organischen Bestandteilen, 2003).....184

DIN **EN** 13823 (Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen, 2010)....338

DIN **EN** 13829 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren, 2001) 326

DIN **EN** 13892-1 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 1: Probenahme, Herstellung und Lagerung der Prüfkörper, 2003) 55

DIN **EN** 13892-2 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 2: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit, 2003).....98, 110

DIN **EN** 13892-3 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 3: Bestimmung des Verschleißwiderstandes nach Böhme, 2004).....131

DIN **EN** 13892-4 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 4: Bestimmung des Verschleißwiderstandes nach BCA, 2003).....133

DIN **EN** 13892-5 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 5: Bestimmung des Widerstandes gegen Rollbeanspruchung von Estrichen für Nutzschichten, 2003).....133

DIN **EN** 13892-6 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 6: Bestimmung der Oberflächenhärte, 2003) 130

DIN **EN** 13892-7 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 7: Bestimmung des Widerstandes gegen Rollbeanspruchung von Estrichen mit Bodenbelägen, 2003) 134

DIN **EN** 13892-8 (Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 8: Bestimmung der Haftzugfestigkeit, 2003) 106

DIN **EN** 13894-1 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Dauerschwingfestigkeit unter dynamischer Belastung – Teil 1: Während des Aushärtens, 2004) 150

DIN **EN** 13894-2 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren; Bestimmung des Ermüdungsverhaltens bei dynamischer Belastung – Teil 2: Nach dem Erhärten, 2003).....150

DIN **EN** 13897 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Wasserdichtheit nach Dehnung bei niedriger Temperatur, 2005) –

DIN **EN** 13915 (Gipsplatten-Wandbaufertigtafeln mit einem Kartonwabenkern – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2007)..... 111, 130

DIN **EN** 13919 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Beständigkeit gegen Alterung durch SO2 bei Feuchteeinwirkung, 2003) 304, 373

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 13925-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 2003).... 198

DIN **EN** 13925-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien – Teil 2: Verfahrensabläufe, 2003).....198

DIN **EN** 13925-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrie von polykristallinen und amorphen Materialien – Teil 3: Geräte, 2005) 198

DIN **EN** 13948 (Abdichtungsbahnen – Bitumen-, Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung des Widerstandes gegen Wurzelpenetration, 2008) 386

DIN **EN** 13950 (Gips-Verbundplatten zur Wärme- und Schalldämmung – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2006) –

DIN **EN** 13963 (Materialien für das Verspachteln von Gipsplatten-Fugen – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2005, Berichtigung 1, 2006).. 103, 111, 251

DIN **EN** 13964 (Unterdecken – Anforderungen und Prüfverfahren, 2007).....127

DIN **EN** 13978-1 (Betonfertigteile – Betonfertiggaragen – Teil 1: Anforderungen an monolithische oder aus raumgroßen Einzelteilen bestehende Stahlbetongaragen, 2005) –

DIN **EN** 13978-2 (Betonfertigteile – Betonfertiggaragen – Teil 2: Stahlfaserbeton-Garagen; Produkteigenschaften und -leistungen, 2000) –

DIN **EN** 13999-1 (Klebstoffe – Kurzzeit-Verfahren zum Messen der Emissionseigenschaften von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Klebstoffen nach Applikation – Teil 1: Allgemeines Verfahren, 2006) 225

DIN **EN** 13999-2 (Klebstoffe – Kurzzeit-Verfahren zum Messen der Emissionseigenschaften von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Klebstoffen nach der Applikation – Teil 2: Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen, 2007) 225

DIN **EN** 14016-2 (Bindemittel für Magnesiaestriche – Kaustische Magnesia und Magnesiumchlorid – Teil 2: Prüfverfahren, 2004).....157, 174, 247, 251, 260

DIN **EN** 14020-2 (Verstärkungsfasern – Spezifikation für Textilglasrovings – Teil 2: Prüfverfahren und allgemeine Anforderungen, 2003) –

DIN **EN** 14022 (Strukturklebstoffe – Bestimmung der Topfzeit (Verarbeitungszeit) von Mehrkomponentenklebstoffen, 2010) 252

DIN **EN** 14030 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Auswahlprüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Säure und alkalische Flüssigkeiten, 2003) –

DIN **EN** 14066 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des Widerstandes gegen Alterung durch Wärmeschock, Entwurf 2009) 357

DIN **EN** 14068 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Wasserdichtheit von injizierten Rissen ohne Bewegung in Beton, 2004) 325

DIN **EN** 14117 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Ausflusszeit von zementartigen Rissfüllstoffen, 2004) 249

DIN **EN** 14135 (Brandschutzbekleidungen – Bestimmung der Brandschutzwirkung, 2004).....345

DIN **EN** 14146 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls (durch Messung der Resonanzfrequenz der Grundschwingung), 2004) 124

DIN **EN** 14147 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Beständigkeit gegen Alterung durch Salzsprühnebel, 2004).....304, 373

DIN **EN** 14151 (Geokunststoffe – Bestimmung der Berstdruckfestigkeit, 2010) –

DIN **EN** 14157 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß, 2005) 132, 134

DIN **EN** 14158 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Bruchenergie, 2004) 126, 304

DIN **EN** 14190 (Gipsplattenprodukte aus der Weiterverarbeitung – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2005) –

DIN **EN** 14195 (Metallprofile für Unterkonstruktionen von Gipsplattensystemen – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2005, Berichtigung 1, 2006) –

DIN **EN** 14205 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Härte nach Knoop, 2004).....130

DIN **EN** 14209 (Hohlkehlleisten aus kartonummanteltem Gips – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2006) –

DIN **EN** 14223 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungen für Betonbrücken und andere Verkehrsflächen auf Beton – Bestimmung der Wasserabsorption, 2006).... 334

DIN **EN** 14224 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme für Betonbrücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung der Rissüberbrückungsfähigkeit, 2010).....105

DIN **EN** 14231 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des Gleitwiderstandes mit Hilfe des Pendelprüfgerätes, 2003) 296

DIN **EN** 14241-1 (Abgasanlagen – Werkstoffanforderungen und Prüfungen für elastomere Dichtungen und Dichtwerkstoffe – Teil 1: Dichtungen für den Einsatz in Innenrohren, 2005) –

DIN **EN** 14246 (Gipselemente für Unterdecken (abgehängte Decken) – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2006, Berichtigung 1, 2007) –

DIN **EN** 14292 (Klebstoffe – Holzklebstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen statische Belastung in der Wärme, 2005) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 14293 (Klebstoffe – Klebstoffe für das Kleben von Parkett auf einen Untergrund – Prüfverfahren und Mindestanforderungen, 2006) –

DIN **EN** 14297 (Abgasanlagen – Prüfverfahren für die Frost-Tauwechselbeständigkeit für Produkte für Abgasanlagen, 2004) 355

DIN **EN** 14298 (Schnittholz – Ermittlung der Trocknungsqualität, 2005) –

DIN **EN** 14353 (Hilfs- und Zusatzprofile aus Metall zur Verwendung mit Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2010) –

DIN **EN** 14358 (Holzbauwerke – Berechnung der 5 %-Quantile für charakteristische Werte und Annahmekriterien für Proben, 2007) –

DIN **EN** 14366 (Messung der Geräusche von Abwasserinstallationen im Prüfstand, 2005) 351

DIN **EN** 14389-1 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Verfahren zur Bewertung der Langzeitwirksamkeit – Teil 1: Akustische Eigenschaften, 2008) –

DIN **EN** 14389-2 (Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Verfahren zur Bewertung der Langzeitwirksamkeit – Teil 2: Nichtakustische Eigenschaften, 2004) –

DIN **EN** 14390 (Brandverhalten von Bauprodukten – Referenzversuch im Realmaßstab an Oberflächenprodukten in einem Raum, 2007) 338

DIN **EN** 14406 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Ausdehnungsverhältnisses und der Ausdehnungsentwicklung, 2004) .. 143

DIN **EN** 14415 (Geosynthetische Dichtungsbahnen – Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Auslaugen, 2004).....370

DIN **EN** 14470-1 (Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 1: Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten, 2004) 345

DIN **EN** 14470-2 (Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 2: Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen, 2006).....345

DIN **EN** 14471 (Abgasanlagen – Systemabgasanlagen mit Kunststoffinnenrohren – Anforderungen und Prüfungen, 2005) –

DIN **EN** 14474 (Betonfertigteile – Holzspanbeton – Anforderungen und Prüfverfahren, 2005) –

DIN **EN** 14488-1 (Prüfung von Spritzbeton – Teil 1: Probenahme von Frisch- und Festbeton, 2005).....55

DIN **EN** 14488-2 (Prüfung von Spritzbeton – Teil 2: Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton, 2006).....100

DIN **EN** 14488-3 (Prüfung von Spritzbeton – Teil 3: Biegefestigkeiten (Erstriss-, Biegezug- und Restfestigkeit) von faserverstärkten balkenförmigen Betonprüfkörpern, 2006).....110

DIN **EN** 14488-4 (Prüfung von Spritzbeton – Teil 4: Haftfestigkeit an Bohrkernen bei zentrischem Zug, 2008) 105

DIN **EN** 14488-5 (Prüfung von Spritzbeton – Teil 5: Bestimmung der Energieabsorption bei faserverstärkten plattenförmigen Prüfkörpern, 2006).....110

DIN **EN** 14488-6 (Prüfverfahren für Spritzbeton – Teil 6: Schichtdicke von Beton auf einem Untergrund, 2006) –

DIN **EN** 14488-7 (Prüfung von Spritzbeton – Teil 7: Fasergehalt von faserverstärktem Beton, 2006) ...279

DIN **EN** 14496 (Kleber auf Gipsbasis für Verbundplatten zur Wärme- und Schalldämmung und Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2006) 106, 251

DIN **EN** 14497 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Eindringstabilität, 2004) 242

DIN **EN** 14498 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Änderungen von Volumen und Gewicht nach Wechsel-Beanspruchung durch Trocknung an der Luft und Lagerung in Wasser, 2004) .143

DIN **EN** 14566 (Mechanische Befestigungsmittel für Gipsplattensysteme – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, 2009).....108

DIN **EN** 14574 (Geokunststoffe – Bestimmung des Pyramidendurchdrückwiderstandes von Geokunststoffen auf harter Unterlage, 2005) –

DIN **EN** 14575 (Geosynthetische Dichtungsbahnen – Orientierungsprüfung zur Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit, 2005) –

DIN **EN** 14576 (Geokunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit von geosynthetischen Kunststoffdichtungsbahnen gegen umweltbedingte Spannungsrissbildung, 2005) –

DIN **EN** 14579 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Geschwindigkeit der Schallausbreitung, 2005) 124, 287, 288

DIN **EN** 14580 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls, 2005) 98

DIN **EN** 14581 (Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, 2005).....139

DIN **EN** 14617-1 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 1: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme, 2005).....333

DIN **EN** 14617-2 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung der Biegefestigkeit (Schwenkbiegen), 2008)..... 111

DIN **EN** 14617-4 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung der Abriebbeständigkeit, 2005).....134

DIN **EN** 14617-5 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 5: Bestimmung der Frost-Tau-Wechselbeständigkeit, 2005).....355

DIN **EN** 14617-6 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 6: Bestimmung der Temperaturwechselbeständigkeit, 2005).....357

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 14617-8 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 8: Bestimmung der Beständigkeit gegen Befestigungen (Ankerdornloch), 2008).....108

DIN **EN** 14617-9 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 9: Bestimmung der Schlagfestigkeit, 2005) 126

DIN **EN** 14617-10 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 10: Bestimmung der chemischen Beständigkeit, 2005).....370

DIN **EN** 14617-11 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 11: Bestimmung des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, 2005).....139

DIN **EN** 14617-12 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 12: Bestimmung der Maßhaltigkeit, 2005) –

DIN **EN** 14617-13 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 13: Bestimmung des spezifischen elektrischen Widerstands, 2005).....298

DIN **EN** 14617-15 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 15: Bestimmung der Druckfestigkeit, 2005).....98

DIN **EN** 14617-16 (Künstlich hergestellter Stein – Prüfverfahren – Teil 16: Bestimmung der Maße, der geometrischen Merkmale und der Oberflächenqualität von Fliesen, 2005).....266

DIN **EN** 14629 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton, 2007).....157, 158

DIN **EN** 14630 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Karbonatisierungstiefe im Festbeton mit der Phenolphthalein-Prüfung, 2007).....378

DIN **EN** 14648 (Schlösser und Baubeschläge – Beschläge für Fensterläden – Anforderungen und Prüfverfahren, 2007) –

DIN **EN** 14649 (Vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit von Glasfasern in Beton (SIC-Prüfung), 2005) 371

DIN **EN** 14650 (Betonfertigteile – Allgemeine Regeln für die werkseigene Produktionskontrolle von Beton mit metallischen Fasern, 2005) –

DIN **EN** 14651 (Prüfverfahren für Beton mit metallischen Fasern – Bestimmung der Biegezugfestigkeit (Proportionalitätsgrenze, residuelle Biegezugfestigkeit), 2007).....110

DIN **EN** 14691 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungen für Betonbrücken und andere Verkehrsflächen auf Beton – Bestimmung der Verträglichkeit nach Wärmelagerung, 2005) –

DIN **EN** 14692 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungen für Betonbrücken und andere Verkehrsflächen auf Beton – Bestimmung des Widerstandes gegenüber Verdichtung der Schutzschicht, 2005) –

DIN **EN** 14693 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungen für Betonbrücken und andere Verkehrsflächen auf Beton – Bestimmung des Verhaltens von Bitumenbahnen bei Anwendung von Gussasphalt, 2006) –

DIN **EN** 14694 (Abdichtungsbahnen – Abdichtungen für Betonbrücken und andere Verkehrsflächen auf Beton – Bestimmung des Widerstandes gegenüber dynamischem Wasserdruck nach Schadenvorbeanspruchung, 2005).....324

DIN **EN** 14706 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung der oberen Anwendungsgrenztemperatur, 2006) –

DIN **EN** 14707 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung der oberen Anwendungsgrenztemperatur von vorgeformten Rohrdämmstoffen, 2008) –

DIN **EN** 14716 (Spanndecken – Anforderungen und Prüfverfahren, 2005) –

DIN **EN** 14721 (Prüfverfahren für Beton mit metallischen Fasern – Bestimmung des Fasergehalts in Frisch- und Festbeton, 2007) 242

DIN **EN** 14769 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Beschleunigte Langzeit-Alterung mit einem Druckalterungsbehälter (PAV), 2006) –

DIN **EN** 14770 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels – Dynamisches Scherrheometer (DSR), Entwurf 2011) 256

DIN **EN** 14771 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Biegekriechsteifigkeit – Biegebalkenrheometer (BBR), 2005).....256

DIN **EN** 14840 (Fugeneinlagen und Füllstoffe – Prüfverfahren für vorgeformte Fugenprofile, 2005) –

DIN **EN** 14843 (Betonfertigteile – Treppen, 2007) –

DIN **EN** 14844 (Betonfertigteile – Hohlkastenelemente, 2009) –

DIN **EN** 14845-1 (Prüfverfahren für Fasern in Beton – Teil 1: Referenzbetone, 2007) 55

DIN **EN** 14845-2 (Prüfverfahren für Fasern in Beton – Teil 2: Einfluss auf den Beton, 2006).....110

DIN **EN** 14869-1 (Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen – Teil 1: Torsionsprüfverfahren unter Verwendung stumpf verklebter Hohlzylinder, Entwurf 2010).....123

DIN **EN** 14869-2 (Strukturklebstoffe – Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen – Teil 2: Scherprüfung für dicke Fügeteile, Entwurf 2010) ..121

DIN **EN** 14879-2 (Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien – Teil 2: Beschichtungen für Bauteile aus metallischen Werkstoffen, 2007) –

DIN **EN** 14879-3 (Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien – Teil 3: Beschichtungen für Bauteile aus Beton, 2007) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 14879-5 (Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien – Teil 5: Auskleidungen für Bauteile aus Beton, 2007) –

DIN **EN** 14879-6 (Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien – Teil 6: Kombinierte Auskleidung mit Plattierungen (Plattenlagen) und Ausmauerungen, 2010) –

DIN **EN** 14991 (Betonfertigteile – Gründungselemente, 2007) –

DIN **EN** 14992 (Betonfertigteile – Wandelemente, 2007) –

DIN **EN** 15026 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, 2007) 387

DIN **EN** 15037-1 (Betonfertigteile – Balkendecken mit Zwischenbauteilen – Teil 1: Balken, 2008) –

DIN **EN** 15037-2 (Betonfertigteile – Balkendecken mit Zwischenbauteilen – Teil 2: Zwischenbauteile aus Beton, 2011) –

DIN **EN** 15037-3 (Betonfertigteile – Balkendecken mit Zwischenbauteilen – Teil 3: Keramische Zwischenbauteile, 2011) –

DIN **EN** 15037-4 (Betonfertigteile – Balkendecken mit Zwischenbauteilen – Teil 4: Zwischenbauteile aus Polystyrolhartschaum, 2010).....75

DIN **EN** 15037-5 (Betonfertigteile – Balkendecken mit Zwischenbauteilen – Teil 5: Leichte Zwischenbauteile für einfache Schalungen, 2010).....75

DIN **EN** 15042-1 (Schichtdickenmessung und Charakterisierung von Oberflächen mittels Oberflächenwellen – Teil 1: Leitfaden zur Bestimmung von elastischen Konstanten, Dichte und Dicke von Schichten mittels laserinduzierten Ultraschall-Oberflächenwellen, 2006).....287

DIN **EN** 15042-2 (Schichtdickenmessung und Charakterisierung von Oberflächen mittels Oberflächenwellen – Teil 2: Leitfaden zur photothermischen Schichtdickenmessung, 2006).....293

DIN **EN** 15050 (Betonfertigteile – Fertigteile für Brücken, Entwurf 2011) –

DIN **EN** 15057 (Faserzement-Wellplatten – Schlagfestigkeitsprüfung, 2006).....126

DIN **EN** 15183 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Prüfung des Korrosionsschutzes, 2006) 379

DIN **EN** 15184 (Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Haftzugfestigkeit zwischen beschichtetem Stahl und Beton (Ausziehversuch), 2006) 123, 379

DIN **EN** 15258 (Betonfertigteile – Stützwandelemente, 2009) –

DIN **EN** 15269 (Erweiterter Anwendungsbereich von Prüfergebnissen zur Feuerwiderstandsfähigkeit und/oder Rauchdichtigkeit von Türen, Toren und Fenstern einschließlich ihrer Baubeschläge – mehrere Teile, 2008-2010) –

DIN **EN** 15283-1 (Faserverstärkte Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 1: Gipsplatten mit Vliesarmierung, 2009) .. 111, 130, 334

DIN **EN** 15283-2 (Faserverstärkte Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 2: Gipsfaserplatten, 2009) 111, 120, 130, 334

DIN **EN** 15304 (Bestimmung des Frost-Tau-Widerstandes von dampfgehärtetem Porenbeton, 2010) 355

DIN **EN** 15305 (Zerstörungsfreie Prüfung – Röntgendiffraktometrisches Prüfverfahren zur Ermittlung der Eigenspannungen, 2009, Berichtigung 1, 2009) ...197

DIN **EN** 15308 (Charakterisierung von Abfällen – Bestimmung ausgewählter polychlorierter Biphenyle (PCB) in festem Abfall unter Anwendung der Kapillar-Gaschromatographie mit Elektroneneinfang-Detektion oder massenspektrometrischer Detektion, 2008)... 218

DIN **EN** 15309 (Charakterisierung von Abfällen und Böden – Bestimmung der elementaren Zusammensetzung durch Röntgenfluoreszenz-Analyse, 2007).... 163

DIN **EN** 15323 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Beschleunigte Langzeit-Alterung mit dem Verfahren mit rotierendem Zylinder (RCAT), 2007) –

DIN **EN** 15326 (Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Messung der Dichte und der relativen Dichte – Pyknometerverfahren mit Kapillarstopfen, 2009) –

DIN **EN** 15548-1 (Wärmedämmstoffe für betriebstechnische Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät – Teil 1: Messungen bei hohen Temperaturen von 100 °C bis 850 °C, Entwurf 2006)... 327

DIN **EN** 15564 (Betonfertigteile – Kunstharzbeton – Anforderungen und Prüfverfahren) –

DIN **EN** 15659 (Wertbehältnisse – Klassifizierung und Methoden zur Prüfung des Widerstandes gegen Brand – Leichte Brandschutzschränke, 2009).....344

DIN **EN** 15771 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Ritzhärte nach Mohs, 2010) 128

DIN **EN** 15882-2 (Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse aus Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 2: Brandschutzklappen, Entwurf 2010) –

DIN **EN** 15882-3 (Erweiterter Anwendungsbereich der Ergebnisse aus Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 3: Abschottungen, 2009) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **EN** 20140-2 (Akustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 2: Angaben von Genauigkeitsanforderungen, 1993) –

DIN **EN** 20535 (Papier und Pappe – Bestimmung des Wasserabsorptionsvermögens – Cobb-Verfahren, 1994) 334

DIN **EN** 20811 (Textilien; Bestimmung des Widerstandes gegen das Durchdringen von Wasser; Hydrostatischer Druckversuch, 1992) 326

DIN **EN** 23270 (Lacke, Anstrichstoffe und deren Rohstoffe; Temperaturen und Luftfeuchten für Konditionierung und Prüfung, 1991).....55

DIN **EN** 27888 (Wasserbeschaffenheit; Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, 1993).....222

DIN **EN** 29052-1 (Akustik; Bestimmung der dynamischen Steifigkeit; Teil 1: Materialien, die unter schwimmenden Estrichen in Wohngebäuden verwendet werden, 1992).....351

DIN **EN** 29053 (Akustik; Materialien für akustische Anwendungen; Bestimmung des Strömungswiderstandes, 1993).....323, 351

DIN **EN** 45011 (Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Produktzertifizierungssysteme betreiben, 1998) 41

DIN **EN** 45020 (Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten – Allgemeine Begriffe, 2007).....38

OEVE/OENORM **EN** 50266-1 (Allgemeine Prüfverfahren für Kabel und isolierte Leitungen im Brandfall – Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung von senkrecht angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 1: Prüfvorrichtung, 2001) –

OEVE/OENORM **EN** 50266-2-1 (Allgemeine Prüfverfahren für Kabel und isolierte Leitungen im Brandfall – Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung von senkrecht angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 2-1: Prüfverfahren – Prüfart A F/R, 2001) –

OEVE/OENORM **EN** 50266-2-2 (Allgemeine Prüfverfahren für Kabel und isolierte Leitungen im Brandfall – Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung von senkrecht angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 2-2: Prüfverfahren – Prüfart A, 2001) –

OEVE/OENORM **EN** 50266-2-3 (Allgemeine Prüfverfahren für Kabel und isolierte Leitungen im Brandfall – Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung von senkrecht angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 2-3: Prüfverfahren – Prüfart B, 2001) –

OEVE/OENORM **EN** 50266-2-4 (Allgemeine Prüfverfahren für Kabel und isolierte Leitungen im Brandfall – Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung von senkrecht angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 2-4: Prüfverfahren – Prüfart C, 2001) –

OEVE/OENORM **EN** 50266-2-5 (Allgemeine Prüfverfahren für Kabel und isolierte Leitungen im Brandfall – Prüfung der senkrechten Flammenausbreitung von senkrecht angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 2-5: Prüfverfahren – Dünne Kabel – Prüfart D, 2001) –

DIN **EN** 60584-1 (Thermopaare – Teil 1: Grundwerte der Thermospannungen, 1996, Berichtigung 1, 1998) 302

DIN **EN** 60584-2 (Thermopaare – Teil 2: Grenzabweichungen der Thermospannungen, 1994) 302

DIN **EN** 60584-3 (Thermopaare – Teil 3: Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen – Grenzabweichungen und Kennzeichnungssystem, 2008) 302

DIN **EN** 60751 (Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und Platin-Temperatursensoren, 2009)..302

DIN **EN** 61006 (Elektroisolierstoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung der Glasübergangstemperatur, 2004) 207, 208

DIN **EN** 61340-4-1 (Elektrostatik – Teil 4-1: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen – Elektrischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden, 2004).....298

DIN EN IEC siehe unter IEC-Normen

DIN IEC siehe unter IEC-Normen

EN ISO siehe unter ISO-Normen

ETAG

ETAG 001 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Metalldübel zur Verankerung im Beton, mehrere Teile, 1997-2008 –

ETG 002 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für geklebte Glaskonstruktionen (Structural Sealant Glazing Systems – SSGS), mehrere Teile, 1998-2003 –

ETAG 003 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze für innere Trennwände zur Verwendung als nichttragende Wände, 1999 –

ETAG 004 Bekanntmachung der Leitlinie für Europäische Technische Zulassungen für außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht, 2001 –

ETAG 005 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für flüssig aufzubringende Dachabdichtungen, mehrere Teile, 2005 –

ETAG 006 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung von mechanisch befestigten Dachabdichtungssystemen, 2000 –

ETAG 007 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze für den Holzrahmenbau, 2003 –

ETAG 008 Bekanntmachung der Leitlinie für europäische technische Zulassungen für vorgefertigte Treppenbausätze; Vorgefertigte Treppenbausätze im Allgemeinen (mit Ausnahme von erschwerenden klimatischen Beanspruchungen), 2002, Berichtigung 2003 –

ETAG 009 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für nicht lasttra-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

gende verlorene Schalungsbausätze/-systeme bestehend aus Schalungs-/Mantelsteinen oder -elementen aus Wärmedämmstoffen und – mitunter – aus Beton, 2003 –

ETAG 010 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für selbsttragende lichtdurchlässige Dachbausysteme, 2004 –

ETAG 011 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für leichte Holzbauträger und -stützen, 2003 –

ETAG 012 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze für Blockhäuser, 2003 –

ETAG 013 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze zur Vorspannung von Tragwerken, 2006 –

ETAG 014 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Kunststoffdübel zur Befestigung von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen mit Putzschicht, 2002 –

ETAG 015 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Blechformteile, 2005 –

ETAG 016 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Leichte selbsttragende Verbundplatten, mehrere Teile, 2006 –

ETAG 017 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze aus vorgefertigten Wärmedämmelementen für Außenwandbekleidungen, 2008 –

ETAG 018 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Brandschutzprodukte (Brandschutzbekleidungen und Brandschutzbeschichtungen), mehrere Teile, 2005-2006 –

ETAG 020 Bekanntmachung der Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Kunststoffdübel als Mehrfachbefestigung von nichtragenden Systemen zur Verankerung im Beton und Mauerwerk, mehrere Teile, 2008 –

ETAG 022 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Abdichtungen für Wände und Böden in Nassräumen, mehrere Teile, 2007 –

ETAG 026 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Brandschutzprodukte zum Abdichten und Verschließen von Fugen und Öffnungen und zum Aufhalten von Feuer im Brandfall, mehrere Teile, 2008 –

ETAG 027 Bekanntmachung der Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze für Steinschlagschutznetze, 2008 –

Grundsätze des DIBT siehe unter DIBT-Publikationen

GSTT-Informationen

GSTT Informationen Nr. 18 (Anforderungen an Mörtel für Abwasserkanäle und Bauwerke der Ortsentwässerung – Teil 1: Zementgebundene Mörtel, 2003, Überarbeitung 2004, tis Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau 12/2003 und 1+2/2004 366

Hamburger Sielbau Richtlinie, siehe unter Richtlinie für die Prüfung von Mörteln für den Einsatz im Sielbau

IEC-Normen

DIN **IEC** 60695-11-10 (Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 11-10: Prüfflammen – Prüfverfahren mit 50-W-Prüfflamme horizontal und vertikal, Entwurf 2010) –

DIN EN **IEC** 60695-11-20 (Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 11-20: Prüfflammen – Prüfverfahren mit einer 500-W-Prüfflamme, 2004) –

Institut für Fenstertechnik e. V., Rosenheim, Publikationen

Richtlinie »Prüfung und Beurteilung von Schlierenbildung und Abrieb von Verglasungsdichtstoffen« –

Richtlinie »Verträglichkeit von Dichtprofilen mit Anstrichen auf Holz«.....372

ISO-Normen

DIN ISO 34-1 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Weiterreißwiderstandes – Teil 1: Streifen-, winkel- und bogenförmige Probekörper, 2004, Berichtigung 1, 2005).....109

ISO/DIS 37 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Zugfestigkeitseigenschaften, Entwurf 2010) 103

DIN **ISO** 48 (Elastomere und thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Härte (Härte zwischen 10 IRHD und 100 IRHD), 2009).....130

