

Jürgen Gänßmantel, Frank Eßmann,
Gerd Geburtig, Anatol Worch (Hrsg.)

Sanieren außerhalb der Normen

– Ausnahmezustand Sanierung?

Fraunhofer IRB ■ Verlag

Jürgen Gänßmantel, Frank Eßmann, Gerd Geburtig, Anatol Worch (Hrsg.)

Sanieren außerhalb der Normen

Jürgen Gänßmantel, Frank Eßmann, Gerd Geburtig, Anatol Worch (Hrsg.)

Sanieren außerhalb der Normen

– Ausnahmezustand Sanierung?

Fraunhofer IRB Verlag

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 (Print): 978-3-8167-9562-9

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9563-6

Herstellung: Angelika Schmid

Layout: Dietmar Zimmermann

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Druck: Konrad Tritsch GmbH, Ochsenfurt-Hohestadt

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. wiedergegeben.

Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

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 dürfen.

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.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2016

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

Vorwort

Sanieren außerhalb der Normen – ist die Berücksichtigung der aktuellen Normung Verpflichtung oder Hemmnis?

Gerade im deutschen Bauwesen ist die Norm oftmals die Richtlinie, die es einzuhalten gilt. In aller Regel wird mit der Einhaltung einer Deutschen Industrie Norm (DIN) vermutet, dass im Einklang mit den jeweiligen Vorschriften und vor allem auch vertragsgemäß geleistet wird. Die Anforderung einer Norm wird stillschweigend als geltende Rechtsgrundlage, als vereinbart vorausgesetzt.

Im Neubau ist diese Vorgehensweise durchaus möglich, sie ist hinsichtlich der Diskussionen der Haftung sogar angebracht, da Abweichungen von einer Norm oftmals als Abweichung von einem gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsniveau gleichgesetzt werden. Beim Bauen im Bestand ist die Anwendbarkeit der Normen nicht ohne Weiteres gegeben, denn eine DIN wendet sich in aller Regel an neu zu errichtende Gebäude. Besonders deutlich wird dies an der gerichtlichen Argumentation, dass im Streitfalle die normativen Anforderungen zum Zeitpunkt der Abnahme des Gebäudes für die Beurteilung herangezogen werden müssen. Das bedeutet beispielsweise, dass ein Gebäude Baujahr 1955 den normativen Anforderungen hinsichtlich des Mindestwärmeschutzes der DIN 4108 in der Ausgabe von 1952 genügen muss. Dass mit diesem Standard naturgemäß die heute gültige Mindestoberflächentemperatur

nicht erreichbar ist, ist einerseits nicht verwunderlich und müsste andererseits vom Besitzer oder Käufer eines Gebäudes hingenommen werden, da dies die Eigenschaften des Gebäudes sind, die der Bauherr zum Zeitpunkt der Errichtung zu erwarten hatte.

Ein weiteres Beispiel aus dem Bereich der Sanierung soll diesen Zwiespalt nochmals verdeutlichen: In Anbetracht des steigenden Dämmniveaus und der damit einhergehenden Veränderung des hygrothermischen Verhaltens der Fassade wird in Fachkreisen derzeit diskutiert, ob eine Absenkung der kapillaren Wasseraufnahme der Fassade von $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ auf $0,2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ notwendig sei. Wenn eine solche Änderung im Normenwerk vorgenommen werden sollte, so kann sie nur für neu zu errichtende Gebäude gültig sein. Auf bestehende Gebäude hat die Norm keinen Einfluss. Liegt jetzt für alle Gebäude, die vor der Änderung errichtet wurden, ein Baumangel vor, da kein normativer Schlagregenschutz mehr vorliegt? Ist mit der Änderung des Anforderungswerts im Rahmen der aktuellen Regeln der Technik davon auszugehen, dass eine Nachrüstungspflicht für ältere Gebäude besteht? Wie gehen wir hier mit Gebäuden um, die unter Denkmalschutz stehen, sodass nur eingeschränkt Maßnahmen an der Fassade durchgeführt werden können?

Sie sehen, beim Bauen im Bestand kommt der Planer sehr schnell in die Problematik, dass Gebäude saniert werden müssen, die nicht der heute gültigen Normung entsprechen, die jedoch auch nicht gemäß des Normungsstands zum Zeitpunkt der Errichtung saniert werden können. Entweder gab es für diese Tätigkeiten noch keine

Regelungen oder die zutreffenden Normen entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik, sind nicht mehr gültig bzw. zurückgezogen.

Der Bauschaffende, der seinen Tätigkeitsschwerpunkt beim Bauen im Bestand hat, sieht sich demnach regelmäßig mit der Frage konfrontiert, ob die von ihm geplanten und für das Bestandsgebäude notwendigen Maßnahmen in das jeweilige Konzept der aktuellen Normung passen. Durch die unvermeidbare Standardisierung, die im Rahmen der Richtlinienarbeit unerlässlich ist, ist der Sachverständige immer in einem Abwägungsprozess, ob die Richtlinie in seinem speziellen Objekt anwendbar ist. Die Normen bieten durch ihr starres Korsett ein hohes Maß an Sicherheit, liefern aber nur in seltenen Fällen eine Antwort, sobald die Gültigkeitsgrenzen überschritten werden.

Der vorliegende Sonderband, der anlässlich des 6. Sachverständigentages der WTA-Deutschland im November 2015 erstellt wurde, enthält neben den Vorträgen zahlreiche weitere Beiträge. Er soll dem Leser einen umfänglichen Überblick

über die zu bewältigende Problematik bieten. So unterschiedlich die Beiträge über Abdichtungen, Brandschutz, Feuchteschutz bis hin zu statischen Aspekten auch scheinen mögen, allen gemeinsam ist die klassische Vorgehensweise beim Bauen im Bestand. Zu Beginn steht die Bauwerksanamnese, die Diagnose des Bauzustands. Erst auf Basis dieser Analyse können durchzuführende Maßnahmen bzw. die Sanierung festgelegt werden. Normen, aber auch andere Richtlinien, wie beispielsweise die WTA-Merkblätter, die gerade das Bauen im Bestand im Fokus haben, können dem Sachverständigen wichtige Anhaltspunkte geben. Ob diese im Einzelfall anwendbar sind, muss der Sachverständige jedoch jeweils prüfen. Eine unbedachte Übertragung der aktuellen Regelwerke auf Bestandsgebäude ist ohne eine gesunde Portion Skepsis leider nicht ratsam.

Für das Leitungsteam der deutschen regionalen Gruppe der WTA

Anatol Worch

Inhalt

Vorwort

5

Rainer Spirlgatis

Hybrid-/Reaktiv-/multifunktionale Bauwerksabdichtungen haben's schwer:

in der Praxis bewährt, aber nicht geregelt

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Anforderungen | 11 |
| 2 | Anwendungsbereich | 11 |
| 3 | Abdichtungsstoffe | 12 |
| 4 | Flexible polymere Dickbeschichtungen (FPD) | 14 |
| 5 | Untergrundvorbereitung | 14 |
| 6 | Verarbeitung | 17 |
| 7 | Mindesttrockenschichtdicke | 18 |
| 8 | Fazit | 18 |
| 9 | Literatur | 19 |

Dr. Petra Egloffstein, Walter Simon

Mörtel: Inhaltsstoffe nach Norm für Materialien nach Objektanforderungen

| | | |
|---|------------------------------------|----|
| 1 | Inhaltsstoffe nach Norm für Mörtel | 21 |
| 2 | Mörtelanforderungen | 26 |
| 3 | Mörteluntersuchungen | 29 |
| 4 | Objektbeispiele | 30 |
| 5 | Literatur | 38 |

Jonny Henkel

Die Ermittlung der Mauerwerksgüte von Bestandsmauerwerk

aus kleinformatigen Ziegeln

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Einleitung | 41 |
| 2 | Herstellung von historischem Ziegelmauerwerk und seinen Komponenten | 42 |
| 3 | Druckfestigkeitsprüfung am Bestandsmauerwerk | 47 |
| 4 | Zusammenfassende Betrachtungen und Empfehlungen | 60 |
| 5 | Literatur | 61 |

Gerhard Bürkli

| | |
|--|----|
| Schimmelsanierung außerhalb der Norm | 63 |
| 1 Vorgeschichte | 63 |
| 2 Erster Sanierungsversuch scheitert | 65 |
| 3 Untersuchungsergebnisse | 66 |
| 4 Umfassendes Sanierungskonzept | 67 |
| 5 Begründung der Maßnahmen aus physikalischer und biologischer Sicht | 68 |
| 6 Berechnungen und Erläuterungen zum Sanierungskonzept | 69 |
| 7 Sanierungsstrategie und Ausführung im Detail | 70 |
| 8 Sanierung | 72 |

Uwe Liebheit

| | |
|---|-----|
| Wann begründen fachtechnische Erfahrungssätze technische Regelwerke? | 75 |
| 1 Die vom Auftragnehmer geschuldete Leistung | 75 |
| 2 Die stillschweigende Vereinbarung einer Bauweise, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht | 79 |
| 3 Präzisierung der Voraussetzungen eines zweckentsprechenden und funktionstauglichen Werks | 93 |
| 4 Haftungsbegründende Verletzung der vorvertraglichen Aufklärungspflicht als Haftungsfalle | 96 |
| 5 Stand der Technik | 101 |
| 6 Bauen im Bestand | 103 |
| 7 Das Massivholz-Treppen-Urteil weist in die falsche Richtung | 106 |
| 8 Literatur | 110 |

Ingo Dreger

| | |
|--|-----|
| Einsteins Sommerhaus: außerhalb der Norm 1929 gebaut und außerhalb der Norm 2004 saniert – Beobachtungen nach 86 bzw. 11 Jahren | 113 |
| 1 Einführung | 113 |
| 2 Drei ausgewählte Schritte auf dem Weg zum Sommerhaus | 115 |
| 3 Außerhalb der DIN 1990 (Ausgabe 1928) gebaut | 124 |
| 4 Bestandsaufnahme 2004 | 131 |
| 5 Außerhalb der Norm 2004 saniert | 133 |
| 6 Schlussfolgerungen | 138 |
| 7 Literatur | 139 |

Thomas Gottschlich

| | |
|---|-----|
| Frauenkirche Dresden – Bauwerkserhaltung ab 2005 | 141 |
| 1 Mauerwerksrichtlinie | 142 |
| 2 Bauphysik | 143 |
| 3 Sandstein, Postaer Varietät, Patinierungsverhalten | 145 |
| 4 »Aktives Warten« der Frauenkirche | 146 |
| 5 Abnutzung durch bislang 20 Mio. Besucher | 151 |
| 6 Ausblick | 154 |
| 7 Quellennachweis | 155 |

Gregor A. Scheffler

| | |
|--|-----|
| Mindestwärmeschutz bei Bauteilanschlüssen | 157 |
| 1 Einleitung | 157 |
| 2 Mindestwärmeschutz und Innendämmung | 158 |
| 3 Normativer Nachweis | 159 |
| 4 Bemessung flankierender Maßnahmen | 160 |
| 5 Spezialfall Fensteranschluss | 160 |
| 6 Beispiel einer Risikoanalyse | 163 |
| 7 Fazit | 168 |
| 8 Literatur | 168 |

Ulrich Röhlen

| | |
|---|-----|
| Genormte und nicht genormte Lehmbaustoffe für die Sanierung und ihre Anwendung | 169 |
| 1 Einleitung | 169 |
| 2 Regelung von Lehmbaustoffen in Deutschland | 169 |
| 3 Genormte Baustoffe und ihre Anwendung für die Sanierung | 172 |
| 4 Nicht genormte Baustoffe und ihre Anwendung für die Sanierung | 182 |
| 5 Ausblick und Schluss | 183 |
| 6 Literatur | 184 |

Frank Eßmann, Dirk Nibbrig

| | |
|---|-----|
| Beurteilung des Schlagregenschutzes von Fassaden | 185 |
| 1 Innendämmung | 185 |
| 2 Schlagregen und Fassade | 188 |
| 3 Projektbeispiel | 192 |
| 4 Fazit | 196 |
| 5 Literatur | 197 |

Prof. Dr.-Ing. Gerd Geburtig

**Zur brandschutztechnischen Beurteilung vorhandener Bauteile –
historische Mauerwerkskonstruktionen**

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | Einleitung | 199 |
| 2 | Brand- und Bestandsschutz | 199 |
| 3 | Beurteilung bestehender Konstruktionen aus Mauerwerk | 203 |
| 4 | Geeignete Nachrüstungsmaßnahmen | 217 |
| 5 | Brandschutzkonzepte für Bestandsgebäude | 223 |
| 6 | Anmerkungen | 229 |
| | Autoren | 231 |
| | Sachregister | 234 |

Hybrid-/Reaktiv-/multifunktionale Bauwerksabdichtungen haben's schwer: in der Praxis bewährt, aber nicht geregelt

Nachträgliche Bauwerksabdichtung mit Flüssiger Polymer-modifizierter Dickbeschichtung

Rainer Spiegatis

Zusammenfassung

Das Regelwerk der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA) beschreibt mit dem WTA-Merkblatt 4-6 »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile« [1].

Ausgehend von den notwendigen Voruntersuchungen, unter Berücksichtigung der baukonstruktiven Gegebenheiten der geschädigten Bausubstanz, ist objektspezifisch das Abdichtungskonzept zu bemessen. Weitere Einflussgrößen sind abhängig von der jeweiligen Wasserbeanspruchung und der Nutzung des Kellers. Das Abdichtungskonzept wird von außen, innen oder mittels Injektionen gewählt und oftmals auch beim Bauen im Bestand kombiniert angewendet. Die in dem WTA-Merkblatt 4-6 beschriebenen Abdichtungsvarianten sind in der Bauwerksinstandsetzung und Denkmalpflege allgemein gebräuchlich und haben sich in der Praxis seit Jahrzehnten bewährt.

Seit dem ersten Erscheinen im Jahr 1998 werden mit dem WTA-Merkblatt 4-6 die Maßstäbe für die Planung und Ausführung, die Anforderungen an die zu verwendenden Abdichtungsstoffe sowie Kontrollen für das nachträgliche Abdichten erdberührter Bauteile festgelegt. Neben der sachkundigen Planung und fachgerechten Ausführung mit zertifizierten Produkten sollte der ausführende Bautenschützer Qualifikationsnachweise für diese Tätigkeiten besitzen.

Dieser Beitrag behandelt die nachträgliche Außenabdichtung im Bestand mit zukunftsorientierten flüssig aufzutragenden Abdichtungsstoffen.

1 Anforderungen

Als Abdichtung bezeichnet der Normentwurf DIN 18195 »Abdichtung von Bauwerken – Begriffe« diese als »bautechnische Maßnahme zum Schutz eines Bauteils und Bauwerkes vor Wasser und/oder Feuchte« [2].

Für die Bauwerksabdichtung im Bestand sind objektbezogen das Abdichtungskonzept und die notwendigen flankierenden Maßnahmen nach Abb. 1 zu wählen.

2 Anwendungsbereich

Bauwerksabdichtungen im Bestand umfassen die erdberührte Abdichtung von

- Mauerwerks- und Betonkellern im Wohnungs-bau < 3 m Einbindetiefe
- Kombinationsbauweisen, d.h. Konstruktionen aus Mauerwerk mit gründungssohlen aus Beton mit hohem Eindringwiderstand.

Die nachträgliche Bauwerksabdichtung ist von außen anzustreben und muss zu einer wannenar-tigen Ausbildung der Abdichtungsebenen führen. Die Ausführung zielt auf Zuverlässigkeit und dauerhafte Gebrauchstauglichkeit hin und hat vornehmlich die Aufgabe, den Baukörper vor Feuchteeintritt in die Konstruktion zu schützen.

3 Abdichtungsstoffe

Zurzeit sind in der DIN 18195-2 »Bauwerks-abdichtungen – Teil 2: Stoffe« Produkte für die erdberührte Außenabdichtung für den Neubau geregelt:

- Bitumen- und Polymerbitumenbahnen
- Kunststoff- und Elastomerbahnen
- kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschich-tungen (ehemals KMB, jetzt PMBC = polymer modified bituminous thick coatings for water-proofing).

Zusätzlich beschreibt das WTA-Merkblatt 4-6 für die nachträgliche Abdichtung

- Flüssigkunststoffe (FLK) für Detaileindichtun-
gen, wie Übergänge, Anschlüsse und Durch-
dringungen und als
- Flächenabdichtung nicht rissüberbrückende
(starre) mineralische Dichtungsschlämme
(MDS) zur Vordichtung oder für nicht rissge-
fährdete aber durchnässte Untergründe.

Rissüberbrückende (flexible) mineralische Dich-tungsschlämme (MDS) können, wenn vom Her-steller erlaubt, auch auf nicht mineralischen Untergründen eingesetzt werden. Nachträgliche Bauwerksabdichtungen aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand sind nach der WU-Richtlinie des DAfStb zu konzipieren und auszu-führen.

Kommen unterschiedliche Abdichtungsstoffe in der nachträglichen Abdichtung zum Einsatz, müs-
sen bereits in der Planungsphase die Materialver-träglichkeit sichergestellt und/oder vom Herstel-
ler nachgewiesen sowie Unverträglichkeiten des Untergrundes mit der Abdichtung ausgeschlos-sen werden.

Für Bauwerksabdichtungen im Bestand haben sich flüssig aufzutragende, nach der Applikation am Baukörper trocknende Abdichtungsstoffe bewährt. Hier sind in erster Linie kunststoffmodifi-zierte Bitumendickbeschichtungen (PMBC – »vorgefertigte kunststoffmodifizierte Bitumendick-
beschichtung auf Emulsionsbasis und mit oder ohne Beimengungen, wie z. B. Zusatzstoffe oder Mineralstoffe, die aus einer oder zwei Kompo-nente(n) besteht« [2]) und mineralische Dich-tungsschlämme (MDS) zu nennen.

»Die in [Tab. 1] angegebene Trockenschichtdicke stellt eine Mindesttrockenschichtdicke dar, die vor dem Anfüllen des Erdreiches sicherzustellen ist. Unter ständiger Lasteinwirkung, wie zum Beispiel Erd- oder Wasserdruck, kann eine Reduzierung der Trockenschichtdicke gegenüber der ursprüng-lichen Trockenschichtdicke (die z. B. zum Zeit-punkt der Abnahme des Gewerkes vorgelegen hat) erfolgen. Eine eventuelle Reduzierung der Trocken-

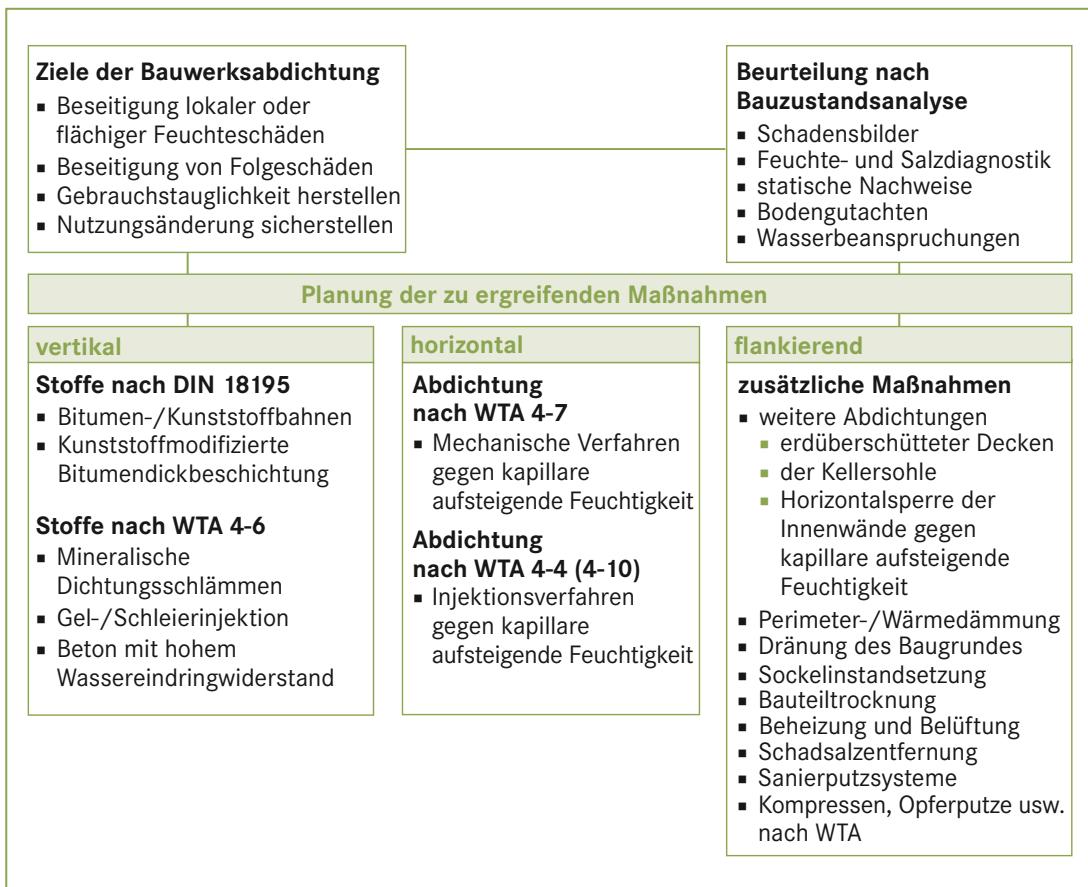


Abb. 1: Maßnahmenkatalog nachträglicher Bauwerksabdichtungen nach WTA [3]

| Art der Wasserbeanspruchung | Mindesttrockenschichtdicke | | Arbeitsgänge |
|---|----------------------------|------|--------------|
| | PMBC | MDS | |
| Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser | 3 mm | 2 mm | 2* |
| Aufstauendes Sickerwasser und drückendes Wasser | 4 mm** | 3 mm | 2* |
| * untergrundvorbereitende Füll-/Kratzspachtelung oder Haft-/Kontaktbrücke zu Altanstrich- und Beschichtungen stellt einen separaten Arbeitsgang dar | | | |
| ** vollflächige Verstärkungseinlage erforderlich | | | |

Tab. 1: Mindesttrockenschichtdicken flüssig aufzutragender Abdichtungsstoffe

schichtdicke führt dabei nicht automatisch im Umkehrschluss zur Funktionsuntüchtigkeit der Abdichtung.« [1]

4 Flexible polymere Dickbeschichtungen (FPD)

Bei den oftmals als »KMB ohne B« oder auch als »Hybrid-/Reaktivabdichtung« bezeichneten Abdichtungsstoffen handelt es sich vornehmlich um weiterentwickelte Mineralische Dichtungsschlämmen/Mineralische Dickbeschichtungen. Diese Produktart weist oftmals multifunktionalere Eigenschaften und Anwendungsbereiche auf als »klassische« Abdichtungsstoffe und übertrifft die in DIN 18195-2 geforderten Stoffeigenschaften von rissüberbrückenden MDS und PMBC. Herstellerabhängig erfüllen FPD-Produkte die Stoffeigenschaften der flüssigen Abdichtungsstoffe gleichzeitig.

4.1 Definition

Flexible polymermodifizierte Dickbeschichtungen sind spachtel-, schlamm- und streichbare, oftmals auch spritzfähige Massen für Bauwerksabdichtungen, die im Wesentlichen aus mineralischen Gesteinskörnungen, Füllstoffen, hydraulischen und/oder polymeren Bindemitteln sowie Additiven bestehen.

4.2 Performance

Die Anwendungs- und Leistungsbereiche sind:

- Abdichtung erdberührter Bauteile in Neubau und Bestand

- Sockelabdichtung nach DIN 18533
- Querschnittsabdichtung in und unter Wänden gemäß DIN 1996-2
- Nassraumabdichtung im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen gemäß DIN 18534
- Abdichtung im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen für Behälter und Becken gemäß DIN 18535
- Abdichtung im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen für Balkone und nicht unterwohnte Terrassen gemäß DIN 18531.

Die Vorbereitungen zur Aufnahme von FPD in die Bauregelliste sind angelaufen; Prüfgrundsätze werden gegenwärtig im Arbeitskreis der Deutschen Bauchemie erarbeitet. Die FPD werden als hochwertige Ergänzung zu den bereits existierenden Produktgattungen/Bauarten für Bauwerksabdichtungen angesehen, die damit einen eigenständigen Verwendbarkeitsnachweis erhalten.

Parallel zu diesen Aktivitäten wird seitens des AK 4.1 der Deutschen Bauchemie eine Planungs- und Ausführungsrichtlinie für die Bauwerksabdichtung erarbeitet.

5 Untergrundvorbereitung

Nach dem Freilegen der abzudichtenden Bauteile sind die Oberflächen zu reinigen und die Beschaffenheit des Untergrundes zu beurteilen. Übergänge zu End- und Ansatzpunkten sind soweit freizulegen, dass die Ausführung und Nachbehandlung der Abdichtung sichergestellt werden kann. Für FPD-Abdichtungen ist der Untergrund vorzubehandeln. Die Regelwerke fordern

– ebenso wie die technischen Datenblätter der Hersteller – Tragfähigkeit, Formstabilität sowie ausreichende Trockenheit und Frostfreiheit. Die Haftung beeinträchtigende Bestandteile sind zu entfernen. Der Untergrund muss frei von Fehlstellen sein und eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. Maßgeblich für die Funktionstüchtigkeit der Bauwerksabdichtung ist der vorbereitete Untergrund, denn dieser entscheidet über den Haftverbund.

Eventuell vorhandene Ausbruchsstellen auf mineralischem Untergrund, Vertiefungen, offene Fugen > 5 mm sind zu verschließen oder mit einem auf den Untergrund abgestimmten Mörtelsystem auszubessern. Bei Unebenheiten, Poren, Lunkern oder offenen Fugen bis zu 5 mm kann systembedingt ein Flächenausgleich mit dem eigentlichen Abdichtungsprodukt plan gespachtelt werden.

Aus der Reaktivabdichtung lässt sich bei Bedarf ebenfalls ein Egalisierungsspachtel und Vorbereitungsmörtel erstellen. Die Abdichtungsmatrix kann nach Herstellerangaben mit ofengetrocknetem Quarzsand, im Mischungsverhältnis 1:2-1:3 nach Gewichtsteilen verschnitten sowie als Kratzspachtelung und Ausgleichsmörtel verwendet werden. Der Vorteil dieser abgemagerten und trotzdem bindemittelreichen Egalisierungsspachtelung liegt gegenüber zementhaltigen Feinmörtelschichten darin, dass keinerlei Anreicherung von Bindemitteln an der Oberfläche auftritt. Beeinträchtigungen der Haftung von Folgeschichten durch minderfeste Sinterschichten sind somit ausgeschlossen. Untergrundvorbereitungen wie Kratz-, Füll- und Egalisierungsspachtelungen erfolgen immer vor dem Auftrag der ersten Abdichtungslage und stellen keine

Abdichtungsschicht dar. Ausrundungen am Wand-Sohlenanschluss oder vertikaler Innencken können ebenso durch Zugabe ofengetrockneten Hartquarzmörtels in geeigneter Rezeptur auf trockenen Untergründen ausgeführt werden.

Prinzipiell gilt, dass der Abdichtungsuntergrund frei von Graten und scharfkantigen Unebenheiten sein muss. Außenecken sind zu fasen, d. h. unter 45° abzutragen, damit die Abdichtung in gleichmäßiger Schichtdicke aufgetragen werden kann. So wird verhindert, dass zum späteren Zeitpunkt der Baugrubenverfüllung durch den Erddruck die Außenecke rückseitig in die Abdichtungsmembran einschneidet. Die Innenecken werden als Kehlen mit geeigneten Dichtungsmörteln, Radius von ca. 4–6 cm, ausgebildet.

Für die schadensfreie Durchtrocknung von FPD ist es wichtig, dass keine Schichtdickenschwankungen vorliegen und eventuelle Fehlstellen durch den zweilagigen Auftrag ausgeschlossen werden.

5.1 Grundierungen/Haftbrücken

Mineralische Untergründe werden in der Regel grundiert. Neben der Bindung von Staubpartikeln können eingesetzte Grundierungen die Oberfläche verfestigen. Wechselnde mineralische Untergründe erhalten eine gleichmäßige Saugfähigkeit. Die Grundierung richtet sich bei Material und Anwendung nach dem Untergrund. Art, Saugfähigkeit, Feuchtigkeit und vorhandene bituminöse Altabdichtungen entscheiden über die vorbereitenden Maßnahmen. Mit der Vorbehandlung der Bauteilloberfläche soll ein Zustand des Untergrundes erreicht werden, der einen dauerhaften

Verbund der Beschichtungen sicherstellt. Auch hier gilt, dass den Herstellerangaben Folge zu leisten ist.

5.2 Vorteil Haftung

Das Verbundverhalten von MDS wird auf mineralischem Untergrund getestet. Laut Anforderungen an die Haftzugfestigkeit nach DIN 18195-2 (Tabelle 7) werden $> 0,5 \text{ N/mm}^2$ gefordert. Die Haftung zum Untergrund von PMBC liegt erfahrungsgemäß deutlich unterhalb dem geforderten Wert für MDS. Überprüfungen des Verbundverhaltens von FPD auf Betonprüfplatten wiesen $> 0,5 \text{ N/mm}^2 < 1 \text{ N/mm}^2$ Haftzugfestigkeit auf. Beachtenswert sind auch die Bruchbilder: Fast überall liegt ein vollständiger Kohäsionsbruch vor, das heißt das Material ist innerhalb der Abdichtungsschichten gebrochen.

5.3 Zwischenabdichtung

Wenn mit Rückdurchfeuchtungen gerechnet werden muss, ist eine systemverträgliche Zwischenabdichtung aus nicht rissüberbrückender (starrer) MDS auf das abzudichtende Bauteil aufzutragen. Im Wand-Sohlenanschluss des Fundamentbereiches muss immer mit erhöhter rückseitiger Feuchtigkeitsbelastung gerechnet werden. Es empfiehlt sich bei Streifenfundamenten und auf der Stirnseite einer eventuell vorhandenen Bodenplatte eine Zwischenabdichtung aufzubringen. Im Bereich der aufgehenden Wand ist diese $> 25 \text{ cm}$ über die Horizontalsperre hinaus als Zwischenabdichtung aufzubringen. Für die Ausführung des Hinterfeuchtungsschutzes ist der Untergrund wie zuvor beschrieben vorzubereiten.

5.4 Überarbeitung von Altbeschichtungen

Sollten auf der abzudichtenden Fläche bitumenhaltige Altabdichtungen vorhanden sein, sind diese vor Beginn der Abdichtungsarbeiten in Art und Beschaffenheit zu überprüfen. Bahnenförmige Abdichtungsstoffe sind vollflächig zu entfernen. Restanhaltungen bitumenhaltiger Altabdichtung können nur auf dem Untergrund verbleiben, wenn sie fest haften und mit der FPD-Abdichtung verträglich sind.

Mit vollflächiger Reinigung des Abdichtungsuntergrundes werden nichthaftende Bestandteile der Altabdichtung entfernt. Die vorhandene Altabdichtung wird mechanisch gereinigt und mit herstellerspezifischer Haftbrücke versehen. Die Haftbrücke zwischen der FPD-Abdichtung zu bituminösen Altabdichtungen wird aus einer Haftbrücke aus der FPD-Abdichtung selbst vorgenommen. Nach Durchtrocknung dieser als Kratzspachtelung aufgetragenen, dünnenschichtigen Haftbrücke ist deren Haftverbund zur Altabdichtung zu prüfen. Die nachträgliche Bauwerksabdichtung erdberührter Bauteile auf vorhandenen PMBC/Bitumenaltanstrichen wird nach Durchtrocknung der Kontaktbrücke mit mindestens zwei Abdichtungslagen ausgeführt. Die vorangegangene Kratzspachtelung zählt nicht als Abdichtungslage.

Sollte es sich bei der vorhandenen Abdichtung um ein teerhaltiges Anstrichsystem handeln, muss dieses für Abdichtungen aus PMBC vollständig entfernt und fachgerecht entsorgt werden. Teeranstriche als Untergrund für FPD sind

objektbezogen zu prüfen. Herstellerempfehlungen ist Folge zu leisten.

Die Materialverträglichkeit und Verbundhaftung ist bauseits zu prüfen.

Musterflächen könnten wie folgt ausgeführt werden:

- Zunächst wird der Untergrund von haftungs-mindernden Bestandteilen gereinigt.
- Es folgt eine porenfreie Kratz-/Füllspachtelung mit dem FPD-Produkt.
- Nach Durchtrocknung der Kontaktsschicht, frühestens am Folgetag,
- wird die 1. Lage der FPD-Abdichtung mit mittiger Einarbeitung einer Verstärkungseinlage, Schichtdicke ca. 3 mm, aufgetragen. Als Verstärkungseinlage ist ein grobmaschiges Glas-seidengitter/-gewebe vorteilhaft. Es sollte > 10 cm über die Musterfläche hinausragen.
- Nach Durchtrocknung der 1. Abdichtungslage ist die 2. Lage FPD mit Schichtdicke < 2 mm aufzutragen.
- An den freien Enden kann dann nach vollstän-diger Durchtrocknung der 2. Abdichtungslage die manuelle Haftzugprüfung durch Zerren am Gitter durchgeführt werden.
- Die flächige Haftung ist gegeben, wenn die Trennung zwischen den Lagen erfolgt. Reißt das Gewebe auch die alte Abdichtungsschicht vom Untergrund ab, ist die Altabdichtung vom Untergrund, wie zuvor beschrieben, vollflächig zu entfernen.

Es ist sicherzustellen, dass es zu keiner Funktionseinschränkung gegenüber einem Abdich-tungssystem auf mineralischem Untergrund kommt. Musterflächen können Aufschluss geben.

Ist die Verträglichkeit der Abdichtungsstoffe untereinander nicht gegeben, sollte eine Untergrundreinigung mittels Strahlen mit festem Strahlgut oder Trockeneis-Strahlen erfolgen. Wei-tere Vorbehandlung und Aufbau des darauf auf-zubringenden Abdichtungssystems sind nach Herstellerangaben auszuführen.

6 Verarbeitung

Die Bauteil-, Luft- und Umgebungstemperaturen sollten für FPD-Abdichtungen > 5 °C betragen. Die Flächenabdichtung erfolgt nach Aufbereitung beider Komponenten. Den produktspezifischen Hinweisen zum Aufbereiten/Mischen des Mate-rials und den Verarbeitungsanleitungen aus den Technischen Datenblättern ist Folge zu leisten. Die nachträgliche Abdichtung wird immer in mindestens zwei Arbeitsgängen/Aufträgen ausge-führt. Der Auftrag kann im Streich-, Spachtel- oder Spritzverfahren erfolgen. Systembedingte Abtrocknungszeiten sind als Wartezeit einzuhalten. Die Abdichtungsausführung kann auf unebe-nen Untergründen mit dem Mauerquast erfolgen. Applikation in Dichtstromförderung mit Luft-zerstäubung ist mit geeigneter Spritzmaschinen-technik möglich. Der Einbau einer Verstärkungseinlage ist herstellerabhängig nach Vorgabe einzubauen. Die Verstärkungseinlage dient zur Sicherstellung einer zweilagigen Ausführung und mit hohlraumfreier Verlegung zur Gewährleistung der Mindestschichtdicke. Der folgende Arbeits-gang erfolgt nachdem der vorangegangene aus-reichend widerstandsfähig ist und nicht mehr beschädigt werden kann.

Schwankungen infolge handwerklicher Ausführung sollten an keiner Stelle auftreten bzw. unterschritten werden. Die Nassschichtdicke sollte ebenfalls an keiner Stelle um mehr als 100% überschritten werden, um ein gleichmäßiges Durchtrocknen zu gewährleisten und um Rissbildung der oberen Abdichtungshaut zu vermeiden. Da oftmals die physikalische der reaktiven Trocknung vorangeht, können Spannungen der auftrocknenden oberen Schicht nicht auf die untere noch »frische« abgetragen werden. Rissbildungen können bei nicht gleichverlaufenden Trocknungsbedingungen auftreten.

7 Mindesttrockenschichtdicke

Die Mindesttrockenschichtdicke ist vor dem Anfüllen des Erdreiches und Verfüllung der Baugrube sicherzustellen. Entsprechend der Wasserbeanspruchung beträgt die Mindesttrockenschichtdicke im Anwendungsbereich vergleichbar einer PMBC-Abdichtung 3 bzw. 4 mm. Ein entsprechender Frischschichtdickenauftrag ist nach Herstellervorgabe hierfür zu berücksichtigen.

Im Anwendungsbereich mineralischer Dichtungsschlämme beträgt die Mindesttrockenschichtdicke nach MDS-Richtlinie [5] und WTA-Merkblatt 4-6 als Abdichtung gegen Bodenfeuchte/nicht stauendes Sickerwasser > 2 mm und als Abdichtung gegen Aufstauendes Sickerwasser/Druckwasser > 3 mm.

8 Fazit

Flüssig aufzutragende Abdichtungsstoffe für Bauwerksabdichtungen, die nach dem Auftrag erhärten und einen Verbund mit dem Baustoff eingehen, haben sich bewährt. Die reaktiv abbindenden, flüssig zu verarbeitenden flexiblen polymermodifizierten Dickbeschichtungen vereinen die bauseitigen Anforderungen und Prüfgrundsätze von mineralischen Dichtungsschlämmen und kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen für Bauwerksabdichtungen durch ihre Verarbeitungs- und Festmörteleigenschaften.

Im Vergleich zu einer MDS weist eine FPD deutlich höhere rissüberbrückende Eigenschaften auf. Unter ständiger Lasteinwirkung, wie zum Beispiel Erd- oder Wasserdruck, findet die lastabhängige Reduzierung der Trockenschichtdicke nicht oder nur abgeschwächt, im Vergleich zu einer PMBC-Abdichtung, statt. Neben der hohen Flächendruckbelastbarkeit ist eine FPD alterungsbeständiger gegenüber einer PMBC. Die FPD ist deutlich höher im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Druck und Komprimierung einzuschätzen, da andere Füllstofftechnologien als bei PMBCs verwendet werden. Die Eignung als Querschnittsabdichtung in und unter Mauerwerk ist zusätzlich mit hervorragender Haftscherfestigkeit gegeben.

Witterungsunabhängige Durchtrocknung, hohe Haftzug- und Druckfestigkeitswerte sowie frühzeitige Druckwasserbelastung zeichnen diese zukunftsweisenden Bauwerksabdichtungen mit exzellenten Verarbeitungseigenschaften aus.

Durch innovative kombinierte Bindemittelsysteme wird die Durchtrocknungseigenschaft der Abdichtungslagen mit herausragender Zwischenhaftung erreicht. Dieses hervorragende Hafungsspektrum wird auf unterschiedlichsten Untergründen durch reaktive Oberflächenvernetzung erreicht.

Die Abdichtungsbauweise mit flexiblen polymeren Dickbeschichtungen wird für zahlreiche Abdichtungen nicht wasserdichter Baukörper und Bauteile verwendet.

9 Literatur

- [1] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 4-6-14/D. Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [2] DIN 18195:2015-06. Abdichtung von Bauwerken – Begriffe
- [3] Brundiers, Andreas; Hebeisen, Gero; Hunstock, Ralf; Meyer, Arnt; Spiegatius, Rainer: Außenabdichtungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2015
- [4] DIN EN 15814:2015-03. Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen zur Bauwerksabdichtung – Begriffe und Anforderungen; Deutsche Fassung EN 15814:2011 + A2:2014
- [5] Deutsche Bauchemie e. V. (Hrsg.): Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen von Bauteilen mit mineralischen Dichtungsschlamm. Ausgabe 05-2002

Mörtel: Inhaltsstoffe nach Norm für Materialien nach Objektanforderungen

Dr. Petra Egloffstein, Walter Simon

Zusammenfassung

Bei der Auswahl von Reparaturmaterialien für die Sanierung historischer, denkmalgeschützter Mauerwerksbauten ist die Bestandserfassung der Gebäude in historischer sowie regionaler Sicht sehr wichtig. Im historischen Mauerwerk ist für den Erhalt des Materialbestands die Verträglichkeit von Alt und Neu auch im Mörtelbereich notwendig. Deshalb ist das genaue Wissen über die historischen und die modernen Mörtelmaterialien sowohl in ihrer Zusammensetzung als auch in ihrer Normung sowie in ihrer Abweichung davon von entscheidender Bedeutung. Trotz ge- normter Bindemittel, Zuschläge, Zusatzmittel und Zusatzstoffe werden oft Reparaturmaterialien eingesetzt, welche von genormten Produkten abweichen.

1 Inhaltsstoffe nach Norm für Mörtel

1.1 Gips

In bestimmten Regionen wurden, geologisch be- dingt, für historische Bauwerke Gipssteine und Gipsmörtel eingesetzt [1]. Bei den Reparaturen mit nicht geeigneten Materialien entstanden

zahlreiche Schäden. Das macht es erforderlich, auch in heutiger Zeit Reparaturmaterialien auf Gipsbasis zu verwenden. Bei der Reparatur ist es von entscheidender Bedeutung, Gipsbaustoffe zu identifizieren, da sich mit den Inhaltsstoffen von kalk- und zementgebundenen Reparaturbaustoffen Treibminerale wie Ettringit und Thaumasit mit erheblicher Volumenzunahme bilden können. Gips kann in unterschiedlichen Hydratations- stufen vorliegen. So können die Phasen CaSO_4 - Dihydrat, CaSO_4 -Halbhydrat und CaSO_4 -Anhydrit unterschieden werden. Die Anforderungen, Prüfungen und die Überwachung sind in [2] geregelt. Zur Charakterisierung historischer Gipsmörtel und ihrer Verwendung im Außenbereich sind weiterführende Untersuchungen in [3-5] darge- stellt. In der Mauerwerksnorm werden Mörtel mit dem Bindemittel Gips nicht berücksichtigt.

1.2 Kalk

Als Ausgangsmaterial für das Kalkbrennen wird Carbonatgestein, wie Kalkstein, Marmor, Travertin, mergelige Kalksteine bis dolomitische Kalk- steine und Dolomit, verwendet.

Bei Brenntemperaturen von ca. 900 °C entweicht das Kohlendioxid (CO_2) des Kalksteins (CaCO_3) und es bildet sich Calciumoxid (CaO). Dieses ge- brannte Material wird Branntkalk oder Stückkalk genannt. Wird dieser Kalk mit Wasser abgelöscht, entsteht Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), der gelöschte Kalk. Bei dolomitischen Kalken werden die ent- sprechenden Magnesiumoxide und -hydroxide gebildet.

Beim Kalklöschen unterscheidet man das Nass- löschen mit Wasserüberschuss und das Trocken-

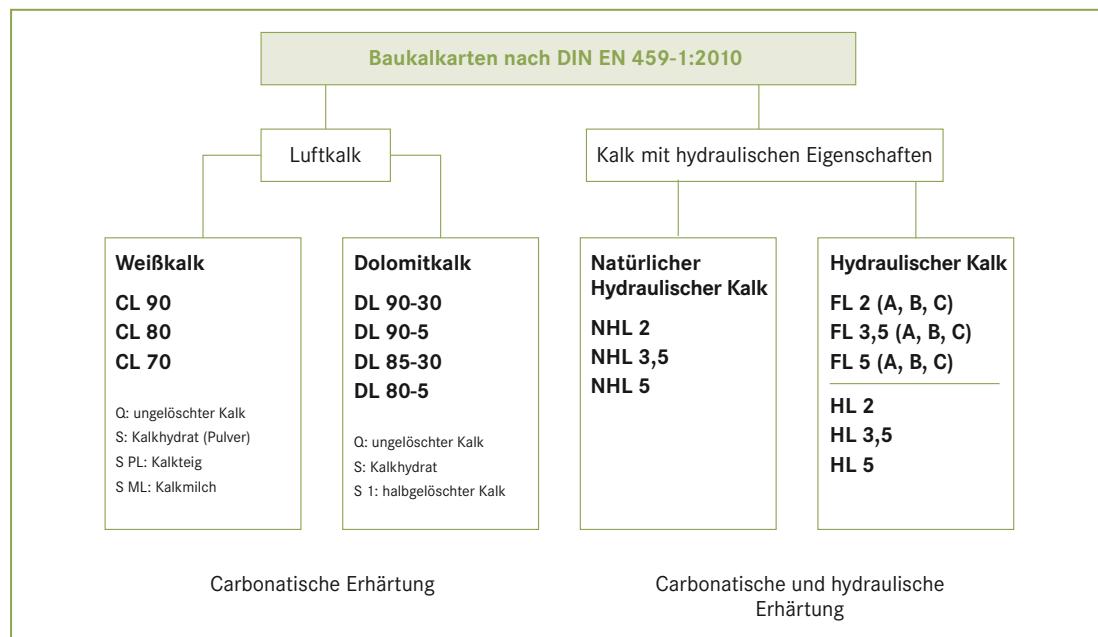


Abb. 1: Baukalke nach DIN EN 459-1 [6]

löschen mit dosierter Wassermenge. Beim Löschen mit Wasserüberschuss entsteht der sog. Sumpfkalk, beim Trockenlöschen entstehen sog. Staub- oder Sackkalke.

Die heutigen Baukalkarten sind genormte Baustoffbindemittel und werden nach [6] eingeteilt. Hierbei werden Baukalke mit reiner carbonatischer Erhärtung sowie Baukalke mit carbonatischer und hydraulischer Erhärtung unterscheiden. Unter carbonatischer Erhärtung versteht man die Aufnahme von Kohlendioxid (CO_2) in das Kristallgitter des Calciumhydroxids ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) unter Feuchteinfluss zur Bildung von Calciumcarbonat (CaCO_3). Bei carbonatischer und hydraulischer Erhärtung werden neben der Bildung von Calciumcarbonat hydraulische Phasen, sog. Cal-

ciumsilikathydratphasen, gebildet, welche unter Wasserbindung entstehen.

Das Ausgangsprodukt (Kalk oder mergeliger Kalk) und die Brenntemperaturen entscheiden über die Anteile der Klinkerminerale. Je höher die Hydraulikfaktoren SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 , desto höher die Festigkeiten im abgebundenen Mörtel.

Des Weiteren sind ungemischte Weißkalke (CL 90, CL 80, CL 70) mit den Ausgangsmaterialien von relativ reinen Kalksteinen und niedrigen Brenntemperaturen (bis 1000 °C) und ungemischte natürliche hydraulische Kalke (NHL 2, NHL 3,5, NHL 5) mit Ausgangsmaterialien von mergligen Kalksteinen und mittleren Brenntemperaturen (bis zu 1200 °C) zu unterscheiden.

| Bezeichnung | Kurzzeichen | verfügbarer Kalk als $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | Druckfestigkeit [MPa] nach 28 Tagen |
|------------------------------------|-------------|---|-------------------------------------|
| natürlicher hydraulischer Kalk 2 | NHL 2 | ≥ 35 | $\geq 2 \text{ bis } \leq 7$ |
| natürlicher hydraulischer Kalk 3,5 | NHL 3,5 | ≥ 25 | $\geq 3,5 \text{ bis } \leq 10$ |
| natürlicher hydraulischer Kalk 5 | NHL 5 | ≥ 15 | $\geq 5 \text{ bis } \leq 15$ |
| formulierter Kalk 2 | FL 2 | | $\geq 2 \text{ bis } \leq 7$ |
| formulierter Kalk 3,5 | FL 3,5 | | $\geq 3,5 \text{ bis } \leq 10$ |
| formulierter Kalk 5 | FL 5 | | $\geq 5 \text{ bis } \leq 15$ |
| FL A | | $\geq 40 \text{ und } < 80$ | |
| FL B | | $\geq 25 \text{ und } < 50$ | |
| FL C | | $\geq 15 \text{ und } < 40$ | |
| hydraulischer Kalk 2 | HL 2 | ≥ 10 | $\geq 2 \text{ bis } \leq 7$ |
| hydraulischer Kalk 3,5 | HL 3,5 | ≥ 8 | $\geq 3,5 \text{ bis } \leq 10$ |
| hydraulischer Kalk 5 | HL 5 | ≥ 4 | $\geq 5 \text{ bis } \leq 15$ |

Tab. 1: Calciumhydroxidgehalte und Druckfestigkeiten von Prüfmörteln, welche mit Normsand hergestellt wurden, nach DIN EN 459-1 [6]

Gemischte Produkte mit hohen Calciumhydroxidanteilen (FL 2, FL 3,5, FL 5) werden als formulierter Kalk bezeichnet und differieren nach neuer Norm deutlich von den gemischten hydraulischen Kalken (HL 2, HL 3, HL 5). Die Mischungen der FL-Kalke können vielfältiger Natur sein. So können Weißkalke, natürliche hydraulische Kalke mit puzzolanischen (z. B. Trass, Ziegelmehl, Stoffe mit reaktiver Kieselsäure) oder latent hydraulischen Zusätzen (z. B. Hochofenschlacken) und Zementen gemischt werden. Die Ausgangsstoffe und Mengenanteile müssen auf dem Bindemittelsack deutlich gekennzeichnet werden.

In der Abb. 1 werden die Baukalke nach [6] aufgezeigt. Tab. 1 verdeutlicht die Unterschiede der Kalke in ihren Anteilen des Calciumhydroxid-

gehalts ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) in Abhängigkeit ihrer Normdruckfestigkeiten.

1.3 Zement

Ab ca. 1850 wurden auch in Deutschland Portlandzemente als hydraulische Zusätze dem Mörtel beigefügt. Bei der Zementherstellung sind Temperaturen über $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ notwendig, um eine Teilschmelze zu erreichen und so ausreichend hydraulische Phasen zu bilden. Zemente zeichnen sich durch eine rein hydraulische Erhärtung aus. [7] und [8] geben einen Überblick über die heute verwendeten Zemente. Zu dem Ausgangsprodukt Portlandzement können in bestimmten Anteilen Hüttensand, Silikatstaub, natürliche und natürlich getemperte Puzzolane, kieselsäure-

| Hauptzementarten | Bennung | Kurzbezeichnung | Hauptbestandteile ¹⁾ | | | | | | | | | | Nebenbestandteile ²⁾ | | | |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|------------|-------------|----------|-------------|-----------|------------------|------------|-----------|---------------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | | | Portlandzement | Portlandhüttenzement | Hüttensand | Silicestaub | Puzzolan | natriumfrei | Puzzolane | Kieselsäurereich | Flugaschen | Kalkreich | Schiefer | Gebrochener | Kalkstein | Kalkstein |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEM I | Portlandzement | CEM I | 95-100 | | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM II | Portlandhüttenzement | CEM II/A-S | 80-94 | 6-20 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-S | 65-79 | 21-35 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| | Portlandsilicestaubzement | CEM II/A-D | 90-94 | | 6-10 | | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/A-P | 80-94 | | 6-20 | | | | | | | | | | | 0-5 |
| | Portlandpuzzolanzement | CEM II/B-P | 65-79 | | 21-35 | | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/A-Q | 80-94 | | | 6-20 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-Q | 65-79 | | | 21-35 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | Portlandflugaschenzement | CEM II/A-V | 80-94 | | | 6-20 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-V | 65-79 | | | 21-35 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/A-W | 80-94 | | | | 6-20 | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-W | 65-79 | | | | 21-35 | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM III | Portland-schieferzement | CEM II/A-T | 80-94 | | | | 6-20 | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-T | 65-79 | | | | 21-35 | | | | | | | | | 0-5 |
| | Portlandkalksteinzement | CEM II/A-L | 80-94 | | | | | 6-20 | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-L | 65-79 | | | | | 21-35 | | | | | | | | 0-5 |
| | Portlandkompositzement ³⁾ | CEM II/A-LL | 80-94 | | | | | | 6-20 | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-LL | 65-79 | | | | | | 21-35 | | | | | | | 0-5 |
| CEM IV | Hochofenzement | CEM II/A-M | 80-94 | | | 6-20 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM II/B-M | 65-79 | | | 21-35 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | CEM V | CEM IIIA | 35-64 | 36-65 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM IV | Puzzolanzement ³⁾ | CEM III/B | 20-34 | 66-80 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM III/C | 5-19 | 81-95 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM V | Kompositzement ³⁾ | CEM IV/A | 65-89 | | | 11-35 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM IV/B | 45-64 | | | 36-55 | | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM V | Kompositzement ³⁾ | CEM V/A | 40-64 | 18-30 | | 18-30 | | | | | | | | | | 0-5 |
| | | CEM V/B | 20-38 | 31-50 | | 31-50 | | | | | | | | | | 0-5 |

1) Die Werte (in Massen-%) der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile, d. h. ohne C-Silikatminerale und ohne Zuschlagskörnungen.

2) Der Anteil an Silicestaub ist auf 10% begrenzt.

3) In CEM II/A-M und CEM II/B-M, in den CEM Puzzolanzenzementen CEM IV/A und CEM IV/B und in den CEM Kompositzementen CEM V/A und CEM V/B müssen die Hauptbestandteile neben dem Portlandzementdinkler des Zementes, die als Nebenbestandteile dem Zement zugesetzt werden, dürfen nicht gleichzeitig im Zement als Hauptbestandteil vorhanden sein.

Abb. 2: Zementarten und deren Zusammensetzung nach [7] (Angabe in Massen-%)

reiche und kalkreiche Flugaschen, gebrannter Schiefer und Kalkstein zugesetzt werden. Abb. 2 zeigt die Zementarten und deren Zusammensetzung nach [7]. Der Einsatz für Mörtel mit Zement als Bindemittel ist ab ca. 1850 in bestimmten Gebieten von Deutschland als Reparaturmaterial für den historischen Bestand begrenzt.

In Gebieten, in denen sich Eisenindustrien niedergelassen haben, sind dem Mörtel auch in der Historie sehr oft Hochofenzemente beigemischt.

1.4 Gesteinskörnungen

Neben den Bindemitteln ist die Auswahl der Zuschlagskörnung anhand der Sieblinie für die Eigenschaften der Mörtel von entscheidender Bedeutung. Mit zunehmender Verbreitung der Werk trockenmörtel gerät das Wissen um geeignete Sieblinien von Mörtelsanden in Vergessenheit. Bei baustellengemischten Mörteln ist dies jedoch für die Dauerhaftigkeit von entscheidender Bedeutung. Wichtig sind neben einem gut

| Mörtelart | Mörtelgruppe nach DIN 1053 | Druckfestigkeitsklasse nach DIN EN 998-2 min. | Fugendruckfestigkeit im Alter von 28d * ** | | |
|-----------|----------------------------|---|--|--------------|---------------|
| | | | Verfahren I | Verfahren II | Verfahren III |
| | | | N/mm ² | | |
| NM | I | M 1 | - | - | - |
| | II | M 2,5 | 1,25 | 2,5 | 1,75 |
| | IIa | M 5 | 2,5 | 5,0 | 3,5 |
| | III | M 10 | 5,0 | 10,0 | 7,0 |
| | IIIa | M 20 | 10,0 | 20,0 | 14,0 |
| LM | LM 21 | M 5 | 2,5 | 5,0 | 3,5 |
| | LM 36 | M 5 | 2,5 | 5,0 | 3,5 |
| DM | DM | M 10 | - | - | - |

* Die Prüfung erfolgt nach dem in DIN 18555-9 [17] beschriebenen Verfahren. Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn der Nachweis nach einem der drei Verfahren erfolgt ist.

** Die Prüfung der Fugendruckfestigkeit muss mit Referenzsteinen erfolgen. Referenzsteine sind Kalksandsteine nach DIN 106 – KS12 – 2,0-NF [32] (ohne Lochung und Grifföffnung) mit einer Eigenfeuchte von 3 bis 5 M.-%, deren Eignung für diese Prüfung von der Amtlichen Materialprüfanstalt für das Bauwesen beim Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Universität Hannover bescheinigt worden ist.

Tab. 2: Anforderungen an die Druckfestigkeit für Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften nach DIN V 18580 [18]

abgestuften Kornaufbau die Kornart und Kornform. Abb. 3 zeigt die nach [9] empfohlenen Sieblinien.

Auch die Anteile der abschlämmbaren Bestandteile sind von Bedeutung. Diese sollten beim Mauersand < 8 % und bei Putzsand < 5 % sein. Weiter ist darauf zu achten, dass sie möglichst tonmineralfrei sind. Informationen bezüglich der Kriterien geeigneter Sande für Mauer- und Putzmörtel werden in [10] angegeben. In [11] sind Kornverteilungen von Zuschlagstoffen dargestellt. Gesteinskörnungen sind nach [12] genormt.

1.5 Zusatzstoffe

Mörtelzusatzstoffe, wie Kalksteinmehl, Flugasche, Ziegelmehl, Trass usw., unterliegen zum Teil einer Stoffnorm (z. B. Trass DIN 51043 [13], Flugasche DIN EN 450 [14]), können aber auch ungenormt nach Eignungsprüfung durch den Hersteller dem Mörtel zugegeben werden.

1.6 Zusatzmittel

Zusatzmittel sind für den Einsatz im Mörtel nach DIN EN 998 [15] in der Regel nicht genormt. Sie werden in Verantwortung des Herstellers zugegeben. Sie müssen in die Mörteleignungsprüfung des Herstellers einbezogen werden.

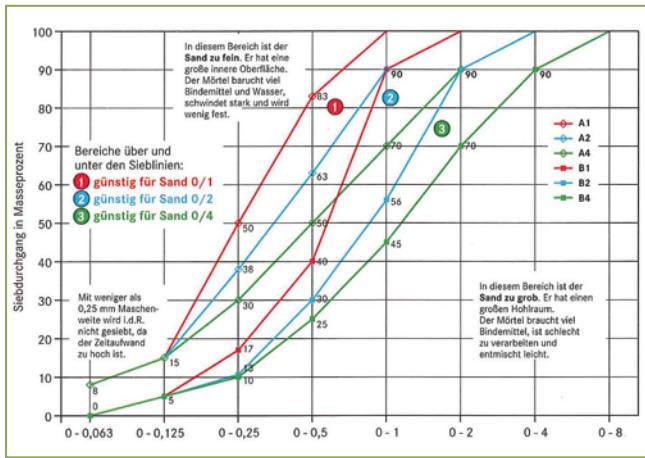


Abb. 3: Empfohlene Sieblinien nach [9]

| Putzmörtelgruppe | Mörtelart |
|------------------|--|
| P I | Luftkalkmörtel, Wasserkalkmörtel, Mörtel mit hydraulischem Kalk |
| P II | Kalkzementmörtel, Mörtel mit hochhydraulischem Kalk oder mit Putz- und Mauerbinder |
| P III | Zementmörtel mit oder ohne Zusatz von Kalkhydrat |
| P IV | Gipsmörtel und gipshaltige Mörtel |

Tab. 3: Putzmörtelgruppen nach DIN 18550 [23]

2 Mörtelanforderungen

2.1 Mauer- und Fugenmörtel

Die mineralisch gebundenen Mörtel bestehen aus Bindemittel, Gesteinskörnung und Zugabewasser. Des Weiteren können andere Zusätze und Zusatzmittel beigefügt werden. Bei einem Werk trockenmörtel sind die einzelnen Bestandteile nach den gängigen Normen angegeben.

Der Mörtel ist nach seinen Eigenschaften (Performance-Konzept), jedoch nicht in seiner Zusammensetzung genormt.

Der Mauermörtel wird in Normalmauermörtel (NM), Leichtmauermörtel (LM) und Dünnbettmörtel (DM) unterschieden. In [16] ist ausführlich die Veränderung der gängigen Normen dargestellt.

Für die Instandsetzung im historischen Mauerwerk sind neben den Zusammensetzungen der Reparaturmaterialien die mechanischen und hygrischen Eigenschaften der Mörtel ausschlaggebend.

Die wichtige Eigenschaft »Fugendruckfestigkeit« wird in der europäischen Norm für Mauermörtel nicht gefordert [17]. Die Kombination der Anforderungen aus DIN EN 998-2 [15] und der »Restnorm« DIN V 18580 [18] ergibt das Anforderungsniveau, wie es bisher in DIN 1053-1 [19], Anhang A enthalten war. So können nach DIN V 18580 die Anforderungen an die Druckfestigkeit für Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften, wie in Tab. 2 dargestellt, eingeteilt werden.

So werden die Mörtel, welche nach der europäischen Norm DIN EN 998-2 [15] zusätzlich die Anforderungen der weitergehenden »Restnorm« DIN V 18580 [18] erfüllen, mit dem CE- und dem Ü-Zeichen gekennzeichnet. Diese können dann anhand ihrer Bezeichnungen direkt einer der bekannten Mörtelgruppen nach DIN 1053 [19] zugeordnet werden.

In Deutschland bestehen gemäß DIN V 20000-412 [20] keine Anforderungen an die Wasser-

| Putzsystem | Anforderungen (bei Prüfung nach DIN V 18550, Anhang A) |
|---|---|
| wasserhemmend | $0,5 < w < 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ |
| wasserabweisend | $w \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ * $s_d \leq 2,0 \text{ m}$ $w \times s_d \leq 0,2 \text{ kg}/(\text{m} \times \sqrt{\text{h}})$ |
| w Wasseraufnahmekoeffizient in $\text{kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ s_d diffusionsäquivalente Luftschichtdicke in m $s_d = \mu \times s$ mit μ Koeffizient der Wasserdampfdurchlässigkeit nach [24] s Dicke des Putzsystems in m | |

* Diese Forderung gilt bei mineralischen Putzen auch als erfüllt, wenn bei der Prüfung nach 28 d der Wasseraufnahmekoeffizient bis um den Faktor 2 größer ist; bei der Ermittlung von $w \times s_d$ wird in diesem Fall der Wasseraufnahmekoeffizient w mit $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ angegeben.

Tab. 4: Anforderungen an den Regenschutz der Putzsysteme nach DIN 18550 [23]

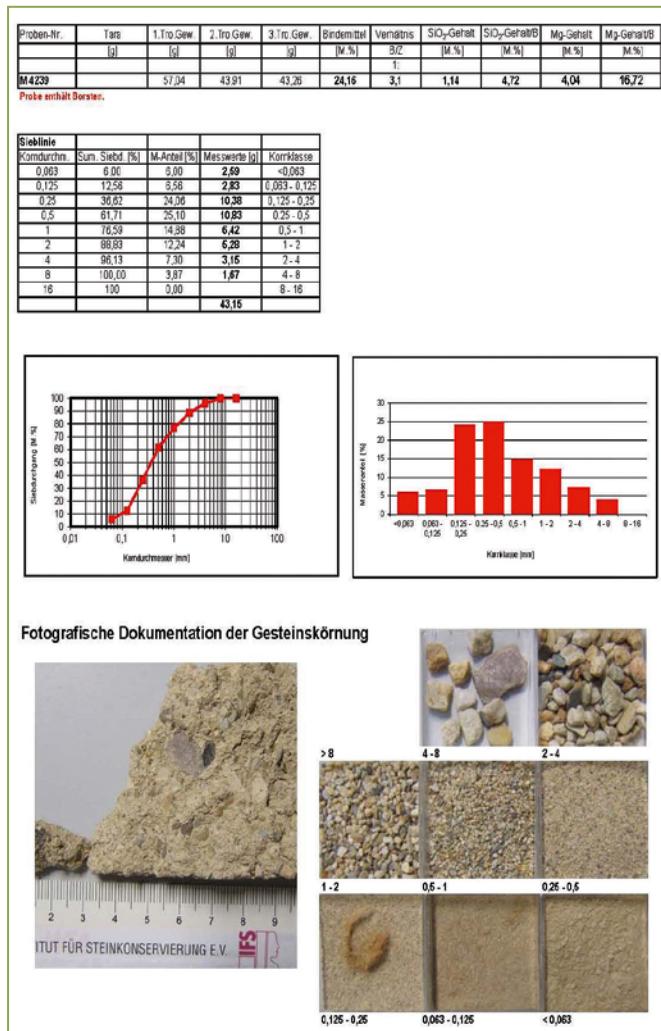
| Eigenschaft | Klasse | Anforderung |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| Druckfestigkeit (28 Tage) | CS I CS II CS III CS IV | 0,4 bis 2,5 N/mm ² 1,5 bis 5,0 N/mm ² 3,5 bis 7,5 N/mm ² ≥ 6,0 N/mm ² |
| kapillare Wasseraufnahme * | W 0 W 1 W 2 | Nicht festgelegt $c \leq 0,40 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{min}})$ $c \leq 0,20 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{min}})$ |
| Wärmeleitfähigkeit | T 1 T 2 | $\leq 0,1 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ $\leq 0,2 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ |

* umgerechnet in die in Deutschland üblichen Werte betragen:
W 1: $w \leq 3,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$
W 2: $w \leq 1,55 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$

Tab. 5: Klassifizierung der Eigenschaften der Putzmörtel nach DIN EN 998-1 [15]

aufnahme von Mauermörtel. In der Regel deklarieren die Mörtelhersteller einen Wert von $0,40 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{min}})$ ($< 3,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$).

Bei baustellengemischten Mörteln ist eine regelmäßige Kontrolle auf das richtige Mischungsverhältnis über die gesamte Bauzeit notwendig. Die Überwachung erfolgt nach [18, 21].



2.2 Putze

Bei Putzen, in denen Gips das »aktive Grundbindemittel« ist, gilt DIN EN 13279 [22]. Ansonsten gilt die DIN EN 998-1 [15] für mineralische Putze aus Gips und/oder Anhydrit, Kalk und Zement.

Nach DIN V 18550 [23] können die Putze in Putzmörtelgruppen gemäß Tab. 3 eingeteilt werden.

Diese Mörtel haben die in Tab. 4 genannten Anforderungen an den Regenschutz nach DIN V 18550 zu erfüllen.

Nach DIN EN 998-1 [15] werden die Anforderungskriterien für die Prismendruckfestigkeit, die kapillare Wasseraufnahme und die Wärmeleitfähigkeit

von Putzmörtel in Gruppen eingeteilt, welche in Tab. 5 aufgeführt sind.

Diese Druckfestigkeitswerte sind als Prismenfestigkeiten definiert. Der Putzuntergrund hat jedoch einen entscheidenden Einfluss auf die Festigkeiten des Putzmörtels am Mauerwerk. Durch die Saugfähigkeit des Untergrundes kommt es zu einer deutlichen Festigkeitssteigerung des Putzmörtels; wobei hier schnell saugende Untergründe diesen Effekt deutlicher zeigen als langsam saugende Untergründe.

3 Mörteluntersuchungen

Um eine Aussage über die vollständige Zusammensetzung der historischen Mörtelmaterialien zu treffen, ist eine naturwissenschaftliche Untersuchung der Mörtel notwendig. Dazu ist eine repräsentative Probenentnahme erforderlich. Für eine chemisch-mineralogische Untersuchung reicht eine Probemenge von 30 bis 50 g aus. In [25] wird ausführlich auf die naturwissenschaftliche Mörtelanalyse und ihre praktische Anwendung für die Nachstellung von Mörteln eingegangen.

Die Analyse erfolgt nach der Publikation von [25]. Bei der Untersuchung werden die säurelöslichen Bindemittelanteile aufgelöst. Mit dieser Untersuchung können der Gesamtbindemittelgehalt, das Mischungsverhältnis, der sog. lösliche SiO_2 -Gehalt des Bindemittels, der MgO -Gehalt und die Sieblinie des Zuschlags dargestellt werden. Abb. 4 zeigt ein exemplarisches Untersuchungsergebnis einer Mörtelanalyse.

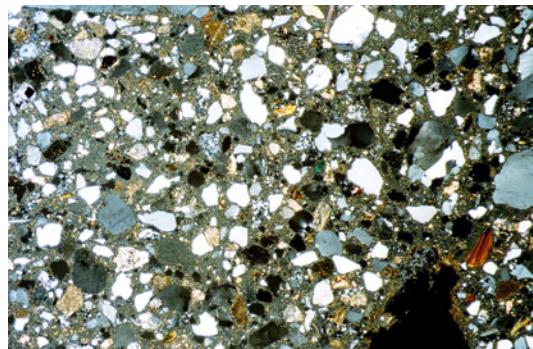


Abb. 5: Dünnschliffaufnahme eines Mörtels, 2,5-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols, Bildlänge 5 mm
(Quelle: IFS Mainz)

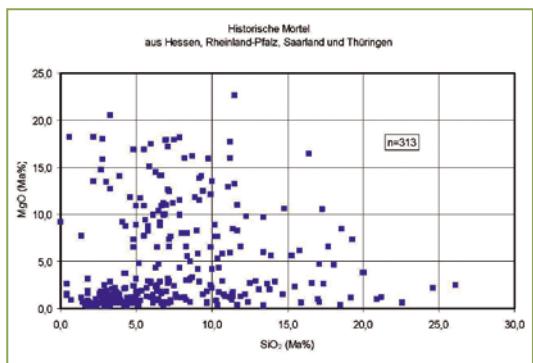


Abb. 6: Zusammensetzung historischer Kalkbindemittel
(Quelle: IFS Mainz)

Der Magnesiumgehalt zeigt an, dass ein Dolomitkalk als Ausgangsstoff des Bindemittels gedient hat. Der SiO_2 -Gehalt, bezogen auf das Bindemittel, verdeutlicht die hydraulischen Anteile im Mörtel. Diese können natürlichen Ursprungs sein und durch mergelige Rohstoffe hervorgerufen werden oder sind auf Zugabe von puzzolanischen (z. B. Trass, Ziegelmehl) oder latent hydraulischen Stoffen (z. B. Hochofenschlacken) zurückzuführen. Bei Mörteln, die ab ca. 1850 verwendet wurden, können auch Zemente den SiO_2 -Gehalt des Bindemittels erhöhen.

Die Sieblinie und die fotografische Dokumentation geben Auskünfte über die Kornformen und die Herkunft der Zuschläge. So können gerundete Flusssande von eckigeren Grubensanden unterschieden werden. Die Anteile an Gesteinskörnungen sind ebenfalls sichtbar. Zur weiteren Charakterisierung der Mörtel kann die Auswertung von Dünnenschliffen (Abb. 5) weiterhelfen.