DIN EN **ISO** 62 (Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme, 2008) 321, 334

ISO 140-2 (Akustik; Messung der Schalldämmung in Bauten und von Bauteilen; Teil 2: Bestimmung, Überprüfung und Anwendung von Präzisionsdaten, 1991, Berichtigung 1, 1993) –

DIN EN **ISO** 140-4 (Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden, 1998).....346

DIN EN **ISO** 140-5 (Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden, 1998, Berichtigung 1, 2008) 347

DIN EN **ISO** 140-7 (Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 7: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden, 1998).....348

DIN EN **ISO** 140-14 (Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 14: Leitfäden für besondere bauliche Bedingungen, 2004, Berichtigung 1 2009) 346, 348

DIN EN **ISO** 140-18 (Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 18:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Messung des durch Regenfall auf Bauteile verursachten Schalls im Prüfstand, 2007).....351

DIN EN **ISO** 148-1 (Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 1: Prüfverfahren, 2011) 125

DIN EN **ISO** 148-2 (Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 2: Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke), 2009)...125

DIN EN **ISO** 148-3 (Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 3: Vorbereitung und Charakterisierung von Charpy-V-Referenzproben für die indirekte Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke), 2009).....125

DIN EN **ISO** 175 (Kunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien, 2011) 368

DIN EN **ISO** 176 (Kunststoffe – Bestimmung der Weichmacherabgabe – Aktivkohleverfahren, 2005)....112

DIN EN **ISO** 177 (Kunststoffe – Bestimmung der Migration von Weichmachern, 1999).....112

DIN EN **ISO** 178 (Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften, Entwurf 2008)..... 111

DIN EN **ISO** 179-1 (Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 1: Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung, 2010) 125

DIN EN **ISO** 179-2 (Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 2: Instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung, 2000) 125

DIN EN **ISO** 180 (Kunststoffe – Bestimmung der Izod-Schlagzähigkeit, 2007) 125

DIN EN **ISO** 204 (Metallische Werkstoffe – Einachsiger Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung – Prüfverfahren, 2009).....145

DIN EN **ISO** 266 (Akustik – Normfrequenzen, 1997) –

DIN EN **ISO** 291 (Kunststoffe – Normalklimate für Konditionierung und Prüfung, 2008).....55

DIN EN **ISO** 306 (Kunststoffe – Thermoplaste – Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur (VST), 2004) 255

DIN EN **ISO** 354 (Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen, 2003) 350

DIN EN **ISO** 376 (Metallische Werkstoffe – Kalibrierung der Kraftmessgeräte für die Prüfung von Prüfmaschinen mit einachsiger Beanspruchung, Entwurf 2009) 76

DIN EN **ISO** 377 (Stahl und Stahlerzeugnisse – Lage und Vorbereitung von Probenabschnitten und Proben für mechanische Prüfungen, 1997) 50

DIN EN **ISO** 527-1 (Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Entwurf 2010) 50, 103, 104

DIN EN **ISO** 527-2 (Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen, Entwurf 2010) .50, 103

DIN EN **ISO** 527-3 (Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln, 2003).....50, 103

DIN EN **ISO** 527-4 (Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 4: Prüfbedingungen für isotrop und anisotrop faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe, 1997).....50, 103

DIN EN **ISO** 527-5 (Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 5: Prüfbedingungen für unidirektional faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe, 2010).....50, 103

ISO 535 (Papier und Pappe; Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit; Verfahren nach Cobb, 1991)... 334

DIN **ISO** 565 (Analysensiebe – Metalldrahtgewebe, Lochplatten und elektrogeformte Siebfolien – Nennöffnungsweiten, 1998) 231

DIN EN **ISO** 604 (Kunststoffe – Bestimmung von Druckeigenschaften, 2003).....98

DIN EN **ISO** 643 (Stahl – Mikrophotographische Bestimmung der scheinbaren Korngröße, 2003, Berichtigung 1, 2004) –

DIN EN **ISO** 660 (Tierische und pflanzliche Fette und Öle – Bestimmung der Säurezahl und der Azidität, 2009) –

DIN EN **ISO** 717-1 (Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung, 2006) 347

DIN EN **ISO** 717-2 (Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 2: Trittschalldämmung, 2006) 348

ISO 758 (Flüssige chemische Produkte für Industriezwecke; Bestimmung der Dichte bei 20 °C, 1976) –

ISO 760 (Bestimmung von Wasser; Karl-Fischer-Methode (allgemeine Methode), 1978).....309

ISO 811 (Textile Flächengebilde; Bestimmung des Widerstandes gegen das Durchdringen von Wasser; hydrostatischer Druckversuch, 1981).....326

DIN **ISO** 815-1 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Druckverformungsrestes – Teil 1: Bei Umgebungstemperaturen oder erhöhten Temperaturen, 2010) –

DIN **ISO** 815-2 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Druckverformungsrestes – Teil 2: Bei niedrigen Temperaturen, 2010) –

ISO 834 (Feuerwiderstandsprüfungen – Bauteile, mehrere Teile, 1994-2010) 341

DIN EN **ISO** 844 (Harte Schaumstoffe – Bestimmung der Druckeigenschaften, 2009) 98

DIN EN **ISO** 845 (Schaumstoffe aus Kautschuk und Kunststoffen – Bestimmung der Rohdichte, 2009)259

DIN EN **ISO** 846 (Kunststoffe – Bestimmung der Einwirkung von Mikroorganismen auf Kunststoffe, 1997). 386

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 868 (Kunststoffe und Hartgummi – Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte), 2003) 130

DIN EN **ISO** 877-1 (Kunststoffe – Freibewitterung – Teil 1: Allgemeine Anleitung, 2011).....65

DIN EN **ISO** 899-1 (Kunststoffe – Bestimmung des Kriechverhaltens – Teil 1: Zeitstand-Zugversuch, 2003) 146

DIN EN **ISO** 899-2 (Kunststoffe – Bestimmung des Kriechverhaltens – Teil 2: Zeitstand-Biegeversuch bei Dreipunkt-Belastung, 2003).....146

DIN EN **ISO** 945-1 (Mikrostruktur von Gusseisen – Teil 1: Graphitklassifizierung durch visuelle Auswertung, 2010) 267

DIN **ISO** 976 (Kautschuk und Kunststoffe – Polymer-Dispersionen und Kautschuk-Latices – Bestimmung des pH-Wertes, 2008) 175

DIN EN **ISO** 1133-1 (Kunststoffe – Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten – Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren, Entwurf 2010).....254

DIN EN **ISO** 1133-2 (Kunststoffe – Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten – Teil 2: Verfahren für Materialien, die empfindlich gegen eine zeit- bzw. temperaturabhängige Vorgeschichte und/oder Feuchte sind, Entwurf 2010) 254

DIN EN **ISO** 1158 (Kunststoffe – Vinylchloridhomopolymere und Copolymere – Bestimmung des Chlorgehalts, 1998) –

DIN EN **ISO** 1167-1 (Rohre, Formstücke und Bauteilkombinationen aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten – Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck – Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren, 2006) –

DIN EN **ISO** 1172 (Textilglasverstärkte Kunststoffe – Prepregs, Formmassen und Laminate – Bestimmung des Textilglas- und Mineralfüllstoffgehalts; Kalzinierungsverfahren, 1998) 184

DIN EN **ISO** 1182 (Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten – Nichtbrennbarkeitsprüfung, 2010) 336

DIN EN **ISO** 1183-1 (Kunststoffe – Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen – Teil 1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer und Titrationsverfahren, Entwurf 2010) 260, 261, 262

DIN EN **ISO** 1183-2 (Kunststoffe – Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen – Teil 2: Verfahren mit Dichtegradientensäule, 2004) –

DIN EN **ISO** 1183-3 (Kunststoffe – Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen – Teil 3: Gas-Pyknometer-Verfahren, 2000) –

DIN EN **ISO** 1288-1 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 1: Grundlagen der Glasprüfungen, Entwurf 2007) 111

DIN EN **ISO** 1288-2 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 2: Doppelring – Biegeversuch an plattenförmigen Proben mit großen Prüfflächen, Entwurf 2007)..... 111, 112

DIN EN **ISO** 1288-3 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 3: Prüfung von Proben bei zweiseitiger Auflagerung (Vierschneiden-Verfahren), Entwurf 2007) 111

DIN EN **ISO** 1288-4 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 4: Prüfung von Profilbauglas, Entwurf 2007)..... 111

DIN EN **ISO** 1288-5 (Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 5: Doppelring Biegeversuch an plattenförmigen Proben mit kleinen Prüfflächen, Entwurf 2007)..... 111

DIN **ISO** 1431-1 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Widerstand gegen Ozonrissbildung – Teil 1: Statische und dynamische Prüfung, Entwurf 2010) –

DIN **ISO** 1431-3 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Widerstand gegen Ozonrissbildung – Teil 3: Referenz- und alternative Verfahren zur Bestimmung der Ozonkonzentration in Laborprüfkammern, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 1460 (Metallische Überzüge – Feuerverzinken auf Eisenwerkstoffen – Gravimetrisches Verfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse, 1995).....293

DIN EN **ISO** 1463 (Metall- und Oxidschichten – Schichtdickenmessung – Mikroskopisches Verfahren, 2004) 293

DIN EN **ISO** 1513 (Beschichtungsstoffe – Prüfung und Vorbereitung von Proben, 2010).....55

DIN EN **ISO** 1514 (Beschichtungsstoffe – Norm-Probenplatten, 2005).....55

DIN EN **ISO** 1518 (Beschichtungsstoffe – Ritzprüfung, 2009) –

DIN EN **ISO** 1519 (Beschichtungsstoffe – Dornbiegeversuch (zylindrischer Dorn), Entwurf 2009) 113

DIN EN **ISO** 1520 (Beschichtungsstoffe – Tiefungsprüfung, 2007) –

DIN EN **ISO** 1522 (Beschichtungsstoffe – Pendeldämpfungsprüfung, 2007) –

DIN EN **ISO** 1523 (Bestimmung des Flammpunktes – Gleichgewichtsverfahren mit geschlossenem Tiegel, 2002) 335

DIN EN **ISO** 1524 (Beschichtungsstoffe und Druckfarben – Bestimmung der Mahlfeinheit (Körnigkeit), 2002) 231

DIN EN **ISO** 1716 (Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten – Bestimmung der Verbrennungswärme (des Brennwerts), 2010).....335

DIN **ISO** 1817 (Elastomere – Bestimmung des Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten, 2008) –

DIN **ISO** 1827 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Schubmoduls und der

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Haftung zu starren Platten – Quadrupel-Schermethode, 2010) –

DIN EN **ISO** 1923 (Schaumstoffe und Schaumgummis – Bestimmung der linearen Abmessungen, 1995) –

DIN EN **ISO** 2039-1 (Kunststoffe – Bestimmung der Härte – Teil 1: Kugeleindruckversuch, 2003).....129

DIN EN **ISO** 2039-2 (Kunststoffe – Bestimmung der Härte – Teil 2: Rockwellhärte, 2000).....130

DIN EN **ISO** 2114 (Kunststoffe (Polyester) und Beschichtungsstoffe (Bindemittel) – Bestimmung der partiellen Säurezahl und der Gesamtsäurezahl, 2002, Berichtigung 1, 2006) 184

DIN **ISO** 2115 (Kunststoffe – Polymerdispersionen – Bestimmung der Weißpunkt-Temperatur und Mindest-Filmbildetemperatur, 2001).....206

DIN EN **ISO** 2177 (Metallische Überzüge – Schichtdickenmessung – Coulometrisches Verfahren durch anodisches Ablösen, 2004) –

DIN EN **ISO** 2178 (Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen – Messen der Schichtdicke – Magnetverfahren, 1995).....293

DIN **ISO** 2285 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Zugverformungsrestes unter konstanter Dehnung und des Zugverformungsrestes, der Dehnung und des Fließens unter konstanter Zugbelastung, 2010) –

DIN EN **ISO** 2360 (Nichtleitende Überzüge auf nichtmagnetischen metallischen Grundwerkstoffen – Messen der Schichtdicke – Wirbelstromverfahren, 2004) . 293

DIN **ISO** 2395 (Analysensiebe und Siebanalyse – Begriffe, 1999) –

DIN EN **ISO** 2409 (Beschichtungsstoffe – Gitterschnittprüfung, Entwurf 2010).....107

DIN EN **ISO** 2431 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Auslaufzeit mit Auslaufbechern, Entwurf 2010) 250

DIN EN **ISO** 2440 (Weich- und Hartschaumstoffe – Schnellalterungsprüfung, 2010) –

DIN EN **ISO** 2505 (Rohre aus Thermoplasten – Längsschrumpf – Prüfverfahren und Kennwerte, 2005) –

DIN EN **ISO** 2554 (Kunststoffe – Ungesättigte Polyesterharze – Bestimmung der Hydroxylzahl, 1998)..... 184

DIN EN **ISO** 2592 (Mineralölerzeugnisse – Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes – Verfahren mit offenem Tiegel nach Cleveland, 2002).....335

DIN EN **ISO** 2719 (Bestimmung des Flammpunktes – Verfahren nach Pensky-Martens mit geschlossenem Tiegel, 2003).....335

DIN EN **ISO** 2808 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Schichtdicke, 2007).....292

DIN EN **ISO** 2810 (Beschichtungsstoffe – Freibewitterung von Beschichtungen – Bewitterung und Bewertung, 2004).....65

DIN EN **ISO** 2811-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Dichte – Teil 1: Pyknometer-Verfahren, Entwurf 2009) 258

DIN EN **ISO** 2811-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Dichte- Teil 2: Tauchkörperverfahren, Entwurf 2009) 258, 259

DIN EN **ISO** 2811-3 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Dichte – Teil 3: Schwingungsverfahren, Entwurf 2009) 258

DIN EN **ISO** 2811-4 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Dichte – Teil 4: Druckzylinder-Verfahren, Entwurf 2009) 258

DIN EN **ISO** 2812-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Teil 1: Eintauchen in Flüssigkeiten außer Wasser, 2007) 368

DIN EN **ISO** 2812-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Teil 2: Verfahren mit Eintauchen in Wasser, 2007) 368

DIN EN **ISO** 2812-3 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Teil 3: Verfahren mit saugfähigem Material, Entwurf, 2010) .. 368

DIN EN **ISO** 2812-4 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Teil 4: Tropf-/Fleckverfahren, 2007, Berichtigung 1, 2008) 368

DIN EN **ISO** 2812-5 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Teil 5: Verfahren mit dem Gradientenofen, 2007, Berichtigung 1, 2008) 368

DIN EN **ISO** 2813 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Reflektometerwertes von Beschichtungen (außer Metallic-Beschichtungen) unter 20°, 60° und 85°, 1999) –

DIN EN **ISO** 2815 (Beschichtungsstoffe – Eindruckversuch nach Buchholz, 2003) –

DIN EN **ISO** 2818 (Kunststoffe – Herstellung von Probekörpern durch mechanische Bearbeitung, 1997) 55

DIN **ISO** 2859-1 (Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) – Teil 1: Nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) geordnete Stichprobenpläne für die Prüfung einer Serie von Losen, 2004, Berichtigung 1, 2008) 43

DIN **ISO** 2859-2 (Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung); Nach der zurückzuweisenden Qualitätsgrenzlage (LQ) geordnete Stichprobenanweisungen für die Prüfung einzelner Lose anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten, 1993) 43

DIN **ISO** 2859-3 (Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) – Teil 3: Skip-Lot-Verfahren, 2007) ... 43

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **ISO** 2859-4 (Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) – Teil 4: Verfahren zur Beurteilung deklarierter Qualitätslagen, 2005) 43

DIN **ISO** 2859-10 (Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) – Teil 10: Einführung in das ISO-2859-Attribut-Stichprobensystem, 2009).....43

DIN EN **ISO** 2884-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Viskosität mit Rotationsviskosimetern – Teil 1: Kegel-Platte-Viskosimeter bei hohem Geschwindigkeitsgefälle, 2006).....256

DIN EN **ISO** 2884-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Viskosität mit Rotationsviskosimetern – Teil 2: Scheiben- oder Kugelviskosimeter bei festgelegter Geschwindigkeit, 2006).....256

DIN EN **ISO** 3001 (Kunststoffe – Epoxid-Verbindungen – Bestimmungen des Epoxid-Äquivalents, 1999). 183

DIN EN **ISO** 3059 (Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung – Betrachtungsbedingungen, 2011).....93

DIN EN **ISO** 3167 (Kunststoffe – Vielzweckprobekörper, 2003) 55

DIN EN **ISO** 3219 (Kunststoffe – Polymere/Harze in flüssigem, emulgiertem oder dispergiertem Zustand – Bestimmung der Viskosität mit einem Rotationsviskosimeter bei definiertem Geschwindigkeitsgefälle, 1994) 256

DIN EN **ISO** 3231 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen feuchte, Schwefeldioxid enthaltende Atmosphären, 1998).....375

DIN EN **ISO** 3233 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Volumens nichtflüchtiger Anteile durch Bestimmung der Trockenfilmdichte, 2010) –

DIN EN **ISO** 3248 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Auswirkung von Wärme, 2000) –

DIN EN **ISO** 3251 (Beschichtungsstoffe und Kunststoffe – Bestimmung des Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen, 2008) 184

ISO 3270 (Lacke, Anstrichstoffe und deren Rohstoffe; Temperaturen und Feuchten für die Konditionierung und Prüfung, 1984).....55

DIN EN **ISO** 3274 (Geometrische Produktspezifikationen (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Nenneigenschaften von Tastschnittgeräten, 1998).....295

DIN **ISO** 3310-1 (Analysensiebe – Technische Anforderungen und Prüfung – Teil 1: Analysensiebe mit Metalldrahtgewebe, 2001).....231

DIN **ISO** 3310-2 (Analysensiebe – Technische Anforderungen und Prüfung – Teil 2: Analysensiebe mit Lochblechen, 2001).....231

DIN **ISO** 3310-3 (Analysensiebe; Anforderungen und Prüfung; Analysensiebe mit elektrogeformten Siebfolien, 1992).....231

DIN EN **ISO** 3382-1 (Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 1: Aufführungsräume, 2009) –

DIN EN **ISO** 3382-2 (Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen, 2008, Berichtigung 1, 2009) . 350

DIN EN **ISO** 3382-3 (Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Durchgehende Räume, Entwurf 2009) –

DIN EN **ISO** 3386-1 (Polymere Materialien, weichelastische Schaumstoffe – Bestimmung der Druckspannungs-Verformungseigenschaften – Teil 1: Materialien mit niedriger Dichte, 2010) –

DIN EN **ISO** 3386-2 (Polymere Materialien, weichelastische Schaumstoffe – Bestimmung der Druckspannungs-Verformungseigenschaften – Teil 2: Materialien mit hoher Dichte, 2010) –

DIN EN **ISO** 3451-1 (Kunststoffe – Bestimmung der Asche – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 2008).....184

DIN **ISO** 3451-3 (Kunststoffe; Bestimmung der Asche; Weichmacherfreies Celluloseacetat, 1991) –

DIN EN **ISO** 3451-4 (Kunststoffe – Bestimmung der Asche – Teil 4: Polyamide, 2001) –

DIN EN **ISO** 3451-5 (Kunststoffe – Bestimmung der Asche – Teil 5: Poly(vinylchlorid), 2002) –

DIN EN **ISO** 3452 (Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung, mehrere Teile, 1999-2011) 92

DIN EN **ISO** 3497 (Metallische Schichten – Schichtdickenmessung – Röntgenfluoreszenz-Verfahren, 2001) 293

DIN EN **ISO** 3543 (Metallische und nichtmetallische Schichten – Dickenmessung – Betarückstreu-Verfahren, 2001, Berichtigung 1, 2006).....293

DIN EN **ISO** 3668 (Beschichtungsstoffe – Visueller Vergleich der Farbe von Beschichtungen, 2001) –

DIN EN **ISO** 3679 (Bestimmung des Flammpunktes – Schnelles Gleichgewichtsverfahren mit geschlossenem Tiegel, 2004).....335

DIN EN **ISO** 3680 (Bestimmung des Flammpunktes – Ja/Nein-Verfahren – Schnelles Gleichgewichtsverfahren mit geschlossenem Tiegel, 2004).....335

DIN EN **ISO** 3681 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Verseifungszahl – Titrimetrisches Verfahren, 2007, Berichtigung 2008) –

DIN EN **ISO** 3740 (Akustik – Bestimmung des Schallleistungspegels von Geräuschquellen – Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen, 2001) –

DIN EN **ISO** 3741 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1, 2011).....351

DIN EN **ISO** 3743-1 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportab-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

le Quellen in Hallfeldern – Teil 1: Vergleichsverfahren in einem Prüfraum mit schallharten Wänden, 2011) –

DIN EN **ISO** 3743-2 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern – Teil 2: Verfahren für Sonder-Hallräume, 2009) –

DIN EN **ISO** 3744 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene, 2011) –

DIN EN **ISO** 3745 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Verfahren der Genauigkeitsklasse 1 für reflexionsarme Räume und Halbräume, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 3746 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene, 2011) –

DIN EN **ISO** 3822-1 (Akustik – Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium – Teil 1: Messverfahren, 2009) 348

DIN EN **ISO** 3822-2 (Akustik – Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium – Teil 2: Anschluß- und Betriebsbedingungen für Auslaufventile und für Mischbatterien, 1995).....348

DIN EN **ISO** 3822-3 (Akustik – Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium – Teil 3: Anschluss- und Betriebsbedingungen für Durchgangsarmaturen, 2010).....348

DIN EN **ISO** 3822-4 (Akustik – Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium – Teil 4: Anschluß- und Betriebsbedingungen für Sonderarmaturen, 2007) 348

DIN EN **ISO** 3838 (Rohöl und flüssige oder feste Mineralölerzeugnisse – Bestimmung der Dichte oder der relativen Dichte – Verfahren mittels Pyknometer mit Kapillarstopfen und Bikapillar-Pyknometer mit Skale, 2004) 259, 261

DIN EN **ISO** 3882 (Metallische und andere anorganische Überzüge – Übersicht über Verfahren zur Schichtdickenmessung, 2003).....292

DIN **ISO** 3951-1 (Verfahren für die Stichprobenprüfung anhand quantitativer Merkmale (Variablenprüfung) – Teil 1: Spezifikation für Einfach-Stichprobenanweisungen für losweise Prüfung, geordnet nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) für ein einfaches Qualitätsmerkmal und einfache AQL, 2008) 43

DIN EN **ISO** 4287 (Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit, 2010) –

DIN EN **ISO** 4288 (Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit, 1998) –

ISO 4316 (Grenzflächenaktive Stoffe; Bestimmung des pH-Wertes wässriger Lösungen; Potentiometermethode, 1977) 175

DIN EN **ISO** 4516 (Metalllische und andere anorganische Überzüge – Mikrohärteprüfungen nach Vickers und Knoop, 2002).....130

DIN EN **ISO** 4518 (Metallische Überzüge – Messen der Schichtdicke – Profilometrisches Verfahren, 1995) 293

DIN **ISO** 4530 (Emaillierte Gegenstände; Prüfung der Wärmebeständigkeit, 1984) –

DIN **ISO** 4532 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung des Widerstandes emaillierter Gegenstände gegen Schlag – Schlagbolzen-Schlagversuch, 1995) –

DIN EN **ISO** 4536 (Metallische und anorganische Überzüge auf metallischen Grundwerkstoffen – Salztröpfchen-Korrosionsprüfung (SD-Versuch), 1995) –

DIN EN **ISO** 4538 (Metallische Überzüge – Thioacetamid-Korrosionsprüfung (TAA-Versuch), 1995) –

DIN EN **ISO** 4541 (Metallische und andere anorganische Überzüge – Corrodkote-Korrosionsprüfung (CORR Test), 1995) –

DIN EN **ISO** 4543 (Metallische und andere anorganische Überzüge – Allgemeine Richtlinien für Korrosionsversuche, anwendbar auf Lagerungsbedingungen, 1995) –

DIN EN **ISO** 4545-1 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Knoop – Teil 1: Prüfverfahren, 2006)..... 129

DIN EN **ISO** 4545-2 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Knoop – Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen, 2006).....129

DIN EN **ISO** 4545-3 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Knoop – Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten, 2006) 129

DIN EN **ISO** 4545-4 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Knoop – Teil 4: Tabelle zur Bestimmung der Härtewerte, 2006).....129

DIN **ISO** 4576 (Kunststoffe – Polymerdispersionen – Bestimmung des Siebrückstands (grobe Teilchen und Koagulatgehalt), 2001) –

DIN EN **ISO** 4590 (Harte Schaumstoffe – Bestimmung des Volumenanteils offener und geschlossener Zellen, 2003).....277

DIN EN **ISO** 4611 (Kunststoffe – Bestimmung des Verhaltens bei Einwirkung von warmfeuchtem Klima, Sprühwasser und Salznebel, 2011) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 4623-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Filiformkorrosion – Teil 1: Stahl als Substrat, 2002) –

DIN EN **ISO** 4623-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Filiformkorrosion – Teil 2: Aluminium als Substrat, 2004, Berichtigung 1, 2006) –

DIN EN **ISO** 4624 (Beschichtungsstoffe – Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit, 2003).....107

DIN EN **ISO** 4625-1 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Erweichungstemperatur – Teil 1: Verfahren mit Ring und Kugel, 2006).....255

DIN EN **ISO** 4625-2 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Erweichungstemperatur – Teil 2: Verfahren mit Becher und Kugel, 2006).....255

DIN EN **ISO** 4628-1 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 1: Allgemeine Einführung und Bewertungssystem, 2004) 375

DIN EN **ISO** 4628-2 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 2: Bewertung des Blasengrades, 2004).....375

DIN EN **ISO** 4628-3 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 3: Bewertung des Rostgrades, 2004).....375

DIN EN **ISO** 4628-4 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 4: Bewertung des Rissgrades, 2004).....375

DIN EN **ISO** 4628-5 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 5: Bewertung des Abblätterungsgrades, 2004) .. 375

DIN EN **ISO** 4628-6 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 6: Bewertung des Kreidungsgrades nach dem Klebebandverfahren, Entwurf 2010).....375

DIN EN **ISO** 4628-7 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 7: Bewertung des Kreidungsgrades nach dem Samtverfahren, 2004).....375

DIN EN **ISO** 4628-8 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Beurteilung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 8: Bewertung der von einem Ritz oder einer künstlichen Verletzung ausgehenden Enthaftung und Korrosion, Entwurf 2010).....375

DIN EN **ISO** 4628-10 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 10: Bewertung der Filiformkorrosion, 2004) .375

DIN EN **ISO** 4629 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Hydroxylzahl – Titrimetrisches Verfahren, 1998).....184

DIN EN **ISO** 4892-1 (Kunststoffe – Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 1: Allgemeine Anleitung, 2001).....376

DIN EN **ISO** 5135 (Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschen von Luftdurchlässen, Volumendurchflußreglern, Drossel- und Absperrelementen durch Messungen im Hallraum, 1999) –

DIN EN **ISO** 5136 (Akustik – Bestimmung der von Ventilatoren und anderen Strömungsmaschinen in Kanäle abgestrahlten Schallleistung – Kanalverfahren, 2009) –

DIN EN **ISO** 5173 (Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen – Biegeprüfungen, 2010) 112

DIN EN **ISO** 5178 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen, 2011).....103

DIN EN **ISO** 5470-1 (Mit Kautschuk oder Kunststoff beschichtete Textilien – Bestimmung des Abriebwiderstandes – Teil 1: Taber-Abriebprüfgerät, 1999) 134

DIN **ISO** 5479 (Statistische Auswertung von Daten – Tests auf Abweichung von der Normalverteilung, 2004) –

DIN EN **ISO** 5659-1 (Kunststoffe – Rauchentwicklung – Teil 1: Anleitung zur Prüfung der optischen Dichte, 1999) –

DIN EN **ISO** 5659-2 (Kunststoffe – Rauchentwicklung – Teil 2: Bestimmung der optischen Dichte durch Einkammerprüfung, Entwurf 2011) –

ISO 5660-1 (Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen – Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung und Masseverlustrate – Teil 1: Wärmefreisetzungsrate (Cone-Calorimeter-Verfahren), 2002).....337

ISO 5660-2 (Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen – Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung und Masseverlustrate – Teil 2: Rauchentwicklungsrate (Dynamische Messung), 2002) –

ISO/TR 5660-3 (Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen – Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung und Masseverlustrate – Teil 3: Anleitung zur Messung, 2003) –

ISO 5660-4 (Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen – Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung und Masseverlustrate – Teil 4: Messung der Wärmefreisetzung zur Untersuchung niedriger Niveaus der Entzündbarkeit, Entwurf 2006) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 5667-1 (Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 1: Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken, 2007) 51

DIN EN **ISO** 5667-3 (Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Wasserproben, 2004).....51

DIN **ISO** 5725-1 (Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen – Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Begriffe, 1997, Berichtigung 1998).....42

DIN **ISO** 5725-2 (Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens, 2002).....42

DIN **ISO** 5725-3 (Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 3: Präzisionsmaße eines vereinheitlichten Messverfahrens unter Zwischenbedingungen, 2003) 42

DIN **ISO** 5725-4 (Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 4: Grundlegende Methoden für die Ermittlung der Richtigkeit eines vereinheitlichten Messverfahrens, 2003) 42

DIN **ISO** 5725-5 (Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 5: Alternative Methoden für die Ermittlung der Präzision eines vereinheitlichten Messverfahrens, 2002, Berichtigung 1, 2006) 42

DIN **ISO** 5725-6 (Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 6: Anwendung von Genauigkeitswerten in der Praxis, 2002) 42

DIN EN **ISO** 6259-1 (Rohre aus Thermoplasten – Bestimmung der Eigenschaften im Zugversuch – Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren, 2002) –

DIN EN **ISO** 6270-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit – Teil 1: Kontinuierliche Kondensation, 2002).....375

DIN EN **ISO** 6270-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit – Teil 2: Verfahren zur Beanspruchung von Proben in Kondenswasserklimaten, 2005, Berichtigung 1, 2007)375

DIN EN **ISO** 6272-1 (Beschichtungsstoffe – Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Schlagprüfung) – Teil 1: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, große Prüffläche, Entwurf 2010).. 126

DIN EN **ISO** 6272-2 (Beschichtungsstoffe – Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Schlagprüfung) – Teil 2: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, kleine Prüffläche, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 6504-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Deckvermögens – Teil 1: Verfahren nach Kubelka-Munk für weiße und helle Beschichtungen, 2006) –

DIN EN **ISO** 6504-3 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Deckvermögens – Teil 3: Bestimmung des Kontrastverhältnisses von hellen Beschichtungen bei einer festgelegten Ergiebigkeit, 2007) –

DIN EN **ISO** 6506-1 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren, 2006) 128

DIN EN **ISO** 6506-2 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen , 2006).....128

DIN EN **ISO** 6506-3 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten, 2006) 128

DIN EN **ISO** 6506-4 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 4: Tabelle zur Bestimmung der Härte, 2006) 128

DIN EN **ISO** 6507-1 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Vickers – Teil 1: Prüfverfahren, 2006) ... 129

DIN EN **ISO** 6507-2 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Vickers – Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen, 2006).....129

DIN EN **ISO** 6507-3 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Vickers – Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten, 2006).....129

DIN EN **ISO** 6507-4 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Vickers – Teil 4: Tabellen zur Bestimmung der Härtewerte, 2006).....129

DIN EN **ISO** 6508-1 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Rockwell – Teil 1: Prüfverfahren (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T), 2006).....129

DIN EN **ISO** 6508-2 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Rockwell – Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T), 2006) 129

DIN EN **ISO** 6508-3 (Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Rockwell – Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T), 2006).....129

DIN EN **ISO** 6603-1 (Kunststoffe – Bestimmung des Durchstoßverhaltens von festen Kunststoffen – Teil 1: Nicht-instrumentierter Schlagversuch, 2000) 126

DIN EN **ISO** 6603-2 (Kunststoffe – Bestimmung des Durchstoßverhaltens von festen Kunststoffen – Teil 2: Instrumentierter Schlagversuch, 2002).....126

DIN EN **ISO** 6721-1 (Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, Entwurf 2011).....148, 206

DIN EN **ISO** 6721-2 (Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 2: Torsionspendel-Verfahren, 2008) 148, 206

DIN EN **ISO** 6721-3 (Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Teil 3: Biegeschwingung; Resonanzkurven-Verfahren, 1996) 148, 206

DIN EN **ISO** 6860 (Beschichtungsstoffe – Dornbiegeversuch (mit konischem Dorn), 2006) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 6878 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Phosphor – Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat, 2004) 161

DIN EN **ISO** 6892-1 (Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur, 2009) 71, 72, 77, 102, 103

DIN EN **ISO** 6892-2 (Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur, 2009) 71, 72, 77, 102, 103

DIN EN **ISO** 6940 (Textilien – Brennverhalten – Bestimmung der Entzündbarkeit vertikal angeordneter Proben, 2004) –

DIN EN **ISO** 6941 (Textilien – Brennverhalten – Messung der Flammenausbreitungseigenschaften vertikal angeordneter Proben, 2004) –

DIN EN **ISO** 6988 (Metallische und andere anorganische Überzüge – Prüfung mit Schwefeldioxid unter allgemeiner Feuchtigkeitskondensation, 1997) 383

DIN EN **ISO** 7027 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Trübung, 2000) –

DIN EN **ISO** 7142 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Epoxidharze – Allgemeine Prüfverfahren, 2007) –

OENORM **ISO** 7150-1 (Wasseruntersuchung; Bestimmung von Ammonium; manuelle spektrophotometrische Methode, 1987).....161

DIN EN **ISO** 7235 (Akustik – Labormessungen an Schalldämpfern in Kanälen – Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust, 2010) –

DIN EN **ISO** 7384 (Korrosionsprüfungen in künstlicher Atmosphäre – Allgemeine Anforderungen, 1995) 383

DIN EN **ISO** 7389 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Rückstellvermögens von Dichtungsmassen, 2004) –

DIN EN **ISO** 7390 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Standvermögens von Dichtungsmassen, 2004) –

DIN EN **ISO** 7438 (Metallische Werkstoffe – Biegeversuch, 2005).....112

DIN EN **ISO** 7441 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Bestimmung der Kontaktkorrosion durch Freibewitterungsversuche, 1995) 65, 384

DIN EN **ISO** 7500-1 (Metallische Werkstoffe – Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen – Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen – Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung, 2004, Berichtigung 1, 2009, Beiblatt 1, 1999, Beiblatt 2, 1999, Beiblatt 3, 1999) 76

DIN EN **ISO** 7500-2 (Metallische Werkstoffe – Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen – Teil 2: Zeitstandprüfmaschinen für Zugbeanspruchung – Prüfung der angewendeten Kraft, 2007) ...76

DIN EN **ISO** 7539-1 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 1: Allgemeine Richtlinien für Prüfverfahren, 1995) 384

DIN EN **ISO** 7539-2 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 2: Vorbereitung und Anwendung von Biegeproben, 1995) 384

DIN EN **ISO** 7539-3 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 3: Vorbereitung und Anwendung von Bügelproben, 1995) 384

DIN EN **ISO** 7539-4 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 4: Vorbereitung und Anwendung von einachsig belasteten Zugproben, 1995) 384

DIN EN **ISO** 7539-5 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 5: Vorbereitung und Anwendung von C-Ring-Proben, 1995).....384

DIN EN **ISO** 7539-6 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 6: Vorbereitung und Anwendung von angerissenen Proben für die Prüfung unter konstanter Kraft oder konstanter Verformung, 2003).....137, 384

DIN EN **ISO** 7539-7 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 7: Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit, 2005, Berichtigung 1, 2006) 384

DIN EN **ISO** 7539-8 (Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 8: Vorbereitung und Anwendung von Proben zur Bewertung von Schweißverbindungen, 2008).384

DIN EN **ISO** 7539-9 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Spannungsrisskorrosion – Teil 9: Vorbereitung und Anwendung von angerissenen Proben für die Prüfung mit zunehmender Kraft oder zunehmender Verformung, 2008).....137, 384

DIN **ISO** 7619-1 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Eindringhärte – Teil 1: Durometer-Verfahren (Shore-Härte), Entwurf 2011).... 130

DIN **ISO** 7619-2 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Eindringhärte – Teil 2: IRHD-Taschengeräteverfahren, Entwurf 2011).....130

DIN EN **ISO** 7726 (Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen, 2006) .302, 310

DIN **ISO** 7743 (Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung des Druckverformungs-Verhaltens, 2006) 98

DIN EN **ISO** 7765-1 (Kunststofffolien und -bahnen – Bestimmung der Schlagfestigkeit nach dem Fallhammerverfahren – Teil 1: Eingrenzungsverfahren, 2004) 127

DIN **ISO** 7765-2 (Kunststofffolien und -bahnen – Bestimmung der Schlagfestigkeit nach dem Fallhammerverfahren – Teil 2: Durchstoßversuch mit elektronischer Messwerterfassung, 2009).....127

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 7783 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit – Schalenverfahren, Entwurf 2008).....314

DIN EN **ISO** 7784-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Abriebwiderstandes – Teil 1: Verfahren mit rotierendem Reibrad mit Schleifpapier, 2006).....134

DIN EN **ISO** 7784-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Abriebwiderstandes – Teil 2: Verfahren mit rotierendem Gummireibrad, 2006.....134

DIN EN **ISO** 7784-3 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Abriebwiderstandes – Teil 3: Verfahren mit sich hin und her bewegender Probenplatte, 2006) –

DIN EN **ISO** 7799 (Metallische Werkstoffe – Bleche und Bänder mit einer Dicke unter 3 mm – Hin- und Herbiegeversuch, 2000).....114

DIN **ISO** 7800 (Metallische Werkstoffe – Draht – Einfacher Verwindeversuch, 2008).....123

DIN **ISO** 7801 (Metallische Werkstoffe – Draht – Hin- und Herbiegeversuch, 2008).....114

DIN **ISO** 7802 (Metallische Werkstoffe – Draht – Wickelversuch , 2008) –

DIN EN **ISO** 7822 (Textilglasverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Menge vorhandener Lunker – Glühverlust, mechanische Zersetzung und statistische Auswertungsverfahren, 2000) –

DIN EN **ISO** 7887 (Wasserbeschaffenheit – Untersuchung und Bestimmung der Färbung, Entwurf 2009) –

ISO 7888 (Wasserbeschaffenheit; Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, 1985) –

DIN EN **ISO** 7963 (Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 2, 2010) –

DIN EN **ISO** 7980 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Calcium und Magnesium – Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie, 2000).....175

DIN **ISO** 7991 (Glas – Bestimmung des mittleren thermischen Längenausdehnungskoeffizienten, 1998).....139

DIN EN **ISO** 8256 (Kunststoffe – Bestimmung der Schlagzugzähigkeit, 2005).....125

DIN EN **ISO** 8289 (Emails und Emaillierungen – Niedrigspannungsprüfung zum Nachweis und Lokalisieren von Fehlstellen, 2001) –

DIN EN **ISO** 8295 (Kunststoffe – Folien und Bahnen – Bestimmung der Reibungskoeffizienten, 2004)..297

DIN EN **ISO** 8307 (Weich-elastische polymere Schaumstoffe – Bestimmung der Kugel-Rückprallelastizität, 2008) –

DIN EN **ISO** 8339 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Zugverhaltens, 2005).....103

DIN EN **ISO** 8340 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Zugverhaltens unter Vorspannung, 2005).....103

DIN EN **ISO** 8394-1 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Teil 1: Bestimmung der Verarbeitbarkeit von Dichtstoffen, 2011) –

DIN EN **ISO** 8394-2 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Teil 2: Bestimmung der Verarbeitbarkeit von Dichtstoffen mit genormtem Gerät, 2011) –

DIN EN **ISO** 8401 (Metallische Schutzschichten – Überblick über Verfahren zur Messung der Duktilität, 1995) –

DIN EN **ISO** 8491 (Metallische Werkstoffe – Rohr (Rohrabschnitt) – Biegeversuch, 2004).....112

DIN EN **ISO** 8492 (Metallische Werkstoffe – Rohr – Ringfaltversuch, 2004).....114

DIN EN **ISO** 8493 (Metallische Werkstoffe – Rohr – Aufweitversuch, 2004) –

DIN EN **ISO** 8494 (Metallische Werkstoffe – Rohr – Bördelversuch, 2004) –

DIN EN **ISO** 8495 (Metallische Werkstoffe – Rohr – Ringaufdornversuch, 2004) –

DIN EN **ISO** 8496 (Metallische Werkstoffe – Rohr – Ringzugversuch, 2004) –

DIN EN **ISO** 8497 (Wärmeschutz – Bestimmung der Wärmetransporteigenschaften im stationären Zustand von Wärmedämmungen für Rohrleitungen, 1996).....329

DIN EN **ISO** 8501-1 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen, 2007).....266

DIN EN **ISO** 8501-2 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 2: Oberflächenvorbereitungsgrade von beschichteten Oberflächen nach örtlichem Entfernen der vorhandenen Beschichtungen, 2002).....266

DIN EN **ISO** 8501-3 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 3: Vorbereitungsgrade von Schweißnähten, Kanten und anderen Flächen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten, 2007).....266

DIN EN **ISO** 8501-4 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 4: Ausgangszustände, Vorbereitungsgrade und Flugrostgrade in Verbindung mit Hochdruck-Wasserwaschen, 2007).....266

DIN EN **ISO** 8502-2 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit – Teil 2: Laborbestimmung von Chlorid auf gereinigten Oberflächen, 2006) –

DIN EN **ISO** 8502-3 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

– Teil 3: Beurteilung von Staub auf für das Beschichten vorbereiteten Stahloberflächen (Klebeband-Verfahren), 1999).....266

DIN EN **ISO** 8502-4 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit – Teil 4: Anleitung zum Abschätzen der Wahrscheinlichkeit von Taubildung vor dem Beschichten, 1999)... 311

DIN EN **ISO** 8502-5 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit – Teil 5: Messung von Chloriden auf vorbereiteten Stahloberflächen (Verfahren zum Ionennachweis mit Prüfröhrchen), 2005) –

DIN EN **ISO** 8502-6 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Bewerten der Oberflächenreinheit – Teil 6: Lösen von wasserlöslichen Verunreinigungen zur Analyse – Bresle-Verfahren, 2006) –

DIN EN **ISO** 8502-8 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zur Bewertung der Oberflächenreinheit – Teil 8: Feldprüfung zur refraktometrischen Bestimmung von Wasser, 2005).....311

DIN EN **ISO** 8502-9 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit – Teil 9: Feldverfahren zum Bestimmen von wasserlöslichen Salzen durch Leitfähigkeitsmessung, 2001). 222

DIN EN **ISO** 8502-11 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zum Bewerten der Oberflächenreinheit – Teil 11: Feldverfahren für die Bestimmung von wasserlöslichem Sulfat durch Trübungsmessung, 2006) –

DIN EN **ISO** 8502-12 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Prüfungen zur Bewertung der Oberflächenreinheit – Teil 12: Feldprüfung zur titrimetrischen Bestimmung von wasserlöslichen Eisenionen, 2005) –

DIN EN **ISO** 8503-1 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen – Teil 1: Anforderungen und Begriffe für ISO-Rauheitsvergleichsmuster zur Beurteilung gestrahlter Oberflächen, Entwurf 2009).....295

DIN EN **ISO** 8503-2 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen – Teil 2: Verfahren zur Prüfung der Rauheit von gestrahltem Stahl – Vergleichsmusterverfahren, 2009) 295

DIN EN **ISO** 8503-3 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen – Teil 3: Verfahren zur Kalibrierung von ISO-Rauheitsvergleichsmustern und zur Bestimmung der Rauheit – Mikroskopverfahren, 2009) 295

DIN EN **ISO** 8503-4 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen – Teil 4: Verfahren zur Kalibrierung von ISO-Rauheitsvergleichsmustern und zur Bestimmung der Rauheit – Tastschnittverfahren, 2009).....295

DIN EN **ISO** 8503-5 (Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen – Teil 5: Abdruckverfahren zum Bestimmen der Rauheit, 2005).....295

DIN EN **ISO** 8510-2 (Klebstoffe – Schälprüfung für flexibel/starr geklebte Proben – Teil 2: 180-Grad-Schälversuch, 2010)..... 117, 118

DIN EN **ISO** 8565 (Metalle und Legierungen – Korrosionsversuche in der Atmosphäre – Allgemeine Anforderungen, Entwurf 2009) 65

ISO 8672 (Luftbeschaffenheit; Bestimmung der Anzahlkonzentration von luftgetragenen anorganischen Fasern durch Phasenkontrastmikroskopie; Membranfilterverfahren, 1993) –

DIN EN **ISO** 8894-1 (Feuerfeste Werkstoffe – Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit – Teil 1: Heißdrahtverfahren (Kreuzverfahren und Widerstandsthermometer-Verfahren), 2010) 329

DIN EN **ISO** 8970 (Holzbauwerke – Prüfung von mechanischen Verbindungen – Anforderungen an die Rohdichte des Holzes, 2010) –

DIN EN **ISO** 8990 (Wärmeschutz – Bestimmung der Wärmedurchgangseigenschaften im stationären Zustand – Verfahren mit dem kalibrierten und dem geregelten Heizkasten, 1996).....329

DIN EN **ISO** 8993 (Anodisieren von Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bewertungssystem für Lochkorrosion – Richtreihenmethode, 2010).....384

DIN EN **ISO** 8994 (Anodisieren von Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bewertungssystem für Lochkorrosion – Rasterzählmethode, 2011).....384

DIN EN **ISO** 9001 (Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen, 2008, Berichtigung 1, 2009)....34, 35, 41

DIN EN **ISO** 9015-1 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Härteprüfung – Teil 1: Härteprüfung für Lichtbogenschweißverbindungen, Entwurf 2010) 129

DIN EN **ISO** 9015-2 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Härteprüfung – Teil 2: Mikrohärteprüfung an Schweißverbindungen, Entwurf 2010).....130

DIN EN **ISO** 9016 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung, 2011) 125

DIN EN **ISO** 9018 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Zugversuch am Doppel-T-Stoß und Überlappstoß, 2004) 103

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 9046 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Haft- und Dehnverhaltens von Dichtstoffen bei konstanter Temperatur, 2005) –

DIN EN **ISO** 9047 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Haft- und Dehnverhaltens von Dichtstoffen bei unterschiedlichen Temperaturen, 2003) –

ISO 9052-1 (Akustik; Bestimmung der dynamischen Steifigkeit; Teil 1: Stoffe für die Verwendung unter schwimmenden Estrichen für den Wohnungsbau, 1989) –

ISO 9053 (Akustik; Werkstoffe für akustische Zwecke; Bestimmung des Strömungswiderstandes, 1991) 323, 351

DIN EN **ISO** 9080 (Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens von thermoplastischen Rohrwerkstoffen durch Extrapolation, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 9117-1 (Beschichtungsstoffe – Trocknungsprüfungen – Teil 1: Bestimmung des Durchtrocknungszustandes und der Durchtrocknungszeit, 2009) –

DIN EN **ISO** 9117-2 (Beschichtungsstoffe – Trocknungsprüfungen – Teil 2: Druckprüfung zur Bestimmung der Stapelfähigkeit, 2010) –

DIN EN **ISO** 9117-3 (Beschichtungsstoffe – Trocknungsprüfungen – Teil 3: Prüfung der Oberflächentrocknung mit Glasperlen, 2010) 253

DIN EN **ISO** 9117-4 (Beschichtungsstoffe – Trocknungsprüfungen – Teil 4: Verfahren mit einem mechanischen Rekorder, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 9117-5 (Beschichtungsstoffe – Trocknungsprüfungen – Teil 5: Abgewandeltes Bandow-Wolff-Verfahren, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 9117-6 (Beschichtungsstoffe – Trocknungsprüfungen – Teil 6: Bestimmung der Abdruckfestigkeit, Entwurf 2011) –

DIN EN **ISO** 9142 (Klebstoffe – Auswahlrichtlinien für Labor-Alterungsbedingungen zur Prüfung von Klebverbindungen, 2004) –

DIN EN **ISO** 9220 (Metallische Überzüge – Messung der Schichtdicke – Verfahren mit Rasterelektronenmikroskop, 1995) 293

DIN EN **ISO** 9227 (Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären – Salzsprühnebelprüfungen, 2006) 384

DIN EN **ISO** 9239-1 (Prüfungen zum Brandverhalten von Bodenbelägen – Teil 1: Bestimmung des Brandverhaltens bei Beanspruchung mit einem Wärmestrahler, 2010).....340

DIN **ISO** 9276-1 (Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen – Teil 1: Grafische Darstellung, 2004).....229

DIN **ISO** 9276-2 (Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen – Teil 2: Berechnung von mittleren Partikelgrößen/-durchmessern und Momenten aus Partikelgrößenverteilungen, 2006).....229

DIN **ISO** 9276-4 (Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen – Teil 4: Charakterisierung eines Trennprozesses, 2006) 229

DIN **ISO** 9276-6 (Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen – Teil 6: Die Beschreibung und Quantifizierung von Partikelform und Morphologie, Entwurf 2010) 229

DIN **ISO** 9277 (Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Gasadsorption – BET-Verfahren, 2003).....275

DIN EN **ISO** 9346 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Gebäuden und Baustoffen – Physikalische Größen für den Stofftransport – Begriffe, 2008) . 312

DIN **ISO** 9385 (Glas und Glaskeramik; Härteprüfung nach Knoop, 1991) 129

DIN EN **ISO** 9513 (Metallische Werkstoffe – Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung, Entwurf 2011).....80, 81

DIN EN **ISO** 9514 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Verarbeitungszeit von Mehrkomponenten-Beschichtungssystemen – Vorbereitung und Konditionierung von Proben und Leitfaden für die Prüfung, 2005) 252

DIN EN **ISO** 9614-1 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 1: Messungen an diskreten Punkten, 2009) –

DIN EN **ISO** 9614-2 (Akustik – Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 2: Messung mit kontinuierlicher Abtastung, 1996) –

DIN EN **ISO** 9614-3 (Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 3: Scanning-Verfahren der Genauigkeitsklasse 1, 2009) –

DIN **ISO** 9649 (Metallische Werkstoffe; Draht; Wechselverwindeversuch, 1993) –

DIN EN **ISO** 9653 (Klebstoffe – Prüfverfahren für die Scherschlagfestigkeit von Klebungen, 2000) 125

DIN EN **ISO** 9664 (Klebstoffe – Verfahren zur Prüfung der Ermüdungseigenschaften von Strukturklebungen bei Zugscherbeanspruchung, 1995).....150

ISO/TR 9705-2 (Brandverhalten von Baustoffen – Prüfungen für Oberflächenprodukte im Originalmaßstab – Teil 2: Technischer Hintergrund und Leitfaden, 2001) 339

DIN EN **ISO** 9773 (Kunststoffe – Bestimmung des Brandverhaltens von dünnen, biegsamen, vertikal ausgerichteten Probekörpern in Kontakt mit einer kleinen Zündquelle, 2011) –

DIN EN **ISO** 9862 (Geokunststoffe – Probenahme und Vorbereitung der Messproben, 2005) –

DIN EN **ISO** 9863-1 (Geokunststoffe – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken – Teil 1: Einzellagen, 2005) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 9863-2 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung der Dicke der Einzellagen von mehrlagigen Produkten, 1996) –

DIN EN **ISO** 9864 (Geokunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten, 2005) –

DIN EN **ISO** 9934-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Magnetpulverprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 2002) 93

DIN EN **ISO** 9934-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Magnetpulverprüfung – Teil 2: Prüfmittel, 2003).....93

DIN EN **ISO** 9934-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Magnetpulverprüfung – Teil 3: Geräte, 2002).....93

DIN EN **ISO** 9963-2 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Alkalinität – Teil 2: Bestimmung der Carbonatalkalinität, 1996) –

DIN **ISO** 9964-3 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Natrium und Kalium – Teil 3: Bestimmung von Natrium und Kalium mittels Flammenphotometrie, 1996) 174

DIN EN **ISO** 9967 (Thermoplastische Rohre – Bestimmung des Verformungsverhaltens, 2008) –

DIN EN **ISO** 9969 (Thermoplastische Rohre – Bestimmung der Ringsteifigkeit, 2008) –

DIN EN **ISO** 10042 (Schweißen – Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen Legierungen – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten, 2006) –

DIN EN **ISO** 10052 (Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren, 2010) 349

DIN EN **ISO** 10062 (Korrosionsprüfungen in künstlicher Atmosphäre mit sehr niedrigen Konzentrationen von Schadgas(en), 2008) 384

DIN EN **ISO** 10077-1 (Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines, 2010) –

DIN EN **ISO** 10077-2 (Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen, Entwurf 2009) –

DIN EN **ISO** 10093 (Kunststoffe – Brandprüfungen – Standard-Zündquellen, 1999) –

DIN EN **ISO** 10111 (Metallische und andere anorganische Schichten – Messung der flächenbezogenen Masse – Übersicht über gravimetrische und chemische Analyseverfahren, 2002).....293

DIN EN **ISO** 10140-1 (Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte, 2010)...348

DIN EN **ISO** 10140-2 (Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung, 2010).....346, 347

DIN EN **ISO** 10140-3 (Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 3: Messung der Trittschalldämmung, 2010).....347

DIN EN **ISO** 10140-4 (Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 4: Messverfahren und Anforderungen, 2010) –

DIN EN **ISO** 10140-5 (Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen, 2010) 346, 347

DIN EN **ISO** 10289 (Verfahren zur Korrosionsprüfung von metallischen und anderen anorganischen Überzügen auf metallischen Grundwerkstoffen – Bewertung der Proben und Erzeugnisse nach einer Korrosionsprüfung, 2001) 384

DIN EN **ISO** 10304-1 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie – Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat, 2009) 215

DIN EN **ISO** 10304-3 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie – Teil 3: Bestimmung von Chromat, Iodid, Sulfit, Thiocyanat und Thiosulfat, 1997) 215

DIN EN **ISO** 10304-4 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie – Teil 4: Bestimmung von Chlorat, Chlorid und Chlorit in gering belastetem Wasser, 1999)..... 215

DIN EN **ISO** 10308 (Metallische Überzüge – Übersicht der Porenprüfverfahren, 2006).....89

ISO 10312 (Atmosphärische Luft – Bestimmung der Asbestfaserkonzentration – Transmissionselektronenmikroskopisches Verfahren mit direktem Probentransfer, 1995) 188

DIN EN **ISO** 10319 (Geokunststoffe – Zugversuch am breiten Streifen, 2008).....103

DIN EN **ISO** 10320 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Identifikation auf der Baustelle, 1999) –

DIN EN **ISO** 10321 (Geokunststoffe – Zugprüfung von Verbindungen/Nähten am breiten Streifen, 2008) –

DIN EN **ISO** 10350-1 (Kunststoffe – Ermittlung und Darstellung vergleichbarer Einpunktkennwerte – Teil 1: Formmassen, 2010) –

DIN EN **ISO** 10350-2 (Kunststoffe – Ermittlung und Darstellung vergleichbarer Einpunktkennwerte – Teil 2: Langfaserverstärkte Kunststoffe, Entwurf 2008) –

DIN EN **ISO** 10352 (Faserverstärkte Kunststoffe – Formmassen und Prepregs – Bestimmung des Flächengewichtes, 2011) –

DIN EN **ISO** 10365 (Klebstoffe – Bezeichnung der wichtigsten Bruchbilder, 1995).....106

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 10426-1 (Erdöl- und Erdgasindustrie – Zemente und Materialien für die Zementation von Tieflochbohrungen – Teil 1: Anforderungen, 2010).53, 66

DIN EN **ISO** 10426-2 (Erdöl- und Erdgasindustrie – Zemente und Materialien für die Zementation von Tiefbohrungen – Teil 2: Prüfung von Bohrloch-Zementen, Entwurf 2010) 53, 66

DIN EN **ISO** 10426-3 (Erdöl- und Erdgasindustrie – Zemente und Materialien für die Zementation von Tiefbohrungen – Teil 3: Prüfung von Unterwasser-Bohrlochzement, 2005) 53, 66

DIN EN **ISO** 10426-4 (Erdöl- und Erdgasindustrie – Zemente und Materialien für die Zementation von Tiefbohrungen – Teil 4: Vorbereitung und Prüfung von Schaumzementbrühen unter atmosphärischen Bedingungen, 2005) 53, 66

DIN EN **ISO** 10426-5 (Erdöl- und Erdgasindustrie – Zemente und Materialien für die Zementation von Tiefbohrungen – Teil 5: Bestimmung der Schrumpfung und Quellung von Bohrloch-Zementmischungen bei atmosphärischem Druck, 2006).....53, 66, 140

DIN EN **ISO** 10426-6 (Erdöl- und Erdgasindustrie – Zemente und Materialien für die Zementation von Tiefbohrungen – Teil 6: Verfahren zur Bestimmung der statischen Gelfestigkeit von Zementzusammensetzungen, 2008).....53, 66

DIN EN **ISO** 10456 (Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte, 2010) –

ISO 10530 (Wasserbeschaffenheit; Bestimmung von gelöstem Sulfid; Photometrisches Verfahren mit Methylenblau, 1992) 161