Hierbei können die Zusammensetzung der Zuschlagskörner, das Gefüge, die Porosität und Art der Poren ermittelt werden. Bei säureempfindlichen Zuschlägen (z. B. Kalksplitt, Marmorsplitt), welche mit der chemischen Analyse nicht analysiert werden können, ist die Dünnenschliffmikroskopie oft die einzige Möglichkeit, Aussagen über die Zusammensetzung der Mörtel zu treffen. Bei weiteren Fragestellungen können auch Röntgendiffraktometrie (XRD), Differenzial-Thermoanalyse (DTA, z. B. bei Gipsmörtel wichtig) und Raster-elektronenmikroskopie (REM) u. Ä. eingesetzt werden. Das Dünnenschliffbild zeigt einen Kalkmörtel mit quarzitischen Zuschlägen und dem Bindemittel Kalk. In der Zuschlagskörnung sind andere Minerale wie Feldspäte und Glimmer ebenfalls zu erkennen.

Durch die statistische Auswertung verschiedener regional auftretender historischer Mörtel ist ersichtlich, wie komplex die Zusammensetzung der verschiedenen Bindemittel ausfallen kann.

In Abb. 6 ist die Zusammensetzung historischer Kalkbindemittel anhand von ca. 300 Proben, welche dem Institut für Steinkonservierung e. V. Mainz (IFS) vorlagen, dargestellt.



Abb. 7: St. Urbani Kirche in Munster
(Quelle: HAZ Ingenieure, Kassel)

4 Objektbeispiele

4.1 Munster, Kirchturm St. Urbani

Der stark geschädigte Kirchturm der Evangelischen Kirchengemeinde muss instandgesetzt werden. Er besteht aus Feldstein- und Ziegelmauerwerk. Eine misslungene Instandsetzung

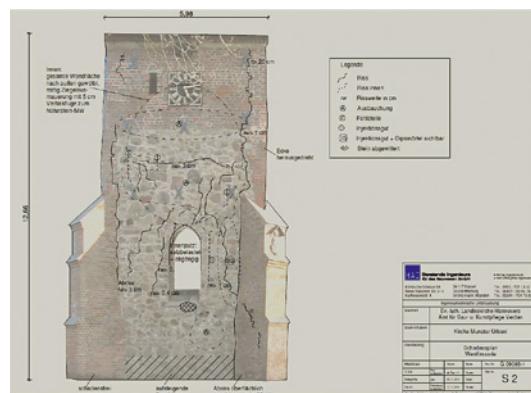


Abb. 8: Turm, Risse und Ausbeulungen
(Quelle: HAZ Ingenieure, Kassel)



Abb. 9: Schadensbild abgesenkter Feldstein (Quelle: HAZ Ingenieure, Kassel)

in 2003/2004 hat zu erheblichen Rissenschäden geführt.

Es handelt sich bei dem denkmalgeschützten Kirchturm um einen massiven Turmschaft mit einem hölzernen Turmhelm. Der Turm stammt aus dem 13. Jahrhundert. Als Steine wurden Granite, Gneise und Quarzite verbaut. Das Ziegelmauerwerk im oberen Teil wurde um 1520 errichtet, die Strebepfeiler wurden etwa 1881 mit den neugotischen Seitenschiffen aufgebaut. Weite Bereiche der Kirche sind in Gipsmörtel errichtet.

Das Instandsetzungskonzept umfasste größere Bereiche mit Mauerwerksaustausch. Dabei wurden geschädigte Partien aufgenommen. Die Steine wurden gereinigt und mit Mörtel neu versetzt. Als Mörtel wurden gipsgebundener Mauermörtel und Fugenmörtel eingebaut. Der Einsatz eines gipsgebundenen Mörtels war zwingend erforderlich. Beim Einsatz von hydraulisch gebundenen Mörteln wären Unverträglichkeiten mit den im Turm seinerzeit verwendeten Mörtel zu befürchten. Die Mauerwerksanforderungen entsprachen den Anforderungen der DIN 1053-1 [19]. Diese schließt Gips als Bindemittel aus. Zugelassen



Abb. 10: Mauerwerksaustausch nach Sicherung (Quelle: HAZ Ingenieure, Kassel)

sind ausschließlich Zemente, Kalk sowie Putz- und Mauerbinder. Gips ist nicht erwähnt, weil er als Bindemittel bei Neubauten keine baupraktische Rolle spielt.

Für gipsbasierte Mörtel zur Herstellung von tragendem Mauerwerk gab es weder technische Baubestimmungen noch wurde eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für solche Mörtel erteilt (Abb. 11). Deshalb wurde eine Zustimmung im Einzelfall beim Niedersächsischen Ministerium beantragt, welche am 26.06.2013 erteilt wurde. Sie enthielt eine Festlegung der Mörtel-inhaltsstoffe, eine Beschreibung der Verarbei-

| | |
|---|--|
|  <p>Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Frauen, Familie, Gesundheit und Integration</p> <p>Welt-Handelskammer für Textil, Textilwaren, Textilfach, Chemie und Mineralöl Postfach 1111, 33021 Hannover</p> <p>Ev. Iuth. Kirchengemeinde Munster Pastor Reinhold Schwind Kirchgarten 12 29633 Munster</p> <p>Bearbeitet von: Harm Winkler E-Mail: Holger.Winkler@rns.niedersachsen.de Fax: (0511) 120-3093</p> <p>Ihr Zeichen, Ihr Nachname vom: G000605-2; 27.02.2013 Mein Zeichen (Bei Antrag eingetragen): 563 2-241302-2; 20 (44/13)</p> <p>Durchwahl (0511) 120- 2921 Name/Zeit: 26.06.2013</p> | |
| <p>Bauaufsicht: Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten und Anwendbarkeit von Bauarten im Einzelfall nach §§ 20 und 21 NBauO; Instandsetzung des Kirchturmes St. Urbani in Munster mit Gipsmörtel; Bauherr: Ev. Iuth. Kirchengemeinde Munster, Kirchgarten 12, 29633 Munster Ihr Antrag vom 27.02.2013</p> <p>Anlagen: - 4 -</p> <p>Sehr geehrte Damen und Herren,</p> <p>hiermit wird die Zustimmung nach § 20 und § 21 der Niedersächsischen Bauordnung (NBauO) i.D.F. vom 03. April 2012 (Nds. GVBl. S. 46), zur Ver- bzw. Anwendung des nachfolgend beschriebenen Gipsmörtels „V 15“ der Fa. tubag bei Instandsetzung des o.g. Bauvorhabens erteilt.</p> <p>Die Instandsetzung des Kirchturmes St. Urbani in Munster soll mit einem Gipsmörtel der tubag Trass Vertrieb GmbH & Co. KG, Postfach 1180, 50638 Krefeld, erfolgen, welcher in seiner Zusammensetzung dem historisch verwendeten Neumörteil möglichst nahe</p> | |
| <p>R/Antragstellung - EISCHÄFTERDEBET Abl. 02/11/2013 (Hin: 06/14/13 - Standort: Kirchgemeinde Munster)</p> <p>Angreifende mit dem</p> <p>Dienstgebäude Bauaufsichtsamt Kugel Platz 2 33031 Hannover</p> <p>Rechtsform: <input checked="" type="checkbox"/> Einzelunternehmen <input type="checkbox"/> Gesellschaft mit beg. Haftung <input type="checkbox"/> Gesellschaft mit unbeg. Haftung <input type="checkbox"/> Kommanditgesellschaft <input type="checkbox"/> Kommanditgesellschaft auf Aktien <input type="checkbox"/> Aktiengesellschaft <input type="checkbox"/> Genossenschaft <input type="checkbox"/> Sonstige</p> <p>Telefax: 0511-120-30934 Altenmarkt 0511-120-30935 Altmarkt 0511-120-30936 Altmarkt 0511-120-30937 Altmarkt 0511-120-30938 Altmarkt 0511-120-30939 Altmarkt 0511-120-30940 Altmarkt</p> <p>E-Mail: Holger.Winkler@rns.niedersachsen.de</p> | |

Abb. 11: Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten und Anwendbarkeit von Bauarten im Einzelfall vom 26.06.2013, Niedersächsisches Ministerium, Hannover (Quelle: tubag, Kruft)



Abb. 12: Bernkastel-Kues, Burgruine Landshut
(Quelle: IFS Mainz)

tung entsprechend den Vorgaben des Herstellers und eine objektbezogene Überwachung durch eine Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen.

4.2 Bernkastel-Kues, Burgruine Landshut

Die Burgruine Landshut (Abb. 12) liegt hoch über Stadt und Tal und ist von Weinbergen umgeben. Sie wurde 1320 vollendet und 1693 durch einen Brand zerstört. Die Ringmauern aus Schieferbruchsteinen bis Grauwacke sind teilweise bis zum Wehrgang erhalten [27]. Es wurden römische Mauerreste aus großem Quarzitmauerwerk entdeckt.

Bei der Mörteluntersuchung ergaben sich zwei verschiedenen zusammengesetzte Mörtel, welche sich sowohl im Bindemittel als auch in den Sieblinien unterschieden. Die römischen Mörtel enthielten zusätzlich Ziegelsplitt als Zuschlagskörnung.

Befund 2 zeigt den römischen Mörtel, welcher als Ausgangsmaterial Dolomitkalk enthielt. Befund 4 zeigt den Mörtel der Umfassungsmauer mit deutlich geringerem Dolomitanteil.

Für die Verfügung der Ringmauern wurde ein NHL-gebundenes Material im Trockenspritzverfahren eingesetzt, da die Analysewerte des NHL 2 sehr gut mit der Analyse des historischen Materials übereinstimmten. Entgegen der klassischen Sieblinie wurden dem Fertigmaterial Zuschläge von Grauwacke- und Basaltsplitt zugesetzt, um die optische Anforderung zu erfüllen.

Abb. 13: Ergebnisse der Mörtelanalyse der Ringmauern und des Römischen Mauerwerks (Quelle: IFS Mainz)

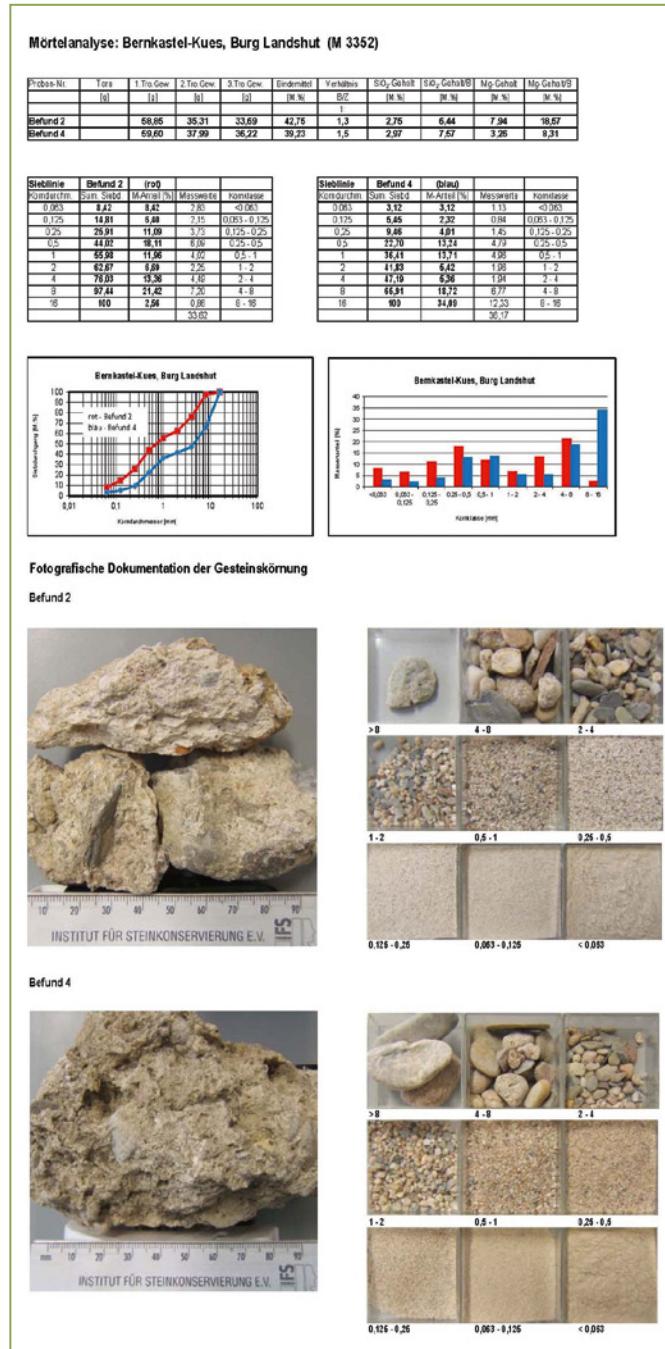




Abb. 14a: Mischung des Mörtelmaterials für das Römische Fundamentmauerwerk (Quelle: IFS Mainz)



Abb. 14b: Applikation des Mörtelmaterials für das Römische Fundamentmauerwerk (Quelle: IFS Mainz)



Abb. 15: Reparaturmaterial für das römische Mauerwerk der Burgruine Landshut (Quelle: IFS Mainz)

Da die geforderten Festigkeitswerte nach Norm nur eine Festigkeitsgruppe M1 ergaben, wurde anhand von Bohrkernproben in der Spritzkiste nach [28] Untersuchungen nach 90 Tagen durchgeführt. Die gemessenen Werte von ca. 7–9 MPa wurden dann als ausreichend eingeschätzt.

An dem römischen Fundamentmauerwerk wurde, entgegen des historischen Befundes und aufgrund der baulichen Situation, ein überwiegend hydraulisch abbindendes Bindemittel gefordert. Hier wurde nach Norm ein Trass-Kalk M 2,5 als Bindemittel eingesetzt. Die Applikation nach der Aufmauerung der Verschleißschicht erfolgte im Trockenspritzverfahren. Die Zuschläge wurden nach dem Befund mit Basalt- und Ziegelsplitt ergänzt. Die Abb. 14a zeigt den logistischen Aufwand bei der Herstellung des Mörtels mit unterschiedlichen Zuschlagskörnungen und die Applikation im Trockenspritzverfahren (Abb. 14b).

Anhand der Abb. 15 ist das optische Erscheinungsbild des an das Objekt und die Anforderungen angepassten Mörtels als Compound-Mischung, mit Zugabe von örtlicher Zuschlagskörnung und Ziegelsplitt, zu erkennen.

4.3 Koblenz, Festung Ehrenbreitstein

Als Koblenzer Mörtelversuche bekannt, wurden um 1818 nach dem französischen Vorbild des Ingenieurs Vicat theoretische Vorversuche mit verschiedenen Mörtelmischungen begonnen. Im Jahre 1820 folgten praktische Versuche mit verschiedenen Kalken und Zusammensetzungen. Die Experimente dienten dazu, mit den vorhandenen Baustoffen, haltbarere und für den Wasser-

| Tabelle II. Wasserdichtigkeit des Mörtels. Der Zell II ist in den Sandsteine gemischt mit der aus der Größe von 100 Kalk und 100 Sand bestehende Mischung von einem Stein. | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|--|--------------|
| Nummer des Mörtels. | Wichtigkeitsergebnis des Mörtels. | | | Zahlen, welche die Mörtel bestimmen. | Wirkung der Mörtel auf den Stein. | | | Wirkung der Mörtel auf dem Wasser gewonnen und | | | Wirkung mit dem Stein, der bei der Mörtel und dem Mörtel gemischt wurde. | Bemerkungen. |
| | Wirkung der Mörtel auf den Stein. | Wirkung der Mörtel auf dem Wasser. | Wirkung der Mörtel auf den Stein. | | Wirkung der Mörtel auf den Stein. | Wirkung der Mörtel auf dem Wasser. | Wirkung der Mörtel auf den Stein. | Wirkung der Mörtel auf dem Wasser gewonnen und | Wirkung der Mörtel auf den Stein. | Wirkung der Mörtel auf dem Wasser gewonnen und | | |
| 25. | 50 Kalk Kalk, 100 Sand. | 100 Sand. | 11 Stein. | 73 | 35 | V V V | 31,1 | 24,7 | Spalt wenig feh am Ziegel | Spalt Kalkstein B = 25,1. | | |
| 29. | 75 — | 100 — | 11 Stein. | 78 | 35 | V V | 22,5 | 21,3 | Spalt wenig feh am Ziegel | Spalt Kalkstein B = 16,7. Die trocknen Zellöhlen eine gewisse Wasserdichtigkeit zu haben. | | |
| 30. | 100 — | 100 — | 11 Stein. | 72 | 30 | V V | 27,5 | 23,7 | Spalt wenig feh am Ziegel | Die trocknen Zellöhlen eine geringere Wasserdichtigkeit zu haben. | | |
| 31. | 125 — | 100 — | 11 Stein. | 64 | 36 | V | 28,0 | 16,4 | Spalt wenig feh am Ziegel | Spalt Kalkstein B = 12,7. | | |
| 32. | 150 — | 100 — | 11 Stein. | 35 | 32 | V | 26,8 | 17,3 | Spalt feh am Ziegel als in Spalt | Trocken Kalkstein B = 13,9. Wenn ein Stein mit einem Mörtel verarbeitet wird, so macht es keinen Unterschied ob der Stein mit dem Mörtel verarbeitet wird. | | |
| 33. | 100 — | 125 — | 11 Stein. | 26 | 37 | V V V | 34,0 | 25,5 | Spalt gering feh am Ziegel | Spalt Kalkstein B = 19,1. Spalt im Stein. Mörtel sind geringe Kalksteine gegeben haben, da er passabel feh feh. | | |
| 34. | 100 — | 150 — | 11 Stein. | 20 | 37 | V V V | 36,7 | 24,3 | Spalt gering feh am Ziegel | Spalt Kalkstein B = V V. Spalt im Stein. Die trocknen Zellöhlen eine sehr unzureichende Wasserdichtigkeit zu haben. Spalt im Stein. | | |
| 35. | 100 — | 175 — | 25 — | 11 Stein. | 63 | 37 | V V V V | 22,4 | 31,0 | Spalt gering feh am Ziegel | Spalt Kalkstein B = 23,0. | |
| 36. | 100 — | 200 — | 0 — | 11 Stein. | 63 | 37 | V V V V | 22,3 | 27,8 | Spalt gering feh am Ziegel | | |
| 37. | 100 Kalk Kalk, 100 Sand. | 100 Sand. | 11 Stein. | 16 | 46 | V V | 6,8 | 5,3 | Spalt feh am Ziegel als in Spalt | | | |
| 38. | 100 — | 50 — | 11 Stein. | (7) | 46 | V | (3,5) | — | — | — | | |
| 39. | 100 — | 0 — | 11 Stein. | (8) | 46 | V V | (8,0) | — | — | — | | |

Abb. 16: Preußische Mörtelversuche an der Festung Ehrenbreitstein [30]

bau taugliche Mörtel herzustellen. Ab 1825 lag den Baumeistern die deutsche Übersetzung der Mörteluntersuchungen von Vicat [29] vor.

Diese Mörtelversuche sind auch für spätere preußische Festungsbauten von Bedeutung. Ab 1831 werden auch beim Bau der Festungen Posen und Ulm den Trass-Kalk-Mischungen gegenüber Portlandzement-Kalk-Mischungen den Vorzug gegeben. Hier spielten neben den bewährten Materialien sicherlich auch finanzielle Gründe eine Rolle.

Die verwendeten Kalke kamen aus den Regionen Trier, Mainz und Geilnau an der Lahn. Als Zuschläge wurden die örtlichen Sande verwendet, welche einen deutlichen Anteil an Lehm, Siltstein, Bims- und Gesteinsbruchstücken aufzeigten. Auch gebrannte Ziegel wurden teilweise als puzolanzische Komponente dem Mörtel zugemischt. Das gewöhnliche Mischungsverhältnis wird mit 100 Kalk, 100 Sand und 100 Trass angegeben. Nach den Untersuchungen wurden die besten

Resultate mit 100 Kalk, 150 Sand und 50 Trass erreicht. Ein guter Mörtel ergab sich auch noch mit den Verhältnissen 100 Kalk, 75 Sand und 25 Trass. Abb. 16 zeigt einen Ausschnitt einer Dokumentation der preußischen Mörtelversuche von 1820. In [31] sind detaillierte Angaben zum Mörtel auf der Festung Ehrenbreitstein nachzulesen.

Als Reparaturmaterial wurden Mörtel gefordert, welche sowohl in ihren Eigenschaften als auch in



Abb. 17: Musterfläche der Mörtel zur ästhetischen Beurteilung, Festung Ehrenbreitstein (Quelle: IFS Mainz)

ihrer Ästhetik den Mörteln der Preußen entsprachen. Der Eigenschaftsnachweis erfolgte nicht anhand von Normprüfungen, sondern die Mörtel sollten nach der Applikationstechnik im Trockenspritzen die geforderten Eigenschaften aufzeigen. Dabei wurden jedoch keine CL 90 oder Dolomitkalk-Bindemittel eingesetzt, sondern das Bindemittel für das Reparaturmaterial sollte aus einem NHL-Bindemittel bestehen.

Folgende Vorgaben sollten erfüllt werden:

- Bindemittel: NHL
- Zuschlag: Sand, Basaltsplitt, Bims
- Druckfestigkeit: 5–8 MPa
- kapillare Wasseraufnahme: $2\text{--}4 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$
- gute Verarbeitung mit dem Trockenspritzverfahren
- Optik nach historischem Bestand.

Aufgrund von Musterflächen verschiedener Firmen (Abb. 17) wurden die oben genannten Kriterien überprüft. Nach der Auswahl wurde ein Fugenmörtel mit Leichtzuschlagsstoff Bims zur Verbesserung der E-Modul-Eigenschaften eingesetzt. Es erfolgte keine Festlegung der Normmörtelgruppe, sondern die gemessenen Werte, nach der Prüfung der Spritzkisten, waren die Voraussetzung für die Beurteilung. Die ästhetische Eignung des verwendeten Mörtels wurde von der Denkmalpflege beurteilt und festgelegt.

4.4 Tübingen, Baugemeinschaft »En Famille«

In Tübingen fand sich eine Baugemeinschaft zusammen, um ein Haus mit nicht alltäglichen Eigentumswohnungen zu bauen. Mithilfe eines Stuttgarter Architekten ist ein Wohnhaus ent-



Abb. 18: Architekturgliederung der Fassade
(Quelle: Manderscheid Architekten, Stuttgart)

standen, dessen Fassade sich deutlich von den benachbarten Gebäuden abhebt. Ausschlaggebend dafür ist ein Kalkputz. Seine leuchtend warme Farbgebung sorgt für eine südländische Stimmung (Abb. 18–20).

Das Projekt »En Famille« umfasst acht Wohnungen mit Größen zwischen 100 und 140 m². Die Linienführung des Gebäudes ist so gewählt, dass die Fenster keinem starren Schema folgen müssen. Sie passen sich an die Wohnungsgröße und die Lage im Gebäude an. Ein über zwei Stockwerke laufender Erker betont die zum zentralen Platz hin ausgerichtete Ecke des Gebäudes. Von außen betrachtet, sticht das Gebäude durch seinen wolkigen Putz sowie Erker und Balkone aus Lärchenholz aus dem baulichen Umfeld hervor.

Die Grundkonstruktion und die Materialauswahl für den Rohbau des Gebäudes entsprechen dem Stand der Technik und sind normkonform. Das Gebäude wurde aus Gisoton-Steinen (ein gedämmter Stein mit Blähtonaußenschale) als



Abb. 19: Hauptansicht (Quelle: Manderscheid Architekten, Stuttgart)



Abb. 20: Naturputz und Lärchenholz (Quelle: Manderscheid Architekten, Stuttgart)

normaler Mauerwerksbau errichtet. Die Sockelbereiche erhielten eine Perimeterdämmung mit Haftspachtelung. Auf diesen Untergründen wurde der Fassadenputz aufgebaut. Natürlich wurde bei diesem Objekt an Mauerwerks- und Fensterecken auf das Anbringen einer Putzschiene erzichtet. Lediglich der untere Putzabschluss Sockel/Erdreich wurde mit einer Putz-Sockelleiste versehen.

Der zweilagige Putzaufbau wurde im aufgehenden Fassadenbereich ohne Vorspritz auf das Gisoton-Mauerwerk aufgebracht. Der Sockel, abgespachtelte Perimeterdämmung, wurde zusätzlich mit einer Lage Spachtel versehen, die waagerecht aufgekämmt wurde (Abb. 21). Die erste Putzlage aus Trass-Kalk-Maschinenleichtputz wurde in einer Dicke von ca. 15 mm auf alle Putzflächen aufgebracht. Im Sockelbereich wurde der Trass-Kalk-Maschinenleichtputz was-serabweisend ($w \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$) eingestellt. Das kräftige Aufrauen der Unterputzlage war in der Ausschreibung vorgegeben.

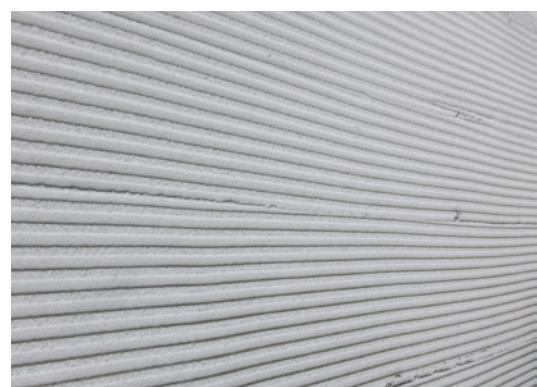


Abb. 21: aufgekämmte Spachtelung (Quelle: tubag, Kruft)

Auf diese Unterputzlage wurde dann nach einer Standzeit von ca. 4 Wochen die zweite Putzlage, ein natürlich-hydraulisch gebundener (NHL2-) Naturputz, mit Natursand eingefärbt, aufgebracht. Zusätzlich zum Natursand (ca. 400 kg je t Trockenmörtel) enthielt der Putz Ziegelsplitt im Kornbereich 2–5 mm, um die gewünschte »südländische Stimmung« des Putzes hervorzuheben.

Im Sockelbereich wurde ein handelsüblicher Kalk-Zement-Sockelputz 0-8 mm als Kellenwurputz von Hand aufgebracht, durchgefärbt mit Eisenoxidpigment im Farbton dunkelgrau und wasserabweisend eingestellt.

5 Literatur

- [1] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 2-11-07/D. Gipsmörtel im historischen Mauerwerksbau und an Außenfassaden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007
- [2] DIN 1168-2:1975-07. Baugipse; Anforderungen, Prüfung, Überwachung
ersetzt durch:
DIN EN 13279-1:2008-11. Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel – Teil 1: Begriffe und Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13279-1:2008
DIN EN 13279-2:2014-03. Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel – Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 13279-2:2014
- [3] Middendorf, Bernhard: Charakterisierung historischer Mörtel aus Ziegelmauerwerk und Entwicklung von wasserresistenten Fugenmörteln auf Gipsbasis. Universität-GH-Siegen, Dissertation, 1994
- [4] Arens, Petra: Untersuchung und Entwicklung von Gipsmörteln für den Außenbereich unter besonderer Berücksichtigung der Wasserresistenz. Universität-GH-Siegen, Dissertation, 2002
- [5] Tesch, Viola: Gefügeoptimierte Instandsetzungsmörtel auf Calciumsulfat-Basis für die Anwendung im Außenbereich. Universität Kassel, Dissertation, 2006
- [6] DIN EN 459:2010-12. Baukalk – Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 459-1:2010
ersetzt durch:
DIN EN 459-1:2015-07. Baukalk – Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 459-1:2015
DIN EN 459-2:2010-12. Baukalk – Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 459-2:2010
- [7] DIN EN 197-1:2014-07. Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung prEN 197-1:2014
DIN EN 197-2:2014-05. Zement – Teil 2: Konformitätsbewertung; Deutsche Fassung EN 197-2:2014
- [8] DIN 1164-10:2013-03. Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt
DIN 1164-11:2003-11. Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 11: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit verkürztem Erstarren
DIN 1164-12:2005-06. Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 12: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen
- [9] Staufenbiel, Georg; Wessig, Josef: Bautechnik Tabellen. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag, 1991
- [10] Institut für Steinkonservierung e.V. (Hrsg.): Natürliche Sande als Zuschlag für mineralische Mörtel. IFS-Mitteilung Nr. 16, 2013
URL: www.ifs-mainz.de/images/ifs_downloads/Mitteilungen/IFS-Mitteilung_Nr._16_11.2013.pdf
[Stand: 20.01.2016]
- [11] DIN 4226-2:2002-02 . Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 2: Leichte Gesteinskörnungen (Leichtzuschläge)
- [12] DIN EN 13139:2015-07. Gesteinskörnungen für Mörtel; Deutsche und Englische Fassung
prEN 13139:2015
- [13] DIN 51043:1979-08. Traß; Anforderungen, Prüfung
- [14] DIN EN 450-1:2012-10. Flugasche für Beton – Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 450-1:2012

[15] DIN EN 998-1:2010-12. Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1: Putzmörtel; Deutsche Fassung EN 998-1:2010

DIN EN 998-2:2010-12. Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 2: Mauermörtel; Deutsche Fassung EN 998-2:2010

[16] Riechers, Hans-Joachim: Mauermörtel. In: Irmschler, Hans-Jörg; Jäger, Wolfram; Schubert, Peter (Hrsg.): Mauerwerk-Kalender. Berlin: Ernst & Sohn, 2005

[17] DIN 18555-9:1999-09. Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln – Teil 9: Festmörtel; Bestimmung der Fugendruckfestigkeit

[18] DIN V 18580:2007-03. Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften

[19] DIN 1053-1:1996-11. Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung ersetzt durch:
DIN EN 1996-3/NA:2012-01. Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk

[20] DIN V 20000-412:2004-03. Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 412: Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2:2003-09

[21] ÖNORM B 3344:2006-03. Baustellengemischte Mauer- und Putzmörtel

[22] DIN EN 13279-1: 2008-11. Gipsbinder und Gipstrockenmörtel – Teil 1: Begriffe und Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13279-1: 2008

[23] DIN V 18550:2005-04. Putz und Putzsysteme – Ausführung ersetzt durch:
DIN 18550-1:2014-12. Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen – Teil 1: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-1 für Außenputze, und
DIN 18550-2:2015-06. Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen – Teil 2: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-2 für Innenputze

[24] DIN EN 1015-18:2003-03. Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 18: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von erhärtetem Mörtel (Festmörtel); Deutsche Fassung EN 1015-18:2002
DIN EN 1015-19:2005-01. Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 19: Bestimmung der Wasser- dampfdurchlässigkeit von Festmörteln aus Putzmörteln; Deutsche Fassung EN 1015-19:1998 + A1:2004

[25] Kraus, Karin: Die naturwissenschaftliche Mörtelanalyse und ihre praktische Anwendung für die Nachstellung von Mörteln. In: Greipl, Egon Johannes (Hrsg.): Kalk in der Denkmalpflege. Bindemittel in der Restaurierung, Erfahrungsberichte aus der Praxis. Tagungsband. Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege, Fachgruppe der Kirchenmaler in Bayern. München: Volk Verlag, 2011

[26] Wissler, Stefan; Knöfel, Dietbert: Untersuchungen an historischen Putz- und Mauermörteln, Teil 1: Analysegang. Bautenschutz + Bausanierung (Zeitschrift für Bauwerksinstandsetzung und Denkmalpflege) 10 (1987), Nr. 3, S. 124-126

[27] Dehio, Georg: Handbuch der Deutschen Kunstdenkmäler, Rheinland-Pfalz, Saarland. 2., bearb. u. erw. Aufl. Berlin: Deutscher Kunstverlag, 1984

[28] DIN 18551:2010-02. Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen ersetzt durch: DIN 18551:2014-08. Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen

[29] Vicat, Louis-Joseph. u.a.: Neue Versuche über den Kalk und Mörtel. Aus dem Französischen übersetzt und mit Zusätzen vermehrt von Moritz von Prittwitz und Gaffron. Berlin und Posen, 1825

[30] Engelke, Erich: Arbeit, Alkohol und Mörtel – Eine Studie der Baupraxis während des frühen 19. Jahrhunderts. In: Neue Forschungen zur Festung Koblenz und Ehrenbreitstein, Band 1. 2., überarb. Aufl. Regensburg: Verlag Schnell und Steiner, 2005

[31] Egloffstein, Petra: Entwicklungen von Kalk-Trass-Mörteln im preußischen Festungsbau am Beispiel der Festung Ehrenbreitstein, Koblenz. In: Hydraulische Bindemittel im 19. Jahrhundert auf dem Gebiet der heutigen Bundesländer Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Thüringen. Institut für Steinkonservierung e.V., Mainz, 2012 (IFS-Bericht; 43)

[32] DIN 106:2015-06. Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften

Die Ermittlung der Mauerwerksgüte von Bestandsmauerwerk aus kleinformatigen Ziegeln

Historie der Mauerwerksherstellung und Varianten der Festigkeitsprüfung

Jonny Henkel

Zusammenfassung

Der Güte von Bestandsmauerwerk aus kleinformatigen Ziegeln kommt aus statischen Gründen, aufgrund der Modernisierung vieler Objekte sowie der Verdichtung des öffentlichen Raums eine immer größere Bedeutung zu. Ein wesentlicher Parameter der statischen Untersuchung ist dabei die charakteristische Mauerwerksfestigkeit bzw. zulässige Mauerwerksspannung, welche durch die Druckfestigkeit des Mauerwerks bestimmt wird. Es existiert eine Reihe von Möglichkeiten, um die Druckfestigkeit von Mauerwerk bzw. seinen Komponenten zu bestimmen. Ein großer Teil dieser Prüfmethoden ist nicht normiert oder lehnt sich lediglich an bestehende Normen im Neubaubereich an. Der Beitrag informiert über die verschiedenen Prüfvarianten, die sich in direkte Prüfungen (Untersuchung des Gesamtsystems Mauerwerk) und indirekte Prüfungen (Untersuchung der Einzelkomponenten Ziegel und Mörtel) gliedern und zeigt Vor- und Nachteile dieser Untersuchungsmethoden auf. Da für die Wahl des richtigen Prüfverfahrens

Kenntnisse über den Aufbau und die Historie des jeweiligen Mauerwerks notwendig sind, werden einleitend Fakten zur historischen Herstellung von Ziegeln, Mörtel und Mauerwerk zusammengestellt. Abschließend werden Empfehlungen zur Wahl des Prüfverfahrens sowie des Prüfungs- umfangs gegeben.

1 Einleitung

Ziegel sind seit der Zeit der frühen mesopotamischen Hochkulturen ein häufig verwendet Baustoff, der auch in Deutschland seit Jahrhunderten Anwendung findet. Besonders in Norddeutschland wurden seit dem Mittelalter in Ermangelung anderer Natursteine häufig Ziegel zum Bauen eingesetzt, was sich z.B. in den einzigartigen Bauten der Backsteingotik widerspiegelt. Aber auch im mittel- und süddeutschen Raum setzte sich spätestens mit der beginnenden Industrialisierung im 19. Jahrhundert Ziegel als Baustoff Nummer eins durch. Von den Bauten der Gründerzeit bis in den Zeitraum nach dem zweiten Weltkrieg sind Ziegel in sehr großen Mengen verwendet und erst vor einigen Jahrzehnten nach und nach durch den Baustoff Beton von ihrer Vormachtstellung verdrängt worden.

So entstand, abgesehen von den im zweiten Weltkrieg zerstörten Gebäuden, ein riesiger Bestand an Bausubstanz aus Ziegelmauerwerk, wobei auch Ziegel aus zerstörten oder nicht mehr benötigten Gebäuden wieder in diesen Bestand eingegangen sind.

Bei der Verdichtung des städtischen Raums, aber auch beim Erhalten von denkmalgeschützten Gebäuden, kommt der Bewertung von historischem Ziegelmauerwerk immer größere Bedeutung zu. Häufig führen höhere Lasten, z. B. durch den Ausbau von Dachgeschossen oder durch das Entfernen von tragenden Wänden, zu einer notwendigen statischen Nachrechnung bestehenden Mauerwerks. Hierbei wird durch den betreuenden Statiker nicht selten eine Untersuchung der vorhandenen Mauerwerkssubstanz veranlasst. In der Regel spielt dabei die zulässige Mauerwerksspannung nach DIN 1053-1 bzw. die charakteristische Mauerwerksfestigkeit nach DIN 1053-100 die entscheidende Rolle in der statischen Berechnung.

Da es in Deutschland bislang keine grundlegende Normung bzw. anderweitigen Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der Druckfestigkeitsprüfung von Bestandsmauerwerk gibt, sollen in den folgenden Abschnitten die bestehenden Möglichkeiten zur Prüfung von historischem Ziegelmauerwerk betrachtet werden. Dabei wird auch auf Vor- und Nachteile sowie Grenzen von Verfahren hingewiesen. Des Weiteren werden Empfehlungen gegeben, welche Prüfverfahren unter bestimmten Randbedingungen sinnvoll sind und gegenwärtig häufig angewendet werden.

Grundsätzlich existieren zwei unterschiedliche Strategien für die Beurteilung von historischem Ziegelmauerwerk: die Prüfung des Gesamtkomplexes Mauerwerk aus Ziegeln und Mörtel (direkte Prüfverfahren) sowie die Prüfung der Einzelkomponenten Ziegel und Mörtel und eine daraus abgeleitete Mauerwerksgüte (indirekte Prüfverfahren).

Vor der Betrachtung der unterschiedlichen Prüfverfahren wird im folgenden Abschnitt auf die Herstellung von historischem Ziegelmauerwerk und seinen Komponenten eingegangen. Die Kenntnis der Herstellungsprozesse und die geschichtliche Einordnung unterschiedlicher Herstellungsverfahren ist notwendig für die Beurteilung und Einstufung der Prüfergebnisse.

2 Herstellung von historischem Ziegelmauerwerk und seinen Komponenten

Die Herstellung von Ziegeln, Mörtel sowie dem daraus erstellten Mauerwerk unterlag wie viele andere Herstellungsverfahren auch einer technologischen Entwicklung. Diese Entwicklung verlief zudem für die östliche und die westlichen Besatzungszonen nach dem 2. Weltkrieg bis zur deutschen Wiedervereinigung unterschiedlich. Die Kenntnis über diese Entwicklung ist von enormer Bedeutung für die Beurteilung des zu prüfenden Mauerwerks.

Das bedingt, dass bei der Untersuchung eines Mauerwerks Informationen über die Bauzeit und Nutzung des betreffenden Gebäudes sowie über mögliche Umnutzungen oder Umbauten unabdingbar sind. Die folgenden Kapitel verdeutlichen dies.

2.1 Herstellung der Ziegel

Ziegel wurden seit dem Mittelalter als Handstrichziegel hergestellt und in Feldbrandöfen gebrannt. Als Grundmaterial wurde Ton oder Lehm

aus der näheren Umgebung verwendet, der manchmal auch durch Kalk oder andere Ge steinskörner verunreinigt war. Der Abbau erfolgte in der Regel per Hand. Das Grundmaterial wurde, wenn überhaupt, dann lediglich durch »Ausfrie ren« und »Mauken« vorbereitet und anschließend in eine formbare Konsistenz gebracht.

Bei der Herstellung der Handstrichziegel wurde der plastische Ton in eine Holzform eingedrückt und anschließend oben glatt abgestrichen. Die Rohkörper, die häufig durch Quetschfalten gekennzeichnet sind, wurden danach aus der Form gedrückt und vorgetrocknet.

Nach dem Trocknen erfolgte das Aufschichten eines Feldbrandofens, bei dem die Rohziegel und das Brennmaterial so übereinander platziert wurden, dass zwischen den Ziegeln Luft hindurchziehen konnte und sich Brennkammern und Abzüge ergaben (Abb. 1). Anschließend wurde der Ziegelstapel von außen mit Lehm umschlossen und abgedichtet. Danach folgte der eigentliche Brand, der einen mehr oder weniger kontinuierlichen Brennprozess über mehrere Tage erforderte (mit Aufheizen und Abkühlen ca. 14 Tage). Nach Beendigung des Brandes wurden der Feldbrandofen geöffnet und die gebrannten Ziegel entnommen. Die dabei entstandene Ziegelqualität war höchst inhomogen. Während Ziegel in der Nähe der Brennkammern und Züge zum Teil bereits verbrannt oder in einen glasartigen Zustand übergegangen waren (ca. 1/3), unterschieden sich Ziegel in den Außenbereichen kaum merklich von Grünlingen, also ungebrannten Lehmsteinen (ebenfalls ca. 1/3). Die Ausbeute an gut gebrannten Ziegeln lag somit ebenfalls bei

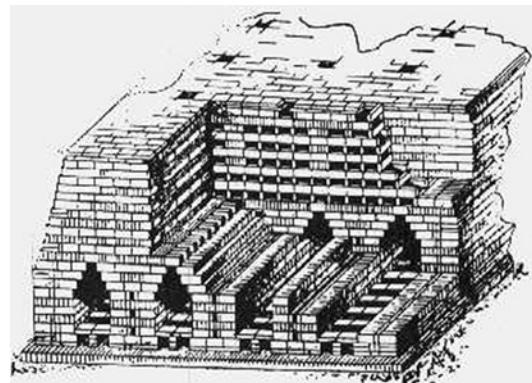


Abb. 1: Schema eines Feldbrandofens
(Quelle: www.technikatlas.de)



Abb. 2: Hoffmann'scher Ringofen im Ziegeleipark Mildenberg (Quelle: Schlesinger, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ringofen_Ansicht.jpg (Lizenz CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>))

nur etwa einem Drittel, sodass nach dem Brand ein Aussortieren der Ziegel notwendig war.

Etwa ab 1800 wurden erste Ziegelstreichmaschinen entwickelt, bei denen der Ton oder Lehm im Allgemeinen vorher durchgewalkt wurde und anschließend in Formen gepresst bzw. gestrichen wurde. Die weitere Verarbeitung erfolgte dann ebenfalls häufig im Feldbrandofen; die Ziegel an sich waren jedoch bereits deutlich homogener.



Abb. 3: Historische Strangpresse (Quelle: www.lwl.org)

1839 wurde durch den Maurermeister Arnold aus Fürstenwalde ein Ringofen zum Brennen von Ziegeln erfunden, der 1859 durch Friedrich Hoffmann weiterentwickelt und patentiert wurde (Abb. 2). Obwohl das Patent später wieder abgekannt wurde, setzte sich diese Ofenform als Hoffmann'scher Ringofen durch und revolutionierte die Ziegelherstellung, da nun eine kontinuierliche Herstellung von Ziegeln in deutlich größeren Mengen möglich war. Die Ziegel wurden zwar weiterhin per Hand oder mit einer Streichmaschine geformt, der Brand war jedoch bereits deutlich homogener als beim Feldbrandofen.

Ebenfalls um 1850 wurden in Verbindung mit der Einführung von Dampfmaschinen Strangpressen entwickelt, die Ton in einen kontinuierlichen Strang pressten, der dann mittels eines Drahtes in ziegeldicke Stücke geschnitten wurde (Abb. 3). Dieses Verfahren benötigt einen homogenen Ton ohne größere Beimengungen, sodass dafür nicht jeder Ton verwendet werden konnte bzw. der Ton vorher aufbereitet werden musste (z. B. durch Mahlen). Es ermöglichte jedoch auch erstmals die Herstellung von Ziegeln mit Löchern oder

Hohlkammern durch eine spezielle Formgebung der Pressmatrize. Das Strangpressverfahren wird auch heute noch überwiegend zur Ziegelherstellung verwendet.

1873 erfand der dänische Ziegelgenieur Otto Bock den ersten brauchbaren Tunnel- oder Durchgangsofen, der sich aufgrund technologischer Probleme in Deutschland erst nach dem 2. Weltkrieg richtig durchsetzte. Bei diesem auch heute noch gebräuchlichen Ofentyp erfolgt ein kontinuierliches Brennen der vorher stranggepressten Ziegel, indem sie durch eine Brennkammer gefahren werden. In Kombination mit automatisierten Trocknungsprozessen entstehen so die heute erhältlichen Ziegel von gleichbleibend guter Qualität.

Während in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Ende des 2. Weltkriegs relativ schnell fast ausschließlich auf die Produktion mit Durchgangsofen und Strangpressen umgestellt wurde, erfolgte auf dem Gebiet der ehemaligen DDR etwa bis 1970 die Ziegelherstellung zum Teil im Handstrichverfahren und das Brennen bis 1990 teilweise in Ringöfen.

Neben den unterschiedlichen Form- und Brennqualitäten unterscheiden sich Ziegel auch hinsichtlich ihrer Formate. Da jede einzelne Ziegelei anfangs ein eigenes Format besaß, entschied man sich mit beginnender Industrialisierung aufgrund des erhöhten Ziegelbedarfs, ein einheitliches Format von $240 \times 120 \times 65$ mm zu verwenden, das ab 1871 eingeführt wurde. Da dieses später »Altes Reichsformat« genannte Format mit dem gerade eingeführten metrischen System nicht harmonierte, wurde es 1875 auf das »Neue

Reichsformat« (240 × 115 × 63 mm) geändert. Weil die Höhe dieser Ziegel auf einem Meter inkl. Fugen 13 Schichten und somit ein unteilbares Maß ergaben, wurde jedoch erst nach dem 2. Weltkrieg (1952) das noch heute gültige Normalformat (240 × 115 × 71 mm) eingeführt.

2.2 Herstellung des Mörtels

Historischer Mörtel ist ein Gemisch aus Sand, Bindemitteln und Wasser. Der Zuschlagstoff Sand wurde fast ausschließlich vor Ort oder in der näheren Umgebung der Bauwerke gewonnen und oft ohne weitere Behandlung weiterverarbeitet. Gelegentlich erfolgte das Absieben von Überkorn, in dem der Sand auf der Baustelle durch ein Sieb geworfen wurde. Die Sieblinie des Sandes entsprach somit weitgehend der des Naturstoffes Sand und reichte von enggestuften Sanden bis zu Sanden mit hohem Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen bzw. humosen Beimengungen.

Als Bindemittel kam bis etwa 1800 ausschließlich Kalk zur Anwendung, wobei hauptsächlich Branntkalk, der vor Ort in Gruben eingesumpft wurde, Verwendung fand (Abb. 4). Der daraus entstandene Sumpfkalk stellt Kalkhydrat dar, das auch heute noch als Zuschlag verwendet wird. Lediglich in Gebieten mit natürlichen Vorkommen hydraulischer Kalke wurden bis dahin Bindemittel mit hydraulischen Eigenschaften verwendet. Ab etwa 1800 verbreitete sich von England aus die Verwendung von Romanzement, wobei es sich hierbei in etwa um einen künstlich hergestellten hydraulischen Kalk handelte. Dieses neue Bindemittel war jedoch nur in begrenzten Mengen vorhanden und wurde deshalb kaum



Abb. 4: Kalkgrube mit eingesumpftem Kalk
(Quelle: www.schrat-online.de)

im normalen Hochbau eingesetzt, findet sich jedoch u. a. in Wasserbauwerken aus dieser Zeit (z. B. Schleusen) wieder. Erst ab etwa 1850 war mit der Erfindung des Portlandzementes und seiner massenhaften Verbreitung ein hydraulisches Bindemittel vorhanden, das auch für die Herstellung von Mörteln mit höheren Festigkeiten eingesetzt werden konnte. Jedoch wurde besonders im normalen Wohnungsbau weiterhin oft mit reinen Kalkmörteln gearbeitet.

Aufgrund des Mischungsverhältnisses von Kalk und Zement sowie unterschiedlicher Festigkeiteigenschaften ergab sich eine Einteilung in die auch heute noch gebräuchlichen Mörtelgruppen Kalkmörtel, Kalkzementmörtel und Zementmörtel. Die Verwendung von Kalkzement- und Zementmörteln in größerem Stil erfolgte erst etwa ab 1930. Vorher wurden die noch relativ teuren hydraulischen Bindemittel nur für spezielle Bauwerke eingesetzt (z. B. im Tunnel- und Wasserbau).

Das Mischen des Mörtels erfolgte lange Zeit händisch durch Umschaufeln bzw. mittels Mischhilfen (z.B. Rechen). Bei Großbaustellen kamen vereinzelt Göpel zum Einsatz, die mit Pferden angetrieben wurden. Ab etwa 1850 begann die Entwicklung von Mischmaschinen, die jedoch auch nur auf Großbaustellen verwendet wurden. Mit fortschreitender Industrialisierung und Elektrifizierung wurden ab 1900 erste Versuche mit elektrischen Mischmaschinen unternommen. Der auch noch heute auf Baustellen gebräuchliche schwenk- und kippbare Freifallmischer wurde hingegen erst 1928 als Patent angemeldet.

Aufgrund der überwiegend händischen Mischverfahren zur Herstellung von Mörteln sowie des »menschlichen Faktors« beim Beschicken von Mischplatz bzw. Mischmaschinen entstanden Mörtel mit z.T. stark schwankenden Qualitäten.

2.3 Herstellung des Mauerwerks

Mauerwerk wurde in allen Epochen per Hand unter Zuhilfenahme von einfachen Werkzeugen, wie Kelle, Maurerhammer, Schnur und Lot hergestellt. Je nach Qualifikation und Erfahrung der Maurer entstanden dabei unterschiedliche Qualitäten. Im Idealfall ist das Mauerwerk vollfügig und besteht nur aus ganzen Ziegeln. Oft sind jedoch Fugenlunker vorhanden, die auf nicht sorgsam aufgelegten Mörtel beim Setzen der Ziegel zurückzuführen sind.

Da Bauen schon immer wirtschaftlichen Zwängen unterlag, finden sich in vielen Mauerwerken auch Ziegelbruchstücke, die meist in den Kernzonen der Wände angeordnet wurden. Bei der Verwendung unterschiedlicher Ziegelqualitäten, wie sie

z.B. im Feldbrandofen entstehen, wurden höher gebrannte Ziegel oft an den bewitterten Außenseiten der Wände eingesetzt und auf der Innenseite und im Kernbereich schwächer gebrannte Ziegel verwendet.

Für die Qualität des entstandenen Mauerwerks spielen auch die Witterungsbedingungen während der Herstellung eine Rolle. So führt z.B. trockene, sonnige bzw. windige Witterung zu einem starken Saugen der Ziegel bzw. einer sehr schnellen Trocknung des Mörtels und damit zu einer verminderten Mörtelfestigkeit, insbesondere bei Mörteln mit hydraulischen Bindemitteln.

Mauerwerk wurde in unterschiedlichen Verbänden vermauert (z.B. Kreuzverband). In der Zeitspanne von ca. 1885 bis 1915 erfolgte zudem in Wohngebäuden häufig der Einbau vertikaler Lüftschichten, denen man eine wärmedämmende Wirkung zuschrieb. Die beiden Mauerwerkschalen wurden dabei durch Verblenderziegel miteinander gekoppelt (Abb. 5).



Abb. 5: Mauerwerk mit Lüftschicht, Verblenderziegeln und Fugenmörtel

Sichtmauerwerk wurde teilweise mit Verblenderziegeln hergestellt und nachträglich mit Mörtel höherer Güte verfügt (Abb. 5).

2.4 Veränderungen am Mauerwerk

Da zu untersuchendes Mauerwerk oft eine jahrzehnte- bzw. jahrhundertealte Geschichte aufweist, kam es häufig zu Veränderungen an den Gebäuden (Abb. 6). Umbauten und verschlossene Tür- und Fensteröffnungen können, besonders bei verputztem Mauerwerk, schnell zu falschen Ergebnissen bei der Beurteilung der Mauerwerksgüte führen, da für die neuen Mauerwerksteile oft Ziegel anderer Epochen und Güten sowie Mörtel mit anderen Zusammensetzungen verwendet wurden.

Auch Kriegsschäden durch den 2. Weltkrieg sind besonders bei städtischen Gebäuden zu verzeichnen. Die Schadstellen wurden später meist repariert, es wurde aber z. B. anderer Mörtel verwendet. Altziegel aus Kriegsschutt kamen auch in den Wänden von Nachkriegsgebäuden zur



Abb. 6: Fassade mit unterschiedlichen Mauerwerksabschnitten an der Zitadelle Spandau

Anwendung, da sich die Ziegel, die vormals mit weichem Mörtel vermauert waren, gut wiederverwenden ließen.

In stark durchfeuchteten Wandbereichen, wie z. B. Kellern ohne Abdichtung, kam es zum Austauen des Kalks im Mörtel und damit zu einem Festigkeitsverlust. Hohe Salzgehalte, die in das Mauerwerk eingetragen wurden, können durch ihr wiederholtes Auskristallisieren sowohl beim Mörtel als auch bei schwach gebrannten Ziegeln zu Festigkeitseinbußen führen. Durchfeuchtete Gebäudebereiche mit schwach gebrannten Ziegeln, die Frosteinwirkungen ausgesetzt waren oder sind, können ebenfalls hinsichtlich ihrer Festigkeitseigenschaften beeinträchtigt sein.

Auch neuere Maßnahmen können zur Veränderung des Mauerwerks führen. So können z. B. Gel- oder Kunstharz-Injektionen verfestigend auf den Mörtel und in geringem Maß auch auf die Ziegel wirken.

3 Druckfestigkeitsprüfung am Bestandsmauerwerk

Zur Prüfung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk stehen verschiedene Varianten zur Verfügung. Bei der Auswahl der Prüfvarianten sollte immer der Aufbau und die Historie des zu prüfenden Wandbereiches beachtet werden (siehe Abschnitt 2). Des Weiteren sind die Nachteile der verschiedenen Prüfverfahren zu bedenken und gegen eventuelle Vorteile abzuwägen.

Prüfungen zur Ermittlung der Mauerwerksgüte lassen sich wie folgt gliedern:

- direkte Prüfungen (Prüfungen am Bauwerk oder an Prüfkörpern aus einem Ziegel-Mörtel-Verbund)
 - In-situ-Prüfungen
 - Entnahme und Prüfung von Großprüfkörpern
 - Entnahme und Prüfung von Kleinprüfkörpern
- indirekte Prüfungen (Prüfung der Einzelkomponenten Ziegel und Mörtel)
 - zerstörende Prüfung der Ziegel- bzw. Steinfestigkeit an Prüfkörpern
 - zerstörende Prüfung der Mörtelfestigkeit an Prüfkörpern
 - zerstörungsarme Prüfung der Steinfestigkeit
 - zerstörungsarme Prüfung der Mörtelfestigkeit.

3.1 Direkte Prüfverfahren

3.1.1 In-situ-Prüfung am Bauwerk

Um direkt am Bauwerk Festigkeiten von Mauerwerk zu bestimmen, sind mit Ausnahme von aufwendigen experimentellen Tragsicherheitsnachweisen bislang nur zwei Verfahren bekannt. Hierbei handelt es sich um das aus dem Tunnelbau stammende Flat-Jack-Verfahren und das erst vor wenigen Jahren entwickelte Freischneidetechnik-Verfahren (FreD).

Flat-Jack-Verfahren

Ein Flat Jack ist ein flaches Druckkissen, in das mittels einer Hydraulikeinheit Öl gepresst wird bzw. kontrolliert wieder abgelassen werden kann.

Wird ein solches Druckkissen in einen eingeschnittenen Schlitz im Gestein oder Mauerwerk eingebracht und mit Druck beaufschlagt, gibt der an einem Manometer ablesbare Öldruck Aufschluss über Spannungen um das Druckkissen.

Werden vor dem Schneiden des Schlitzes Messbolzen in die Wand eingebracht und die Verformung vor und nach dem Anlegen des Schlitzes bestimmt, kann durch Aufbringen eines bestimmten Druckes im Druckkissen die nach dem Schlitz aufgetretene Entspannung der Wand kompensiert werden (Kompensationsverfahren). Der Druck, der zum Ausgleich der Verformungen benötigt wird, entspricht unter Voraussetzung linear-elastischer Bedingungen der vorher vorhandenen Mauerwerksspannung.

Werden zwei Flat Jacks übereinander angeordnet und das dazwischenliegende Mauerwerk mit Dehnmesseinrichtungen bestückt, kann durch die Aufnahme der Dehnungen bei mehreren Laststufen der Elastizitätsmodul des Mauerwerks bestimmt werden (Abb. 7). Zudem ist es möglich, das Mauerwerk bis zum Beginn der plastischen Verformung zu beladen und damit annähernd die maximale Mauerwerksdruckfestigkeit zu bestimmen. Möglich ist auch das Überprüfen von bestimmten Spannungszuständen unterhalb der plastischen Verformung, um eine Mindestdruckfestigkeit zu bestimmen. Voraussetzung für diese Versuchsdurchführung sind hohe Auflasten, um die eingebrachten Spannungen zu »überdrücken« und ein Anheben des oberhalb befindlichen Mauerwerks zu vermeiden.

Da der Aufbau der Prüfprozedur relativ aufwendig ist und zudem leicht Fehler auftreten können

(z.B. nicht vollständiges Anliegen der Druckkissen, plastische Verformungen in weichen Fugen etc.), die auch während des Messvorganges nur mit sehr viel Erfahrung bemerkt werden, wurde das Verfahren bisher nur selten verwendet. Das Flat-Jack-Verfahren ist somit ein Prüfverfahren für spezielle Problemfälle und hat sich in der Praxis kaum verbreitet.

Freischneidetechnik-Verfahren (FreD)

Das erst vor wenigen Jahren an der TU Bremen entwickelte Freischneidetechnik-Verfahren [1] basiert auf der Verwendung einer speziellen, hydraulischen »Prüfzange«, die in eigens freigeschnittene Wandbereiche eingesetzt wird (Abb. 8). Hierzu werden zwei vertikale, parallele Schlitze über eine Höhe von mindestens fünf Steinreihen mit 5 cm Abstand in die Wandoberfläche geschnitten. Das obere und untere Ziegelstück wird bis zur Lagerfuge entfernt, sodass zwischen den beiden Backen der Zange noch mindestens drei Ziegel und zwei Lagerfugen stehen bleiben. Die eingesetzte Zange wird über einen Hydraulikkolben belastet, das Messen der Druckspannung erfolgt analog zum Flat-Jack-Verfahren über den hydraulischen Druck. Eine Auflast ist jedoch bei diesem Verfahren nicht notwendig.

Durch das Aufbringen eines Dehnmessstreifens auf die Mauerwerksoberfläche ist die Ermittlung des aktuell vorhandenen Spannungszustandes sowie die Bestimmung des E-Moduls möglich. Als kritisch ist jedoch zu betrachten, dass die Prüfzange nur im Randbereich des Mauerwerks einsetzbar ist, in dem häufig Ziegel höherer Güte verbaut wurden. An der äußeren Mauerwerks-oberfläche beeinflussen zudem evtl. vorhandener



Abb. 7: Flat-Jack-Verfahren beim Einsatz am Mauerwerk
(Quelle: www.expin.it)



Abb. 8: Prüfzange des Freischneideverfahrens während der Prüfung (Quelle: www.hs-bremen.de)

festerer Fugenmörtel oder nicht vollständig ausgefüllte Fugenrandbereiche die Untersuchungsergebnisse stark. Die FreD-Prüfzange ist bislang nicht im freien Handel erhältlich.

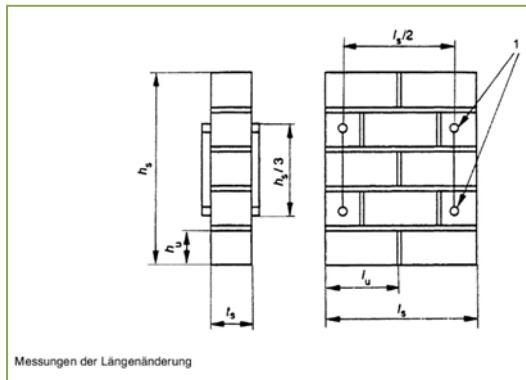


Abb. 9: Prüfkörper nach DIN EN 1052-1 [17]

3.1.2 Entnahme und Prüfung von Großprüfkörpern

Prüfung in Anlehnung an DIN EN 1052-1

In DIN EN 1052-1 [17] wird ein Prüfverfahren zur Prüfung der Druckfestigkeit von Mauerwerk an sogenannten RILEM-Prüfkörpern beschrieben. Hierin werden (bezogen auf die Größe von historischen Ziegeln) Prüfkörper mit den Mindestabmaßen (Länge $\geq 2 \times$ Ziegellänge, Höhe $\geq 5 \times$ Ziegelhöhe, Breite $\geq 1 \times$ Ziegelbreite) hergestellt und geprüft, wobei durch das Anbringen von Dehnmessstreifen auch eine Bestimmung des E-Moduls möglich ist (Abb. 9). Entsprechend der Norm sollen zur Bestimmung eines Druckfestigkeitswertes die Ergebnisse von mindestens drei Probekörpern herangezogen werden.

Überträgt man dieses Prüfverfahren auf Bestandsmauerwerk, sollte die Entnahme von Prüfkörpern in Anlehnung an diese Prüfkörpergeometrie erfolgen. Dies ist bei Wänden bis zu einer Dicke von ca. 24 cm noch relativ gut möglich, wobei die Prüfkörpermasse bei einer Wanddicke von 24 cm bereits ca. 100 kg betragen kann. Sind größere

Wand- bzw. Pfeilerdicken vorhanden, sollten die Probekörper aufgrund des Verbands im Mauerwerk nicht in Wandlängsrichtung getrennt werden (Vermeidung von Gefügeschäden); die Entnahme erschwert sich dadurch weiter. Aufgrund der zumeist geringfesten Fugen bei historischem Mauerwerk ist der Transport der Prüfkörper schwierig; Gefügeschäden können auch hierbei entstehen.

Da die Prüfung der Mauerwerksfestigkeit zumeist an statisch relevanten Stellen erfolgt, wird durch die Entnahme großer Probekörper eine starke Schwächung dieser Bereiche bewirkt, die bis zur Gefährdung der Standsicherheit gehen kann und eventuell weitere Maßnahmen notwendig macht (z. B. Abstützungen). Freistehende Mauerwerkspfeiler eignen sich generell nicht für eine Probenahme, da aufgrund des Verbandes der ganze Stützenquerschnitt beprobt werden müsste, was einem Abbruch des Pfeilers gleichzusetzen ist.

3.1.3 Entnahme und Prüfung von Kleinprüfkörpern

Fugenbohrkern-Verfahren nach Berger

Durch Berger wurde in einer 1986 veröffentlichten Arbeit eine Proportionalität zwischen dem Quotienten aus der Mauerwerksfestigkeit (f_k) und der Spaltzugfestigkeit von Bohrkernen mit mittiger Lagerfuge ($f_{SZ, FK}$) sowie dem Quotienten aus der Ziegeldruckfestigkeit nach Normprüfungen (f_b) und der Spaltzugfestigkeit von Ziegelbohrkernen ($f_{SZ, b}$) festgestellt [2].

$$\frac{f_k}{f_{SZ, FK}} = \frac{f_b}{f_{SZ, b}} \quad (1)$$

Die Fugenbohrkerne mit mittiger Lagerfuge sollen dabei einen Durchmesser und eine Länge von ca. 100 mm aufweisen. Die parallel zur Lagerfugenebene zu entnehmenden Ziegelbohrkerne können aufgrund der Höhe historischer Ziegel lediglich einen Durchmesser von maximal 50 mm aufweisen (Abb. 10). Als Prüfumfang wird in [2] für eine Prüfstelle die Entnahme von mindestens fünf Fugenbohrkernen, fünf Ziegelbohrkernen und drei Ziegeln zur Absicherung der Ergebnisqualität empfohlen.

Da zur Untersuchung einer Prüfstelle somit mindestens 13 Einzelprüfungen durchzuführen sind, ist der Aufwand trotz der kleinen Prüfkörper als hoch einzuschätzen. Bei einem Verhältnis der Steindruckfestigkeit zur Mörteldruckfestigkeit von größer 5 : 1, was im Altbaubereich bei geringfesten Mörteln häufig vorkommt, ist die Anwendung der mathematischen Beziehung (1) zudem fraglich und ein Einsatz des Verfahrens somit umstritten.

Verfahren IBMB Braunschweig nach Gunkler

Analog zum Fugenbohrkern-Verfahren nach Berger werden auch bei diesem Verfahren Bohrkerne vertikal zur Wandebene entnommen. Allerdings unterscheiden sich die beiden Verfahren dahingehend, dass hier Bohrkerne mit einem Durchmesser von 200 mm über drei Lagerfugen entnommen werden. Aus den entnommenen Bohrkernen werden dann quaderförmige Prüfkörper mit einer quadratischen Grundfläche von $12,5 \times 12,5$ cm und einer Höhe von 15,0 cm herausgeschnitten und in Beanspruchungsrichtung der Wand geprüft (Abb. 11).

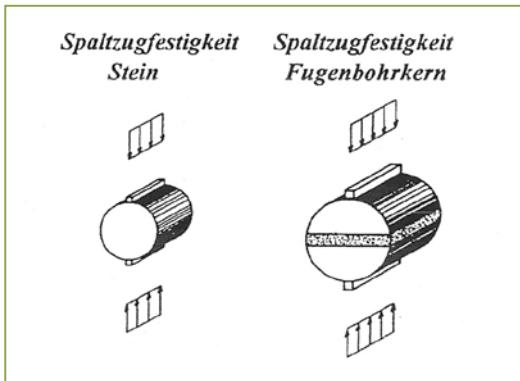


Abb. 10: Spaltzugfestigkeitsprüfung eines Ziegel- und Fugenbohrkerns [3]

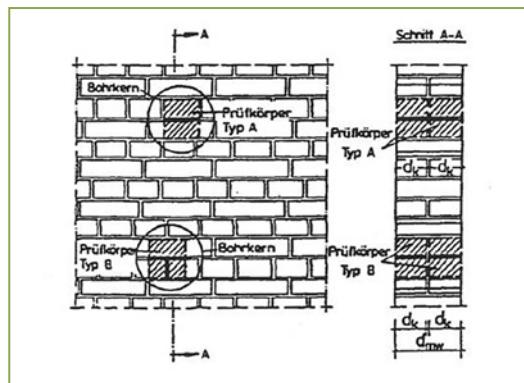


Abb. 11: Schematische Prüfkörperentnahme der Kleinprüfkörper [4]

Mithilfe von Umrechnungsfaktoren können die ermittelten Probekörperfestigkeiten auf Norm-prüfkörperfestigkeiten und damit in zulässige Mauerwerksspannungen bzw. charakteristische Mauerwerksfestigkeiten umgerechnet werden [4]. Nachteil des Verfahrens ist jedoch das nachträgliche Schneiden der Bohrkerne, was besonders bei Mauerwerk mit geringen Mörtelfestigkeiten zu Gefügestörungen führen kann. Da das Verfahren zudem für reichsformatiges Mauerwerk mit Ziegelfestigkeiten von 25–28 N/mm² entwickelt

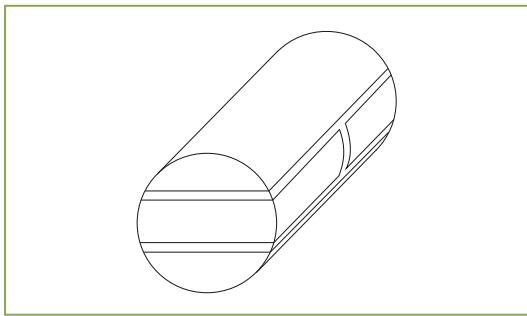


Abb. 12: Ideale Fugenanordnung im Fugenbohrkern [4]



Abb. 13: Fertige Fugenbohrkernproben



Abb. 14: Prüfkalotten mit eingegipstem Probekörper

wurde, ist die Zulässigkeit der Umrechnungsfaktoren bei Mauerwerk mit geringeren Ziegelfestigkeiten fraglich.

Fugenbohrkern-Verfahren (DDR)

nach Helmrich

Ebenfalls auf der Entnahme von Bohrkernen, jedoch mit einem Durchmesser von 150 mm, basiert das in der ehemaligen DDR entwickelte Fugenbohrkern-Verfahren, das 1985 von Helmrich, Nier, Reissenweber und Weisheit veröffentlicht und 1987 patentiert wurde [4]. Der Bohrkern wird hierbei so entnommen, dass idealerweise mittig zwei Läufersteine liegen und der Bohrkern oben und unten durch einen angeschnittenen Binderziegel begrenzt wird (Abb. 12). Der Bohrkern ist nach der Entnahme auf eine Länge von ≥ 240 mm abzuschneiden (Abb. 13).

Mittels spezieller Prüfkalotten, in die der Bohrkern mit einer dünnen Gipsschicht eingegipst wird, erfolgt die Druckprüfung (Abb. 14). Die Prüfkalotten, deren Abmessungen mithilfe spannungsoptischer Untersuchungen festgelegt wurden, sind relativ leicht herzustellen.

Analog zum Prüfverfahren nach Gunkler ist auch hier eine direkte Umrechnung der Prüfwerte in zulässige Mauerwerksspannungen bzw. charakteristische Mauerwerksfestigkeiten möglich. Das relativ einfache und kostengünstige Prüfverfahren wurde in den letzten Jahren in Deutschland verstärkt angewandt, jedoch sind auch diesem Verfahren Grenzen gesetzt.

Problematisch ist die Einhaltung des geforderten Fugenbildes, welches bei Wänden mit einer Dicke $\geq 36,5$ cm aufgrund des vorhandenen Verbandes im Mauerwerk bereits direkt hinter den oberflächigen Ziegeln wechselt kann. Besonders bei sehr weichen Mörteln kommt es zudem beim Bohren zum teilweisen Ausspülen des Mörtels

oder zum Zerbrechen des Bohrkerns nach der Entnahme aus der Bohrkrone. Hier sollte das Verfahren nicht angewandt werden. Dies gilt ebenfalls für Mauerwerk mit einem hohen Anteil von Fehlstellen in den Fugenbereichen.