DIN EN **ISO** 10534-1 (Akustik – Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren – Teil 1: Verfahren mit Stehwellenverhältnis, 2001).....351

DIN EN **ISO** 10534-2 (Akustik – Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren – Teil 2: Verfahren mit Übertragungsfunktion, 2001, Berichtigung 1, 2007).....351

DIN EN **ISO** 10545-1 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 1: Probenahme und Grundlagen für die Annahme, 1997) –

DIN EN **ISO** 10545-2 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 2: Bestimmung der Maße und der Oberflächenbeschaffenheit, 1997) 266

DIN EN **ISO** 10545-3 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 3: Bestimmung von Wasseraufnahme, offener Porosität scheinbarer relativer Dichte und Rohdichte, 1997) 334

DIN EN **ISO** 10545-4 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 4: Bestimmung der Biegefestigkeit und der Bruchlast, 1997) 111

DIN EN **ISO** 10545-5 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 5: Bestimmung der Schlagfestigkeit durch Messung des Rückprallkoeffizienten, 1997).....126

DIN EN **ISO** 10545-6 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 6: Bestimmung des Widerstandes gegen Tiefenverschleiß, unglasierte Fliesen und Platten, 1997) 135

DIN EN **ISO** 10545-7 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 7: Bestimmung des Widerstandes gegen Oberflächenverschleiß – Glasierte Fliesen und Platten, 1999) 135

DIN EN **ISO** 10545-8 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 8: Bestimmung der linearen thermischen Dehnung, 1996).....139

DIN EN **ISO** 10545-9 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 9: Bestimmung der Temperaturwechselbeständigkeit, 1996) 357

DIN EN **ISO** 10545-10 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 10: Bestimmung der Feuchtigkeitsdehnung, 1997) 143

DIN EN **ISO** 10545-11 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 11: Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Glasurrisse; Glasierte Fliesen und Platten, 1996) 373

DIN EN **ISO** 10545-12 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 12: Bestimmung der Frostbeständigkeit, 1997) 304, 355

DIN EN **ISO** 10545-13 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 13: Bestimmung der chemischen Beständigkeit, 1997).....304, 370

DIN EN **ISO** 10545-14 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 14: Bestimmung der Beständigkeit gegen Fleckenbildner, 1997) 370

DIN EN **ISO** 10545-15 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 15: Bestimmung der Abgabe von Blei und Cadmium; glasierte Fliesen und Platten, 1997).... 174

DIN EN **ISO** 10545-16 (Keramische Fliesen und Platten – Teil 16: Bestimmung kleiner Farbabweichungen, 2000).....301

DIN EN **ISO** 10563 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung der Änderung von Masse und Volumen, 2005) –

DIN **ISO** 10576-1 (Statistische Verfahren – Leitfaden für die Beurteilung der Konformität mit vorgegebenen Anforderungen – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, 2009) –

DIN EN **ISO** 10590 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Zugverhaltens unter Vorspannung nach dem Tauchen in Wasser, 2005) 103

DIN EN **ISO** 10591 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Haft- und Dehnverhaltens nach dem Tauchen in Wasser, 2005) 103

DIN **ISO** 10693 (Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des Carbonatgehaltes – Volumetrisches Verfahren, 1997) 187

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN **ISO** 10694 (Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse), 1996) 177

DIN EN **ISO** 10722 (Geokunststoffe – Indexprüfverfahren zur Bewertung von mechanischen Schäden bei wiederholter Belastung – Beschädigung durch körnige Materialien, 2007) –

DIN EN **ISO** 10769 (Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GBR-C) – Bestimmung der Wasseraufnahme von Bentonit, 2009) –

DIN EN **ISO** 10772 (Prüfmethode zur Bestimmung der Filterbeständigkeit von Geotextilien in turbulenten Strömungsbedingungen, 2010) –

DIN EN **ISO** 10773 (Geosynthetische Tondichtungsbahnen – Bestimmung der Gasdurchlässigkeit durch GCL und GCB, 2009) –

DIN EN **ISO** 10776 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene, unter Auflast, 2010) –

DIN EN **ISO** 10848-1 (Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 1: Rahmendokument, 2006).....346, 348

DIN EN **ISO** 10848-2 (Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 2: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung geringen Einfluss hat, 2006, Berichtigung 1, 2007) 346, 348

DIN EN **ISO** 10848-3 (Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 3: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung wesentlichen Einfluss hat, 2006).....346, 348

DIN EN **ISO** 10848-4 (Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 4: Anwendung auf Stoßstellen mit mindestens einem schweren Bauteil, 2010).....346, 348

DIN EN **ISO** 10863 (Schweißverbindungen – Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD) für die Prüfung von Schweißverbindungen, Entwurf 2009) 288

DIN EN **ISO** 11058 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene, ohne Auflast, 2010) –

DIN EN **ISO** 11130 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Wechseltauchprüfung in Salzlösung, 2010) 384

DIN EN **ISO** 11306 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Richtlinien für die Auslagerung von Metallen und Legierungen in oberflächennahem Meerwasser und für die Auswertung, 1998).....65

DIN EN **ISO** 11339 (Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen, 2010) 117

DIN EN **ISO** 11341 (Beschichtungsstoffe – Künstliches Bewittern und künstliches Bestrahlen – Beanspruchung durch gefilterte Xenonbogenstrahlung, 2004) –

DIN EN **ISO** 11343 (Klebstoffe – Bestimmung des dynamischen Keil-Schlag-Widerstandes von hochfesten Klebungen unter Schlagbelastung – Keil-Schlag-Verfahren, 2005).....126

DIN EN **ISO** 11357-1 (Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 2010).....205

ISO 11357-2 (Kunststoffe – Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK) – Teil 2: Bestimmung der Glasübergangstemperatur, 1999) 205

ISO 11357-3 (Kunststoffe – Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK) – Teil 3: Bestimmung der Schmelz- und Kristallisationstemperatur und der Schmelz- und Kristallisationsenthalpie, 2011) 205

ISO 11357-4 (Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 4: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität, 2005).....205

ISO 11357-5 (Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 5: Bestimmung von charakteristischen Reaktionstemperaturen und -zeiten, Reaktionsenthalpie und Umsatz, 1999).....205

ISO 11357-6 (Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 6: Oxidations-Induktionszeit (isothermische OIT) oder -Temperatur (isodynamische OIT), 2008).....205

ISO 11357-7 (Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 7: Bestimmung der Kristallisationskinetik, 2002) 205

ISO 11357-8 (Kunststoffe – Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK) – Teil 8: Bestimmung des Anteils der Wasseraufnahme, 2001) 205

DIN EN **ISO** 11358 (Kunststoffe – Thermogravimetrie (TG) von Polymeren – Allgemeine Grundlagen, 1997) 203

SN **ISO** 11359-1 (Kunststoffe – Thermomechanische Analyse (TMA) – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 2005) 206

SN **ISO** 11359-2 (Kunststoffe – Thermomechanische Analyse (TMA) – Teil 2: Bestimmung des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der Glasübergangstemperatur, 2005).....206

SN **ISO** 11359-3 (Kunststoffe – Thermomechanische Analyse (TMA) – Teil 3: Bestimmung der Penetrationstemperatur, 2005) 206

DIN EN **ISO** 11378-2 (Textile Bodenbeläge – Laboratoriums-Anschmutzungsprüfungen – Teil 2: Trommelprüfung, 2003) 370

DIN EN **ISO** 11403-1 (Kunststoffe – Ermittlung und Darstellung von vergleichbaren Vielpunkt-Kennwerten – Teil 1: Mechanische Eigenschaften, 2003) –

DIN EN **ISO** 11403-2 (Kunststoffe – Ermittlung und Darstellung von vergleichbaren Vielpunktkennwerten

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

– Teil 2: Thermische und Verarbeitungseigenschaften, 2004) –

DIN EN **ISO** 11403-3 (Kunststoffe – Ermittlung und Darstellung vergleichbarer Vielpunkt-Kennwerte – Teil 3: Umgebungseinflüsse auf Eigenschaften, 2002) –

DIN EN **ISO** 11431 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Haft- und Dehnverhaltens von Dichtstoffen nach Einwirkung von Wärme, Wasser und künstlichem Licht durch Glas, 2003) –

DIN EN **ISO** 11432 (Hochbau – Fugendichtstoffe – Bestimmung des Druckwiderstandes, 2005) –

DIN **ISO** 11453 (Statistische Auswertung von Daten – Tests und Vertrauensbereiche für Anteile, 2005) –

DIN **ISO** 11461 (Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des Wassergehalts des Bodens als Volumenanteil mittels Stechzylinder – Gravimetrisches Verfahren, 2002) 304

DIN EN **ISO** 11463 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Bewertung der Lochkorrosion, 2008) .. 384

DIN **ISO** 11465 (Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Trockensubstanz und des Wassergehalts auf Grundlage der Masse – Gravimetrisches Verfahren, 1976) 304

DIN EN **ISO** 11501 (Kunststoffe – Folien und Bahnen – Bestimmung der Maßänderung bei Erwärmung, 2004) –

DIN EN **ISO** 11502 (Kunststoffe – Folien und Bahnen – Bestimmung des Blockwiderstandes, 2005) –

DIN EN **ISO** 11507 (Beschichtungsstoffe – Beanspruchung von Beschichtungen durch künstliche Bewitterung – Beanspruchung durch fluoreszierende UV-Strahlung und Wasser, 2007) 375

DIN EN **ISO** 11546-1 (Akustik – Bestimmung der Schalldämmung von Schallschutzkapseln – Teil 1: Messungen unter Laborbedingungen (zum Zweck der Kennzeichnung), 2010) –

DIN EN **ISO** 11546-2 (Akustik – Bestimmung der Schalldämmung von Schallschutzkapseln – Teil 2: Messungen im Einsatzfall (zum Zweck der Abnahme und Nachprüfung), 2010) –

DIN EN **ISO** 11648-1 (Statistische Aspekte der Probenahme von Massengütern – Teil 1: Allgemeine Grundlagen, 2006) –

DIN EN **ISO** 11654 (Akustik – Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden – Bewertung der Schallabsorption, 1997).....350

DIN **ISO** 11665-1 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 1: Radon-222 und seine kurzlebigen Zerfallsprodukte in der atmosphärischen Umgebung: Quellen und Messverfahren, Entwurf 2010) 223

DIN **ISO** 11665-2 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 2: Radon-222: Integrierendes Messverfahren für die Bestimmung des Durchschnittswertes der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Zerfallsprodukte in der Atmosphäre, Entwurf 2010).....223

DIN **ISO** 11665-3 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 3: Radon-222: Punktmessverfahren der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Zerfallsprodukte in der Atmosphäre, Entwurf 2010) 223

DIN **ISO** 11665-4 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 4: Radon-222: Integrierende Messverfahren zur Bestimmung des Durchschnittwertes der Radon-Aktivitätskonzentration in der Atmosphäre mittels passiver Probenahme und zeitversetzter Auswertung, Entwurf 2010).....223

DIN **ISO** 11665-5 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 5: Radon-222: Kontinuierliche Messverfahren für die Radon-Aktivitätskonzentration in der Atmosphäre, Entwurf 2010).....223

DIN **ISO** 11665-6 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 6: Radon-222: Verfahren zur Abschätzung der Oberflächenexhalationsrate mittels Anreicherung, Entwurf 2010).....223

DIN **ISO** 11665-7 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 7: Radon-222: Punktmessverfahren für die Radon-Aktivitätskonzentration in der Atmosphäre, Entwurf 2010).....223

DIN **ISO** 11665-8 (Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft – Teil 8: Radon-222 in Gebäuden: Methodik zur Erstbewertung sowie für zusätzliche Untersuchungen, Entwurf 2010).....223

DIN EN **ISO** 11666 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Zulässigkeitsgrenzen, 2011) –

DIN EN **ISO** 11667 (Faserverstärkte Kunststoffe – Formmassen und Prepregs – Bestimmung des Gehaltes an Harz, Verstärkungsfaser und Mineralfüllstoff – Auflösungsverfahren, 1999).....59

DIN EN **ISO** 11819-1 (Akustik – Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche – Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren, 2002) –

DIN EN **ISO** 11885 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von ausgewählten Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie, 2009) 175

DIN EN **ISO** 11890-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Gehaltes an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC-Gehalt) – Teil 1: Differenzverfahren, 2007) –

DIN EN **ISO** 11890-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Gehaltes an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC-Gehalt) – Teil 2: Gaschromatographisches Verfahren, 2007) 217

DIN EN **ISO** 11909 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Isocyanatharze – Allgemeine Prüfverfahren, 2007) 183

DIN EN **ISO** 11925-2 (Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen – Entzündbarkeit von Bauprodukt-

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

ten bei direkter Flammeneinwirkung – Teil 2: Einflammentest, Entwurf 2009) 337, 338

DIN EN **ISO** 11997-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit bei zyklischen Korrosionsbedingungen – Teil 1: Nass (Salzsprühnebel)/trocken/Feuchte, 2006) 384

DIN EN **ISO** 11997-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Beständigkeit bei zyklischen Korrosionsbedingungen – Teil 2: Nass (Salzsprühnebel)/trocken/Feuchte/UV-Strahlung, Entwurf 2011) 384

DIN EN **ISO** 11998 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Nassabriebbeständigkeit und der Reinigungsfähigkeit von Beschichtungen, 2006).....135

DIN EN **ISO** 12017 (Kunststoffe – Poly(methylmethacrylat) Stegdoppel- und Stegdreifachplatten – Prüfverfahren, 1996) –

DIN EN **ISO** 12058-1 (Kunststoffe – Bestimmung der Viskosität mit einem Kugelfall-Viskosimeter – Teil 1: Verfahren nach Höppler, 2002).....253

DIN EN **ISO** 12137-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Kratzfestigkeit – Teil 1: Verfahren mit gebogenem Stichel, Entwurf 2001) –

DIN EN **ISO** 12137-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Kratzfestigkeit – Teil 2: Verfahren mit spitzem Stichel, Entwurf 2009) –

DIN EN **ISO** 12236 (Geokunststoffe – Stempeldurchdrückversuch (CBR-Versuch), 2006) –

DIN EN **ISO** 12543-4 (Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas – Teil 4: Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit, 2008) –

DIN EN **ISO** 12543-6 (Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas – Teil 6: Aussehen, Entwurf 2008) –

DIN EN **ISO** 12567-1 (Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens – Teil 1: Komplette Fenster und Türen, 2010) 329

DIN EN **ISO** 12567-2 (Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels Heizkastenverfahrens – Teil 2: Dachflächenfenster und andere auskragende Fenster, 2006) 329

DIN EN **ISO** 12569 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Werkstoffen – Bestimmung des spezifischen Luftvolumenstroms in Gebäuden – Indikatorgasverfahren, Entwurf 2010) 326

DIN EN **ISO** 12570 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Feuchtegehaltes durch Trocknen bei erhöhter Temperatur, 2000) 304, 306

DIN EN **ISO** 12571 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften, 2000) 63, 331

DIN EN **ISO** 12572 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit, 2001)..... 314

DIN EN **ISO** 12706 (Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Begriffe, 2010).....92

DIN EN **ISO** 12718 (Zerstörungsfreie Prüfung – Wirbelstromprüfung – Terminologie, 2009).....292

DIN EN **ISO** 12737 (Metallische Werkstoffe – Bestimmung der Bruchzähigkeit (ebener Dehnungszustand), Entwurf 2010) 137

DIN EN **ISO** 12944-6 (Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen, 1998) –

DIN EN **ISO** 12956 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung der charakteristischen Öffnungsweite, 2010) –

DIN EN **ISO** 12957-1 (Geokunststoffe – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 1: Scherkastenversuch, 2005) –

DIN EN **ISO** 12957-2 (Geokunststoffe – Bestimmung der Reibungseigenschaften – Teil 2: Schiefe-Ebene-Versuch, 2005) –

DIN EN **ISO** 12958 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung des Wasserableitvermögens in der Ebene, 2010) –

DIN EN **ISO** 13076 (Beschichtungsstoffe – Beleuchtung und Durchführung für visuelle Abmusterungen, 2010) –

DIN EN **ISO** 13129 (Beschichtungsstoffe – Elektrochemische Messung der Schutzwirkung von Beschichtungen auf Stahl – Stromunterbrechungsverfahren (CI), Relaxationsvoltametrie (RV) oder Gleichstromtransientenmessung (DCT), Entwurf 2011) –

ISO 13320 (Partikelmessung durch Laserlichtbeugung, 2009) 231

DIN **ISO** 13321 (Partikelgrößenanalyse – Photonenkorrelationsspektroskopie, 2004).....232

ISO 13322-1 (Partikelgrößenanalyse – Bildanalyseverfahren – Teil 1: Statisches Bildanalyseverfahren, 2004) 232

ISO 13322-2 (Partikelgrößenanalyse – Bildanalyseverfahren – Teil 2: Dynamische Bildanalyseverfahren, 2006) 232

DIN EN **ISO** 13431 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung des Zugkriech- und des Zeitstandbruchverhaltens, 1999) –

DIN EN **ISO** 13433 (Geokunststoffe – Dynamischer Durchschlagversuch (Kegelfallversuch), 2006) –

DIN EN **ISO** 13437 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Verfahren zum Einbau und Ausgraben von Proben und Prüfung von Meßproben im Labor, 1998) –

DIN EN **ISO** 13438 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Auswahlprüfverfahren zur Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit, 2005) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 13468-1 (Kunststoffe – Bestimmung des totalen Lichttransmissionsgrades von transparenten Materialien – Teil 1: Einstrahlinstrument, 1997).....301

DIN EN **ISO** 13468-2 (Kunststoffe – Bestimmung des totalen Lichttransmissionsgrades von transparenten Materialien – Teil 2: Zweistrahlinstrument, 2006) ..301

DIN **ISO** 13472-1 (Akustik – Messung der Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen vor Ort – Teil 1: Freifeldverfahren, 2004) –

DIN **ISO** 13472-2 (Akustik – Messung der Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen vor Ort – Teil 2: Impedanzrohrverfahren für reflektierende Oberflächen, 2010) –

DIN EN **ISO** 13477 (Rohre aus Thermoplasten für den Transport von Fluiden – Bestimmung des Widerstandes gegenüber schneller Rissfortpflanzung (RCP) – Laborprüfung (S4-Prüfung), 2008) –

DIN EN **ISO** 13478 (Rohre aus Thermoplasten für den Transport von Fluiden – Bestimmung des Widerstandes gegenüber schneller Rissfortpflanzung (RCP) – Praxistest (FS-Prüfung), 2007) –

DIN EN **ISO** 13479 (Rohre aus Polyolefinen für den Transport von Fluiden – Bestimmung des Widerstandes gegen Rissfortpflanzung – Prüfverfahren für langsames Risswachstum an gekerbten Rohren (Kerbprüfung), 2010) –

DIN **ISO** 13528 (Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche, 2009) –

DIN **ISO** 13741-1 (Kunststoffe/Kautschuk – Polymerdispersionen und Kautschuklatices (natürliche und künstliche); Bestimmung von Restmonomeren und anderen organischen Bestandteilen mittels Kapillarsäulen-Gaschromatographie – Teil 1: Verfahren der Direkteinspritzung, 2003) –

DIN **ISO** 13741-2 (Kunststoffe/Kautschuk – Polymerdispersionen und Kautschuklatices (natürliche und künstliche); Bestimmung von Restmonomeren und anderen organischen Bestandteilen mittels Kapillarsäulen-Gaschromatographie – Teil 2: Headspace-Verfahren, 2003) –

DIN EN **ISO** 13787 (Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung des Nennwertes der Wärmeleitfähigkeit, 2003) –

DIN EN **ISO** 13788 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren, Entwurf 2011).....385

ISO 13794 (Atmosphärische Luft – Bestimmung von Asbestfasern – Transmissionselektronenmikroskopisches Verfahren mit Probentransfer über Suspension, 1999) 188

DIN EN **ISO** 13802 (Kunststoffe – Verifizierung von Pendelschlagwerken – Charpy-, Izod- und Schlagzugversuch, 2006) –

DIN EN **ISO** 13934-1 (Textilien – Zugeigenschaften von textilen Flächengebilden – Teil 1: Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraft-Dehnung mit dem Streifen-Zugversuch, 1999).....103

DIN EN **ISO** 13934-2 (Textilien – Zugeigenschaften von textilen Flächengebilden – Teil 2: Bestimmung der Höchstzugkraft mit dem Grab-Zugversuch, 1999) 103

DIN EN **ISO** 13937-1 (Textilien – Weiterreißeigenschaften von textilen Flächengebilden – Teil 1: Bestimmung der Weiterreißkraft mit dem ballistischen Pendel (Elmendorf), 2000) 109

DIN EN **ISO** 13937-2 (Textilien – Weiterreißeigenschaften von textilen Flächengebilden – Teil 2: Bestimmung der Weiterreißkraft mit dem Schenkel-Weiterreißversuch (einfacher Weiterreißversuch), 2000).. 109

DIN EN **ISO** 13937-3 (Textilien – Weiterreißeigenschaften von textilen Flächengebilden – Teil 3: Bestimmung der Weiterreißkraft mit dem Flügel-Weiterreißversuch (einfacher Weiterreißversuch), 2000) 109

DIN EN **ISO** 13937-4 (Textilien – Weiterreißeigenschaften von textilen Flächengebilden – Teil 4: Bestimmung der Weiterreißkraft mit dem Zungen-Weiterreißversuch (doppelter Weiterreißversuch), 2000).. 109

DIN EN **ISO** 13943 (Brandschutz – Vokabular, 2011) . 335

DIN EN **ISO** 13967 (Thermoplastische Formstücke – Bestimmung der Ringsteifigkeit, 2010) –

DIN EN **ISO** 13968 (Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre aus Thermoplasten – Bestimmung der Ringflexibilität, 2009) –

DIN EN **ISO** 14125 (Faserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften, Entwurf 2010) 111

DIN EN **ISO** 14284 (Stahl und Eisen – Entnahme und Vorbereitung von Proben für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung, 2003).....50

DIN EN **ISO** 14556 (Stahl – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy (V-Kerb) – Instrumentiertes Prüfverfahren, 2006) 125

DIN EN **ISO** 14577-1 (Metallische Werkstoffe – Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter – Teil 1: Prüfverfahren, 2003).....129

DIN EN **ISO** 14577-2 (Metallische Werkstoffe – Instumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter – Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschine, 2003).....129

DIN EN **ISO** 14577-3 (Metallische Werkstoffe – Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter – Teil 3: Kalibrierung von Referenzproben, 2003).....129

DIN EN **ISO** 14577-4 (Metallische Werkstoffe – Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter – Teil 4:

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Prüfverfahren für metallische und nichtmetallische Schichten, 2007).....129, 130

DIN EN **ISO** 14680-1 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Pigmentgehaltes – Teil 1: Zentrifugenverfahren, 2006) –

DIN EN **ISO** 14680-2 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Pigmentgehaltes – Teil 2: Veraschungsverfahren, 2006) –

DIN EN **ISO** 14680-3 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Pigmentgehaltes – Teil 3: Filtrationsverfahren, 2006) –

DIN EN **ISO** 14911 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der gelösten Kationen Li^+, Na^+, $NH4^+$, K^+, Mn^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+} und Ba^{2+} mittels Ionenchromatographie – Verfahren für Wasser und Abwasser, 1999) 215

ISO 14966 (Atmosphärische Luft – Bestimmung der Faserzahlkonzentration anorganischer faserförmiger Partikel – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, 2002, Berichtigung 1, 2007) 188

DIN EN **ISO** 15091 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit und des spezifischen elektrischen Widerstandes, Entwurf 2011)..222

DIN EN **ISO** 15106-1 (Kunststoffe – Folien und Flächengebilde – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit – Teil 1: Verfahren mit Feuchtigkeitssensor, 2005) 314

DIN EN **ISO** 15106-2 (Kunststoffe – Folien und Flächengebilde – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit – Teil 2: Verfahren mit Infrarotsensor, 2005) 314

DIN EN **ISO** 15106-3 (Kunststoffe – Folien und Flächengebilde – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit – Teil 3: Elektrolytnachweis-Sensorverfahren, 2005) 314

DIN EN **ISO** 15110 (Beschichtungsstoffe – Künstliches Bewittern mit saurer Beanspruchung, Entwurf 2011).....375

DIN EN **ISO** 15148 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen, 2003).....320

DIN EN **ISO** 15184 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Bleistifthärte von Beschichtungen, Entwurf 2011) –

DIN EN **ISO** 15186-1 (Akustik – Bestimmung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 1: Messungen im Prüfstand, 2003).....346

DIN EN **ISO** 15186-2 (Akustik – Bestimmung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 2: Messungen am Bau, 2010) –

DIN EN **ISO** 15186-3 (Akustik – Bestimmung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 3: Messungen bei niedrigen Frequenzen im Prüfstand, 2010) 346

DIN EN **ISO** 15234 (Beschichtungsstoffe – Prüfung von Formaldehyd emittierenden Beschichtungen und Melaminschaumstoffen – Bestimmung der Ausgleichskonzentration an Formaldehyd in einem kleinen Prüfraum, 2011) –

DIN EN **ISO** 15528 (Beschichtungsstoffe und Rohstoffe für Beschichtungsstoffe – Probenahme, 2000).. 50, 51

DIN EN **ISO** 15548-1 (Zerstörungsfreie Prüfung – Technische Ausrüstung für die Wirbelstromprüfung – Teil 1: Kenngrößen von Prüfgeräten und deren Verifizierung, 2010).....292

DIN EN **ISO** 15548-2 (Zerstörungsfreie Prüfung – Technische Ausrüstung für die Wirbelstromprüfung – Teil 2: Kenngrößen von Sensoren und deren Verifizierung, 2009).....292

DIN EN **ISO** 15548-3 (Zerstörungsfreie Prüfung – Technische Ausrüstung für die Wirbelstromprüfung – Teil 3: Kenngrößen des Systems und deren Verifizierung, 2009).....292

DIN EN **ISO** 15549 (Zerstörungsfreie Prüfung – Wirbelstromprüfung – Allgemeine Grundlagen, 2011) 292

DIN **ISO** 15579 (Metallische Werkstoffe – Zugversuch bei tiefen Temperaturen, 2002).....103

DIN EN **ISO** 15586 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Spurenelementen mittels Atomabsorptionsspektrometrie mit dem Graphitrohr-Verfahren, 2004) 175

DIN EN **ISO** 15587-1 (Wasserbeschaffenheit – Aufschluss für die Bestimmung ausgewählter Elemente in Wasser – Teil 1: Königswasser-Aufschluss, 2002) –

DIN EN **ISO** 15587-2 (Wasserbeschaffenheit – Aufschluss für die Bestimmung ausgewählter Elemente in Wasser – Teil 2: Salpetersäure-Aufschluss, 2002) –

DIN EN **ISO** 15605 (Klebstoffe – Probenahme, 2004) –

DIN EN **ISO** 15630-1 (Stähle für die Bewehrung und das Vorspannen von Beton – Prüfverfahren – Teil 1: Bewehrungsstäbe, -walzdraht und -draht, 2011)..102, 112, 114, 150, 174

DIN EN **ISO** 15630-2 (Stähle für die Bewehrung und das Vorspannen von Beton – Prüfverfahren – Teil 2: Geschweißte Matten, 2011)..102, 112, 121, 147, 150, 174

DIN EN **ISO** 15630-3 (Stähle für die Bewehrung und das Vorspannen von Beton – Prüfverfahren – Teil 3: Spannstähle, 2011)..... 102, 112, 114, 150, 174, 383

DIN EN **ISO** 15653 (Metallische Werkstoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung der quasistatischen Bruchzähigkeit von Schweißverbindungen, 2010) 137

DIN EN **ISO** 15695 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Ritzbeständigkeit von emaillierten Gegenständen, 2001) –

DIN EN **ISO** 15710 (Beschichtungsstoffe – Korrosionsprüfung durch abwechselndes Eintauchen in eine

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

und Entfernen aus einer gepufferte(n) Natriumchloridlösung, 2006) –

DIN EN **ISO** 15711 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Widerstandes gegen kathodische Enthaftung von Beschichtungen in Meerwasser, 2005) –

DIN EN **ISO** 15880 (Beschichtungsstoffe und Bindemittel – Bestimmung des MEQ-Wertes von wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffen und Bindemitteln, 2004) –