3.2 Indirekte Prüfverfahren

3.2.1 Zerstörende Prüfung der Ziegel- bzw. Steinfestigkeit an Prüfkörpern

Als Alternative zu Prüfungen direkt am Bauwerk sowie zur Entnahme von Mauerwerksprüfkörpern kann die Prüfung der Festigkeit an den Komponenten des Mauerwerks erfolgen. Nach der separaten Ermittlung der Stein- und Mörtelfestigkeit ist eine Bestimmung der zulässigen Mauerwerksspannung bzw. der charakteristischen Mauerwerksfestigkeit anhand von Tabellen in DIN 1053-1 bzw. DIN 1053-100 möglich. Diese Einstufung lässt jedoch nur eine stufenweise Bewertung des Mauerwerks zu. Besonders bei niedrigen Mörtelfestigkeiten < MG II ergeben sich deshalb nur sehr geringe zulässige bzw. charakteristische Mauerwerksfestigkeiten für die statische Berechnung.

Eine Alternative bietet hier die DIN EN 1996-1-1 [5], die eine stufenlose Berechnung der charakteristischen Mauerwerksfestigkeit (f_k) aus den Komponentenfestigkeiten anhand der Gleichung (2) ermöglicht.

$$f_k = K \times f_b^{0,7} \times f_m^{0,3} \quad (2)$$

mit

K Konstante in Abhängigkeit der Ausführungsart des Mauerwerks

f_b normierte Druckfestigkeit der Mauersteine in Lastrichtung in N/mm²

f_m Druckfestigkeit des Mauermörtels in N/mm²

Unter der Maßgabe von historischem und kleinformatigem Vollziegelmauerwerk kann in Anlehnung an diese Norm bei einer Konstante K = 0,55 und einem zusätzlichen Abminderungsfaktor von 0,8 für Verbandmauerwerk die Mauerwerksfestigkeit wie folgt berechnet werden:

$$f_k = 0,8 \times 0,55 \times f_b^{0,7} \times f_m^{0,3} \quad (3)$$

Diese Berechnung bietet die Möglichkeit, Mauerwerksfestigkeiten auch zwischen den Stufen der Tabellen aus DIN 1053-1 und 1053-100 zu ermitteln und somit die Kapazitäten von Bestandsmauerwerk besser auszuschöpfen.

Prüfung von ganzen Ziegeln in Anlehnung an DIN EN 772-1

Obwohl die DIN EN 772-1 [6] nicht für bestehendes Mauerwerk gilt, ist eine Prüfung von einzelnen Ziegeln aus Bestandsmauerwerk nach dieser Norm prinzipiell möglich. Die Probemenge wird in Abschnitt 7.1 mit mindestens 6 Prüfkörpern angegeben; ein Verweis auf die Produktnorm DIN EN 771-1 [7] erfordert jedoch nach Tabelle A.2 einen Prüfumfang von 10 Prüfkörpern für eine Erstprüfung, die ja die Untersuchung von nicht bekanntem Mauerwerk immer darstellt. Eine Entnahme von 10 Ziegeln aus einem bestehenden Wandstück stellt dabei schon einen deutlichen Eingriff in die Tragstruktur dar, zumal bedacht werden muss, dass aufgrund des Mauerwerksverbandes nicht jeder Ziegel ganz zu entnehmen ist und gegebenenfalls erst Ziegel zerstört werden müssen, um an ganze Ziegel zu gelangen.

Des Weiteren sind besonders an Wandenden und Pfeilern aufgrund des Verbandes nur vereinzelt ganze Ziegel vorhanden. Bei der Entnahme der Ziegel sollte möglichst erschütterungsarm vorgegangen werden, da z. B. Stemmhämmmer schnell zum Brechen von geringfesten Ziegeln bei der Entnahme führen können. Alternativ können zur Entnahme z. B. Fugensägen verwendet werden.

Zur Vorbereitung auf die Prüfung sollten die Prüfflächen der Ziegel vorher mit Zementmörtel dünn abgeglichen werden und anschließend eine Lagerung und Trocknung bis zum Erreichen des

lufttrockenen Zustandes erfolgen. Eine Prüfung ist jedoch auch in darrtrockenem oder wasser gesättigtem Zustand möglich. Ein Abschleifen zur Egalisierung der Prüfflächen ist besonders bei geringfesten Ziegeln bedenklich, da historische Ziegel aufgrund der Brennbedingungen häufig einen gut gebrannten Sinterrand und eine unterbrannte Kernzone aufweisen. Durch das Abschleifen des Sinterrandes wird somit die Gesamtfestigkeit des Ziegels verringert.

Die ermittelten Prüfergebnisse können mittels Formfaktoren nach Tabelle A.1 in DIN EN 772-1 in die normierte Druckfestigkeit umgerechnet werden, wobei für reichs- und normalformatige Ziegel ein Faktor von ca. 0,8 anzusetzen ist. Eine Einstufung in die Druckfestigkeitsklassen erfolgt dann nach Tabelle A.10 in DIN 105-100 [8] anhand des kleinsten Einzel- und Mittelwertes (Tab. 1).

| Spalte | 1 | 2 | 3 |
|-------------------|------------------------|----------------------|---|
| Zeile | Druckfestigkeitsklasse | Kleinster Einzelwert | Umgerechnete mittlere Mindestdruckfestigkeit f_{st} |
| N/mm ² | | | N/mm ² |
| 1 | 4 | 4,0 | 5,0 |
| 2 | 6 | 6,0 | 7,5 |
| 3 | 8 | 8,0 | 10,0 |
| 4 | 10 | 10,0 | 12,5 |
| 5 | 12 | 12,0 | 15,0 |
| 6 | 16 | 16,0 | 20,0 |
| 7 | 20 | 20,0 | 25,0 |
| 8 | 28 | 28,0 | 35,0 |
| 9 | 36 | 36,0 | 45,0 |
| 10 | 48 | 48,0 | 60,0 |
| 11 | 60 | 60,0 | 75,0 |

Tab. 1: Druckfestigkeitsklassen nach DIN 105-100 (Tabelle A.10 [8])

Prüfung von aus Ziegeln entnommenen Probekörpern in Anlehnung an DIN EN 772-1
Analog zur Prüfung von ganzen Ziegeln lässt DIN EN 772-1 auch die Prüfung von »repräsentativen Teilen« der Mauersteine zu. Hierbei darf jedoch ein Mindestwert der Prüfkörperhöhe von 40 mm sowie ein Höhen-Breiten-Verhältnis von 0,4 nicht unterschritten werden. Die Umrechnung in die normierte Druckfestigkeit sowie die Zuordnung in Druckfestigkeitsklassen erfolgt entsprechend der Vorgehensweise bei ganzen Ziegeln.

Diese Variante bietet die Möglichkeit, auch halbe Ziegel oder Bruchstücke, aus denen Quader geschnitten werden (Abb. 15), oder vertikal aus den Ziegeln gebohrte Bohrkerne (z. B. bei der Untersuchung von Schleusenwänden) für eine Festig-

keitsuntersuchung mit zu verwenden und verringert somit den Probenahmenaufwand. Zu beachten ist dabei jedoch, dass Inhomogenitäten der Ziegel sich stärker auf das Untersuchungsergebnis auswirken. Bei inhomogen gebrannten Ziegeln wird z.B. die Sinterhaut entfernt und Knollen oder Gesteinseinschlüsse machen sich stärker bemerkbar. Diese Variante sollte deshalb nur bei Ziegeln mit einer möglichst homogenen Struktur und einem guten Brand (relativ hohe Festigkeit) angewandt werden. Wichtig ist bei der Prüfung auch die Einhaltung der Einbaulage, da z.B. bei stranggepressten Ziegeln die vertikale Druckfestigkeit bis zu 30 % über der horizontalen Druckfestigkeit liegen kann (bei Handstrichziegel z.T. entgegengesetzt).

Prüfung von ganzen Ziegeln in Anlehnung an DIN 105-1 (alt)

In der bis 2005 geltenden DIN 105-1 [9] wurde ein Prüfverfahren verwendet, das sich von den Prüfungen nach DIN EN 772-1 unterscheidet und, obwohl heute nicht mehr zugelassen, trotzdem aufgrund seiner Vorteile noch oft angewendet wird. Im Unterschied zu DIN EN 772-1 werden ganze Ziegel mit einer Nennhöhe von ≤ 71 m, was für reichs- und normalformatige Ziegel zutrifft, mit einer Säge halbiert und die Hälften um 180° verdreht aufeinander gemauert (Abb. 16). Der Formfaktor für die Umrechnung in die normierte Druckfestigkeit wird dann mit 1,0 angesetzt.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist, dass einseitige Gefügestörungen an Ziegeln, wie Knollen oder Brandfehler, in der Druckprüfung besser kompensiert werden. Somit eignet sich dieses Verfahren besonders für inhomogene, schwach gebrannte Ziegel.

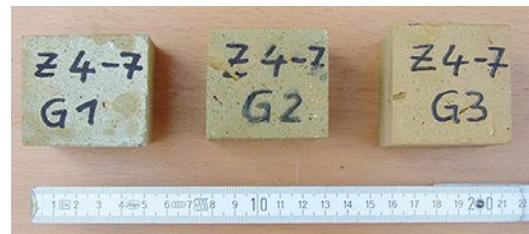


Abb. 15: Aus Ziegelstücken geschnittene Prüfquader



Abb. 16: Probekörper nach DIN 105-1

Prüfung der Spaltzugfestigkeit von aus Ziegeln entnommenen Bohrkernen in Anlehnung an DIN EN 12390-6

Vertikal zur Wandfläche entnommene Bohrkerne aus den Ziegeln können in Anlehnung an DIN EN 12390-6 hinsichtlich ihrer Spaltzugfestigkeit geprüft werden. In Versuchen stellte sich heraus, dass unabhängig von der Stirn- oder Läuferseite die Spaltzugfestigkeit in einem Verhältnis von ca. 1:10 zur Druckfestigkeit steht [11]. Inhomogenitäten im Ziegel beeinflussen diese Ergebnisse jedoch stark.

3.2.2 Zerstörende Prüfung der Mörtelfestigkeit an Prüfkörpern

Prüfung des Mörtels nach DIN 18555-9, Verfahren II und III

Eine Ausnahme unter den Prüfverfahren stellen die Verfahren II und III nach Abschnitt 5 der DIN

18555-9 [10] dar. Diese Norm enthält drei Verfahren zur Prüfung der Fugendruckfestigkeit, von denen die Verfahren II und III für die Prüfung von Mörtel aus Bestandsmauerwerk zugelassen sind, und ist damit gegenwärtig die einzige deutsche Norm, die sich direkt auf Bestandmauerwerk bezieht.

Beide Verfahren beruhen auf der Entnahme von Bohrkernen oder Proben aus dem Mauerwerk, die Fugenbereiche enthalten. Nach dem Verfahren II sind aus den entnommenen Mauerwerks-teilen Fugenprobekörper in den Abmessungen von ca. $80 \times 80 \times 12$ mm herauszuschneiden und nach erfolgter Trocknung mit quadratischen Prüf-stempeln mit einer Fläche von 40×40 mm abzudrücken. Die ermittelten Festigkeiten entspre-chen der jeweiligen Prismenfestigkeit.

Da die Herstellung von relativ großen Fugen-stücken von 80×80 mm besonders bei histo-rischem Mauerwerk aufgrund der häufig geringen Fugenfestigkeiten schwierig ist, hat sich in der Praxis das Verfahren III, das auch als IBAC-Verfahren bezeichnet wird, stärker durchgesetzt. Für die Prüfung nach dem Verfahren III werden aus den Mauerwerksproben Fugenprobekörper mit den Abmaßen von ca. $50 \times 50 \times 12$ mm herausgesägt und mit runden Prüfstempeln mit einem Durchmesser von 20 mm hinsichtlich ihrer Festigkeit geprüft (Abb. 17). Die ermittelten Druckfestigkeiten können mit dem Faktor 1,43 in Prismenfestigkeiten umgerechnet werden.

Für beide Prüfvarianten sind mindestens 10 Ein-zelprüfungen auszuführen, aus deren Einzelfes-tigkeiten die Gesamtfestigkeit als arithmetisches Mittel gebildet wird.



Abb. 17: Probekörper nach DIN 18555-9, Verfahren III

Prüfung des Mörtels mit dem Stempeldruck-Verfahren (TU Wien)

In Adaption des ibac-Verfahrens wurde an der TU Wien ein weiteres Verfahren entwickelt, das in Österreich auch Eingang in die Normung gefun-den hat. Das Stempeldruckverfahren, das beson-ders für geringfeste Mörtel geeignet ist, basiert auf der Entnahme von fugendicken Mörtelbruch-stücken mit einem Mindestdurchmesser von ca. 50 mm. Diese Bruchstücke werden mittels spezieller Formen beidseitig mit ca. 5 mm Gips mit einem Durchmesser von 50 mm abgeglichen und anschließend mit Prüfstempeln mit einem Durchmesser von 25 mm abgedrückt (Abb. 18) [2, 11].

Die Prüfwerte können mittels Umrechnungsfak-toren direkt in die Prismendruckfestigkeit um-gerechnet werden. Um eine ausreichende Sicher-heit für die Prüfung zu gewährleisten und große Streuungen infolge von großen Zuschlagkörnern, Lunkern oder Rissen zu minimieren, werden pro Untersuchungsbereich 15 Prüfkörper empfohlen, wobei mindestens 10 in die Auswertung ein-fließen sollen.

3.2.3 Zerstörungsarme Prüfung der Steinfestigkeit

Prüfung mit dem Rückprallhammer

Seit 1990 wurden vermehrt Untersuchungen zur Ermittlung der Ziegelgüte von Bestandsmauerwerk mittels Rückprallhammer Typ L durchgeführt, die anfangs einen linearen Zusammenhang vermuten ließen und später einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Rückprallwert und Ziegelfestigkeit bestätigten (Abb. 19). Die Streuungen der Rückprallwerte werden mit zunehmender Festigkeit immer größer, sodass das Verfahren bei Ziegelfestigkeiten $> 25 \text{ N/mm}^2$ nicht mehr sinnvoll erscheint. Da jedoch historische Ziegel häufig unterhalb dieser Festigkeitsschwelle liegen, ist ein Einsatz bei Bestandsgebäuden meist möglich.

Für die Rückprallhammerprüfung von Bestandsmauerwerk sind bislang keine Vorgehensweisen in Normen erfasst. Deshalb wird das Verfahren in der Regel mittels Prüfziegeln aus dem Bauwerk kalibriert, an denen eine zerstörungsfreie und eine zerstörende Prüfung durchgeführt werden. Dabei werden immer gleiche Prüfbedingungen

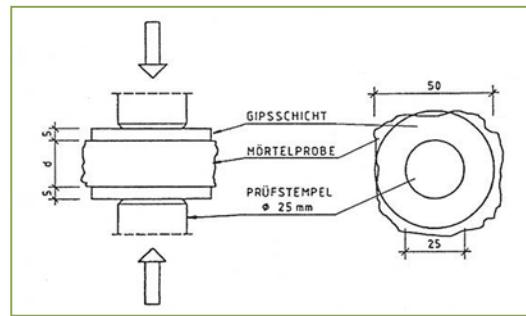
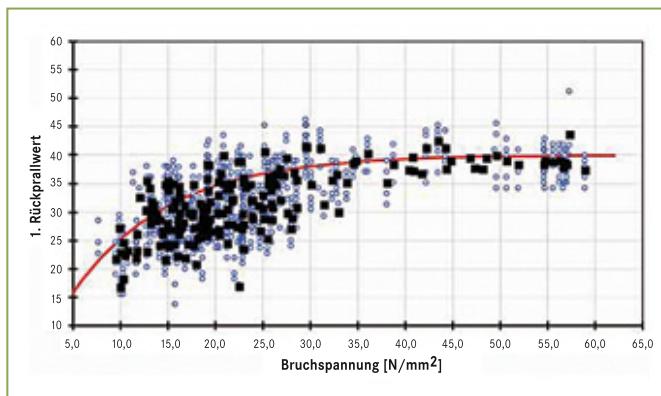


Abb. 18: Prinzipskizze des Stempeldruckverfahrens [11]

vorausgesetzt (z. B. nur Prüfen von Binderziegeln, leichtes Anschleifen der Oberfläche etc.). Eine Ermittlung der Druckfestigkeit kann dann mittels einer Korrekturfunktion, die am 5 %-Quantil orientiert ist (max. 5 % der Prüfwerte liegen unterhalb der Kurve), erfolgen.

Um die nicht unerheblichen Streuungen der Prüfung (Bestimmtheitsmaß nur ca. 0,7) zu minimieren, ist eine ausreichende Menge an Einzelprüfungen zu nehmen, wobei für die Prüfung eines einzelnen Ziegels 10 Einzelschläge ausreichend sind. Somit lässt sich ohne großen Aufwand eine Vielzahl von Ziegeln prüfen, was auch Aussagen über eine gleichmäßige oder

Abb. 19: Zusammenhang zwischen Rückprallwert und Ziegelfestigkeit [12]



stark streuende Ziegelqualität zulässt und damit die Homogenität des Mauerwerks bewertet.

Bestimmung des Eindruckdurchmessers mit dem Kugelschlaggerät

Mittels Kugelschlaggerät wird eine Stahlkugel mit einem Durchmesser von 10 mm in die vorbereitete Prüffläche des Ziegels geschlagen und anschließend der Durchmesser des Eindrucks mittels Messlupe bestimmt. Dieses einfache und zerstörungsarme Verfahren wurde um 1960 für stranggepresste Ziegel geeicht und ermöglicht eine Umrechnung in die Ziegelfestigkeit. Für Handstrichziegel ist aufgrund der inhomogenen Oberfläche und Struktur jedoch mit großen Streuungen zu rechnen, weshalb sich die Prüfvariante nicht verbreitet hat [11].

Ermittlung der Auszugskraft von Mauerankern

Für Steinfestigkeiten $< 10 \text{ N/mm}^2$ besteht eine gute Korrelation zwischen der Auszugskraft eines Mauerwerksankers und der Druckfestigkeit der Steine. Der 6 mm dicke, schraubenförmige Mauerwerksanker wird in ein mit einem speziellen Bohrer hergestelltes Bohrloch mit einem Durchmesser von 4,5 mm und einer Tiefe von 55 mm eingeschlagen und mit einem speziellen Greifer wieder aus dem Mauerwerk gezogen [11]. Bei Steinfestigkeiten $> 15 \text{ N/mm}^2$ besteht keine Korrelation mehr zwischen Auszugskraft und Druckfestigkeit.

3.2.4 Zerstörungsarme Prüfung der Mörtelfestigkeit

Prüfung des Mörtels mit dem Eindringverfahren

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Rückprallhammerverfahrens bei der Bestimmung der Ziegelfestigkeit wurde an der TU Wien nach einer Möglichkeit der Rückprallhammerprüfung von Fugenmörteln gesucht. Da sich bei der Verwendung normaler Rückprallhämmer keine zufriedenstellenden Ergebnisse einstellten, wurde ein Eindringen von verschiedenen Prüfschneiden in den Mörtel getestet. Dabei ergab sich für eine Prüfschneide ein linearer Zusammenhang zwischen der Eindringtiefe und der Fugenmörtelfestigkeit (f) bei weichen Mörteln bis ca. $3,0 \text{ N/mm}^2$ (Abb. 20, vgl. [2]). Die Eindringtiefe wird bei diesem Verfahren zwischen dem 1. und 10. Schlag (d_1 und d_{10}) ermittelt, wobei der modifizierte Rückprallhammer während der Prüfung nicht abgesetzt werden darf.

Die mittels eines Messschiebers ermittelte Eindringtiefe kann mit Gleichung (4) direkt in die Normfestigkeit umgerechnet werden [11].

$$f_m = [4,0 / (d_1 - d_{10})]^{0,60} \quad (4)$$

Aus Gleichung (4) ergibt sich, dass bei Mörtelfestigkeiten im oberen zulässigen Bereich des Verfahrens (max. $3,0 \text{ N/mm}^2$) die Eindringtiefe bei ca. 0,65 mm liegt. In diesem Bereich ist eine exakte Messung der Eindringtiefe mittels Messschieber jedoch kaum noch möglich, da leichte Veränderungen des Ansatzwinkels des Rückprallhammers bzw. geringe Unebenheiten der Wandoberfläche bereits zu starken Veränderungen des

Messwertes führen. Des Weiteren beeinflussen Lunker, große Zuschlagkörner oder geringe Fugendicken ebenfalls die Eindringtiefe. Trotz dieser Nachteile ist das Verfahren in die österreichische Normung eingegangen (vgl. Abschnitt 4).

Bestimmung der Eindringtiefe eines Stahlstiftes

Um 1986 wurden durch Markworth am Institut für Eisenbahnwesen in Magdeburg Untersuchungen zur Ermittlung der Mörtelfestigkeit mittels eines Spezialaufsatzes, der auf ein Kugelschlaggerät aufgeschraubt wird, durchgeführt. Der Spezialaufsatz besteht aus einem Stahlstift und einem Anschlag, der mit einem Messnonius verbunden ist (Abb. 21). Beim Auslösen des Kugelschlaggerätes bohrt sich der Stahlstift um ein bestimmtes Maß in den Mörtel, welches annähernd mit der Mörtelfestigkeit korreliert. Das Gerät sowie das Verfahren wurden 1986 in einer Patentschrift veröffentlicht [13], setzten sich anschließend jedoch nicht weiter durch.

Bohrwiderstandsprüfung

Mittels einer kleinen Bohrmaschine wird ein Loch mit 4 mm Durchmesser und 5 mm Tiefe in die Fuge gebohrt und die dabei aufgewandte Bohrarbeit bestimmt, die bei weichen Mörteln bis zu einer Festigkeit von ca. $3,5 \text{ N/mm}^2$ in Korrelation zur Mörtelfestigkeit steht. Höhere Mörtelfestigkeiten und große Zuschlagkörner lassen die Ergebnisse jedoch sehr stark streuen [11].

Mörtelprüfung mittels Pendelhammer

Für die qualitative Prüfung von Mörtelfestigkeiten ist ein Pendelhammer Typ PM im Handel verfügbar, der einen speziell für Fugen gefertigten

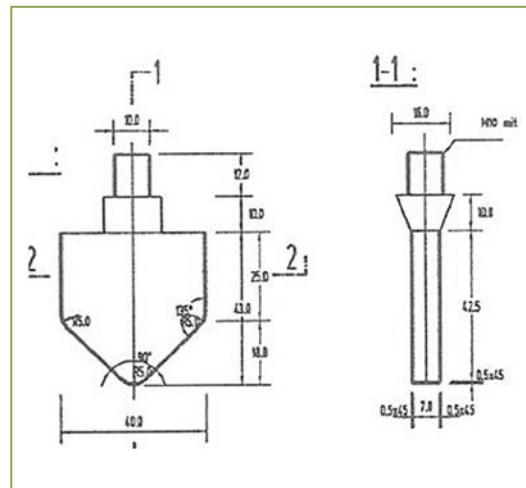


Abb. 20: Prüfschneide für Rückprallhammer [11]

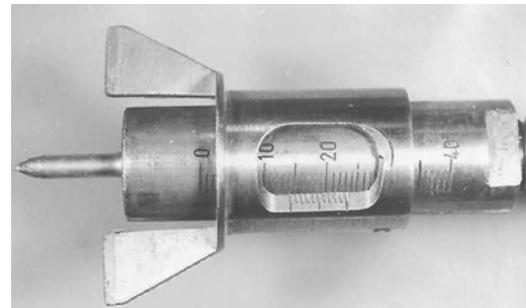


Abb. 21: Spezialaufsatz für Kugelschlaggerät [13]

Schlagbolzen besitzt. Er erlaubt anhand der Rückprallwerte eine grobe Einschätzung der Mörtelfestigkeiten in die Kategorien »schlecht«, »durchschnittlich«, »befriedigend«, »gut«, »sehr gut« und »hervorragend«. Diesen Prädikaten können jedoch keine Festigkeitskennwerte zugeordnet werden, sodass der Pendelhammer für eine quantitative Bestimmung der Mörtelfestigkeit nicht geeignet ist.

4 Zusammenfassende Betrachtungen und Empfehlungen

Die aufgeführte Vielzahl von Prüfvarianten zeigt, dass in den zurückliegenden Jahrzehnten immer wieder unterschiedliche Ansätze zur Untersuchung der Druckfestigkeit erforscht wurden und in Prüfverfahren mündeten. Viele dieser Verfahren besitzen jedoch Nachteile, die sie in der Praxis ungeeignet erscheinen lassen. Aus diesem Grund sind in Deutschland kaum Verfahren in die Normung eingegangen. Lediglich die Prüfung der Fugendruckfestigkeit nach DIN 18555-9 (Verfahren II und III) ist explizit für Bestandsgebäude anwendbar.

In Österreich hingegen entstand mit dem Anhang A der ÖNORM B 3350:2006-01-01 [14] erstmals eine Regelung für die Prüfung der Druckfestigkeit an Bestandsobjekten und Bestandsbauten, die im Zuge der europäischen Normung als Anhang D in den Nationalen Anhang zur EN 1996-3, die ÖNORM B 1996-3:2009-03-01 [15], eingegangen ist. Kerninhalt dieser Normung sind die zulässigen Prüfverfahren sowie ein dazu abgestimmter Prüfumfang. Als Verfahren werden in dieser Norm die Mauerwerksprüfung nach DIN EN 1052-1, die Mauersteinprüfung nach DIN EN 772-1 oder mittels Rückprallhammer und die Prüfung des Fugenmörtels mit dem Stempeldruckverfahren oder Eindringverfahren genannt. Prüfserien, von denen je Mauerwerksart mindestens eine und mindestens zwei am Objekt getestet werden müssen, bestehen aus je drei Prüfstellen bei zerstörender Prüfung und sechs Prüfstellen bei zerstörungsarmen Prüfvarianten.

Zur Mittelwertbildung für eine Prüfstelle sind (mit Ausnahme der RILEM-Prüfkörper) 5 Steinfestigkeitswerte nach DIN EN 772-1 zu ermitteln; alle anderen Verfahren benötigen 10 Einzelwerte. Somit ergibt sich für ein Bestandsobjekt eine Mindestanzahl von 6 RILEM-Prüfkörpern oder 30 Ziegelprüfungen nach EN 772-1 bzw. 120 Rückprallhammerprüfungen an Ziegeln sowie 60 Mörtelprüfungen mittels Stempeldruckverfahren oder 120 Prüfungen mittels Eindringtiefenverfahren.

Aufgrund praktischer Erfahrungen ist die Ausführung eines solchen Prüfumfangs aus statischen bzw. wirtschaftlichen Gründen fraglich, jedoch ist der Ansatz, Verfahren zur Prüfung festzulegen, zu begrüßen. Deshalb wird auch für Deutschland eine Festlegung von Verfahren empfohlen, wobei die Anlehnung an europäisch genormte Verfahren sinnvoll ist, jedoch auch andere praxisbewährte Verfahren einfließen sollten. Die infolge der aufgeführten Vor- und Nachteile vielversprechendsten Verfahren sind folglich:

Mauerwerksprüfung:

- Prüfung in Anlehnung an DIN EN 1052-1 (RILEM-Prüfkörper)
- Fugenbohrkern-Verfahren (DDR) nach Helmrich
- evtl. Freischneidetechnik-Verfahren (FreD)

Ziegelprüfung:

- Prüfung von ganzen Ziegeln oder Ziegelabschnitten in Anlehnung an DIN EN 772-1
- Prüfung von ganzen Ziegeln in Anlehnung an DIN 105-1 (alt)
- Prüfung der Steinfestigkeit mit dem Rückprallhammer

Mörtelprüfung:

- Prüfung des Mörtels nach DIN 18555-9, Verfahren II und III
- evtl. Prüfung des Mörtels mit dem Eindringverfahren.

Für bislang nicht genormte Verfahren bzw. Verfahren, die sich nicht an bestehende Normen anlehnen, sollten einheitliche Verfahrensweisen definiert werden, um Streuungen infolge unterschiedlicher Randbedingungen bei der Prüfung zu vermeiden.

Infolge der starken Materialstreuungen von historischem Ziegelmauerwerk wird empfohlen, einfache und kostengünstige Prüfverfahren, die auf der Entnahme von kleinen Prüfkörpern beruhen, zu verwenden, um eine möglichst große Anzahl an Einzelprüfungen ohne statische Komplikationen durchführen zu können. Eine Probenanzahl von drei Prüfkörpern je Stelle sollte dabei nicht unterschritten werden.

Die Bewertung dieser Einzelprüfungen für eine Mauerwerksart kann bei zerstörenden Prüfverfahren in Anlehnung an DIN EN 13791 [16] halb statistisch bei drei bis 15 Probekörpern und rein statistisch bei > 15 Probekörpern erfolgen. Eine Kombination von zerstörenden und zerstörungsarmen Prüfverfahren ist für die Beurteilung von Mauerwerk sinnvoll, da durch die Entnahme von Probekörpern Erkenntnisse über den Aufbau und die Beschaffenheit des Mauerwerks gewonnen werden und durch zerstörungsarme Prüfverfahren schnell ein Überblick über die Homogenität des Mauerwerks im Untersuchungsabschnitt vorliegt. Für diese Verfahrenskombination kann ebenfalls die DIN EN 13791 als Vorbild dienen.

Eine Mauerwerksprüfung ausschließlich mit zerstörungsarmen Untersuchungsmethoden ist aufgrund der Unkenntnis über den Zustand des Mauerwerks im Kernbereich bedenklich und sollte deshalb nur unter Verwendung ausreichender Sicherheitsfaktoren angewendet werden.

Für eine Prüfung bei akuter statischer Relevanz einzelner Bauteile sollten möglichst direkte Prüfverfahren verwendet werden, die eine Umrechnung unmittelbar in charakteristische Mauerwerksfestigkeiten zulassen und dabei nur geringe Schädigungen durch die Probeentnahme am Mauerwerk verursachen (z.B. Fugenbohrkern-Verfahren (DDR) nach Helmrich).

Der Historie des Gebäudes, die den Aufbau und den Zustand des Mauerwerks wiederspiegelt, ist bei der Wahl der Untersuchungsmethoden immer Beachtung zu schenken. Besonders Umbauten oder Kriegsschäden sollten vor Untersuchungsbeginn analysiert werden, um Fehler bei der Auswahl der Prüfstellen zu vermeiden. Eine Voruntersuchung der gesamten Gebäudesubstanz ist somit vor Beginn der Probenahme für die Druckfestigkeitsprüfung sinnvoll.

5 Literatur

- [1] Gutermann, Marc; Kahl, Dennis; Malgut, Werner; Schröder, Carsten: Freischneidetechnik zur experimentellen Dehnungsermittlung an Mauerwerk zur Bausubstanzerhaltung und Ressourcenschonung (FreD). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2012
- [2] Pech, Anton; Zach, Franz: Mauerwerksdruckfestigkeit – Bestimmung bei Bestandsobjekten. Das Mauerwerk 13 (2009), Nr. 3, S. 135 – 139
- [3] Pauser, A., Pech, A., Stagel, R.: Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Mauerwerksfestig

keit. Forschungsvorhaben im Rahmen der Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien. H54/94 TU Wien, Institut für Hochbau und Industriebau, 1996

- [4] Kordina, K.; Stappenbeck, W.; Gunkler, E.: Zur nachträglichen Bestimmung der Druckfestigkeit von Mauerwerk aus künstlichen Steinen. Wissenschaftliche Beiträge der MFPA Leipzig (1996), Nr. 1, S. 7-19
- [5] DIN EN 1996-1-1:2013-02. Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005 + A1:2012
- [6] DIN EN 772-1:2011-07. Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit; Deutsche Fassung EN 772-1:2011
- [7] DIN EN 771-1:2011-07. Festlegungen für Mauersteine – Teil 1: Mauerziegel; Deutsche Fassung EN 771-1:2011 ersetzt durch: DIN EN 771-1:2015-11. Festlegungen für Mauersteine – Teil 1: Mauerziegel; Deutsche Fassung EN 771-1:2011 + A1:2015
- [8] DIN 105-100:2012-01. Mauerziegel – Teil 100: Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften
- [9] DIN 105-1:1989-08. Mauerziegel – Vollziegel und Hochlochziegelersetzt durch: [7]
- [10] DIN 18555-9:1999-09. Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln – Teil 9: Festmörtel; Bestimmung der Fugendruckfestigkeit
- [11] Pauser, Alfred; Schmiedmayer, Robert; Pech, Anton: Bestimmung der Festigkeit von Mauermörtel mittels Schlagversuchen – Grundlagenversuche zur Entwicklung eines In-Situ Prüfverfahrens. TU Wien, Institut für Hoch- und Industriebau, 11/1995
- [12] Pech, Anton; Zach, Franz: Festigkeitsprüfungen an Mauerwerk unter Berücksichtigung von baupraktisch üblichen Anwendungen. In: Venzmer, Helmut (Hrsg.): Europäischer Sanierungskalender. 2.Jg. Berlin: Beuth Verlag, 2007
- [13] Markworth, Erich; Zorn, Bernd: Patentschrift DD252886, Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Festigkeit von Massivbaustoffen, insbesondere von Fugenmörteln. Amt für Erfindungs- und Patentwesen der DDR, 1986
- [14] ÖNORM B 3350:2006-01-01. Tragende und aussteifende Wände - Bemessung und Konstruktion
- [15] ÖNORM B 1996-3:2009-03-01. Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten, Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten, Nationale Festlegungen und Ergänzungen zur ÖNORM EN 1996-3
- [16] DIN EN 13791:2008-05: Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007
- [17] DIN EN 1052-1:1998-12. Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit, Deutsche Fassung EN 1052-1:1998

Schimmelsanierung außerhalb der Norm

Schimmelfreiheit für ein Schweizer Mehrfamilienhaus aus Beton

Gerhard Bürkli

Zusammenfassung

Das Mehrfamilienhaus (Betonkonstruktion, Baujahr 1970) weist nach seinem Umbau 2007 wiederkehrenden Schimmelbefall auf. Eine geplante Außendämmung konnte damals aufgrund von Einsprüchen nicht ausgeführt werden. Ein erster Sanierungsversuch scheiterte am Widerstand der Bewohner. 2013 erfolgte die erste Untersuchung durch ntb BauBioPhysik und die Ausarbeitung eines umfassenden Sanierungskonzepts mit ausführlicher Begründung. Im Februar 2014 wurde eine Testphase mit den vier »schlimmsten« Wohnungen beauftragt. Die Ausführung erfolgte im August und die Nachkontrolle

im März 2015. Anschließend wurde Phase 2 beauftragt. Die übrigen 20 Wohnungen werden von August bis Oktober wie folgt saniert: Einbau einer hygrostatisch gesteuerten Einzel-Komfortlüftung pro Wohnung, Schimmel-Dekontamination, Kondensationsschutz-Beschichtung an Risikoflächen, Ersatz einzelner Vorhangbretter durch verputzte KS-Platten, lokale Beheizung der Blumenfenster, Ersatz fehlerhafter Innendämmungen, Ersatz verschimmelter Fensterfugen und Sockelleisten, Dämmung der Untersichten von auskragenden Wohnungsgebäuden sowie von Keller- und Garagendecken. Die Gesamtkosten beliefen sich auf 300 000 CHF.

1 Vorgeschichte

Das 1970 in Beton-Skelett-Bauweise mit Beton-Sichtfassade erstellte Mehrfamilienhaus im bernischen Sumiswald (Emmental, Schweiz) wurde ursprünglich als Wohnheim für Angestellte des nahen Regionalspitals genutzt (Abb. 1). Nach der Aufhebung dieses Spitals, im Rahmen einer



Abb. 1: der Beton-Koloss



Abb. 2: Stirnseite mit Blumenfenstern

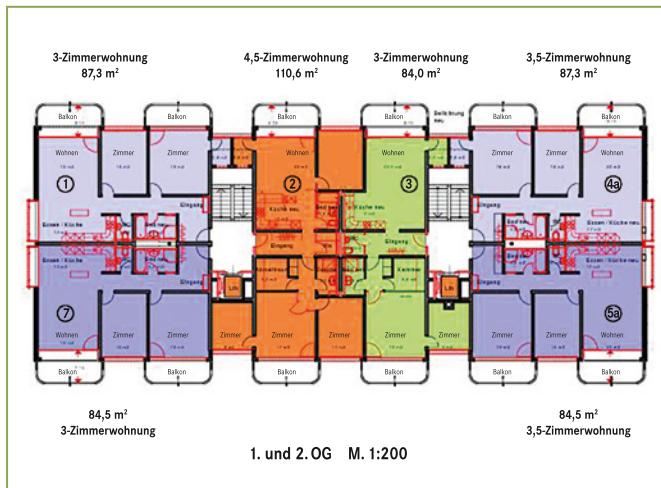


Abb. 3: der neue Grundriss

Spitalreform des Kantons Bern, musste das Objekt 2007 durch Umbau einer Nutzung als Mietshaus zugeführt werden. Eine geplante, vollständige Außen-Wärmedämmung konnte aufgrund des Einspruchs eines Nachbarn nicht ausgeführt werden (Der Nachbar schützte damit die Interessen seines Freundes, der als Architekt des Bauwerks »seine schöne Beton-Fassade« nicht zugedämmt haben wollte ...).

Es entstanden 24 Wohnungen, 3 Studios und 1 neue Attika-Wohnung. Zur Optimierung der Wohnlichkeit wurden dabei an den Stirnseiten 16 Blumenfenster als Metallkonstruktion vorgehängt (Abb. 2) und die Betonplatten-Wände innen mit 100 mm Polystyrol gedämmt. Die Balkonflächen der größeren Wohnungen wurden etwas nach innen versetzt sowie alle Fenster auf neuestem Energiestandard ersetzt (Abb. 3).



Abb. 4: Ecke mit Kondensationsspuren



Abb. 5: Schimmecke – mehrfach übermalt

Nach Bezug klagten die Bewohner von etwa der Hälfte der Wohnungen über einsetzenden Schimmelbefall (Abb. 4–6). Dieser wurde über Jahre »maltechnisch« behandelt, eine Schimmelfreiheit konnte aber nicht nachhaltig erreicht werden. Zudem bildeten sich im Winter auf allen Blumenfenster-Bänken Kondensationslachen (Abb. 7).

2 Erster Sanierungsversuch scheitert

Die verantwortliche Baukommission zog nun ein Ingenieurbüro bei. Dieses erkannte richtig, dass die neuen Fenster zu einem erhöhten Dampfdruck geführt hatten und sich nun die Wärmebrücken an den üblichen Stellen (Leibungen, Ecken, Blumenfenster) bemerkbar machten. Zur Lösung (Dampfdruckabbau) wurde die Entlüftung der Nasszellen massiv verstärkt und im oberen Rahmenbereich der Balkonfenster im Wohnzimmer wurden Nachström-Öffnungen angebracht (Luftschlitze). Die Kosten betrugen ca. 70 000 CHF. Allerdings hatten die Planer hier die Rechnung

ohne die Bewohner gemacht: Im Winter (mit bis zu -20°C Außentemperatur) führte diese Art der Lüftung zu Abkühlung und unangenehmen Luftströmen im Wohnzimmer. Die Bewohner lösten es auf ihre Art: Die Luftschlitzte wurden mehrheitlich eigenhändig und eigenmächtig verklebt. Die Schimmelprobleme blieben.

Nun entwarf das Ingenieurbüro einen weiteren Sanierungsplan, welcher von ausreichend Berechnungen von Wärmebrücken und Wärmefluss-Diagrammen begleitet wurde: der Einbau von Luftentfeuchtern und Komfortlüftern in allen Wohnungen (teuer) sowie die Überdämmung der Betonpfeiler außen (sehr aufwendig, da kleinteilig). Die Kosten hätten allerdings 300 000 CHF überschritten und weder Dekontamination noch Innensanierung und auch nicht die Behebung aller kritischen Wärmebrücken (Blumenfenster) enthalten.



Abb. 6: Schimmelflecken nach Übermalen



Abb. 7: Schimmel und Kondensation an Blumenfenster



Abb. 8: Mauerverjüngung



Abb. 9: Fassadenfuge mit Tropfschaden



Abb. 10: Schimmelschutz-Beschichtung

3 Untersuchungsergebnisse

Im Februar 2013 wurde ntb Bürkli AG BauBio-Physik mit einer Untersuchung beauftragt. Diese brachte folgende Ergebnisse:

1. Morgens beträgt die Oberflächentemperatur an der schwächsten Stelle der Blumenfenster 10°C , bei einer Außentemperatur von 0°C . Gemäß energetischer Bauteil-Berechnung (Psi-Therm 2011) hätten es 15°C sein sollen. Die Blumenfenster sind zwar normgerecht wärmegedämmt (die Dämmung wurde im Verlauf der ersten Sanierungsphase mittels Bauteilöffnung überprüft), aber bilden im Winter trotzdem massiv Tauwasser (Kondensation).
2. Die üblichen geometrischen Wärmebrücken (Leibungen, Ecken) weisen Oberflächentemperaturen von $12\text{--}14^{\circ}\text{C}$ auf, was insbesondere bei saisonalen Außentemperaturen von unter -10°C als kritisch zu beurteilen ist.
3. Aus der Befragung der Bewohner geht hervor, dass Schimmelbefall nur bei denjenigen auftritt, die in Winternächten die Schlafzimmerfenster konsequent geschlossen halten.
4. An der Fassade wurden folgende Schwächen festgestellt:
 - a) Die Untersichten von auskragenden Wohnungsbereichen sind unzureichend gedämmt.
 - b) Eine Fassadenmauer im EG Süd/Stirnseite (Abb. 8) ist verjüngt.
 - c) Eine Fassaden-Fuge ist Schmelzwasser ausgesetzt, welches vom Dachrand tropft (Abb. 9). Die Innenwand weist an dieser Stelle erhöhte Feuchte-Messwerte auf.
5. Ein Teil der stirnseitigen Innendämmungen ist fehlerhaft ausgeführt: gerissene Fugen der Seiten- und Deckenanschlüsse sowie Strom-

dosen, die eine Konvektion an die kalte Mauer ermöglichen.

6. Die Dämmung von Keller- und Garagendecken unter den EG-Wohnungen fehlt.
7. Die nachträglich verstärkte Lüftung wird mehrheitlich abgelehnt und sabotiert.

4 Umfassendes Sanierungskonzept

Aus den Erkenntnissen der Vorgeschichte, dem Bericht des Ingenieurbüros und den eigenen Untersuchungen wurde nun ein Sanierungskonzept erarbeitet, welches alle kritischen Aspekte (inkl. Mieterverhalten) umfassen und zu nachhaltiger Schimmelfreiheit führen sollte. Die Baukommission wünschte zudem, dass ntb Bürkli AG die Sanierung als Totalunternehmerin ausführt und eine langjährige Garantie für Schimmelfreiheit abgibt. Folgende Maßnahmen wurden empfohlen:

1. Dekontamination aller bekannten Schimmelflächen (die Verwaltung hatte einen ausführlichen und bebilderten Schimmelkataster erstellt), d. h. Rückbau Abrieb bzw. Anstrich und Gipsputz bis auf die Mauer und Neuaufbau mit Kalkputz, angeschimmelte Vorhangsbretter durch verputzte Kalziumsilikat-Platten ersetzen, Ersatz angeschimmelter Sockelleisten und Fensterfugen
2. Risiko-Flächen (im Bereich von Wärmebrüchen) großzügig mit mineralischem Kondensationssschutz beschichten (Abb. 10)
3. Kontrollierter Dampfdruck-Abbau durch Einbau hygrostatisch gesteuerter Einzel-Komfortlüfter (Abb. 11)



Abb. 11: Komfortlüfter



Abb. 12: Heizrohr Blumenfenster



Abb. 13: fehlerhafte Innendämmung



Abb. 14: Schimmel hinter der Dämmung



Abb. 15: Dämmung der Untersicht



Abb. 16: Dämmung der verjüngten Mauer

4. Schwachstellen an den Blumenfenstern durch dünne Heizrohre leicht beheizen (Abb. 12)
5. Fehlerhaft ausgeführte Innendämmungen (Abb. 13 +14) fachgerecht ersetzen
6. bautechnische Schwachstellen dämmen: Auskragungen/Untersichten (Abb. 15), verjüngte Mauer (Abb. 16), Keller- und Garagendecken
7. Dachrand-Verblechung überprüfen und defekte Fassadenfuge ausbessern.

5 Begründung der Maßnahmen aus physikalischer und biologischer Sicht

Da die Baukommission nach dem ersten erfolglosen Sanierungsversuch verständlicherweise skeptisch war, musste die vorgeschlagene Sanierung detailliert dokumentiert und ausführlich begründet werden.

5.1 Grundlegende Beobachtung

Nur die Hälfte der Wohnungen ist von wiederkehrendem Schimmelbefall betroffen. Sie können nicht einer speziell exponierten Lage zugeordnet werden oder mit nur dort vorkommenden Wärmebrücken korreliert werden. Daraus kann ohne Weiteres geschlossen werden, dass das Hauptproblem die durch die Bewohner bedingte Raumluftfeuchtigkeit darstellt bzw. das mangelhafte Lüftungsverhalten in Relation zur jeweiligen Feuchteproduktion. Eine Ausnahme bildet die Wohnung im EG Nord, die tatsächlich eine besondere Exposition und eine anormale Wärmebrücke aufweist. Aus der Befragung schimmelbetroffener Mieter ergibt sich zudem, dass diese im

Winter nachts in den Schlafräumen die Fenster geschlossen halten. Dieser nächtliche Dampfdruckaufbau (bzw. der fehlende Dampfdruckabbau) ist gemäß unserer langjährigen Erfahrung die primäre Ursache für entsprechenden Schimmelbefall in nicht gedämmten Wohnungen.

5.2 Physikalische und biologische Grundlagen für die Sanierung von Schimmelbefall

Schimmel braucht zur Entstehung zwei Voraussetzungen:

1. frei verfügbares Wasser (hier durch Kondensation)
2. Verfügbarkeit von organischen Stoffen (Grundlage für den Stoffwechsel).

Ist Schimmel einmal flächig gewachsen, kann das Mycel (Wurzelgeflecht) im Untergrund auch nach einer Oberflächendesinfektion und Entfernung des Hyphen (Schimmelgewächs) weiter bestehen.

Solcherart »sanierte« Flächen können ab 75 % relaterer Luftfeuchte an der Oberfläche wieder Schimmelwachstum unterliegen. Es braucht in diesem Fall keine Abkühlung bis zum Taupunkt mehr.

5.3 Schimmelbefall in Wohnräumen ist durch 4 Faktoren beeinflusst

1. Oberflächentemperatur (siehe Taupunkt-Tabelle)
2. Oberflächenbeschaffenheit (Feuchtesorption/Pufferfähigkeit, Verfügbarkeit organischer Stoffe)
3. Feuchtigkeit (hier v. a. Luftfeuchte)
4. bereits bestehendes Mycel (Wurzelgeflecht) unter der Oberfläche.

5.4 Daraus leiten sich die möglichen Sanierungsmethoden ab

1. Beheizung und/oder Dämmung > Erhöhung der Oberflächentemperatur
2. Verbesserung der Oberflächen (mineralisch, kondensationstolerant)
3. Senkung der Luftfeuchtigkeit
4. gründliche Entfernung des Mycels (Dekontamination).

6 Berechnungen und Erläuterungen zum Sanierungskonzept

6.1 Wärmebrücken Schlafzimmer (Eckbereiche)

Bei einer Raumtemperatur von 20 °C und einer rLF von 50 % enthält die Luft 7,5 g Wasserdampf pro m³. Findet kein Dampfdruckabbau während der Nacht statt (Komfortlüfter ausgeschaltet),

werden zwei schlafende Personen ca. 800 g Dampf über Atmung und Transpiration abgeben. Bei einem Schlafräum mit 40 m^3 Volumen (ca. 17 m^2 Fläche) wird damit die Luft theoretisch mit 20 g pro m^3 angereichert. Diese kann sie nicht mehr aufnehmen, da die max. Sättigung bei 16 g liegt. Ein Teil dieser Feuchte wird nun von den umgebenden Flächen und Materialien (Matratze, Bettwäsche etc.) im Rahmen ihrer Sorptionsfähigkeit aufgenommen und gepuffert, ein Teil baut sich über den Türspalt langsam in die anderen Räume ab (Dampfdruckausgleich). Trotzdem ist mit einer Erhöhung der rLF auf bis zu 70% zu rechnen, was den Taupunkt auf 14°C steigen lässt. In kalten Winternächten um 0°C Außentemperatur werden die Oberflächentemperaturen der wärmebrückennahen Innenflächen in den Eckbereichen auf 13°C , bei -10°C auf 10°C und bei -14°C (Winterwert Sumiswald) auf 9°C absinken (siehe Berechnungen). Dies führt gemäß psychrometrischer Tafel zu Tauwasserausfall von ca. 5 g pro m^3 , also 200 g gesamt. Diese Kondensationsmenge wird durch die KS-Platte und die Schimmelenschutzbeschichtung (Maximalaufnahme > 1800 g) problemlos gepuffert, bis der Lüfter tagsüber die Luft (und damit auch die Pufferflächen) wieder abtrocknet.

6.2 Wärmebrücken Wohnzimmer (Blumenfenster)

Gemäß den üblichen energetischen Bauteil-Berechnungen wären die Wärmebrücken der Blumenfenster mit 15°C Oberflächentemperatur bei 0°C Außentemperatur bzw. 13°C bei -10°C außen und 12°C bei -14°C wenig kondensationsanfällig, denn bei 22° Raumtemperatur und 55% rLF liegt der Taupunkt bei $12,5^\circ\text{C}$. Die Mie-

teraussagen (Bildung von Wasserlachen, Kondensat unten an den Fenstern) und unsere Beobachtungen bzw. Messungen führen zum Schluss, dass die tatsächlichen Oberflächentemperaturen überhaupt nicht den Berechnungen entsprechen, sondern deutlich tiefer liegen. Der zeitweise gehegte Verdacht einer nicht sachgemäßen Ausführung (keine oder zu wenig Dämmung in der Metallkonstruktion) konnte durch stichprobenweise Bauteilöffnungen entkräftet werden.

Bei der geplanten, unmittelbaren Beheizung mit 65°C Vorlauf spielt das allerdings keine Rolle mehr, denn die kritischen Bereiche werden so einiges über den Taupunkt erwärmt.

7 Sanierungsstrategie und Ausführung im Detail

7.1 Schritt I: Nachhaltige Schimmeldekontamination und -prävention

1. An allen erkannten Schimmelflächen Anstrich bzw. Abrieb und Putz großzügig entfernen.
2. Diese Oberflächen neu mit Kalkputz erstellen. Dieser behindert Schimmelwachstum aufgrund seiner Alkalität und bindet mögliches Tauwasser.
3. Alle Risiko-Flächen im Bereich von Wärmebrücken präventiv mit einer mineralischen Schimmelenschutz-Beschichtung 600 g/m^2 versehen (KALIPHIL von SAX). Diese kann Tauwasser in seiner kapillaraktiven Mikroporenstruktur puffern (bis 300 g/m^2) und bietet zudem keine Nahrungsgrundlage.

4. Die Vorhangbretter in den betroffenen Schlafzimmern durch 20 mm Kalziumsilikat-Platten mit hoher Sorptionsfähigkeit (schnelle Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe) ersetzen (Die Schadenfotos ließen auf Kondensation und Befall auch hinter bzw. unter den Brettern schließen).

7.2 Schritt II: Automatischer Dampfdruckabbau

Optimal wäre hier der Einbau einer einfachen Querlüftung mit zentraler Steuerung gewesen, wie es schon mehrfach eingesetzt wurde. Dazu hätten aber in allen Wohnungen mittels Kernbohrung zwei entsprechende Mauerdurchbrüche mit einem Durchmesser von 23 cm erstellt werden müssen, was aufgrund der Bauweise nicht möglich war. Da die Aggregate auch eine Einbautiefe von mind. 20 cm bedingen, war ein Einbau in Fensterflügel ästhetisch und praktisch nicht durchführbar.

Da der hauptsächliche Dampfdruckaufbau gemäß unserer Mieterbefragung in den im Winter nachts unbelüfteten Schlafzimmern stattfindet, wird der Einbau von Einzel-Komfort-Lüftern (schallgedämmt, mit Pollenfilter, 10-stufig, mit Fernbedienung, hygrostatisch geregelt) in einem Fensterflügel auf einer Dämmplatte vorgesehen. Als Nebeneffekt wird dabei auch die ungeliebte Sicht von außen direkt in den Schlafbereich beseitigt. Damit der Dampfdruckausgleich auch tagsüber stattfindet, werden die Mieter angewiesen, die Schlafzimmertüren möglichst geöffnet zu lassen (was die meisten sowieso schon machen). Als zusätzliche Maßnahme werden die Türen zur Sicherheit etwas eingekürzt. Außerdem

sind nun die Vorhangbretter aus KS-Platten in der Lage, bis zu 1000 g Wasserdampf aufzunehmen, d.h. sogar falls die Lüfter nachts ausgeschaltet werden (bei hoher Geräuschempfindlichkeit der Mieter z.B.), wird der Dampfdrucküberschuss weggepuffert und dann tagsüber abgebaut.

Mit der Verbesserung der Kondensationstoleranz der wärmebrückennahen Oberflächen einerseits und der automatischen Dampfdruckreduktion andererseits wird eine beinahe doppelte Sicherheit bezüglich Schimmelfreiheit erreicht.

7.3 Schritt III: Blumenfenster entschimmeln und beheizen

Die zu schwach gedämmten Blumenfenster-Rahmen weisen an den unteren Kanten die stärksten Wärmebrücken mit Oberflächentemperaturen von 10 °C bei einer Außentemperatur von 0 °C auf. Somit besteht ein hohes Kondensationsrisiko, das mit Dampfdruckabbau alleine nur knapp vermieden werden kann (Der Taupunkt liegt bei 22 °C Lufttemperatur und 45 % relativer Feuchte bei 9,5 °C). Bei Außentemperaturen von deutlich unter 0 °C wird das unmöglich, d.h. auch Raumluft mit 40 % relativer Feuchte kondensiert dort immer mit entsprechender Bildung von Wasserdichten.

Deshalb wird hier der Einbau einer Rohrheizung mit einem Durchmesser von 20 mm geplant, die genau entlang dieser Kanten führt. Mit einem Vorlauf von 65 °C bei einer Außentemperatur von 0 °C (so ist die Heizung geregelt) wird diese Beheizung lokal für eine Erwärmung um mind. 7 °C sorgen und zudem mit der entstehenden Konvektion ebenfalls gegen Tauwasser wirken. Damit

wird jegliche Kondensation verhindert. Die Heizrohre können an die bestehenden Radiatoren angeschlossen werden.

Alle verschimmelten Fensterfugen werden desinfiziert und komplett erneuert.

7.4 Schritt IV: Lokale Dämmmaßnahmen

EG Wohnung Süd

Hier besteht im Eckzimmer eine kritische Wärmebrücke, da die Außenwand verdünnt, der Kellerraum unterhalb unbeheizt und die Decke ungedämmt sind. Daraus resultiert am Boden-Wand-Anschluss eine Abkühlung bis unter 8 °C. Zur Behebung wird die Fassade mit einer Mineralfaserdämmung 4 cm und einer XPS-Perimeter-Dämmung 6 cm, Tiefe mind. 50 cm, versehen. Der Kellerdecken-Randbereich wird 1 m breit mit Holzzement-Faserplatten 8 cm gedämmt.

Untersichten der Auskragungen Nord- und Ost-Fassade

Die schwache Dämmung dieser Bauteile wird mit EPS Dalmatiner-Platten 4 cm ergänzt, um eine weitere kritische Wärmebrücke zu beheben.

Lokale Sanierung Wohnung Nord 1. Stock

Die gerissene Fuge an der Fassade außen wird abgedichtet, damit Regen oder vom Dach tropfendes Tauwasser nicht mehr eindringen kann. Der Dachrand darüber wird kontrolliert und bei Bedarf repariert. Zusätzlich soll der darunterliegende, unbenutzte Allgemeinraum auf mind. 18 °C beheizt werden.

Ersatz fehlerhafter Innendämmungen

Die betroffenen Innendämmungen werden vollständig entfernt, die Betonflächen desinfiziert, gereinigt und abgetrocknet. Der Neuaufbau erfolgt mit KS-Platten, die ganzflächig verklebt und verputzt sind. Zudem wird der Elektriker die dort vorhandene Installation (Steckdosen) dampfdicht erstellen.

Diese Dämmmaßnahmen entsprechen nicht den aktuellen Wärmeschutz-Vorschriften (und wurden auch nicht berechnet), sondern sind den baulichen Gegebenheiten angepasst (Praktikabilität). Für das Ziel der Schimmelfreiheit und der Verbesserung des Wohnkomforts (Wärmeempfinden) sind sie allemal ausreichend.

8 Sanierung

8.1 Phase 1 – Test

Die Baukommission bewilligte (mit Emmentaler Vor- und Umsicht) eine erste Sanierungs-Phase der vier am meisten von Schimmelbefall betroffenen Wohnungen im Mai 2014. Dies sollte als Test dienen, um die in Aussicht gestellte Schimmelfreiheit nach dem Winter 2014/2015 zu kontrollieren. Im August 2014 führte die ntb Bürkli AG als Totalunternehmerin die Sanierung mit lokalen Handwerkern aus. Die Kosten betrugen ca. 70 000 CHF.

Das Kontroll-Ergebnis im März war sehr zufriedenstellend, auch die Mieter äußerten sich sehr zufrieden: die Wohnungen sind wärmer, die Luft angenehmer und kein Kondensat an den Blumen-

fenstern. Es konnten überall Erfolge verzeichnet werden, außer in einer Wohnung: Dort wurden bei einem unangemeldeten Besuch 75 % relative Luftfeuchte und wieder leichter Schimmelbefall festgestellt. Der Komfortlüfter war außer Betrieb gesetzt und die mehrfach erfolgte Lüftungsinstruktion ignoriert worden (Sprach- und Verständnisproblem). Das Zimmer der Tochter war allerdings intakt: Sie hatte die Lüftungsanweisungen offenbar als einzige verstanden und auch befolgt. In der Folge kündigte die Verwaltung diesem Mieter.

8.2 Phase 2 – Rest

Dank der guten Resultate aus Phase 1 wurde im Juni 2015 dann die Phase 2 beauftragt: Sanierung der restlichen 20 Wohnungen (ohne Studios und Attika-Wohnung). Dazu kam die Dämmung eines weiteren Teils der Tiefgaragen-Decke. Die Ausführung erfolgte von August bis Oktober 2015 mit denselben Handwerkern: Sie hatten sich bewährt und auch entsprechende (zum Teil neue) Erfahrungen bei der Schimmelsanierung gesammelt. Die Kosten betrugen ca. 200 000 CHF.

8.3 Garantie und jährliche Kontrolle

Auf diese Sanierung gewährte die ntb Bürkli AG als Totalunternehmerin eine Garantie für Schimmelfreiheit während 10 Jahren, unter folgenden Bedingungen:

1. Jährliche Wartung der Komfort-Lüfter und Instruktion von neuen Mietern durch den Hauswart
2. Kein Überstreichen von Außenwänden mit nicht genehmigten Anstrichen

3. Lüfter werden nicht dauerhaft außer Funktion gesetzt und das Lüftungsreglement wird einigermaßen eingehalten.

Anlässlich der jährlichen Service-Arbeiten (Filterwechsel etc.) ist zusätzlich eine visuelle Kontrolle der Wohnungen vorgesehen. Allfällige notwendige Nachbesserungen im Rahmen unserer Garantie können so erkannt und durchgeführt werden.

Wann begründen fach-technische Erfahrungssätze technische Regelwerke?

Abweichen von Regelwerken: bauordnungsrechtliche und haf-tungstechnische Konsequenzen – Haftungsfallen vermeiden

Uwe Liebheit †

1 Die vom Auftragnehmer geschuldete Leistung

Gemäß § 631 Abs. 1 BGB ist der Auftragnehmer (Planer, Unternehmer) verpflichtet das versprochenen Werk herzustellen.

Bei Fortbildungsveranstaltungen mit Unternehmern weisen diese häufig auf Veröffentlichungen obergerichtlicher Entscheidungen in ihren Verbandszeitschriften hin, die kritisieren, dass ein Unternehmer zum Schadensersatz oder zum Ersatz der Kosten einer Nacherfüllung verurteilt worden ist, obwohl das von ihm hergestellte Werk exakt der Leistungsbeschreibung und der Planung entsprach, die der Leistungsbeschreibung zugrunde lag.

Solche Entscheidungen sind nicht kritikwürdig, sondern vielmehr eine Vielzahl von Entscheidungen verschiedener Oberlandesgerichte, die sich auf Gutachten gründen, die in einem selbstständigen Beweisverfahren aufgrund verfehlter Beweisanträge erstattet worden sind, die auf kritik-

würdigen Empfehlungen in der Literatur beruhen (vgl. [1], [2] und [3]). Zudem nehmen sie lediglich zu der Frage Stellung, ob ein »Mangel in technischer Hinsicht« vorliegt, statt als erstes unter Berücksichtigung der vom BGH herausgearbeiteten Auslegungskriterien der Soll-Beschaffenheit (vgl. Abschnitt 1.2) zu der Frage Stellung zu nehmen, ob die Planung und die auf ihr beruhende Leistungsbeschreibung sowie die entsprechende Beschaffenheitsvereinbarung zur Herstellung eines Werks geeignet ist, das den nachfolgend dargestellten Auslegungskriterien des BGH (vgl. Abschnitt 1.2) entspricht; und weiterhin, ob die Ist-Beschaffenheit die entsprechenden Voraussetzungen erfüllt und schließlich, was die Herstellung der entsprechenden Voraussetzungen kostet.

1.1 Der funktionale Mangelbegriff als Haftungsfalle

Die nachfolgend dargestellten Auslegungskriterien beruhen im Wesentlichen auf einer üblichen Baupraxis, die jedem Auftragnehmer bekannt ist, sodass er im Rahmen seiner leistungsbezogenen Aufklärungs- und Beratungspflicht mit dem Besteller klären kann und muss, welche Voraussetzungen seine Bauleistung aufweisen soll (vgl. Abschnitt 6.1). Durch eine entsprechende Klärung kann er vermeiden, dass erst das Gericht in einem Bauprozess die entsprechenden Voraussetzungen klärt, was nur dann zu einer Haftungsfalle führen kann, wenn der Auftragnehmer die entsprechende Klärung vor dem Vertragsschluss versäumt hat und irrig davon ausgegangen ist, dass für die Soll-Beschaffenheit ausschließlich die ausdrückliche Beschaffenheitsvereinbarung maßgebend ist.

1.2 Die ausdrückliche und die stillschweigende Beschaffungsvereinbarung sowie der zu klärende wirkliche Wille der Parteien

Die Rechtsprechung geht davon aus, dass die ausdrückliche Beschaffungsvereinbarung der Parteien, die sich aus einem schriftlichen Bauvertrag, der Leistungsbeschreibung, dem Leistungsverzeichnis, den Bauplänen etc. ergibt, den wirklichen Willen der Parteien erfahrungsgemäß nicht immer vollständig wiedergibt. Deshalb muss das Gericht durch Auslegung des Vertrags gemäß §§ 133, 157 BGB den wirklichen Willen der Parteien erforschen. Es darf nicht nur von dem buchstäblichen Sinn eines Ausdrucks ausgehen. Nach der Rechtsprechung des BGH (Urt. v. 04.06.2009 – VII ZR 54/07) wird die ausdrückliche Beschaffungsvereinbarung von der stillschweigenden Beschaffungsvereinbarung überlagert, d. h. dass diese eine vorrangige Bedeutung hat:

»Zur vereinbarten Beschaffenheit einer Bauleistung gehören alle Eigenschaften des Werks, die nach der Vereinbarung der Parteien den vertraglich geschuldeten Erfolg herbeiführen sollen. Dieser bestimmt sich auch danach, welche Funktion das Werk nach dem Willen der Parteien erfüllen soll. Eine Abweichung von der vereinbarten Beschaffenheit liegt vor, wenn der mit dem Vertrag verfolgte Zweck des Werks nicht erreicht wird und das Werk seine vereinbarte oder nach dem Vertrag vorausgesetzte Funktion nicht erfüllt«

Nach diesem funktionalen Mangelbegriff muss das Werk

- zweckentsprechend und nachhaltig funktions-tauglich sein (vgl. BGH Urt. v. 08.11.2007 – VII ZR 183/05, Urt. v. 29.09.2011 – VII ZR 87/11, Urt. v. 21.04.2011 – VII ZR 130/10 und [4])
- die üblichen Qualitäts- und Komfortstandards (vgl. BGH, Urt. v. 14.06.2007 – VII ZR 45/06) erfüllen wie vergleichbare zeitgleich erstellte Bauwerke und
- einen übermäßigen, nicht erforderlichen Aufwand vermeiden (vgl. Urt. v. 9.7.2009 – VII ZR 130/07).

Bei der Auslegung der ausdrücklichen Beschaffungsvereinbarung müssen zudem folgende Gegebenheiten berücksichtigt (vgl. BGH Urt. v. 08.11.2007 – VII ZR 183/05, Urt. v. 29.09.2011 – VII ZR 87/11, Urt. v. 21.04.2011 – VII ZR 130/10 und [4]) werden:

- die grundsätzlichen Verhältnisse des Bauwerks und seines Umfelds
- dessen genereller technischer und qualitativer Zuschnitt und
- sein architektonischer Anspruch.

Der Besteller darf von einem seriösen, zuverlässigen und vertrauenswürdigen Auftragnehmer erwarten, dass er die übliche Baupraxis kennt, auf der diese Auslegungskriterien beruhen, sodass er es klarstellt, wenn die von ihm angebotene Leistung die o. g. Voraussetzungen nicht erfüllt. In diesem Fall trifft den Auftragnehmer nach der Rechtsprechung des BGH (vgl. BGH Urt. v. 08.11.2007 – VII ZR 183/05, Urt. v. 29.09.2011 – VII ZR 87/11, Urt. v. 21.04.2011 – VII ZR 130/10 und [4]) eine Beratungs- und Aufklärungspflicht, um eine stillschweigende Vereinbarung zu vermeiden, dass er alle o. g. Voraussetzungen erfüllen wird.

Bedeutung von Werbeaussagen für die Soll-Beschaffenheit (vermeidbare Haftungsfalle)

Nach der Rechtsprechung des BGH (vgl. BGH, Urt. v. 25.10.2007 2007 – VII ZR 205/06 und [5]) können auch Werbeaussagen bei der Auslegung der Beschaffenheitsvereinbarung relevant sein, die bei einer energetischen Sanierung eine erhebliche Bedeutung haben.

Kniffka (vgl. [5]) weist insoweit zutreffend darauf hin, dass sich auch die Zeitungs- und Fernsehwerbung mit Bauprodukten befasst. Sie erzeugt beim Besteller eine Erwartungshaltung, die enttäuscht werden kann, wenn sich die in der Werbung versprochenen Eigenschaften nicht erfüllen. Es sei in diesen Fällen nicht gerechtfertigt, den Verbraucherschutz, der in der Regelung des § 434 Abs. 1 Nr. 2 BGB Ausdruck gefunden hat, aus dem Werkvertragsrecht auszuklammern.

Planer und Unternehmer müssen sich deshalb informieren, ob der Besteller aufgrund konkreter Werbemaßnahmen bestimmte Erwartungen an seine Bauleistung hat (vgl. Abschnitt 6.1) und, ob entsprechende Bauprodukte zur Herstellung eines zweckentsprechenden und funktionstauglichen Werks geeignet sind.

1.3 Begrenzung des Haftungsrisikos durch einen selbstständigen Beratungsvertrag mit dem Hersteller eines Bauprodukts

Der Auftragnehmer kann sein Haftungsrisiko in derartigen Fällen dadurch begrenzen, dass er den Produkthersteller unter Bezugnahme auf die durch die Werbung verursachte Erwartung des

Bestellers um eine Auskunft bittet, ob und in welcher Weise das Produkt zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks geeignet ist, das eine Beschaffenheit aufweist, die der Erwartung des Bestellers entspricht. Nach der Rechtsprechung des BGH (vgl. Urt. v. 16.06.2004 – VIII ZR 258/03 und [5]) begründet eine entsprechende Bitte um einen fachkundigen Rat zur Vorbereitung seiner Kaufentscheidung einen selbstständigen Beratungsvertrag zwischen dem Verkäufer des Produkts und dem Unternehmer, der es erkennbar für die Herstellung des von ihm geschuldeten Werks verwenden will. Wenn der Verkäufer ihm ein Produkt zum Kauf empfiehlt, das nicht geeignet ist, muss er ihm den dadurch verursachten Schaden gemäß § 280 Abs. 1, § 241 Abs. 2 BGB ersetzen.

Solch eine Beratung führt entgegen der Meinung des OLG München nicht zu einer Haftungsbeschränkung des Auftragnehmers gegenüber dem Besteller:

1.4 Herstellerangaben zu Sonderkonstruktion

Leitsätze OLG München (Urt. v. 22.02.2011 – 13 U 4056/10)

1. Ein Architekt darf in seiner Planung nur eine Konstruktion vorsehen, von der er völlig sicher ist, dass sie den an sie zu stellenden Anforderungen genügt. Er handelt schulhaft, wenn er sich bei vorhandenen Zweifeln nicht vergewissert, dass der von ihm zu verfolgte Zweck auch zu erreichen ist. Dies gilt für die ursprüngliche Planung, aber auch für spätere Planungsänderungen.

2. Dabei darf ein Architekt die Konstruktion eines Fachunternehmens übernehmen, dessen Spezialkenntnisse den seinen überlegen sind und die von ihm auch nicht ohne Weiteres erwartet werden können.
3. Einen Architekten trifft jedenfalls dann kein Verschulden, wenn er sich zur Lösung einer bestimmten Spezialaufgabe an ein Unternehmen wendet, das sich hierauf besonders eingerichtet hat und wenn für ihn kein triftiger Grund besteht, den Spezialkenntnissen und Erfahrungen dieses Unternehmens zu misstrauen.