DIN EN **ISO** 16000-1 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie, 2006).....51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-2 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 2: Probenahmestrategie für Formaldehyd, 2006) 51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-3 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen – Probenahme mit einer Pumpe, Entwurf 2010) 51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-4 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 4: Bestimmung von Formaldehyd – Probenahme mit Passivsammlern, Entwurf, 2010).....51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-5 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC), 2007) .51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-6 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID, Entwurf, 2010).....51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-7 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 7: Probenahmestrategie zur Bestimmung luftgetragener Asbestfaserkonzentrationen, 2007).51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-8 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 8: Bestimmung des lokalen Alters der Luft in Gebäuden zur Charakterisierung der Lüftungsbedingungen, 2008) 51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-9 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Emissionsprüfkammer-Verfahren, 2008) 51, 188, 225, 226

DIN EN **ISO** 16000-10 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 10: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Emissionsprüfzellen-Verfahren, 2006).....51, 188, 225, 226

DIN EN **ISO** 16000-11 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 11: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke, 2006).....51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-12 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 12: Probenahmestrategie für polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), 2008).....51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-13 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 13: Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener dioxin-ähnlicher Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dibenzo-p-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) – Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien, 2010).....51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-14 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 14: Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polychlorierter dioxin-ähnlicher Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dibenzo-p-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) – Extraktion, Reinigung und Analyse mit hochauflösender Gaschromatographie/Massenspektrometrie, Entwurf 2007) 51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-15 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 15: Probenahmestrategie für Stickstoffdioxid (NO2), 2008).....51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-16 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 16: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Filtration, 2009)....51, 188, 225, 385

DIN **ISO** 16000-17 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 17: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Kultivierungsverfahren, 2010).....51, 188, 225, 385

DIN **ISO** 16000-18 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 18: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Impaktion, Entwurf 2009).....51, 188, 225, 385

DIN **ISO** 16000-19 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 19: Probenahmestrategie für Schimmelpilze, Entwurf 2010) 51, 188, 225, 385

DIN **ISO** 16000-23 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 23: Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien, Entwurf 2007) ...51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-24 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 24: Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von flüchtigen organischen und Carbonylverbindungen ohne Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien, Entwurf 2008) ...51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-25 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 25: Bestimmung der Emission von schwerflüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten – Mikro-Prüfkammerverfahren, Entwurf 2009) 51, 188, 225

DIN EN **ISO** 16000-26 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 26: Probenahmestrategie für Kohlendioxid (CO2), Entwurf 2010) 51, 188, 225

DIN **ISO** 16000-28 (Innenraumluftverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer, Entwurf 2010) 51, 188, 225

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 16032 (Akustik – Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Standardverfahren, 2004).....151

DIN EN **ISO** 16151 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Schnellprüfungen unter wechselnder Einwirkung von saurem Salzsprühnebel, »trockenen« und »feuchten« Bedingungen, 2008) 384

DIN EN **ISO** 16264 (Wasserbeschaffenheit – Bestimmung löslicher Silicate mittels Fließanalytik (FIA und CFA) und photometrischer Detektion, 2004) 161

ISO 16269-4 (Statistische Auswertung von Daten – Teil 4: Entdeckung und Behandlung von Ausreißern, 2010) 43

DIN **ISO** 16269-6 (Statistische Auswertung von Daten – Teil 6: Ermittlung von statistischen Anteilsbereichen, 2009).....43

DIN **ISO** 16269-7 (Statistische Auswertung von Daten – Teil 7: Median – Punktschätzung und Vertrauensbereiche, 2007).....43

DIN **ISO** 16269-8 (Statistische Auswertung von Daten – Teil 8: Ermittlung von Prognosebereichen, 2009) 43

DIN EN **ISO** 16276-1 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme – Teil 1: Abreißversuch, 2007) 107

DIN EN **ISO** 16276-2 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme – Teil 2: Gitterschnitt- und Kreuzschnittprüfung, 2007).....107, 108

DIN EN **ISO** 16805 (Bindemittel für Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Glasübergangstemperatur, 2005) 208

DIN EN **ISO** 16862 (Beschichtungsstoffe – Bewertung der Widerstandsfähigkeit gegen Ablaufen, 2006) 253

DIN EN **ISO** 16871 (Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre und Formstücke aus Kunststoffen – Verfahren für die Bewitterung im Freien, 2003) 376

DIN EN **ISO**/IEC 17000 (Konformitätsbewertung – Begriffe und allgemeine Grundlagen, 2004).....36

DIN EN **ISO**/IEC 17011 (Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Akkreditierungsstellen, die Konformitätsbewertungsstellen akkreditieren, 2005) 36

DIN EN **ISO**/IEC 17020 (Konformitätsbewertung – Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen, Entwurf 2011) 36, 41

DIN EN **ISO**/IEC 17021 (Konformitätsbewertung – Anforderungen an Stellen, die Managementsysteme auditieren und zertifizieren, 2011) 36

DIN EN **ISO**/IEC 17024 (Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Personen zertifizieren, Entwurf 2011) 36

DIN EN **ISO**/IEC 17025 (Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien, 2005) 36, 41

DIN EN **ISO**/IEC 17030 (Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Konformitätszeichen einer dritten Seite, 2009) 36

DIN EN **ISO**/IEC 17040 (Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an die Begutachtung unter gleichrangigen Konformitätsbewertungsstellen und Akkreditierungsstellen, 2005) 36

DIN EN **ISO**/IEC 17043 (Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen, 2010) 36

DIN EN **ISO**/IEC 17050-1 (Konformitätsbewertung – Konformitätserklärung von Anbietern – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2010).....36

DIN EN **ISO**/IEC 17050-2 (Konformitätsbewertung – Konformitätserklärung von Anbietern – Teil 2: Unterstützende Dokumentation, 2005).....36

DIN EN **ISO**/IEC 17065 (Konformitätsbewertung – Anforderungen an Stellen, die Produkte, Prozesse und Dienstleistungen zertifizieren, 2011).....41

DIN EN **ISO** 17132 (Beschichtungsstoffe – T-Biegeprüfung, 2008) 112

DIN EN **ISO** 17475 (Korrosion von Metallen und Legierungen – Elektrochemische Prüfverfahren – Leitfaden für die Durchführung potentiostatischer und potentiodynamischer Polarisationsmessungen, 2008) 381

DIN EN **ISO** 17635 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe, 2010) –

DIN EN **ISO** 17636-1 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken unter Anwendung von Filmen, Entwurf 2010).....280

DIN EN **ISO** 17636-2 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken unter Anwendung digitaler Detektoren, 2010) 280

DIN EN **ISO** 17637 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen, 2011).....266

DIN EN **ISO** 17638 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Magnetpulverprüfung, 2010) 93

DIN EN **ISO** 17640 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Techniken, Prüfklassen und Bewertung, 2011) –

DIN EN **ISO** 17641-1 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Heißrissprüfungen für Schweißungen – Lichtbogenschweißprozesse – Teil 1: Allgemeines, 2004) –

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

DIN EN **ISO** 17641-2 (Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Heißrissprüfungen für Schweißungen – Lichtbogenschweißprozesse – Teil 2: Selbstbeanspruchende Prüfungen, 2005) –

DIN EN **ISO** 17872 (Beschichtungsstoffe – Leitfaden zum Anbringen von Ritzen durch eine Beschichtung auf Metallplatten für Korrosionsprüfungen, 2007) –

DIN EN **ISO** 17895 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Gehaltes an flüchtigen organischen Verbindungen in wasserverdünnbaren Dispersionsfarben (In-can VOC), 2005, Berichtigung 1, 2007) –

DIN EN **ISO** 18233 (Akustik – Anwendung neuer Messverfahren in der Bau- und Raumakustik, 2006) –

DIN EN **ISO** 18265 (Metallische Werkstoffe – Umwertung von Härtewerten, 2004) 105, 128

DIN EN **ISO** 18592 (Widerstandsschweißen – Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen – Verfahren zur Schwingfestigkeitsprüfung von Mehrpunktproben, 2010) –

DIN EN **ISO** 18757 (Hochleistungskeramik – Bestimmung der spezifischen Oberfläche keramischer Pulver durch Gasadsorption nach dem BET-Verfahren, 2006) 275

DIN EN **ISO** 20566 (Beschichtungsstoffe – Prüfung der Kratzbeständigkeit von Beschichtungen mit einer Laborwaschanlage, Entwurf 2010) –

DIN EN **ISO** 21227-1 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung – Teil 1: Allgemeine Anleitung, 2003) 265

DIN EN **ISO** 21227-2 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung – Teil 2: Auswertung der Multisteinschlag-Prüfung, 2006) 265

DIN EN **ISO** 21227-3 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung – Teil 3: Auswertung der von einem Ritz ausgehenden Enthaftung und Korrosion, 2007) .. 265

DIN EN **ISO** 21227-4 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden mittels digitaler Bildverarbeitung – Teil 4: Beurteilung von Filiformkorrosion, 2008).....265

DIN EN **ISO** 22475-1 (Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, 2007) 49, 50

DIN EN **ISO** 22825 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Prüfung von Schweißverbindungen in austenitischen Stählen und Nickellegierungen, Entwurf 2010) –

DIN **ISO** 22826 (Zerstörende Prüfung von Schweißungen an metallischen Werkstoffen – Härteprüfung an durch Laser- und Elektronenstrahlen hergestellte Schweißungen (Vickers und Knoop Härteprüfung), 2008) –

DIN EN **ISO** 23279 (Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten, 2010) –

DIN **ISO** 23529 (Elastomere – Allgemeine Bedingungen für die Vorbereitung und Konditionierung von Prüfkörpern für physikalische Prüfverfahren, 2007) 55

DIN EN **ISO** 23811 (Beschichtungsstoffe – Bestimmung des Volumens nichtflüchtiger Anteile durch Messen des Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen und der Dichte des Beschichtungsstoffes, und Berechnung der theoretischen Ergiebigkeit, 2009) –

ISO 24334 (Laminatböden – Bestimmung der Verbindungsfestigkeit bei mechanisch verbundenen Elementen, 2006) –

ISO 24339 (Laminat- und textile Bodenbeläge – Bestimmung der Maßänderungen durch feuchte und trockene Klimabedingungen, 2006) –

DIN **ISO** 24353 (Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Sorptions- und Desorptionsverhaltens bei Schwankungen der Luftfeuchte, Entwurf 2006)..... 313

DIN EN **ISO** 25619-1 (Geokunststoffe – Bestimmung des Druckverhaltens – Teil 1: Eigenschaften des Druckkriechens, 2009).....146

DIN EN **ISO** 25619-2 (Geokunststoffe – Bestimmung des Druckverhaltens – Teil 2: Bestimmung des Kurzzeit-Druckverhaltens, 2009) 98

DIN EN **ISO** 28199-1 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung applikationsbedingter Eigenschaften von Beschichtungssystemen – Teil 1: Begriffe und Vorbereitung der Probenplatten, 2010) –

DIN EN **ISO** 28199-2 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung applikationsbedingter Eigenschaften von Beschichtungssystemen – Teil 2: Farbstabilität, Prozessdeckvermögen, Anlösen, Spritznebelaufnahme, Benetzung, Oberflächenstruktur und Wolkigkeit, 2010) –

DIN EN **ISO** 28199-3 (Beschichtungsstoffe – Beurteilung applikationsbedingter Eigenschaften von Beschichtungssystemen – Teil 3: Visuelle Beurteilung von Ablaufneigung, Kocherbildung, Nadelstichbildung und Deckvermögen, 2010) –

DIN EN **ISO** 28706-1 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion – Teil 1: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch Säuren bei Raumtemperatur, 2011) –

DIN EN **ISO** 28706-2 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion – Teil 2: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch kochende Säuren, kochende neutrale Flüssigkeiten und/oder deren Dämpfe, 2011) –

DIN EN **ISO** 28706-3 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion – Teil 3: Bestimmung der Beständigkeit

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

gegen chemische Korrosion durch alkalische Flüssigkeiten unter Verwendung eines Gerätes mit hexagonalem Gefäß, 2011) –

DIN EN **ISO** 28706-4 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion – Teil 4: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch alkalische Flüssigkeiten unter Verwendung eines Gerätes mit zylindrischem Gefäß, 2011)- –

DIN EN **ISO** 28706-5 (Emails und Emaillierungen – Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion – Teil 5: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion in geschlossenen Systemen, Entwurf 2011) –

DIN EN **ISO** 28764 (Emails und Emaillierungen – Herstellung von Proben zur Prüfung von Stahlblech-Emails, Aluminium-Emails und Gusseisen-Emails, 2011) –

ISO 29581-1 (Zement – Prüfverfahren – Teil 1: Berechnung mit dem nasschemischen Verfahren, 2009) 157

DIN EN **ISO** 29581-2 (Prüfverfahren für Zement – Chemische Analyse von Zement – Teil 2: Analyse mittels Röntgenfluoreszenzanalyse, Entwurf 2007) 163

DIN EN **ISO** 29601 (Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz durch Beschichtungssysteme – Beurteilung der Porosität einer trockenen Beschichtung, 2011).....93

DIN EN **ISO** 80000-8 (Größen und Einheiten – Teil 8: Akustik, 2008) –

ISO/DIS siehe unter ISO-Normen

Leitfäden

Siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen bzw. Stadtentwicklung, Publikationen

MBK siehe unter BAW-Publikationen, Merkblatt Bohrkernentnahme für Bauwerksuntersuchungen

M-BUE-ING siehe unter BAST-Publikationen, Merkblatt für die Bauüberwachung von Ingenieurbauten

MCL siehe unter BAW-Publikationen, Merkblatt Chlorideindringwiderstand von Beton

MFB siehe unter BAW-Publikationen, Merkblatt Frostprüfung von Beton

MSV siehe unter BAW-Publikationen, Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrwasserbauten

Merkblätter

Siehe unter BAST-Publikationen

Siehe unter BAW-Publikationen

Siehe unter DAkkS-Publikationen

Siehe unter DGZfP-Publikationen

Siehe unter DWA-Publikationen

Siehe unter WTA-Publikationen

NEN-Normen

NEN 5970 (Bepaling van de druksterkte-ontwikkeling van jong beton op basis van de gewogen rijpheid, 2001, in Niederländisch).....100

NF-Normen

NF P18-454 (Béton – Réactivité d'une fomule de béton vis-à-vis de l'alcali-réaction – Essai de performance, 2004, in Französisch) 360

OENORM EN siehe unter EN-Normen

OENORM EN ISO siehe unter ISO-Normen

OENORM ISO siehe unter ISO-Normen

OSA siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse

PG-ÜBB siehe unter DIBT-Publikationen

Richtlinien

Richtlinie für die Prüfung von Mörteln für den Einsatz im Sielbau (Sielbau-Richtlinie). Franke, L.; Oly, M.; Witt, S.; tis Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau, Heft 8, S. 23–27, 2001.....323, 324, 366

Siehe unter BAST-Publikationen

Siehe unter BAW-Publikationen

Siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen bzw. Stadtentwicklung, Publikationen

Siehe unter DAfStb-Publikationen

Siehe unter DGZfP-Publikationen

Siehe unter DIBT-Publikationen

Siehe unter Institut für Fenstertechnik e. V.

RI-EBW-PRÜF siehe unter BAST-Publikationen, Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen von Bauwerksprüfungen nach DIN 1076

RI-ERH-ING siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten

RI-ERH-KOR siehe unter Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten

RI-ZFP-TU siehe unter BAST-Publikationen, Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen

RPB siehe unter BAW-Publikationen, Richtlinie für die Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau

RPV siehe unter BAW-Publikationen, Richtlinien für die Prüfung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen

RPW siehe unter BAW-Publikationen, Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

SIA Publikationen bzw. SN-Normen

Merkblatt 2006, Durchführung und Interpretation der Potentialfeldmessung an Stahlbetonbauten, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 1993 .381

SIA 262/1 bzw. SN 505262/1 (Betonbau – Ergänzende Festlegungen, 2003).....322

SN EN siehe unter EN-Normen

SN EN ISO siehe unter ISO-Normen

SN ISO siehe unter ISO-Normen

Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften TL/TP

Technische Lieferbedingungen und Prüfvorschriften für Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (TL/TP-KOR-Stahlbauten) –

Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Dichtungsprofile (TL/TP DP), 2007. Download unter www.bast.de.....325

Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Ingenieurbauten (TL/TP ING). Besteht aus mehreren Teilen. Siehe einzelne TL/TP. Zum Teil Download unter www.bast.de –

Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Kunststoffdichtungsbahnen und zugehörige Dichtungsbänder (TL/TP KDB), 2007. Download unter www.bast.de –

Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Schutz- und Dränschichten aus Geokunststoffen (TL/TP SD), 2007. Download unter www.bast.de –

Technische Lieferbedingungen und Prüfvorschriften für wasserdichte Fahrbahnübergänge in Lamellenbauweise und Fingerübergänge mit Entwässerung von Straßen- und Wegbrücken (TL/TP FÜ), 2005 Download unter www.bast.de –

Technische Liefer- und Prüfbedingungen für Beschichtungs-, Dicht- und Injizierstoffe für den Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln (TL/TP-KOR-Seile) –

Technische Prüfvorschriften TP

Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau (TP Asphalt-Stb) –

Technische Prüfvorschriften für Brückenbeläge auf Beton mit Dichtungsschicht aus einer Bitumen-Schweißbahn nach den ZTV-BEL-B Teil 1 (TP BEL-B-1) –

Technische Prüfvorschriften für die Dichtungsschicht aus zwei Bitumen-Schweißbahnen zur Herstellung von Brückenbelägen auf Beton (TP BEL-B 2) –

Technische Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungssyteme für Brückenbeläge auf Stahl (TP BEL-ST) FGSV Verlag –

Technische Prüfvorschriften für die Prüfung der reakionsharzgebundenen Dünnbeläge auf Stahl (TP RHD-ST) –

Technische Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt (TP BEL-FÜ) –

Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TP Gestein-StB)....59, 133, 224, 352, 358

Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau (TP Griff StB) –

Technische Prüfvorschriften für hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) (TP HGT-StB 94) –

Technische Prüfvorschriften für Reaktionsharze für Grundierungen, Versiegelungen und Kratzspachtelungen unter Asphaltbelägen auf Beton (TP BEL-EP) –

Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (TP Beton-StB) –

Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau (TP D-StB) –

TL siehe unter Technische Lieferbedingungen

TL/TP siehe unter Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften

TP siehe unter Technische Prüfvorschriften

TRAV siehe unter DIBT-Publikationen

TRGS (Technische Regeln für Gefahrstoffe)

TRGS 519 (Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, 2007).....188

Umweltbundesamt

Leitlinien zur hygienischen Beurteilung von organischen Materialien im Kontakt mit Trinkwasser (KTW-Leitlinien), herunterladbar unter: www.umweltbundesamt.de bzw. www.dvgw.de.....224

VDI-Publikationen (Verein Deutscher Ingenieure)

VDI 2100 (Messen gasförmiger Verbindungen in der Außenluft – Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Gaschromatografische Bestimmung organischer Verbindungen, mehrere Blätter, 2002-2010)..51

VDI/VDE 2616-1 (Härteprüfung an metallischen Werkstoffen, Entwurf 2010).....87, 128, 131

VDI/VDE 2616-2 (Härteprüfung für Kunststoff und Gummi, 2000).....128, 131

VDI 3492 (Messen von Innenraumluftveruneinigungen – Messen von Immisionen – Messen anorganischer faserförmiger Partikeln – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, 2004).....188

VDI 3866-1 (Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Grundlagen – Entnahme und Aufbereitung der Proben, 2000).....188

VDI 3866-2 (Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Infrarotspektroskopisches Verfahren, 2001) 188

VDI 3866-4 (Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Phasenkontrastmikroskopisches Verfahren, 2002) 188

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

VDI 3866-5 (Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, 2004) 188

VDI 4300 (Messen von Innenraumluftverunreinigungen, mehrere Blätter, 1995-2008).....225, 385

WTA-Publikationen (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege)

Merkblatt 2-9-04/D Sanierputzsysteme der WTA, 2004 –

Merkblatt 4-5-99/D Beurteilung von Mauerwerk-Mauerwerksdiagnostik der WTA, 1999 –

Merkblatt 4-11-02/D Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen der WTA, 2002 304

Merkblatt 5-6-99/D Diagnose an Betonbauwerken der WTA, 1999 –

Merkblatt 5-7-99/D Prüfen und Warten von Betonbauwerken der WTA, 1999 –

Merkblatt 6-2-01/D Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse der WTA, 2001 –

Merkblatt 6-3-05/D Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos der WTA, 2005 –

ZTV
(Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen)

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton (ZTV Beton-StB 07), 2007 –

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) der Bundesanstalt für Straßenwesen, 2010.....237, 294, 295, 306, 327

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 1983-2010. Herunterladbar unter http://vzb.baw.de/digitale_bib/stlk-w_ztv-w.php 141, 227, 237, 374

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

36.3 Allgemeines Stichwortverzeichnis

Die angegebenen Seitenzahlen kennzeichnen in der Regel das erstmalige Auftreten des Suchbegriffs in dem jeweiligen Kapitel und seinen nachgeordneten Kapiteln.

Baustoffspezifische Prüfverfahren können auch über das Verzeichnis von Prüfvorschriften geordnet nach Baustoffen bzw. Themenbereichen recherchiert werden (siehe Seite 399).

A 72
AA 36
AAR-2 360
AAR-3 359
AAS 173
AASHTO-Test 317
AAV 132
Abbé-Refraktometer 222
Abbindezeit 251
Abblätterungsgrad 375
Abdichtung im Verbund mit Platten und Fliesen .. 324
Abdichtungsbaustoff ... 101, 107, 113, 207, 255, 324, 372, 377, s. Bitumen, s. Kunststoffe, s. Kap. 36.1 und 36.2
Abdruckband 295
Abfall 218
Abgasanlagen ..... 136, 342, s. Kap. 36.1 und 36.2
Abgeschwächte Totalreflexion (IR Spektroskopie) 209
Abgleichen von Proben 57, 95
Abhebefestigkeit 107
Abklopfen 277
Abkühlversuch 105
Ablaufneigung 244, 253
Abmehlen 67
abP 32
Abperltest 68, 212, 327
Abplatzung 69
Abreißversuch 105
Abriebwert und Abriebwiderstand 132, 134
Abrutschen von Fliesen und Platten 253
Absanden 67
Abschlämmbare Bestandteile 237
Abschlüsse 343, 344
Absetzversuch 237, 241
Absorptionsfläche, Absoptionsgrad (Schallschutz) 346, 348, 350, 351
Abtastrate und Abtasttheorem 44
Accelerated Concrete Prism Test und Accelerated Mortar Bar Test 360
Acetylaceton-Methode 186
ACPT 360
Adaptives Prognosemodell 391
Additionsmethode 167
Additive ... 53, 59, 159, 177, 184, 213, 218, 227, 234, s. Kap. 36.1 und 36.2
Adiabatische Kalorimeter 227
Adsorption bei der Chromatographie 213
Adsoptionsisotherme 310, 331
Adsorption von Fließmittel und anderen organischen Stoffen 177, 235
AES 173
AFM 272
AFm- und AFt-Phase 204, 369, 390
AgBB 223, 225
Akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem 41
AKR 63, 143, 195, 200, 266, 359-363, 371
Aktivitätskoeffizient 390
Akustik ..... s. Schall
akustischen Impedanz 351
Akustische Schichtdickenmessung 293
Akustische Technik bei der Messung des Zetapotentials 234
Algen 385
Alkalibeständigkeit von Glasfasern 371
Alkalien, Analyse in Bindemitteln 157
Alkaligehalt in Zement 361, 371
Alkalireaktion (Alkali-Kieselsäure-Reaktion) und Alkalireaktivität 63, 143, 195, 200, 266, 359-363, 371
Alkoholverfahren 240
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung 32
Allgemeine Rechenverfahren (Brandschutz) 388
Allgemeiner Farbwidergabeindex 301
Allgemeine Rundschreiben Straßenbau ..... 38, s. Kap. 36.2
Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis 32
Alternativhypothese 180
Alterung 377
Aluminiumanalyse von Bindemitteln 157
AMBT 360
American Petroleum Institute 53
Aminzahl 183
Ammonium Acetat Methode 61
Ammoniumgehalt von Wasser 160, 162
Ammonium Nitrat Methode 61

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Amsler Abriebprüfung und Amsler-Laffon Maschine .. 131, 134
Analog-Digital-Wandler 44
Analyse, s. Elementanalyse, Phasenanalyse oder zu analysierender Stoff
Analytische Fertigtests 161
Anbrenntest 69
Anelastische Dehnung 144
Anerkannte Regel der Technik 38, 40
Anerkennung nach Landesbauordnung 33
Anionenanalyse 215
Anlösung 189
Anodenleiter 379
ANS 37
Anschliff 58, 188, 359, 362
ANSI 37
Anstrichstoffe ..... 169, 181, s. Kap. 36.1 und 36.2
Anstrichverträglichkeit 372
Anti-Aliasingfilter 44
Anwendungsnorm 35
API 53
Äquivalente Absorptionsfläche 346, 348, 350
Äquivalente Leistungsfähigkeit von Beton bei Säureangriff 367
Äquivalente Luftschichtdicke 313
AR 133
Aräometer 259
Arbeitsanweisung 41
Arbeitsausschuss 36
Armaturen Schallschutz 348
ARS 38
AS 37
Asbest 187, 210
Aschebestimmung 184, 203
Asphalt 70, 73, 150, 243, 244, 326, 357, 370, 377, s. Kap. 36.1 und 36.2
ASTM ..... 37, s. Kap. 36.2
ATA-Verfahren 201
Atomspektroskopie, Atomabsorptions- und -emissionsspektroskopie 173, 174
ATR-Methode 209
Attributprüfung 43
ATV ..... s. Kap. 36.2
A_u 145
Audit 41
Aufbau von Mauerwerk im Inneren 278
Aufbereitung (Proben) 46, 61, 188
Aufladung beim Begehen 298
Auflichtmikroskop 190
Auflockerungen ... 260, 277, 278, 279, 282, 285, 289, 291, 292
Aufmaß 85
Aufrechterhaltung der Funktion (Brand) 343
Aufschluss (Proben) 59, 61
Ausbreitfähigkeit 254
Ausbreitmaß mit und ohne Schlag 246, 247, 248
Außenbrandkurve 341, 343
Auslaufzeit, Auslauftrichterversuch, Auslaufviskosimeter 249, 250
Ausnutzungsgrad der Tragfähigkeit 152
Auspressen von Porenflüssigkeit 182
Ausschluss-Chromatographie 215
Ausspülverfahren 242
Ausziehversuch und Ausziehfestigkeit . 98, 108, 121, 123
Autogenes Schwinden/Quellen 140
Autoklav 58, 63, 65, 358, 364, 373, 383
Axialer Zugversuch 102, 105
B 319
Backenbrecher 55, 361
Ballwurfsicherheit und Ballschussgerät 127
BAM ..... 27, 42, s. Kap. 36.2
Barcol-Härteprüfgerät 130
Barkhausenrauschamplitude 87
Basalt, Sonnenbrenner 373
BAST ..... 38, s. Kap. 36.2
Bauart 30
Bauaufsichtsbehörde 30
Bauprodukt 30
Bauproduktegesetz (Österreich, Schweiz) 39
Bauproduktengesetz (Deutschland) 30, 33
Bauproduktenrichtlinie 30, 33, 39
Bauproduktenverordnung 30, 32, 34, 35
Bauprodukteverordnung (Schweiz) 39
Baurecht 30
Bauregelliste (Deutschland) 31, 38
Bau-Schalldämmmaß 346
Baustoffbrandversuch 335-340
Baustofflisten (Österreich) 39
Baustoff, Unterscheidung zum Bauprodukt 30
Bauteilbrandversuch 341-345
Bauteildicke 282, 288
Bauteile, Durchlässigkeit 326
Bauteile, Gefüge 265
Bauteile, mechanisches Verhalten 76, 152
Bauteile und Bauwerke, Geometrie und Verformungen 85
Bauwerksradar 281, 282
BAW ..... 38, s. Kap. 36.2
BCA 133
Beanspruchungsgeschwindigkeit 70, 127
Becherauslaufzeit 249
Bedachung 345