Erhält der Architekt vom Dachziegelhersteller eine Garantieerklärung, dass die Wasserdichtigkeit des Daches auch bei einer den Dachdecker-Fachregeln widersprechenden Dachneigung von 15 Grad gewährleistet ist, braucht er diese Auskunft nicht durch die Hinzuziehung eines Sachverständigen zu überprüfen.

Sachverhalt

In einer Ausschreibung war hinsichtlich eines Daches weder ein regensicheres noch ein waserdichtes Unterdach vorgesehen. In der Folgezeit kamen Bedenken auf, ob dies ausreichend sei. Daraufhin fragte der Bauleiter G. beim Hersteller der vorgesehenen Dachziegel, der Firma M. GmbH & Co, hinsichtlich des erforderlichen Unterbaus und der Regeldachneigung für diese Ziegel an. Diese antwortete, die regensichere Mindestdachneigung für die vorgesehenen Ziegel betrage 15 Grad. Hierfür werde entgegen den Dachdecker-Fachregeln eine Garantie übernommen.

Die Firma Sch. meldete gegenüber dem Auftraggeber schriftlich Bedenken gegen den geplanten

Dachaufbau entgegen der Dachdeckerrichtlinien an und bat um Bestätigung des von ihr beschriebenen Dachaufbaus. Der Bauleiter G. wandte sich daraufhin erneut an die Firma M., die folgende Antwort an den Auftraggeber richtete:

»Wir garantieren Ihnen für den M. Falzziegel eine Mindestdachneigung von 15 Grad, entgegen den Dachdecker-Fachregeln, die sowohl den einfach verfalzten als auch den doppelverfalzten (M. Falzziegel) Doppelmuldenfalzziegel in die 30-Grad-Gruppe einstuft. Diese Regeldachneigung geben wird daher für unsere M.-Serie nicht an.

Als regensicher gilt eine Dachdeckung, die unter Beachtung der anerkannten Regeln der Bautechnik so ausgeführt ist, dass der Regen vom First zur Traufe geleitet wird, ohne unter normalen Witterungsverhältnissen auf diesem Wege in das Innere des Bauwerks einzudringen.

Eine Wasserdichtigkeit dieser Deckungen ist allein schon aus den konstruktiven Verarbeitungsmöglichkeiten heraus nicht herzustellen. Die Sicherheit gegen das Eindringen von Wasser kann durch stehendes Wasser, über Eisbarrieren oder Rückstau, unter starkem Winddruck entgegen der natürlichen Fließrichtung des Wassers, der Erscheinung, dass Wasser auch bergan läuft, beeinträchtigt werden.

Auch die Forderung nach Staub- und Schneedichte kann selbst die beste und solideste regensichere Dachdeckung nicht erfüllen. In diesem Falle ist es erforderlich, höherwertige Zusatzmaßnahmen bezüglich des Unterdaches zu ergreifen.

Aus langjähriger Erfahrung können wir sagen, dass bei dem besichtigten Bauvorhaben eine Schalung mit einer verschweißten oder verklebten Unterdeckung in Verbindung mit B. Nageldichtstreifen, ausreichend ist. Sollten sich hierzu noch Fragen ergeben, steht Ihnen Herr Z. jederzeit telefonisch zur Verfügung.«

Die Firma Sch. führte sodann den Dachaufbau wie vorgeschlagen aus. Die Klägerin rügte mehrfache Feuchtigkeitsdurchtritte am Dach und nahm den Architekt auf Schadensersatz in Anspruch.

Stellungnahme

Die Firma Sch. haftet aufgrund ihres Bedenkenhinweises nicht für die Mängel.

Bezüglich des Architekten geht das OLG München zutreffend davon aus, dass ein Architekt nach der Rechtsprechung des BGH in seiner Planung nur eine Konstruktion vorsehen darf, von der er völlig sicher ist, dass sie den an sie zu stellenden Anforderungen genügt. Er würde schulhaft handeln, wenn er darüber Zweifel hegen müsste und sich dennoch nicht vergewissernte, ob der von ihm verfolgte Zweck auch zu erreichen ist. Dies gilt für die ursprüngliche Planung, aber auch für spätere Planungsänderungen (vgl. BGH, Urt. v. 29.06.1981 VII ZR 284/80).

Zutreffend ist auch, dass ein Architekt die Konstruktion eines Fachunternehmens übernehmen darf, dessen Spezialkenntnisse den seinen überlegen sind und die von ihm auch nicht ohne Weiteres erwartet werden können. Ihn trifft jedenfalls dann kein Verschulden, wenn er sich zur Lösung einer bestimmten Spezialaufgabe an ein

Unternehmen wendet, das sich hierauf besonders eingerichtet hat und wenn für ihn kein trifftiger Grund besteht, den Spezialkenntnissen und Erfahrungen dieses Unternehmens zu misstrauen (vgl. BGH, Urt. v. 30.10.1975 – VII ZR 309/74).

Der Kollege VROLG i. R. Jansen und der Verfasser sind übereinstimmend der Auffassung, dass der Architekt sich nicht ohne die Vereinbarung eines Haftungsausschlusses mit dem Auftraggeber über die anerkannten Regeln der Technik hinwegsetzen und auf die vollmundigen Angaben eines Herstellers vertrauen darf.

Hintergrund der Entscheidung des OLG München dürfte seine zutreffende Annahme sein, dass zwischen dem Auftraggeber und dem Hersteller durch die Anfrage ein Beratervertrag zustande gekommen ist, der die Haftung des Herstellers gegenüber dem Auftraggeber begründet.

2 Die stillschweigende Vereinbarung einer Bauweise, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht

2.1 Das Massivholz-Treppen-Urteil des BGH begründet eine Haftungsfalle

Der BGH (vgl. Urt. v. 07.03.2013 – VII ZR 134/12 und [5]) geht in ständiger Rechtsprechung davon aus, dass die Parteien nicht nur die Herstellung eines Werks vereinbaren, das die oben genann-

ten Voraussetzungen des funktionalen Mängelbegriffs erfüllt, sondern darüber hinaus, dass sie stillschweigend eine Bauweise vereinbaren, die zum Zeitpunkt der Abnahme den anerkannten Regeln der Technik entspricht.

Eine entsprechende ausdrückliche und (stillschweigende) vertragliche Beschaffenheitsvereinbarung führt zu einer Erweiterung der Leistungsverpflichtungen des Auftragnehmers gegenüber der Erfolgschaftung des Werkvertragsrechts(vgl. [6], § 633 BGB RdNr. 3 <9) mit der Folge, dass dessen Mängelhaftung auch dann begründet ist, wenn es dem Auftragnehmer gelungen ist, ein Werk herzustellen (vgl. BGH, Urt. v. 07.03.2013 – VII ZR 134/12), das alle o. g. Voraussetzungen des funktionalen Mängelbegriffs erfüllt. Diese folgerichtige Konsequenz ergibt sich auch aus dem Massivholz-Treppen-Urteil des BGH (vgl. Urt. v. 9.07.2009 – VII ZR 130/07), der sich nicht mit der Gegenmeinung auseinandergesetzt hat. Busche (vgl. [6], § 633 BGB RdNr. 17) bezeichnet es als zweifelhaft, ob sich der Unternehmer gegenüber dem Besteller, falls ausdrückliche Absprachen nicht existieren, in jedem Fall konkludent zur Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik verpflichtet. Ebenso vertritt Sass (vgl. [7], S. 137f.) die Auffassung, dass konkrete Anhaltspunkte, die auf den entsprechenden tatsächlichen Willen und eine wirkliche Einigung der Parteien hindeuten würden und Voraussetzung jeder Annahme eines schlüssigen Verhaltens seien, regelmäßig fehlen würden, da die Parteien bei Beauftragung nie an die Gesamtheit der einschlägigen technischen Regeln denken. Sie kennen sie vielfach bei Auftragserteilung nicht und würden nicht an ausführungstechnische Arbeitsvorgaben denken.

Reichelt (vgl. [8], S. 1438ff.) verweist dement sprechend darauf, dass es bei einem BGB-Werkvertrag umstritten sei, ob der Unternehmer dem Besteller ohne eine ausdrückliche Vereinbarung die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik schuldet. Reichelt (vgl. [8], S. 1438ff.) nimmt zudem an, dass der »bloße« Verstoß gegen anerkannte Regeln der Technik überwiegend nicht als ausreichend angesehen werde, die Werkleistung des Auftragnehmers als mangelhaft zu bewerten. Vielmehr sei entscheidend, ob und gegebenenfalls zu welchem Nachteil der Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik geführt hat. Das ergibt sich allerdings allenfalls mittelbar aus den von ihm zitierten Urteilen des BGH, aus denen ersichtlich ist, dass ein entsprechender Verstoß tatsächlich zu einer Beeinträchtigung der Funktionstauglichkeit geführt hat. Nach dem Massivholz-Treppen-Urteil sind entsprechende Feststellungen überflüssig, weil allein der Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik einen Mangel begründet, sodass die vom BGH unterstellte stillschweigende Vereinbarung der Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik eine Haftungsfalle begründet.

Die Klägerin beauftragte den Beklagten mit der Lieferung und dem Einbau einer Massivholztreppe aus Birke in ihrem Einfamilienhaus, Kosten 3 485,80 €. Nachdem Mängel auftraten, unternahm der Beklagte mehrere Nachbesserungsversuche. Die Klägerin behauptet u. a., dass sich die Treppe durchbiege, sie verursache beim Begehen ein Knarren und sei für die Belastung insgesamt zu schwach ausgelegt. Eine ordnungsgemäße Mängelbeseitigung erfordere den Einbau einer neuen, mangelfreien Treppe. Sie verlangt

einen Vorschuss in Höhe des Werklohns von 3485,80 €.

Die vom Berufungsgericht eingeholten zwei Sachverständigengutachten haben ergeben:

»Nach den fachlichen Standards, die sich aus dem vor mehr als zehn Jahren veröffentlichten »Regelwerk handwerklicher Holztreppen« ergeben, muss die Wangenstärke einer Treppe grundsätzlich 50 mm betragen. Sofern die Gleichwertigkeit vom Unternehmer nachgewiesen sei, kann die Dicke der Wangenträger auf bis zu 45 mm reduziert werden.« Damit entspreche eine Wangenstärke von nur 40 mm – wie sie hier vorliegt – nicht dem Regelwerk. Solch eine Treppe sei nach den anerkannten Regeln der Technik nur dann fachgerecht, wenn für sie eine bauaufsichtliche Zustimmung vorliege, die den Nachweis der Standsicherheit voraussetze. Diese bauaufsichtliche Zustimmung liege nicht vor.

BGH:

»Zutreffend ist das Berufungsgericht davon ausgegangen, dass die Leistung eines Unternehmers nach § 633 Abs. 2 S. 1 BGB nur dann vertragsgerecht ist, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit aufweist. Welche Beschaffenheit des Werks von den Parteien vereinbart ist, ergibt sich aus der Auslegung des Vertrags. Üblicherweise verspricht der Unternehmer stillschweigend bei Vertragschluss die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik. Entspricht die Werkleistung diesen nicht, liegt regelmäßig ein Werkmangel vor (vgl. BGH, Urt. v. 21.04.2011 – VII ZR 130/10).«

Der BGH verweist darauf, dass ein Mangel des Werkes vorliegen kann, wenn eine allgemein an-

erkannte Regel der Technik vorsieht, dass eine bestimmte Ausführungsweise nur dann zulässig ist, wenn die Standsicherheit im Einzelfall geprüft ist und der Standsicherheitsnachweis bei einem derart ausgeführten Werk nicht vorliegt. Es sei gerade typisch, dass allgemein anerkannte Regeln der Technik dazu dienen, mit der notwendigen Gewissheit sicherzustellen, dass bestimmte Eigenschaften des Werkes erreicht werden. Es komme für die Frage, ob die Regeln verletzt sind, nicht darauf an, ob die Eigenschaften möglicherweise auf anderem Wege erreicht werden, und deshalb die Nichteinhaltung der Regeln im Einzelfall keine weiteren nachteiligen Folgen hat. Das ändere nichts daran, dass die stillschweigend vereinbarte Beschaffenheit der Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln nicht erfüllt ist. Deshalb könne ein Werk etwa bereits dann mangelhaft sein, wenn die Werkstoffe nicht einen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik notwendigen Gebrauchstauglichkeitsnachweis haben (OLG Düsseldorf, NJW-RR 1996, 146).

Planer und Unternehmer stimmen der Entscheidung zu, soweit sie klarstellt, dass die Verwendung eines nicht nachweislich zugelassenen Bauprodukts einen Mangel des Werks begründet, weil das nicht der Qualitätserwartung des Bestellers entspricht. Ein harmonisiertes Bauprodukt sei als mangelhaft zu bewerten, wenn ihm die nach der BauPVO erforderliche Leistungserklärung nicht beifügt ist und die CE-Kennzeichnung oder das Ü-Zeichen fehlt oder nicht korrekt ist, da das für den Besteller bauordnungsrechtliche Konsequenzen haben kann. Der Planer und der Unternehmer sind dem Besteller gegenüber verpflichtet, dafür Sorge zu tragen, dass im Rahmen

der Planung sowie Ausschreibung und Vergabe von Bauaufträgen nur solche Bauprodukte zum Einsatz kommen, die im Sinne der Landesbauordnungen verwendungsfähig sind, da anderenfalls die Genehmigungsfähigkeit des Bauvorhabens infrage gestellt ist.

Der fehlende Nachweis der Verwendung zugelassener Bauprodukte und der nach der BauPVO erforderlichen Leistungserklärung erschwere dem Besteller und dem von ihm beauftragten Bauüberwacher die Prüfung, ob der Auftragnehmer ein zweckentsprechendes und funktionsstaugliches Werk hergestellt habe, was insbesondere für die Prüfung erforderlich sei, ob alle Brandschutzanforderungen erfüllt seien. Entgegen einer in der Rechtsprechung verbreiteten Auffassung ergebe sich aus der Kooperationspflicht der Parteien die Pflicht des Auftragnehmers zur Vorlage entsprechender Dokumente oder zumindest der Fotokopien entsprechender Dokumente, auf die der Besteller auch bei erforderlich werdenden Reparaturmaßnahmen angewiesen sei. Wenn der Auftragnehmer dem Besteller die entsprechende Prüfung nicht durch die Vorlage der entsprechenden Dokumente ermögliche, sei dem Besteller eine Abnahme des Werks unmöglich.

2.2 Bedenken gegen die Unterstellung einer stillschweigenden Vereinbarung einer Bauweise, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht

Baupraktiker sehen es als sehr problematisch an, dass nicht mehr das zweckentsprechende und funktionstaugliche Werk das oberste Leistungs-

ziel sei. Zu dieser Annahme habe der in jenem Fall zu beurteilende Sachverhalt auch keinen Anlass gegeben, weil die Treppe nicht alle Voraussetzungen des funktionalen Mangelbegriffs erfüllt habe, sondern Mängelerscheinungen aufgewiesen habe, die bei Einhaltung der Voraussetzungen der anerkannten Regeln der Technik, die sich aus dem »Regelwerk handwerklicher Holztreppen« ergeben, vermieden worden wären. Diese beziehen sich nicht entsprechend dem üblichen Standard von anerkannten Regeln der Technik auf einen Mindeststandard, sondern auf einen qualitativ höherwertigen Standard, der die Voraussetzungen einer stabilen Treppenkonstruktion beschreibt, deren Herstellung der Besteller von einem Unternehmer erwartet, der eine Massivholz-Treppe anbietet, sodass der Besteller erwartet, dass die Treppe die in dem Regelwerk enthaltenen Stabilitätsvoraussetzungen erfüllt. Diese Voraussetzungen mussten nicht nur wegen einer stillschweigenden Vereinbarung einer Herstellungsweise eingehalten werden, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht, sondern wegen der Verpflichtung des Unternehmers zur Herstellung einer zweckentsprechenden und funktionstauglichen Treppe, das sei eine stabile Treppe.

Keine Kenntnis der zum Zeitpunkt der Abnahme anerkannten Regeln der Technik

Baupraktiker verweisen darauf, dass es ihnen nicht möglich sei stillschweigend die Einhaltung aller Voraussetzungen der zum Zeitpunkt der Abnahme anerkannten Regeln der Technik zu versprechen, weil sie diese im Gegensatz zu der üblichen Baupraxis vielfach nicht kennen bzw. deren Weiterentwicklung nicht vorhersehen können. Diese Skepsis beruht auf folgender Entwick-

lung der Definition der anerkannten Regeln der Technik, die zu einer erheblichen Unsicherheit bei den Baupraktikern geführt hat, wann Regeln der Technik als anerkannt gelten.

2.3 Herkömmliche Definition der anerkannten Regeln der Technik

Nach der herkömmlichen Definition (vgl. [9]) war eine Regel der Technik anerkannt, wenn sie

»der Summe der im Bauwesen anerkannten wissenschaftlichen, technischen und handwerklichen Erfahrungen [entspricht], die durchweg bekannt und als richtig und notwendig anerkannt sind. Es ist eine echte Anerkennung in der Theorie und Praxis erforderlich, und zwar abgestellt auf den jeweiligen Einzelfall.«

Die in dieser Definition hervorgehobene »Allgemeingültigkeit« von Regelwerken hat zu der Fehlvorstellung beigetragen, dass anerkannte Regeln der Technik die gleiche Geltung wie Rechtsnormen haben, zu deren Einhaltung sich ein Unternehmer problemlos stillschweigend verpflichten kann.

2.4 Bedeutung der Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik

Die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik spricht dafür, dass das Werk mangelfrei ist. Diese Vermutung kann im Einzelfall widerlegt werden. Inzwischen ist geklärt, dass nicht jede anerkannte Regel der Technik zur Herstellung eines zweckentsprechenden und funktionstaug-

lichen Werks geeignet ist und der Unternehmer unabhängig von der ausdrücklichen Vereinbarung einer Bauweise, die solch einer anerkannten Regel der Technik entspricht, ein zweckentsprechendes und funktionstaugliches Werk schuldet (vgl. Ständige Rspr. BGH, Urt. v. 17.05.1984 – VII ZR 169/82). Entscheidend ist nach dem Werkvertragsrecht beherrschenden funktionalen Mängelbegriff der Erfolg und nicht die vereinbarte Herstellungsweise, sodass deren Vereinbarung aus der Sicht der Baupraktiker keinen Sinn hat; insbesondere deshalb, weil der Auftragnehmer im Gegensatz zu dem Besteller, der im Bauprozess die Vermutung widerlegen kann, dass die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik dafür spricht, dass das Werk mangelfrei ist, sich im Bauprozess aufgrund einer Vereinbarung, dass sein Werk zum Zeitpunkt der Abnahme den anerkannten Regeln der Technik entsprechen werde, nicht darauf berufen kann, dass er den geschuldeten Erfolg herbeigeführt habe. Und sich weiter nicht darauf berufen kann, dass sein Werk, obwohl er die anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten hat, alle Voraussetzungen des funktionalen Mängelbegriffs erfüllt, er also das Ziel erreicht habe, das durch das Einhalten der anerkannten Regeln der Technik erreicht werden sollte. Die Unterstellung der stillschweigenden Vereinbarung, dass sein Werk den anerkannten Regeln der Technik entsprechen werde, stelle eine Haftungsfalle dar, weil ungetragen des Erfolges allein der Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik einen Mangel begründet, wie sich aus dem Massivholz-Treppen-Urteil ergibt.

2.5 Überholte anerkannte Regeln der Technik

Der BGH (vgl. Urt. v. 14.06.2007 – VII ZR 45/06 Vgl. Fn. 3) hat inzwischen wiederholt klargestellt, dass Regelwerke keine Rechtsnormen sind, sondern nur private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter, die nicht vollständig sein und bleiben können, da sich die Regeln der Technik im Laufe der Zeit weiterentwickeln können. Er hat mehrfach (vgl. BGH, Urt. v. 20.03.1986 – VII ZR 81/85) darauf hingewiesen, dass die förmlich veröffentlichten Regelwerke durch den neuesten Stand der Technik überholt sein können, sodass solche Regelwerke hinter den anerkannten Regeln der Technik zurückbleiben. Das Bundesverfassungsgericht (vgl. BVerfG, Beschluss vom 08.08.1978 – 2 BvL 8/77) ist dementsprechend in seinem Kalkar-Beschluss vom 08.08.1978, davon ausgegangen, dass die »anerkannten Regeln der Technik stets (!) hinter einer weiterstrebenden technischen Entwicklung herhinken«.

Sobald sich aus Erkenntnissen in der Baupraxis ergibt, dass anerkannte Regeln der Technik nicht zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks geeignet sind, verdienen entsprechende Regeln der Technik nicht mehr die Bezeichnung »anerkannte Regeln der Technik«. Das hat das OLG Frankfurt in dem berühmten Blasbachtal-Urteil (vgl. OLG Frankfurt, Urt. v. 27.05.981 – 17 U 82/80) verkannt. Die beim Bau der Brücke angewandte Spannbetonbauweise entsprach zum Zeitpunkt der Herstellung der Brücke nicht mehr den anerkannten Regeln der Technik, weil ausweislich des Urteils seit 1967 bekannt war, dass diese Bauweise im Bereich der Koppelfugen zu Rissbildungen führen konnte. Die Eignung der

Maßnahmen, die das verhindern sollten, war während der Bauzeit nach 1967 in der Wissenschaft und Technik noch nicht erforscht und noch nicht anerkannt. Deshalb gab es nach 1967 zunächst keine anerkannten Regeln der Technik, die sich auf die Spannbetonbauweise bezogen. Das wird in der rechtswissenschaftlichen Literatur (vgl. [10]) bei der Besprechung dieses Urteils häufig verkannt. Die gegenteilige Annahme beruht auf der überholten Fehlvorstellung, dass Regelwerke und DIN Normen ähnlich wie Rechtsnormen so lange gelten, bis sie geändert oder aufgehoben worden sind. Soweit der BGH in dem Putzsystem I Urteil (vgl. Urt. v. 17.05.1984 – VII ZR 169/82) angenommen hat, dass die Herstellung des Wärmedämmverbundsystems, auf das sich die Entscheidung bezog, in den 1970er-Jahren während der Bauzeit den anerkannten Regeln der Technik entsprochen habe, soll ihm nach Hinweisen mehrerer Sachverständiger bei Fortbildungsveranstaltungen nicht bekannt gewesen sein, dass bereits Anfang der 1970er-Jahre bekannt gewesen sei, dass das System zu Rissen und Schäden des Putzes führen könne. Es habe allerdings noch keine modifizierten anerkannten Regeln der Technik gegeben, weil deren Ausarbeitung immer eine nicht unerhebliche Zeit dauere. Wichtiger als das Ausarbeiten neuer Regelwerke, die nach geraumer Zeit anerkannte Regeln der Technik zum Inhalt haben, sei in der Baupraxis die Kenntnis, dass eine Bauweise, die den vermeintlich anerkannten Regeln der Technik entspricht, zu Schadensfällen führen könne. Entsprechende Erkenntnisse würden sich in der Baupraxis relativ schnell herumsprechen, auch wenn die Empfehlungen, wie entsprechende Schäden verhindert werden könnten, noch nicht allgemein anerkannt seien, wie in dem Blasbachtal-

Brücken-Fall. Es sei fachgerecht, nicht mehr die überholten anerkannten Regeln der Technik anzuwenden und deshalb auch nicht deren Einhaltung zu versprechen.

2.6 Langwierige Entwicklung neuer anerkannter Regeln der Technik – rasche Empfehlungen zur Vermeidung von Schadensfällen

Entsprechende Erkenntnisse, dass anerkannte Regeln der Technik überholt sein könnten, ergeben sich aus den Schadensberichten der Bundesregierung Deutschland, in denen auch die kritischen Stellen für Baufehler aufgeführt werden. Entsprechende Informationen ergeben sich auch aus dem DEKRA-Bericht zu Baumängeln an Wohngebäuden und der Informationen über Ursachen von Schadensfällen bei den Aachener Bausachverständigentagen oder dem Frankfurter Bausachverständigentag, die von den jeweiligen Verbänden zum Anlass genommen werden, Empfehlungen auszusprechen, wie entsprechende Schäden vermieden werden können, die naturgemäß zunächst keine anerkannte Regeln der Technik darstellen, aber von den Unternehmern berücksichtigt werden, solange es noch keine neuen anerkannten Regeln der Technik gibt.

Das Bundesverfassungsgericht hat in dem Kalkar-Beschluss vom 08.08.1978 (vgl. BVerfG, Beschluss vom 08.08.1978 – 2 BvL 8/77), wie bereits erwähnt, angenommen, dass anerkannte Regeln der Technik stets hinter einer weiterstrebenden technischen Entwicklung herhinken, wohingegen der auch vom BGH¹⁷ hervorgehobene »Stand der Technik« »den rechtlichen Maßstab

für das Erlaubte oder Gebotene an die Front der technischen Entwicklung verlagert, da die allgemeine Anerkennung und die praktische Bewährung allein für den Stand der Technik nicht ausschlaggebend sind.« Es hat darauf hingewiesen, dass die Klärung der Voraussetzungen des »Stands der Technik« eine Auseinandersetzung mit den »Meinungsstreitigkeiten der Techniker« voraussetze, »um zu ermitteln, was technisch notwendig, geeignet, angemessen und vermeidbar« ist.

Bei einer interessengerechten Bewertung der Interessen des Auftraggebers erscheint es unter Berücksichtigung der dargestellten Rechtsprechung nicht mehr vertretbar, dass der Besteller mit dem Auftragnehmer eine Bauweise vereinbaren will, die Regeln entspricht, »die stets hinter einer weiterstrebenden technischen Entwicklung herhinken«. Interessengerecht erscheint vielmehr die Annahme, dass der Besteller von dem Auftragnehmer erwartet, dass dieser unter Berücksichtigung der »Meinungsstreitigkeiten der Techniker« eigenverantwortlich ermittelt, was technisch notwendig, geeignet, angemessen und vermeidbar und vorzugswürdig ist, um die o.g. Voraussetzungen des funktionalen Mangelbegriffs zu erfüllen, zumal es nicht für jede Voraussetzung des funktionalen Mangelbegriffs anerkannte Regeln der Technik gibt. Das gilt z. B. für den Schallschutz, der eine Grundlage für die Entwicklung der o. g. Auslegungskriterien des BGH war, die eine grundsätzliche Bedeutung für die Klärung der aufgrund eines Werkvertrags vom Auftragnehmer geschuldeten Soll-Beschaffenheit haben. Die DIN 4109 beschreibt weiterhin lediglich einen Mindeststandard für den Schallschutz, der nicht mit den üblichen Qualitäts- und

Komfortansprüchen entspricht. Es gibt allenfalls Empfehlungen für eine Bauweise, wie der nach der Rechtsprechung geschuldete Schallschutz erreicht werden kann, aber noch keine anerkannten Regeln der Technik, die solch einen Erfolg gewährleisten, sondern nach der Rechtsprechung des BGH einen neuesten Stand der Technik. Wenn ein Planer oder Unternehmer dessen Voraussetzungen nicht kennt, muss er ggf. aufgrund einer entsprechenden Vereinbarung mit dem Besteller einen Sonderfachmann einschalten, der die Voraussetzungen klärt.

2.7 Modifizierte Definition der anerkannten Regeln der Technik

Kniffka (vgl. [11] und [4]). berücksichtigt die vom Bundesverfassungsgericht genannten Kriterien in einer modifizierten Definition der anerkannten Regeln der Technik:

»Anerkannte Regeln der Technik sind diejenigen technischen Regeln für den Entwurf und die Ausführung baulicher Anlagen, die in der technischen Wissenschaft als theoretisch richtig anerkannt sind und feststehen sowie insbesondere in dem Kreise der für die Anwendung der betreffenden Regeln maßgeblichen, nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker durchweg bekannt und aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als technisch geeignet, angemessen und notwendig anerkannt sind.«

Einen Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik bejaht er,

»wenn der Auftragnehmer solche technischen Regeln nicht beachtet, die sich unter einer

hinreichenden Zahl kompetenter Fachleute als theoretisch richtig durchgesetzt und die sich in der Baupraxis als richtig bewährt haben.« [4]

Diese Frage muss in einem Bauprozess etliche Jahre nach dem Vertragsschluss und der Abnahme retrospektiv mit einem Sachverständigen geklärt werden. Solch eine Klärung erscheint den Baupraktikern problematisch, weil jeder erfahrene Sachverständige in der Regel eine »hinreichende Zahl kompetenter Fachleute« kennt, die seine persönliche Auffassung teilen, was sich zum Zeitpunkt der Abnahme »als theoretisch richtig durchgesetzt und in der Baupraxis als richtig bewährt« hat. Damit wird die Entscheidung über das Vorhandensein eines Mangels in einer für das Gericht kaum noch nachprüfbar Weise vom Gericht auf den Sachverständigen verlagert. Erfahrungsgemäß sei es für eine Partei in einem Bauprozess kaum möglich, das Gutachten des vom Gericht bestellten Sachverständigen erfolgreich anzugreifen, wenn dieses sich auf die Stellungnahmen einer hinreichenden Zahl kompetenter Fachleute gründet.

2.8 Ständige Änderung der Regelwerke

Baupraktiker weisen darauf hin, dass von einem mittelständischen Unternehmer nicht erwartet werden könne, dass er über die Kenntnisse verfüge, die einem nach »nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker durchweg bekannt sind und die aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als technisch geeignet, angemessen und notwendig anerkannt sind.

Ein mittelständisches Unternehmen sei auch nicht in der Lage stets einen »nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker« und eine »hinreichende Zahl kompetenter Fachleute« zu beschäftigen, wenn es in der freien Marktwirtschaft konkurrenzfähig bleiben wolle.

Nach ihren Erfahrungen, die sich mit den Erfahrungen von Kapellmann decken, die er am 7.11.2015 bei der 46. Baurechtstagung der arge baurecht in Weimar vorgetragen hat, sind auch die erstinstanzlichen Gerichte nicht immer mit Richtern besetzt, die »nach dem neuesten baurechtlichen Erkenntnisstand vorgebildet« und auf dem Gebiet des Baurechts kompetent sind – mit der Folge, dass Auftragnehmer oft jahrelang auf eine Entscheidung warten müssen, die für sie und die Bezahlung der von ihnen beschäftigten Angestellten eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung hat.

Nicht jede Änderung von Regelwerken diene der Vermeidung einer unzureichenden Funktions-tauglichkeit eines Werks. Nach einer in der Bau-praxis verbreiteten Überzeugung könne sie auch darauf beruhen, dass es einem Produkthersteller gelungen sei, dafür zu sorgen, dass die Verwen-dung des von ihm hergestellten Produkts Grund-lage einer Änderung der Regelwerke sei. Deshalb würden Voraussetzungen, deren Erfüllung für die Herstellung eines funktionstauglichen Werks nicht zwingend erforderlich sei, früher oder später auch wieder gestrichen oder modifiziert. Da entsprechende DIN Normen ständig und in unregelmäßigen Abständen überarbeitet werden, sei der Erwerb und das Durcharbeiten jeder Neufassung, was mit einem erheblichen Arbeits-aufwand und hohen Kosten verbunden sei, für sie

zeitlich und wirtschaftlich nicht vertretbar, zumal ungewiss sei, wie lange diese Regelwerke gelten sollen. Aus diesem Grund würde auch die Justiz-verwaltung den Richtern, die über Bauprozesse entscheiden müssen, nicht ständig die neueste Fassung der DIN Normen zur Verfügung stellen.

2.9 Sinn und Zweck der anerkannten Regeln der Technik

Nach ihrem Sinn und Zweck stellen anerkannte Regeln der Technik Empfehlungen erfahrener Praktiker und Techniker dar, die dem Auftragnehmer die Herstellung des von ihm geschuldeten Erfolgs erleichtern sollen. Deshalb kenne jeder Baupraktiker die für sein Fachgebiet wichtigsten anerkannten Regeln der Technik aber nicht jede neuste Weiterentwicklung. Dieses Wissen frische er regelmäßig bei Baufachtagungen auf, bei denen auch stets darauf hingewiesen werde, welche Bauweise mit Risiken bezüglich der Funktions-tauglichkeit eines Werks behaftet ist. Deshalb könnten sie zum Zeitpunkt des Vertragsschlus-ses entsprechend der im Werkvertragsrecht geregelten Mängelhaftung versprechen, dass die von ihnen in Ihrer Planung oder Leistungs-beschreibung vorgesehene Bauweise erfahrungs-gemäß zur Herstellung eines zweckentsprechen-den und funktionstauglichen Werks geeignet ist.

Eine weiter gehende Beschaffenheitsverein-barung bezüglich aller Voraussetzungen der sich ständig weiter entwickelnden anerkannten Re-geln der Technik sei ihnen auch deshalb nicht mög-lich, weil die anerkannten Regeln der Technik den Besteller in der Regel nicht bekannt sein und sie diesem entsprechende DIN-Normen wegen

des Urheberrechtsschutzes des Beuth-Verlages auch nicht zur Verfügung stellen dürften.

Kniffka [12] bezeichnet die Auffassung, dass ein Auftragnehmer stillschweigend die Einhaltung der zum Zeitpunkt der Abnahme geltenden anerkannten Regeln der Technik verspricht, zu Recht als zweifelhaft, wenn sich die anerkannten Regeln der Technik zur Zeit der Abnahme in nicht vorhersehbarer Weise gegenüber den anerkannten Regeln der Technik zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses geändert haben. Der Besteller könne redlicher Weise nur erwarten, dass der Unternehmer eine Bauausführung nach dem zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses maßgeblichen anerkannten Regeln der Technik verspricht. Er könne nicht erwarten, dass der Unternehmer auch die Einhaltung solcher anerkannten Regeln der Technik verspricht, die zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses noch nicht vorhersehbar waren und die dann bei der Abnahme gelten. Das hat das OLG Stuttgart verkannt (Urt. v. 03.07.2012 – 10 U 33/12):

Ein Bauträger hat ein altes Fabrikgebäude zu Wohnungen umgebaut. Er schuldete bei dem Bauwerk ein Dach, das in wärmetechnischer Hinsicht den neuesten Erfordernissen und Vorgaben der EnEV 2002 entsprechen sollte. Das Dach wies diese Beschaffenheit nicht auf. Der Erwerber verlangte deshalb 50 000 € als Vorschuss zur Mängelbeseitigung. Der Bauträger wandte ein, er hafte nur in der Höhe des Aufwands, der für eine Herstellung der Wärmedämmung nach der EnEV 2002 und nicht nach der inzwischen geltenden EnEV 2009 erforderlich sei. Diese »Sowieso-Kosten« habe er nicht zu tragen.

Leitsatz des OLG Stuttgart

»Eine Mängelbeseitigung muss grundsätzlich die zum Zeitpunkt ihrer Vornahme geltenden anerkannten Regeln der Technik und gesetzlichen Vorschriften einhalten.«

Das OLG geht in Übereinstimmung mit der o. g. M. davon aus, dass das Werk grundsätzlich den zur Zeit der Abnahme anerkannten Regeln der Technik entsprechen müsse, was nicht unproblematisch ist, wie oben bereits erörtert wurde. Bei einer Mängelbeseitigung seien dagegen die zum Zeitpunkt ihrer Vornahme geltenden anerkannten Regeln der Technik und Vorschriften einzuhalten. Auch das ist in dieser Allgemeinheit zweifelhaft.

Statt der ursprünglich geschuldeten Dachdämmung nach EnEV 2002 müsse deshalb die zur Nacherfüllung einzubauende Dämmung der EnEV 2009 mit einem geringeren Wärmedurchlasskoeffizienten gerecht werden.

»Sowieso-Kosten« seien nicht zu berücksichtigen, weil bei der vertragsgerechten Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme nur eine Dämmung nach der EnEV 2002 einzubauen gewesen wäre.

Für eine Vorteilsausgleichung wegen einer durch die höhere Dämmung bedingten Heizkostenersparnis in den Dachgeschoßwohnungen, die grundsätzlich zu berücksichtigen ist, hatte der Bauträger nichts vorgetragen.

Das OLG Stuttgart hat seine Auffassung damit begründet, dass die Sanierung zum jetzigen Zeitpunkt den heutigen Vorgaben an die Bauausführung gerecht werden muss. Deshalb sei

nicht auf die Kosten zum Zeitpunkt der Herstellung des Werks durch die Klägerin abzustellen, sondern auf die jetzt geltenden Vorgaben:

»Auch wenn das Werk grundsätzlich den zur Zeit der Abnahme anerkannten Regeln der Technik als vertraglichen Mindeststandard entsprechen muss, muss eine Mängelbeseitigung die zum Zeitpunkt ihrer Vornahme geltenden anerkannten Regeln der Technik und gesetzlichen Vorschriften einhalten. [...]«

Statt einer ursprünglich geschuldeten Dachdämmung mit einem maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten vom $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ gemäß Zeile 4a der Tabelle 1 des Anhangs 3 der EnEV 2002 muss die jetzt einzubauende Dämmung den Vorgaben der EnEV 2009 gerecht werden, die im Anhang 3 gemäß Zeile 4a der Tabelle 1 einen maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten vom $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ vorsieht. Dies ist bei der Höhe eines Vorschussanspruches wegen mangelhafter Leistung zu berücksichtigen. [...]«

Es fallen keine Sowieso-Kosten an, weil bei vertragsgerechter Leistung bis zur Abnahme nur eine Dämmung mit einem maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten vom $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ einzubauen gewesen wäre. [...]«

Jedoch kann die höhere Dämmung zu einer Kostenersparnis bei Heizkosten vor allem bei den Eigentümern der Wohnungen unter dem Dach führen. Ob bei einer Vorteilsausgleichung auf die Wohnungseigentümergemeinschaft oder die einzelnen Wohnungseigentümer abzustellen ist, muss dahingestellt bleiben.« (OLG Stuttgart, NJW-RR 2011, 1589, juris RN 24f.)

Das OLG Stuttgart hat nicht weiter begründet, warum die die jetzt einzubauende Dämmung den Vorgaben der EnEV 2009 gerecht werden muss. Es hat nicht zwischen den bauordnungsrechtlichen Vorgaben und der vertragsrechtlichen Beschaffenheitsvereinbarung differenziert.

Bauordnungsrechtliche Vorgaben

§ 28 EnEV 2009 (vgl. entsprechende Regelung in § 28 Abs. 1 EnEV 2014) enthält folgende bauordnungsrechtliche Bestandsschutzregelung:

»Übergangsvorschrift: Auf Vorhaben, welche die Errichtung, die Änderung, die Erweiterung oder den Ausbau von Gebäuden zum Gegenstand haben, ist diese Verordnung in der zum Zeitpunkt der Bauantragstellung oder der Bauanzeige geltenden Fassung anzuwenden.«

Die Nacherfüllung gemäß §§ 634 Nr. 1 und 635 BGB ist eine modifizierte Erfüllung der geschuldeten Leistung. Sie dient ebenso wie die Selbstvornahme gemäß § 637 BGB weiterhin der mängelfreien Herstellung des ursprünglich vom Auftragnehmer geschuldeten Werks. Auf dieses ist die Übergangsvorschrift des § 28 EnEV 2009 anzuwenden, d. h. die EnEV in der zum Zeitpunkt der Bauantragstellung oder Bauanzeige geltenden Fassung (vgl. [13]), also die EnEV 2002.

Vertragsrechtlich geschuldete Beschaffenheit

Bei der zivilrechtlichen Beurteilung, ob ein Mangel gegeben ist, ist hingegen der Zeitpunkt des Vertragsabschlusses entscheidend. Das gilt auch für Änderungen der energetischen Anforderungen an ein Gebäude (vgl. OLG Düsseldorf, Urt. v. 23.12.2005 – 22 U 32/04). Der Auftrag-

nehmer verspricht nicht ins Blaue hinein, dass das von ihm hergestellte Werk künftigen politischen Vorgaben des Verordnungsgebers entsprechen wird, die für ihn zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses nicht einmal vorhersehbar sind.

Die ausdrückliche Beschaffungsvereinbarung dürfte sich, soweit es dazu Angaben in der Leistungsbeschreibung gibt, auf den Standard der EnEV 2002 bezogen haben und nicht denjenigen der EnEV 2009.

Nach der Rechtsprechung des BGH kann der Auftraggeber erwarten, dass ein Bauwerk diejenigen Qualitäts- und Komfortstandards erfüllt, die vergleichbare zeitgleich erstellte Bauwerke erfüllen. Zum Zeitpunkt des Umbaus des Fabrikgebäudes dürfte das der Standard der EnEV 2002 gewesen sein. Es ist rechtsdogmatisch nicht vertretbar, dass die Bundesregierung durch den Erlass einer Rechtsverordnung, die auf dem politischen Gestaltungswillen des Gesetz- und Verordnungsgebers beruht, in den verfassungsrechtlich geschützten Bereich der Privatautonomie eingreifen und eine vom Auftragnehmer vertraglich geschuldete Leistung modifizieren kann. Das will sie auch nicht, wie sich aus § 28 EnEV 2009 und 2014 und allen anderen bauordnungsrechtlichen Vorgaben ergibt.

Die Einhaltung der nach der EnEV 2009 erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz kann auch nicht damit begründet werden, dass bei einer Nacherfüllung die zum Zeitpunkt der Nacherfüllung geltenden anerkannten Regeln der Technik zu beachten sind, da die EnEV keine anerkannten Regeln der Technik zum Inhalt hat (vgl. [14], S. 549 und [15]), sondern erhöhte Vorgaben für

den Wärmeschutz, die mit der verfassungsrechtlich gebotenen Zurückhaltung auf dem politischen Gestaltungswillen des Gesetz- und Verordnungsgebers beruht, wie bereits erörtert wurde.

2.10 Die EnEV 2014 ist keine anerkannte Regel der Technik

Die EnEV hat keine anerkannten Regeln der Technik zum Inhalt, sondern politisch motivierte technisch erhöhte Vorgaben für den Wärmeschutz. Das ergibt sich sehr deutlich aus deren Präambel:

»Zweck dieser Verordnung ist die Einsparung von Energie in Gebäuden. In diesem Rahmen und unter Beachtung des gesetzlichen Grundsatzes der wirtschaftlichen Vertretbarkeit soll die Verordnung dazu beitragen, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050, erreicht werden. Neben den Festlegungen in der Verordnung soll dieses Ziel auch mit anderen Instrumenten, insbesondere mit einer Modernisierungsoffensive für Gebäude, Anreizen durch die Förderpolitik und einem Sanierungsfahrplan, verfolgt werden.«

Die EnEV hat also einen bauordnungsrechtlichen Regelungscharakter, der nicht der Summe der im Bauwesen anerkannten wissenschaftlichen, technischen und handwerklichen Erfahrungen beruht und deshalb anerkannt sind, weil sie sich bei der Herstellung eines Werks hinreichend bewährt haben. Mit solch einer Einordnung als »anerkannte Regeln der Technik« wäre auch der in § 28 EnEV geregelte Bestandsschutz nicht vereinbar, der auf den Zeitpunkt der Bauantragstellung abstellt, und ebenso wenig die Möglich-

keit, dass die nach Landesrecht zuständigen Behörden gemäß § 25 EnEV von den Anforderungen der EnEV eine Befreiung erteilen können.

In § 23 Abs. 1 EnEV 2009 (EnEV 2014 unverändert) ist geregelt, dass zu den anerkannten Regeln der Technik auch Normen, technische Vorschriften oder sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union etc. gehören, wenn ihre Einhaltung das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Energieeinsparung und Wärmeschutz dauerhaft gewährleistet. Die Regelung besagt nicht, dass das von der EnEV geforderte Schutzniveau den anerkannten Regeln der Technik entspricht, sondern lediglich mit Hilfe welcher Normen, technischen Vorschriften oder sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union etc., die nach allgemeinen Verständnis allenfalls dem Stand der Technik entsprechen, weil sie noch nicht allgemein anerkannt sind, sich das von der EnEV geforderte Schutzniveau realisieren lässt.

Wenn der Planer und Unternehmer bei der Herstellung des Werks die in den zitierten Normen etc. dargestellten Anforderungen beachten, ist er vor dem Vorwurf geschützt, dass diese noch nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Aus § 23 EnEV ergibt sich aber nicht, dass das von der EnEV geforderte Schutzniveau selbst den anerkannten Regeln der Technik entspricht. § 23 EnEV beschreibt den Weg und nicht das angestrebte Ziel.

1. Etliche Baupraktiker haben dem Verfasser wiederholt erklärt, dass es für sie schwer genug sei zu klären, welche Voraussetzungen ein Werk erfüllen müsse, das den o. g. Anforderun-

gen des BGH bezüglich des funktionalen Mangelbegriffs entspreche, zumal sie sich nach der Rechtsprechung des BGH (vgl. Urt. v. 25.10.2007 – VII ZR 205/06, [5], [11] und [12]) auch über alle Werbeaussagen informieren müssen, die eine Erwartungshaltung des Auftraggebers bezüglich der Bauweise und der verwendeten Bauprodukte begründe.

2. Die Hersteller von Bauprodukten würden den Bestellern häufig Herstellergarantien gewähren, wenn bei der Verwendung der Bauprodukte die Herstellerhinweise eingehalten werden, die nicht immer den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Da die Besteller häufig ein vorrangiges Interesse an dem Erhalten der Herstellergarantien haben, sei es einem Auftragnehmer nicht möglich zu versprechen, dass sein Werk alle Voraussetzungen der anerkannten Regeln der Technik erfüllt. Das gilt auch bei einem Beratungsvertrag mit dem Produkthersteller, falls der Auftragnehmer dessen Produkt verwenden will.
3. Erfahrungsgemäß würde die Einhaltung aller Voraussetzungen der anerkannten Regeln der Technik nicht nur nicht die Gewissheit begründen, dass ein Werk zweckentsprechend und funktionstauglich ist. Teilweise würden anerkannte Regeln der Technik auch Voraussetzungen enthalten, die zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks, das entsprechend der Rechtsprechung des BGH (vgl. Urt. v. 09.07.2009 – VII ZR 130/07) einen nicht erforderlichen Aufwand vermeidet, nicht unbedingt eingehalten werden müssen oder dürfen, wie sich aus dem bekannten Hinweis Lohmeyers ergebe, dass zahlreiche Betonsohlen ein Stahlgrab seien, obwohl der mit überdimensionierten Anforderungen an die

Stahl-Bewehrung angestrebte Erfolg durch die Herstellung einer tragfähigen Gründung und eine ausreichende Anzahl von Fugen und einer fachgerechten modernen Betontechnologie in gleicher Weise erreicht werden könne.

4. Das gilt ähnlich für das Anbringen einer Folie über einer Betonsohle aus WU-Beton, die verhindern soll, dass Feuchtigkeit aufsteigt. Die stillschweigende Vereinbarung einer entsprechenden Herstellungsweise hat nach dem subjektiven Fehlerbegriff zur Folge, dass die Folie aufgebracht werden muss.

Das OLG Hamm war vor 20 Jahren – etwa acht Jahre nach der Abnahme eines Bauwerks – mit dieser Problematik befasst. Ein sachverständiger beratender Bauherr machte gegen den Unternehmer Schadensersatzansprüche geltend, weil er keine Folie über der Betonsohle eingebaut hatte. Der 21. Zivilsenat vertrat seinerzeit in Übereinstimmung mit dem 12. Zivilsenat die Auffassung, dass ein Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik nicht zur Begründung eines Mangels ausreiche. Der vom Senat beauftragte Sachverständige hat bei einer Feuchtemessung des Estrichs festgestellt, dass durch die Betonsohle in den 10 Jahren seit deren Fertigstellung keine Feuchtigkeit aufgestiegen ist und sich keine Fliese des Fliesenbodens gelöst habe, was die typische Folge von aufsteigender Feuchtigkeit sei. Er hat das darauf zurückgeführt, dass eine kapillare Brechung des Bettungsmaterials dazu geführt habe, dass keine Feuchtigkeit aufgestiegen sei und erklärt, dass deshalb auch in Zukunft keine Feuchtigkeitsbelastung zu befürchten sei. Die Parteien haben sich auf Vorschlag des Senats verglichen, weil dieser angenommen hat, dass der Unternehmer keine Maßnahmen schulde, die

zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks nicht erforderlich sind. Der Verf. hat die Problematik während der Ausarbeitung des Referats mit der Dipl.-Ing. Anja Riffer (ibb Ingenieurbüro für Bauberatung & Bauphysik) erörtert, die ihm bestätigt hat, dass sie kürzlich einen Bohrkern habe ziehen lassen, dessen Untersuchung habe keine Feuchtigkeitswerte ergeben. Das stimmt mit Untersuchungen des Sachverständigen Dipl.-Ing. Zöller überein.

5. Die Parteien haben sich seinerzeit auf Vorschlag des Senats verglichen, weil dieser angenommen hat, dass der Unternehmer keine Maßnahmen schulde, die zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks nicht erforderlich sind, was inzwischen auch der BGH (Urt. v. 09.07.2009 – VII ZR 130/07) so entschieden hat.
6. Mit dem Gesichtspunkt, dass der Unternehmer einen überflüssigen Aufwand vermeiden muss und die anerkannten Regeln der Technik diese Voraussetzung nicht gewährleistet; setzt sich der BGH in der Massivholz-Treppenentscheidung nicht auseinander.
7. Das Massivholz-Treppen-Urteil steht auch im Widerspruch zu dem Urteil des BGH vom v. 09.07.2009, das im Einklang mit der Baupraxis die Planungsfreiheit eines Planers betont hat, der grundsätzlich die Wahl zwischen verschiedenen Planungskonzepten habe. Diese müssten die Voraussetzungen des funktionalen Mangelbegriffs erfüllen. Die Planungsfreiheit dürfe nicht dadurch eingeschränkt werden, dass zwingend eine bestimmte Herstellungsweise eingehalten werden muss.

3 Präzisierung der Voraussetzungen eines zweckentsprechenden und funktionstauglichen Werks

Vorzugswürdig sei es, dass die Rechtsprechung im konstruktiven Zusammenwirken mit anerkannten Sachverständigen als Orientierungshilfe die Voraussetzungen des nach dem Werksvertragsrecht entscheidenden Ziels einer jeden Planung und der Herstellung eines Werks: das zweckentsprechende und funktionstaugliche Werk in einer Weise definiert, dass sie einem Auftragnehmer als Orientierungshilfe und einem Sachverständigen in einem Bauprozess als Prüfmaßstab dienen. Aufgrund der Klarstellung der entsprechenden Voraussetzungen könnten Planer und Unternehmer eigenverantwortlich klären, was sie ohnehin müssen, wie sie den entsprechenden Erfolg herbeiführen können. Entscheidend müsse das Leistungsziel sein, weil sie insoweit auch ihre Erfahrungen optimal nutzen können: Dagegen sei für sie nicht voraussehbar, was etliche Jahre nach der Herstellung eines Werks nach der Meinung von Experten die optimale Herstellungsweise gewesen wäre.

Die anerkannten Regeln der Technik müssten in gleicher Weise darauf ausgerichtet sein, einen entsprechenden Erfolg herbeizuführen mit der Folge, dass Sachverständige im Bauprozess mit Hilfe der oben genannten Schadensberichte nachweisen können, dass die Nichteinhaltung konkreter Voraussetzungen der anerkannten Regeln der Technik zu einer Mängelerscheinung

bzw. Schäden und dem Risiko des künftigen Eintritts von Schäden geführt habe.

In dem Bauprozess müsse die Frage entscheidend sein, ob das Werk eine dem funktionalen Mängelbegriff entsprechende Beschaffenheit aufweise. Das sei auch für den Auftraggeber entscheidend. Das OLG Hamm hat vor 12 Jahren in einem Rechtsstreit, der sich auf eine fachgerecht hergestellte Naturholzfassade einer Seniorenresidenz bezog, die jedoch einen jährlichen Anstrich und einem Kostenaufwand von 6 000 € erforderte, der dem Träger der Seniorenresidenz zu hoch erschien, die Voraussetzungen eines zweckentsprechenden und funktionstauglichen Werks unter Berücksichtigung des bis zum 30.6.2013 und damals noch geltenden § 5 Bauproduktengesetzes präzisiert. Danach war ein Bauprodukt brauchbar, wenn es solche Merkmale aufweist, dass die bauliche Anlage, für die es verwendet werden soll, bei ordnungsgemäßer Instandhaltung dem Zweck entsprechend während einer angemessenen Zeitdauer und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit gebrauchstauglich ist und die wesentlichen Anforderungen der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit, des Brandschutzes, der Hygiene, Gesundheit und des Umweltprüfuschutzes, der Nutzungssicherheit, des Schallschutzes sowie der Energieeinsparung und des Wärmeschutzes erfüllt.

Diese Voraussetzungen finden sich seit dem 01.07.2013 in einer etwas unübersichtlicheren Form in der EU-Bauproduktenverordnung und in ähnlicher Form teilweise auch in der DIN 1055-100 »Grundlagen der Tragwerksplanung – Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln«:

Ein Bauwerk muss so entworfen und ausgeführt werden, dass es während der gesamten Nutzungsdauer neben seiner Tragfähigkeit auch seine Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit bei angemessenem Unterhaltungsaufwand beält.

Ob eine bestimmte Bauweise dazu geeignet ist, diese Voraussetzungen zu erfüllen, müssten die Auftragnehmer, die sich an »vorderster Front« befinden, der Planer und Unternehmer klären und insbesondere Informationen einholen, ob sich in der Baupraxis eine bestimmte Bauweise bewährt hat und die Erfüllung dieser Voraussetzungen als gesichert erscheinen lässt oder ob sich umgekehrt gezeigt hat, dass eine Bauweise nicht dazu geeignet ist, diese Voraussetzungen zu gewährleisten. Die Sachverständigenausschüsse der einzelnen Verbände z.B. für das Tischlerhandwerk sammeln entsprechende Informationen, sodass sie Auskunft über den Stand der Technik für dieses Fachgebiet geben können. Diese Voraussetzungen könnte in einem Bauprozess in gleicher Weise ein Sachverständiger klären, d.h. die Eignung einer Bauweise die konkreten Voraussetzungen zu erfüllen und welche Risiken und Nachteile sich bei einer häufigen Anwendung dieser Bauweise in einem überschaubaren Zeitraum in der Baupraxis herausgestellt haben. Das könnte zuverlässiger aufgeklärt werden, als die Frage, welche technischen Regeln sich nach der Meinung einer hinreichenden Zahl kompetenter Fachleute als theoretisch richtig durchgesetzt haben.

Wenn die anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten worden sind, könne auf der Grundlage der Schadensberichte mit einem Sach-

verständigen geklärt werden, mit welchem konkreten Risiko eine Bauweise verbunden sei, die nicht alle Voraussetzungen der anerkannten Regeln der Technik erfüllt. Nur diese Frage könne in einem Bauprozess nach der gebotenen Gewährung rechtlichen Gehörs mit einem Sachverständigen mit der für eine Entscheidungsfindung erforderlichen Sicherheit geklärt werden, wenn er nachprüfbar darstellt, in wieweit die geschuldeten Funktionstauglichkeit beeinträchtigt ist oder zumindest aufgrund der sich aus den Schadensberichten ergebenden Erfahrungen das Risiko besteht, dass diese nicht nachhaltig gewährleistet ist.

Weder das Fittings-Urteil des OLG Hamm (vgl. Urt. v. 27.09.2012 – 17 U 170/11), auf das der BGH in dem Massivholz-Treppen-Urteil verweist, noch die vom OLG Hamm im Fittings-Urteil zitierten Urteile beziehen sich nicht auf die hier erörterte Problematik, dass sich anerkannte Regeln der Technik in unvorhersehbarer Weise weiter entwickelt haben. Entgegen der Annahme des OLG Hamm war die Haftung des Auftragnehmers in jenem Fall nicht aufgrund der Erfolgshaftung des Werkvertragsrechts begründet. Die Klärung der Grundlagen der Erfolgshaftung bereitet also selbst Oberlandesgerichten Probleme.

Der AN führte für den Neubau des AG im Jahr 2003 die Wasserinstallationen aus. Er verlegte Kunststoffrohre mit Messingverbundstücken (sog. Fittings). Im Jahr 2008 ereigneten sich im Haus der Kläger insgesamt 3 Wasserschäden; ein weiterer Wasserschaden entstand im Jahre 2011. Der AG hat dem AN einen Planungsfehler vorgeworfen, er habe das Korrosionsrisiko des von ihm verwendeten Werkstoffs unter Berücksich-

tigung des Chloridgehalts des Wassers nicht entsprechend dem Regelwerk (DIN 50930 Teil 3 bis 5) geprüft. Er hat gegen den AN erfolgreich einen Vorschussanspruch bezüglich Mängelbeseitigung in Höhe von 14 900 € und eine Anspruch auf Feststellung von dessen Verpflichtung zum Ersatz des weitergehenden Schadens geltend gemacht.

Der AN hat behauptet, dass der Chloridgehalt im Jahr 2003 nach der Entnahme vom 24.03.2003 nur 162 mg/l betragen habe und das zuständige Wasserwerk ihm Chloridwerte mitgeteilt habe, die unter 200 mg/l gelegen hätten, die nicht zu Korrosionsschäden hätten führen können. Das Wasserversorgungsunternehmen habe keine Hinweise über eine ungünstige Änderung der Wasserchemie gegeben. Hierzu wäre es gegenüber Bauherrn und sogar gegenüber Installateuren verpflichtet gewesen. Die Wasserschäden seien dadurch entstanden, dass in den Jahren 2004 und 2005 ein unerwartet hoher Chloridanteil von 235 mg/l und von 220 mg/l vorhanden gewesen sei.

Der AG hat behauptet, dass nicht die Höhe der Chloridkonzentration, sondern auch deren Schwankungsbreite, die von Oktober 2002 bis Juli 2003 bei 78 mg/l gelegen habe, zur Ungeeignetheit des vom AN verwendeten Werkstoffs im Einsatzgebiet der Stadt T geführt habe.

Das OLG Hamm hat angenommen, dass die Werkleistung mangelhaft sei, selbst wenn die erbrachte Leistung zum maßgeblichen Zeitpunkt der Abnahme den Regeln der Technik entsprochen haben sollte. Die Werkleistung sei mangelhaft, weil sie nicht funktionstauglich sei. Es komme auf die vom Beklagten aufgeworfenen Fragen

des Verschuldens und der fehlenden Erkennbarkeit in der Phase der Planung und Ausführung nicht an. Die Risikoverteilung hinsichtlich unvorhersehbarer Umstände (hier der höheren Chlorid-Werte) habe der Gesetzgeber dadurch vorgenommen, dass er den Werkvertrag als erfolgsbezogen ausgestaltet hat. Treffe der Werkunternehmer eine - sei es auch fundierte und auf jahrelanger Erfahrung basierende - Prognose über die zu erwartende Beschaffenheit des Trinkwassers, habe er trotz allem dafür einzustehen, wenn sich die Prognose nachträglich als falsch erweise.

Das OLG hat verkannt, dass sich die Soll-Beschaffenheit nach dem funktionalen Mangelbegriff nach der vereinbarten Zweckbestimmung des Werks richtet. Ein AN, der die Planungsaufgaben übernommen hat, muss deshalb klären welchem Zweck das von ihm hergestellte Werk dienen soll und welchen Belastungen es ausgesetzt sein wird. Zur Klärung der bautechnischen Voraussetzungen, die er erfüllen muss, um die Funktionstauglichkeit des Werks zu gewährleisten, muss er beim Wasserversorgungsunternehmen klären, welchen chemischen und physikalischen Einwirkungen, also welcher Chloridkonzentration des Wassers die Fittings nach den langjährigen Erfahrungswerten des Wasserversorgungswerks ausgesetzt sein werden. Außerdem muss er muss er Informationen über die höchstmöglichen Schwankungsbreiten einholen und prüfen, ob diese mit seinen Erfahrungswerten übereinstimmen. Wenn die Überschreitung eines kritischen Grenzwertes während der voraussichtliche Nutzungsdauer mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten war, war es für den AN nicht geboten,

dem AG die Verwendung von kostenaufwändigeren Edelstahl-Fittingen anzubieten, wobei erhebliche Preisunterschiede bezüglich der unterschiedlichen Edelstahl Legierungen bestehen.

Der AG hat grundsätzlich einen Anspruch auf ein Werk, dass jegliches Risiko ausschließt. Dieses muss durch eine entsprechende fachgerechte Planung ausgeschlossen werden. Mit Hilfe eines Sachverständigen hätte das Gericht klären müssen, ob und in welchem Umfang das Planungskonzept des AN diese Voraussetzungen erfüllt hat. Insoweit war die Frage zu klären, ob und in welchem Umfang ein Sanitärinstallateur auf die Angaben des Wasserwerks bezüglich der o. g. Fragen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Baupraxis vertrauen kann, mit welchen Schwankungsbreiten er erfahrungsgemäß und unter Berücksichtigung der anerkannten Regeln der Technik rechnen muss und von welchem höchstmöglichen Chloridgehalt er aufgrund der ihm zur Verfügung stehenden Informationen er unter Würdigung aller Umstände und nach den anerkannten Regeln der Technik erforderlicher Sicherheitszuschläge hätte ausgehen müssen. Die entsprechenden Informationen können von einem Sachverständigen erfahrungsgemäß zur Prüfung der Frage, ob die Planung zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks geeignet war, auch nachträglich nochmals eingeholt werden. Es hätte weiterhin klären müssen, ob diese Werte die Verwendung von Messing-Fittingen zuließen.

Die werkvertragliche Erfolgshaftung bezieht sich entgegen der Annahme des OLG Hamm nicht auf unvorhersehbare tatsächliche Umstände, d. h. wenn tatsächlich Chloridwerte des Wassers, die auch nach den Erfahrungen eines Sachverständi-

digen unter Würdigung aller Umstände nicht vorhersehbar waren, zu den Korrosionsschäden geführt haben. Wenn ein Planer z. B. eine Dachterrasse für ein Rentnerehepaar plant, das auf der Dachterrasse gelegentlich gemeinsam eine Tasse Kaffee trinken will oder abends ein Glas Rotwein, dann greift entgegen der Annahme des OLG Hamm die Erfolgshaftung nicht ein, wenn auf der Dachterrasse unvorhergesehener Weise ein Rettungshubschrauber landet mit der Folge, dass dort erhebliche Schäden entstehen. Die Entscheidung des OLG Hamm wäre nur dann richtig, wenn ein Sanitärinstallateur nach den anerkannten Regeln der Technik zum Zeitpunkt der Herstellung seines Werks allenfalls mit ganz geringfügigen Schwankungsbreiten rechnen musste und sich nachträglich herausgestellt hätte, dass tatsächlich stets mit Schwankungsbreiten von mehr als z. B. 30 % gerechnet werden muss und diese neue Erkenntnis die Korrosionsschäden verhindert hätte, wenn sie bereits zum Zeitpunkt der Herstellung des Werks bekannt gewesen wäre.

4 Haftungsbegründende Verletzung der vorvertraglichen Aufklärungspflicht als Haftungsfalle

Der BGH verweist in dem Massivholztreppen-Urteil auf das Porto-Schiefer-Urteil des OLG Hamm (vgl. Urt. v. 08.05.2012 – 21 U 89/11), das angenommen hat, dass selbst die Herstellung eines Werks, das den anerkannten Regeln der Technik entspricht, den Auftragnehmer nicht vor der erfolgreichen Inanspruchnahme auf Scha-

densersatz schützt, wenn er seine Aufklärungs- und Beratungspflicht gegenüber dem Besteller verletzt hat, dass eine modifizierte Herstellung des Werks möglicherweise den Erwartungen des Auftraggebers besser entspricht.

4.1 Porto-Schiefer-Urteil des OLG Hamm

Sachverhalt

Der Fliesenleger hat Porto-Schiefer-Fliesen (Größe $50 \times 50 \times 1,2$ cm) in der Wohnung des Bestellers verlegt. Der Besteller hat ein desolates Fugenbild beanstandet, das er darauf zurückgeführt hat, dass die Fliesen nicht exakt 50×50 cm groß sind. Das habe zu einem Fugenlinienversatz, unterschiedlichen Fugenbreiten und insgesamt einem unsymmetrischen Fugenbild geführt.

Die Entscheidung des OLG

Das OLG Hamm hat angenommen, dass der Auftragnehmer einen Natursteinboden verlegt habe, der der vertraglichen Beschaffenheitsvereinbarung und den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Es hat angenommen, dass eine Maßtoleranz von ± 1 mm bei Porto-Schiefer mit einer spaltrauen Oberfläche keinen Mangel begründet.

Im Widerspruch zu dem Sachverständigen hat das OLG aber eine Beratungspflichtverletzung bejaht – das sei eine Rechtsfrage. Angesichts der Qualitätserwartungen des AG hätte der AN darauf hinweisen müssen, dass eine Maßtoleranz von $\pm 0,5$ mm zu einer höherwertigen Verlegequalität führe, sodass der Auftragnehmer die Kosten der Neuverlegung tragen müsse.

Wenn das »Verlegebild der Fliesen nicht nur geringfügig unsymmetrisch« war, wie es in dem Urteil heißt, und das »Fugenbild unsymmetrisch und desolat« war, ist die optische Funktions-tauglichkeit des Natursteinbodenbelags so stark beeinträchtigt, dass dieser als mangelhaft zu bewerten ist. Mit der Erteilung eines Auftrags zum verlegen eines Natursteinbelags bezieht der Auftraggeber erkennbar ein positives Erscheinungsbild des Bodenbelags. Die entsprechende optische Funktionstauglichkeit ist für die Bewertung der vertragsgerechten Herstellung von entscheidender Bedeutung und nicht einem Maßtoleranz der Fliesen von $\pm 0,5$ mm.

Gemäß der DIN EN 18352 Nr. 3.4.1 sind »die Fugen gleichmäßig breit anzulegen. Toleranzen der Belagstoffe sind in den Fugen auszugleichen.« Die Unebenheiten der spaltrauen Oberfläche des Porto-Schiefers sind beim Verlegen zu berücksichtigen, sodass insoweit eine größere Fugenbreite gewählt werden muss, die bei Porto-Schiefer 4–7 mm breit sein können, aber gleichmäßig sein müssen. Entscheidend ist also die handwerksgerechte Ausführung der Verlegearbeiten. Der optische Gesamteindruck muss dem angestrebten Zweck entsprechen.

Für eine gewisse Verwirrung hat der vom AG beauftragte Privatgutachter gesorgt, der darauf hingewiesen hat, dass sich auf der Angebotskopie des AG der Vermerk befand: »kalibrierte Fliesen«. In der DIN EN 12057 Tabelle 1 heißt es entsprechend dem Vortrag des AN:

»Kalibrierte Fliesen weisen auf ein Produkt, das zur Erzielung einer höheren Maßhaltigkeit einer bestimmten mechanischen Oberflächenbear-

beitung unterzogen wurde; diese Produkte sind geeignet, in einem dünnen Mörtelbett oder mit Klebstoff befestigt zu werden.«

Unter dem Begriff »Kalibrierung« versteht man bei Natursteinfliesen einen besonderen Bearbeitungsschritt, in dem die Fliese (Dicke ≤ 12 mm) abgeschliffen wird, um geringe Dickeuntoleranzen (max. 0,5 mm) zu gewährleisten. Bei spaltrauen Natursteinen versteht man unter dem Begriff »Kalibrierung« das Abschleifen der Plattenunterseite, damit für die Verlegung wenigstens eine ebene Fläche vorhanden ist. Das ist eine besondere Leistung, die besonders zu vergüten ist.

Der Hinweis des Sachverständigen auf eine Vergütungspflicht besagt nicht, dass durch die zu vergütende Leistung eine höhere Verlegequalität erreicht wird. In dem vom OLG Hamm entschiedenen Fall war vereinbart, dass die Fliesen im Dünnbettverfahren verlegt werden sollen. Das erfordert deren Kalibrierung entsprechend der o.g. Definition, sodass die Auslegung des Vertrags ergibt, dass diese stillschweigend vereinbart war mit der Folge, dass der AN für das Kalibrieren keine zusätzliche Vergütung verlangen kann. Das hat er auch nicht getan. Die Kalibrierung hat also nicht die Bedeutung einer Reduzierung der Maßtoleranzen.

Wenn sich aus den Qualitätserwartungen des AG für den Auftragnehmer erkennbar ergibt, dass er eine Verlegequalität wünscht, die über den üblichen Standard hinausgeht, muss sich das Angebot des AN auf eine Ausführung beziehen, mit der dieser Erfolg erreicht werden kann, andernfalls ist die angebotene Leistung mangelhaft i.S.v. § 633 Abs. 2 S. 1 BGB. Die entsprechende Aufklä-

rungs- und Beratungspflicht, die sich auf den vom AG gewünschten Qualitätsstandard bezieht ist also eine leistungsbezogene Pflicht.

Diese setzt voraus, dass sich unter Berücksichtigung aller Umstände für den AN Anhaltspunkte für einen entsprechenden Beratungsbedarf des AG ergeben. Das kommt aufgrund vorvertraglicher Gespräche in Betracht oder auch dann, wenn beispielsweise Fliesen mit einer höheren Maßgenauigkeit im Handel als eine gängige Alternative angeboten werden, sodass sie die Grundlage der Vorstellungen des AG von der vom AN angebotenen Leistung waren. Bei einer atypischen Vorstellung des AG, für die der AN keine Anhaltspunkte hat und die auch nicht dem Gesamtkonzept des geschuldeten Werks entspricht, besteht dagegen nach dem Regel-Ausnahme-Prinzip keine Beratungspflicht des AN sondern eine Nachfragepflicht des AG.

Bezieht sich die Erwartung des AG dagegen nicht auf die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit, kommt eine Beratungspflichtverletzung in Betracht (vgl. [5], [11] und [12]). Das gilt beispielsweise, wenn der AN Eigenschaften des Werks verschwiegen hat, die für die Entscheidung des AG zur Erteilung des Auftrags erkennbar von Bedeutung waren und nicht durch eine Nachfüllung nachgebessert werden können.