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Begehungsverfahren 296
Behaglichkeit 387
Belastungsbürste 95, 137
Belastungseinrichtung 73
Belastungsgeschwindigkeit 70, 127
Belit 181, 183
Benetzung 237, 254
Benzin in Baustoffen 213
Beregnung 63
Bericht 392
Beschichtungsstoffe, Beschichtungen ..... 69, 93, 253, 277, 356, 367, 368, 371, 372, 375, 379, 385, s. Kap. 36.1 und 36.2
Beschleunigungssensor 89
Beschussversuch 127
Beständigkeit 63, 172, 200, 267, 298, 299, 312, 352-384, 388, 391
BET 275
Betarückstreuverfahren zur Schichtdickenmessung .. 293
Betauung 63, 311
Beton ..... 46, 48, 53, 57, 63, 67, 70, 72, 73, 83, 86, 95 98, 100, 102, 140, 156, 159, 172, 193, 198, 200, 227, 237, 239, 242, 246, 250, 265, 266, 268, 269, 272, 274, 279, 282, 289, 299, 306, 323, 325, 353, 361, 367, 368, 371, 372, 375, 377, 378, 380, 382, s. Kap. 36.1 und 36.2
Betonangreifende Stoffe 160, 162
Betonersatzsysteme ..... 374, s. Kap. 36.1 und 36.2
Betonfertiggarage 33
Betonstahl .. 49, 281, 282, 292, 298, 299, 377-383, s. Kap. 36.1 und 36.2
Betonüberdeckung 281, 378, 380
Betonversuch zur Alkalireaktion 359, 360, 361
Betonzusatzmittel ... 53, 59, 159, 177, 184, 213, 218, 227, 234, s. Kap. 36.1 und 36.2
Betriebsfestigkeitsuntersuchung 152
Bettungswerte für Verbindungsmittel 109
Beurteilungsverfahren 32
Bewehrung, Ortung, Durchmesser, Überdeckung, Korrosionsgefahr 49, 281, 282, 292, 298, 299, 377-383
Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz, -Trittschallpegel, – Schalldämmmaß, -Bau-Schalldämmmaß 347, 348
Bezugskurve 347, 350
Biaxiale Prüfung 137
Biegebrechversuch 113
Biegehaftzugprüfung 112
Biegemodul 124
Biegeversuch und Biegezugfestigkeit ... 96, 105, 109, 151, 354, 355, 356, 374
Biegezahl 114
Bildanalyse 190, 231, 232, 236, 268
Bindemittel .. 96, 227, 251, 269, 357, 374, s. Zement, Kalk, Gips, s. Kap. 36.1 und 36.2
Bindemittelanreicherung an Zuschlagkörnern 269
Bindemittelart, Bestimmung am erhärteten Beton oder Mörtel 156
Binghamsches Verhalten 245, 253
Biogene Schwefelsäurekorrosion 366
Biologische Aktivität 386
Bitumen – Anbrenntest 69
Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel ..... 70, 243, 254, 255, 357, 372, 377, s. Abdichtungsbaustoffe, s. Kap. 36.1 und 36.2
Bitumenzahl 255
Bituminöser Abrieb 67
Blähton 142
Blaine-Verfahren und Blaine Wert 176, 233
Blasenbildung 367, 384
Blasengrad 375
Blei 181, 188
Bleiacetatpapier 69
Blockierring und Blockierneigung 248
Blower-Door-Verfahren 291, 326
Bluten 99, 241, 245
Boden 160, 357
Bodenbelag ..... 223, 298, 340, s. Kap. 36.1 und 36.2
Bodenzahl 213
Böhmesche Schleifscheibe 131, 134
Bohrkern 48, 95, 98, 265, 266, 362
Bohrkernanode 379
Bohrmehl 47
Bohrwiderstandsmethode 292
Bolzenschussgerät 100
Boranalyse 161, 213
Borås-Test 353
Boreskop 278
Brandeinfluss auf Rückprallhammer 99
Brandofen 341
Brandschacht 340
Brandschutzbekleidungen und Brandschutzfunktion . 343
Brandschutzschränke 344
Brandverhalten . 335-345, 388, s. Kap. 36.1 und 36.2
Brandwand 342
Braunverfärbungen 186, 194
Break-off test 113
Brechpunkt nach Fraaß 113
Brechzahl und Brechungsindex 189, 222, 231
Breite Schleifscheibe, Verschleißprüfung 134
Brennendes Abtropfen/Abfallen 337, 338, 339
Brennkasten und Brenner 337
Brennwert 335

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Brettschichtholz ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Brillouindiffusion 83, 303
Brinellhärte 128
Brookfield Viskosimeter 253
Bruchausbauchung 97
Bruchdehnung und Brucheinschnürung .. 72, 73, 372
Bruchenergie 126
Bruchmechanik 48, 125, 136
Bruchortung 288, 294
Bruchspannung 71
Bruchzähigkeit 137
BS 37
BTU-SP-Test 361
C_3A, C_4AF 60
C_2S, C_3S 60, 194
Calcit 177, 187, 204, 206
Calciumhydroxid 61, 186, 202, 204, 206, 270
Calciumoxidanalyse von Bindemitteln 157
Calciumsulfatbaustoffe ... 54, 68, 157, 184, 200, 206, 340, s. Kap. 36.1 und 36.2
Capon-Verfahren 134
Carbonatisierungsprozess, -tiefe, -widerstand 99, 377, 378, 380, 389
CDF-Verfahren 353
CE 31, 34, 40
CE (Kapillarelektrophorese) 217
Cembureau Methode (Gaspermeabilität) 322
CEN ..... 36, s. Kap. 36.2
CEN/TS ..... s. Kap. 36.2
CEN-Verfahren 368
CE Zeichen 31, 34, 40
CFD-Verfahren 388
CF-Verfahren 353
Charpy-Schlagzähigkeit und -Kerbschlagzähigkeit 125
Chemische Analyse ..... s. Elementanalyse, Phasenanalyse oder zu analysierender Stoff
Chemische Analysen zur Schichtdickenmessung 293
Chemische Beständigkeit 63, 172, 200, 267, 298, 299, 312, 352-384, 388, 391
Chemischer Angriff, Einfluss auf Rückprallhammermessung 99
Chemische Reaktionen, Simulation 388
Chemisches Schwinden 139
Chemische Verschiebung NMR 219
Chemische Zusammensetzung .. s. Elementanalyse, Phasenanalyse oder zu analysierender Stoff
Chloridanalyse von Bindemitteln, Böden, Frischbeton, Gesteinskörnung, Wasser und Zusatzmitteln 157, 159, 160, 162
Chloridanalyse von Festbeton .. 47, 49, 57, 157, 266, 378, 382
Chloridkorrosion 380
Chlorid-Migrationskoeffizient und -Schnelltest 316
Chloridsensoren 382
Chloroform- bzw. Chloroform-Ether-Extraktion 61
Chrom (VI) Analyse von Zement 186
Chromatographie 59, 213, 217
Chromhaltige Holzschutzmittel 161
CIELAB 301
CIF-Verfahren 353
Cleveland 335
CMBT 360
CM-Methode 306
Cobb-Verfahren 334
CO_2-Diffusion 313, 389
Common Understanding of Assessment Procedure ... 32
Compact Tension 137
Compton-Streuung 264
Concrete Microbar Test und Concrete Prism Test 359, 360
Cone Calorimeter 337
Construction Product Regulation, Construction Products Directive, CPD, CPR 30
CPT 359
C_2S, C_3S 60, 194
CSA 37
C-S-H-Phase 195, 204, 220, 390
ČSN 37
CT 280
CT Probe 48, 137
CUAP 32
D 196
d_{50} 229
D_n, $D_{n,e}$, $D_{2m,n}$, $D_{n,w}$, $D_{n,e,w}$ 346, 347
Dächer, Brand 345
Dächer, Schall durch Regen 351
Dachschiefer ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Dachsteine, -ziegel und -platten 324
DAfStb ..... 38, s. Kap. 36.2
DAfStb-Schnellprüfverfahren, Alkalireaktion 360
DakkS ..... 42, s. Kap. 36.2
Dämmstoff ..... 356, s. Kap. 36.1. und 36.2
Dampfdruckerniedrigung 219
Dampfraumanalyse 216
Dampftest 358
Dämpfung 152
Darcy-Gesetz 322
Darren 237, 304
DASt 38
Datensicherungscontainer, -räume und -schränke 343, 344

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dauerbruch, Dauerfestigkeit, Dauerfestigkeitsschaubild 148, 149
Dauerfunktionsprüfung 344
Dauerhaftigkeitssimulation 388
Dauerhaftigkeitsuntersuchung 63, 172, 200, 267, 298, 299, 312, 352-384, 388, 391
Dauerschwingfestigkeit und Dauerschwingversuch ... 148, 149
Dauerstandversuch 144
DBV ..... 38, s. Kap. 36.2
DC 217
DCB Probe 137
DDK 205
Dehngrenze 72
Dehn-/Spannungswert 71
Dehnung und Dehnungsmessung 71, 76
Dehnung durch Treiben 358, 361, 368, 369
Dehnungsaufnehmer, mehrdimensional 79
Dehnungsmesstreifen 78, 79, 86
Dehnungsmessung über sehr lange Messtrecken 303
Dekontaminierbarkeit 377
Desorptionsisotherme 310, 331
Destillation 59, 60
Deterministisches Modell 390
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser, Abwasser- und Schlammuntersuchung 223
Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung .. 28, 265
Deutsches Institut für Bautechnik ..... 30, s. Kap. 36.2
Deutsches Institut für Normung ..... 36, s. Kap. 36.2
DEV und DEV-S4 223
DGfM 39
DGZfP ..... 28, 265, s. Kap. 36.2
Diamantwerkzeuge 48, 57
DIBT ..... 30, s. Kap. 36.2
Dicalciumsilikatzerfall 222, 374
Dichte 201, 239, 258-264, 309
Dichtetrennung 61
Dichte von Wasser bei verschiedenen Temperaturen 306
Dichtigkeit 320-326, 357, 366-369, 371
Dichtung . 101, 107, 113, 207, 255, 324, 372, 377, s. Bitumen, s. Kunststoffe, s. Abdichtungsstoffe
Dickenmessung 282, 288, 290
Dielektrizitätskonstante und Dielektrizitätszahl ... 282, 300, 307, 310
Differenzenverfahren 387
Differenz-Thermoanalyse 204, 205
Diffuse Schicht (Zeta-Potential) 234
Diffusion, Messgrößen und Verfahren 312-315, 321, 364
Dilatantes Verhalten 245
Dilatometrie 138
DIN, DIN EN, DIN EN ISO, DIN EN ISO/IEC, DIN Fachbericht, DIN IEC, DIN ISO ..... 36, s. Kap. 36.2
Direkter Strahlungsemissionsgrad und –reflexionsgrad 301
Direkte Zugprüfung bzw. Zugversuch 105
Dispergierung 234, 236
Dispersion 229, 231, 234, 236, 242, 249
DKS-Permeameter 317, 323
DL_R, DL_{SI}, DL_α 347, 350
DLS 232
DMA 206, 207
DMS 78, 79, 86
DMTA 206
D_n, $D_{n,e}$, $D_{2m,n}$, $D_{n,w}$, $D_{n,e,w}$ 346, 347
Dornbiegeversuch 113
Dosenfrost 352
Double Cantilever Beam 137
Drahtkorrosionssensor 379
Dränelement 33
Drehrohrofen 63
Druckausgleichsverfahren 239
Druckfestigkeit 94, 98, 100, 211, 356, 368, 370
Druckschwellversuch 151
Drucksübersetzer 65
Druckversuch 94, 98, 100, 211, 356, 368, 370
Dry cup 313
DS 37
DSC, DTA, DTG 64, 201-208, 211, 335
Duktilitätsprüfung und Duktilometer 104
Dünnschicht-Chromatographie 217
Dünnschliff 58, 188, 359, 362
Durchdringung mit Wasser ... 320-326, 357, 366-369
Durchfeuchtungsgrad 334
Durchgangswiderstand 298
Durchlässigkeit 320-326, 357, 366-369
Durchläufer 149
Durchlichtmikroskop 190
Durchschallungstechnik 283
Durchscheuerwert und Duchscheuerprüfung 134
Durchstrahlungsprüfung 280
Durchziehversuch 108, 121
DVS, DWA ..... s. Kap. 36.2
d-Wert 196
Dynamische Härteprüfung 131
Dynamische Lichtstreuung 232
Dynamische mechanische Beanpruchung . 105, 147, 152, 387
Dynamischer E-Modul . 124, 287, 290, 357, 361, 368
Dynamische Steifigkeit 323, 351

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Dynamische Thermische Mechanische Analyse . 206
Dynamische Viskosität 245
Dynamische Wärmestrom-Differenz-Kalorimetrie 205
EI, EII und EIII 359
EDRFA 163
EDX 178, 181, 191
Effektiver Diffusionskoeffizient 315
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt 40
Eigenfrequenz 152
Eigenspannungsmessung 78, 197
Einbruch 127
Eindringmaß 247
Eindringmodul 129
Eindringprüfung 92
Eindringstabilität 242
Eindringtiefe von Hyrophobierungen und Imprägnierungen 327
Eindringwiderstand Holz, Eindringversuch Asphalt 131
Eindruckhärteprüfung 128
Einheits-Temperatur-Zeitkurve 341
Ein-Minuten-Dehnung 145
Einplattengerät 327
Einstufenversuch 149
Einzahlangabe (Schallschutz) 347, 348, 350
Eisenoxidanalyse von Bindemitteln 157
Eisensulfide in Gesteinskörnung 186
Eisenzerfall 384
Eiweißnachweis in Baustoffen 185
Elastizität und Elastizitätsgrenze 71, 72
Elastizitätsmodul 72, 97, 124, 129, 286, 287, 290, 357, 361, 368, 372
Elastomer und Elastomerdichtungsbahn ..... 109, s. Kap. 36.1 und 36.2
Elektrische Eigenschaften, Leitfähigkeit, Widerstand . 207, 297, 298, 306, 380
Elektroakustische Technik (Zetapotential) 234
Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen ... 380, 382, 384
Elektromagnetische Resonanzmessung 294
Elektromagnetische Verfahren zur Messung mechanischer Größen 87
Elektronenbeugung mittels TEM 187
Elektronenmikroskopie 167, 177, 179, 181, 187, 191, 236, 267, 293
Elektronenstrahl-Mikrosonde 167, 177, 187
Elementanalytik .. 155, 170, 171, 177, 181, 196, 362, 365, 390
Elementaranalytik 177, 235
Eluation 59, 223, 365
Email ..... 128, s. Kap. 36.1 und 36.2
Emission 223, 225
E-Modul .. 72, 97, 124, 129, 286, 287, 290, 357, 361, 368, 372
E-Modul von Beschichtungen 129
EMPA 40
Empirische Methoden 166
EN ..... 36, s. Kap. 36.2
Endell-Zerfallstest 375
Endoskopie 278
Energieabsorption beim Biegeversuch 110
Energiedispersive Röntgenanalyse 167, 178
Energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse ... 163
EN ISO ..... s. Kap. 36.2
Entmischung 241, 242, 244, 245, 246, 265
Entspannungsversuch, Entspannungsmodul 146, 147
Entzündbarkeit 337
Environmental Scanning Electron Microscope 178
EOTA 32, 40
Epoxidäquivalent, Epoxidharz, Epoxidwert, Epoxidzahl ..... 183, s. Kap. 36.1 und 36.2
Erdableitwiderstand 298
Erdeingrabungsversuch 386
Erdfeuchte Betone 250
Erhärtungsstörende Stoffe und Erhärtungsverhalten . 185
Ermüdung 147, 151
Erosionsstabilität 242, 375
Erstarrungsbeginn und Erstarrungsende 185, 251
Erstarrungsregler 60
Erstinspektion und Erstprüfung 35
Erstrissfestigkeit 110
Erweichungspunk Ring und Kugel 255
ESEM 178
ESPI 81
Essigsäureaufschluß 61
Essigsäureverfahren 156
Estrich ..... 142, s. Kap. 36.1. und 36.2
Estrichoberflächen 67, 133
ETA 32
ETAG ..... 32, s. Kap. 36.2
ETK 341
Ettringit in zementgebundenen Baustoffen . 176, 199, 200, 266, 274, 305
Europäisches Komitee für Normung 36
Europäische technische Zulassung, Europäisch Technische Bewertung, European Organisation for Technical Approvals, European Technical Approval Guideline ..... 32, 40, s. Kap. 36.2
Evakuieren von Hohlräumen zur Volumenmessung ... 279
Expansionsdruck 143

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Expertensystem 387
Extensometer 80
Extraktion 59, 186, 209, 218
Fabry-Perot Interferometer 83
Factory Production Control 35
Fahrbahnoberflächen 132
Fahrschachtüren 345
Falsches Erstarren 251
Faltversuch 114
Falzen bei tiefen Temperaturen 113
Farbabweichungen 301
Farbeindringverfahren 92
Farbige Verbindungen, Nutzung bei Fertigtests .. 161
Farbmaßzahlen, Farbmessung 301, 370, 377
Farbpigmente 371
Farbreaktion 155, 160, 183, 185, 186
Farbstärke 301
Farbveränderungen . 61, 69, 169, 186, 194, 211, 374
Farbwerte 301
Farbwidergabeindex 301
Faser-Bragg-Gitter Sensoren 82
Fasern 184, 187, 203, 242, 279, 280, 371
Fasern, mangelhafte Vereinzelung 268
Faseroptische Messsysteme (Verformung, Temperatur, Feuchte) 81, 303, 310
Faserorientierung 243, 279, 280
Faserverbundwerkstoffe . 103, 184, s. Kap. 36.1. und 36.2
Faserzementbauteile ..... s. Kap. 36.1. und 36.2
FDE-Beton, FDE-Dichtungsschicht 325
Fehler 42, 47
Fehlerbaumanalyse 388
Fehlstelle 260, 277, 278, 279, 282, 285, 289, 291, 292
FEM 387
Fenster .... 127, 326, 329, 347 s. Kap. 36.1. und 36.2
Fensterband 344
Fertigtest 161, 185
Festigkeit ..... 71, 368, 369, s. Zugfestigkeit usw.
Festigkeit, Zusammenhang mit Härte 128
Festphasen-Mikroextraktion 60
Fettsäure 61
Feuchtedehnung 139, 140, 142, 143
Feuchteeinfluss auf mechanisches Verhalten 70
Feuchtegehalt, Feuchtekennwerte und deren Messung .. 48, 70, 220, 275, 290, 292, 298, 304-311, 322, 333, 334, 352, 364, 380, 385
Feuchtelösung 63, 314
Feuchteresistenz 185, 212
Feuchtespeicherung und Feuchtespeicherfunktion 310, 331, 332
Feuchtetransport, Feuchtetransporteigenschaften 312, 321, 331, 387
Feuchtewechselbeanspruchung 371, 374
Feuchtlagerung 63
Feuerschutzabschlüsse, Feuerschutztüren, Feuerstoß- und Sturzprüfung, Feuerwiderstand und Feuerwiderstandklasse von Bauteilen .... 343, 344, s. Kap. 36.1. und 36.2
FGSV ..... s. Kap. 36.2
FI 232
Fiberskop 278
Fick'sche Gesetze 312, 313
FID 216
Figg-Verfahren zur Messung der Gaspermeabilität 322
FIGRA 338
Filiformkorrosion 376
Filmbildung 62
Filterung von Messsignalen 44
Filtrieren 62, 363
Fingerabdruck 181
Finite-Elemente-Methode 387
FIP ..... s. Kap. 36.2
FIR 208
First Order Reliability Method 388
Flachpresse 154
Flakiness Index 232
Flammenausbreitung 337-340
Flammenlose Atomabsorption 173
Flammenspektroskopie 174
Flammpunkt 335
Flankenübertragung 346, 348
Flat-Jack-Methode 154
Flecken und Fleckenbildner 370
Fliesen ..... 357, s. Kap. 36.1. und 36.2
Fliesenablösungen 194
Fließgrenze 97, 245, 246, 248, 252, 253
Fließmaß 247, 249
Fließmittel ..... 177, 236, s. Zusatzmittel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Fließrinne 249
Fließstrukturen 270
Fließvermögen 248
Fließzeit 246, 248, 249
Float Bad Seite von Floatglas, Erkennung 135
Flockungsmittel 237
Flüchtige organische Verbindungen 223, 225
Flugasche ..... 53, 60, 193, s. Kap. 36.1. und 36.2
Flugfeuerbeständigkeit 345
Flugloch 385
Fluoreszenzmikroskopie und Fluoreszenz . 188, 190, 194, 222, 374

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Fluoridgehalt in Wärmedämmstoffen 161
Flüssigkeitsthermometer 302
Focussed Ion Beam Technik 179
FORM 388
Formaldehyd 59, 186, 225
Formänderungsarbeit 104, 124
Formeinfluss auf das mechanische Verhalten . 70, 95
Formstabilität 343
Formulierung 27
Fotooptische Methoden zur Korngrößen- und Kornformanalyse 232
Fourier-Transformation 44, 152, 208
FP 166
FPC 35
Franke WA Platte 320
Fraunhofer Beugung 231
Freibewitterung 65, 365, 376, 383
Freies CaO 60, 61
Freie Wasseraufnahme 331
Freifallmischer 52
Freikalk 60, 61, 186, 202
Freilandbewitterung 65, 365, 376, 383
Freiwilliger Wassergehalt 333
Frequenzbereich 44, 152
Frick Taber Prüfung 134
Friedelsches Salz 206
Frostbeanspruchung 55, 61, 99, 148, 361, 375
Frostbeständigkeit von Ziegeln 274
Frost-Prüfverfahren, Frost-/Tausalz-Prüfverfahren 352-356
Fruchtkörper 385
Fruchtsäuren, Analyse 215
Frühes Erstarren 251
F_s 337
FT 44, 152, 208
FT-IR 59, 62, 188, 201, 208, 211, 212, 269
Fugenabdichtung und Fugendichtstoffe ..... 71, 218, 324, 357, s. Kap. 36.1. und 36.2
Fugendichtigkeit von Bauteilen 326
Füller 60
Füllgas von Mehrscheiben Isoliergläsern 218
Füllstoffgehalt 184, 203, 371
Fulvosäuren Nachweis 185
Fundamentalparametermethoden 166
Funkenemissionsspektrometer 174
Funktionserhalt 343
Fußbadlagerung 362
Galvanostatische Pulsmessung 381
Gammastrahlenschwächung 309
Ganzfeldverformung 81
Gasadsorption 275
Gasanalysen 51, 183, 218
Gasblasen 241
Gaschromatographie 200, 216, 217, 225
Gasdiffusion 313
Gaspermeabilität 299, 322
Gassammelbeutel 51
Gasverlustrate 218
GB 37
GC, GC-MS 200, 216, 217, 225
Gebäudesimulation 387
Gefrierpunktserniedrigung 219
Gefriertrocknung 305
Gefüge, Gefügestörung, Gefügeanalyse 189, 265, 267, 268, 275, 290, 297, 298, 333, 340, 365, 383
Gelausscheidungen 362
Gel-Filtrationschromatographie, Gel-Permeationschromatographie 215, 218
GEM 390
Geoelektrik und geoelektrische Tomographie 281, 299
Geophon 290
Georadar 282
Gepackte Säulen 216
Geregelte Bauprodukte 31
Geruch 69, 160, 162
Gesamtenergiedurchlassgrad 301
Gesamtporosität, geschlossene Porosität ... 258, 276
Geschlossenzelligkeit 277
Gesteinskörnung ..... 33, 61, 67, 101, 132, 135, 156, 159, 160, 185, 186, 200, 232, 243, 262, 263, 270, 296, 311, 352, 357, 358, 359, s. Kap. 36.1. und 36.2
Gesteinskörnung, Gehalt in Beton oder Mörtel .. 156, 203, 210, 211
Gesundheitsgefährdung 223, 312
Gewichtskonstanz 306, 333
Gewitterregenbeanspruchung 356
GFAAS 173
GFC 215
Gibbs-Energy-Minimization 390
Gips 54, 68, 157, 184, 200, 206, 340, s. Bindemittel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Gipshaltiges Mauerwerk, Analyse 200
Gipsmarke 91
Gipsputzschäden 198
Gitterritzprüfung 67
Gitterschnittprüfung und Gitterschnittkennwert ... 107
Glanzmessung 370, 377
Glas ..... 92, 373, s. Kap. 36.1. und 36.2
Glasfaser 271
Glasfaserbeton 243
Glasübergangstemperatur 203, 207

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Glasurrisse 373
Gleichmaßdehnung 72
Gleitwiderstandswert, Gleitreibungskoeffizient und Gleitreibungsmessung 296, 297
GLP 41
Glühverlust 53, 157, 184
Göbelspiegel 198
Good laboratory practice 41
GOST 37
GPC 215
GPM 381
GPS 85
GQ 200
Gradientenelution 214
Granulometrie 229, 245
Graphitrohrofen 173
Gravimetrie 155, 183
Gravimetrische Feuchtemessung 304
Gravimetrische Schichtdickenmessung 293
Gravimetrisches Verfahren (CO_2-Diffusion) 314
Grenzflächeneffekte und -eigenschaften 209, 229
Griffigkeitsmessung 132, 296
Größeneinfluss auf das mechanische Verhalten .. 70, 95
GSTT ..... s. Kap. 36.2
GUM 42
Gummihärtegrad 130
Gutachten, Erstellung 392
Gyrator 54
Haegermann-Tisch 246
Haftscherversuch und Haftscherfestigkeit 118
Haftung 143, 356, 372
Haftung von Bitumen auf Gesteinskörnung 243
Haftzugversuch und Haftzugfestigkeit 105, 371
Hagelschlag 127
Haigh, Dauerfestigkeitsschaubild 150
Hall-Effekt, Nutzung zur Schichtdickenmessung . 293
Hallraum 350
Hamburger Sielbau Richtlinie ..... 366, s. Kap. 36.2
Hammerschlagprüfung 67, 352
Hammerwerk 347, 351
Handaufmaß 85
Handsortierung 61
Harnstoff- bzw. Harnstoff-Formaldehyd-Harz Nachweis 185
Härte und Härteprüfung 48, 87, 105, 128, 367
Härte von Wasser 160, 162
Hartmetallbohrkronen 48
Haufwerksporiger Leichtbeton . s. Kap. 36.1 und 36.2
Haufwerksporiges Gefüge 269
HB 130
HBW 128
Headspace-Technik 216
Hedonik 225
Heißdrahtverfahren 329
Heizkastenverfahren 329
Heizwert 335
Helium-Pyknometer 263
Helmholtz-Schicht 234
HETP 213
High cycle fatigue 147
Hin- und Herbiegeversuch 114
Hitzebeanspruchung 357
HK 129, 130
HL 131
Hobart-Mischer 53
Hochdruckautoklav und Hochdruckexperimente .. 58, 63, 65, 358, 364, 373, 383
Hochdruckpumpe 65
Hochdruckspültest 136
Hochlage beim Kerbschlagversuch 124
Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie 214, 215, 225
Hochofenstückschlacke 222, 374
Hochofenzement, Hochofenzement HS, Nachweis 67, 69, 193, 201, 266
Hochspannungsprüfung 93
Hohlstelle, Detektion, Hohlraumgehalt 260, 277, 278, 279, 282, 285, 289, 291, 292
Holz .. 70, 212, 266, 299, 385, s. Kap. 36.1. und 36.2
Holzschutzmittel ..... 161, 167, 174, 213, 218, 385, s. Kap. 36.1. und 36.2
Holzsortierung 152, 288
Holzwerkstoff ..... 186, s. Kap. 36.1. und 36.2
Homogenisieren von Haufwerken 51
Homogenität von Kunststoffen 210
Hot Disk Messtechnik und Hot Wire Method 329
HPLC, HPLC-ICP, HPLC-IR, HPLC-MS, HPLC-NMR 214, 215, 225
HR, HRB und HRC 129
H_2S 69, 162
HSGC 216
HS-Zement, Nachweis im erhärteten Beton 156, 193, 201
HU 129
Hubbard-Pyknometer 259
Hüllrohre von Spanngliedern 278, 288, 289
Hundeknochen 102
Hunterfarbsystem 301
Hüttensand 60, 61, 168, 192, 193, 204
HV 129, 130
Hydratationsfortschritt, zerstörungsfreie Messung 287