Das kann auch beispielsweise in Betracht kommen, wenn sich der AG bei einer entsprechenden Beratung für eine Ausführung entschieden hätte, die nicht den anerkannten Regeln der Technik, sondern dem Stand der Technik entspricht. Kniffka (vgl. [5], [11] und [12]) betont zu Recht, dass eine haftungsbegründende Aufklärungs-

pflichtverletzung voraussetzt, dass der Unternehmer erkennen konnte, dass die Umstände für den Besteller eine wesentliche Bedeutung hatten.

Die vorvertragliche Aufklärungs- und Beratungspflicht stellt eine unselbstständige Nebenpflicht gemäß §§ 311 Abs. 2, 241 Abs. 2 BGB dar. Deren Verletzung begründet einen Anspruch auf Ersatz des Vertrauensschadens, wenn der Unternehmer die Pflichtverletzung verschuldet hat (vgl. [16]). Sie ergibt sich also nicht aus dessen Erfolgs- haftung gemäß §§ 631, 633 Abs. 2, 634 Nr. 1–3 BGB, die kein Verschulden voraussetzt. Der Vertrauensschaden des Bestellers besteht darin, dass er wegen der vorvertraglichen Pflicht- verletzung des Unternehmers einen Vertrag geschlossen hat, den er ohne die Pflichtverletzung nicht geschlossen hätte. Sein Schadensersatz- anspruch ist deshalb darauf gerichtet, dass er vom Unternehmer so gestellt wird, wie er stehen würde, wenn er den Vertrag nicht geschlossen hätte. Er hat keinen Anspruch gegen den Unternehmer auf Herstellung eines Werks, dessen Beschaffenheit über die unter A.II.1. dargestellten Auslegungskriterien hinausgeht. Da er keinen entsprechenden Erfüllungsanspruch hat, muss er dem Unternehmer auch keine Frist zur Herstel- lung eines entsprechenden Werks (Nachfül- lung) setzen.

Ausnahmsweise hat er einen Anspruch gegen den Unternehmer auf Herstellung eines Werks, wenn er beweisen kann, dass der Unternehmer ohne die vorvertragliche Aufklärungspflicht- verletzung einen entsprechenden Vertrag mit ihm geschlossen hätte (vgl. BGH, Urt. v 24.6.1998 – XII ZR 126/96). Das kommt in Betracht, wenn die vom AG bevorzugte Alternative dem Stand

der Technik entspricht, weil das eine gängige Bauweise ist.

Das OLG hat in dem Porto-Schiefer-Urteil nicht definiert, wann ein Naturstein entsprechend seiner Annahme als »hochwertig« zu bewerten ist. Es hat diese bautechnische Frage auch nicht an den Sachverständigen gerichtet, der ihm hätte erläutern können, dass Porto-Schiefer im unteren Preissegment der Natursteine von 40–45 €/m² einzuordnen ist, sodass sich mit seiner Verwendung keine hohe Qualitätserwartung begründen lässt.

Es hat aufgrund missverständlicher und teilweise fehlerhafter Ausführungen des Sachverständigen verkannt, dass sich die DIN EN 12057 auf die Fertigungstoleranzen bezieht und nicht auf die Optik der Verlegequalität und zudem auf Porto- Schiefer mit einer bruchrauen Oberfläche nicht anwendbar ist. Diese Bewertung des Normenausschusses ist für die Baupraxis grundsätzlich maßgebend, sodass sich aus der DIN EN 12057 entgegen der Annahme des OLG keine Auf- klärungs- und Beratungspflicht bezüglich der Ver- einbarung einer Maßgenauigkeit eines Porto- Schiefers von $\pm 0,5$ mm herleiten lässt. Wäre die Annahme des OLG zutreffend, dass Porto-Schiefer ein so hochwertiger Naturstein ist, dass an die Verlegequalität allein aufgrund dieser Tat- sache erhöhte Anforderungen zu stellen sind, müsste das und nicht das genaue Gegenteil in dem Regelwerk zum Ausdruck kommen. Eine Umfrage des Verfassers bei verschiedenen Natursteinhändlern hat ergeben, dass diese grundsätzlich keinen Porto-Schiefer mit einer Maßgenauigkeit von $\pm 0,5$ mm anbieten. Es gibt auch keine entsprechende Nachfrage.

Das OLG hat die bautechnische Frage, ob durch die Reduzierung der Maßtoleranz von ± 1 mm auf $\pm 0,5$ mm die Verlegequalität und Fugenoptik verbessern lässt, nicht mithilfe des Sachverständigen geklärt. Eine entsprechende Qualitätsverbesserung wird von den Baupraktikern allgemein verneint. Bei einer mittigen Ausrichtung zu benachbarten Fliesen ergibt sich eine Verbesserung von 0,25 mm auf jeder Seite, das ist weniger als die »Dicke« einer Visitenkarte, die 0,3 mm beträgt. Aufgrund der bruchrauen Oberfläche des Porto-Schiefers und dem manuellen Verlegen der Fliesen im Mörtelbett (also nicht mit einer Präzisionsmaschine, die ein Verlegen gewährleistet, das auf den Bruchteil eines Millimeters gleichmäßig ist) wäre die größere Maßgenauigkeit von 0,25 mm kaum erkennbar.

Die Herstellung der Maßgenauigkeit der Natursteinfliesen würde 48 €/m² kosten, also den Preis der Fliesen verdoppeln. Diese Frage hat das OLG nicht mit der für eine Entscheidungsfindung erforderlichen Sicherheit geklärt. Der Sachverständige hat geringere Mehrkosten ohne eine gesicherte Grundlage geschätzt. Wenn der AG die gleiche laienhafte Vorstellung hat wie das OLG Hamm, dass sich durch eine kostenaufwändige Herstellung der Maßgenauigkeit der Fliesen von $\pm 0,5$ mm die Fugenoptik verbessern lässt, gebietet es die Beratungspflicht des AN ihn darüber aufzuklären, dass das nicht der Fall ist. Der AN muss den AG über bautechnisch sinnlose Maßnahmen (vgl. BGH, Urt. v. 9.7.2009 – VII ZR 130/07) aufzuklären, die auf dessen Fehlvorstellungen beruhen.

Die vom Verfasser angesprochenen Fliesenleger und Steinmetze haben erklärt, dass sie mit einem

AG, der die Vorstellung hat, dass sich die Fugenoptik des Porto-Schiefers durch eine Reduzierung der Maßgenauigkeit der Fliesen auf $\pm 0,5$ mm verbessern lässt, keinen Vertrag schließen würden, weil das voraussehbar zu unerfüllbaren Anforderungen und ungerechtfertigten Beanstandungen führen würde, kurz: das wäre mit Sicherheit ein Verlustgeschäft. Das hat zur Folge, dass der AG nicht beweisen kann, dass der AN ohne die vom OLG angenommene Beratungspflichtverletzung einen Vertrag mit ihm geschlossen hätte, in dem sie eine Maßgenauigkeit der Fliesen von $\pm 0,5$ mm vereinbart hätten. Der AG könnte also entgegen der Annahme des OLG Hamm keinen Erfüllungsschaden aufgrund der von ihm angenommenen Beratungspflichtverletzung geltend machen.

Der Hinweis des BGH auf die Porto-Schiefer-Entscheidung des OLG Hamm verdeutlicht, dass ein Auftragnehmer selbst dann wegen einer Verletzung einer vorvertraglichen Aufklärungspflicht auf Schadensersatz in Anspruch genommen werden kann, wenn sein Werk den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Die Rechtsprechung neigt dazu aufgrund des überlegenen Fachwissens eines Auftragnehmers eine haftungsbegründende Aufklärungspflichtverletzung zu bejahen, wenn er es versäumt hat den Besteller über eine qualitativ hochwertigere Ausführung aufzuklären.

Das kann bei einer Bauweise, die nicht dem Stand der Technik entspricht, in Betracht kommen, weil in der rechtswissenschaftlichen Literatur (vgl. [17]) angenommen wird, dass der vom BVerfG in dem Kalkar-Beschluss positiv bewertete »Stand der Technik« im Vergleich zu den anerkannten Regeln der Technik einen höheren,

fortschrittlicheren oder moderneren Qualitätsstandard darstellt, weil er eine schnellere Berücksichtigung des technischen Fortschritts erlaubt und keine langfristige Erprobung und wissenschaftliche Anerkennung voraussetzt. Es trete eine Zeitverkürzung zwischen technischer Neuentwicklung und ihrer Anwendbarkeit ein. Diese sei dynamischer als die »allgemein anerkannten Regeln der Technik«. Weil eine entsprechende Bauweise mangels einer langfristigen Erprobung noch nicht den anerkannten Regeln der Technik entspricht, geht die herrschende Meinung davon aus, dass diese Bauweise nicht stillschweigend vereinbart wird (vgl. [18]).

Die erforderliche Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte bei einer Bauweise, die einen höheren, fortschrittlicheren oder moderneren Qualitätsstandard darstellt kann einen Besteller hellhörig machen, sodass er sich darauf berufen kann, dass er bei einer entsprechenden Beratung für eine Ausführung entschieden hätte, die dem Stand der Technik entspricht.

In diesem Fall hätte der Besteller einen Anspruch auf Ersatz des Erfüllungsschadens, weil er in der Regel beweisen kann, dass er und der Auftragnehmer eine entsprechende Bauweise vereinbart hätten, weil der Stand der Technik eine gängige Bauweise darstellt.

Der Stand der Technik hat durch die Änderung des § 22 WEG eine zunehmende Bedeutung erlangt.

Während § 22 Abs. 2 WEG bezüglich der Modernisierungsmaßnahmen vom 1.07.2007 bis 30.04.2013 lediglich dann auf den Stand der Technik verwies, wenn diese § 559 Abs. 1 BGB a.F. entsprechen (nachhaltig Erhöhung des Gebrauchswerts der Mietsache, der allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer oder nachhaltig Einsparungen von Energie oder Wasser), verweist der durch das Gesetz über die energetische Modernisierung von vermietetem Wohnraum (Mietrechtsänderungsgesetz – MietRÄndG) vom 11.03.2013 (BGBl. I S. 434) m.W.v. 01.05.2013 geänderte Abs. 2 des § 22 WEG auf Maßnahmen, die der Modernisierung gemäß § 555b Nr. 1–5 BGB entsprechen. Das sind energetische Modernisierungen, durch die die Endenergie nachhaltig eingespart wird, die nicht erneuerbare Primärenergie nachhaltig eingespart oder das Klima

5 Stand der Technik

Dem Stand der Technik fehlt im Gegensatz zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik eine langjährige Erprobung und allgemeine Anerkennung. Der Entwurf zur Änderung des WEG vom 9.03.2006 (vgl. BT-Drucks. 16/887), der bei einer Maßnahme, die dem Stand der Technik entspricht, das Einstimmigkeitsprinzip der Wohnungseigentümer durch das Mehrheitsprinzip ersetzt, enthält folgende Definition des Stands der Technik:

»Mit »Stand der Technik« ist das Niveau einer anerkannten und in der Praxis bewährten, fortschrittlichen technischen Entwicklung gemeint, das das Erreichen des gesetzlich vorgegebenen Ziels gesichert erscheinen lässt, wobei auch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind.«

nachhaltig geschützt wird, durch die der Wasser- verbrauch nachhaltig reduziert wird und durch die der Gebrauchswert der Mietsache nachhaltig erhöht wird sowie durch die die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessert werden. Darunter kann z. B. die Anbringung einer Wärmedämmung an den Außenwänden fallen (vgl. [19]).

Wird ein Auftragnehmer mit der Planung von Maßnahmen beauftragt, die der energetischen Modernisierungen gemäß § 555b Nr. 1–5 BGB entsprechen, muss die Planung vorrangig dem »Stand der Technik« entsprechen, damit diese Voraussetzung für einen wirksamen Mehrheitsbeschluss der Wohnungseigentümergemeinschaft gemäß § 22 Abs. 2 WEG erfüllt ist und die Wohnungseigentümergemeinschaft einen Unternehmer mit der Ausführung der entsprechenden Maßnahme beauftragen kann. Insoweit muss die geplante Baumaßnahme auch die Voraussetzungen der EnEV berücksichtigen. Bei der 46. Baurechtstagung in Weimar haben mehrere renommierte Fachanwälte für Bau- und Architektenrecht in Einzelgesprächen dem Verfasser erklärt, dass der Stand der Technik bei allen Modernisierungsmaßnahmen eine vorrangige Bedeutung gegenüber den anerkannten Regeln der Technik habe. Alle TGA-Planung erfolgten nur noch auf der Grundlage des Stands der Technik. Gegebenenfalls müsse ein Unternehmer zur Herstellung eines mangelfreien Werks einen TGA-Fachplaner mit den Details der Planung beauftragen.

Die Fachanwälte für Bau und Architektenrecht stimmten der Erwartung des Verfassers zu, dass es zu einer Häufung von Prozessen zwischen Wohnungseigentümern kommen werde, in denen jeweils mithilfe eines Sachverständigen geklärt

werden müsse, ob eine Planung und ein Angebot dem Stand der Technik entspricht. Auf diese Weise könnte der jeweilige Stand der Technik schließlich die Bedeutung einer anerkannten Regel der Technik erlangen.

Auch wenn eine Bauweise, die dem Stand der Technik entspricht, noch nicht allgemein anerkannt ist, spricht ein Anscheinsbeweis dafür, dass eine entsprechende Ausführung mangelfrei ist, weil diese Bauweise einer anerkannten und in der Praxis bewährten, fortschrittlichen technischen Entwicklung entspricht, die das das Erreichen des geschuldeten Erfolgs gesichert erscheinen lässt und auch wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt, was nach der Rechtsprechung des BGH bei der Herstellung eines mangelfreien Werks stets erforderlich ist.

Damit sich die in den §§ 555 und 559 BGB genannten Modernisierungsmaßnahmen besser in einen Baubestand integrieren lassen, muss der Planer vor dem Vertragsschluss stets mit dem Bauherren klären, ob die Baumaßnahme dem Stand der Technik entsprechen soll. Der Planer befindet sich als Baupraktiker »an der Front der technischen Entwicklung«. Der Bauherr erwartet von ihm, dass er klärt und ihn, den Besteller, berät, was aufgrund der Erfahrungen der Baupraxis und des neuesten Erkenntnisstandes technisch notwendig, geeignet und angemessen ist. Gegebenenfalls muss er den Besteller auf die Erforderlichkeit der Hinzuziehung eines Sonderfachmanns hinweisen, wenn die entsprechende Klärung über sein Fachwissen hinausgeht.

Da der Stand der Technik eine Bauweise für eine Modernisierungsmaßnahme oder energetische

Sanierung beschreibt, die von einer Wohnungeigentümergemeinschaft gegen den Willen eines einzelnen Wohnungseigentümers durchgesetzt werden kann, erscheint es naheliegend anzunehmen, dass künftig zahlreiche Auftraggeber eines Planungsauftrags und Bauvertrags stillschweigend erwarten, dass sein Auftragnehmer in seiner Planung unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts einen möglichst hohen moderneren Qualitätsstandard vorsieht, der sich in der Praxis bewährt hat und die Herbeiführung des geschuldeten Erfolgs gesichert erscheinen lässt. Die Annahme, dass er trotz dieser Vorzüge stillschweigend eine Herstellung wünscht, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht, der der technischen Weiterentwicklung stets hinterher hinkt, dürfte überholt sein und nicht mehr der Realität der Baupraxis entsprechen, was aber zunächst ebenso eine Sachverständigenfrage ist wie die Klärung der oben genannten Voraussetzungen des Stands der Technik. Insoweit ist es absehbar, dass Bausachverständige sich künftig sehr intensiv mit der Klärung der Voraussetzungen des Stands der Technik befassen müssen.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Bedeutung des Stands der Technik durch das Gesetz über die energetische Modernisierung von vermietetem Wohnraum aufgewertet worden ist, und dass der Gesetzgeber den Begriff Stand der Technik immer häufiger im Einklang mit der o. g. Definition in verschiedenen Gesetzen verwendet (z. B. in § 3 Abs. 6 Bundes-ImmissionsschutzG und § 3 Nr. 11 WasserHaushG, § 2 Abs. 11 der GefahrstoffVO und den deutschen technischen Anleitungen zum Bundes-ImmissionsschutzG: „*Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren*“)

Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zum [...] gesichert erscheinen lässt.“), erscheint es sachgerecht, dass die Rechtsprechung im Rahmen einer konstruktiven Zusammenarbeit mit Sachverständigen die Voraussetzungen entwickelt, die der Stand der Technik nach den Erwartungen des Auftraggebers erfüllen muss. Wegen der ähnlichen Zielsetzung bietet es sich an insoweit auf die o. g. Voraussetzungen des bis zum 30.06.2013 gelgenden § 5 Bauproduktengesetz abzustellen, die seit dem 01.07.2013 in einer etwas unübersichtlicheren Form Inhalt der EU-Bauproduktenverordnung sind.

Sonderkonstruktionen

Sonderkonstruktionen können fortschrittliche, innovative oder praktikable Lösungen darstellen, die aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen sinnvoll und sachgerecht erscheinen. Soweit sie nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen, muss der Auftraggeber über die Vor- und Nachteile aufgeklärt werden und sich ausdrücklich mit dieser Ausführung einverstanden erklären.

6 Bauen im Bestand

Das Bauen im Bestand muss an die vorhandenen individuellen Gegebenheiten angepasst werden. Für solche individuellen Bauweisen gibt es häufig keine anerkannten Regeln der Technik. Die WTA-Richtlinien dürfen aber anerkannte Regeln der Technik darstellen. Es gibt aber auch insoweit Erfahrungssätze, wie solch eine Baumaßnahme fachgerecht ausgeführt werden kann. Die Partei-

en vereinbaren beim Bauen im Bestand nicht stillschweigend eine Anpassung des Bestandes an anerkannte Regeln der Technik, die für Neubauten konzipiert sind.

Der Auftragnehmer muss deshalb unter Berücksichtigung der unter o. g. Auslegungskriterien der Beschaffenheitsvereinbarung klären, was der Bauherr will und sodann prüfen, ob es anerkannte Regeln der Technik gibt, die eine entsprechende Herstellung regeln. Insoweit kommt in Betracht, dass eine geringfügige Modifikation der Vorstellungen des Bestellers eine Herstellung erlauben, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht.

Es kann aber auch sein, dass sich die Vorstellungen des Bestellers nur durch eine Bauweise realisieren lassen, die dem Stand der Technik entsprechen. Darüber muss der Planer den Besteller unter Berücksichtigung der h. M. aufklären und die Zielvorstellung des Bestellers unter Berücksichtigung der bautechnischen Möglichkeiten mit diesem klären und vereinbaren. Wichtig ist, dass er die Details der Vereinbarung und der Einigung darüber, in welchem Umfang das Erreichen des Ziels gesichert bzw. nicht gesichert ist dokumentiert und sich vom Besteller bestätigen lässt.

Nach der h.M. vereinbaren die Parteien nicht stillschweigend eine Bauweise, die dem Stand der Technik entspricht, weil diese die allgemeine Anerkennung fehlt. Die Parteien können aber nach einer entsprechenden Aufklärung und Beratung des Bestellers durch den Planer vereinbaren, dass eine Bauleistung dem Stand der Technik entsprechen soll (vgl. (18]).

Es kann auch sein, dass sich die Wünsche und Vorstellungen des Auftraggebers nicht entsprechend den anerkannten Regeln der Technik umsetzen lassen. Im Rahmen der Aufklärungs- und Beratungspflicht muss der Planer sodann klären, ob der Besteller Wert auf eine Bauweise legt, die den anerkannten Regeln der Technik entspricht.

Nach ihrem Sinn und Zweck stellen anerkannte Regeln der Technik Empfehlungen dar, die dem Auftragnehmer die Herstellung des von ihm geschuldeten Erfolgs erleichtern sollen. Weil sie keine entsprechende Gewissheit begründen, muss er stets unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der Baupraxis prüfen, und von Empfehlungen von erfahrenen Praktikern prüfen, ob sie zur Herstellung eines funktionstauglichen Werk geeignet sind.

herzustellen, sie dienen aber nicht unabhängig von der Frage, ob der angestrebte Erfolg erreicht wurde und nicht einmal das Risiko konkret feststellbar, dass er nicht erreicht wurde, nicht zur Begründung einer Haftung des Auftragnehmers.

Sie können einem Sachverständigen die Prüfung erleichtern, ob das Werk wie in dem Massivholz-Treppen- Fall die Schwachstellen aufweise, die durch die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik verhindert werden sollen und die nach den von dem Sachverständigen nachprüfbar darzulegenden Erfahrungen zu einer Beeinträchtigung der Funktionstauglichkeit geführt haben. Dagegen sei die Gewährung rechtlichen Gehörs zu Umfrageergebnissen bezüglich der optimalen Herstellungsweise, die sich nicht auf entsprechende Dokumentationen gründen, nicht in einer verfahrensgerechten Weise möglich.

6.1 Klarstellende Vereinbarung bezüglich der Soll-Beschaffenheit zur Vermeidung einer Haftungsfalle

Selbst wenn ein Planer die Weiterentwicklung der anerkannten Regeln der Technik erwartet, kann er nicht sicher sein, dass diese Weiterentwicklung zum Zeitpunkt der Abnahme abgeschlossen ist. Zur Vermeidung von Mängelrügen, falls zum Zeitpunkt der Abnahme noch die alten anerkannten Regeln der Technik weitergelten und zur Vermeidung von Bauzeitverzögerungen aufgrund der Anmeldung von Bedenken eines Unternehmers gegen eine Planung, die aufgrund der Erwartungen des Planers nicht den aktuellen anerkannten Regeln der Technik, sondern nur der stillschweigenden Erwartungen des Planers entspricht, dass sich diese bis zur Abnahme geändert haben werden, ist eine umfassende Aufklärung und Beratung des Bestellers und gegebenenfalls eine Klarstellung des Auftragnehmers erforderlich, worauf sich seine Planung

bzw. Bauweise gründet erforderlich. Das Massivholz-Treppen-Urteil hat ebenso wie das OLG Stuttgart verdeutlicht, dass eine Klarstellung des Auftragnehmers unbedingt erforderlich ist, dass er nicht die Einhaltung von Regeln der Technik verspricht, deren Entwicklung er nicht voraussehen kann, nur durch solch eine Klarstellung kann er eine gegenteilige Fiktion verhindern, die für ihn zu einer Haftungsfalle werden kann.

Solch eine Klarstellung sollte mit der Klärung des Verwendungszwecks und der Wünsche und Vorstellungen des Bestellers sowie seiner Erwartungen aufgrund von Werbeaussagen beginnen. Das ist eine vertrauensbildende Maßnahme. Das gilt in gleicher Weise für seine Zusage, dass sein Werk die Voraussetzungen des funktionalen Mängelbegriffs erfüllen wird, weil er nach der Rechtsprechung ohnehin einen entsprechenden Erfolg schuldet, wenn er nicht ausdrücklich vereinbart, dass und welche Voraussetzungen des funktionalen Mängelbegriffs seine Leistung nicht erfüllen wird, Beispiel:

| Klärung und Vereinbarung der Beschaffenheit, die das vom Auftragnehmer herzustellende Werk haben soll | |
|--|-------|
| Auftraggeber: | _____ |
| Auftragnehmer: | _____ |
| Nach den Vorstellungen des Auftraggebers soll die vom Auftragnehmer geschuldete Bauleistung folgendem Zweck dienen und für folgende Funktion geeignet sein: _____ | |
| Der Auftraggeber wurde um Mitteilung gebeten, ob er aufgrund von irgendwelcher Werbeaussagen und Sonstiger Informationen Wert auf eine bestimmte Beschaffenheit des Werks legt. Insoweit hat er erklärt: _____ | |
| Der Auftraggeber wurde um Mitteilung gebeten, ob er vorrangig Wert auf die Gebrauchstauglichkeit und Funktions-tauglichkeit des Werks legt oder einen überdurchschnittlichen Qualitätsstandard oder einen repräsentativen Eindruck des Werks . Er erklärte: _____ | |

Der Auftragnehmer verpflichtet sich, auf der Grundlage dieser Informationen ein zweckentsprechendes und funktionstaugliches Werk herzustellen, das den zurzeit üblichen Qualitäts- und Komfortansprüchen entspricht.

Der Auftragnehmer muss eigenverantwortlich klären, auf welche Weise er diesen Erfolg herbeiführen kann, da die anerkannten Regeln der Technik nicht immer der technischen Weiterentwicklung und dem neusten Qualitätsstandard entsprechen. Anerkannte Regeln der Technik können erfahrungsgemäß nicht gewährleisten, dass sie zur Herstellung eines zweckentsprechenden funktionstauglichen Werks geeignet sind. Sie können auch Voraussetzungen enthalten, die zwar die Funktionstauglichkeit eines Werks nicht beeinträchtigen, aber zu dessen Herstellung auch nicht erforderlich sind und deshalb einen unnötigen Aufwand voraussetzen. Deshalb entwickeln sich die anerkannten Regeln der Technik ständig weiter, sodass der Auftragnehmer nicht vorhersehen kann, welche Regeln zum Zeitpunkt der Herstellung und Abnahme anerkannt sind. Er informiert sich aber ständig darüber, ob es Erkenntnisse gibt, dass die anerkannten Regeln der Technik nicht mehr anerkannt sind, obwohl sie noch nicht durch neue anerkannte Regeln der Technik ersetzt worden sind und welche Empfehlungen zur Herstellung eines funktionstauglichen Werks aktuell sind mit der Folge, dass er mit dem Auftraggeber eine Modifikation der von ihm geschuldeten Leistung vereinbaren muss. Führt diese Modifikation der vertraglichen Beschaffenheitsvereinbarung zu Mehrkosten, trägt der Auftragnehmer diese Kosten, wenn die Erkenntnisse, die Anlass zu der Modifikation des Vertrages sind, zum Zeitpunkt des Vertrags-

schlusses vorhersehbar waren. Dagegen trägt der Auftraggeber die Mehrkosten, wenn sie nicht vorhersehbar waren oder, wenn sie auf nachträglichen Wünschen und Anordnungen des Auftraggebers beruhen.

Aufgrund der nicht immer vorhersehbaren Weiterentwicklung der anerkannten Regeln der Technik kann der Auftragnehmer nicht versprechen, dass sein Werk zum Zeitpunkt der Herstellung und Abnahme alle Voraussetzungen der zu dem Zeitpunkt anerkannten Regeln der Technik erfüllen wird.

Der Stand der Technik stellt gegenüber den anerkannten Regeln der Technik einen höheren, fortschrittlicheren oder moderneren Qualitätsstandard dar. Der Stand der Technik berücksichtigt das Niveau einer anerkannten und in der Praxis bewährten, fortschrittlichen technischen Entwicklung, die das Erreichen des gesetzlich vorgegebenen Ziels gesichert erscheinen lässt, wobei auch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind.

Der Auftraggeber erklärte, dass er eine Bauweise wünsche, die dem Stand der Technik entspricht.

7 Das Massivholz-Treppen-Urteil weist in die falsche Richtung

Der BGH geht in dem Massivholz-Treppen-Urteil davon aus, dass allein der Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik einen Mangel begründet und zwar unabhängig davon, ob das

Werk die Voraussetzungen des funktionalen Mängelbegriffs erfüllt.

Das erübrigt die Prüfung, ob der Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik zu einer Beeinträchtigung der Funktionstauglichkeit des Werks geführt hat. Bisher hat die Rechtsprechung des BGH dem funktionalen Mängelbegriff eine überragende Bedeutung beigemessen. Das war sachgerecht, weil die Besteller nach den Erfahrungen des Verfassers einem gesteigerten Wert darauf legen, dass das Werk zweckentsprechend und funktionstauglich ist.

Auf die entsprechende Prüfung haben schon in der Vergangenheit etliche Privatgutachter und vom Gericht bestellte Sachverständige verzichtet mit der Folge, dass Ihr Gutachten fehlerhaft war. Es besteht das Risiko, dass diese Tendenz durch das Massivholz-Treppen-Urteil verstärkt wird.

Das OLG Düsseldorf hat in seiner Entscheidung (vgl. Urt. v. 6.02.2009 – 21 U 663/07), ungeachtet der ausdrücklichen Beschaffenheitsvereinbarung, die einen barrierefreien Zugang zur Dachterrasse vorsah, auf die zum Zeitpunkt seiner Entscheidung überholte Flachdachrichtlinie 2001 abstellt, die seit Oktober 2008 der DIN 18195 angepasst war, um das Missverständnis zu vermeiden, das Grundlage der Entscheidung des OLG ist. Es hat angenommen, dass eine Dachterrasse auf einem Nullgraddach mängelhaft sei, weil diese Bauweise gegen die anerkannten Regeln der Technik verstößt. Nach den vom Verfasser eingeholten Stellungnahmen »einer hinreichenden Zahl kompetenter Fachleute« [20] war die Bauweise nicht zu beanstanden, weil der Sachverständige keine Pfützenbildung und kein

Kontergefälle festgestellt hat, also die Mängelerscheinungen, also die Mängelerscheinungen, die durch eine der Dachabdichtung mit Gefälle vermieden werden sollen. Der Sachverständige hat im Gegenteil erklärt, dass die Abdichtung mit zweilagigen Polymerbitumenbahnen fachgerecht ausgeführt war. Der vom OLG herangezogene Sachverständige und das OLG haben sich auf eine Wortinterpretation der zum Zeitpunkt der Entscheidung überholten Flachdachrichtlinie 2001 beschränkt und darüber hinaus keine konkreten Risiken festgestellt, aus denen sich Anhaltspunkte für eine Beeinträchtigung der Funktionstauglichkeit der Dachterrasse ergaben. Das OLG hat den Klägern wegen eines vermeintlichen Verstoßes gegen die anerkannten Regeln der Technik einen Schadensersatz von rund 46 120 € zur Erneuerung einer fachgerecht hergestellten Dachterrasse zuerkannt.

Es ist nicht Sinn und Zweck der anerkannten Regeln der Technik, eine fachgerecht hergestellte und funktionstaugliche Bauleistung, die hinsichtlich des barrierefreien Zugang zur Dachterrasse den Wünschen des Bauherrn entspricht, mit einem erheblichen Kostenaufwand abzureißen und durch eine Bauleistung zu ersetzen, deren Funktionstauglichkeit zweifelhaft ist.

Der 24. Zivilsenat des OLG Hamm war 5 Jahre zuvor unter dem Vorsitz des Verfassers mit einer Klage eines Bauherrn befasst, der im höheren Alter sein Unternehmen verkauft und im Zentrum von Münster 2 Häuser erworben hat, auf denen er nach dem Abtragen der Dachstühle eine Penthouse-Wohnung mit einem barrierefreien Zugang zur Dachterrasse hat errichten lassen. Er hatte einen Privat-

gutachter zur Begutachtung eines Fliesenschadens in seinem Badezimmer gebeten, der ihn über seinen Gutachterauftrag hinaus darauf hinwiesen hat, dass die Dachterrasse mangelhaft sei, weil sie nicht den anerkannten Regeln der Technik entspreche. Aufgrund des dem Privatgutachter daraufhin erteilten Gutachterauftrags und dessen Gutachten hat er nachträglich ein Gefälle auf der Dachterrasse herstellen lassen und zu dem Zweck alle bodentiefen Scheiben seines Wohnzimmers austauschen lassen. Der Bauherr hatte mit Rücksicht auf sein Alter und das seiner Ehefrau unstreitig Wert auf einen barrierefreien Zugang zur Dachterrasse gelegt, den es anschließend nicht mehr gab. Der Senat ist aufgrund von drei Gutachten von Sachverständigen, die bei allen Bausenaten des OLG Hamm ein hohes Ansehen genossen haben, und einer eingehenden Erörterung der Problematik mit diesen und dem Privatgutachter zu der Überzeugung gelangt, dass das fachgerecht ausgeführte Nullgraddach, das über die erforderliche Zahl von Abläufen verfügte, zur Herstellung eines barrierefreien Zugangs zu der Dachterrasse zweckentsprechend und uneingeschränkt funktionsfähig war. Der Privatgutachter konnte trotz intensiver Nachfragen keine einzige Mängelerscheinung und kein konkretes Risiko benennen, dass die von ihm beanstandete Dachterrasse aufgewiesen habe, er hat lediglich ständig wiederholt dass diese mangelhaft gewesen sei, weil sie nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprochen habe. Das haben die vom Gericht bestellten Sachverständigen verneint der Senat hat die Klage schließlich abgewiesen.

Der 24. Zivilsenat des OLG Hamm (vgl. Urt. v. 25.11.2014 – 24 U 64/13) war 2014 erneut mit

der Problematik befasst. Ein Privatgutachter hatte wieder angenommen, dass eine Nullgrad-Dachterrasse gegen die anerkannten Regeln der Technik verstöße. Die Wohnungseigentümer haben unter der Regie des Privatgutachters den fast ebenen Ausgang auf die Dachterrasse zur Anlegung eines Gefälles durch eine 40 cm hohe Schwelle ersetzt. Zu dem Zweck musste die großzügig angelegte Fensterfront der Wohnung, durch kleinere Fenster ersetzt werden, was zu einem Minderwert der Wohnung geführt hat.

Der vom Gericht bestellte Sachverständige, dessen Kompetenz von mehreren Senaten des OLG Hamm geschätzt wird, hat ausgeführt, dass die Nullgrad-Dachterrasse als Sonderkonstruktion der damals geltenden Flachdachrichtlinie entsprochen habe. Zwar solle nach dieser Flachdachrichtlinie ein Gefälle von mindestens 2 % eingebaut werden. Hiervon könne jedoch in Ausnahmefällen, insbesondere bei Sanierungen im Bestand, abgesehen werden, da es sich bei der Vorschrift um eine Sollvorschrift handele. Das Dach sei durch die vorhandenen Entwässerungsrinnen vor den bodentiefen Ausgängen zu entwässern gewesen.

Die Abdichtung habe im Bereich der Terrassentür eine kleine Fehlstelle aufgewiesen, die problemlos hätte nachgebessert werden können. Es gebe keinen Ursachenzusammenhang zwischen dem fehlenden Gefälle der Dachterrasse und dieser Undichtigkeit.

Der Sinn und Zweck von anerkannten Regeln der Technik besteht darin, ein zweckentsprechendes und funktionstaugliches Werk herzustellen. Die scheuklappenartige Anwendung von anerkannten

Regeln der Technik auf eine einzelne Bauleistung ohne Berücksichtigung der Zweckbestimmung des Bauwerks verursacht Baumängel und vermeidet keine Baumängel. Solch eine Sanierung entspricht nicht dem Willen eines Bauherrn.

Das OLG Hamm war unter dem Vorsitz des Verfassers mit einer Vielzahl von Schadensersatzklagen von Bauherren befasst, die auf der Grundlage eines Privatgutachters aus dem süddeutschen Raum sehr hohe Schadensersatzansprüche mit der Begründung geltend gemacht hatten dass die gesamte Bauleistung in mehrfacher Hinsicht gegen die anerkannten Regeln der Technik verstoße. Der vom Senat bestellte Sachverständige hat in Gegenwart des Verfassers keinen einzigen Mangel festgestellt und der Privatgutachter war ebenfalls nicht in der Lage auf irgendwelche Mängel hinzuweisen, die durch den von ihm angenommenen Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik verursacht worden sind. Der Senat hat diese Klagen jeweils abgewiesen und die Bauherren waren glücklich, dass Sie aufgrund dieser Feststellungen entgegen dem Gutachten des Privatgutachters keine Schrottimmobilie erworben haben. Soweit kleinere Mängel vorhanden waren, hat sich der Auftragnehmer jeweils bereit erklärt, diese unverzüglich zu beseitigen. Dieser Erfolg wäre auch schon möglich gewesen, wenn der Privatgutachter geprüft hätte, ob die von ihm angenommenen Verstöße gegen die anerkannten Regeln der Technik, die Mängel verursacht haben, die durch Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik verhindert werden sollen.

Kapellmann hat bei seinem eindrucksvollen Vortrag in Weimar darauf hingewiesen, dass ein

Bauprozess nicht zu einer Konfliktlösung geeignet sei. Das entsprach in den dargestellten Fällen nicht den Erfahrungen des Verfassers. Die Bauherren waren sehr zufrieden, dass ein Senatsvorsitzender vor Ort mithilfe eines vom Gericht bestellten Sachverständigen aufgeklärt hat, welche Mängel tatsächlich vorliegen und unverzüglich zu beseitigen sind. Die Auftragnehmer haben sich dazu unverzüglich im Rahmen eines Vergleichs bereit erklärt. Solch eine gütliche Einigung, die dem Verständnis des Verfassers von der Kooperationspflicht der Parteien entspricht, hat nach seinem Eindruck durchaus zu einer Konfliktlösung beigetragen.

In all diesen Prozessen hat sich eindrucksvoll gezeigt, dass die Bauherren keinen Wert auf die exakte Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik legten, sondern vorrangig darauf, dass das von Ihnen bewohnte Bauwerk zweckentsprechend und funktionstauglich ist.

Die Annahme des BGH, dass die Parteien stillschweigend die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik vereinbaren, entspricht aufgrund dieser Erfahrungen nicht der Realität der Baupraxis. Bauherren legen dagegen Wert darauf, dass das Bauwerk alle Voraussetzungen erfüllt, die sich aus den o.g. vom BGH herausgearbeiteten Auslegungskriterien der Beschaffenheitsvereinbarung ergeben.

Das hat das OLG Düsseldorf (vgl. Urt. v. 13.12.2013 – 22 U 67/13) verkannt, das angenommen hat, dass die vom Heizungsinstallateur geplante Heizungsanlage für einen Wohnwintergarten keinen Mangel aufweise, obwohl der Heizungsinstallateur keine Heizungsanlage ge-

plant hat, die entsprechend der Zweckbestimmung des Wintergartens, geeignet war, in diesem für die thermische Behaglichkeit zu sorgen, die den Vorstellungen der Bauherren entsprach. Das OLG Düsseldorf hat lediglich auf die anerkannten Regeln der Technik abgestellt, die für die Berechnung der Heizlast relevant sind und angenommen, dass es nicht die Aufgabe eines Heizungsinstallateurs die Voraussetzungen zu berücksichtigen, die zu einer thermischen Behaglichkeit führen. Diese Voraussetzungen seien in einer anerkannten Regel der Technik geregelt, die lediglich ein Lüftungstechniker zu beachten habe. Das OLG hat verkannt, dass auf die Zweckbestimmung des Bauwerks, also des beheizten Wohn Wintergartens abzustellen ist und die anerkannten Regeln der Technik anzuwenden sind, die insoweit zu einer Funktionstauglichkeit des Bauwerks führen und nicht scheuklappenartig die anerkannten Regeln der Technik, die sich auf eine einzelne Bauleistung beziehen. Unter dem Vorsitz von Weyer (vgl. OLG Düsseldorf, Urt. v. 06.02.1998 – 22 U 116/97) hatte derselbe Senat noch zutreffend ausgeführt:

»Ein Unternehmer, der einen Wintergarten plant und errichtet, muss bei dem Besteller nachfragen, ob der Wintergarten einer ganzjährigen Nutzung zu Wohnzwecken dienen soll; zumindest muss er den Besteller darauf hinweisen, für welche Zwecke ein Wintergarten mit den angebotenen Materialien genutzt werden kann.«

8 Literatur

- [1] Ulrich, Jürgen: Streitbeteiligung durch Bausachverständige – erwünscht oder gefährlich? Der Bausachverständige 10 (2014), Nr. 1, S. 62–68
- [2] Ulrich, Jürgen: Selbstständiges Beweisverfahren mit Sachverständigen. 2. Aufl. München: C. H. Beck, 2008
- [3] Seibel, Mark: Die Leitung der Tätigkeit des Bausachverständigen durch das Gericht – Vorschläge zur Verbesserung der Zusammenarbeit. Baurecht 44 (2013), S. 536–546
- [4] Kniffka, Rolf; Koeble, Wolfgang (Hrsg.): Kompendium des Baurechts. Privates Baurecht und Bauprozess. 4. Aufl. München: C. H. Beck, 2008
- [5] Kniffka, Rolf: ibr-online Kommentar Bauvertragsrecht. Stand: 26.05.2009
- [6] Busche, Jan (Bearb.) et al.: Münchener Kommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch: BGB. Band 4: Schuldrecht. Besonderer Teil II. §§ 611–704. 6. Aufl. München: C. H. Beck, 2012
- [7] Sass, Wolfgang: Das Funktionstauglichkeitsdogma in der «Blockheizkraftwerk»-Entscheidung. NZBau Neue Zeitschrift für Baurecht und Vergaberecht 14 (2013), Nr. 3, S. 132–142
- [8] Reichelt, Klaus-Udo: Abschied vom technischen Standard anerkannte Regel der Technik. Baurecht 38 (2007) Nr. 9, S. 1483–1490 (BGB-Werkvertrag mit umfangreichen Nachw. in Fn. 15/Fn. 14)
- [9] Werner, Ulrich; Pastor, Walter: Der Bauprozess. Prozessuale und materielle Probleme des zivilen Bauprozesses. 14., neu bearb. u. erw. Aufl. Köln: Werner, 2013
- [10] Herchen, André: Die Änderung der anerkannten Regeln der Technik nach Vertragsschluss und ihre Folgen. NZBau Neue Zeitschrift für Baurecht und Vergaberecht (2007), S. 139 – 145
- [11] Kniffka, Rolf: ibr-online-Kommentar Bauvertragsrecht. Stand: 28.07.2015
- [12] Kniffka, Rolf: ibr-online Kommentar Bauvertragsrecht. Stand: 2012
- [13] Oswald, Martin: Der Wärmeschutz bei Dachinstandsetzungen – Typische Anwendungsfälle und Streitpunkte bei der Erfüllung der EnEV. In: Oswald, Rainer (Hrsg.): Aachener Bausachverständigentage 2011: Flache Dächer: nicht genutzt, begangen, befahren, bepflanzt. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2012

- [14] Karczewski, Thomas: Welche Fassung der Wärme- schutzV ist zu beachten, wenn es zwischen Bauantrag und Ausführung zu einer Änderung kommt? *IBR Immobilien- & Baurecht* 17 (2006), Nr. 10, S. 549
- [15] Kleine-Möller, Nils; Merl, Heinrich: *Handbuch des privaten Baurechts*. München: C. H. Beck, 2005
- [16] Grüneberg, Christian (Bearb.): *BGB §§ 241–432*. In: Palandt, *Bürgerliches Gesetzbuch: BGB*
- [17] Bayerlein, Walther: *Praxishandbuch Sachverständigenrecht*. 4., vollst. überarb. Aufl. München: C. H. Beck, 2008
- [18] Leupertz, Stefan; Hettler, Achim: *Der Bausachverständige vor Gericht. Praxisleitfaden*. 2. Aufl. Köln: Bundesanzeiger Verlag, 2013
- [19] Engelhardt, Helmut: *Münchener Kommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch: BGB Band 6: Sachenrecht (§§ 854–1296)*, WEG, ErbbauRG. 6. Aufl. München: C. H. Beck, 2013
- [20] Liebheit, Uwe: Dauerstreitpunkt: Entspricht ein Null- graddach den anerkannten Regeln der Technik? *Der Bausachverständige* 8 (2012), Nr. 3, S. 46–50

Einsteins Sommerhaus: außerhalb der Norm 1929 gebaut und außerhalb der Norm 2004 saniert – Beobachtungen nach 86 bzw. 11 Jahren

Ingo Dreger

1 Einführung

Der Bruch in der traditionellen Holzbaugeschichte in der Mitte des 19. Jahrhunderts weckt schon lange mein Interesse. Auch die Privilegierung des Eisenbetonbaus macht mich neugierig. Sollte sich die Industrialisierung in dem Umgang mit den neuen Materialien widerspiegeln? Ist nicht vielmehr der Mensch, der Ingenieur, der Handwerksmeister mit seinen neuen Möglichkeiten der Bautechnik entscheidend? Sind nicht Strukturveränderungen wie der Übergang vom Handwerksbetrieb zur mechanisierten Fabrik, die Durchsetzung der Gewerbefreiheit, die Entwicklung polytechnischer Hochschulen entscheidend? Sind diese Strukturveränderungen nicht materialunabhängig? Sind industrielle Veränderungen an die Einführung neuer, moderner Materialien gebunden? Und wie ist es mit der Konstruktion? Bogen oder Fachwerk, Rähmgang oder Pfettenstrang, gelenkig oder biegesteif, sind das nicht Fragestellungen, die materialübergreifend gestellt wurden? Auch die Lösungen waren aus meiner Sicht materialübergreifend. Alle Ingenieure,

die die Materialien kombinierten (Holz/Gusseisen, Beton/Holz, Gusseisen/Mauerwerk, Eisen/Beton/Gusseisen/Glas), kamen zu effizienten Konstruktionen.

Wie sollte man vorgehen um diese Fragen zu diskutieren? Sicher wäre es möglich zu untersuchen, was das Wesentliche des handwerklichen Holzbau-Endes ist, was löste das Ende aus? Interessanter ist, wie entwickelte sich das Neue? Wie kam man zu neuen Konstruktionen? Welche Bedingungen förderten diese Entwicklungen?

Versucht man die industrielle Holzbaugeschichte zu ordnen und Wesentliches von Unwesentlichem zu trennen, eröffnen sich Schwierigkeiten. Gerade auf den Ebenen von Holzmodifizierungen und ingenösen Holzfügungen, lässt sich das Geschehene nicht in deutlich abgrenzbare Perioden gliedern. Zwar sind die Anfänge der Industrialisierung bestimmt durch geschicktes Lamellieren der Stabtragwerke zur Aufhebung der natürlichen Stammbegrenzungen, doch laufen die ersten Versuche mit platten- und scheibenförmigen Flächentragwerken nur wenig zeitversetzt.

Drei essenzielle Fragen ergeben sich bei der Erforschung der Holzbaustandardisierung:

1. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Arbeitsteilung zwischen Planung und Ausführung ist zu klären, woher die Protagonisten des Holzbau kamen? Welcher Ausbildungshintergrund war typisch?
2. Entwickelte sich auch Holz zu einem industriellen Halbzeug? Gelang es im Schatten der beanspruchungsgerechten Formgebung der Eisenprofile, die Effizienz des ältesten Baustoffes der Menschheit zu verbessern?

3. Führten die technischen Möglichkeiten spätestens seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts zu einer Optimierung des Planungs- und Ausführungsprozesses bei gleichzeitiger Verwendung des vermeintlich altmodischen Holzes?

Einen ersten Holzbau Schwerpunkt bilden die jungen Vereinigten Staaten von Amerika. Große Holzvorräte, fehlende konservative Zünfte beförderten in Kombination mit fehlendem Wohnraum, den innovativem Umgang mit den vorhandenen Kiefernholzarten. Ein großer Bedarf an Eisenbahnbauwerken bedingte unzählige ingenieurtechnische Aufgabenstellungen. Whipple veröffentlichte 1847 seine Fachwerktheorie, und schuf damit einen wichtigen Bemessungsansatz für die Tragwerksplanung [19]. Culmann, Schwedler und Ritter setzten die Maßstäbe für die statisch konstruktive Ausbildung an den neu eingerichteten Technischen Hochschulen.

Die sich Mitte des 19. Jahrhunderts in allen gesellschaftlichen Bereichen durchsetzende Industrialisierung wurde in Europa von einer kulturellen Abwertung des Holzes begleitet. Hier konzentrierte man sich auf Industriebauten. Es entwickelte sich ein Experimentieren mit neuartigen Tragwerksformen.

»Wenn man auf die Masse der Klagen über Waldzerstörung und Holznot schaut, [...] könnte man folgern- und das ist oft geschehen-. das sich die auf Stahl und Steinkohle gegründete Industrialisierung in Europa als Reaktion auf Holzverknappung durchgesetzt habe. Aber das ist ein Fehlschluss: Der Weg in die Industrialisierung verlief in den meisten Regionen zunächst auf der Basis von Holz und von Tier- und Wasserkraft« [13] -

die Angst vor einer fortschreitenden Holzverknappung war vorherrschend. Eine in der Geschichte beispiellose Energiewende von nachwachsenden zu fossilen Rohstoffen verursachte gewaltige Umbrüche. 1859 unternimmt Edwin L. Drake die erste kommerzielle Ölbohrung. Durch den Erfolg des Erdöls sinkt die Bedeutung des tierischen Öls.

Die Wirkung dieser Energiewende auf die Zimmerleute beschreibt Radkau detailliert. So war man der Meinung, dass sich die jahrtausendalte, nachwachsende, gesunde Rohstoffversorgung aus den oberirdischen Wäldern in schwer abbaubare, ungesunde, unterirdische Wälder verlagerte [13].

Eine unveränderte Weiterführung des traditionellen Holzbau in dieser Umbruchzeit war nicht zu erwarten (vgl. [9]). An zahlreichen Stellen wurde um die Verbesserung der technischen Eigenschaften und der konstruktiven Fügung der Hölzer gerungen.

An drei subjektiv ausgewählten Innovations schritten soll die Industrialisierung im Holzbau mit den oben genannten Fragestellungen untersucht werden.

2 Drei ausgewählte Schritte auf dem Weg zum Sommerhaus

1848 Innovationsschritt 1

– Balloon Frame Bauweise [11]

Der folgende Innovationsschritt entwickelte sich in den jungen USA. Der Massenbedarf an Häusern, der große Waldreichtum sowie die Vernetzung durch die Eisenbahn beförderten eine serielle Produktion von Holzständerbauten.

Der in jeder Hinsicht unzünftige »Woodworker« sollte (angeblich) mit 24 Nägeln und einem Tabakpriem im Mund im Sekundentakt mit je einem Schlag die Nägel ins Holz treiben (vgl. [3]). Er stellte damit konstruktive Verbindungen her, die in dem durch Zunftordnungen dominierten Deutschland erst ab 1904 mit dem Komplex an Firmengebäuden der Firma Steiff in Giengen praktiziert wurden (vgl. [15]). Mithilfe seiner harten und unzünftigen Arbeit entstanden im Westen der USA in dem kurzen Zeitraum zwischen 1850 und 1920 über 600 Städte. Eine leistungsfähige Sägewerksindustrie und die industrielle Massenproduktion von Nägeln begünstigten die Herausbildung der Balloon Frame Bauweise, die Georg W. Snow zugeschrieben wird. Hierbei handelt es sich um eine Rahmenbauweise, die, industrielle Methoden fördernd, im 16 Zoll Abstand axial gegliedert ist. Georg W. Snow verwendete durchweg den berühmt gewordenen Holzquerschnitt 2×4 inch (Two by Four) beziehungsweise 2×6 inch. Eine Standardisierung, die den massenhaften, maschinellen Einschnitt in den Dampfsägewerken erleichterte (Abb. 1).



Abb. 1: Dampfsägewerk in den USA (Quelle: [7])

Die Fügungen der Wand- und Deckenachsen sind so gewählt, dass eine einfache Nagelverbindung zur Lagesicherung ausreicht. Hier entfernte man sich weit von Fachwerkbauweisen in Europa und Asien mit einem Rähm, einer Saumschwelle, zwei gestemmten Zapfen und zwei Kämmen an der gleichen Stelle (vgl. Abb. 2 und 3). Noch 1930, fast ein Jahrhundert nach der Einführung dieser Bauweise, wurden in der DIN 1074 »Berechnungs- und Entwurfsgrundlagen für hölzerne Brücken« jegliche Verbindungsmittel, die beim Eintreiben Holzfasern zerstören, verboten. Erst 1941 in der DIN 1074 »Holzbrücken – Berechnung und Ausführung« fand die Nagelverbindung, sofern das Eindringen von Feuchtigkeit zwischen den vernagelten Bauteilen ausgeschlossen werden konnte, ihre normative Berücksichtigung.



Abb. 2: traditionelle Verbindungen Stiel, Rähm, Deckenbalken, Saumschwelle, Stiel (Quelle: [18])

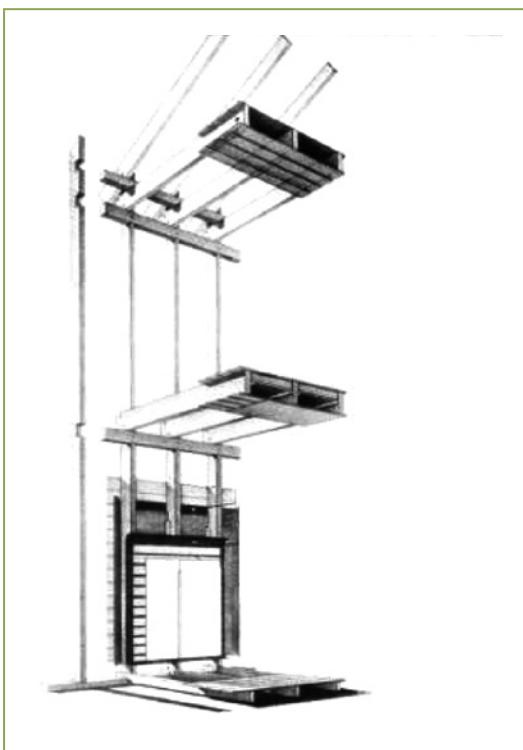


Abb. 3: Bohlenbauweise mit Unterrähm und seitlich befestigten Deckenbalken (Quelle: [18])

Stabilitätsprobleme der schlanken, druckbeanspruchten Rahmen wurden mit diagonal angebrachten Innenschalungen gelöst. Nachfolgende Merkmale einer Ingenieurkonstruktion sind erkennbar:

- Klarheit des Gesamtsystems
- Klarheit über die Beanspruchung der Bauteile (Druck und Biegung)
- Systematisierte einfache Knoten
- Gelenkige Knoten, ohne Einspannung
- Knoten ohne Querschnittsreduzierung
- Gutes Masse-Leistungsverhältnis.

Die Nutzung von Tragsystemen mit standardisierten Bohlenquerschnitten hat den Nachteil der natürlichen Längenbegrenzung sowie der Abholzigkeit weitestgehend aufgehoben.¹ Die praktische Etablierung der konstruktiven Nagelverbindung ab 1904 in Deutschland ist ein Vorbote der Holzbaustandardisierung nach dem Ersten Weltkrieg. Eine normative Regelung der Nagelverbindung erfolgte in der ersten Ausgabe der DIN 1052:1933 (vgl. [15]). Eine Innovation des Produktionsprozesses, die bis nach Caputh zum Sommerhaus Albert Einstins und der dazugehörigen Holzbaufirma Christoph & Unmack in Niesky reichte.

1 Der Baum der geometrisch idealisiert einen Kegelstumpf darstellt, besitzt ein dickes Stammende sowie ein dünneres Zopfende. Die allmähliche Reduzierung des verwertbaren Durchmessers wird vom Zimmermann mit der sogenannten »Abholzigkeit« beschrieben.

1849 Innovationsschritt 2

– Kesseldruckanlagen zur Schwellenimprägnierung nach Julius Rütgers

Martin Rütgers (1802–1870), Vater von Julius Rütgers (1830–1903), war als Landvermessungsbeamter verantwortlich für den Geländeerwerb der Rheinischen Eisenbahn von Köln nach Aachen, die am 1. September 1841 als eine der ersten deutschen Bahnlinien eröffnet wurde. Regelmäßig beobachtete er die geringe Dauerhaftigkeit der verwendeten Holzschwellen (die Lebensdauer war oft < 6 Jahre, s. Abb. 4).

Er erfuhr, dass in dem durch die Industrialisierung holzarmen England mithilfe von Steinkohleenteeröl Kesseldruckimprägnierungen die Lebensdauer erheblich verlängert wird. Mit diesen Erkenntnissen stürzte sich Julius Rütgers ab 1847 in die Selbstständigkeit. Doch der Ausbruch der Revolution 1848 legte den Eisenbahnbau vorübergehend lahm. Die von ihm in Neuss bei Düsseldorf gebaute Imprägnieranstalt ging nicht in Produktion. Erst seinem Sohn Julius Rütgers gelang 1849 die Inbetriebnahme der Imprägnieranstalt.

Mit der Köln-Mindener Eisenbahngesellschaft, die die wichtige Eisenbahnverbindung zwischen Rhein und Weser baute, schloss er einen langfristigen Vertrag über die Lieferung von mit Steinkohlenteer druckimprägnierten Holzschwellen. Der endgültige Durchbruch gelang ihm im März 1855 mit der Unterzeichnung eines Vertrages mit der Oberschlesischen Eisenbahngesellschaft in Breslau. Darin verpflichtete sich die Gesellschaft in den darauffolgenden zehn Jahren zwei Drittel aller zur Verwendung kommenden Schwellen und



Abb. 4: Versuchsgleisanlage im Deutschen Technikmuseum Berlin, Zustand Oktober 2014

Weichenhölzer bei ihm zur Imprägnierung in Auftrag zu geben [2]:

»Bis zur Jahrhundertwende entstanden so durch Julius Rütgers – bis 1868 in Zusammenarbeit mit seinem jüngeren Bruder Guido Rütgers – in Europa insgesamt 77 Imprägnierwerke, davon das östlichste in Kiew. In diesen Werken wurden, ebenfalls bis zur Jahrhundertwende, mehr als 9 Mill. m³ Holzschwellen getränkt, davon rund 4 Mill. m³ mit Teeröl unter Zusatz von Zinkchlorid und 1,3 Mill. m³ mit Teeröl allein. Die Zahl > 9 Mill. m³ bedeutet > 90 Mill. Schwellen für rund 60 000 km Eisenbahngleise.«

Diese kontinuierliche Kapazitätserweiterung führte für Julius Rütgers zu ständig steigenden Kosten für Steinkohlenteeröl aus England, denn nur dort fiel der Abfall der ersten Industrialisierung in ausreichenden Mengen an (vgl. [2]). Abfall, der im Zuge einer boomenden Farben- und Waschmittelindustrie, eines expandierenden Textil- und Papiermarktes und der Verkokung von Steinkohle entstand.

»Die zur [Waschmittel-]Produktion benötigten Grundstoffe Natron- und Kalilauge gewann die chemische Industrie auf dem Weg der Elektrolyse aus Stein- und Kochsalz. Ein an sich einfaches Verfahren, das allerdings einen Haken hatte: Bei der Zerlegung der Salze fiel Chlor an, ein äußerst aggressives Gas, das aufwendig entsorgt werden mußte. Mit wachsender Laugenproduktion eskalierte schließlich das Chlorproblem. Die Entsorgungskosten drohten die Gewinne aus dem Laugengeschäft aufzufressen. [...] Ähnliche Sorgen hatte fast zeitgleich eine andere Branche: die Kohleindustrie. Die Expansion der Stahlproduktion ließ die Nachfrage nach Koks, dem Brennstoff der Hochöfen, in die Höhe schnellen. Bei der Verkokung von Steinkohle entstand unter anderem Naphthalin eine Teerölverbindung« [14]. Das Naphthalin in der Steinkohle enthielt Inhaltsstoffe, deren Gefährlichkeit bekannt war.

Es war zwingend erforderlich Naphthalin zu substituieren. »Die Naphthaline waren, ebenso wie das Chlor aus der Salzelektrolyse, Abfall- und es gab ein Menge davon: Pro erzeugte Tonne Stahl fielen sieben Kilogramm Naphthalin an. [...] Als man Chlor und Naphthalin miteinander reagieren ließ, entstand eine Substanz mit einer hochinteressanten Eigenschaft: Das gechlorte Naphthalin verfügte über eine extrem biozide Wirkung, war also giftig. Und das vor allem für Insekten und Pilze« [14].

Erstmals kam es nun in der Geschichte des Holzbau zu der Idee, das Holz nicht nur umzuformen, zu trennen, zu fügen oder zu beschichten, sondern seine Eigenschaften grundlegend zu ändern. Die Zeit für das erste Denaturalisieren des Holzes war reif.

Es ging darum, nicht nur die Oberflächen und die wenige Zentimeter tiefen Randbereiche der Schwellen mit den hochgiftigen Steinkohle-terölen zu behandeln, sondern einen sogenannten »Tiefschutz« zu erreichen. Für die Durchtränkung war es notwendig, dass sich Flüssigkeit möglichst frei in Holzzellenhohlräumen bewegen kann. Dies ist bei vertikalem Holz mit Tüpfelverschluss, wie bei der Holzart Fichte (*Picea abies* [L] Karst), und bei Holzfeuchten im Fasersättigungsbereich nicht möglich.²

Bei der sich entwickelnden Kesseldrucktränkung wird entrindetes Holz »in einem verschließbaren druckdichten Kessel getränkt, in dem Holzschutzflüssigkeit mithilfe von Druckunterschieden in die Hohlräume des Holzes eingebracht wird« [25].

Erst 1902 gelang es Rüping mit dem sogenannten »Sparverfahren«, eine preiswertere industrielle Massenproduktion von Eisenbahnschwellen zu ermöglichen. Die Tränkflüssigkeit wurde zunächst in das Holz hineingedrückt und dann durch Luftdruck aus den Zellhohlräumen wieder hinausgetrieben, sodass die Zellwände getränkt blieben. Etwa ein Fünftel der zur Vollimprägnierung erforderlichen Flüssigkeit reichte aus [1].

2 Ein Tüpfel ist ein »Rückschlagventil« in den Wasserleitbahnen des Holzes: Sie verhindern im lebenden Baum bei Verletzungen das Eindringen von Luft; im Fichtenholz erschweren sie die Tränkbarkeit. Der Fasersättigungsbereich bezeichnet eine bestimmte Holzfeuchte; die Feuchte oder der Feuchtebereich, bei der die Zellwände des Holzes kein Wasser mehr aufnehmen können; die Zellhohlräume (Lumen) enthalten kein flüssiges Wasser; oberhalb der Fasersättigung quillt Holz nicht weiter; die Fasersättigung schwankt im Bereich von 22 bis 35 u% [6]

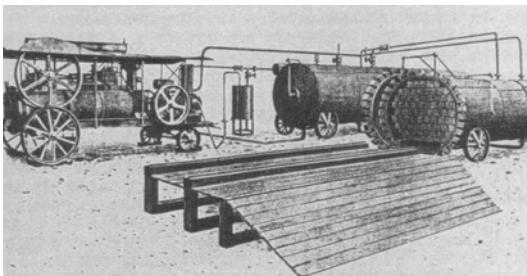


Abb. 5: fahrbare Imprägnieranlage 1915 (Quelle: [1])

Mit diesem preiswerten Verfahren gelang es flächendeckend die Nutzungsdauer von Eisenbahnschwellen an die darauf befestigten Schienen anzugeleichen.

Ein verhängnisvoller Paradigmenwechsel im Holzbau. Erstmalig baute man entgegen eintausend Jahre alter Erfahrungen Schwellen mit Hirnholzanteilen im erdnahen Bereich ein [1]. Der materialgerechte Einsatz rückte in seiner Bedeutung hinter die einsatzgerechte Veränderung des Materials. Eine ingeniose Entwurfsidee die mit der Empfehlung zur Druckimprägnierung Opderbecks in seinem Holzbaubuch 1909 etabliert und im gesamten Holzbau bis in die 1970er-Jahre verbreitet blieb [12]. Der chemische Holzschutz eroberte einen riesigen Marktanteil. »Bereits in den dreißiger Jahren [des 20. Jh.] reichte das Abfallchlor nicht mehr aus, die Nachfrage zu befriedigen. Das schadete nicht. Der Holzschutzmarkt war längst fest etabliert und Chlor war überall billig einzukaufen« [14].

Ein Innovationsschritt in die falsche Richtung, der drei Zimmerer- und Ingenieurgenerationen teilweise auf Irrwege führte. »Die Rüterswerke entwickelten sich zu einem der bedeutendsten deutschen Chemieunternehmen mit Teerautomata-

ten und Kunstharzen als wichtigsten Erzeugnissen« [2]. Steinkohlenteerchemie wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zum Wegbereiter der »2. Industriellen Revolution« und erbrachte damit einen wesentlichen Beitrag zum wirtschaftlichen Aufschwung Deutschlands und seinem Übergang vom Agrar- zum Industriestaat [2]. Eine Entwicklung, die insbesondere an der kesseldruckimprägnierten Schwelle und der Wetterschutzfarbe des Einsteinhauses ablesbar ist.

1906 Innovationsschritt 3

– Die Industrialisierung des Holzleimbaus nach Otto Hetzer (1846-1911)

»Hölzer durch Leim zu verbinden hat eine lang Tradition. Bei Ausgrabungen im sumerischen Ur im Zweistromland fand man eine um 5000 vor Christus datierte hölzerne Statue, deren Vergoldung mit Hautleim befestigt ist. Die Grabdenkmäler der ägyptischen Pharaonen enthielten eine Reihe von geleimten Truhen, Sarkophagen, die auch Furniere aufwiesen« [15].

Die Entwicklung des Holzleimbaus bedingte im Vorfeld die Entwicklung der Leimtechnologie. Zimmerer nutzen Leime in 3000 Jahren Holzbaugeschichte nur am Rande. Insbesondere die hohe Holzfeuchte machte eine Verleimung unmöglich (Die in historischen Dachwerken erkennbaren Schwundrissbreiten bis 15 mm lassen auf Verarbeitungsfeuchten > Fasersättigung schließen. Vorindustriell haben nur die Wagner und Stellmacher das Holz lufttrockenen lassen. Dabei sind Zeiten bis zu 5 Jahren dokumentiert. Eine exakte Bestimmung der Holzfeuchte war ohne moderne apparative Hilfe nicht möglich [13]). Anders bei den Tischlern, die spätestens seit der



Abb. 6: Bugholzstuhl Thonet: Stuhl Nr. 14 (Quelle: [13])



Abb. 7: Versammlungshalle in Southampton mit der ältesten erhaltenden Leimkonstruktion (1860) (Quelle: [10])

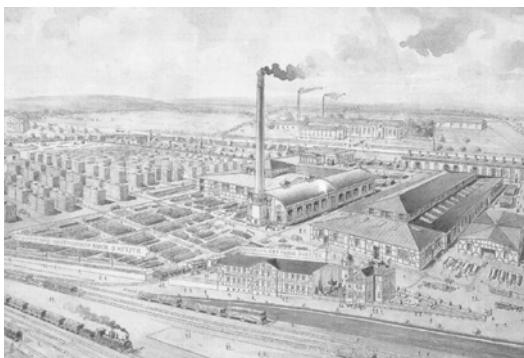


Abb. 8: Parkettfabrik Otto Hetzer AG in Weimar (Quelle: [10])

Neuzeit im großen Stil Kalt- und Warmleime nutzten. Glutinleime (Warmleime) wurden traditionell aus gemahlenen und erhitzten Knochen gewonnen [13]. Kaseinleime (Kaltleime) dagegen nutzten die natürliche Bindekraft von gelöschtem Kalk und dem Kasein der Kuhmilch, welches mithilfe eines Sekrets der Magensäure entsteht (vgl. [10]).

»1891 erhält Rudolf Pick in Wien ein Patent, den herkömmlichen Kaseinleim durch Zusatz von Wasserglas industriell nutzbar zu machen, indem bei Wahrung der Klebfähigkeit die Verarbeitungsdauer erhöht wird. Die Patentschrift weist auf die Großserienfertigung von Bugholzmöbeln hin [DRP 60156]« [13].

Kaseinleim besitzt eine gute Wasserfestigkeit, die auch am Einsteinhaus erkennbar ist. Der hohe Eiweißanteil des Kaseinleims führt bis heute zu einem regelmäßigen Bewachsen mit Schimmel- pilzen (*fungi imperfecti*).

Erst mit der 2. industriellen Revolution und der damit einhergehenden Steinkohlenteer-Destillation (vgl. Innovationsschritt 2) gelang es Bakeland 1909 Phenol-Formaldehyd- Kunstharz zu synthetisieren. Der daraus entwickelte Bakelit- Klebefilm musste unter Druck, geregelter Luftfeuchtigkeit und Temperaturen von 138 °C verarbeitet werden. Bedingungen, die eine große Verbreitung verhinderten, und die Verwendung am Einsteinhaus eher unwahrscheinlich machten. Erst 1929 gelang es dem Chemiker Schmiehing für die BASF einen Kunstharzleim auf der Basis von Harnstoff-Formaldehyd zu entwickeln. Unter dem Handelsnamen »Kaltverarbeitbarer Kaurit- leim« fand er im Leimholzbau große Verbreitung.

1938 folgten die von der Firma Henckel & Cie ersten entwickelten Melaminharzleime, die unter dem Handelsnamen »Pressal« bekannt wurden. »Kunstharzleime härteten nur in dünnen Schichten ($< 0,1$ mm) rissfest aus. Klemm entwickelte daher 1936 einen Füllstoff aus gemahlenem Bakelit, der die zerstörerischen, inneren Spannungen dicker Leimfugen beim Aushärten vermeiden kann [DRP 736618]« [13]. Voraussetzung für die Verleimung zweier Hölzer ist die höhere Belastbarkeit der Leimfuge gegenüber den angrenzenden Holzquerschnitten. Die Kraftübertragung erfolgt durch die mechanische Verankerung, durch Adhäsion zwischen Holz und Leim und durch Kohäsion im Leim selbst. Wir unterscheiden wasserlösliche Leime (Knochenleim, Kaseinleim) sowie mit organischen Lösemitteln versetzte Leime (Kunstharzleime). Der Abbindeprozess erfolgt durch die Abgabe der Lösemittel bei gleichzeitiger Gerinnung der Leime. Die ungestörte Aufnahme der Lösemittel kann nur an sehr trockenen Hölzern (9–12 %) erfolgen [10].

Diese Technologien der Verleimung wurden 1860 bei der Holz-Lamellierung und anschließenden Fügung am King-Edward-College in Southampton genutzt. Hier befinden sich bis heute die ältesten geklebten bogenförmigen Binder aus liegenden Lamellen (Abb. 7).

Eine Innovation, die erst 46 Jahre später von dem Weimeraner Zimmerermeister und Holzbauunternehmer Otto Hetzer zum Patent angemeldet und industrialisiert wurde.

Ihm gelang es, die für eine industrielle Produktion notwendige gleichbleibende Qualität zu sichern. Sein auf Kaseinbasis entwickelter Leim sicherte unter hohem Druck die schubfeste Fügung der liegenden Brettquerschnitte (Abb. 8).

Der Wechsel von Holzarten zwischen der Druck und Zugzone eines Querschnittes war 1906 eine sehr zukunftsweisende Innovation (Die Verwendung

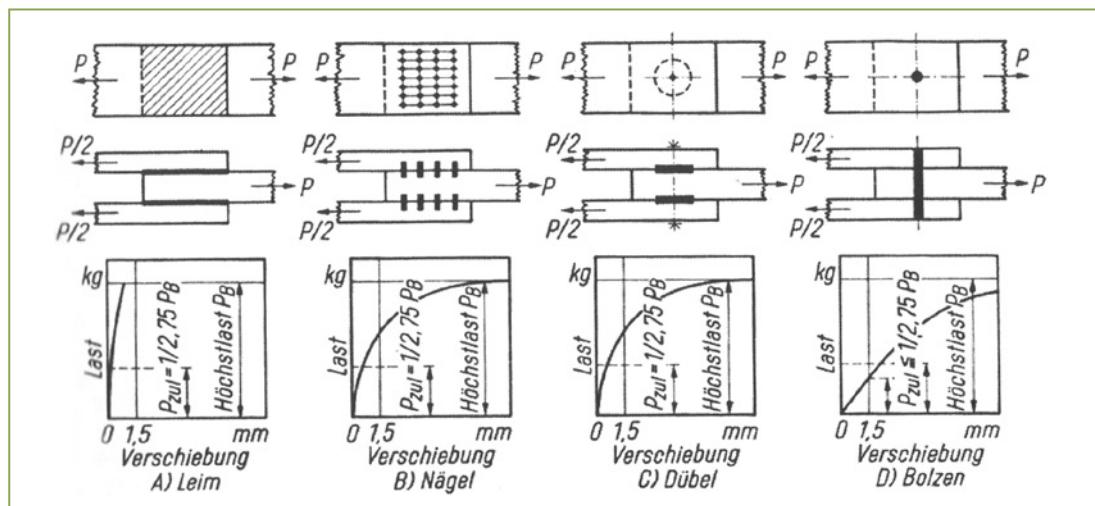


Abb. 9: Vergleich der Verschiebung unter Last bei verschiedenen Holzverbindungen nach Fonrobert/Stoy (Quelle: [15])

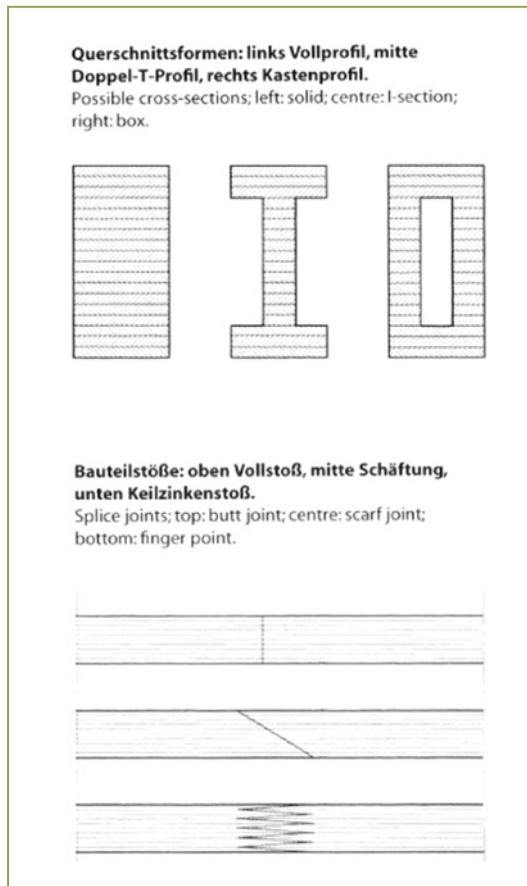


Abb. 10: Querschnittsformen, Bauteilstöße (Quelle: [10])

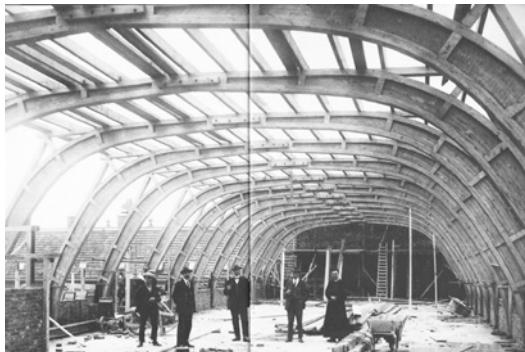


Abb. 11: Nemaho, Schlafsaal, Bergen op Zoom, 1924 Bauzustand (Quelle: [10])

dung von Buche in der Druckzone (Druckfestigkeit 620 N/cm^2) und Fichte in der Zugzone (Zugfestigkeit 900 N/cm^2) schafft ein leistungsfähiges biegesteifes Bauteil; Werte vgl. [8]). Erstmalig wurden die für den Eisenbau gegründeten Materialprüfanstalten ab 1903 auch für die Prüfung von Brettschichtenhölzern genutzt. Dort wurden die Verschiebungsmaße der gängigen Verbindungen verglichen und die Leistungsfähigkeit der Leimverbindung unterstrichen (Abb. 9).

Die Technologie vervollkommenet sich immer weiter. Die Verklebung von Querschnitthöhen bis 1,50 m war möglich. Die Lamellendicken schwankten zwischen 10 mm – 30 mm je nach Radius und Krümmung.

Ein Problem bei der Verleimung der Lamellen waren die Längsstöße. Geschickt wurden in den Ober- und Untergurten diese Stöße durch bis zu 15 m lange Lamellen vermieden. Eine Vorgehensweise die man bei den Stegen nicht anwandte. Die heute bekannte Keilzinkung entwickelte sich über die Schäftung (1944) erst 1959 (DIN 68140) (Abb. 10).

Zimmerer sind es seit alters her gewohnt, Hölzer je nach geplanter Nutzung zu sortieren. Diese Idee setzte sich nach der Etablierung der Leimholzbauweise auch bei der Brettschichtenholz Produktion durch. So gelang es durch die Einführung definierter Sortierkriterien (Güteklassen I – III), die zulässige Biegespannung von 10 N/mm^2 (ohne definierte Sortierung) auf 13 N/mm^2 (Gütekasse I) zu erhöhen (Tab. 1).

Der Bau von leistungsfähigen stützenfreien Räumen war damit preiswert möglich (Abb. 11).

| Bestimmungen SIA DIN1052 1933 | | | | | | | | | | | | DIN 1052/1943 | | | | | | | | | | | | DIN 1052/T1/A1 1988 | | | | | | | | | | | | DIN 1052/T1/A1 1996 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------------|----------|--------|---------------|--------------|---------|-----|------|-----|-----|---------------|-----|-----|--------|-----|---------------|------|----|----|-------|------------------------------|--------|---------------------|---|---|----------|------|---------------------|-----------|---|---|----------|----|----|---------------------|------|------|-----|----|----|------|--|--|------|--|--|------|--|--|------|--|--|-------|--|--|-------|--|--|
| v. 10.01.1910 | | | 164/1926 | | | DIN1052 1933 | | | GK I | | | GK II | | | GK III | | | GK I | | | GK II | | | GK I | | | BSH GK I | | | BSH GK II | | | BSH GK I | | | S10/ MS10 | | | S13 | | | MS13 | | | MS17 | | | BS11 | | | BS14 | | | BS 16 | | | BS 18 | | |
| Biegung | zul σ_B | 10-12. | 10 | 10 (9) | 7 (7,5) | 10 (11) | 13 (14) | 7 | 10 | 13 | 11 | 14 | 7 | 10 | 13 | 15 | 17 | 11 | 14 | 16 | 18 | Zug II FA zul σ_{ZII} | 10-12. | 10 | 9 | 0 | 8,5 | 10,5 | 8,5 | 10,5 | 0 | 7 | 9 | 10 | 12 | 8,5 | 10,5 | 10,5 | 11 | 11 | 11 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zug \perp FA zul $\sigma_{Z\perp}$ | Druck II FA zul σ_{DII} | 6-8. | 7,5 | 8 | 6 | 8,5 | 11 | 6 | 8,5 | 11 | 8,5 | 11 | 6 | 8,5 | 11 | 11 | 12 | 8,5 | 11 | 11 | 11,5 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Druck \perp FA zul $\sigma_{D\perp}$ | Absichern | 1-1,5 | 1,2 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schub aus Q zul τ_{uQ} | Schub aus Q zul t_{uQ} | 6-7. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Torsion zul t_T | Bestimmungen SIA DIN 1052 1933 | v. 10.01.1910 | 164/1926 | 1933 | DIN 1052/1943 | | | | | | | | | | | | DIN 1052/1988 | | | | | | | | | | | | DIN 1052/T1/A1 1996 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elastizitätsmodul | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E_B | 9 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E_{ZII} | 11 000 | 10 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E_{DII} | 10 000 | 11 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $E_{D\perp}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 1: Übersicht der zulässigen Festigkeiten von Nadelholz gemäß den jeweiligen Zulassungen [N/mm²] (Quelle: [10])



Abb. 12: Werkshalle in Niesky (Quelle: [17])

Auch hier sind entscheidende Merkmale einer Ingenieurkonstruktion erkennbar:

- Klarheit des Gesamtsystems
- Klarheit über die Beanspruchung der Bauteile (Druck und Biegung)
- Systematisierte einfache Knoten
- Gelenkige Knoten, ohne Einspannung
- Knoten ohne Querschnittsreduzierung
- Gutes Masse-Leistungsverhältnis.

Das Lamellieren der Stammhölzer und Verleimung zu statisch günstigen Rechteck- und Doppel-T-Querschnitten hat die Nachteile der natürlichen Längenbegrenzung und Abholzigkeit überwunden. Die praktische Etablierung der Brettschichtenbauweise ab 1906 vollzog sich eine Dekade vor dem Höhepunkt der Holzbauindustrialisierung in den 1920er-Jahren. Eine Innovation des Produktionsprozesses mit einer Ausstrahlung auch nach Caputh zum Sommerhaus Albert Einstins und der dazugehörigen Holzbaufirma Christoph & Unmack in Niesky (Abb. 12) .

3 Außerhalb der DIN 1990 (Ausgabe 1928) gebaut

»Es war in Niesky, irgendwann im Frühjahr 1929. Mehr oder weniger zufällig entdeckte ich in einer Zeitung eine kleine Meldung. Da wurde mitgeteilt, daß die Stadt Berlin dem Nobelpreisträger Albert Einstein zu seinem fünfzigsten Geburtstag ein Landhaus schenken wolle. Wichtig an der ganzen Zeitungsnotiz war für mich nur ein Satz: Einstein wünscht sich ein Holzhaus. Als ich das gelesen hatte, stand für mich fest: Dieses Haus baut Konrad Wachsmann« [5]! So beschreibt Wachsmann in einem Interview mit Michael Grüning kurz vor seinem Tod 1986 seine Akquise um Einstins Sommerhaus.

»Was er sich tatsächlich wünschte, hat er mir nie eindeutig gesagt. Seine Frau schilderte mir, wie sich ihr Mann das Haus vorstellte. Bis heute bin ich mir nicht sicher, ob das nun tatsächlich Einstins oder ihre Wünsche waren: ein braungebeiztes Holzhaus mit weißen schmalen französischen Fenstern, einem überhängenden Dach aus roten Ziegeln. Bis auf einen großen Wohnraum mit Kamin sollten die Zimmer klein sein. Wichtig war nur, daß Einstins Schlaf- und Arbeits-Zimmer völlig separiert lag. Er schnarchte nämlich laut und brauchte andererseits Ruhe zum Arbeiten. Außerdem sollten einige Terrassen angelegt werden, um sich ausgiebig im Freien aufzuhalten zu können« [5].

Konrad Wachsmann war bereits seit 1926 Architekt und Konstrukteur bei Europas größter Holzbaufabrik der Christoph & Unmack AG in Niesky/Oberlausitz.

Der Planungs- und Bauablauf ist zum einen geprägt von der Prominenz des Bauherrn und zum anderen eine Werbung für einen modernen Holz-Systembau. Er stellt sich im Einzelnen wie folgt dar:

Sonntag, 12. Mai 1929 Elsa Einstein schreibt nachfolgenden handschriftlichen Bauantrag:

»An den Herrn Amtsvorstand von Caputh!
Ich ersuche Sie herzlich im Namen von Professor Einstein um eine sofortige provisorische Baugenehmigung. Ich lege die Pläne bei. Den ganz genauen Lageplan sende ich noch ein. Das zu errichtende Holzhaus wird zur Hälfte auf dem Grundstück Waldstraße 7/8 stehen, das bisher Frau Elsbeth Stern gehörte. Zur Hälfte wird das Haus auf dem Gelände stehen, das der Fiskus Professor Einstein überlassen hat. Dies Gelände ist etwa 250qm groß. Ich ersuche nochmals herzlich um provisorische sofortige Baugenehmigung. Alles ihnen wünschenswerte Material kann nachträglich noch zugestellt werden.

*Mit ausgez. Hochachtung
Im Namen von Prof. Einstein
Frau Elsa Einstein» [16]*

Hier spielt die Prominenz des Bauherrn die entscheidende Rolle. Nur so ist die ungewöhnliche Forderung einer *sofortigen provisorischen Baugenehmigung* zu erklären. Bemerkenswert ist weiterhin, dass Albert Einstein nicht persönlich den Bauantrag unterzeichnet. Eine Vorgehensweise, die aus heutiger Sicht unverständlich ist.

Donnerstag, 16. Mai 1929 Konrad Wachsmann reicht seine Genehmigungsplanung ein [16] (Abb. 14, 15).

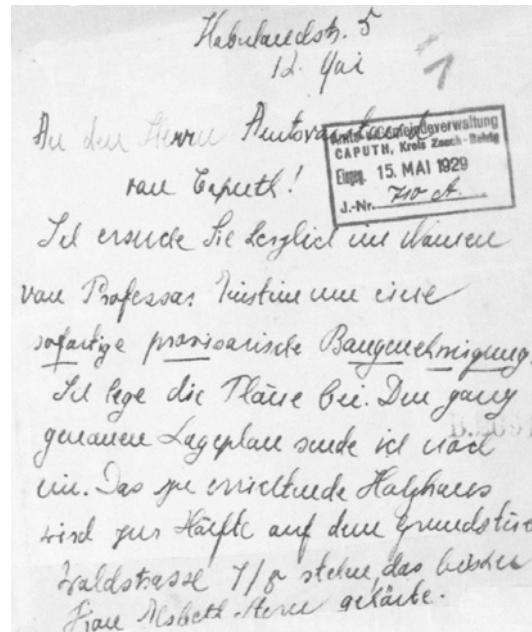


Abb. 13: handschriftlicher Bauantrag (Quelle: [16])



Abb. 14: Grundstück auf dem später das Einsteinhaus errichtet wurde (Quelle: [16])

Dieses unvorstellbare Planungstempo war nur im Team seiner Konstruktionsabteilung bei Christoph & Unmack erreichbar.

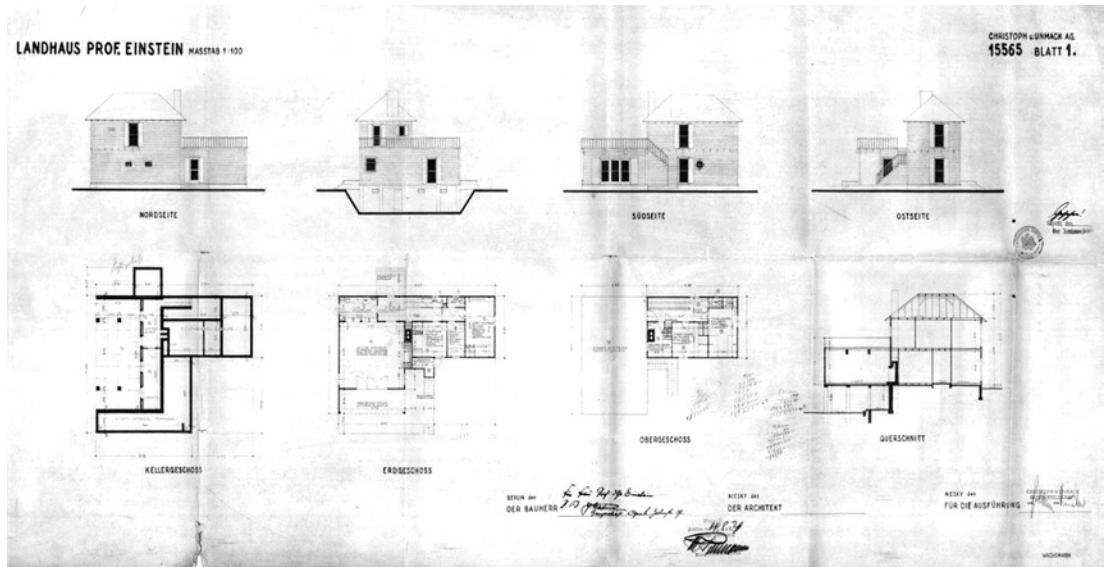


Abb. 15: Genehmigungsplanung Konrad Wachsmanns (Quelle: Eberhardt Lange, Potsdam, mit freundlicher Genehmigung des Einsteinforums)

In der Baubeschreibung nahm er ausdrücklich Bezug auf die amerikanische »Balloon Frame«-Bauweise. Er führte den Begriff »ortsfeste Fachwerkbauweise« ein, der von ihm nur ein Jahr später in dem Buch »Holzhausbau Technik und Gestaltung« publiziert wurde (Abb. 16).

Die dreijährigen Erfahrungen in Niesky machten ihn sicher, dass dies für den berühmten Bauherrn auch eine wirtschaftliche Lösung sein würde. Die, wie er schrieb, »höchste Wirtschaftlichkeit« resultierte aus der geplanten Fertigbauweise.

Einstins Haltung zur Klassischen Moderne ist insbesondere in der DDR-Zeit verklärt worden. Nachweisbar ist, dass Einstein einen nach ihm benannten Klassiker, den Einsteineturm Potsdam von Mendelsohn, in seiner modernen Gestaltung nicht liebte [5].

Wesentlich geschulter und differenzierter die Haltung seines jungen Architekten. Der handwerklichen Ausrichtung des Bauhauses stand er skeptisch gegenüber. Gropius Besinnung auf traditionelle Baukunst oder gar die Dombauhütte als Ideal für das 20. Jahrhundert waren für ihn keine adäquaten Antworten auf die Industrielle Revolution [18]. Das 1920/21 erste umgesetzte Projekt des Bauhauses, das Haus Sommerfeld in Berlin-Dahlem mit seiner expressionistischen Gestaltung, war für einen Poelzig-Schüler kein Vorbild (Konrad Wachsmann war von 1924 bis 1926 Meisterschüler von Poelzig, dessen Büro sich in der Communs in Potsdam befand (Abb. 17). Poelzig schaffte dort die Grundlagen für den Stil der »Neuen Sachlichkeit« – ein Begriff, der sich mit der gleichnamigen Ausstellung in der Mannheimer Kunsthalle 1925 etablierte, vgl. [17]).

»Wir haben das Spiel mit angenageltem Zierrat längst überwunden. Die Erkenntnis hat sich durchgesetzt, daß der wahre Schmuck eines Bauwerkes in seiner sinnvollen, geistreichen Konstruktion und klaren organischen Durchbildung liegt« [16].

Konrad Wachsmann war trotz zahlreicher Einladungen bis zu seiner Emigration 1935 nicht ein einziges Mal in Dessau (Sein erster Bauhausbesuch fand 1973 während des ersten DDR Aufenthaltes statt, vgl. [5]). Er favorisierte den Systembau, der die industrielle (nicht handwerkliche) Produktionsmethode fördert.

Zunächst hat sich Wachsmann mit der Genehmigungsplanung herumzuschlagen. Das Bauamt kritisiert die Nichteinhaltung einer Abstandsfläche. Ein Einwand vom Schornsteinfeger begleitete den Bau bis zur Fertigstellung. Die fehlende Tragwerksplanung verhindert die formale Bauabreigabe. Alle Angelegenheiten wurden engagiert von Wachsmann geregelt [16].

Mittwoch, 17. Juli 1929 Das Baugeschäft »Hartmann« aus Caputh hat das Kellergeschoss und das gesamte Auflager für den Schwellenkranz fertiggestellt (Abb. 18, 19).

Montage ab Mitte Juli 1929 Alle Teile wurden unter witterungsgeschützten Bedingungen in den Werkhallen in Niesky maschinell vorgefertigt. Begeistert erläuterte Wachsmann: »In sauberen Paketen verpackt gelangen die einzelnen Bauenteile, sorgfältig geordnet und gezeichnet, auf die Baustelle. Alles Spezialhandwerk wird mitgeliefert, ebenso Nägel, Farbe und dergleichen« [16].



Abb. 16: Cover des Buches Holzhausbau [18]



Abb. 17: Haus Sommerfeld, Berlin 1920/21 (Quelle: [4])



Abb. 18: Beispiel für die Montage eines Schwellenkranzes (Quelle: [18])

Mit hoher Wahrscheinlichkeit montierte die Firma Hartmann den Bausatz auf seinen Fundamenten.

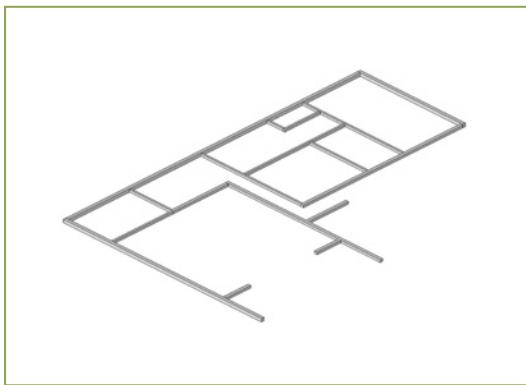


Abb. 19: Schwellenkranz des Einsteinhauses mit dem Christoph & Unmack Systemhaus und dem zusätzlichen Gartensaal (Bezeichnung Albert Einstins)

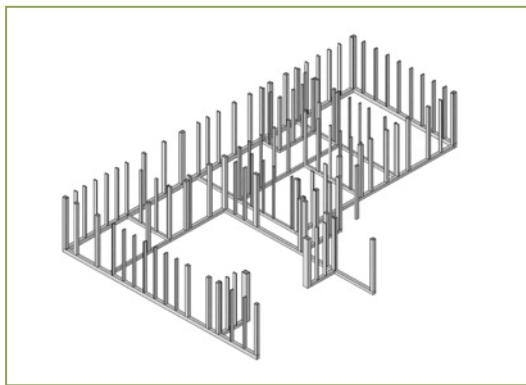


Abb. 20: Rekonstruktion der Stielanordnung unter Verwendung der Bestandsunterlagen des Architekten Höll, Berlin



Abb. 21: Prüfung der Ergebnisse des Reverse Engineering vor Ort

Dies war möglich, da die Wandplatten aus Stielen 5/10 (Achsabstand 50 bis 70 cm) sowie den verstärkten Eckstielen 10/12 ausschließlich mit Nagelverbindungen gefügt wurden (Abb. 20).

Auch bei den Deckenbalken, auflagernd auf dem umlaufenden Rähm, verzichtete man auf den traditionellen Kamm (Abb. 21-23).

Auf der ungewöhnlich flach geneigten Dachterrasse wurde eine problematische Zinkabdeckung mit einer aus gestalterischen Gründen verdeckt angeordneten Entwässerungsrinne montiert. Ein Aufbau, der bereits vier Jahre später zu ersten Schäden führte (Abb. 24).

Die Fassaden-Jalousieschalung aus amerikanischer Douglasie erhielt eine holzsichtige Öl-Lasur in einem hellen Braunton. Neben den weißen hohen Fensterläden das entscheidende Gestaltungselement.

Mittwoch, 2. Oktober 1929 »Albert Einstein schreibt seinen ersten Brief aus Caputh: »Nachdem die Gebühren bezahlt und kleinere Änderungswünsche des Schornsteinfegers erfüllt sind, geht das Haus zunächst in die Winterruhe [16] (Abb. 25, 26).

Donnerstag, 9. Oktober 1929 Die Firma Hartmann beantragt »im Namen und Auftrag des Herrn Professor Albert Einstein« die Bauabnahme bei der Caputher Amts- und Gemeindeverwaltung. Ein für die Verwaltung höchst ungewöhnlicher Vorgang, weil zu diesem Zeitpunkt die Baugenehmigung noch gar nicht erteilt war.

Donnerstag, 14. Oktober 1929 Gemäß Antrag vom 09.10.1929 werden die Rohbau- und Gebrauchsabnahme durchgeführt.

Samstag, 19. Oktober 1929 Die Baugenehmigung geht ein, der abschließende Verwaltungsakt.

Vom Frühjahr 1929 beginnend mit den ersten Gesprächen in Einsteins Wohnung in der Haberlandstraße in Berlin bis zur Gebrauchsabnahme im Oktober waren gerade einmal acht Monate vergangen. In dieser kurzen Zeit wurde das Grundstück gekauft, der Bauantrag gestellt, alle notwendigen Planungsunterlagen erarbeitet sowie der gesamte Bau fertiggestellt. Wachsmanns Annahme der Wirtschaftlichkeit hatte sich als richtig herausgestellt.

Grundlage seiner Planung und Ausführung war die druckfrische, unter Wachsmanns Mitwirkung entstandene DIN 1990 (Ausgabe 1928) mit dem

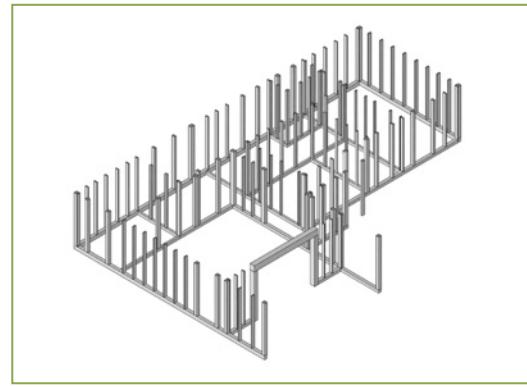


Abb. 22: Sturzbalken über der Terrassentür

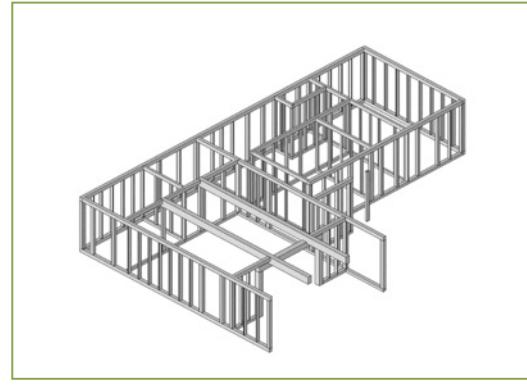


Abb. 23: Rähmlage und montierte kaseinverleimte Hetzer-Träger über dem Gartensaal

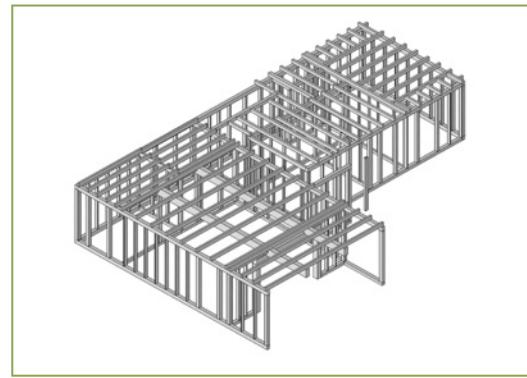


Abb. 24: Deckenbalkenlage mit nahezu ebener Dachterrassenkonstruktion

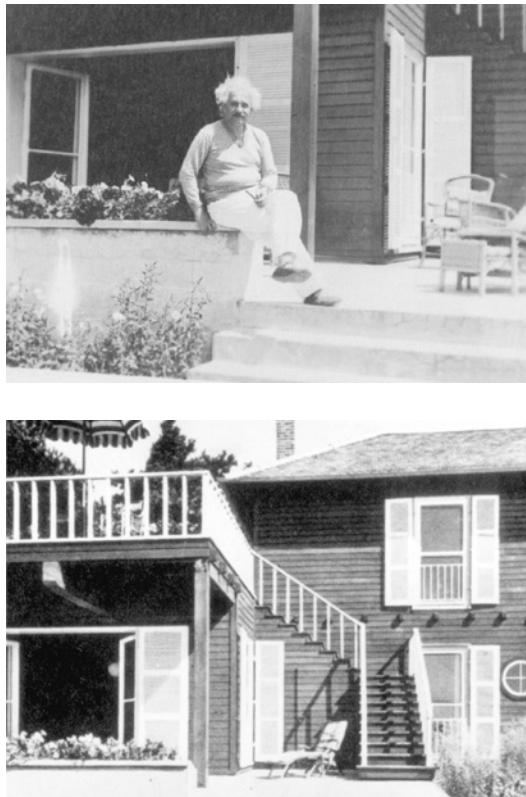


Abb. 25 u. 26: Einstein-Haus kurz nach der Fertigstellung (Quelle: [16])



Abb. 27: DIN 1990 von 1928 (Quelle: Prof. Rug)

Titel »Die deutsche Gütevorschrift für Holzhäuser« (Abb. 27).³

Neben allgemeinen konstruktiven Anforderungen wird im Abschnitt 6 die Werkstoffwahl beschrieben. Die dort gemachten Anforderungen an die Holzqualitäten gehen in einigen Punkten über die heutige DIN 68800/2 (Baulicher Holzschutz) hinaus. Die generelle Forderung, nur lufttrockenes Holz zu verwenden, ist für die Zwischenkriegszeit vorbildlich, jedoch schwer umzusetzen. Im Einzelnen wurden folgende Qualitäten für Holzhäuser festgelegt:

- **Schwellen:** scharfkantiges Kreuz- oder Halbholz aus Nadelholz oder Eiche

Diese Forderung wurde am Einsteinhaus nicht umgesetzt. Die einstielig eingeschnittene Kiefer wurde stattdessen mit Steinkohlenteröl kesseldruckimprägniert (vgl. Innovationsschritt 3).

- **Fußbodenlager:** scharfkantiges, einstieliges Nadelholz – die eingebaute Qualität entspricht dieser Forderung
- **Wandverbandshölzer:** scharfkantiges Halbholz als Nadelholz oder Eiche, eine hohe Qualitätsforderung, die weder bei den Normalstielen 5/10 (Achsabstand 50 – 70 cm Fenster

3 Konrad Wachsmann musste als Chefkonstrukteur bei Christoph & Unmack zahlreiche administrative Aufgaben in Gremien wahrnehmen. Zu diesen Aufgaben gehörte, im Namen der Gruppe Holzhausbauindustrie im Wirtschaftsverband der deutschen Holzindustrie, die Normung zu unterstützen. Eine Normenarbeit, die sich erstmalig mit Holzkonstruktionen beschäftigte, vier Jahre vor der ersten Ausgabe der DIN 1052 (vgl. Abb. 27).

und Türbereich verstärkt 8/10) noch bei den Eckstielien 10/12 umgesetzt wurde.

- **Balkenlage/Dachverband:** einstieliges Nadelholz – diese einfache Forderung ließ sich leicht umsetzen (Abb. 28).
- **Außenverschalung:** bestes astfreies Nadelholz – eine Forderung, die am Einsteinhaus mit der verwendeten astfreien nordamerikanischen Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) mit der Handelsbezeichnung »red fire« oder nach seiner geographischen Herkunft »Oregon pine« umgesetzt wurde (vgl. [20]) (Abb. 29).

Ein wesentliches Sortierkriterium der DIN 1990:1928-11 (Halbholzforderung für Schwellen und Rähmhölzer) ist 1929 nicht umgesetzt worden. Die von Einstein gewünschte sehr flach geneigte große Dachterrasse (gemessenes Gefälle < 1%) war mit der bauzeitlichen Zinkeindeckung nicht ausreichend dauerhaft abgedichtet. Die Kombination dieser beiden Abweichungen ließ sich nach einem dreiviertel Jahrhundert und fünf politischen Systemen am Gebäude gut ablesen.

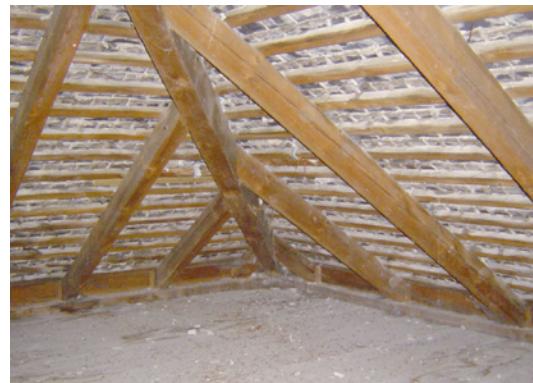


Abb. 28: traditioneller Dachabbund



Abb. 29: astfreie amerikanische Douglasie in ungewöhnlich guter Qualität

4 Bestandsaufnahme 2004

Einundsiebzig Jahre nach der Machtergreifung der Nazis und der Enteignung der Familie Einstein ist die Eigentumsfrage endlich geklärt. Die Grundbucheintragung vom 8. März 2004 weist die Hebräische Universität zu 70% sowie elf Vertreter einer Erbgemeinschaft für die restlichen 30% als Eigentümer aus. »Die Eigentümer einigten sich darauf, dass das Sommerhaus künftig vom Einstein Forum Potsdam verwaltet und betreut wird« [16].

Dank einer großzügigen Förderung der »Cornelsen Kulturstiftung« sowie der Bundesregierung über den damaligen Bundesbeauftragten für Kultur und Medien stand ein Budget von 500 000 € zur Verfügung. Den Planungsauftrag erhält Eberhard Lange, Mitinhaber des Potsdamer Architekturbüros Kühn von Kähne und Lange. Der Verfasser wurde beauftragt, sich mit Fragestellungen zu beschäftigen, die im Zusammenhang mit den Holzschäden stehen. Die Bestandsaufnahme konnte beginnen.

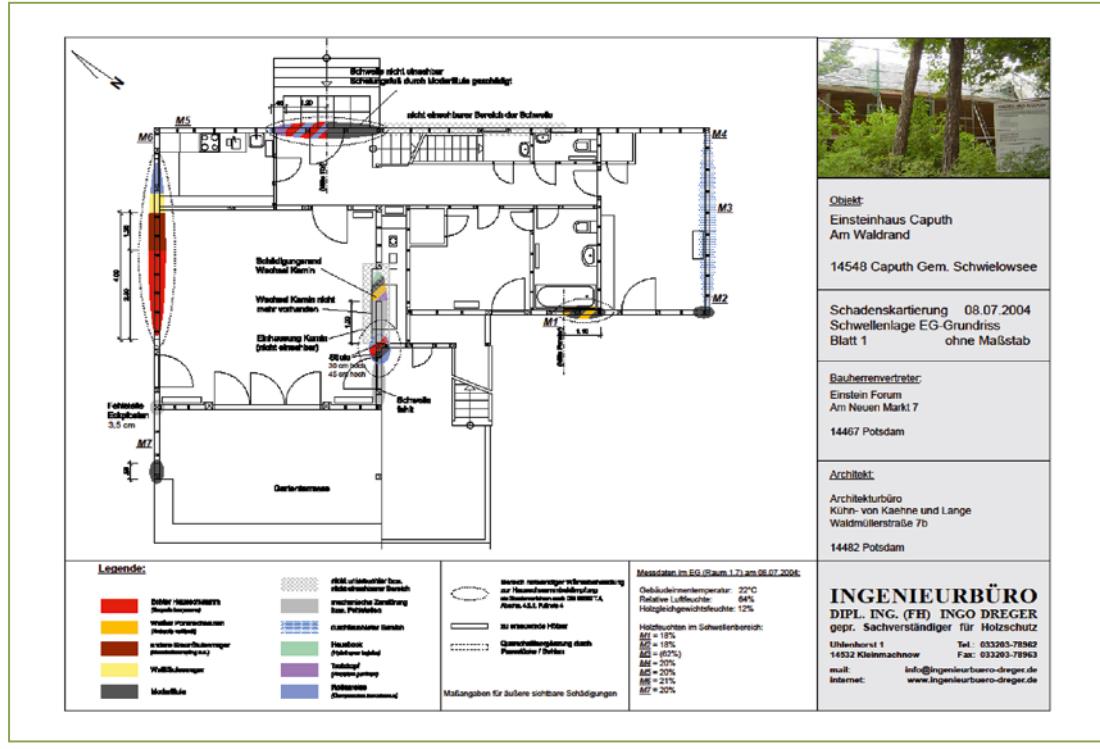


Abb. 30: 2004 angefertigte Schadenskartierung

Sehr schnell wurde klar, dass die Undichtigkeiten der flach geneigten Dachterrasse eine vertikale Zerstörungsschneise durch den sogenannten Gartensaal verursacht hat. Die genaue horizontale Ausbreitung dieser Schwellenschäden, verursacht durch den Echten Hausschwamm (*Serpula lacrymans*), wurde endoskopisch sowie durch behutsame Freilegungen ermittelt (Abb. 30).

Bereits seit 1933 ist dokumentiert dass die Zinkabdichtung des Terrassendaches defekt ist [20]. »Durch eine offensichtliche, jedoch geringfügige, Senkung des Anbaues mit dem großen Wohnraum in nordwestlicher Richtung (in Richtung des Gartens) und der erforderlichen Entwässerung

der innen liegenden Dachrinne in nord-östlicher Richtung (in Richtung der Straße) ergab sich für die Rinne ein errechnetes Gefälle von lediglich 0,41 Prozent [20] (Abb. 31, 32).

Am 3. Mai 1979 machte der Direktor der Verwaltungs- und Dienstleistungseinrichtung (VDE) einen Vorschlag, wie die Dichtigkeit der Terrasse wieder hergestellt werden könnte. Er schlug eine spezielle Präparierung mittels Cenusil-Dichtmasse vor [16]. Heute wissen wir, dass auch dies nicht zum Erfolg führte. Eine hässliche aufgesetzte Pultdachkonstruktion aus dem Jahr 1996 bildete die Grundlage für ein Provisorium aus Bituwell-Platten. Man kann davon ausgehen, dass das

Terrassendach über die gesamte Nutzungszeit undicht war.

Die Fassade hingegen bildete mit seinem abblätternden bituminierten Holzanstrich (Reculit) das größte Ärgernis (Reculit ist eine DDR-zeitliche Kunststoff-Farbe, die auf ein Bindemittel aus Destillationsprodukten der Braunkohle basiert.). Die bauzeitliche ölgebundene Lasur war bereits in den 1950er-Jahren mit einer Kunstharzfarbe (Fußbodenlack) überstrichen worden. Nach weiteren Reparaturanstrichen bildete sich eine diffusionsdichte, dicke Beschichtung, die nach Bewitterung zu Rissen neigte. Die darauffolgenden Hinterfeuchtungen führten zu einem fortschreitenden Schadensbild. Eine optisch dramatisch wirkende Anstrichschädigung, die sich nicht mit den dahinter liegenden Holzschäden deckte (Abb. 33).



Abb. 31: straßenseitige Entwässerung der Rinne



Abb. 32: Gefällesituation der verdeckten Entwässerungsrinne



Abb. 33: abblätternde Reculit-Farbe, Zustand 2000
(Quelle: [16])



Abb. 34: während des Abbeizens



Abb. 35: komplett von den Farbschichten befreite Douglasien-Schalung

Authentizität des Baus zur Geltung käme. Ferner konnten Experten plausibel machen, dass bei pfleglicher Behandlung die Verschalung weitere 70 Jahre halten würde.

Es setzte sich die zweite Position durch, die auch von Architekt Lange vertreten wurde, unter dem Motto, Erhalt statt Nachbau. Der Architekt fasst das Konzept so zusammen [16]:

»Denkmalpflegerisches Ziel ist, das Haus nicht zu erneuern, sondern schonend zu reparieren. Dabei sollen die Gebrauchsspuren und die Nutzungsgeschichte ablesbar bleiben. Das Gebäude ist als Sommerhaus in leichter Holzbauweise gebaut und kann mit seiner 70-jährigen Geschichte jetzt schon eine längere Lebensdauer vorweisen als die meisten Bauten aus Holz. Die Nutzung wird sich aus Respekt vor der Geschichte diesem Konzept der Reparatur unterordnen. Im Sinne eines möglichst langen Erhalts des Hauses soll die Nutzung eine schonende sein und wird auf die Sommermonate vom 15. März bis 15. Oktober beschränkt.«

Damit war der weitestgehende Erhalt der Fassade vereinbart.

Wie sollten aber die Gebrauchs- und Nutzungs- spuren erhalten bleiben, wenn der schichtbildende Fassadenanstrich keine Grundlage für einen ölige bundenen Neuanstrich bildete? Es galt zu klären, ob die bitumiinierte Holzfarbe (inkl. der darunter liegenden Alkydharz-Reparaturanstriche) soweit mechanisch abgetragen werden können, dass ein tragfähiger Farbuntergrund entsteht. Versuche mit unterschiedlichem Strahlgut, einschließlich Trockeneis blieben erfolglos. Thermische Verfahren wurden aus Brandschutz- gründen gar nicht erst versucht (Hier musste berücksichtigt werden, dass unmittelbar hinter der Jalousien-Schalung eine bauzeitliche Wind- bremse aus einer teerfreien Bitumenbahn ange- ordnet ist, ein leicht entflammbarer Baustoff.).

Einzig erfolgversprechend war das chemische Abbeizen, welches das Mittel der Wahl wurde. Die Abbeizarbeiten wurden schließlich von einer in der Denkmalpflege erfahrenen Malerfirma mit folgender Arbeitstechnologie durchgeführt:

- Beizauftrag vollflächig, bis 4 mm Dicke
- Einwirken des Beizauftrages unter Abdecken der Fläche mit leichter Folie gegen Austrocknung, etwa 48 Stunden (Abb. 34)
- Abschieben der aufgeweichten Schichten
- zweiter Beizauftrag
- mechanische Reinigung mit Wurzelbürste
- Nachbehandlung mit einem Spezialtensid bis zur vollständigen Entfernung der Beiz- und Farbrückstände
- Nachreinigung mit klarem Wasser mittels Druckreiniger unter dosiertem Wasserdruck [20].

Das Abbeizgut und die Reinigungswässer wurden in Folienwannen aufgefangen und fachgerecht entsorgt.

Der massive Einsatz von Chemikalien ging an die Grenze der chemischen Belastbarkeit des Holzes. So wurde an einigen Stellen bereits eine Mazeration sichtbar. Einzelne Zellulose-Faserbündel hatten sich von der Mittellamelle der Holzzelle gelöst und bildeten eine leicht flasige Oberfläche. Als weiterer Nachteil war ein weitestgehender Verlust an Farbbefunden zu verzeichnen. Nur an ausgewählten wenig bewitterten Stellen wurde als Belegfenster die komplette Schichtenfolge bis zu Wachsmanns Öllasur erhalten. Der unterschiedliche Witterungs- und Erhaltungszustand der einzelnen Fassadenbereiche verlangte nach einer differenzierten Herangehensweise (Abb. 35).

Reparaturstellen mit neuem Holz neben stark verwittertem altem Holz mussten farblich retuschiert angeglichen werden. Die gesamten Holzfassaden erhielten anschließend einen Schutzanstrich mit einer wiederum leicht ins rötliche pigmentierten Öl-/Wachslasur.

Folgende Arbeitstechnologie wurde durchgeführt:

- Grundierung der Fassadenflächen mit Imprägniergrund
- Verkitteln von Nagellöchern und Kleinschäden mit Leinölkitt
- Angleichen der neuen Hölzer an den Farbton der gealterten Hölzer mit von Hand abgetönter Naturöllasur
- zwei Anstriche mit werkseitig pigmentierter Öl-Lasur, zusätzliches Einstellen des Pigmentierungsgrades der Lasuraufträge individuell auf der Baustelle durch Veränderung des Mischungsverhältnisses Farbloskomponente (Bindemittel) und Pigmentkonzentration [20].⁴

Ein weiteres schwieriges Problem war die Bekämpfung des Echten Hausschwamms. Die Wirksamkeit von Wärmeeinträgen und einhergehender Zerstörung der Proteinketten der Zielorganismen wurde 2004 nicht mehr bestritten. Die CEN/TS 15003 »Kriterien für Heißluftverfahren zur Bekämpfung von holzzerstörenden Organismen« [23] als Vornorm wurde erst ein

4 In den Werkstätten der Restaurierungs- und Malerwerkstatt lagert das objektspezifisch hergestellte Pigmentkonzentrat. Durch individuelle Zugabe des Bindemittels Öl konnte eine differenzierende Farbigkeit hergestellt werden. Es wird zwischen »fetter« bzw. »halb fetter« Farbe, die den Bindemittelanteil beschreibt, unterschieden.



Abb. 36: separate Beheizung eines Stielfußes



Abb. 37: beide Wärmequellen (Infrarotplatten + Warmlufttheizer) für die bevorstehende Schwellenbehandlung

Jahr nach der Sanierung des Einsteinhauses herausgegeben. Die damals gültige DIN 68800-4:1992-11 schließt in ihrem Abschnitt 2.2 ein Wärmeverfahren aus. In der Kommentierung von

1998 wird als Grund die fehlende technische Möglichkeit des Erreichens der Abtötungstemperatur von 55 °C angegeben [21]. Eine fehlerhafte technische Einschätzung, die auch in der aktuellen DIN 68800-4:2012-02 nicht komplett überarbeitet wurde.

Vereinbarungsgemäß ist für einen sicheren Abtötungserfolg ein Temperatur-Zeitverhältnis von 55 °C gehalten über mindestens acht Stunden festgesetzt worden. Dies ermöglichte die Wärmeeintragstechnologien so zu wählen, dass die Oberflächentemperatur anstrichschonend zu keinem Zeitpunkt größer 70 °C ist (70 °C ist eine Oberflächentemperatur, der Anstriche auch bei normaler Nutzung im Extremfall schadensfrei ausgesetzt sind). Die ausführende Firma wählte dafür zwei Wärmequellen, zum einen Infrarotstrahler und zum anderen Gasluftheizer. Die Kombination aus Strahlungswärme an der Fassadenoberfläche und warmer Umluft im Wandhohlraum sicherten eine schnelle und schonende Erwärmung der myceldurchwachsenen Schwelle (Abb. 36).

Insgesamt vier Mycelproben der Bundesanstalt für Materialprüfung wurden als Erfolgskontrolle während des Wärmeverfahrens eingesetzt (Abb. 41). Es zeigte sich, dass die notwendige Nutzung eines Laborpilzes (BAM 315) die mykologische Wirklichkeit nicht ausreichend sicher abbildet. Alle Proben wurden nach der Behandlung vier Wochen im Schwammkeller der BAM auf Vitalität getestet. Ein Wiederauswachsen auf dem Nährboden ist an keiner Probe festgestellt worden. Leider traf dies auch für die Referenzproben zu, sodass der Bekämpfungserfolg so nicht festgestellt werden konnte. Allein die engmaschige



Abb. 38: Infraroterwärmung von der Außenseite mit sichtbaren Temperatursensoren

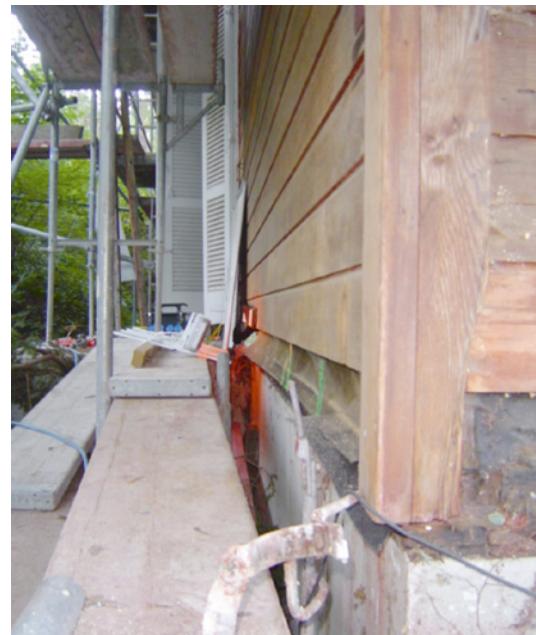


Abb. 39: Freilegungsgrad der Schwelle

Aufzeichnung der Temperaturdaten über 17 Temperaturfühler in Verbindung mit Infrarotaufnahmen dokumentierte die Einhaltung der vereinbarten letalen Wärmedosis (Abb. 42). Eine dreijährige endoskopische Nachkontrolle der Schadensgrenzen lieferte die belastbarste Bestätigung der erfolgreichen Bekämpfung (Abb. 43).

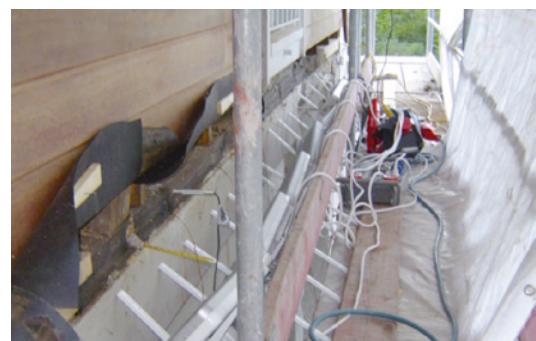


Abb. 40: provisorisch positionierte Infrarotstrahler mit einer Frequenz von 1 000 nm



Abb. 41: im Labor steril konfektionierte Mycelproben des Echten Hausschwamms (BAM 315)



Abb. 42: während der Temperaturüberwachung des Wärmeverfahrens



Abb. 43: endoskopische Nachbegutachtung der Schadengrenze

6 Schlussfolgerungen

Die eingangs entwickelten Fragestellungen lassen sich unterstützt durch die Forschungen an Einstins Sommerhaus beantworten.

Mit der Industrialisierung entstand ein neuer Typus von Planer. Die Architekten und Ingenieure stellten nicht nur das fertige Gebäude, das zu erreichende Bild in den Vordergrund ihrer Bemühungen, sondern beschäftigten sich zunehmend mit Fragen, die im Zusammenhang mit dem Prozess des Bauens stehen. Konrad Wachsmann, von 1926 – 1929 Chefarchitekt der hoch mechanisierten Holzbaufabrik Christoph & Unmack, ist der Prototyp des neuen »Ingenieurarchitekten«.

Auch die Frage der Entwicklung von Halbzeugen in Holz wurde beantwortet. Otto Hetzers Leimholzbalken über dem Gartensaal stellen nur den Anfang einer bis heute anhaltenden Entwicklung von Holzwerkstoffen dar.

Die Frage der Optimierung des Planungs- und Ausführungsprozesses ist allein durch die dokumentierte Prozessdauer von nur acht Monaten eindeutig belegt. Dabei war der »altmodische« Baustoff Holz wesentlicher Teil dieser Optimierung.

Die 1929 neu erarbeitete Norm DIN 1990 hatte keinen erkennbaren Einfluss auf die Holzbauqualität. Obwohl Wachsmann selbst Mitglied des Normenausschusses war, ist eine konsequente Umsetzung der geregelten Holzqualitäten nicht erkennbar. Die zukunftsweisende Verwendung von lufttrockenem Holz ist eher der industriellen Werksvorfertigung in Niesky geschuldet.

Die durchgeführte Kesseldruckimprägnierung der Schwelle konnte den Ausfall dieses empfindlichen Bauteils nach Durchfeuchtungen nicht verhindern.

Anders ist die Situation an der Fassade. Die ungewöhnlich hohe Holzqualität der Jalousien-Schalung (Origon pine) bewährt sich bis heute. Bemerkenswert ist, dass sie auch die schwierige Zeit der extensiven Verwendung von schichtbildenden Kunstharzfarben nahezu ungeschädigt überstanden hat.

Für die Klassische Moderne typisch, hielt die Entwicklung der Flachdachabdichtungen nicht mit den Gestaltungsideen der Dachterrassen stand. Das denkmalpflegerische Konzept »Erhalt statt Neubau« war vorbildlich. Es gelang, die Authentizität des Sommerhauses zu bewahren. Die 2004 geführte Debatte hat an Aktualität nicht verloren.

Die Diskussion zum Echten Hausschwamm machte deutlich, dass junge Fachgebiete regelmäßig von einem Wechsel der Paradigmen begleitet werden [1]. Die Bekämpfung der Hyphen und Mycelien mit Wärme war 2004 umstritten, ist heute im Anhang E der DIN 68800-4:2012-11 geregelt. Dieses zwischenzeitlich als Sonderverfahren etablierte Verfahren darf bis heute nur im Zusammenhang mit Regelverfahren (chemische Bekämpfung) durchgeführt werden. Eine Kombination, auf die nach dem massiven, bauzeitlichen Eintrag von Steinkohlenteeröl bewusst verzichtet wurde.

Ein vorbildliches Monitoring dieses 86-jährigen Freiluftversuches zeigt deutlich, die Leistungsfähigkeit dieser frühen industriell gefertigten

Holzbauten wird unterschätzt. Nicht das Material bedingt inakzeptable kurze Nutzungszeiten, sondern fehlerhafte Annahmen in der Planung bzw. qualitative Mängel in der Ausführung.

Der Verfasser ist sich sicher, dass ein Ende der Nutzungszeit nach menschlichen Maßstäben noch mehrere Generationen dauern wird.

7 Literatur

- [1] Clausnitzer, Klaus-Dieter: Historischer Holzschutz. Zur Geschichte der Holzschutzmaßnahmen von der Steinzeit bis in das 20. Jahrhundert. Staufen bei Freiburg: Öko-Buch-Verlag, 1990
- [2] Collin, Gerd: Julius Rüggers und Erkner. Beiträge zur Stadtgeschichte. Heimatverein Erkner e.V. (Hrsg.): Erkneraner Hefte, Nr. 6, 2004
- [3] Detail. Zeitschrift für Architektur + Baudetail. Beilage Bauen mit Holz. München: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, Nr. 5, 2002
- [4] Droste, Magdalena: Bauhaus 1919–1933. Köln: Taschen, 1990
- [5] Grüning, Michael: Der Wachsmann-Report. Auskünfte eines Architekten. Neuaufl. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2001
- [6] Huckfeldt, Tobias; Schmidt, Olaf: Hausfäule und Bauholzpilze. Diagnose und Sanierung. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2006
- [7] Jansen, Peter Werner: Schreiner, Zimmermann und Co. Internationale Geschichte der Holzhandwerke. Holzhandwerke ab 3000 vor Christus bis gegen Mitte des 19. Jahrhunderts. Sinzig: Janssen, 2000
- [8] Lohmann, Ulf; Annies, Thomas; Ermschel, Dieter: Holz-Handbuch. 4., völlig überarb. Aufl. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag, 1993
- [9] Lorenz, Werner: Konstruktion als Kunstwerk: Bauen mit Eisen in Berlin und Potsdam 1797–1850. (Diss. TU Berlin) Berlin: Gebr. Mann, 1995
- [10] Müller, Christian: Holzleimbau. Laminated Timber Construction. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2000

- [11] Nerdingen, Winfried (Hrsg.): Wendepunkte im Bauen. Von der seriellen zur digitalen Architektur. München: Edition Detail, 2010
- [12] Opderbecke, Adolf: Das Holzbaubuch: (urspr. Der Holzbau) für den Schulgebrauch und die Baupraxis. Reprint nach dem Orig., Wien und Leipzig, Hartleben, 1909. Hannover: Vincentz Network, 1995
- [13] Radkau, Joachim: Holz. Wie ein Naturstoff Geschichte schreibt. München: Oekom Verlag, 2007
- [14] Schöndorf, Erich: Von Menschen und Ratten: über das Scheitern der Justiz im Holzschutzmittelskandal. Göttingen: Verlag die Werkstatt, 1998
- [15] Seraphin, Matthias: Zur Entstehung des Ingenieurholzbau: eine Entwicklungsgeschichte. (Schriftenreihe des Lehrstuhls für Hochbaustatik und Tragwerksplanung; 2) Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2002. Aachen: Shaker Verlag, 2003
- [16] Strauch, Dietmar: Einstins Sommer-Idyll in Caputh. Biographie eines Sommerhauses. Berlin: Edition Progris, 2015
- [17] Strauch, Dietmar; Högner, Bärbel: Konrad Wachsmann. Stationen eines Architekten. Berlin: Edition Progris, 2013
- [18] Wachsmann, Konrad: Holzhausbau: Technik und Gestaltung. Erw. Neuausgabe. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 1995
- [19] Whipple, Squire: A work on bridge building: consisting of two essays, the one elementary and general, the other giving original plan, and practical details for iron and wooden bridges. Utica: Curtiss, 1847
- [20] Lange, Eberhard: Komm nach Caputh, pfeif auf die Welt. Bauen mit Holz 109 (2008), Nr. 10 S. 10–15. URL: www.bauenmitholz.de/sanierung-komm-nach-caputh-pfeif-auf-die-welt/150/5256/ [Stand: 03.02.2016]
- [21] Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN –, Berlin (Hrsg.); Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. – DGFH –, München (Hrsg.): Holzschutz baulich-chemisch-bekämpfend Erläuterungen zu den DIN 68800-2,-3,-4. Berlin: Beuth, 1998
- [22] Marutzky, Rainer (Hrsg.): Holzschutz: Praxiskommentar zu DIN 68800 Teile 1 bis 4. 2., vollst. überarb. Aufl. Berlin: Beuth, 2013
- [23] OENORM CEN/TS 15003:2005-05-01. Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Kriterien für Heißluftverfahren zur Bekämpfung von holzzerstörenden Organismen
- [24] DIN EN 350-2:1994-10. 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; Deutsche Fassung EN 350-2:1994
- [25] DIN 52175:1975-01. Kesseldruckverfahren

Frauenkirche Dresden – Bauwerkserhaltung ab 2005

Thomas Gottschlich

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

10 Jahre nach der Weihe der Frauenkirche im Oktober 2005 bin ich zu Ihrer Tagung eingeladen, um Ihnen auszugsweise von den Besonderheiten des Bauwerkerhalts der Frauenkirche Dresden zu berichten. Aber was sind 10 Jahre im Leben eines auf Jahrhunderte Standzeit ausgerichteten Bauwerks?



Abb. 1: Frauenkirche vom Waldschlößchenareal aus gesehen (Quelle: Prof. Jörg Schöner)

Zum Verständnis des Kirchgebäudes zeige ich Ihnen einen Grundriss und einen Längsschnitt.

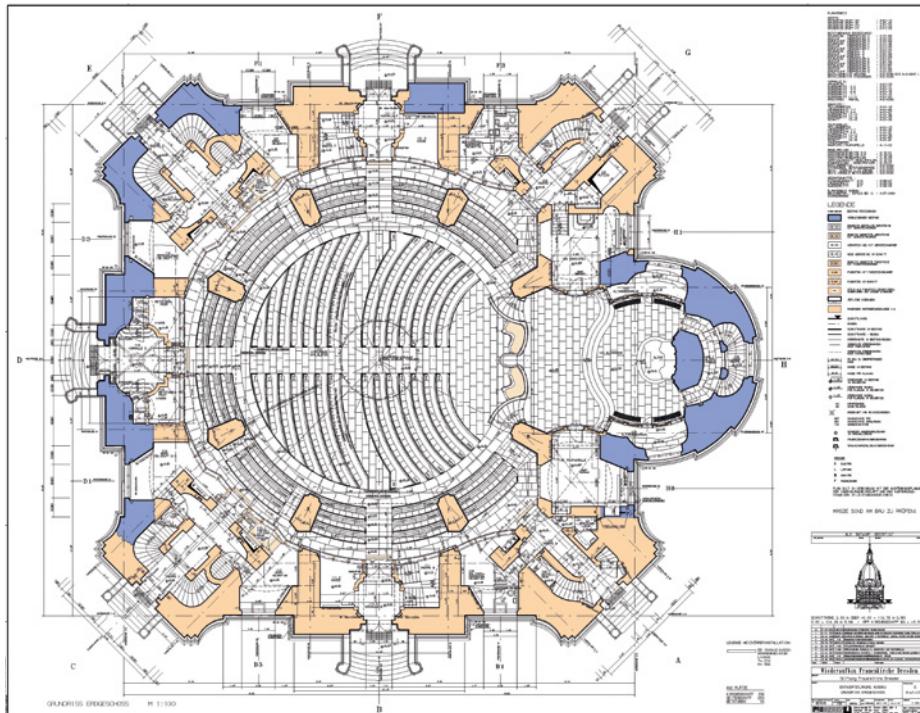


Abb. 2: Grundriss der Frauenkirche

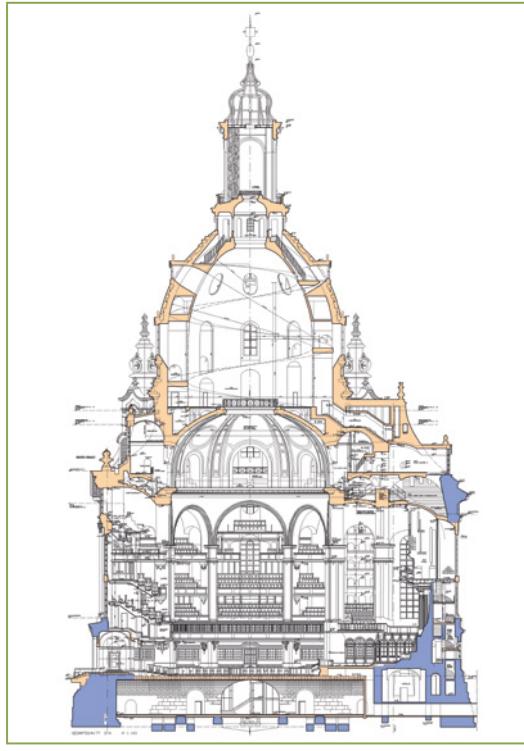


Abb. 3: Längsschnitt der Frauenkirche

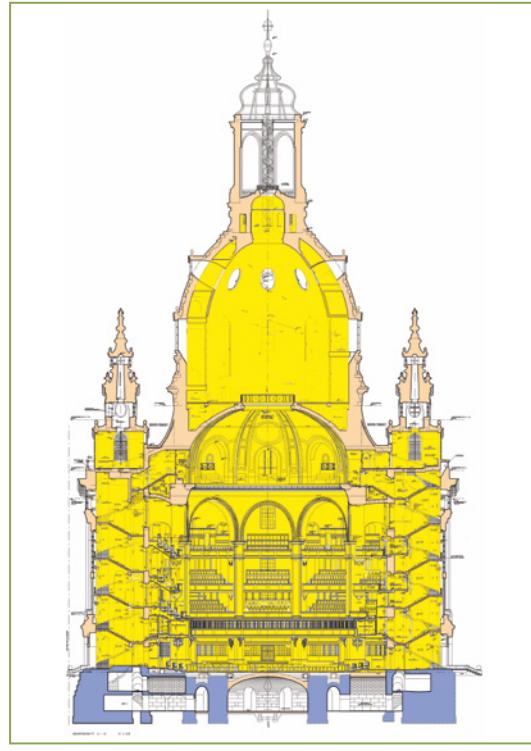


Abb. 5: Bauphysikschemata der Frauenkirche (Erbauungszeit)

| | |
|--------------------------|---|
| Proj.-Nr.: | 92 001 |
| Projekt/Vorhaben: | Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden |
| Projektteil: | Mauerwerksrichtlinie Frauenkirche Stand: 12/96 Richtlinie zur Beurteilung der Mauerwerkstragfähigkeit und Anforderungen an die Ausführung von Sandsteinmauerwerk |
| Planungsphase: | Genehmigungsplanung |
| Baugrundstück: | An der Frauenkirche/Neumarkt Flurstück-Nr.: 11, 2548/1 der Gemarkung Dresden |
| Auftraggeber: | Stiftung Frauenkirche Dresden Neumarkt 01067 Dresden |

Abb. 4: Mauerwerksrichtlinie

1 Mauerwerksrichtlinie

Mit der Entscheidung zum Wiederaufbau der Frauenkirche Dresden kam zugleich die Frage auf, wie wir heutzutage die Frauenkirche aus dem nicht DIN-gerechten Baustoff Sandstein, Postaer Varietät, aufbauen können? Die bestehenden DIN für Mauerwerk waren nicht in allen Aspekten ausreichend, so entschied man sich, eine eigene sogenannte »Mauerwerksrichtlinie« für den Wiederaufbau mit folgender formulierter Anforderung zu erstellen: Richtlinie zur Beurteilung der Mauerwerkstragfähigkeit und Anforderungen an die Ausführung von Sandsteinmauerwerk.

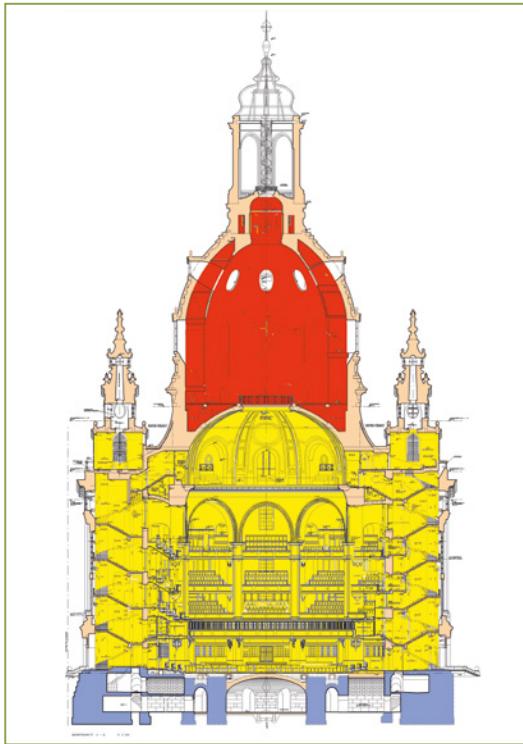


Abb. 6: Bauphysikschemata der Frauenkirche (19. Jh.)

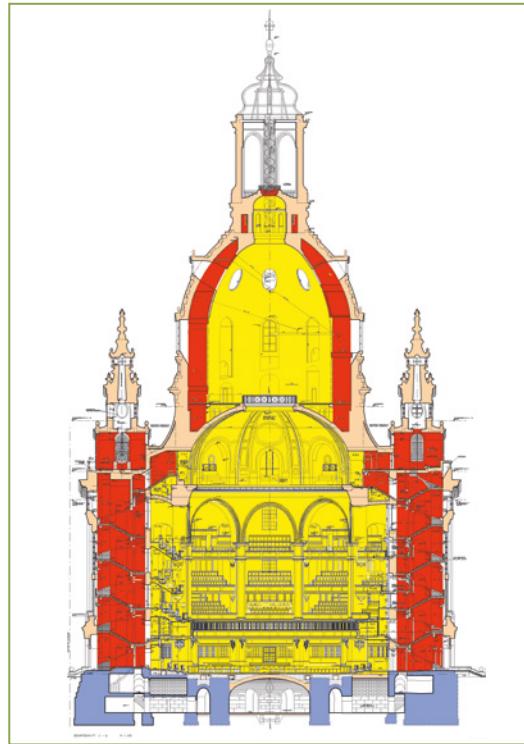


Abb. 7: Bauphysikschemata der Frauenkirche (heute)

Die wichtigsten Inhaltspunkte sind: Begriffsbestimmungen, Vorgaben für Steine, Mörtel, Rechnungsgrundlagen, Anforderung an die Ausführung der verschiedenen Mauerwerksklassen sowie Qualitätssicherung. Der Mangel an vollumfänglichen Normen bringt eine neue hervor.

2 Bauphysik

Blicken wir gemeinsam auf die Entwicklung der Frauenkirche durch die Jahrhunderte.

In Abb. 5 ist die Frauenkirche zu ihrer Erbauungszeit zu sehen. Es besteht ein Außenklima und ein Innenklima. Abb. 6 zeigt, wie mit dem Einbau einer Dampfheizung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein verschiebbarer Deckel im Winter über die Innenkuppel geschoben wird – mit katastrophalen Folgen für das Klima der Innenkuppel und dem Hauptkuppelbereich. Extreme Schädigungen der Sandsteinkonstruktion sind die Folge; auch die Innenkuppelmalerei muss aufgrund zu starker Durchfeuchtung aus der Hauptkuppel abgenommen werden.

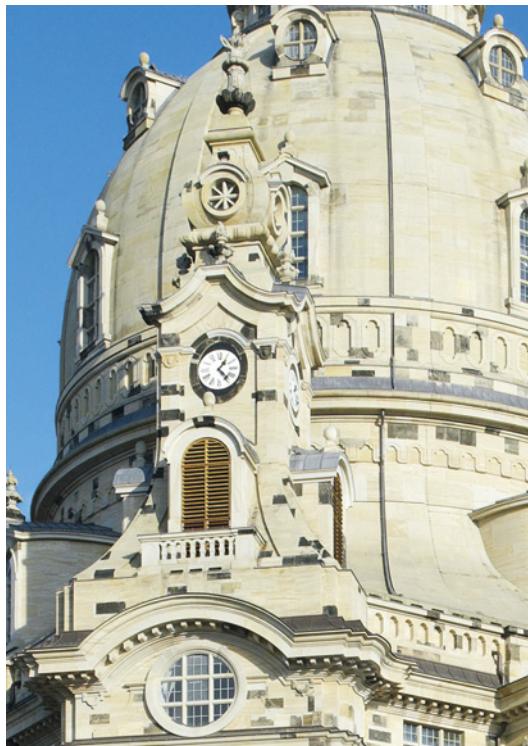


Abb. 8: Sandsteinvergleich 2006



Abb. 9: Sandsteinvergleich 2015

Die heutige Frauenkirche (Abb. 7) hat ein bis zur Hauptkuppel reichendes, durchgehendes Innenraumklima, das durch die Zwischentemperaturbereiche der Treppenhäuser und des Wendelgangs vom Außenklima abgekoppelt ist. Darauf baut die Heizungs- und Lüftungsplanung für den Wiederaufbau auf. Eine kombinierte Warmluftheizung wird unterhalb der Betstubenempore und im Hauptkuppelraum mit einer zentralen Absaugung im Bereich der Chorschanke eingebaut.