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Hydratationsgrad, auch der einzelnen Klinkerminerale 202
Hydraulisch gebundene Gemische für den Straßenbau ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Hydridsystem 173
Hydrogencarbonathärte 160, 162
Hydrophobierung 212, 218, 327, 356, 372, 378
Hydrophobierungsprüfgerät 327
Hydroxylgehalt, Hydroxylzahl 184
Hygrische Simulation 387
Hygrometer 310
Hygroskopischer Durchfeuchtungsgrad 334
Hypothese, statistische 180
IC (Ionenchromatographie) 215
IC (Undurchlässigkeitskoeffizient) 324
ICDD 195
ICP-OES 174
Identitätsprüfung 43, 168, 180, 192, 203, 210, 212
IEC ..... s. Kap. 36.2
IF 324
IFT 44
Impact-Echo-Verfahren 288
Impedanzspektroskopie 300, 381
Imprägnierung 327
Impuls-Echo-Technik, Impuls-Laufzeit-Verfahren 284, 285, 289
Impulsradar 282
Impulsthermographie 291
Indirekter Zugsteifemodul 377
Indirekte Zugfestigkeit 116, 151
Induktionsthermographie 292
Induktiver Wegaufnehmer 79
Infrarotmikroskop 209, 212
Infrarot-Reflektometrie 292, 309
Infrarotspektroskopie 59, 62, 188, 201, 208, 211, 212, 269
Infrarotstrahlung 290, 302
Initial Type Testing 35
Injektionsfähigkeit 242
Inklinometer 89
Innenrüttler 53
Innere Oberfläche 274, 275
Insekten 385
Installationsgeräuschnormal 348
Instandsetzungsprodukte . 53, s. Kap. 36.1. und 36.2
Instationäre Methoden (Diffusionskoeffizienten) . 312
Instationäre Methoden (Wärmeleitfähigkeit) 330
Instrumentelle Analytik 155
Interferometrie 81
Interkantonale Vereinbarung zum Abbau Technischer Handelshemmnisse 39
Internationaler Gummihärtegrad 130
Internationale Organisation für Normung 36
Invar-Extensometer 80
Inverse Fourier Transformation 44
Ionenausschluss-Chromatographie, Ionenaustausch-Chromatographie 215
Ionenchromatographie 175, 186, 215
Ionendiffusionskoeffizient 172, 212
Ionenpaar-Chromatographie 215
Ionenselektive Elektroden, Ionmeter und Ionenstärkeadjustierlösung 175, 176
IQ 200
IR 59, 62, 188, 201, 208, 211, 212, 269
IRHD und IRHD Mikrohärteprüfung 130
IR-Mikroskop 209, 212
IR-Reflektometrie 292, 309
IS 37
ISAT-Test 320
ISE 175
ISO ..... 36, 37, s. Kap. 36.2
Isochrones Spannungs-Dehnungs-Diagramm 145
Isocyanatgehalt 183
ISO DIS ..... s. Kap. 36.2
Isoelektrischer Punkt 234
Isotherme Kalorimeter 227
ITT 35
IVD ..... s. Kap. 36.2
IVTH 40
Izod-Schlagzähigkeit und -Kerbschlagzähigkeit .. 125
JIS 37
K 136
Kabelanlagen (Brand) 343
Kalibrierung 42, 76
Kaliumpermanganatverbrauch 160
Kalk ... 68, 157, 371, s. Bindemittel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Kalkgehaltsbestimmung 177, 187, 204, 206
Kalklösende Kohlensäure 51, 160, 162, 187, 267
Kalksandstein ..... 68, s. Kap. 36.1 und 36.2
Kalksteinmehl 193
Kalorimetrie 202, 227, 335
Kaltbiegeverhalten und Kaltbiegetemperatur 113
Kaltdampftechnik 173
Kaltveraschung 188
Kaltwasserversuch 358
Kanalklinker ..... s. Kap. 36.1. und 36.2
Kapazitive Feuchte- und Luftfeuchtemessung ... 307, 310
Kapazitiver Spannungsaufnehmer 89
Kapillarelektrophorese 217
Kapillarer Durchfeuchtungsgrad 334

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kapillarsäule 216
Kapillarspannungen 238
Kapillartransport, kapillarer Saugversuch und Wasseraufnahmekoeffizient 310, 318, 364, 389
Kapillarverfahren 92
Karbonatisierung 99, 377, 378, 380, 389
Karl-Fischer-Titration 309
Karstensches Prüfröhrchen 320
Kaskadenversuch 224, 363, 390
Kationenanalytik in Lösungen 174
K_c 136
Keildruckprüfung 117
Keil-Schlag-Versuch 126
Keilschnittprüfung 293
Keramik ..... 92, 143, 357, 358, 369, s. Ziegel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Kerbschlagarbeit 124
Kerbschlagversuch 48
Kerbwirkung 136, 148
Kernbohrung und Kernbohrgerät 48, 95, 98, 106
Kernspinresonanzspektroskopie und Kernspintomographie 219, 281, 308
Kesternich-Prüfkammer 373, 383
KFT 309
Kieselsäureanalyse in Lösung 161
Kinetik 54, 176, 183, 203, 222
Kipprinne 136
Klasse 34
Klauben 61
Klebebandverfahren 376
Kleber ..... 150, 212, 223, 254, 375, s. Kap. 36.1. und 36.2
Klebrigkeit 372
Klebstoffwiderstand 298
Kleinbrennertest 337
Kleinprüfstand 344
Klimabedingungen, Klimaräume und -schränke 63
Klinkerminerale 202
Knoop Härte 129, 130
Koch/Steinegger-Verfahren 368
Kochversuch 258
Koerzitivfeldstärke 87
Kofler-Bank 206
Kohäsion 126
Kohle 53, 61
Kohlendioxidanalyse von Bindemitteln 157
Kohlenwasserstoffe in Baustoffen 213
Kohlenwasserstoffkurve 341
KOH/Saccharose-Auszug 60
Kolloidalmischer 53
Kolmogoroff-Smirnow-Test 181
Kompakt-Zugprobe 137
Komplexe, Analyse mit Ionenchromatographie ... 215
Komplexer Modul 73, 151
Komplextrennwand 342
Kondensationsgrad von Silikatanionen 186
Kondenswasserbeständigkeit 373
Konformation 218
Konformitätsbewertung 31, 40
Konformitätserklärung, Konformitätskontrolle, Konformitätsnachweissystem, Konformitätszertifikat . 34, 35
Konsistenzprüfung 238, 239, 246
Konsistometer 248
Konstante Temperaturen für Bauteil-Brandversuche .. 341
Konstantklimate 63
Konstruktionsdetails, verborgene, Detektion 278, 290
Kontaktkorrosion 384
Kontaktwinkelmessung 237
Kornfestigkeit 101
Kornform 189, 229, 231, 232, 236, 265
Kornformkennzahl, Kornform-Messschieber 232, 233
Korngröße 189, 229, 231, 231, 232, 234, 236, 265
Kornrohdichte 262
Kornzusammensetzung, Bestimmung am erhärteten Beton oder Mörtel 156
Körperschall 351
Korrigierbarkeitszeit 252
Korrosion durch chemisch angreifende Lösungen 363
Korrosion, Korrosionsbeständigkeit .. 63, 65, 66, 172, 200, 224, 267, 298, 299, 312, 352-384, 388, 391
Korrosionssensoren 379
Korrosionszustand 278, 379, 380, 381
Kraftgeregelter Versuch 76
Kraftmessdose 86
Kraftmessung 76, 86, 89, 94
Kreidungsgrad 376, 377
Kreosot 59
Kreuzschnittprüfung 107
Kriechfaktor, Kriechmodul, Kriechversuch .. 144, 145, 146
Kristallgröße mittels Pulverdiffraktometrie .. 197, 200, 359
Kristallinität(sgrad) von teilkristallinen Polymeren 201
Kristallinitätsindex 200, 359
Kritischer Spannungsintensitätsfaktor und kritische Risslänge 136
Kryo-Mahlen 56

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Kryo-REM, Kryo-TEM, Kryotransferverfahren 178, 179
KSW, KTW 224, 225
Kugeleindruckhärte 129
Kugelfallviskosimeter, Kugelharfe, Kugelziehviskosimeter 252, 253, 254
Kühlung 64
Kundtsches Rohr 351
Künstliche Alterung 63, 376, 377, 383
Künstlicher Regen 351
Künstlicher Sportler 127
Künstliche Steine .... 354, 357, s. Kap. 36.1. und 36.2
Kunststoff, Kunststoffdichtungsbahn ..... 54, 59, 62, 67, 69–71, 75, 92, 95, 97, 143, 147, 201, 207, 209, 210, 212, 216, 218, 235, 237, 254, 255, 368, 371, 372, 376, 377, 386, s. Abdichtungsstoffe, s. Kap. 36.1. und 36.2
Kupferhaltige Holzschutzmittel 161
Kurzmessverfahren im Schallschutz 349
L_n, $L_{n,w}$, L'_n, $L'_{n,w}$ 347, 348
LA 135
Laboratory Information and Management System 41
Ladungsmengenbestimmung von Polymeren 235
Lageparameter 229
Lambda Nadelsonde 329
Lambert-Beersches Gesetz 213
Landesbauordnung 30
Längenausdehnungskoeffizient 139
Laplace Transformation 44
Lärmschutzeinrichtung 345, 347, 350
Laser-Entfernungsmesser 85
Laser-Extensometer 80
Laser-Granulometer 176, 231, 232
Laser-induzierte Breakdown Spektroskopie 175
Laser-Scanner 85
Laser-Vibrometer 84, 152
Lasteinleitungsstreifen 114
Lastkollektiv 152
LAU-Anlagen 367
Laufzeitmessung 89, 307
LBO 30
Le-Chatelier-Ring 357
Le Chatelier Volumenmessgerät zur Dichtebestimmung 263
Leckageortung 326
Leeb-Härteprüfung 131
Leichtbeton ..... 55, s. Kap. 36.1. und 36.2
Leichte Gesteinskörnung 262, s. Kap. 36.1. und 36.2
Leichte organische Bestandteile von Gesteinskörnung 61
Leichtflüchtige organische Verbindungen 225
Leistungsstufe 34
Leitfähigkeits- und Leitwertmessung .. 176, 186, 221, 300
Leitlinie 32
LFS 338
LIBS 175
Lichtmessstrecke (Rauch) 339
Lichtmikroskopie . 181, 195, 232, 236, 266, 267, 272, 279, 293, 295, 359, 362
Lichtreflexionsgrad und -transmissionsgrad 301
Lichtstreuung 219
Lichtwellenleiter 81
Limonit im Lichtmikroskop 194
LIMS 41
Linear elastisch 71
Lineare Potentiostatische Polarisation 381
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient 139
Lineare Wärmedehnzahl 206
Liste C 31
Liste der technischen Baubestimmungen 31, 38
L-Kasten 248
L_n, $L_{n,w}$, L'_n, $L'_{n,w}$ 347, 348
Lochkorrosion 384
Lochleibungsfestigkeit 109
Lock-In-Thermographie 291
LOI 184
Los-Angeles Verfahren und Los-Angeles Koeffizient . 135, 357, 373
Lösender Angriff 266
Lösliche Salze in Mauerziegeln 59, 157, 174
Lösungsdiffusion 321
Lösungskalorimeter 227
Lösungsmittelwanderung 211, 371
Lotmessungen 89
Low cycle fatigue 147
Luftdurchlässigkeit und Luftdichtigkeit 325
Luftporen und Luftporentopf 58, 239, 268, 311
Luftschalldämmung 346
Luftstrahlsiebung 229
Luftströmung, Detektion 290
Luftwechselzahl 326
Lupe 266
Lysimetertest 224
Magic Angle Spinning 220
Magnesiabinder und Magnesiaestrich ..... 157, s. Kap. 36.1. und 36.2
Magnesiumanalyse von Bindemitteln und Wasser 157, 160, 162
Magnesiumsulfat-Verfahren und Magnesiumsulfatwert 352
Magnetische Rissprüfung 92
Magnetische Schichtdickenmessung 293
Magnetoelastische Spannungsmessung 88

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Magnetometer 294
Magnetpulververfahren 92
Magnetresonanztomographie 220
Magnetscheidung 61
Makroskop 67, 267
Mandat 36
Mangananalyse von Bindemitteln 157
Manganverbindungen als Ursache dunkler Verfärbungen 169
Manueller Angriff 127
Marktüberwachung 36, 39
Marmorversuch nach Heyer 160, 187
Marshall-Gerät 54
Marsh-Trichter 249
Martenshärte 129
MAS 220
Massekonstanz 306, 333
Massenspektrometer 217
Materialermüdung 147, 151
Materialprüfung 27
Materialunverträglichkeit 211
Mauermörtel ..... s. Mörtel, s. Kap. 36.1 und 36.2
Mauermörtelfestigkeit am Bauwerk 99, 100
Mauerstein ..... 157, 174, 263, 354, 358, s. Kap. 36.1. und 36.2
Mauerwerk ..... 48, 200, 278, 323, 354, 366, 371, s. Kap. 36.1. und 36.2
Maximale (freie) Wasseraufnahme 331, 333
Maximaltemperatur bei einem Brand 199
MB 237
MBO 30
MC 388, 390
M_{DE} 132
Mechanische Beanspruchung im Brandversuch . 342
Mechanisches Verhalten 70, 383, 387
Meerwasserbeanspruchung 65
Mehraxiale Beanspruchung 137
Mehrscheiben Isoliergläser, Füllgasanalyse, Feuchtegehalt ... 51, 218, 309, s. Kap. 36.1. und 36.2
Mehrstufenversuch 152
Meker Brenner 340
Messer-Verfahren 251
Messkamm 293
Messkette 44, 76, 152
Messrad 293
Messuhr 77, 293
Messunsicherheit 42
Messverstärker 44
Messzylinderverfahren zur Rohdichtebestimmung 262
Metalle ..... 72, 93, 97, 283, 383, 384, s. Stahl, s. Bewehrung, s. Kap. 36.1. und 36.2
Methylenblau-Verfahren und Methylenblau-Wert 237
MFR 254
MFT 206
MgO (Periklas) 61
Micro-Deval-Test und Micro-Deval-Koeffizient 132
Microstrain 200, 359
Mie-Theorie 231
Migrationskoeffizient 316
Mikrobiologische Untersuchungen 385
Mikrohärte 130
Mikroklima 65
Mikromagnetische Prüfsysteme 87
Mikroseismik 290
Mikroskopie 181, 195, 232, 236, 266, 267, 272, 279, 293, 295, 359, 362
Mikrosonde 167, 177, 187
Mikrowellenverfahren zur Feuchtemessung 307, 308
Mindestfilmbildungstemperatur 54, 206
Mineralische Baustoffe ..... s. Beton, s. Mörtel, s. Kap. 36.1. und 36.2
MIR 208
Mischen 51, 52, 53, 56, 268, 388
Mischreihenfolge 53
Mischstabilität Bitumen – Zement 243
Mischungsverhältnis 156, 203, 210, 211
Mischzeit 53
Mittelspannung 148
Mobile Phase 213
Mohs´sche Ritzhärteprüfung 128
Molekulargewichtsverteilung 215, 218
Molekularsieb-Trennsäule 216
Molybdatmethode 161, 186
Monosulfat 199
Monte-Carlo-Methode 388, 390
Mörser 55
Mortar Bar Method 360
Mörtel ..... 29, 46, 53, 57, 73, 77, 95, 96, 98, 140, 144, 156, 168, 172, 181, 211, 237, 239, 241, 246, 253, 265, 267-270, 279, 356, 366-368, 371, 374, 378, s. Kap. 36.1. und 36.2
Mörtelfestigkeit am Bauwerk 99, 100
Mörtelschnelltest 360
MPA 27
MS 217, 352
MST 360
Muffelofen 63
Mulenga-Nobst-Stark-Verfahren 368
Multiplexer 76
Multiringsensoren 299
Mürbkorn 352
Muschelschalen 62

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Musterbauordnung 30
MVR 254
Mycell 385
N 148
n_{50} 326
NABau 36
Nachhallzeit 346, 348, 350
Nadelpenetration 254, 255
Nageleindringgerät 100
Naßchemische Analyse 155
Natronkalk 314
Natronlaugeverfahren 185
Naturbrandkurve 341
Naturstein ... 70, 80, 355, 357, 373, s. Kap. 36.1. und 36.2
NBN 37
NBR 37
Nebelkammerlagerung 63, 359
Neigungssensor 89
NEN ..... 37, s. Kap. 36.2
Nennspannung 71
Nernst-Planck-Modell 316
Nernst-Potential 234
Neutralsalz-Sprühversuch 373
Neutronen-Radiometrie und Neutronenaktivierungsanalyse 308
Newtonsches Verhalten 245, 250, 253
NF 37
Nichtbrennbarkeit 336
Nichtflüchtige Anteile 184
Nichtproportionale Dehnung bei Höchstkraft 72
Nichtproportionale Rückdehnung 144
Nichtrostender Stahl ..... 170, 171, s. Kap. 36.1. und 36.2
NiCr-Ni 302
Niederspannungsprüfung 93
NIR 208
NIST 42
NMR 219, 281, 308
NOM 37
Nordische Prüfung 135
Normalfarbwerte 301
Normal-phase Chromatographie 215
Normalprüfkopf 283
Normen 36
Normklimate 55, 63
Norm-Schallpegeldifferenz 346, 347
Norm-Trittschall-Hammerwerk, -Trittschallpegel 347, 351
Normsteife 251, 357
Normungsausschuss 36
Notified body, Notifizierung 33, 39
Nullhypothese 180
Numerischer Beton 387
Obere Streckgrenze 72
Oberflächenenergie und Oberflächenspannung . 237
Oberflächenfeuchte, auch von Körnungen 311
Oberflächenhärte 130
Oberflächenprodukte (Brandverhalten) 338
Oberflächenrauhigkeit 70, 295
Oberflächenschutzsystem ..... 367, s. Kap. 36.1. und 36.2
Oberflächentemperaturen 302, 387
Oberflächentrocknungszeit 253
Oberflächenverschleiß 132, 135
Oberflächenwiderstand 298
Oberflächenzugfestigkeit 105
Oberfläche von Partikeln 229, 233
Oberfläche von Poren 274, 275
Oberlicht (Schall durch Regen) ..... 351, s. Kap. 36.1. und 36.2
Oberspannung 148
OENORM ..... 36, s. Kap. 36.2
OES 173
Ofen 63
Ofenprüfung 335, 336
Offene Porosität 263, 274, 276
Offene Zeit, Offenzeit 107, 252
OH_v 184
OIB 39
OIT 207
Öle in Baustoffen 61, 213
Olfaktorische Prüfung 225
ÖN und ÖNORM ..... 36, s. Kap. 36.2
Optical Time Domain Reflektometry 81
Optische Kenngrößen 301
Optische Mikroskopie . 181, 195, 232, 236, 266, 267, 272, 279, 293, 295, 359, 362
Optische Rissprüfung 91
Optische Schichtdickenmessung 293
Organische Bestandteile (Gesteinskörnung) 61
Organische Stoffe, Analytik 183
Organismen, Schädigung von Baustoffen 385
Orientierung von Kristallen mittels Diffraktometrie 197
Osmometrie 219
Österreichisches Institut für Bautechnik, Österreichische Technische Zulassung 39
OTDR 81
Oxidationsstabilität von Kunststoffen, Oxidations-Induktionzeit 203, 207
Oxidationsstufen, Unterscheidung mit Ionenchromatographie 215

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

PA 41
Packer 310
Packungsdichte 238
PAK 188, 218
Palmgren-Miner Regel 152
Partikel 229, 233, 236
Partikelsimulation 388
Paulmann-Verfahren zur Messung der Gaspermeabilität 322
PCB 218
PCI, PCS (Brandschutz) 335
PCS (dynamische Lichtstreuung) 232
PDF 195
Pendelgerät und Pendeltest 132, 253, 296
Pendelhammer 99, 124
Pendelschlagversuch 126
Pendelstoßversuch 126, 127
Pendelwert 296
Penetrometer 100, 255
Pensky-Martens 335
Perforation 101, 324
Perforatormethode 59
Performance-Prüfung 361
Perkolationsverfahren 224
Permeabilität und Permeabilitätskoeffizient 322, 364, 389
Permeameter 317, 323
Petrographische Beschreibung 67, 265, 359
Pflastersteine und Pflasterziegel ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Phasenanalyse 183, 187, 191, 359, 362, 365, 390
pH-Elektroden 175
Phenolphthalein 68, 377, 378
Phosphatanalyse in Lösung 161
Photogrammetrie 85
Photometrie, Photometer 160, 161, 186, 213
Photonenkorrelationsspektroskopie 232
Photothermische Schichtdickenmessung 293
pH-stat Versuch 224
Piezoelektrischer Aufnehmer, Piezoresistiver Aufnehmer 84
Pigmente 376
Pilze 385
Pinhole-Test 375
Pitzer-Modell 390
PJ und PL 248
Planetenmühle 55
Plastische Viskosität 246
Plastizität 71
Platten aus Keramik ..... 357, s. Kap. 36.1. und 36.2
Plattengerät (Wärmeleitfähigkeit) 327
Plattenprüfverfahren (Frost) 353
Plattigkeitskennzahl 232
Pleyers Prüfröhrchen 320
PN 37
Poensgengerät 327
Poisson-Zahl 73
Polarisationsmessung, Polarisationswiderstand 381, 382
Polarisationsmikroskopie 58, 181, 188, 195, 201, 267, 359, 362
Polierwert, Polierverhalten, Polishing Stone Value 132
Polychlorierte Biphphenyle 218
Polymere ..... 54, 59, 62, 67, 69, 70, 71, 75, 92, 95, 97, 143, 147, 201, 207, 209, 210, 212, 216, 218, 235, 237, 254, 255, 368, 371, 372, 376, 377, 386, s. Abdichtungsstoffe, , s. Kap. 36.1. und 36.2
Polymersilikatmörtel 168
Polymethylmethacrylat 211
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe . 188, 218
Pop-Out 362
Poren 89, 93, 265
Porenbeton ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Porenflüssigkeitsanalyse 182
Porenradien- und Porenstrukturuntersuchung ... 220, 241, 273, 275, 332, 355
Porosität 58, 258, 273
Portlandit, Nachweis und Quantifizierung 61, 186, 202, 204, 206, 270
Portlandzement HS, Nachweis 201
Portlandzementklinker 60, 61
Potentialfeldmethode 380
Potentialsondenverfahren 300
Potentiometrische Sensoren 89
Potentiometrische Titration 158, 159, 183
Potentiostat, potentiostatische Halteversuche 380–384
ppm 166
Praktischer Feuchtegehalt 334
Prallbrecher 55, 361
Probabilistisches Modell 390
Probebauwerk 46, 65, 366
Probebelastung 152, 153, 387
Probekörperabmessung 46
Probenaufbereitung 46, 61, 188
Probenaufschluss 59, 61
Probenentnahme 46, 47, 50, 51, 188
Probenform und -größe und mechanisches Verhalten 70, 95
Probenherstellung und -lagerung 46, 52
Probenteilung 47, 51
Proctorversuch 54, 239, 250

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Produktnorm 38
Proficiency test 42
Profilabtastung 293
Projektbearbeitungssoftware 41
Prüfanweisung 41
Prüffeld 74, 153
Prüfkammer 225
Prüfmaschinen 73
Prüfmaschinenkalibrierung 76
Prüfnorm 38, 392
Prüfrahmen 74, 153
Prüfstelle 33
Prüfzement zur Alkalireaktion 361
Prüfzeugnis 39
PSRV 296
PSV 132
Pt100 und Pt1000 302
PtRh-Pt 302
PTV 296
Pufferlösung 364
Pull-off test 105
Pull-out test 108
Pulsator 148
Puntke Verfahren 238
Putz ..... 169, 371, s. Mörtel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Putzharfe 277, 291
PÜZ-Stelle und PÜZ-Stellen Verzeichnis .. 33, 39, 41
Puzzolan ..... 60, s. Kap. 36.1. und 36.2
Puzzolanität von Puzzolanzementen 160
Pyknometer 258, 259, 261, 263, 311
Pyrolyse-GC/MS 216
Pyrolyse-Infrarotspektroskopie 62, 210, 211, 212
QEM 87
QM- oder QS-System 41
Qualitative und quantitative Analyse 155
Qualitätsmanagement(system) 41
Quarz ..... 61, 206, s. Alkalireaktion
Quecksilberdruckporosimetrie 263, 273, 274, 332, 355
Quellen und Quelldehnung 139, 140, 143
Quellmessung an sehr kleinen Proben 141
Querdehnungsbehinderung 95, 137
Querdehnzahl 73, 124, 286
Quetschgrenze 97
QUV 376
R (Spannungsverhältnis) 148
R, R´, $R´_{tr,s}$, R_w, $R´_w$, $R´_{45°}$ (Schall) 346, 347
R_e, R_{eH}, R_{eL}, R_m, $R_{p0,01}$, $R_{p0,2}$, R_{p1} (Mechanisches Verhalten) 71, 72
Radar und Radargramm 281, 282
Radiant Panel Test 340
Radioaktive Strahlung, Radon 223
RAL 38
Ramandiffusion 303
Randwinkelmessung 237
Rasterelektronenmikroskopie 167, 177, 181, 187, 191, 236, 267, 293
Rasterkraftmikroskopie und Rastertunnelmikroskopie 143, 272
Rauchabschlüsse 344
Rauchausbreitung 388
Rauchdichte 258, 340
Rauchdichtigkeit 343
Rauchentwicklung und Rauchentwicklungs-rate 338, 340
Rauchfreihaltung 343
Rauchmenge 338
Rauchschutztüren und -tore 341, 344
Rauheitsvergleichsmuster 295
Rauhigkeit und Rauhtiefe 295
Raumabschluss im Bauteil-Brandversuch 342
Raumbeständigkeit 357
Raumdichte 258
Raumluftanalyse 51, 187
R_e, R_{eH}, R_{eL} 72
Reaktionsgeschwindigkeit 54, 176, 183, 203, 222
Reaktionsharz-Klebstoff ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Reaktionspfad und Reaktionsverlauf .. 224, 228, 363, 390
Reaktionsränder 362
Reaktionssimulation 388
Rechnerische Simulation 312, 331, 332, 365, 387
Recyclierte Gesteinskörnung .. s. Kap. 36.1. und 36.2
Redoxelektrode 175
Referenzstandard 42
Reflexionsgrad 301, 373
Refraktometer 222
Regel der Technik 36
Regelsieblinie 230
Reibungskoeffizient 296
Reife von Beton und Reifegrad 63, 100
Reindichte 258, 263, 274
Reißfestigkeit 71, 372
Relative Farbstärke 301
Relative Luftfeuchte, Einstellung 63
Relative Luftfeuchte, Messung 310
Relaxationstemperatur von Polymeren 203
Relaxationsversuch, Relaxationsmodul 145-147
Relaxationszeit NMR 219, 308
REM 167, 177, 181, 187, 191, 236, 267, 293
Remanenzmagnetismus 294
Repräsentative Probe 46

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Resonanzfrequenz 353
Resonanzverfahren 124, 288
Resonatorverfahren 307
Restfestigkeit im Nachbruchbereich 110
Restfestigkeit nach Korrosion 366
Restnorm 32, 35
Restsaugfähigkeit 334
Retentionszeit 213
Reversed-phase Chromatographie 215
RFA 162, 174, 293
RG Min-StB ..... s. Kap. 36.2
Rheologische und rheometrische Untersuchungen 245, 246
Rheometer 255
Rheopexie 245
Rhönradmischer 51
RI 215
Richartz-Kriterium 158
RI-Detektoren 215
Rietveldmethode 197, 200, 202
Riffelteiler 51
RILEM ..... 27, 322, s. Kap. 36.2
Ringfaltversuch 114
Ringsteifigkeit 101
Ringversuch 41, 42
RIR 197
Rissausbreitung instabil 136
Risse, Prüfung und -monitoring 89-93, 265, 266, 292, 362, 367, 372, 378, 380, 383
Rissfüllstoff ..... 143, 242, 371, s. Kap. 36.1. und 36.2
Rissgrad 375
Rissneigung 143
Risstiefe 300
Rissüberbrückungsfähigkeit 105
Ritzhärteprüfung 128
Rockwellhärte 129
R_m 71
Rohdichte 258, 260-264, 274, 359
Rohre ..... 101, 136, 295, 325, 357, s. Kap. 36.1. und 36.2
Rohrviskosimeter 256
Rollwiderstand 297
Röntgenamorph 187
Röntgen-Computertomographie 280
Röntgenfluoreszenzanalyse 162, 174, 293
Röntgenkleinwinkelstreuung 294
Röntgenpulverdiffraktometrie 181, 186, 188, 195, 200, 266, 359
Röntgentexturgoniometer 197
Room/Corner-Test 339
Rosetten-DMS 78
Rosin-Rammler-Sperling-Bennett Verteilungsfunktion 229
Rostgrad 375
Rotationsprobenteiler 51
Rotationsverdampfer 59
Rotationsviskosimeter und -rheometer 256
Rotormühle 56
Round robin test 42
RP 215
$R_{p0,01}$, $R_{p0,2}$, R_{p1} 72
RRSB-Netz 229
RT 147
Rückbiegeversuch 114
Rückprallhammer 28, 98
Rückprallkoeffizient 126
Rückprallverfahren zur Härtepüfung 131
Rückstellung 104
Ruhepotentialmessung 380
Ruß und Rußgehalt 203, 207
Rußbrandbeständigkeit 342
Rutschhemmung 296
Rütteldruckverdichtung 239
Rüttelproctorversuch 250
RWA, RWFC 133, 134
Sabine´sche Formel 350
Sachkundenachweises für Holzschutz am Bau ... 385
Sachverständigenausschuss 32
SAFT 287
Säge 57
Salicylsäureaufschluss 60, 202
Salicylsäure/Methanol-Auszug 60
Salzbeton, Porenstruktur 275
Salzgehalt von Mauerwerk und Mauersteinen ... 157, 174
Salzkristallisation 373
Salzsäure-Test 68
Salzsäure-Chloroform-Extraktion 61
Salzsprühnebel 373, 384
Samtverfahren 376
Sandäquivalentverfahren und Sandäquivalentwert 237
Sandflächenverfahren 295
Saphirmethode 208
SANS 37
SATS-Prüfung 377
Sättigungswassergehalt 238
Sättigungswert 277
Saugfähiger Untergrund 68
Saugspannungsmessung 331
Saugversuch 318
Säulenofen bei der Chromatographie 214, 216