Das bauphysikalische Verhalten wird in der Frauenkirche maßgeblich durch die massive, schwerfällig reagierende Konstruktion (Gebäude

schwerer Bauart) und das Material Sandstein bestimmt. Der Postaer Sandstein wurde aufgrund seiner Biegezug- und Spaltzugfähigkeit ausgewählt. Abgesehen davon war er auch mehrheitlich im Originalbau eingesetzt und er stand in den Bänken der Sächsischen Schweiz zum Abbau bereit. Eine Besonderheit sei aber besonders hervorgehoben: seine Fähigkeit in kurzer Zeit sehr viel Wasser aufzunehmen und zeitverzögert weiterzuleiten. Intensive Untersuchungen und Beprobungen wurden in den 1990er-Jahren veranlasst und führten zu den Annahmen des Bauphysikers. Der Heizungsplaner entwickelte daraufhin das Lüftungs- und Beheizungsprojekt,

da das Wasser in der Hauptkuppel nach den Untersuchungen bis maximal 60 cm vor die Innenputzschale wandern sollte.

3 Sandstein, Postaer Varietät, Patinierungsverhalten

Die großvolumigen Poren nahe der Außenhaut des Sandsteins erlauben die schnelle und mengenreiche Aufnahme von Wasser. Die Diffusion sorgt für Wanderung und auf dem Weg nach innen und wieder zurück werden Stoffe in Wasser gelöst, die sich dann wieder in den Poren absetzen, diese verengen und weniger wasseraufnahmefähig machen. Eisenbestandteile sorgen über die Jahre für die sich immer schwärzer färbende Sandsteinoberfläche. Soweit die Theorie.

Sie erkennen den Unterschied zwischen den beiden Außenabbildungen, zwischen denen 10 Jahre liegen (Abb. 8 und 9). Die fortschreitende Vergrauung als erste Stufe der Patinierung führt sichtbar vor, was sich im Inneren vollzieht. Die beginnende Reduzierung im Wassereintrag führt zu keinem nennenswerten Ausfall von Tauwasser auf der Innenseite.

Der Wendelgang im Winter 2006 sah so aus, wie auf den Abb. 10 und 11 zu sehen. Aufgrund der zu starken Durchfeuchtung des bruchfrischen Sandsteins durch den ebenfalls großvolumigen Klima-putz haben wir Putzfenster hergestellt, die das schnellere Abtrocknen durch eigens eingerichtete, verschiebbliche Heizungsradiatoren ermöglichen sollten. Die von Prof. Garrecht entwickelte zunächst dezentrale Steuerung wurde mittler-



Abb. 10 und 11: Wendelrampe Putzfenster

weile in die Gebäudeleittechnik überführt. In den Jahren von 2007 bis 2013 haben wir intensiv lüften, beheizen und das auf der Innenseite sich ablagernde Salz absaugen müssen. Die anfänglich kalten oder sehr nassen Winter wurden durch immer wärmere abgelöst. Dies kam uns zugute.

Heute nach zehn Jahren stellt sich die Situation so dar: Der Zustand ist weitestgehend erreicht, den der Bauphysiker vor mehr als 15 Jahren als nicht zu beheizenden Zwischentemperaturbereich bezeichnet hatte. Ausnahmen sind noch auf der Nordseite der Kirche zwischen der oberen und unteren Gaupenreihe festzustellen. Hier wird die fortschreitende Patinierung hoffentlich noch den erwünschten Effekt bringen.



Abb. 12: Befahrung

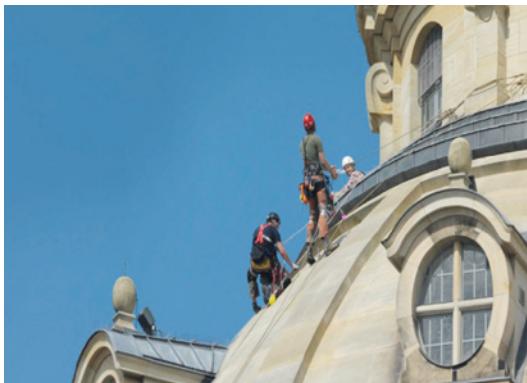


Abb. 13: Begehung

4 »Aktives Warten« der Frauenkirche

Bereits 2004, mit Fertigstellung des Steinbaus, haben wir parallel zur Fertigstellung des Innenausbaus ein Wartungs- und Revisionskonzept erstellt. Aufbauend auf dem Wissen, wie der jeweilige Konstruktionsaufbau war, wurden gewerkeweise die Wartungsanweisungen erstellt und definiert, wer diese Arbeiten ausführen darf. Wartungsverträge wurden an die Hersteller-

firmen vergeben, die sicherheitstechnischen Prüfungen werden turnusgemäß durchgeführt, einige Leistungen werden selbst ausgeführt. Wie aber wollten wir sicherstellen, dass die Frauenkirche mit möglichst geringem Mitteleinsatz in ihrem hohen technischen Standard erhalten werden kann?

Dazu haben wir folgende Ziele formuliert:

- kontinuierliche Bauwerksbeobachtung
- Zusammenarbeit mit Fachingenieuren und Handwerksbetrieben aus der Erbauungszeit
- vorausschauende, fachübergreifende, langfristige Planung
- Durchführung von Ersatzinvestitionen zum Erhalt des hohen technischen Standards
- eigene Steuerung aller Planungen.

An dieser Stelle sollten Sie noch erfahren, dass wir trotz der drei öffentlichen Stifter Land Sachsen, Stadt Dresden, Ev.-Luth. Landeskirche Sachsen als bürgerliche Stiftung privaten Rechts eingetragen und tätig sind. Dies beinhaltet die Verpflichtung, unsere Ausgaben aus unseren selbst erwirtschafteten Einnahmen zu bestreiten. Es eröffnet uns aber auch die Möglichkeit, freiändige Vergaben nach internen verbindlichen Vergaberichtlinien durchzuführen. Klar ist aber auch, dass der Gebäudeerhalt als Grundlage für unsere Nutzung der Kirche eine bestimmende inhaltliche und finanzielle Größe unseres Haushaltes darstellt. Unsererseits kümmern sich zwei Haustechniker um die Anlagensicherheit und ich mich um das Gebäude. Alle Fachplaner sind über Verträge angestellt und stehen auf Anfrage zur Verfügung.

Zur Sicherstellung der Beobachtung und Erfassung des Ist-Zustandes außen wenden wir zwei Verfahren in definierten, aber je nach Bedarf auch variablen Zeitabständen an:

Befahrungen mit Hubsteiger oder alternativ Begehung der Hauptkuppel/des Kuppelanlaufs mit Seiltechnik. Derzeit sind es fünf Jahre, anfänglich haben wir alle zwei Jahre zur eigenen Sicherheit und zum Verschaffen eines Überblicks über die Entwicklung der Außenhaut (Sandstein, Verfugung, Verblechung, Blitzschutz, Taubenschutz) eine Befahrung durchgeführt. Während die Befahrung mit fünf Stellplätzen um die Kirche herum in drei bis vier Tagen von zwei Ingenieuren der ehemaligen Ingenieurgemeinschaft und mir zu bewältigen ist und nachfolgend die Beschreibungen und Fotos in die vorhandene Dokumentation aller Befahrungen eingearbeitet wird, ermöglicht die Begehung der Hauptkuppel und des Kuppelanlaufs eine partiell nähere Betrachtung des Objekts. Da jedoch nicht alle Bauwerksbereiche damit erfasst werden können, eignet sie sich nicht für die grundlegende Bauwerkserfassung. Sie bleibt den Zwischenzustandserfassungen vorbehalten. Zudem ist sie physisch sehr anstrengend.

Um den Innenraum permanent pflegen und warten zu können, haben wir seit 2008 eine Woche Schließzeit eingeführt. Im Januar, in der besucherschwachen Zeit, wird die Kirche für fünf bis sechs Tage geschlossen, um Pflegemaßnahmen durchzuführen.

Bevor ich auf einzelne Gewerke eingehe, möchte ich die zwei unterschiedlichen Aufgabenbereiche im Innenraum skizzieren. Der eine ist die Anlagen-

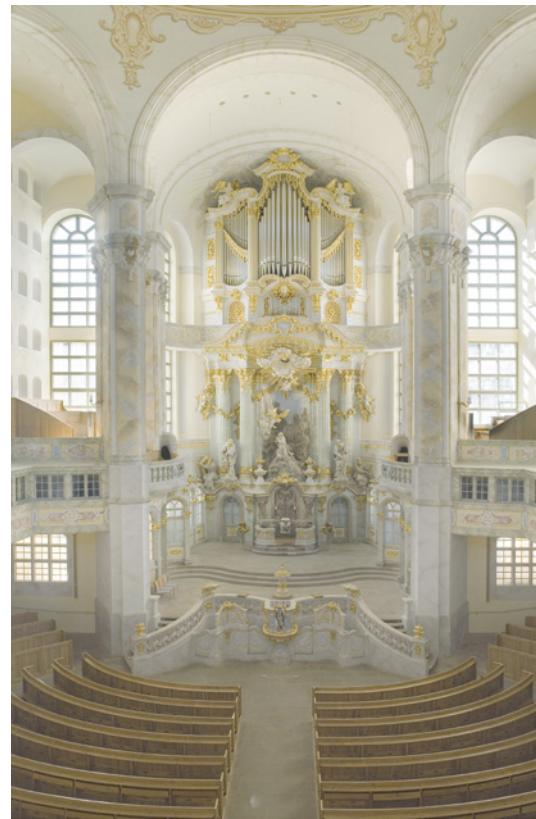


Abb. 14: Innenraum Frauenkirche

technik, der andere die Innenausstattung mit ihren gewerkebezogenen Anforderungen. Bleiben wir zunächst bei der Anlagentechnik. Die Regelungsplanung hatte alle Anlagen in der Gebäudeleittechnik zusammengefasst und eine Steuerung vorgegeben. Diese musste zunächst mit dem konkreten Innenraumklima der jeweiligen Jahreszeiten in Übereinstimmung gebracht werden. Dazu musste man den Raum jedoch sicher kennen. Und hier stellte sich trotz sicherer Vorhersage heraus, dass der Innenraum die eine oder andere Überraschung bereithielt.

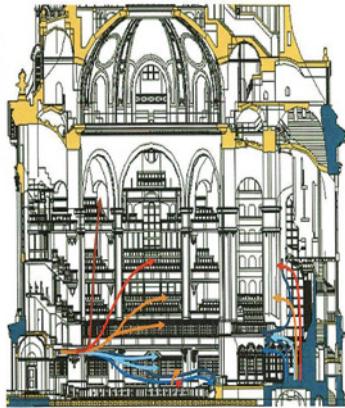
1.1 Umschlagen der Raumluftströmung

Messbedingungen

| | |
|----------------|---------|
| Altarraum R | 19,4 °C |
| Dach 29m | 20,2 °C |
| Außenraum 50 m | 20,2 °C |
| Außenraum 3,5 | 19,0 °C |
| Giebel | 19,8 °C |
| Naher Innen | 19,1 °C |
| Naher Außen | 19,3 °C |
| Gem | 19,1 °C |

- 40000 m³/h bei $\delta_{\text{zu}} = 16,4^\circ\text{C}$
- 20000 m³/h bei $\delta_{\text{zu}} = 17,3^\circ\text{C}$
- 20000 m³/h bei $\delta_{\text{zu}} = 18^\circ\text{C}$
- 20000 m³/h bei $\delta_{\text{zu}} = 20^\circ\text{C}$
- 20000 m³/h bei $\delta_{\text{zu}} = 21^\circ\text{C}$
- 20000 m³/h bei $\delta_{\text{zu}} = 38^\circ\text{C}$

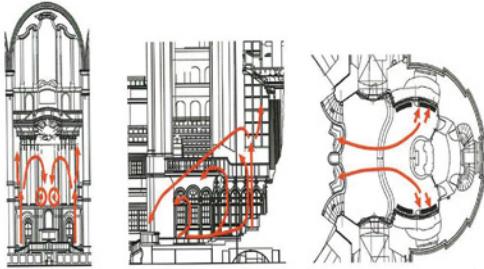
Quelle: 22.01.2009



1.3 Altarraum und Sängeremporen

Sommerfall $\delta_{\text{zu}} < \delta_{\text{i}}$

Messung



Quelle: 22.01.2009



Abb. 15 und 16: Messungen zum Raumluftverhalten

Das Kirchgebäude Frauenkirche ist von schwerer Bauart. Sommerliche Außentemperaturen erwirken auf dem Blei hohe Oberflächentemperaturen. Dehnungen des Sandsteins führen zu einer nach außen hin gerichteten Wölbung des Sandsteins, zu üblichen temporären Rissbildungen, zu Spannungen innerhalb der Verfugung und der obenauf liegenden Bleiverblechung. Alte Fundstücke und neue Steine gehen jeweils anders mit ihrer Verfugung um. Mikroklimata bilden sich je nach Bauwerkslage im Grundriss und in der Höhe in jeweiliger Abhängigkeit zu ihren klimatischen Umgebungsbedingungen aus.

Auch im Inneren mussten sich über die Jahre erst ein Temperatur-, Feuchte- sowie Materialgleichgewicht einstellen. So sind teilweise bis zu 3 °C Temperaturunterschied in den Treppenhäusern

vorhanden. Auftretende Zugerscheinungen im Kirchraum führen uns die Notwendigkeit vor Augen, raumlufttechnische Messungen im Sommer und im Winter, bei Gottesdiensten und bei Konzerten in der halb- oder vollbesetzten Kirche durchzuführen.

Nebelversuche führten uns zu der Erkenntnis, dass die Emporenbereiche in keiner Weise vom Hauptaum mit beeinflussbar sind. Sie stellen raumklimatisch betrachtet eigene Räume dar, die eigenständig geregelt werden müssen. Durch die im Hauptkuppelraum angeordneten Warmluftstationen sind bei 0,5 °Kelvin Temperaturunterschied zum Kirchraum kaum Lüftströmungen gegeben. Zugerscheinungen von den Emporen zum Kirchraum hin traten mit der Folge von hohen Luftströmungsgeschwindigkeiten im Altarbereich

im Winter auf – sehr zum Ärger der Nutzer. Auch in der Wendelrampe konnte eruiert werden, dass in den Lüftungsschlitzten entlang der Innen-schale der Hauptkuppel vertikal keine Strömung entsteht und auch nicht in ausreichendem Maß entlang des Weges nach oben zur Laterne. Manches Mal haben wir diese Messungen in der nächsten Klimaperiode wiederholt, um Gewissheit zu erlangen. Die Messungen mithilfe eines Professors für Regelungstechnik und von Studen-ten der HTW in Dresden zogen sich bis 2009 hin: eine lange Zeit für Nutzer und manchmal auch für uns, die gerne schneller Ergebnisse sehen wollten, eine kurze Zeit im Zeithorizont des Ge-bäudes.

Neben temporären Maßnahmen, die jederzeit bei Entfallen ihrer Notwendigkeit reversibel sind, er-folgten aber auch erneute Diskussionen mit den Genehmigungsbehörden. Ein Lüftungsregime, also die Nutzung von Fenstern der RWA-Anlage zum Lüften, gelang erst ab 2010.

Bevor wir nun zum den einzelnen Gewerken über-gehen, noch ein Wort zum Verfugmörtel.

Zum Beobachten und nach Bedarf Handeln ge-hören auch regelmäßige Mörtelbegehungsen. Statiker, Sandsteinversetzer, Mörtelsteller und ich gehen alle eineinhalb Jahre angeseilt über den Kuppelanlauf und überprüfen den Zustand der Bestandsverfugungen. 2011 haben wir begonnen, die Wasseraufnahme und die Elastizität des Mörtels leicht zu verändern, in der Hoffnung, einen den verschiedenen Mikroklimata besser angepassten Verfugmörtel zu erhalten. Im fünf-ten Jahr der Versuche haben wir auch dieses Jahr wieder eine Begehung durchgeführt. Die überein-stimmende Bewertung aller Beteiligten ist, dass wir für eine in Zukunft kommende Teilverfugung der Treppentürme gut gewappnet sind. Feld-versuche vor Ort werden Untersuchungen in Versuchslabors vorgezogen.

Dafür müssen wir auch tragfähige und bezahlbare Gerüstkonzeptionen entwickeln. Diese ha-ben wir 2013 entwickelt und kostenmäßig er-fasst. So stehen uns Ausführungsart und -kosten nunmehr als Wissen zur Verfügung.



Abb. 17: Wendelrampe Lüftungsrohr



Abb. 18: Lüftungsversuche



Abb. 19 – 24: Kuppelanlauf Verfugmörtel (Bildfolge von links nach rechts)

5 Abnutzung durch bislang 20 Mio. Besucher

Die Beanspruchung der Kirche durch bisher 20 Millionen Besucher fordert seinen Tribut. Weiches Weißtannenholz, die Kastenschlösser und besonders die Farbfassungen werden in Mitleidenschaft gezogen.

Nahezu 40 Handwerker kommen im Kirchraum zu Jahresbeginn zusammen. Mehrheitlich Tischler,

Maler, Schlosser und Reinigungsfachkräfte führen notwendige Arbeiten aus. Die Tischler bessern das Tannenholz aus, beizen und ölen es nach.

Die Maler bessern dort aus, wo der Handschweiß sich durch alle Farbschichten gegriffen oder die Kleidung die Farbpigmente aus der Farbe herausgelöst hat. 2013 konnten wir feststellen, dass der historische Farbaufbau auf Kaseinbasis nach acht Jahren nun so ausgehärtet ist, dass er nur noch mittels Farbe mit Leim zu retuschieren ist.

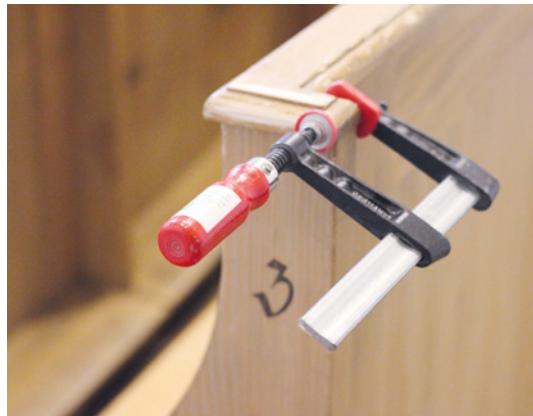


Abb. 25 – 28: Tischlerarbeiten (Bildfolge von links nach rechts)



Abb. 29: Malerarbeiten



Abb. 30: Handschweiß an Türen

Auch hier verfügen wir erst mit der Zeit über endgültige Materialoberflächenzustände, für die wir dann gültige Pflegemaßnahmen entwickeln müssen.

DIN-gemäße Zusicherungen über Haltbarkeiten von Bauteilen sind für uns in Anbetracht der Besucherströme auch eine Herausforderung. Sind beispielsweise 100 000 Klinkungen für ein Panikschloss zugesichert, so hatten wir diese Anzahl in einem Monat nach der Weihe bereits erreicht. Das Zusammenspiel von schwerem Schlosskasten und Klinken mit den erforderlichen modernen Einbauten, wie Panikschlössern und Obentürschliebern, musste über die Jahre verfeinert werden. Hier kam hinzu, dass die Türen, obgleich aus abgelagerten Holz hergestellt, ihr jeweiliges Gleichgewicht zwischen Benutzung und Klima finden mussten. Erst danach konnten alle Parameter aufeinander eingestellt werden.

Auch für den Lärchenholzfußboden gelten besondere Bedingungen. Die ausgebürsteten Sommer-

jahre nehmen den Schmutz leicht auf und die nachträgliche und regelmäßige Auffrischung des Holzes mit Hartwachsöl geht deswegen nicht vollständig ins Holz über. Da jedoch der Besucher auf den harten Winterjahresringen läuft, ist die Abnutzung so gut wie nicht vorhanden. Hier sind wir noch dabei, einen tragfähigen Kompromiss zwischen der Häufigkeit einer Reinigung mit Seife und Maschinenhilfe und den hohen Kosten zu finden.

Um mir selbst Klarheit über das Verhältnis von Arbeitsleistungen und Kosten zu verschaffen, habe ich am Beispiel der sieben Außentüren der Frauenkirche dieses Diagramm erstellt (Abb. 34). Aufwendungen gingen nach Erreichen der Sättigung des Holzes mit Standöl und des bauphysikalischen Gleichgewichts in der jeweiligen Einbautage zurück und stiegen nach Jahren erst wieder an, als die Kastenschlösser einer konstruktiven Verbesserung unterzogen wurden. Fast bei allen Gewerken sieht die Kurve so aus. Aufgaben kom-



Abb. 31: Kastenschloss



Abb. 32: Panikschloss

men aber wie immer und überall auch ungefragt hinzu.

Die nach historischem Vorbild hergestellten Innentüren sind als Rauchschutztüren mit dem maximal möglichen Schallschutz ausgebildet und nach Rauchversuchen von der Feuerwehr und der Landesstelle für Bautechnik abgenommen worden. Die Verglasung konnte daher nicht eine einfache historische Einfachverglasung sein. Auch aus akustischen Gründen haben wir damals nach einer Mischform zwischen historischem Aussehen (Antikglas zum Innenraum hin) und den heutigen Anforderungen gesucht. Die damals noch gebräuchliche Gießharzvariante als Verbindung von Antik- und Schallschutzverglasung erschien passend. Auf Abb. 35 sehen Sie jedoch, dass sich Schlieren bilden. Man könnte meinen, die umlaufenden Dichtungen seien undicht geworden. Da dieses Phänomen jedoch nur dort auftritt, wo Sonnenlicht direkt und langanhaltend auftrifft, kann es durchaus auch sein, dass hierfür das UV-Licht verantwortlich ist. Geringe Einbau-



Abb. 33: Holzfußboden

mengen und eine auch unter Sachverständigen nicht ganz klare Meinung legen eine sofort einleuchtend erscheinende Lösung derzeit nicht nahe. Hieran arbeite ich noch.

Wenngleich diese Zusammenstellung auch nur eine Auswahl darstellt und der Tätigkeitsumfang entsprechend größer ist, so wird verständlich, dass dazu auch ein einfaches und erweiterbares Berichtswesen gehört. Einfach gehaltene kurze

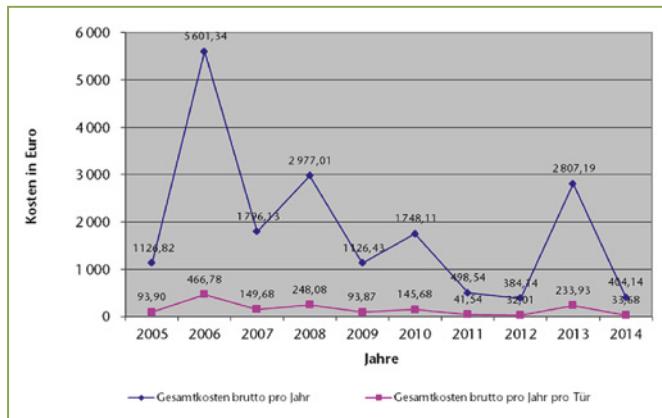


Abb. 34: Wartungskosten Außentüren

Jahresberichte werden ergänzt durch Fünfjahresrückblicke, die jedoch eher als Vorausblick dienen. Diese Berichte enthalten sowohl Materialhaltbarkeitsangaben wie die tatsächliche Einschätzung des Istdzustandes. Foto- und Plandokumentationen ergänzen das Archivwesen. Baupläne werden parallel zu Instandhaltungsplänen umgearbeitet, damit sie als Arbeitsgrundlage herangezogen werden können.

und Ausgang geöffnet. Nicht nur wegen der Temperatur- und Feuchtebeeinflussung, sondern auch wegen der Luftströmungen zur Chorschranke hin und der damit verbundenen Reduzierung von Rußbildung.

Eine halbe Million Euro benötige ich für Wartungs-, Instandhaltungs-, Reinigungs- und Bewachungskosten per annum. Reinvestitionen gerade in elektrotechnische oder sicherheitstechnische Anlagen, die aufgrund des rasanten und seitens der Industrie beförderten, manchmal auch nur so benannten technischen Fortschritts notwendig werden, sind darin noch nicht erfasst.

6 Ausblick

Kontinuierliche Pflege zahlt sich aus. Vorausschauende, integrierte Planung ist effektiv: Fachplanergespräche führen uns jährlich zusammen und wir schöpfen aus dem darin versammelten Sachverstand neue Ideen, die uns für den Erhalt des Gebäudes sinnvoll erscheinen.

Kontinuierliche Überprüfungen der Nutzungsprozesse sind jedoch ebenso notwendig und Bestandteil meiner Arbeit. Im Winter beispielsweise wird nur noch eine Außentür für den Ein-

Gehen wir noch einmal zum Anfang zurück: Die zeitliche Dimension eines Bauwerks ist eine andere als die, die wir Menschen haben. Wir müssen uns daher immer fragen, ob das, was wir heute für wichtig erachten, auch noch die gleiche Relevanz in beispielsweise 20 Jahren haben wird? Kann manches doch langfristiger gesehen werden oder muss wirklich alles sofort unter dem Druck der Nutzung baulich endgültig gemacht werden? Ich sehe die Herausforderung für mich



Abb. 35: Innenverglasung



Abb. 36: Blick auf die Laterne (Quelle: Prof. Jörg Schöner)

und meine Arbeit kurz gesagt darin, eine adäquate Antwort auf die Fragen, die uns das Bauwerk stellt, zu finden. Für das Bauwerk ist nur entscheidend, wie gut die Antwort vorbereitet und ausgeführt wird.

Alle Arbeit bisher konnte von uns allein nicht bestritten werden. Der Dank geht daher auch an dieser Stelle an alle, die uns bisher durch fachlichen Rat und mit menschlichem Wohlwollen beraten haben. Mit dem weiten Blick auf die Laterne der Frauenkirche sage ich herzlichen Dank dem Veranstalter für die Einladung und Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!

7 Quellennachweis

Die Abbildungen entstammen dem Archiv der ehemaligen Baudirektion bzw. der jetzigen Kirchbauverwaltung der Stiftung Frauenkirche Dresden und sind deren Eigentum.

Mindestwärmeschutz bei Bauteilanschlüssen

Risikobewertung, wenn der normative Nachweis nicht erbracht werden kann

Gregor A. Scheffler

Zusammenfassung

Die normativen Anforderungen an den Mindestwärmeschutz im Bereich von Bauteilanschlüssen dienen der Sicherstellung der Schimmelfreiheit der baulichen Oberflächen. Die Bemessung erfolgt mithilfe von Wärmebrückeberechnungen. Bei historischen Gebäuden oder bei Einsatz einer Innendämmung werden dann meist zusätzliche Flanken- und Laibungsdämmungen im Bereich der Fenster- und Bauteilanschlüsse erforderlich.

In der Praxis lassen die konstruktiven Bedingungen – gerade bei historischer Bausubstanz – eine normgerechte Umsetzung jedoch oft nicht zu, weil der erforderliche Platz nicht zur Verfügung steht. Die Abweichung von den normativen Vorgaben ist dann häufig die einzige sinnvoll erscheinende Alternative, die jedoch mit bauphysikalischen und haftungsrechtlichen Risiken einhergeht. Der Beitrag zeigt, wie das bauphysikalische Risiko bewertet werden kann und gibt darüber hinaus Hinweise zum Umgang mit dem Haftungsrisiko.

1 Einleitung

Die Sanierung von Gebäuden, vor allem zur Reduktion des Energieverbrauchs und zur Steigerung des Nutzerkomforts, ist seit vielen Jahren schon ein kontinuierlich wachsender Bereich der Bauwirtschaft. Häufig liegt dabei der Fokus zunächst auf dem Austausch alter Heizungsanlagen oder dem Einbau neuer Fenster. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass insbesondere der alleinige Fensteraustausch zu bauphysikalischen Problemen wie Schimmelpilzbefall führen kann. Der Schlüssel zur Vermeidung von Schimmelschäden nach Sanierung und einem gleichzeitig behaglichen Innenraumklima liegt in der Anhebung der Oberflächentemperaturen der Raumumschließungsflächen und damit auch in der thermischen Ertüchtigung der Außenwände und -decken. Dabei kommt der Einhaltung des Mindestwärmeschutzes im Bereich der Bauteilanschlüsse eine große Bedeutung zu.

Allerdings kann gerade bei historischer Bausubstanz der normgerechte Mindestwärmeschutznachweis aus konstruktiven Gründen häufig nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand erbracht werden. Dem Erhalt von Bausubstanz steht dann ein erhöhtes Schimmelrisiko, der normkonformen Planung und Ausführung ein erhöhtes Haftungsrisiko gegenüber. Der vorliegende Beitrag geht vor diesem Hintergrund am Beispiel der Innendämmung der Frage nach, wie in einem solchen Fall das tatsächliche Schimmelrisiko bewertet werden kann und welche Möglichkeiten sich daraus für den Bauwerkserhalt – auch außerhalb der Norm – ergeben.

2 Mindestwärmeschutz und Innendämmung

Durch Anbringen einer Innendämmung wird der Wärmeabfluss über die gedämmte Außenwand reduziert. In der Folge sind die Wandoberflächentemperaturen mit Innendämmung deutlich höher als ohne die Innendämmung, was sowohl die Bequemlichkeit verbessert als auch die Anfälligkeit für einen Schimmelpilzbefall reduziert.

In Anschlussbereichen wie Fenstern oder einbindenden Wänden und Decken führt die Innendämmung jedoch dazu, dass die Oberflächentemperaturen häufig niedriger sind als ohne diese. Das liegt daran, dass der mit der Innendämmung einhergehende Temperaturabfall im

Bauteil zum größten Teil innerhalb der Dämmung stattfindet. Damit ist die Bestandskonstruktion deutlich kälter. Die kältere Bestandskonstruktion sorgt dafür, dass in den Anschlussbereichen mehr Wärme aus den einbindenden Bauteilen nach außen abfließt. Zudem verhindert die Innendämmung zusätzlich das Nachströmen von Wärme aus dem ungestörten Wandbereich. Abb. 1 und Abb. 2 zeigen diese Veränderung am Beispiel in die Außenwand einbindender Bauteile.

Zur Vermeidung von Schimmelproblemen müssen diese Wärmebrückendetails im Rahmen der Bemessung berücksichtigt werden. Bei Fensterlaibungen sowie bei einbindenden Bauteilen mit hoher Wärmeleitfähigkeit muss hier meist mittels einer flankierenden Wärmedämmung die Oberflächentemperatur angehoben werden, um

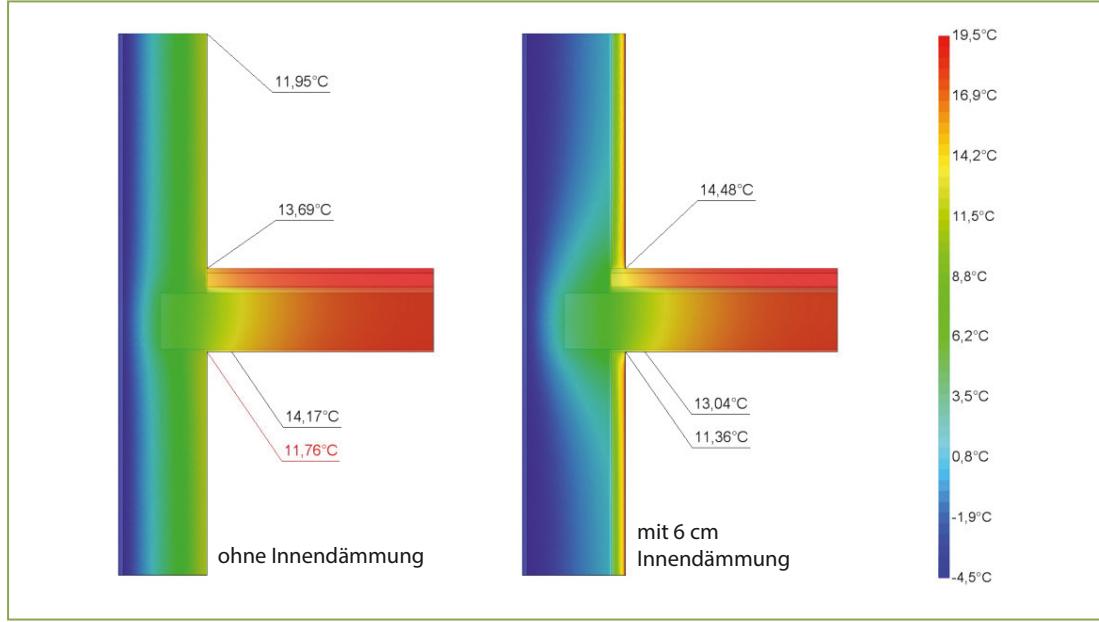


Abb. 1: Vergleich der stationären Temperaturverteilung sowie der Innenoberflächentemperaturen im Anschlussbereich einer in die Außenwand einbindenden Geschossdecke ohne und mit Innendämmung

das Schimmelrisiko zu minimieren. Die entsprechenden Maßnahmen können mithilfe von Wärmebrückeberechnungen dimensioniert und optimiert werden.

3 Normativer Nachweis

Zur Sicherstellung der Schimmelfreiheit der baulichen Oberflächen müssen die Mindestwärmeschutzanforderungen gemäß DIN 4108-2 eingehalten und nachgewiesen werden. Der zu führende Nachweis sieht für komplexe Anschlüsse eine Wärmebrückeberechnung nach DIN EN ISO 10211 vor. In deren Ergebnis wird die stationäre Temperaturverteilung zur Bewertung herangezogen – siehe die Beispielberechnungs-

ergebnisse in Abb. 1 und Abb. 2. Für einen positiven Nachweis gemäß DIN 4108-2 muss die Temperatur an der kältesten Stelle der raumseitigen Oberflächen stets $\geq 12,6^{\circ}\text{C}$ sein. Das in diesem Kontext verwendete Kriterium ist der Oberflächentemperaturfaktor f_{RSi} mit einem Wert von $\geq 0,7$.

$$f_{\text{RSi}} = \frac{\theta_{\text{si}} - \theta_{\text{e}}}{\theta_{\text{i}} - \theta_{\text{e}}}$$

mit

f_{RSi} Oberflächentemperaturfaktor [--]

θ_{i} Raumtemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{e} Außentemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{si} minimale Oberflächentemperatur des Bau- teils [$^{\circ}\text{C}$].

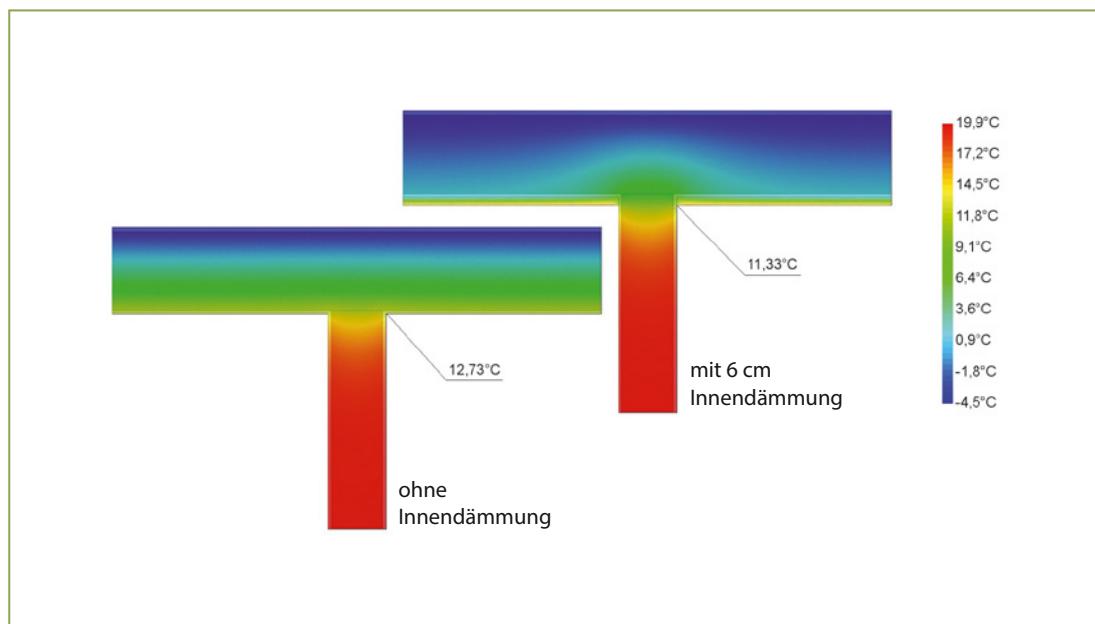


Abb. 2: Vergleich der stationären Temperaturverteilung sowie der Innenoberflächentemperaturen im Anschlussbereich einer in die Außenwand einbindenden Innenwand ohne und mit Innendämmung

Der Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} ist definiert als das Verhältnis aus der Differenz von Innenoberflächen- und Außentemperatur zur Differenz von Innen- und Außentemperatur. Die Berechnung der stationären Temperaturverteilung erfolgt auf Grundlage von DIN EN ISO 10211 mithilfe numerischer Berechnungsverfahren. Es werden konstante klimatische Randbedingungen gemäß DIN 4108-2 berücksichtigt. Für den Innenraum wird eine Raumlufttemperatur von 20 °C bei einem inneren Wärmeübergangswiderstand von $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ (bei Fenstern $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$) angesetzt. Als Außenklima wird eine Temperatur von -5 °C bei einem äußeren Wärmeübergangswiderstand von $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ angesetzt. Unter diesen Randbedingungen ergibt eine raumseitige Oberflächentemperatur von 12,6 °C genau den Oberflächentemperaturfaktor von $f_{Rsi} = 0,7$.

Der Anforderungswert der Mindestoberflächentemperatur von 12,6 °C geht darauf zurück, dass im Allgemeinen davon ausgegangen wird, dass auf baulichen Oberflächen ein Schimmelwachstum erst bei relativen Luftfeuchten oberhalb von 80% möglich ist. Als Bemessungswerte für das Innenraumklima werden allgemein 20 °C und 50% relative Luftfeuchte angesetzt. Kühlt sich diese Raumluft ab, steigt die relative Luftfeuchte. Sie erreicht bei 12,6 °C den Grenzwert von 80%. Daher kann – für die Bemessungsrandbedingungen der Norm – ein Schimmelwachstum ausgeschlossen werden, wenn die minimale Oberflächentemperatur stets $\geq 12,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt.

4 Bemessung flankierender Maßnahmen

Der Mindestwärmeschutznachweis für die Bauteilanschlüsse zielt darauf ab, Schimmelprobleme im Bereich von Bauteilanschlüssen zu vermeiden. Bei einer geplanten Innendämmung sind die Bauteilanschlüsse deshalb mithilfe von Wärmebrückeberechnungen auf Grundlage von DIN EN ISO 10211 in Kombination mit den Anforderungen der DIN 4108-2 zu bemessen und nachzuweisen. Kann der Nachweis nicht ohne Weiteres erbracht werden, müssen die Anschlussdetails mithilfe flankierender Wärmedämmung soweit thermisch ertüchtigt werden, dass die minimale Oberflächentemperatur beim Nachweis oberhalb der kritischen Marke von 12,6 °C liegt. Im Bereich der in die Außenwandkonstruktion einbindenden Wände und Decken sind hierfür in der Regel Flankendämmungen im Anschlussbereich der einbindenden Bauteile erforderlich. Für Fensteranschlüsse muss eine Laibungsdämmung vorgesehen werden. Die meisten Hersteller bieten hierfür geeignete Produkte wie Laibungsdämmplatten und Dämmkeile an. Diese sind in ihren Abmessungen und Eigenschaften zumeist so gewählt, dass sie die üblichen Anwendungsfälle erfolgreich abdecken (s. Abb. 3).

5 Spezialfall Fensteranschluss

Die Bemessung von Fensteranschlüssen in Bezug auf die Einhaltung der Mindestwärmeschutzanforderungen wird ebenfalls mithilfe von Wär-

mebrückeberechnungen vorgenommen. In deren Ergebnis ist meistens eine Laibungsdämmung vorzusehen. Bei Bestandswänden mit hoher Wärmeleitfähigkeit können sehr große Laibungsdämmstärken erforderlich werden. Ungünstige Anschlusssituationen und große Laibungstiefen verschärfen das Problem weiter.

Abb. 4 zeigt das Bemessungsbeispiel eines mit Sandsteingewänden eingefassten Fensters in einer Wand aus Bruchsandsteinmauerwerk bei einer Laibungstiefe von 30 cm. Erst mit einer 6 cm starken Laibungsdämmung kann die Anforderung an den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2 erfüllt werden.

In der Praxis ist es oft nicht – oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Eingriff in die Bestandskonstruktion – möglich, die rechnerisch erforderlichen Maßnahmen auch tatsächlich umzusetzen. Das betrifft vor allem die Fensteranschlüsse, weil aufgrund der vorhandenen Geometrie häufig der Platz für eine Laibungsdämmung gar nicht oder nur stark limitiert vorhanden ist (Abb. 5).

In solchen Fällen muss kritisch abgewogen werden, bis zu welchem Umfang die Maßnahmen tatsächlich unbedingt erforderlich sind und welche Kompromisse zum Erhalt der Bausubstanz sinnvoll und vertretbar sind. In jedem Fall ist es besser, den *möglichen* Maßnahmenumfang zu realisieren, als ganz darauf zu verzichten. Beispiele-

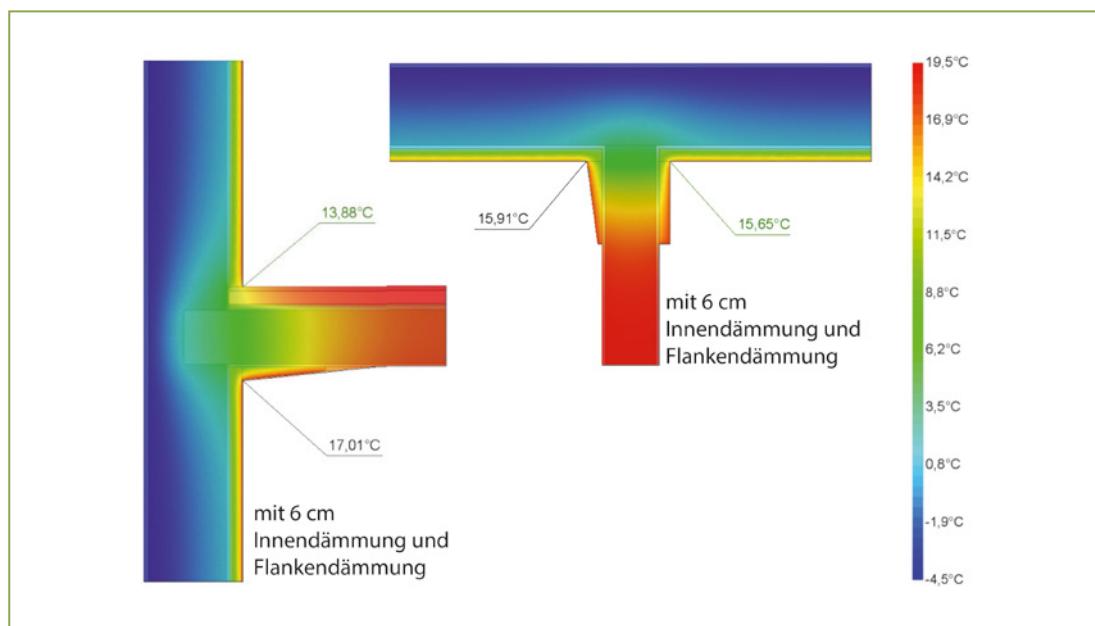


Abb. 3: Vergleich der stationären Temperaturverteilung sowie der Innenoberflächentemperaturen im Anschlussbereich für eine in die Außenwand einbindende Geschossdecke (links) und eine in die Außenwand einbindende Innenwand (rechts), jeweils mit Innen- und Flankendämmung

weise verringert bereits eine dünne Laibungs-dämmung das Schimmelrisiko erheblich, auch wenn mit ihr noch nicht das Anforderungsniveau der DIN 4108-2 erfüllt werden kann. Andererseits bewegen sich Planung und Ausführung dann schnell außerhalb der Norm. Aus der Nichteinhaltung der Anforderungen gemäß DIN 4108-2 ergeben sich Konsequenzen, derer sich Planer und Ausführende bewusst sein müssen.

Zum einen bleibt ein – im Vergleich zum Bemessungskonzept der DIN 4108-2 – erhöhtes Schimmelrisiko. Bei niedrigen Außentemperaturen wird die innere Mindestoberflächentemperatur unterschritten. Dadurch kann es im Bereich der Bauteilanschlüsse zu erhöhten relativen Luftfeuchten kommen, die eine Schimmelpilzbildung begüns-

tigen. Ob es tatsächlich zu einem Schimmelpilzbefall kommt, hängt von den realen Bedingungen am Bauwerk ab, insbesondere vom lokalen Außenklima und vom Heiz- und Lüftungsverhalten der Nutzer. Eine Risikobewertung ist möglich, indem die tatsächlich zu erwartenden hydro-thermischen Verhältnisse in der Fensterlaibung einzelfallbezogen hydrothermisch berechnet und anschließend in Bezug auf mögliches Schimmelpilzwachstum ausgewertet werden.

Zum anderen werden Anforderungen aus einer bauaufsichtlich eingeführten Norm (DIN 4108-2) nicht eingehalten. Das bedeutet, dass das Baurecht und die allgemein anerkannten Regeln der Technik verletzt werden. Der Bauherr ist über diesen Umstand und die möglichen Folgen aufzu-

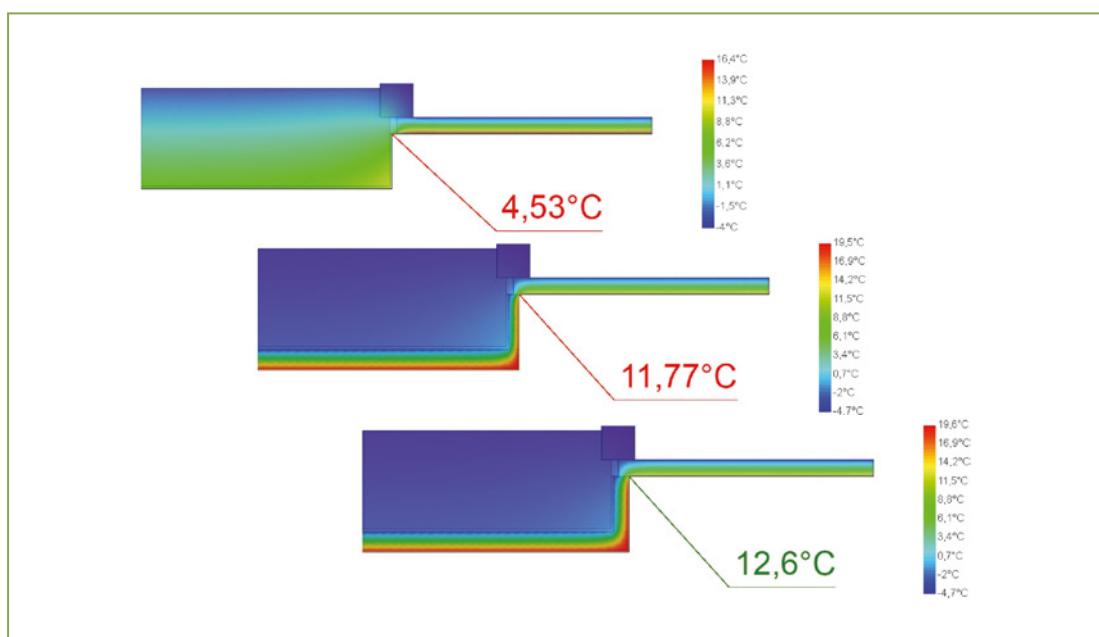


Abb. 4: Vergleich der stationären Temperaturverteilung und der Innenoberflächentemperaturen für das Fensterlaibungsdetail einer Sandsteinwand im Bestand (oben) sowie mit 8 cm Innendämmung und 4 cm Laibungsdämmung (Mitte) bzw. 6 cm Laibungsdämmung (unten)

klären. Er muss die Abweichungen mittragen und das entstehende Risiko übernehmen, was meist nur bei selbstgenutzten Immobilien möglich sein wird. In jedem Fall müssen sich Planer und Ausführender des erhöhten Haftungsrisikos bewusst sein, das sie bei Abweichungen von den allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehen.

6 Beispiel einer Risikoanalyse

Für das in Abb. 5 bzw. Abb. 4 gezeigte Beispiel wurde eine entsprechende Risikoanalyse vorgenommen. Wird der Bestandsinnenputz entfernt, wäre eine 2 cm dicke Laibungsdämmung denkbar. Als Innenklima ist von einer Büro- bzw. Wohnnutzung auszugehen. Als Außenklima ist für den Gebäudestandort das Testreferenzjahr von



Abb. 5: Fotos des Bestandsfensters, für welches das Ergebnis der Dimensionierung der Laibungsdämmung in Abb. 4 dargestellt ist. Es wird deutlich, dass eine 6 cm starke Laibungsdämmung nicht ohne Weiteres umzusetzen ist.

Mannheim maßgebend, wobei berücksichtigt werden muss, dass sich das Gebäude in geschützter Lage befindet. Das Fensteranschlussdetail wurde unter diesen Randbedingungen mithilfe hygrothermischer Berechnungen auf Grundlage der WTA-Merkblätter 6-2 und 6-3 mit der Software Delphin [3] analysiert.

Zur Bewertung werden die Feuchteverhältnisse auf der Innenoberfläche der Fensterlaibung ausgewertet und diskutiert. Der Verlauf der relativen Luftfeuchte ist dafür in kleineren Ausschnitten ausgegeben. Diese sind in Abb. 6 und Abb. 7 dargestellt, wobei jeweils die für das Schimmel- pilzwachstum häufig herangezogene Grenze von 80% mit einer blauen Linie gekennzeichnet wurde.

Die Daten zeigen, dass der Grenzwert von 80% jeweils dreimal pro Jahr deutlich und auch für



einen gewissen Zeitraum überschritten wird. Konkret lässt sich Folgendes erkennen:

- eine Periode von ca. sechs Tagen mit langsamer Zunahme und langsamer Abnahme der relativen Luftfeuchte, mittlerer Maximalwert von rund 85 %
- eine Periode von rund einer Woche mit steilerer Zunahme, einigen Schwankungen und auch steiler Abnahme, Maximalwerte von 87 % bis 89 %
- eine Periode von rund vier Tagen mit steiler Zunahme, deutlichen Schwankungen und steiler Abnahme, mittlere Maximalwerte von etwa 85 %.

Zur Interpretation dieser Ergebnisse müssen einerseits die angesetzten Klimarandbedingungen und andererseits die Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze betrachtet werden.

Als Außenklima wurde der für die Region gemäß DWD repräsentative Klimadatensatz von Mannheim zyklisch, d.h. jährlich wiederholend, verwendet. Die jeweils für knapp eine Woche andauernden kalten Perioden sind damit zwar durchschnittlich repräsentativ für die Region, d.h. jedoch nicht, dass es in der Realität nicht auch Jahre mit deutlich längeren oder kürzeren sowie deutlich strengeren oder milderden Kaltwetterperioden geben kann. Das Wetter ist damit der erste Risikofaktor, der bei den Berechnungen

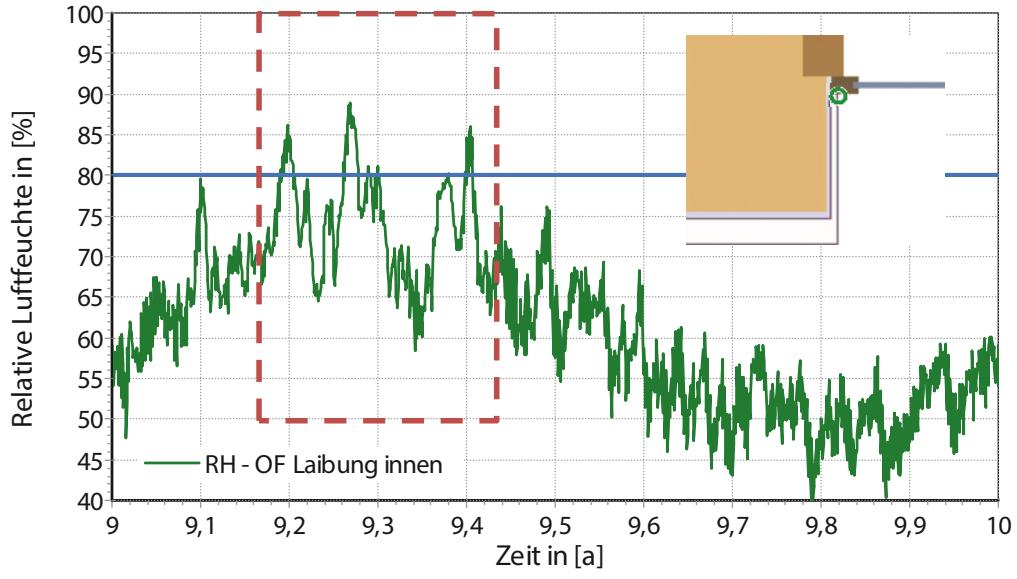


Abb. 6: Detail Fensteranschluss Sandstein-Sichtfassade: Ausschnitt aus dem Verlauf der relativen Luftfeuchte an der Oberfläche der Fensterlaibung im 10. Berechnungsjahr mit Markierung der 80 %-Marke als kritischem Wert für die Schimmelbildung

repräsentativ, aber nicht weit auf der sicheren Seite berücksichtigt wurde.

Das Innenklima wurde konstant mit 20 °C und 50 % relativer Luftfeuchte angesetzt (Bemessungsfall gemäß DIN 4108-2). Als innerer Wärme- und Dampfübergang wurden die normalen Übergangskoeffizienten für horizontalen Transport verwendet (und nicht der erhöhte Wärmeübergangswiderstand für den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2).

Das Innenklima liegt auf der sicheren Seite, weil bei kalten Temperaturen die Innenraumluftfeuchte erfahrungsgemäß eher Werte zwischen 30 % und 40 % annimmt (vgl. den in Abb. 8 dargestellten Ansatz für das Innenklima in Abhängigkeit

vom Außenklima gemäß WTA-Merkblatt 6-2). Die berücksichtigten 50 % wirken auf die Konstruktion sehr ungünstig. Dafür wurde die zusätzliche Sicherheit des normativen Nachweises (der erhöhte Wärmeübergangswiderstand), die in den Ergebnissen der Wärmebrückeneberechnungen enthalten ist (Abb. 4), bei den hygrothermischen Berechnungen nicht angewandt.

Insgesamt ist aus bauphysikalischer Sicht im Hinblick auf die klimatischen Randbedingungen bei den Berechnungen vor allem bezüglich der Innenraumluftfeuchte noch Sicherheit enthalten.

Zur Einschätzung des Risikos der Schimmelpilzbildung auf der inneren Laibungsoberfläche können die Berechnungsergebnisse anhand der in

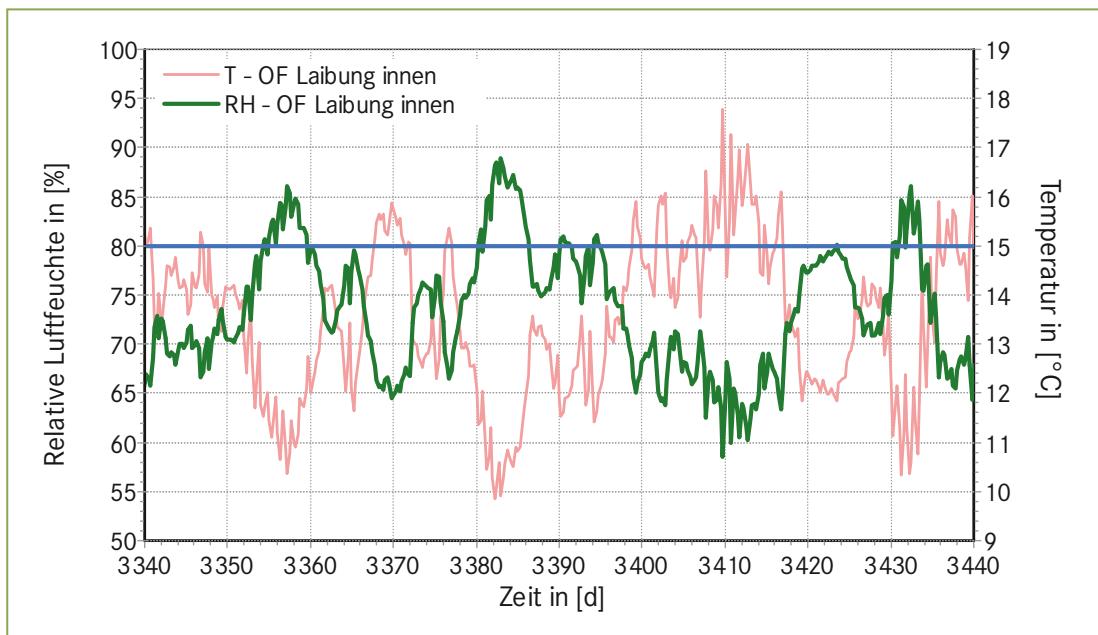


Abb. 7: Detail Fensteranschluss Sandstein-Sichtfassade: Ausschnitt aus dem Verlauf der relativen Luftfeuchte und der Temperatur an der Laibungsoberfläche im Winter des 10. Jahres mit Markierung der 80 %-Schwelle als kritischem Wert für das Schimmelpilzwachstum

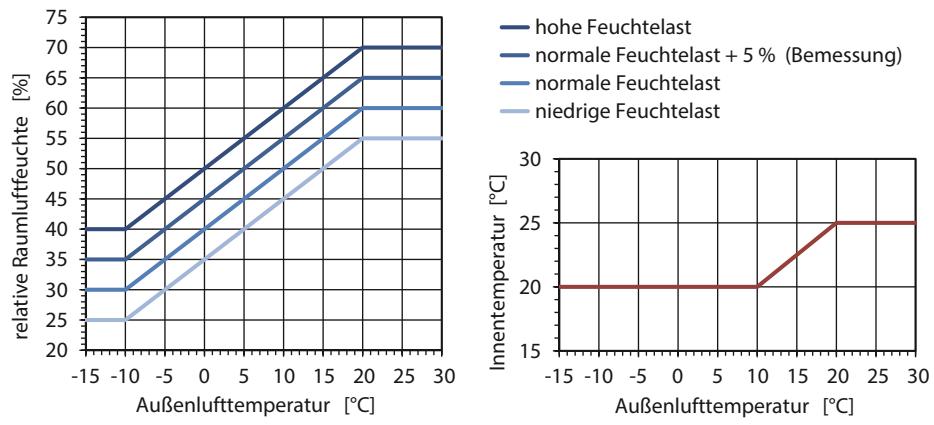


Abb. 8: Diagramme zur Bestimmung der Raumlufttemperatur und -feuchte in Abhängigkeit von den Tagesmittelwerten der Außenlufttemperatur gemäß WTA-Merkblatt 6-2

Abb. 9 dargestellten Diagramme bewertet werden. Die Diagramme zeigen Linien gleicher Wachstumsbedingungen für baurelevante Schimmel pilze gemäß [4] und WTA-Merkblatt 6-3. Ausgehend davon, dass die Laibungs oberfläche nicht mit einer Tapete versehen, sondern lediglich gespachtelt und gestrichen wird (vorzugsweise mit einem silikatischen Anstrich), ist das Diagramm links unten (Sporenauskeimung für Substratgruppe II) maßgeblich.

Bei der ersten der anhand von Abb. 7 ermittelten drei Kälteperioden bewegen sich die Temperaturen zwischen 10,5 °C und 12 °C und die relative Luftfeuchte zwischen 80 % und 85 % in einem Zeitraum von etwa sechs Tagen. Diese Bedingungen liegen gerade an der Grenze zur überhaupt möglichen Sporenauskeimung und bleiben unterhalb der 16-Tage-Linie. Das bedeutet, dass es bei diesen Bedingungen nur dann zu einer Sporenauskeimung kommen kann, wenn sie deutlich länger als 16 Tage vorliegen. Dies ist nicht der Fall.

Bei der zweiten Kälteperiode bewegen sich die Temperaturen zwischen 10 °C und 12 °C und die relative Luftfeuchte zwischen 80 % und 89 % über einen Zeitraum von rund sieben Tagen. Diese Bedingungen reichen bis etwa an die Acht-Tage-Linie für die Sporenauskeimung heran. Die Periode unterschreitet damit die erforderliche Dauer des Vorliegens der Temperatur- und Feuchtebedingungen, um eine Sporenauskeimung zu ermöglichen, nur knapp.

Bei der dritten Kälteperiode stellen sich in einem Zeitraum von etwa vier Tagen wieder Temperaturen zwischen 10,5 °C und 12 °C und relative Luftfeuchten zwischen 80 % und 85 % ein. Die Auswertung entspricht der ersten Periode; die Gefahr der Sporenauskeimung besteht in dieser kurzen Zeit nicht.

Das bedeutet, dass auch bei genauer Auswertung der Berechnungsergebnisse, bezüglich der Sporenauskeimung und unter Berücksichtigung einer

sehr hohen relativen Raumluftfeuchte, im Winter ein Schimmelwachstum noch ausgeschlossen werden kann. Die Ergebnisse zeigen allerdings auch, dass die Konstruktion mit 2 cm dicker Laibungsdämmung der Grenze zur erfolgreichen Sporenauskeimung sehr nahe kommt. Bei längeren Perioden mit sehr niedrigen Außentemperaturen (härterer Winter) wäre eine Sporenauskeimung möglich. Als Sicherheit bleibt nur die relativ hoch angenommene Raumluftfeuchte.

Damit wird deutlich, dass im normativen Mindestwärmeschutznachweis zur Garantie der Schimmelfreiheit der inneren Oberflächen, der ja für Deutschland insgesamt ohne Rücksicht auf regionale klimatische Unterschiede gilt, für die Klimaregion Mannheim ein gewisses Maß an Sicherheit enthalten ist. Auf dieser Grundlage wären geringfügige Unterschreitungen der geforderten Mindestoberflächentemperaturen bauphysikalisch vertretbar. Für die betrachteten Fensterlaibungen liegt das bauphysikalische Mindestmaß einer Laibungsdämmung bei 2 cm. Dies kann jedoch

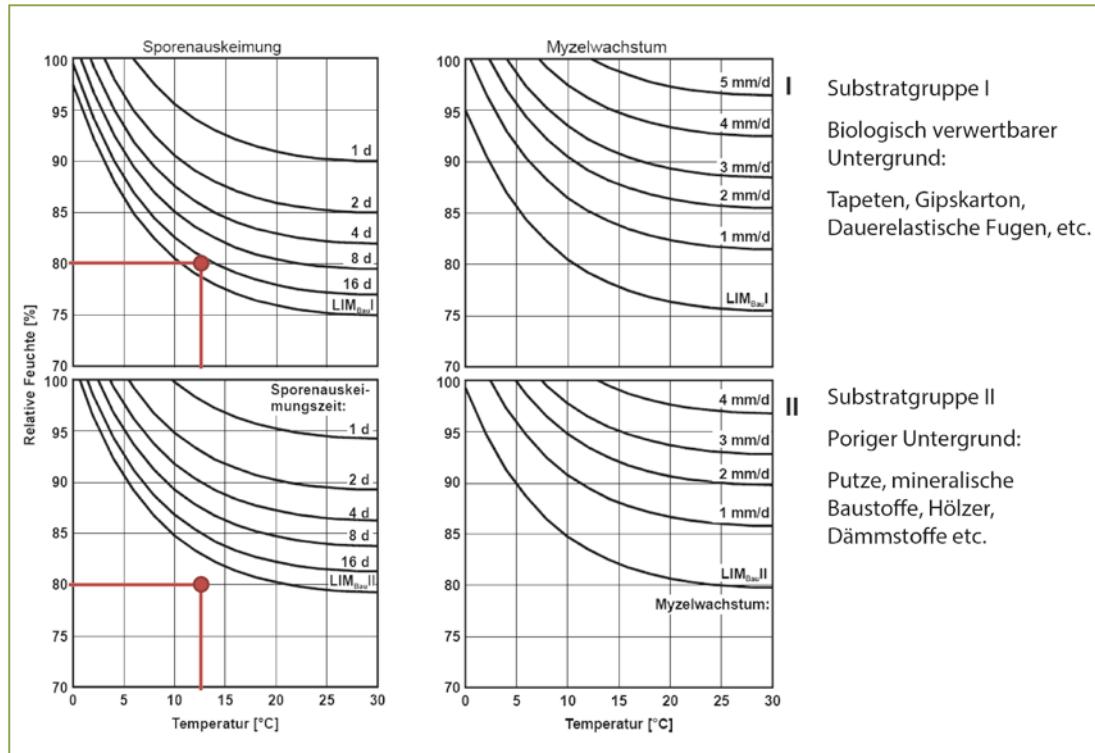


Abb. 9: Diagramme mit Linien gleicher Wachstumsbedingungen für das Schimmelpilzwachstum baurelevanter Schimmelpilze in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchte gemäß [4]: links für die Sporenauskeimung, rechts für das anschließende Myzelwachstum. Die oberen Diagramme gelten für Substratgruppe I (gut biologisch zu verwertende Untergründe), die unteren Diagramme für Substratgruppe II (mäßig biologisch verwertbare, porige Untergründe). Für die Sporenauskeimung ist die Bemessungsgröße gemäß DIN 4108-2 gekennzeichnet (12,6 °C mit 80% rel. Luftfeuchte) [4].

nur dann empfohlen werden, wenn der Bauherr bereit ist, das hier verdeutlichte Restrisiko eines Schimmelbefalls zu übernehmen und den bau-physikalischen Planer diesbezüglich von der Haftung freizustellen.

7 Fazit

Die normativen Anforderungen an den Mindestwärmeschutz zur Sicherstellung der Schimmelfreiheit der baulichen Oberflächen erfordern vor allem bei Innendämmungen häufig zusätzlich Flanken- und Laibungsdämmungen im Bereich der Fenster- und Bauteilanschlüsse. Diese können zwar mithilfe von Wärmebrückeberechnungen bemessen werden, häufig lassen die konstruktiven Bedingungen – gerade bei historischer Bausubstanz – eine normgerechte Umsetzung jedoch nicht zu.

Das mit der Abweichung von den normativen Regelungen verbundene bauphysikalische Risiko kann ermittelt und bewertet werden. Dazu sind hygrothermische Berechnungen unter Berücksichtigung der realen Klimaverhältnisse (innen und außen) und des Baustoffverhaltens notwendig. Unter Anwendung von Schimmelprognosemodellen auf die Temperatur- und Feuchteverläufe an den kritischen Anschlussbereichen kann anschließend das Schimmelrisiko standortbezogen abgeschätzt werden.

Dem haftungsrechtlichen Risiko kann dagegen nur durch Aufklärung und einvernehmliche Regelungen gemeinsam mit dem Bauherrn begegnet

werden. Dies ist meist nur bei selbstgenutzten Gebäuden ohne Weiteres möglich.

8 Literatur

- [1] DIN 4108-2:2013-02. Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [2] DIN EN ISO 10211:2015-06. Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen (ISO/DIS 10211:2015); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 10211:2015
- [3] Nicolai, Andreas; Grunewald, John; Fechner, Heiko: DELPHIN: Simulationsprogramm für den gekoppelten Wärme-, Luft-, Feuchte-, Schadstoff- und Salztransport. URL: www.bauklimatik-dresden.de/delphin [Stand: 05.2015]
- [4] Sedlbauer, Klaus: Vorhersage von Schimmelpilzbildung in und auf Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart, 2001
- [5] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 6-2-14/D Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [6] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 6-3-05/D Rechnerische Prognose des Schimmelwachstumsrisikos. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007
- [7] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 6-4-09/D Innendämmung nach WTA-I: Planungsleitfaden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009

Genormte und nicht genormte Lehmbaustoffe für die Sanierung und ihre Anwendung

Ulrich Röhlen

1 Einleitung

Lehm, Holz und Naturstein waren bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts die am häufigsten verwendeten Baustoffe. Die Wahl der Bauweise richtete sich nach den am Ort verfügbaren oder mit vertretbarem Aufwand zu transportierenden Baumaterialien. Das Erscheinungsbild ländlicher Gebiete wird bis heute durch regionaltypische Baustoffe und Bauweisen geprägt.

Lehm wurde im Hausbau vielfältig eingesetzt. Er wurde für die Herstellung von Mörteln, Putzen, Fußböden, Ausfachungen, Deckenfüllungen und sogar Dacheindeckungen verwendet. Ein Teil dieser Anwendungen hat sich im Bestand bis heute in erheblichem Umfang erhalten. Weniger bekannt ist, dass Lehm auch auf dem Gebiet des heutigen Deutschlands bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts als Massenbaustoff für tragende Wände eingesetzt wurde und die Massivlehmtechniken in vielen ländlichen Bereichen die dominierende Bauart zum Errichten von Wandkonstruktionen war. Verbreitet sind der Lehmsteinbau, der Stampflehmbau und der Wellerlehm [1].

Das aktuell gestiegene Interesse am Baustoff Lehm insgesamt spiegelt sich auch in einer stärkeren Beachtung des historischen Bestands an Lehmbauten wider. Ihre Bedeutung als Zeugnis der Baukultur wird wieder stärker beachtet.

Bis weit ins 20. Jahrhundert wurden die Herstellung von Lehmbaustoffen und die Ausführung von Lehmbautechniken als Erfahrungswissen vermittelt. Aufgrund der geringen Sicherheitsrelevanz und der marginalen wirtschaftlichen Bedeutung wurde ein Regelungsbedarf erst spät gesehen. Die ersten Regelungen der 1940er- und 1950er-Jahre legten den Schwerpunkt auf tragende Bauweisen. Ab den 1990er-Jahren wurde der Verbraucherschutz wichtiger.