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Säulentest 224
Säureaufschluss 61
Säurebeständigkeit 366, 367, 373, 378, s. Korrosion
Säuregrad nach Baumann-Gully 160
Säurezahl 184
SAXS 294
SBI 338
SCB-Prüfung 137
Schadensakkumulationshypothese 152
Schadgasschrank 383
Schadstoffanalyse ..... s. Asbest, Blei, PAK, PCB, Schwermetalle, VOC
Schalenförmige Anreicherung von Bindemittel 269
Schallabsorptionsfläche 346, 347
Schallabsorptionsgrad 350, 351
Schalldämmindex 347
Schalldämmmaß 346, 347
Schall durch Regen 351
Schallemissionsanalyse 93
Schallgeschwindigkeit 124, 285, 289, 353
Schall haustechnischer Anlagen 349
Schallpegeldifferenz 346, 347
Schallschutz und schalltechnisches Verhalten ..... 346-351, s. Kap. 36.1. und 36.2
Schälversuch und Schälfestigkeit 117
Schaumstoffe ..... 277, s. Kap. 36.1. und 36.2
Scheibenschwingmühle 55
Scheibler-Gerät 187
Scheinbare Rohdichte 263
Scheinbare Viskosität 245
Scheiteldruckverusch und Scheiteldruckfestigkeit 101, 146
Scherversuch und Scherfestigkeit 118, 375
Schichtdickenmessung 292
Schimmelpilze 302, 310, 385
Schlacke 202, 357, 358
Schlagarbeit, Schlagfestigkeit, Schlagversuch ... 124, 126
Schlagregendichtigkeit 326
Schlagscherfestigkeit 125
Schlagversuch 124
Schlagzähigkeitsbruchrate 126
Schlagzertrümmerungswert 135, 357, 373
Schlauchliner 101, 146, 184
Schlauchwaage 89
Schleifen 57, 95
Schleifverschleiß nach Böhme 131, 134
Schlitzdruckprüfung 324
Schlumberger-Anordnung 299
Schlupf 72, 122, 133
Schmelzindex, Schmelze-Massefließrate bzw. – Volumenfließrate 254
Schmelzpunkt 203, 206, 219
Schmutzmischungen 370
Schneidmühle 56
Schnellerstarrender Zement 251, 358
Schnellprüfverfahren, Alkalireaktion 360, 361
Schönlin/Hilsdorf-Verfahren zur Messung der Gaspermeabilität 322
Schrägscherfestigkeit 121
Schrumpfen und Schrumpfdehnung 139, 143
Schub-Druck-Versuch 121
Schubmodul 111, 123, 124
Schub-Zug-Versuch 121
Schüsselrinne 142
Schüttdichte 256, 260
Schüttelverfahren/-test 223, 363
Schwefelsäurekorrosion 366
Schweißnaht 87
Schwelbrandkurve 341, 343
Schwerflüchtige organische Verbindungen 225
Schwermetalle, Nachweis 181, 187, 188
Schwinden, Schwindkegel, Schwindrinne Schwindschichtsystem 139, 140, 142, 143
Schwingbreite 148
Schwingsaitenaufnehmer 83
Schwingspielzahl, Schwingungsamplitude 148
Schwingungseigenform 152
Schwingungsmessung 76
Schwingungsverhalten und Schwingungsantwort 84, 152
SE 237
SEC 215
Second Order Reliability Method 388
Sedimentationsanalyse 232
Sedimentation und Sedimentationsstabilität 242, 270
Seilkraftaufnehmer 89
Seilreck 105
Seilsäge 57
Sekundärionenmassenspektrometrie 179
Selbstentzündungstemperatur 335
Selbstschließende Eigenschaft 343
Selbstverdichtender Beton ..... 140, s. Kap. 36.1. und 36.2
Selektive Lösung 60, 186
Sensor 44
Servohydraulische Prüfmaschine 74
Setzdehnungsmesser 77
Setzfließmaß 248, 251
Setzmaß und Setzzeit 247, 248
SF und SF_j 248

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

SFC 217
SFE 60
Shape Index 232
Shore Härte 130
SI (Shape Index) 232
SI (Schallschutz) 347
SIA 40
SIC 371
Sicherheitsschränke 345
Siebanalyse 229
Siedepunktserhöhung 219
Sielbau Richtlinie ..... s. Kap. 36.2
Signalanalyse 94
Signalverarbeitung 44
Silikastaub 60
Silikate, Verhalten beim Aufschluss 60
Siliziumdioxidanalyse von Bindemitteln 157
SIMS 179
Simulationsberechnungen ... 312, 331, 332, 365, 387
Single Burning Item Test 338
Slab-Test 353
Slump 247
Smith, Dauerfestigkeitsschaubild 149
SMOGRA 338
SN ..... 36, s. Kap. 36.2
SO_2-Beaufschlagung 373
Sodaaufschluss 61
SOFO 82
Sonnenbrenner 373
SORM 388
Sorptionsisotherme 310, 331
Sorptionskoeffizient 320
Soxleth-Extraktion 59
Spaltkraft 375
Spaltzugversuch und Spaltzugfestigkeit 114, 242
Spannglied, Spannstahl, auch Bruchortung . 49, 105, 199, 278, 288, 289, 383, s. Kap. 36.1. und 36.2
Spannung 71, 76
Spannungsanalyse mittels Diffraktometrie 197
Spannungs-Dehnungs-Linie 71, 145, 379
Spannungsintensitätsfaktor 136
Spannungsmessung 86, 89
Spannungsrisskorrosion 383, 384
Spannungsverhältnis 148
Spanplatte ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Speckle-Interferometrie 81
Speicherfunktion 331, 334
Speichermodul 256
Spektraler Reflexionsgrad und Transmissionsgrad 301
Sperrholz ..... s. Kap. 36.1. und 36.2
Spezifische Oberfläche mit Röntgenkleinwinkelstreuung 294
Spikereifen Verschleißtest 135, 136
SPME 60
Spreizringelektrode 379
Sprengwirkung 127
Spritzbeton ..... 100, s. Kap. 36.1. und 36.2
Spritzkiste 55
Sprödbruchneigung 124
Spurbildungstest 150
Spurenelementanalyse 157, 168, 181
SR 242
SRT 296
Stabilität von Dispersionen 234
Stabsieb 232
Stahl ..... 48, 49, 72, 88, 92, 102, 105, 170, 171, 174, 281-283, 292, 294, 298, 299, 377-383, 384, s. Kap. 36.1. und 36.2
Stahlbetonbauteil, Dicke 282
Stahlfaserbeton ..... 242, 243, 279, 280, s. Kap. 36.1. und 36.2
Stahlmörser 55
Stahlwerkschlacke 202, 357, 358
Standard 171
Standardaddition 167, 202
Stand der Technik und Stand der Wissenschaft und Technik 38
Standtest 224, 317
Stationäre Methode (Diffusionskoeffizienten) 312
Stationäre Methode (Wärmeleitfähigkeit) 329
Stationäre Phase 213
Statische Fließgrenze 252
Statistik 42
Stauchgrenze 97
Stearat 61
Steifemessgerät 247
Steifigkeit (Schall) 351
Steigungsmaß 229
Steinpaarprüfung 121
Steinzeugrohr ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Stellvertretersensor 379
Stemmprobe 49
Stereomikroskop 67, 267, 362
Stern-Potential, Stern-Schicht 234
Stevenson-Screen 65
STM 272
STN 37
Stofftransporteigenschaften und -kenngrößen ... 172, 312
Stoßprüfung und Stoßwiderstand 124, 126, 342, 344
Strahlenschutz und Strahlenschutzbeauftragter 163, 180, 198, 280, 294, 309

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Srahlungsemissionsgrad und -reflexionsgrad 301
Strahlungsmindernde Eigenschaft im Brandversuch .. 342
Strahlungsthermometer 302
Strand in Cement 371
Straßenteerviskosimeter 250
Streckdehnung, Streckgrenze, Streckspannung .. 71, 72
Stressmeter 86
Streupräparat 67, 181, 188, 236
Strömungsmechanik 388
Strömungsprozesse 322, 364
Strömungswiderstand (Akustik) 323, 351
Struktur ..... 265, 333, s. Gefüge
Strukturviskoses Verhalten 245
Sturzprüfung 343
Stuttgarter Prüfung 134
STV 250
Sulfatanalyse (Bindemittel, Böden, Calciumsulfatbaustoffe, Gesteinskörnung, Wasser) ... 157, 160, 162
Sulfattreiben und Sulfatwiderstand ..... 200, 266, 362, 368, s. Korrosion
Sulfidanalyse (Bindemittel, Böden, Gesteinskörnung, Wasser) 157, 160
Supercritical Fluid Chromatographie 217
Surpressor 215
SVA 32
SVA-Verfahren 368
SVOC 225
Synchrotonstrahlung für Beugungsexperimente . 198
Syngenitnachweis bei Gipsputzschäden 198
Synthetic Aperture Focusing Technique 287
Systematischer Fehler 42, 47
Systeme der Konformitätsbeurteilung 35
SZ 135
t_{500} und t_{500J} 248
TA 202
Taber Abraser 134
Tachymeter 85
TAST 150
Tastschnittverfahren 295
Tauchkörper 259
Tauchstab 242, 251
Tauchwägung 260
Tauchzeit 250
Taumittel 361, 370
TC 36, 177
TCT 146
Technical Comittee 36
Technische Elastizitätsgrenze 72
Technische Prüfvorschriften ..... s. Kap. 36.2
Teer, Nachweis 69, 222
Teiladiabatische Kalorimeter 227
Teilchenpolarität 243
Teilen von Haufwerken 51
TEM 177, 179, 187
Temperaturdehnung 138
Temperatureinfluss auf das mechanisches Verhalten 70
Temperatureinfluss auf Korrosion 380
Temperaturermittlung in Beton im Brandfall 199
Temperatur, Erzeugung 63
Temperaturleitfähigkeit 327, 330
Temperaturmessung, auch von Oberflächen und entlang sehr langer Messtrecken 302, 303
Temperaturschock, Temperaturwechselbeständigkeit, Temperaturzyklus 352, 356, 357, 371, 375
Terazzo ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Testtinten 237
Textile Flächengebilde ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Textilien 326
Textur 189, 265
TG, TGA 64, 201-208, 211, 335
TGL 37
Thaulowversuch (Oberflächenfeuchte von Körnungen) 311
Thaulowversuch (Kornrohdichte) 261
THC-Modell 388
Thermischer Schock 342
Thermisch-Hygrische Simulation 387
Thermoanalyse 64, 201-208, 211, 335
Thermodilatometrische Analyse 139
Thermoelement 302
Thermogradientenbank 206
Thermographie 290, 302, 309, 326
Thermogravimetrie 64, 201-208, 211, 335
Thermomechanische Analyse 206
Thermometer 302, 303
Thermometerreaktionen zur Ermittlung der Maximaltemperatur von Beton im Brandfall 199
Thixotropie 245
THMC-Modell 388
THR 338
TIC 177
Tiefbohrzement ..... 53, s. Kap. 36.1. und 36.2
Tiefenmessung zur Schichtdickenmessung 293
Tiefenverschleiß 135
Tieflage beim Kerbschlagversuch 124
TIR 126
Titration, Titroprozessor 155, 183, 186, 364
TL ..... 38, s. Kap. 36.2
TMA 206, 207

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

TMS 187
TOC 177, 235
Tomographie 280, 299, 300, 308
Ton, Ton in Gesteinskörnung 185, 257
Tondachziegel ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Topfzeit 252
Tore ..... 326, 344, s. Kap. 36.1. und 36.2
Torrent-Verfahren zur Messung der Gaspermeabilität 322
Torsionsversuch 123
Tortuosität 316
Totalbasizität 183
Total Organic Carbon 177, 235
TP ..... 38, s. Kap. 36.2
Tracermethoden 326
Trägergasverfahren 315
Tragfähigkeit im Bauteil-Brandversuch 342
Tragfähigkeit nach Frostprüfung 354
Tragmodell und Tragsicherheitsbewertung . 153, 154
Transient Plane Source Method 329
Transmissionselektronenmikroskop ... 177, 179, 187, 267
Transmissionsgrad 135, 301, 373, 376
Transportkenngrößen und Transportprozesse ... 300, 312, 364, 365, 388
Transport-Reaktions-Modelle, Transreac 388, 389
Trass ..... 32, 168, s. Kap. 36.1. und 36.2
Treibprozesse ..... 200, 357, 358, 362, 368, s. Alkalireaktion, s. Sulfattreiben
Treibstoffbeständigkeit 370
TRGS ..... 188, s. Kap. 36.2
Triaxialzelle, triaxiale Prüfung 137, 138, 323
Trichterauslaufzeit 249
Trinkwasserbereich, Einsatz von Bauprodukten . 224
Trittschalldämmung, -minderung, -pegel, -Verbesserungsmaß 347, 348
Trockenbeton und -mörtel 51, 269, s. Kap. 36.1. und 36.2
Trockenrohdichte 258, 262, 274
Trocknung und Trocknungstemperatur 274, 304, 319, 333, 364
Trocknungsgeschwindigkeit 327
Trocknungsschwinden 140
Trocknungszeit 253
Trogverfahren 59, 224
TS 37
TSP 338
TSRST 105
Türen ..... 127, 326, 329, 344, s. Kap. 36.1. und 36.2
Türdrücker 344
Ubbelohde Viskosimeter 253
Übereinstimmungserklärung, Übereinstimmungszeichen, Übereinstimmungszertifikat, Übereinstimmungszeugnis 31, 34, 39
Überkritische Fluidchromatographie 217
Überkritische Fluidextraktion 60
Überstreichbarkeit 372
Überwachungbedürftiger Abfall 218
Überwachungsstelle 33
UCI-Härteprüfung 131
UCTST 151
UHPC 55, 140, 178
Ultradünnschnitt 179
Ultrahochfester Beton 55, 140, 178
Ultraschall 98, 99, 124, 281, 283, 293, 352, 353, 362, 368
Umlaufkühler 64
Umlenk-Zugversuch 102
Umweltgefährdung 59, 223
Umweltsimulation 63, 376, 377, 383
Umwertung von Härtewerten 128
Undurchlässigkeitsfaktor und Undurchlässigkeitskoeffizient 324
Ungeregeltes Bauprodukt 32
UNI 37
Universalhärte 129
Universalindikator 68
Unlöslicher Rückstand von Bindemittel 157
Untere Streckgrenze 72
Unterholzbrand 345
Unterspannbahn ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Unterspannung 148
Untersuchungsbericht, Erstellung 392
Unterwanderung 384
Unterwasserwägung 260
Unverträglichkeit 211, 371, 372
USRV 296
UTST 105
UV-Bestrahlung zur Anregung von Fluoreszenz 222, 374
UV-Bestrahlung zur Dauerhaftigkeitsprüfung 63, 375-377
UV-Stabilität 207
UV-Transmissionsgrad 301
UV/VIS-Spektroskopie 59, 212
Ü-Zeichen 31, 34
v 73
V4A 171
VA 41
Vakuum-Mischen 53
Vakuum-Wasseraufnahme 333, 355
vant´Hoff´sche Regel 54, 100

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Variablenprüfung 43
VDI, VDE ..... s. Kap. 36.2
Vébé-Prüfung und Vébé-Zeit 248, 250
Verankerungen ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Verarbeitbarkeit 245, 246
Verarbeitbarkeit bei Überkopfanwendungen 253
Verarbeitbarkeitszeit und Verarbeitungszeit 247, 252
Verarbeitungsfehler 203, 211
Verarbeitungszeit und Verarbeitbarkeitszeit 247, 252
Veraschung 184
Verbrennungskalorimeter und Verbrennungswärme .. 335
Verbundschädigung, Verbundverhalten und Verbundfestigkeit 102, 118, 198, 211, 356, 367, 371, 376
Verdichtung 52
Verdichtungsmängel, Detektion .. 260, 277–279, 282, 285, 289, 291, 292
Verdichtungsmaß 247
Verdunstung, Einstellung 64
Vereinzelung von Fasern 268
Verfahrensanweisung 41
Verfärbungen 61, 69, 169, 186, 194, 211, 374
Verformungsbruch 125
Verformungsgeregelter Versuch 76
Verformungsmessung 76, 77, 81, 85, 89, 94, 371, 372, 379
Verfügbarer Kalk in Bindemittel 157
Verfugmassen ..... 368, s. Kap. 36.1. und 36.2
Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen 38
Vergleichbarkeit, Vergleichspräzision, Vergleichsstandardabweichung 42
Vergleichsproben 47
Vergussstoff ..... 242, s. Kap. 36.1. und 36.2
Vergütete Mörtel ..... 59, s. Kap. 36.1. und 36.2
Verlegemassen ..... 368, s. Kap. 36.1. und 36.2
Versagenswahrscheinlichkeit 388
Verschiebung zwischen Bewehrung und Matrix ..... 122, s. Verbund
Verschleiß 128, 131, 133, 135
Verschmutzung 370
Versteifungsbeginn 251
Verträglichkeit 211, 371, 372
Verwendbarkeit 30, 34
Verzweigungsgrad 218
Vibrationshammer 54
Vicat-Gerät und Vicat-Erweichungstemperatur .. 251, 255
Vickers-Härte 129, 130
Videoextensometer 80
Videoskop 278
Vielstellenmessanlage 76
VIS 212
Viskosität, Viskosimeter 219, 245, 248, 249, 253, 255
Visuelle Untersuchung 50, 89, 107, 112, 113, 126, 135, 211, 243, 265, 266, 323, 327, 354, 356-359, 361, 362, 367, 368, 370-377, 379, 384, 386
VMPA 27
VOB 38
VOC 223, 225
Volhard Verfahren 158, 159
Volumenbestimmung von Hohlräumen 279
Volumetrie 155, 183
Vorhangfassade 326
Vorlagerungseinfluss auf mechanisches Verhalten 70
Vorlagerung von Proben 52
Vorlast 72
Voruntersuchungen 67
VSS 40
VST 255
VVOC 225
w 318
Wahre Spannung 71
Walzenverdichtungsgerät 54
Wandrauheit von Rohren 295
WA-Platte nach Franke 320
Wärmeabzug 345
Wärmeausdehnungskoeffizient 206
Wärmebrücke, Detektion 290
Wärmedämmstoff ..... 356, s. Kap. 36.1 und 36.2
Wärmedehnzahl 206
Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmedurchlasswiderstand 327
Wärmeflusskalorimeter 227
Wärmefreihaltung (Brand) 343
Wärmefreisetzung bei der Erhärtung 227
Wärmefreisetzungsrate 338
Wärmeisolation im Bauteil-Brandversuch 342
Wärmekapazität 203, 208, 329, 330, 335
Wärmeleitfähigkeit 309, 327, 335
Wärmemenge, Freisetzung bei Brand 338
Wärme-Regen-Wechsel Beständigkeit 374
Wärmeschock 352, 356, 357, 371, 375
Wärmestandfestigkeit und Wärmestandfestigkeitsgrenze 255
Wärmestrommesser 328
Wärmetransport und Wärmetransporteigenschaften .. 312, 387
Warmwasserbeständigkeit 374
Washington Hydraulic Fracture Test 352
Wasser 160, 162, 306
Wasserabsonderung 241, 245

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Wasseranspruch 238, 239
Wasseraufnahmekoeffizient 318
Wasseraufnahme unter atmosphärischem oder erhöhtem Druck, Wasseraufnahme unter Vakuum 65, 333, 334, 355
Wasserbausteine ..... 355, s. Kap. 36.1. und 36.2
Wasserdampfdiffusion (Prozess und Messgrößen) 313, 314, 389
Wasserdichtheit und Wasserdurchlässigkeit bzw. Wasserundurchlässigkeit 320-326, 357, 366-369, 371
Wassereindringkoeffizent 319
Wassereindringprüfer nach Karsten, Pleyers und Franke 320
Wasserempfindlichkeit von Asphalt 243
Wassergefährdende Stoffe, Eindringen in Beton 325
Wassergehalt 48, 70, 220, 275, 290, 292, 298, 304-311, 322, 333, 334, 352, 364, 380, 385
Wassergipswert 238
Wasserhärte 160, 162
Wasserkapazität 319
Wasserlösliche Anteile, wasserlösliche Salze 59
Wasserplatte 323
Wasserrückhaltevermögen 241
Wassersaughöhe von Gesteinskörnung 321
Wassersäulenverfahren zur Luftgehaltsbestimmung . 240
Wasserundurchlässigkeit 323–326, 354
Wasserwechselbeanspruchung 374
Wasserzement- bzw. -bindemittelwert, nachträgliche Bestimmung an Beton oder Mörtel 156, 272
Wasserzementwertbestimmung an Frischbeton oder -mörtel 237
WDRFA und WDX 163, 179
Wedge Opening Load 137
Weggeregelter Versuch 76
Wegmessung 76, 79, 89
Wehner Schulze 133
Weichdichtung ..... 242, s. Kap. 36.1. und 36.2
Weichmacherwanderung 211, 371
Weißpunkt-Temperatur 206
Weiterreißwiderstand 109
Wellenlängendispersive Röntgenanalyse 163, 179
Wellenzahl 208
Wellplatten ..... s. Kap. 36.1 und 36.2
Wenner-Anordnung 299
Werkseigene Produktionskontrolle 35
Wet cup 313
Wetterbeständigkeit 376
Wetterstation 65
WHFT 352
Widerstand, elektrisch 298
Widerstandssensoren 299
Widerstandsthermometer 302
Wiederholbarkeit, Wiederholpräzision, Wiederholstandardabweichung 42
Windkanal 64
Winkelprüfkopf 283
Wirbelstromsensor und Wirbelstromverfahren 89, 292, 293
Wirksame Kornrohdichte 262
Wischprobe 51
Wissensbasiertes System 387
Wittekind-Verfahren 368
WLD 216
Wöhlerkurve, Wöhlerversuch 149
WOL Probe 137
WPK 35
WRV 241
WTA ..... 39, s. Kap. 36.2
WU-Prüfung 323
Würfelprüfverfahren (Frost) 353
Wurzelpenetration 386
XRD 181, 186, 188, 195, 200, 266, 359
XRF 162, 174, 293
XRPD 181, 186, 188, 195, 200, 266, 359
Z 73
Z_u 145
Zeitabhängiges mechanisches Verhalten 129, 144
Zeitbereich 44, 152
Zeitbruchdehnung, Zeitbrucheinschnürung, Zeitdehngrenze, Zeitfestigkeit, Zeitspanndehnung, Zeitstandfestigkeit, Zeitstand-Schaubild, Zeitstandversuch 144, 145, 147, 149
Zellgasanalyse 218
Zement ..... 47, 53, 157, 159, 160, 186, 193, 227, 236, 243, 270, 357, 361, 368, 371, 374, 380, s. Bindemittel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Zementart und -gehalt in erhärtetem Beton oder Mörtel, Bestimung 156, 201
Zementgebundene Baustoffe und Zementstein 56, 61, 67, 68, 70, 140, 143, 176, 181, 185, 193, 195, 199, 202, 204, 207, 220, 228, 246, 274, 304,
315, 322, 364, 367, 368, 371, 377, 390, s. Beton, s. Mörtel, s. Kap. 36.1. und 36.2
Zementmörtel, Stabilität bei Durchströmung 156, 375
Zentrifugieren 61, 62, 209
Zentrischer Zugversuch und zentrische Zugfestigkeit 102, 105
Zerfallstest nach Endell und Zerfallsbeständigkeit 375
Zerkleinern 55
Zerstörende Prüfverfahren 28

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfverfahren 27, 28, 76, 89, 93, 98, 128, 152, 153, 164, 265, 277, 278, 280–298, 301, 304–310
Zertifikat 34
Zertifizierter Referenzstandard 42
Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem 41
Zertifizierung, Zertifizierungsstelle 33, 34
Zertrümmerung 135
Zeta-Potential 234
ZfP .. 27, 28, 76, 89, 93, 98, 128, 152, 153, 164, 265, 277, 278, 280–298, 301, 304–310
Ziegel ..... 143, s. Kap. 36.1 und 36.2
ZTV, ZTV-ING, ZTV-W ..... 38, s. Kap. 36.2
Z_u 145
Zuckernachweis in Anmachwasser 185
Zufälliger Fehler 42
Zugversuch und Zugfestigkeit 48, 102, 105, 109, 112, 114, 368, 371, 372, 377, 386
Zusammenhaltevermögen 245
Zusätzliche Technische Vertragbedingungen ... 38, s. Kap. 36.2
Zusatzmittel .... 53, 59, 159, 177, 184, 213, 218, 227, 234, s. Kap. 36.1 und 36.2
Zustimmung im Einzelfall 32
Zustimmung zur Verwendung eines Bauprodukts (Österreich) 39
Zwangsmischer 52
Zweiplattengerät 327
Zyklische Beanspruchung 136, 138, 147, 150
Zyklischer Spannungsintensitätsfaktor 136
.....
α 139
βp-Wert-Verfahren 239
ΔK 136
ΔL und ΔL_w 348
ε, ε_B, ε_y, ε_M 71, 72
μ 73
σ, σ_b, σ_x, σ_y 71
σ_a, σ_m, σ_o, σ_u 148

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.

Frank Schmidt-Döhl

Materialprüfung im Bauwesen

Die Vielzahl von unterschiedlichen Baustoffen und Prüfverfahren erschwert es Ingenieuren des Bauwesens, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik, Architekten, Chemikern, Physikern, Mathematikern, Metallurgen und Geowissenschaftlern, den Überblick über dieses weitläufige Gebiet zu behalten.
Deshalb hat es sich der Autor zum Ziel gemacht, die Grundlagen und Prinzipien einzelner Verfahren des gesamten Bereichs der Materialprüfung im Bauwesen zu erläutern. Er behandelt die Grundlagen der Materialprüfung anhand von genormten und nicht genormten Prüfverfahren und ermöglicht so einen umfassenden Überblick über die Thematik. Der Inhalt ist methodisch gegliedert. Das Buch enthält umfangreiche baustoff- bzw. themenspezifische Verzeichnisse.

Inhalt:
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Qualitätsmanagement und Signalverarbeitung
- Probenentnahme, -herstellung und -aufbereitung
- Erzeugung definierter Umgebungsbedingungen
- Einfache Voruntersuchungen
- Untersuchung des mechanischen Verhaltens
- Chemische Analytik
- Untersuchung des Eluations- und Emissionsverhaltens
- Kalorimetrische Untersuchungen
- Untersuchung von Dispersionen, Partikeln und Grenzflächeneigenschaften
- Gefügeuntersuchungen
- Ermittlung elektrischer und optischer Eigenschaften
- Temperatur- und Feuchtemessung
- Untersuchung von Wärme-, Feuchte- und Stofftransport
- Untersuchungen zum Brandverhalten und schalltechnischen Verhalten
- Dauerhaftigkeitsuntersuchungen
- Rechnerische Simulationen
- Erstellen von Berichten und Gutachten

Autor:
Prof. Dr.-Ing. Frank Schmidt-Döhl studierte Mineralogie an der Universität Marburg. Von 2001 bis 2007 leitete er die Abteilung Chemie, Physik, Umwelt der Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig und ist seitdem Leiter des Instituts für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der TU Hamburg-Harburg. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt in den Bereichen Dauerhaftigkeit von Baustoffen, Spezialbaustoffe und Prüfverfahren.

ISBN 978-3-8167-8746-4

https://doi.org/10.51202/9783816787471 - Generiert durch IP 216.73.216.60, am 24.01.2026, 14:36:34. © Urheberrechtlich geschützter Inhalt. Ohne gesonderte Erlaubnis ist jede urheberrechtliche Nutzung untersagt, insbesondere die Nutzung des Inhalts im Zusammenhang mit, für oder in KI-Systemen, KI-Modellen oder Generativen Sprachmodellen.