Heute gibt es zu nahezu allen Lehmbaustoffen für die Sanierung Regelungen. Größtenteils werden sie als Fertigprodukte eingesetzt. Die Anwendung von individuell auf der Baustelle hergestellten Lehmbaustoffen ist bauaufsichtlich ebenfalls zulässig.

2 Regelung von Lehmbaustoffen in Deutschland

2.1 Ältere Regelwerke zum Lehmbau

Im Oktober 1944 trat im Deutschen Reich die *Verordnung über Lehmbauten (Lehmabauordnung)* in Kraft. Entstanden war sie ab 1942 aufgrund eines Regelungsbedarfs, der zunächst für das Lehmbauvolumen der im Krieg besetzten östlichen Gebiete gesehen wurde. Ergänzend wurden

nach dem Krieg im Jahr 1947 die *Ausführungsbestimmungen zur Lehmabauordnung* erlassen, die zunächst in allen Besatzungszonen der Alliierten angewendet wurden. Ebenfalls aus dem Jahr 1947 stammt die DIN 1169 *Lehm Mörtel für Mauerwerk und Putz*. Sie formulierte nur einfache Anforderungen und Prüfungen:

»Lehm ist zu fett, wenn er zähklebrig ist und sich mit der Kelle nicht verarbeiten lässt. Lehm ist zu mager, wenn er 2 cm dick auf nicht zu porige Ziegel aufgestrichen nach 2 Tagen von der lotrecht gestellten Aufstrichfläche abfällt oder nicht fest genug wird.« [2]

Nach ihrer Gründung 1949 übten die beiden deutschen Staaten eine unterschiedliche Regelungspraxis aus. In der Bundesrepublik Deutschland wurde im Januar 1951 die DIN 18951 *Lehmabauten Vorschriften für die Ausführung* eingeführt. *Blatt 1 Lehmbauordnung* war die wörtliche Wiedergabe der Lehmbauordnung aus dem Jahr 1944, *Blatt 2 Lehmbauten, Erläuterungen* die Wiedergabe der Ausführungsbestimmungen von 1947. Die Normentwürfe DIN 18952 bis DIN 18957 erreichten 1956 lediglich Vornormenstatus. Sie wurden nicht mehr ausgearbeitet oder bauaufsichtlich eingeführt. Im Jahr 1971 wurde die DIN 18951 zurückgezogen.

In der Deutschen Demokratischen Republik wurden die in den Besatzungszonen bzw. der Bundesrepublik eingeführten Regelwerke im Jahr 1951 noch anerkannt. 1953 wurde die DIN 18951 durch das Regelwerk *Begriff, Anwendung und Verarbeitung des Baustoffs Lehm (Lehmabauordnung)* ersetzt. Weitere Regelungen waren die *Anordnung über die Anwendung der Lehmbauweise* und

die *Anweisung zur Anordnung über die Anwendung der Lehmbauweise*, beide ebenfalls aus dem Jahr 1953. Das Ende des rechtlichen Geltungszeitraums dieser Regelungen ist unklar [3].

2.2 Lehmbau Regeln des Dachverbands Lehm e. V., Weimar

1996 konstatierte das Landesbauministerium von Mecklenburg-Vorpommern den Regelungsbedarf des Lehmabaus. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) betraute den 1992 in Weimar gegründeten Dachverband Lehm e. V. (DVL) mit der Formulierung einer neuen bauaufsichtlichen Grundlage. Die an diesem Prozess Beteiligten hielten eine Überarbeitung der alten DIN-Norm oder die Formulierung einer neuen Norm für nicht praktikabel. Stattdessen sollte ein neues, allgemeines Regelwerk den Stand der Technik dokumentieren. Bei der Erstellung des Textes im Jahr 1997 legte der DVL großen Wert auf breiten Konsens in der Fachwelt.

Im September 1998 beschloss die Arbeitsgemeinschaft der Landesbauministerien (ARGE Bau), die neu entstandenen *Lehmbau Regeln* in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen des DIBt aufzunehmen. Die Anwendung der *Lehmbau Regeln* wurde auf Wohngebäude mit maximal zwei Wohneinheiten sowie zwei Vollgeschossen eingeschränkt.

Mit der Aufnahme in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen wurden die *Lehmbau Regeln* zur bauaufsichtlichen Einführung in den Bundesländern empfohlen. 14 Bundesländer sind der Empfehlung gefolgt, in den verbliebenen

Ländern erfolgen baubehördliche Zustimmungen im Einzelfall mit Bezug auf das Regelwerk.

Im Jahr 2005 wurden die *Lehmbau Regeln* überarbeitet und als 3. Auflage 2009 veröffentlicht. Die nunmehr vorgeschriebene Deklaration der wichtigsten Eigenschaften von im Werk hergestellten Lehmaustoffen war der Auftakt zur Normierung von Lehmbauprodukten, wie sie 2005 seitens der Bauaufsicht perspektivisch gefordert worden waren.

Die *Lehmbau Regeln* gelten aktuell nach wie vor für alle nicht genormten im Werk hergestellten Lehmaustoffe und für alle auf der Baustelle hergestellten Lehmaustoffe [4].

2.3 Lehmaustoffnormen DIN 18945-18947

Veranlasst durch die perspektivische Forderung des DIBt nach Produktnormen wurden 2009 – 2011 an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Normentwürfe erarbeitet. Dazu wurden neue Materialprüfverfahren entwickelt und eingeführte Verfahren angepasst. Definiert wurden auch Verfahren zur Bewertung von Umwelteigenschaften und raumklimatischer Wirksamkeit (Feuchtesorption). Die Normentwürfe behandelten die Produktgruppen Lehmsteine, Lehmmauermörtel und Lehmputzmörtel.

Mit der inhaltlich weit gediehenen Vorarbeit initiierte der DVL am Deutschen Institut für Normung (DIN) im Jahr 2011 den Arbeitsausschuss Lehmbau NA 005-06-08 AA. Im August 2013 wurden die folgenden nationalen Normen für im Werk hergestellte Lehmaustoffe veröffentlicht:

- DIN 18945 *Lehmsteine – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren* [5]
- DIN 18946 *Lehmmauermörtel – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren* [6]
- DIN 18947 *Lehmputzmörtel – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren* [7].

2.4 Regelwerke zur Anwendung von Lehmaustoffen

Zum besonders wichtigen Anwendungsbereich Lehmputze veröffentlichte der DVL im September 2008 das Technische Merkblatt *Anforderungen an Lehmputze*. Es wurde nach Veröffentlichung der Lehmaustoffnormen überarbeitet und auf Anwendungsaspekte begrenzt. Es erschien im Juni 2014 mit dem Titel *Anforderungen an Lehmputz als Bauteil* [8].

Seit ihrer Veröffentlichung im Juni 2015 ist die Ausführung von Lehmputz in DIN 18550-2 *Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen – Teil 2: Ergänzende Festlegung zu DIN EN 13914-2 für Innenputze* [9] beschrieben. Ferner sind Lehmputzarbeiten seit 2012 Gegenstand des *Standardleistungsbuchs für das Bauwesen, Leistungsbereich 023 Putz- und Stuckarbeiten, Wärmedämmssysteme*. Lehmputz ist darüber hinaus Gegenstand der *Leitlinien für das Verputzen von Mauerwerk und Beton*, herausgegeben von den maßgeblichen Verbänden des deutschen Baugewerbes in diesem Sektor [10].

3 Genormte Baustoffe und ihre Anwendung für die Sanierung

3.1 Baustoffe

3.1.1 Lehmsteine nach DIN 18945

Ausgangsstoffe

Nach DIN 18945 werden Lehmsteine aus aufbereitetem Baulehm oder Lehmbaustoffen hergestellt. Alle dem Baulehm zugefügten Zuschlagsstoffe müssen vom Hersteller deklariert werden. Als Zuschläge dürfen verwendet werden:

mineralische Zuschläge:

- natürliche Gesteinskörnung nach DIN EN 12620
- Ziegelsplitt aus mortelfreien Ziegeln
- Blähperlit, Blähton, Blähglas, Blähhschiefer und Naturbims nach DIN EN 13055-1

organische Zuschläge:

- Pflanzenteile und -fasern
- Tierhaar
- zerkleinertes, chemisch unbehandeltes Holz (keine Holzwerkstoffe).

Herstellung

Lehmsteine können unterschiedlich hergestellt werden. Die Art hat wesentlichen Einfluss auf das Gefüge und damit auf die Eigenschaften des Lehmsteins. Sie ist vom Hersteller zu deklarieren. DIN 18945 differenziert folgende Begriffe zur Herstellung:

- formgeschlagener Lehmstein = Lehmstein, der durch händisches oder mechanisiertes »Patzen« (schwungvolles Einwerfen) oder Rütteln in eine Schalung geformt und anschließend ohne Nachverdichtung abgestrichen wird
- formgepresster Lehmstein = Lehmstein, der durch Pressen oder Stampfen in eine Form hergestellt wird
- stranggepresster Lehmstein = Lehmstein, der von einem durch ein Mundstück gepressten Strang abgeschnitten wird.

Anforderungen

Die möglichen Anwendungsbereiche von Lehmsteinen werden in der Norm hinsichtlich der notwendigen Resistenz gegen Feuchte- und Frosteinwirkung differenziert. Daraus resultieren vier Anwendungsklassen.

Das Feuchte- und Frostverhalten wird durch drei Prüfverfahren ermittelt: Durch den Tauchversuch

| Anwendungsbereich | Anwendungsklasse AK |
|--|---------------------|
| Verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk von Sichtfachwerk-wänden ^{a)} | Ia |
| Durchgängig verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk* | Ib |
| Verkleidetes oder anderweitig konstruktiv witterungsgeschütztes Außenmauerwerk, Innenmauerwerk | II |
| Trockene Anwendungen (z. B. Deckenfüllungen, Stapelwände) | III |

* Beanspruchungsgruppe I nach DIN4108-3 bzw. nach sorgfältiger Prüfung der örtlichen Schlagregenexposition

Tab. 1: Anwendungsklassen von Lehmsteinen [5]

wird die praktische Baustellentauglichkeit des Lehmsteins geprüft, indem er in Wasser getaucht wird. Der Saugversuch simuliert ein über eine gewisse Zeit stärkeres Wasserangebot, welchem der Stein kapillar saugend ausgesetzt wird. Die Simulation entspricht der im Fachwerk kritischen Beanspruchung des in die Gefachfuge eindringenden und dort stehenden Wassers (Ia) und des durch den Putz oder Putzrisse eindringenden Schlagregens (Ib). Lehmsteine, die bei der Feuchtebeanspruchung eine für die Anwendungsklasse Ia oder Ib erforderliche Resistenz gezeigt haben, werden außerdem der Prüfung des Frostwiderstands unterzogen. Bei der Kontaktprüfung wird die Feuchtebeanspruchung durch Putz- und Mauermörtel simuliert.

Geometrisch müssen Lehmsteine die Gestalt eines Quaders haben. Abweichungen sind zulässig, wenn sie vom Hersteller beschreibend deklariert werden. Die Stirnflächen von Lehmsteinen dürfen mit Nuten und Federn versehen sein. Zur besseren Putzhaftung sind an den Seitenflächen Profilierungen zulässig. Lochanteil und Stege von Lehmsteinen müssen den Anforderungen der jeweiligen Anwendungsklassen entsprechen (vgl. DIN 18945 Tabellen 2 und 3). Die Abmessungen von Lehmsteinen richten sich nach dem in Deutschland im Bauwesen üblichen Maßsystem.

Lehmsteine werden in Rohdichteklassen eingeteilt. Bei der Ermittlung der Steinrohdichte werden alle Löcher übermessen. Die Steinrohdichten müssen für die Einordnung in die jeweiligen Rohdichteklassen in den in DIN 18945 Tabelle 8.2 angegebenen Klassengrenzen liegen. Lehmsteine, die aufgrund ihres Leichtzuschlags-, Poren- oder Lochanteils der Rohdichteklasse 1,2



Abb. 1: Lehmsteine unterschiedlicher Anwendungsklassen bei der Tauchprüfung (Quelle: Christof Ziegert/BAM)

und kleiner zuzuordnen sind, können als Leichtlehmsteine bezeichnet werden.

Lehmsteine werden in Druckfestigkeitsklassen eingeteilt. Es gelten die Druckfestigkeitsklassen nach DIN 18945 Tabelle 8.3. Tragend eingesetzte Lehmsteine müssen mindestens der Druckfestigkeitsklasse 2 entsprechen. Lehmsteine für nicht-tragendes Mauerwerk müssen für die Handhabung und vorgesehene Anwendung ausreichend fest sein. Das trifft in der Regel bei einer Festigkeit von 1 N/mm^2 zu. Diese ist nur im Zweifelsfall durch Prüfung nach DIN 18945 Tabelle 9.4 nachzuweisen.

Bezüglich der Brandschutzanforderungen ist die in den zurückgezogenen älteren Normen geregelte Einstufung in Baustoffklassen anhand der Rohdichte nicht mehr zulässig. Lehmsteine

dürfen weiterhin ohne Prüfung der Baustoffklasse A1 zugeordnet werden, wenn der Gehalt an homogen verteilten organischen Zuschlägen $\leq 1\%$ der Masse oder des Volumens beträgt (wobei der größere Wert maßgebend ist).

Bezeichnung

Lehmsteine sind in folgender Reihenfolge zu bezeichnen:

Lehmstein tragend/nicht tragend – DIN-Hauptnummer – Lehmsteinkurzzeichen mit Herstellungsverfahren, ggf. Lochung und Druckfestigkeitsklasse – Anwendungsklasse – Rohdichteklasse – Format-Kurzzeichen.

3.1.2 Lehmmauermörtel nach DIN 18946

Ausgangsstoffe und Herstellung

Lehmmauermörtel wird aus Baulehm und geeigneten Zuschlägen sowie ggf. Fasern hergestellt. Die Notwendigkeit einer Faserbewehrung des Mörtels ist geringer als bei Lehmmautmörteln, da sie weniger auf Stoß oder Biegung beansprucht werden und auch die Rissgefährdung geringer ist.

DIN 18946 [6] benennt die in Werkmörteln zulässigen Zuschläge analog zu DIN 18945. Alle dem Baulehm zugefügten Stoffe müssen vollständig deklariert werden. Sand für Lehmmauermörtel hat üblicherweise bis 2 mm Korngröße.

Die Bestandteile müssen im Werk mithilfe geeigneter Mischer homogen vermengt werden. Abfüllung und Transport dürfen keine wesentliche Entmischung zur Folge haben.

Anforderungen

Überkorn muss kleiner als 8 mm sein, also kleiner als die Fugen. Eine materialgerechte Verarbeitbarkeit und der Verbund zum Lehmstein müssen in jedem Fall gewährleistet sein.

Das lineare Trocknungsschwindmaß von Lehmmauermörtel sollte nicht mehr als 2,5% betragen. Faserbewehrte Lehmmauermörtel dürfen ein lineares Trocknungsschwindmaß von bis zu 4,0% aufweisen. Die Rohdichte von Werkmörteln wird in Rohdichteklassen eingeteilt.

Lehmmauermörtel werden in Festigkeitsklassen eingeteilt. Für die nichttragende Anwendung, z.B. für die Ausmauerung von Holzständer- oder Fachwerk, genügt die Festigkeitsklasse M0. Lehmmauermörtel für den Einsatz im tragenden Mauerwerk muss mindestens die Festigkeitsklasse M2 aufweisen. Die Festigkeitsklasse wird nicht nur durch die Druckfestigkeit, sondern auch durch die Haftscherfestigkeit bestimmt. Diese ist für die Festigkeit von aussteifenden Querwänden (Schubbeanspruchung in Achsrichtung) relevant. Die Regelung bezüglich der Brandschutzanforderungen ist analog zu DIN 18945.

Bezeichnung

Lehmmauermörtel sind in folgender Reihenfolge zu bezeichnen:

Lehmmauermörtel – DIN-Hauptnummer – Kurzzeichen mit oberer Siebgröße und Faserbewehrung / mineralisch – Festigkeitsklasse – Rohdichteklasse.

3.1.3 Lehmputzmörtel nach DIN 18947

Ausgangsstoffe und Herstellung

Lehmputze bestehen aus Lehm oder Ton und Zuschlägen. Eine in mechanischer Hinsicht hohe Lehmputzmörtelqualität ist durch gute Anhaftung am Untergrund sowie gute Festigkeit bei zugleich minimierter Schwindrissbildung definiert. Zuschläge werden zugesetzt, um die Schwindrissbildung zu reduzieren. Weiterhin können sie der Bewehrung oder der Verbesserung der Wärmedämmung dienen. DIN 18947 [7] benennt die zulässigen Zuschläge analog zu DIN 18946. Alle dem Baulehm zugefügten Stoffe müssen vollständig deklariert werden.

Die Qualität von Lehmputzmörteln hängt von der homogenen und innigen Vermischung der einzelnen Komponenten ab. Abfüllung und Transport dürfen keine wesentliche Entmischung zur Folge haben. Die Körnung des Mörtels wird vorrangig im Hinblick auf die erwünschte Auftragsdicke gewählt. Lehmputzmörtel werden als Trockenware, aber auch in der natürlichen Bodenfeuchtigkeit »erdfeucht« angeboten.

Anforderungen

Überkorn muss kleiner sein als die vom Hersteller angegebene Mindestauftragsdicke. Für die Einstellung der Verarbeitungskonsistenz des Frischputzmörtels auf der Baustelle sind vom

Hersteller Angaben über die Wassermenge zu machen. Sie ist an den Untergrund, die Verarbeitungsart und die Auftragsdicke anzupassen.

Das lineare Trocknungsschwindmaß von Lehmputzmörtel sollte nicht mehr als 2% betragen. Faserbewehrte Lehmputzmörtel und faserfreie Lehmdünnlagenputzmörtel dürfen ein lineares Trocknungsschwindmaß von bis zu 3,0%, faserbewehrte Lehmdünnlagenputzmörtel von bis zu 4,0% aufweisen. Das lineare Trocknungsschwindmaß ist vom Hersteller zu deklarieren.

Lehmputzmörtel werden in Rohdichteklassen eingeteilt. Die Rohdichteklasse ist vom Hersteller zu deklarieren. Die Festigkeitseigenschaften von Lehmputzmörtel werden nach DIN 18947



Abb. 2: kritische Schwindrissbildung bei einem Lehmputz (Quelle: Ziegert, Roswag, Seiler Architekten Ingenieure, Berlin)

| Festigkeitsklasse | Druckfestigkeit N/mm ² | Biegezugfestigkeit N/mm ² | Haftfestigkeit N/mm ² |
|-------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|
| SI | ≥ 1,0 | ≥ 0,3 | ≥ 0,05 |
| SII | ≥ 1,5 | ≥ 0,7 | ≥ 1,0 |

Tab. 2: Festigkeitsklassen von Lehmputzmörtel [7]

| Festigkeitsklasse | Abrieb g |
|-------------------|----------|
| SI | ≤ 1,5 |
| SII | ≤ 0,7 |

Tab. 3: maximaler Abrieb von Lehmputzmörtel [7]

Tabelle 2 klassifiziert. Die Festigkeitsklasse ist vom Hersteller zu deklarieren.

Lehmputzmörtel dürfen entsprechend ihrer Festigkeitsklasse keinen zu großen Abrieb aufweisen. Als Anhaltspunkt für die händische Beurteilung gilt, dass eine derartige Fläche bei Wischen mit der Hand unter leichtem Druck

- bei Lehmputzmörtel der Festigkeitsklasse SI nur leicht bis mittel abfärbt und nur leicht bis mittel absandet
- bei Lehmputzmörtel der Festigkeitsklasse SII nur leicht abfärbt und sich nur einzelne Sandpartikel lösen lassen.

Bei der Zuordnung nach Prüfung gemäß dem im Anhang der in DIN 18947 beschriebenen Prüfverfahren gelten die folgenden Grenzwerte.

Der Hersteller kann zur Darstellung der raumklimatischen Wirksamkeit das Maß der Wasserdampfadsorption deklarieren. In DIN 18947 (Tabelle A.2) werden drei Wasserdampfadsorptionsklassen differenziert.

Bezeichnung

Lehmputzmörtel sind in folgender Reihenfolge zu bezeichnen:

Lehmputzmörtel – DIN-Hauptnummer – Kurzzeichen mit oberer Siebgröße und Faserbewehrung / mineralisch – Festigkeitsklasse – Rohdichteklasse

3.2 Anwendung

3.2.1 Lehmsteinmauerwerk

Massivlehmhaus

Das Hauptproblem bei der Erhaltung von historischen Massivlehmhäusern sind aufsteigende Feuchtigkeit und die mit der Feuchte transportierten bauschädlichen Salze. Die Beseitigung von aufsteigender Feuchte und die Sanierung der

| Wasserdampf-adsorptionsklasse | Wasserdampfadsorption nach A.2.2 | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | 0,5 Stunden g/m ² | 1 Stunde g/m ² | 3 Stunden g/m ² | 6 Stunden g/m ² | 12 Stunden g/m ² |
| WSI | ≥ 3,5 | ≥ 7,0 | ≥ 13,5 | ≥ 20,0 | ≥ 35,0 |
| WSII | ≥ 5,0 | ≥ 10,0 | ≥ 20,0 | ≥ 30,0 | ≥ 47,5 |
| WSIII | ≥ 6,5 | ≥ 13,0 | ≥ 26,5 | ≥ 40,0 | ≥ 60,0 |

Tab. 4: Wasserdampfadsorptionsklassen von Lehmputzmörtel [7]

aus ihr entstandenen Schäden sind schwierige Aufgaben der Bausanierung. Voraussetzung einer erfolgreichen Arbeit ist ein durch differenzierte Untersuchung fundiertes Sanierungskonzept.

Eine nachhaltige Sanierung kann oft nur über einen partiellen Materialaustausch verbunden mit dem Einbau von Sperrsichten durchgeführt werden. Wird die Sanierung im Maueraustauschverfahren vorgenommen, ist das entfernte Mauerwerk bei allen Massivlehm Bauarten durch Lehmsteinmauerwerk zu ersetzen. Dazu sind tragende Lehmsteine der Anwendungsklasse Ia oder Ib zu verwenden. Die mechanischen Eigenschaften von Lehmsteinmauerwerk sind mit denen aller Massivlehm Bauarten kompatibel. Das Schwindmaß von Lehmsteinmauerwerk ist geringer als das des Weller- oder Stampflehms.

Ausfachungen aus Lehmsteinen und Lehmmauermörtel

Vielfach finden sich alte Ausfachungen aus Lehmsteinmauerwerk im Bestand. Strohanteile in den Steinen weisen auf eigens entwickelte Mischungen für diese Verwendung hin. Die Formate der Steine lagen zwischen den heutigen Dünn- und Normalformaten, ggf. auch etwas größer. Um die in der Regel halbsteinstarken Mauerscheiben gegen das Herausfallen zu sichern, wurden vielfach dünne gespaltene Ruten oder Leisten an die Balkenflanken genagelt. Bei jüngeren Beispielen finden sich auch lange Nägel, die in den Lagerfugen seitlich in die Balken geschlagen wurden. Ob schadhafte alte Gefache beigemauert werden können oder vollständig zu ersetzen sind, muss im konkreten Einzelfall entschieden werden.



Abb. 3: Einbau von Horizontalperren im Maueraustauschverfahren und Ersatz geschädigter Wandbereiche durch Ziegel- und Lehmsteinmauerwerk. Lehmwellerbau Steinstücken, Berlin (Quelle: Ziegert, Roswag, Seiler Architekten Ingenieure, Berlin)

Bei Neuausfachungen werden vor Beginn der Mauerarbeiten Dreikantleisten von ca. 15 mm Stärke an die seitlichen Balkenflanken genagelt. Die Funktion der Dreikantleiste ist die einfache mechanische Sicherung des Ausfachungsmauerwerks. Die Dreikantform erlaubt ein begrenztes Verdrehen, dies erleichtert das Anpassen der Leisten an unregelmäßig geformte Balken. Wenn rechteckige oder trapezförmige Leisten verwendet werden, ist die Nutzung der Steine oder die Verwendung von Steinen mit Mörteltaschen notwendig. Empfehlenswert sind Lärche- oder Hartholzleisten. Alternativ zur Arbeit mit Dreikantleisten können Spalten in die Balken eingeschnitten, -gefräst oder -gestemmt werden.

Für die Dauerhaftigkeit von Neuausfachungen, insbesondere in bewitterten Bereichen, ist die Wahl geeigneter Lehmsteine ausschlaggebend. Für verputzte, der Witterung ausgesetzte Fachwerkausmauerungen werden Lehmsteine der Klasse Ia gefordert.

Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Eignung eines Lehmsteins für die Fachwerkaufschachung ist die Griffigkeit der äußereren Steinflächen. Auf glatten Oberflächen haftet der nachfolgende Kalkputz schlecht. Bei Mauerwerk aus kleinformativen Steinen (≤ 2 DF bzw. ≤ 3 DF) ist die Anhaftung des Außenputzes wegen der zahlreichen Fugen in der Regel besser als bei Mauerwerk aus großformatigen Steinen. Bei kleinteiligem Mauerwerk mit vielen Fugen verteilen sich Spannungen besser als bei Mauerwerk aus großformatigen Steinen oder Platten. Zusätzliche Putzträger, beispielsweise aus gekröpften Edelstahlgittern, sind nur in Ausnahmefällen notwendig.

Die Rohdichte des Mauermörtels sollte grob der Rohdichte der vermauerten Lehmsteine entsprechen. Die Vermauerung erfolgt nach den Regeln des Maurerhandwerks. Auf das durchgehend richtige Rücksprungmaß zu den äußeren Balkenflächen ist sorgfältig zu achten, damit der spätere Putz gleichmäßig dick aufgetragen werden kann.

Sichtfachwerkfassaden haben in Bezug auf die Witterungsbelastung grundsätzlich eine nur begrenzte Leistungsfähigkeit. Generell wird eine Belastung der Fassadenfläche von weniger als 140 Litern Schlagregens pro Jahr als nicht problematisch angesehen. Pauschale Zuordnungen zur Zulässigkeit fachwerksichtiger Fassaden sind in der Praxis jedoch wenig tauglich, entscheidend ist die konkrete örtliche Situation.

Für den Verputz werden in der Regel Kalkmörtel gewählt. Gut geeignet sind Putze, die historischen Vorbildern entsprechend rein kalkgebunden sind und ein stabiles Korngerüst mit groben Sandanteilen haben (Korngröße ca. 1/3 der Putzdicke). Auch die reichliche Zugabe von Tierhaaren ist zu empfehlen. Die Druckfestigkeit sollte um 1 N/mm^2 betragen. Hydraulische Zusätze machen den Mörtel untauglich hart, zementgebundene Putze sind aus diesem Grund ausgeschlossen. Zur farblichen Homogenisierung und zum Frostschutz werden die Kalkputze meist abschließend mit einem Kalkanstrich versehen.



Abb. 4 und 5: Lehmsteine der Anwendungsklasse Ia als formgeschlagene Steine mit pflanzlichen Grobzuschlägen und frisches Ausfachungsmauerwerk aus Lehmsteinen mit ausgekratzten Fugen (Quelle: Claytec, Viersen)

Innendämmung aus Leichtlehmmauerwerk

Mauerwerksschalen werden an der Innenseite der Außenwand als wärmedämmende Vorsatzschale in üblicher Mauertechnik ausgeführt. Besondere Bedeutung kommt der hohlräumfreien Verfüllung der Schalenfuge zwischen Innenschale und Bestandswand zu.

Einerseits muss die Schalenfuge zur Außenwand so dick ausgeführt werden, dass eine durchgehende Verfüllung mit Mörtel möglich ist, andererseits darf sie nicht zu dick sein, da sonst eine ausreichend schnelle Trocknung nicht mehr gewährleistet ist. Empfohlen wird eine Maximalstärke von ca. 1 cm. Sollte die Schichtstärke durch die baulichen Gegebenheiten dicker sein, so sind die entsprechenden Bereiche zunächst mit Lehmputz- oder Lehmmauermörtel auszugleichen und grob fluchtrecht abzuziehen. Derartige Auffüllungen müssen vor Beginn des Aufmauerns ausgetrocknet sein.

Mauerwerksinnenschalen müssen ausreichend sicher gegründet werden. Eine sichere hohlräumfreie Verfüllung der Schalenfuge zum Bestand ist nur bei stabiler Befestigung der Innenschale an der Außenwand möglich. Innenschalen mit einer Schlankheit $h/d > 15$ müssen auch aus Gründen der Standsicherheit mit der Außenwand verbunden werden.

Die Rohdichte des Mauermörtels sollte der Rohdichte der vermauerten Lehmsteine grob entsprechen. Bei Lehmsteinen mit sehr geringer Rohdichte ist dies nicht immer zu gewährleisten. Da Lehmmauermörtel nur geringe Frühfestigkeit ausbildet, dürfen nur begrenzte Höhen in einem Zug gemauert werden. Das Maximum liegt bei

gut saugenden Lehmsteinen bei 2 m pro Tag. Auf vollfugig durchgängige Vermörtelung der Lagerfuge ist zu achten. Mit kleineren Mauerwerkssetzungen sollte auch bei guter Ausführung gerechnet werden, Details und Anschlüsse sind entsprechend auszubilden.

3.2.2 Lehmputze

Reparatur und Weiterbehandlung

historischer Lehmputze

Lehmputze können nicht erhalten werden, wenn sie so schlecht am Untergrund haften, dass sie mit der Hand leicht abzunehmen sind. Großflächig hohlliegende Partien sind dann zu entfernen, wenn sie beim Druck mit den Fingerkuppen deutlich nachgeben. Achtung: Beim Klopftest können feste Deckputzlagen auf weichen Untergründen hohl klingen, obwohl die Haftung ausreichend ist. Insgesamt ist bei der Prüfung von Lehmputzen im Bestand zu berücksichtigen, dass sie an heutigen Baustoffen gemessen eine geringe Festigkeit haben. Als historische Baustoffe erfordern sie einen eigenen Bewertungsmaßstab.

Die Haftung alter Lehmputzlagen untereinander ist meist gut, dagegen ist das historisch gebräuchliche Anbeilen der Holzflächen vielfach ungenügend. Balken sind deshalb mit Putzträgergewebe aus Schilfrohr zu versehen. Es wird an das Holz geklammert. Es dient lediglich der Putzhaftung und überdeckt nicht die Fuge zur Putzfläche. Papier- oder andere Trennlagen zwischen Lehm und Holz sind nicht notwendig.

Beim Beiputzen von Fehlstellen ist zu beachten, dass alte Lehmputzmörtel sehr mager sein können. Reparaturputzmörtel müssen annähernd



Abb. 6: Stuck auf Lehmputz in der Abtei Brauweiler
(Quelle: Claytec, Viersen)

dem Bestand entsprechen. Kontaktflächen sind abzukehren und sorgfältig anzunässen, danach ist das intensive Einarbeiten einer grobkörnigen Lehmputzschlämme oder eines nicht zu steifen Lehmmörtels empfehlenswert. Vor dem Auftrag flächiger neuer Lagen werden alte Lehmputzflächen analog vorbereitet.

Lehmputze können wertvolle farbige Fassungen tragen oder aus anderen Gründen erhaltenswert sein. Für die fixierende Hinterspritzung hohlliegender Bereiche gibt es kein allgemein anerkanntes Verfahren. Bewährt hat sich dünnflüssige feinkörnige Ton- oder Lehmmaresse, ggf. mit Zellulosezusatz. Sie soll nicht wesentlich fester als der historische Lehmputz abbinden. Als Lösungsmittel kann statt Wasser schnell flüchtiger verdünnter Alkohol verwendet werden.

Innendämmung aus angemörtelten Dämmplatten

Wärmedämmende und für den nachfolgenden Lehmputz geeignete Platten werden in einem

Mörtelbett an der Innenseite der Außenwand verlegt. Die Dämmplatten selbst bestehen nicht aus Lehmputzstoffen, dennoch wird die Technik wegen der Verklebung und dem häufig nachfolgenden Verputz mit Lehmmörtel hier beschrieben. Als Platten werden beispielsweise Schilfrohplatten, Holzfaserdämmplatten, Kalziumsilikat- oder Mineralschaumplatten eingesetzt. Die plastischen Lehmmörtel sind sehr gut zum Ansetzen der Platten geeignet. Ihre Erhärtungsweise garantiert auch bei stark saugenden Untergründen und ohne Luftzutritt eine sichere Verfestigung. Lehmmörtel »verbrennen« nicht. Sie sind diffusionsoffen und behindern so den Wasserdampfstrom zwischen der Außenseite der Dämmung und der Bestandswand nur minimal. Insbesondere bei kapillar leitfähigen Platten sind sie aus diesem Grund auch als raumseitige Beschichtung sehr gut geeignet. Ihre wasserlösliche Erhärtungsweise macht die gesamte Innendämmung reversibel.

Die weitgehend fehlstellenfreie Ausführung der Mörtellage zwischen Dämmung und bestehender Außenwand ist wichtig für die schadensfreie Funktion. Als kapillar leitfähige Lage kann sie geringe Mengen von eingedrungenem Schlagregen (z.B. bei bewitterten Fachwerkfassaden) aufnehmen und von den Hölzern weg verteilen. Gleicher gilt für Tauwasser, das im Kontaktbereich zu den Dämmplatten ausfallen kann. Die größte Bedeutung liegt jedoch in der Sicherstellung des flächigen hohlraumfreien Verbunds zwischen Dämmplatte und Außenwand: Die Dämmung darf nicht von feuchtwärmer Raumluft hinterströmt werden, denn dies würde zu großen Durchfeuchtungsproblemen durch Oberflächenkondensat innerhalb des Wandaufbaus führen.

Um Durchgängigkeit zu gewährleisten, muss die Mörtellage ausreichend dick sein. Lange Durchfeuchtung der Außenwand und insbesondere auch von Dämmplatten aus pflanzlichem Material ist jedoch zu vermeiden. Empfohlen wird die Klebung der Dämmplatten auf trockene Untergründe per Zahnpachtellage aus feinem Lehmputzmörtel oder Lehmkleber. Nach dem Eindrücken der Platte beträgt die Lagendicke des nassen Materials dann nur wenige Millimeter. Sind auf unebenen Flächen zuvor Lehmausgleichslagen notwendig, müssen diese zunächst durchtrocknen. Werden die Platten direkt in derartige Ausgleichslagen geklebt, wird für diese eine Dicke von maximal 1,0 cm empfohlen.

Offenliegende Holzflächen von Balken in der Außenwand können zur Verbesserung der Hafung zwischen Holz und Lehm mit Schilfrohrputzträger versehen werden (siehe vorheriger Abschnitt »Reparatur«). Der Einbau eines Bewehrungsgewebes in die Ausgleichslage kann bei Wänden mit vielen Balken Abrisse minimieren. Faserfreie Lehmmörtel bedürfen dieser Bewehrung eher als faserhaltige.

Die Dämmplatten werden üblicherweise rückseitig mit einer dünnen Zahnpachtellage aus feinkörnigem Mörtel versehen und umgehend aufgeklebt. Das Aufziehen der Klebespachtelung auf den Untergrund ist ebenfalls möglich, bei stark saugfähigen Untergründen aber nicht praktikabel. Die Kombination einer Zahnpachtellage auf den Plattenrückseiten und der Außenwand sorgt für eine besonders gute Verbindung. Das Verkleben der Platten muss sorgfältig erfolgen.



Abb. 7: mit vollflächigem Kontaktchluss angemörtelte Innendämmplatte (Quelle: Claytec, Viersen)

Um einen flächigen Kontakt zwischen Platte und Klebelage zu gewährleisten, werden die Platten der meisten Sorten unmittelbar nach dem Ansetzen mit langen Schrauben und Unterlegscheiben, Schlagdübeln oder WDVS-Befestigungsmitteln fest ins Mörtelbett gepresst. Als Faustregel gilt, dass mit mindestens fünf Befestigungspunkten pro m^2 gearbeitet werden soll. Die gut fixierten Platten können nach kurzer Antrocknungszeit des Klebemörtels raumseitig verputzt werden.

Der raumseitige Lehmputz verringert durch seine Kapillarität und Sorptionsfähigkeit die Wahrscheinlichkeit der Oberflächenkondensatbildung. Dies gilt in begrenztem Umfang auch im Bereich von Wärmebrücken.

4 Nicht genormte Baustoffe und ihre Anwendung für die Sanierung

- Holzleichtlehm
- Blähtonleichtlehm
- Blähglasleichtlehm
- Leichtlehm mit Kieselgur.

4.1 Baustoffe

4.1.1 Strohlehm nach Lehm-Bau Regeln (DVL)

Für Strohlehm-mischungen ist ausreichend fetter Lehm und Roggen- oder besser Gerstenstroh geeignet. Das Stroh wird mit 5 – 20 cm sehr lang belassen. Für die Füllung von Stakenspalieren oder für die Herstellung von Wickelstaken wird das Stroh sogar ungehäckselt in ganzer Halm-länge verwendet. Der Strohanteil soll groß sein; als Erfahrungswert wird in den Lehm-Bau Regeln 40 – 60 kg/m³ angegebenen. Je fetter der Lehm, desto größer kann die Strohbeigabe sein. Die Eignung des Baustoffes kann an einer Bauteilprobe beurteilt werden.

4.1.2 Leichtlehm nach Lehm-Bau Regeln (DVL)

Leichtlehm besteht aus Baulehm und Leicht-zuschlägen. Die Zuschläge sollten vollflächig von Lehm umhüllt sein. Er ist durch eine Rohdichte $\leq 1200 \text{ kg/m}^3$ definiert. Nach der Art der Zuschläge wird zwischen organischen und mineralischen Leichtlehm-en unterschieden. Mischungen sind ebenfalls möglich. Organische Leichtlehme haben eine begrenzte Haltbarkeit. Ihr Einbau muss unverzüglich ohne längere Lagerzeiten erfolgen. Als Baustellen- und Fertigmischungen sind ver-breitet:

4.2 Anwendung

4.2.1 Fachwerkaufschachten und Holzbalkendecken mit Strohlehm

Strohlehm wird zur Füllung von Fachwerkauf-schachten aus Geflecht und Stakenspalieren ver-wendet. Mit Langstroh umwickelte Hölzer wer-den als Wickelstaken eingesetzt.

Auch Deckenfelder von Holzbalkendecken wer-den mit Stakenspalieren und Strohlehm ver-sehen. Wickelstaken und Einschübe mit Lehm-schlag sind ebenfalls verbreitet.

Wegen der Vielfalt und regionalen Unterschied-lichkeit der historischen Vorbilder werden die einzelnen Techniken hier nicht weiter beschrie-ben. Für die Reparatur, Ergänzung und Neuaus-fachung sei auf die Fachliteratur verweisen [1].

4.2.2 Leichtlehm

Leichtlehmschalen bestehen aus einem verti-kalen Lattengerüst und der Leichtlehmfüllung. Das Lattengerüst dient auch zur Montage der Schalung. In der Regel werden sie nach der Austrocknung verputzt. Leichtlehmschalen aus feucht eingebautem Leichtlehm werden insbe sondere angewendet, wenn die zu dämmenden Bestandswände Vor- und Rücksprünge aufwei-sen. Bei der Innendämmung von Fachwerkhäu-sern werden sie aus diesem Grund seit vielen

Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. Ein Nachteil von feucht eingebautem Leichtlehm ist die lange Trocknungszeit.

Bei der Wahl der Dicke ist zu berücksichtigen, dass eine zügige Austrocknung sichergestellt sein muss. Die mögliche Einbaudicke ist nach Lehmabau Regeln auf ≤ 15 cm i. M. begrenzt. Die Einschränkung der Einbaustärke zielt sowohl auf den Schutz organischer Zuschläge als auch auf die Vermeidung von hoher Feuchtebelastung für die Holzteile der Lattung und des Tragwerk-Bestands.

Leichtlehmschalen werden meist mit »verlorenen« Schalungen ausgeführt, die am Bauteil verbleiben. Diese müssen stabil, aber auch offen und luftdurchlässig sein, damit die Trocknung nicht in kritischem Maß behindert wird. Geeignet sind Schilfrohrmatten; sie sollen eine Halmdichte von ≤ 70 Stängeln/m haben.

Leichtlehmarbeiten werden meist während der warmen Jahreszeiten ausgeführt. Sie sind jedoch auch im Winter möglich. Bei temperierten oder beheizten Baustellen kann die große Feuchteaufnahmefähigkeit der kalt-trockenen Außenluft sogar sehr positiv für die Trocknung sein. Grundsätzlich muss während der Trocknung ungehinderter Durchzug während der gesamten Zeit, nicht nur für eine begrenzte Anzahl von Stunden am Tag, garantiert sein. Andernfalls muss eine verlässliche maschinelle Trocknung vorgesehen werden. Trocknende Wände dürfen nicht durch Baumaterialien usw. verstellt werden. Anfänge von temporärer Schimmelbildung können bei keiner der feucht eingebauten Leichtlehmsorten vollständig ausgeschlossen werden, da Leicht-



Abb. 8: Gefach aus Flechtwerk und Strohlehm eines sächsischen Fachwerkhauses (Quelle: Ziegert, Roswag, Seiler Architekten Ingenieure, Berlin)

Lehm chemisch neutral, also nicht fungizid ist. Bei ersten Anzeichen von Schimmelbildung ist die Trocknung umgehend massiv zu forcieren.

Der Leichtlehm kann für die Weiterbehandlung nicht als ausreichend trocken gelten, wenn der Farbumschlag an der Oberfläche abgeschlossen ist. Zur Beurteilung muss auch Material aus tiefen Schichten betrachtet werden.

5 Ausblick und Schluss

Die Herstellung und Anwendung der für die Sanierung wichtigen Lehmabustoffe ist heute umfassend geregelt. Weitere Normungsanstrennungen sind für Lehmabustoffe in der Denkmalpflege nicht absehbar und wohl auch nicht sinnvoll. Aktuelle Regelungsinitiativen befassen sich mit Trockenbauplatten aus Lehm, die zwar in der Sanierung eingesetzt werden, aber nicht spezifisch für die Altbauanierung angeboten werden. Auch für Stampflehm wird vereinzelt eine verbindlichere Regelung gefordert, dieser Bau-

stoff wird heute jedoch in größerem Umfang eher objektspezifisch im Neubau eingesetzt.

Die Regelung von Lehmabustoffen seit den 1990er-Jahren hat maßgeblich zur Anerkennung des alten Naturbaustoffes in Denkmalpflege und Neubau beigetragen. Dazu war das Engagement der mit dem Baustoff befassten interessierten Kreise notwendig. Mit ermöglicht wurde die Regelung aber auch durch die freundliche Offenheit der maßgeblichen deutschen Behörden und Bauaufsichtsinstanzen. In anderen Ländern wurden diesbezüglich weniger positive Erfahrungen gemacht. So hat der Lehmabau in Deutschland heute ein baurechtliches Gerüst, das im internationalen Vergleich als sehr weit entwickelt gelten kann.

6 Literatur

- [1] Röhlen, Ulrich; Ziegert, Christof: Lehmabau Praxis – Planung und Ausführung. 2., vollst. überarb. Aufl. Berlin: Beuth Verlag, 2014
- [2] DIN 1169:1947-06. Lehm Mörtel für Mauerwerk und Putz – ersatzlos zurückgezogen
- [3] Rath, Richard: Der Lehmabau in der SB/DDR. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Technischen Universität Berlin, Fakultät VII – Architektur Umwelt Gesellschaft, Berlin, 2004
- [4] Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): Lehmabau Regeln: Begriffe, Baustoffe, Bauteile. 3. überarb. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2009
- [5] DIN 18945:2013-08. Lehmsteine – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren
- [6] DIN 18946:2013-08. Lehmmauermörtel – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren
- [7] DIN 18947:2013-08. Lehmmautzmörtel – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren
- [8] Dachverband Lehm e. V. (Hrsg.): Technische Merkblätter Lehmabau: Blatt 01: Anforderungen an Lehmputz als Bauteil. Weimar, 2014
- [9] DIN 18550-2:2015-06 Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen – Teil 2: Ergänzende Festlegung zu DIN EN 13914-2 für Innenputze
- [10] Industrieverband WerkMörtel e. V., Bundesverband Ausbau und Fassade im ZDB, Bundesverband Farbe Gestaltung Bautenschutz e. V. (Hrsg.): Leitlinien für das Verputzen von Mauerwerk und Beton – Grundlagen für die Planung, Gestaltung und Ausführung. 2., vollst. überarb. Aufl. Düsseldorf: Verlag Bau + Technik, 2014

Historische Normen:

DIN 18951-01. Lehmbauten, Vorschriften für die Ausführung, Blatt 1 Lehmabauordnung, Blatt 2 Lehmbauten, Erläuterungen – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18952-1:1951-01. Baulehm, Begriffe, Arten (1951-01) – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18952-2:1956-10. Prüfung von Baulehm – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18953. Baulehm, Lehmbauteile: Blatt 1 Verwendung von Baulehm (1956-05); Blatt 2 gemauerte Lehmwände (1956-05); Blatt 3 Gestampfte Lehmwände (1956-05); Blatt 4 Gewellerte Lehmwände (1956-05); Blatt 5 Leichtlehmwände in Gerippebauten (1956-05); Blatt 6 Lehmfußböden (1956-05) – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18954:1956-05. Ausführung von Lehmbauten, Richtlinien – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18955:1956-08. Baulehm, Lehmbauteile, Feuchtigkeitsschutz – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18956:1956-08. Putz auf Lehmbauteilen – ersatzlos zurückgezogen

Vornorm DIN 18957:1956-05. Lehmschindeldach – ersatzlos zurückgezogen

Beurteilung des Schlagregenschutzes von Fassaden

Nicht genormte Prüfverfahren im Einsatz vor Ort

Frank Eßmann, Dirk Nibbrig

Zusammenfassung

Gerade bei Einsatz einer Innendämmung wird die Beurteilung des Schlagregenschutzes als maßgebend angesehen. Dieses gilt insbesondere bei ziegelsichtigen Fassaden. Diese Beurteilung ist allerdings nicht normativ geregelt, verschiedene Verfahren (Vor-Ort-Untersuchungen und Laborversuche) stehen jedoch zur Verfügung. In letzter Zeit wird zudem diskutiert, ob die Vor-Ort-Untersuchungen drucklos oder druckhaft (Abbildung eines Schlagregens) sein sollten.

Die verschiedenen Untersuchungsansätze werden hier vorgestellt und in der Anwendung bei einem Projekt dargestellt. Es zeigt sich, dass eine sachverständige, an die jeweilige Aufgabenstellung angepasste Beurteilung vorzunehmen ist. Im Zweifelsfall ist der Einsatz unterschiedlicher Messverfahren und ergänzender Laboruntersuchungen angeraten.

1 Innendämmung

1.1 Normative Vorgaben

In DIN 4108-3 [1] sind Vorgaben für nachweisfreie Konstruktionen mit Innendämmung gegeben. Diese gelten jedoch unter Vorgabe bestimmter Randbedingungen nur bis zu einem Wärmedurchlasswiderstand R der Wärmedämmung von $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, d.h. in der Regel bis ca. 4 cm Dämmschichtstärke. Darüber hinaus gehende Dämmschichtstärken sind demnach nach dem Glaser-Verfahren oder nach »genauerem Berechnungsverfahren« (hygrothermische Bauteilsimulation) gemäß Anhang D der Norm bauphysikalisch nachzuweisen. Hinweise zur Anwendung der Simulationsberechnungen und zur Beurteilung der Ergebnisse sind jedoch hierin nicht angegeben. Diese sind in DIN EN 15026 [2] sowie den WTA-Merkblättern 6-4 [3] und 6-5 [4] zur Innendämmung dargestellt, auf die in DIN 4108-3 hingewiesen wird.

Nach WTA-Merkblatt 6-4 sind bei der Planung einer Innendämmung verschiedene Parameter vor Ort zu überprüfen und zu protokollieren:

- »Allgemeine Gebäudearten (ggf. Denkmalschutzanforderungen)
- Vorhandene Baustoffschichten, Abmessungen und Oberflächenbeschaffenheit
- Allgemeiner Zustand des Bauteils / der Bestandskonstruktion
- Feuchtezustände des Bauteils (Schlagregenbelastung, Schlagregenschutz, weitere Feuchtebelastungen der Konstruktion wie z.B. aufsteigende Feuchte)

- Raumklimatische Belastungen
- Wärmebrücken». [3]

Eine potenzielle Schwierigkeit liegt bei Bestandsgebäuden jedoch in den begrenzten Kenntnissen zum Gebäude (keine Zeichnungen, keine Baubeschreibungen bzw. Abweichungen von dieser während den Bau- und späteren Umbauphasen) sowie in den Bauteilen bzw. Baukonstruktionen, die ursprünglich nicht für einen energetisch hochwertigeren Anspruch ausgelegt waren. In diesem Umfeld bewegt sich nun das Planer- und Ausführungsteam bei einer Innendämmung mit den Anforderungen nach EnEV bzw. den Förderbedingungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden.

Einer der Haupt-Parameter, der bei einer geplanten Innendämmung zu ermitteln ist, ist der Schlagregenschutz der Fassade. Im WTA-Merkblatt 6-5, Kap. 4.2 sind zudem Angaben zur Beurteilung des Schlagregenschutzes gemacht. Demnach ist darauf zu achten, dass es »*weder zu einer langfristigen Feuchteakkumulation, noch zu kritischen Wassergehalten in einzelnen Materialschichten oder Bereichen des Bauteils kommt*« [4]. Für den Schutz eines Gebäudes gegenüber Schlagregen können unterschiedliche bauliche Maßnahmen sorgen. Letztlich ist die Frage des tatsächlich ausreichenden Schlagregenschutzes aber stets individuell zu überprüfen. Als in der Regel ausreichend werden in dem WTA-Merkblatt die folgenden Kriterien an die Fassadenoberfläche genannt:

$$w \times s_d \leq 0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$$

mit $w \leq 0,2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ und $s_d \leq 1,0 \text{ m}$

Weiterhin wird in den WTA-Merkblättern dargestellt, dass bei Innendämmung häufig eine Berechnung mit einer hygrothermischen Bauteilsimulation erforderlich ist.

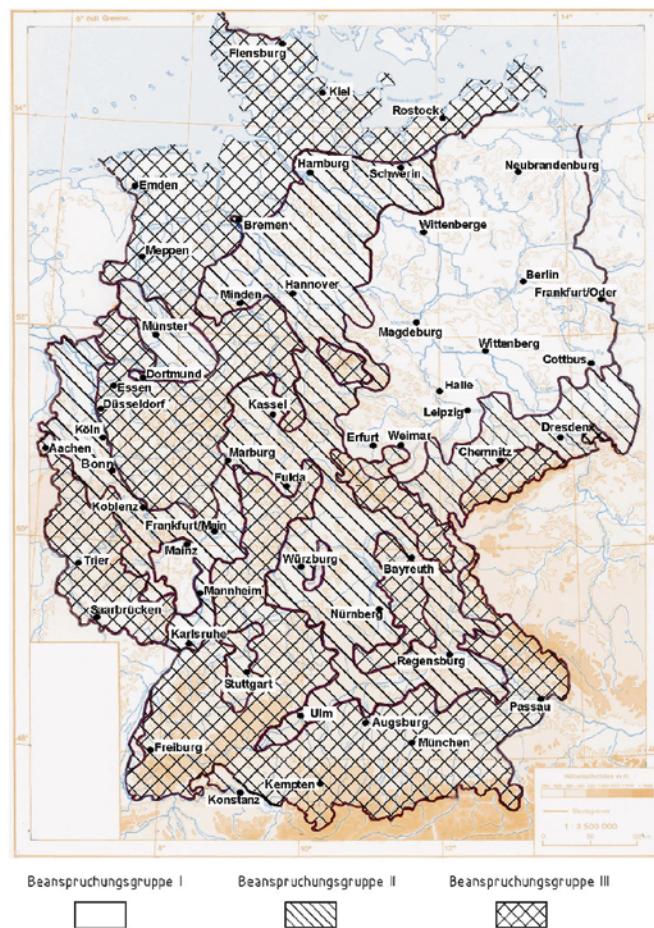
1.2 Feuchtetechnische Berechnungen zum Bauteilaufbau

Als bauphysikalische Berechnungsmethoden stehen dem Planer normativ seit etlichen Jahren die Berechnung des (stationären) U-Wertes bzw. früher des k-Wertes sowie die feuchtetechnische Berechnung des Bauteils nach dem Glaser-Verfahren zur Verfügung. Auch in der Neufassung der DIN 4108-3 wird das Glaser-Verfahren (wenn auch modifiziert) als einfaches Modell des Berechnungsverfahrens beibehalten, das Feuchtwanderungen (nur) durch Diffusion betrachtet. Aber gerade durch diese Einfachheit ist es ein in der Praxis schnell anwendbares Verfahren, das eine ausreichende Planungssicherheit zumeist gewährleistet.

In vielen Fällen – und gerade bei der energetischen Sanierung mit höheren Dämmsschichtstärken, Betrachtungen von Schlagregen und/oder komplexen Anforderungen wie Innendämmungen oder Flachdächern in Holzbauart – reicht das Glaser-Verfahren nicht aus. In diesen Fällen sind Berechnungen mit einer hygrothermischen Bauteilsimulation erforderlich, die wie bereits oben erwähnt, auch in der DIN 4108-3 genannt werden und in DIN EN 15026 sowie den WTA-Merkblättern 6-1 und 6-2 näher beschrieben sind.

Zu beachten ist bei den hygrothermischen Bauteilsimulationen vor allen Dingen die Güte der

Abb. 1: Übersichtskarte zur Schlagregenbeanspruchung nach DIN 4108-3 [1]



vorhandenen Kennwerte. Je nachdem, ob allgemeine Werte aus einer Datenbank oder genauere Kennwerte der am Objekt verwendeten Materialien eingesetzt werden, können die Ergebnisse ein und desselben Bauteils signifikant differieren. Von ebenso großer Bedeutung ist der Ansatz der Klimadaten auf der Außen- und Innenseite des Bauteils. Alles in allem ist insbesondere bei anspruchsvollen Fragestellungen eine sorgfältige Beurteilung der Simulationsergebnisse durch

einen erfahrenen Benutzer vonnöten, um zu belastbaren Aussagen zu kommen.

Es stellt sich aber nun die Frage, wie denn die immer wieder geforderten Schlagregenuntersuchungen überhaupt durchgeführt und sicher bewertet werden können.

2 Schlagregen und Fassade

2.1 Voruntersuchungen zum Schlagregenschutz

2.1.1 Feststellung der örtlichen Schlagregenbelastung

Die Beurteilung der örtlichen Schlagregenbelastung und des Schlagregenschutzes sind in der Regel mit einem gewissen Aufwand verbunden. Zur Einschätzung der Schlagregenbelastung kann zunächst die Deutschland-Karte der Schlagregen-Beanspruchungsgruppen (SBG) nach DIN 4108-3 (s. Abb. 1) herangezogen werden. Jedoch ist zu beachten, dass hiermit nur eine regionale Zuordnung der klimatischen Belastung stattfindet. Entscheidend ist es aber, eine Gebäude- bzw. insbesondere eine Fassadenbetrachtung vorzunehmen. So kann sehr wohl eine nach Westen völlig frei angeströmte Fassade (auf einem freien Feld oder einem Hügel gelegen) eines Gebäudes in SBG I höher belastet sein, als eine Fassade eines Gebäudes in SBG III, die nach Osten orientiert ist oder in einem stark geschützten Bereich einer schmalen Gasse liegt.

Im WTA-Merkblatt 8-1 [5] sind zur Einschätzung der lokalen Belastung einige Hilfestellungen gegeben, die dort zwar für Fachwerkgebäude gelten, aber auch auf andere Gebäude übertragen werden können. Im Zusammenspiel mit örtlichen Beobachtungen (z. B. Erfahrungsberichte, dass eine bestimmte Fassade regelmäßig instand gesetzt werden muss, da die Regenbelastung hierfür zu hoch ist) kann die Belastung in etwa eingeschätzt werden. Auch können spe-

zielle meteorologische Berechnungsprogramme (z. B. Meteonorm) hierzu eine Unterstützung geben.

2.1.2 Feststellung des örtlichen Schlagregenschutzes

Der örtliche Schlagregenschutz muss den jeweiligen Belastungen standhalten. Der ausreichende Schutz kann beispielsweise durch ein entsprechend dickes Mauerwerk, eine Bekleidung oder durch einen geeigneten Außenputz erreicht werden. Angaben hierzu finden sich in der DIN 4108-3, Tabelle 5. Bauliche Maßnahmen, wie ein Dachüberstand, können ebenfalls als Schutz wirken.

Fassadenrisse verschlechtern den Schlagregenschutz. Darüber hinaus sind besondere Schwierigkeiten bei der Beurteilung von ziegelsichtigen Fassaden zu erwarten, da das System Mörtel/Stein eine Vielzahl von potenziellen Schwachstellen bietet. Neben der kapillaren Wasseraufnahme

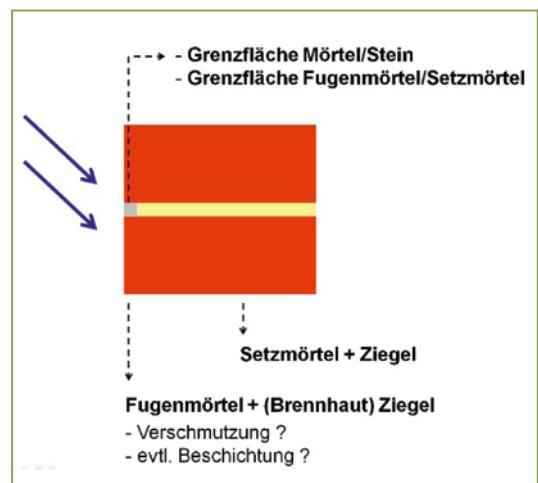


Abb. 2: zu betrachtende Bereiche bei der Beurteilung des Schlagregenschutzes einer ziegelsichtigen Fassade

dieser beiden Baustoffkomponenten ist auch die Flankenhaftung zwischen dem Fugenmörtel und dem Stein zu analysieren (s. Abb. 2). Die kapillare Wasseraufnahme kann labortechnisch untersucht werden. Da dieses aufwendige Verfahren auch eine Bauteilzerstörung voraussetzt, sind örtliche Untersuchungsmethoden wünschenswert. Hierzu gibt es verschiedene Methoden, die jedoch alle nicht normativ geregelt sind.

2.2 Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme der Fassade

2.2.1 Überblick

Zur Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme der Fassade stehen Vor-Ort-Untersuchungen und Laboruntersuchungen zur Verfügung. Dabei stehen die verschiedensten Möglichkeiten zur Auswahl:

Einschätzende Verfahren:

- visuelle Prüfung der Fassade
- Benetzen/Beträufeln der Fassade mit Wasser

Vor-Ort-Untersuchungen:

- Karstensche Prüfröhrchen
- Prüfröhrchen nach Pleyers
- WA-Platte nach Franke
- Wasseraufnahmemessgerät (WAM)

Laboruntersuchungen:

- Kapillarversuch.

Es stellt sich bei den Vor-Ort-Untersuchungen die Frage, ob die Versuche mit einer Druckbelastung (wie beim Schlagregen, also Regen und Wind) oder ohne Druckbelastung (wie beim Labor-



Abb. 3: Untersuchung der Wasseraufnahme mit dem Karstenschen Prüfröhrchen (hier an einem Ziegel)



Abb. 4: Untersuchung der Wasseraufnahme mit dem Karstenschen Prüfröhrchen (hier an einer Fuge)

versuch zum kapillaren Saugvermögen) durchgeführt werden sollen.



Abb. 5: Untersuchung der Wasseraufnahme mit der WA-Platte nach Franke

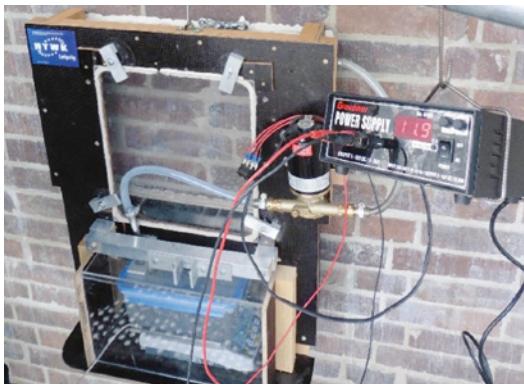


Abb. 6: Untersuchung der Wasseraufnahme mit dem WAM-Gerät; hier noch als Prototyp

2.2.2 Vor-Ort-Untersuchungen

Bewährt hat sich seit Jahrzehnten der Einsatz des Karstenschen Prüfröhrchens. Hierzu gibt es inzwischen Erfahrungen und Berechnungsansätze (vgl. [6], [7]), wobei aufgrund des kleinen Prüfquerschnittes auch die Grenzen bekannt sind und daher teils nur eingeschränkte Aussagen getroffen werden können. Einschätzungen zu verputzten Fassaden, zu Naturstein- oder Ziegelflächen

sind im Allgemeinen möglich (Abb. 3). Bei den Fugen sind die Aussagen jedoch häufig begrenzt, da die Feuchteverteilung ungleichmäßig ist. Hier können zumeist nur qualitative Aussagen, wie in Abb. 4 zu erkennen ist, getroffen werden. Entsprechendes gilt für die Prüfröhrchen nach Pleyers, obwohl diese aufgrund der zusätzlichen Wasserkammer den Einfluss des seitlichen Flüssigkeitstransportes einschränkt.

Eine Weiterentwicklung der Prüfröhrchen war die Wasseraufnahme-/WA-Platte nach Franke (Prüffläche: 250 mm × 83 mm) [8]. Mit dieser Platte können Aussagen zum Gesamtsystem aus a) Ziegel, b) Fuge sowie c) Randverbund Ziegel/Fuge getroffen werden (Abb. 5). Da aufgrund der Plattengröße auch der Randeffekt eine geringere Bedeutung erfährt, sind hiermit verbesserte Aussagen möglich.

Jedoch hat sich gezeigt, dass der Einfluss des Kittes von größerer Bedeutung ist, was insbesondere bei niedrig zu erwartenden kapillaren Saugfähigkeiten entscheidend sein kann. Weiterentwicklungen dieser Systeme waren und werden daher vorgenommen. Die Gemeinsamkeit der bisher genannten Prüfverfahren bildet der Aufbau eines Wasserdrucks auf die Fassaden-Prüffläche, wodurch der Schlagregen als System »Regen und Wind« simuliert wird.

Darüber hinaus ist aktuell ein neueres Verfahren in der Diskussion, da eine Übertragbarkeit der genannten (druckhaften) Verfahren auf die Ergebnisse des labortechnischen Kapillarversuches nach z.B. DIN EN ISO 15148 [9] formal nicht gegeben ist. In [10] wird die Funktionsweise des WAM-Gerätes (Abb. 6) beschrieben, bei dem an

der Fassade ablaufendes Wasser ohne Druck aufgebracht wird.

Über den richtigen Weg der örtlichen Messverfahren kann man (und wird man auch) in kommender Zeit noch streiten. Wichtig ist aber, dass in den Voruntersuchungen der Einfluss des Schlagregens vor Ort untersucht wird. Dies ist erwähnenswert, da aus eigenen Beobachtungen heraus dem Aspekt des Schlagregenschutzes zu selten Raum gegeben wird. Bestenfalls wird eine visuelle Einschätzung vorgenommen. Ein Prüfverfahren wie vorgestellt oder eventuell sogar eine labortechnische Analyse werden aktuell zu selten angewendet.

2.2.3 Labor

Die verschiedenen Verfahren zur Ermittlung des Wasseraufnahmekoeffizienten im Labor sind u.a. in [11] dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Verfahren in den unterschiedlichen Normen zwar dem gleichen Prinzip folgen, in bestimmten Punkten, wie Tauchzeit oder vor allem der Trocknung der Probekörper, deutlich voneinander abweichen.

Allen Verfahren gemein ist, dass ein Probekörper mit vorgegebenen Abmessungen in eine definierte Wassertiefe eingetaucht wird (Abb. 7). Um einen eindimensionalen Wassertransport zu erzielen, sind die Mantelflächen wasser- und dampfundurchlässig ummantelt.

Da sich die Vorgaben zur Trocknung der Prüfkörper vor dem Versuch je nach Norm unterscheiden, ergeben sich für denselben Prüfkörper

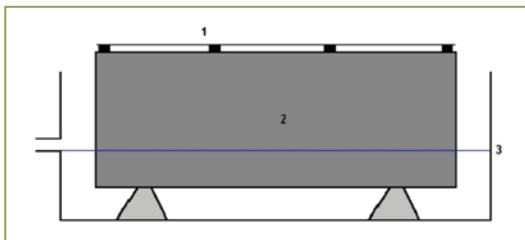


Abb. 7: Beispiel für die Prüfanordnung nach DIN EN ISO 15148:2002 [10]

unterschiedliche Werte für den Wasseraufnahmekoeffizienten.

In [11] wird explizit darauf hingewiesen, dass »es sich bei sämtlichen Normprüfungen im Labor um Prüfungen an jeweils nur einem Baustoff handelt. Mithilfe der ermittelten Messwerte lässt sich also lediglich die Wasseraufnahme durch die Kapillarporen eines einzelnen Materials beschreiben.«

Dies bedeutet, dass sich der Wasseraufnahmekoeffizient von Mauerwerk mit den gängigen Laborverfahren nicht genau ermitteln lässt, da die hierfür entscheidende Qualität der Fugen- ausbildung keine Berücksichtigung findet. Des Weiteren handelt es sich bei allen Laborverfahren um drucklose Verfahren, im Gegensatz zu den meisten In-situ-Verfahren.

Aber auch die Verfahren zur Ermittlung der kapillaren Saugfähigkeit ergeben nicht in jedem Fall ausreichend genaue Ergebnisse in der Simulationsberechnung. Gerade bei kapillaraktiven Dämmstoffen können ergänzende Tests, z.B. der sogenannte Kapi-Test [12], sinnvoll sein.



Abb. 8: Stadthaus 1 Osnabrück – Ansicht Ost



Abb. 9: Untersuchung der Fugen mit speziellem Prüfrohr



Abb. 10: Ausschnitt der Ziegelfassade eines unsanierten Bereiches mit Abrissen zwischen Fugenmörtel und Ziegel

3 Projektbeispiel

3.1 Das Projekt

Das Stadthaus 1 in Osnabrück (Abb. 8) ist ein denkmalgeschütztes Verwaltungsgebäude, das 1928 als Bettenhaus des städtischen Krankenhauses errichtet wurde. Das Gebäude nach dem Entwurf des Architekten Friedrich Lehmann wurde als erstes Hochhaus der Stadt errichtet. 1957 wurde das Staffelgeschoss in seiner heutigen Form ausgebaut und in den 1990er-Jahren durch Anbauten an beiden Gebäudeflügeln erweitert. Das Gebäude zeichnet sich unter anderem durch seine ziegelsichtige Fassade des bläulich-roten Klinkers aus, die durch ihre gegliederten Flächen und Gesimse die Ansicht auflockert. Aus diesem Grund ist eine eventuelle Wärmedämmung auf der Außenseite nicht durchführbar.

Bei dem Gebäude traten in den letzten Jahren verstärkt bauphysikalische Probleme auf. Es wurden durchfeuchtete Wände, eine Schadstoffbelastung innen und ein nicht mehr zeitgemäßer energetischer Zustand der Außenbauteile festgestellt. Ein Teilbereich der Fassade wurde bereits in den letzten Jahren instand gesetzt und hydrophobiert. Zur Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzeptes, das auch eine energetische Verbesserung des Gebäudes (mit Innendämmung) beinhaltet, waren umfangreiche Berechnungen erforderlich. Neben Wärmebrücken-Berechnungen wurden auch hygrothermische Bauteilsimulationen durchgeführt, die Voruntersuchungen zum Schlagregenschutz bedurften.

3.2 Voruntersuchungen

Aufgrund des vorhandenen Schadensbildes (Durchfeuchtungen, Schimmelpilzbildung) sowie der geplanten Innendämmung war eine genaue Analyse des Schlagregenschutzes und des Zustands der Fassade erforderlich. Bei der Ermittlung des vorhandenen Schlagregenschutzes wurden unterschiedliche Vor-Ort-Verfahren (Karstensche Prüfröhrchen und Franke-Platte) angewendet. Bei diesen Untersuchungen wurde insgesamt ein heterogenes Bild hinsichtlich des Schlagregenschutzes vorgefunden. Teilbereiche wiesen nur eine geringe Wasseraufnahme auf, während andere Fassadenteile eine deutlich erhöhte Wasseraufnahme zeigten. In den Bereichen ohne bereits durchgeführte Fassadensanierung wurden bei den Untersuchungen mit der Franke-Platte abgeschätzte w -Werte bis zu $66 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ ermittelt. Ergänzende Untersuchungen der Ziegel mit dem Karstenschen Prüfröhrchen zeigten dagegen kein bzw. kein signifikantes Saugvermögen. Außerdem wurden die Fugen mit speziellen Prüfröhrchen eingehender untersucht, die explizit für den Einsatz auf Fugen gefertigt wurden (s. Abb. 9).

Das maßgebliche Saugvermögen ist dem Fugenmörtel zuzuordnen. Des Weiteren wurden deutliche Schädigungen im Fugenbild und ein ausgeprägtes Weiterverteilen des Wassers innerhalb der Fugenebene festgestellt. Im Bereich der bereits sanierten Fassaden konnte keine signifikante Wasseraufnahme ermittelt werden. Zusätzlich zu den örtlichen Untersuchungen wurden Laboranalysen des Ziegels und des Fugenmörtels vorgenommen, um die Fassade bei den dazu not-

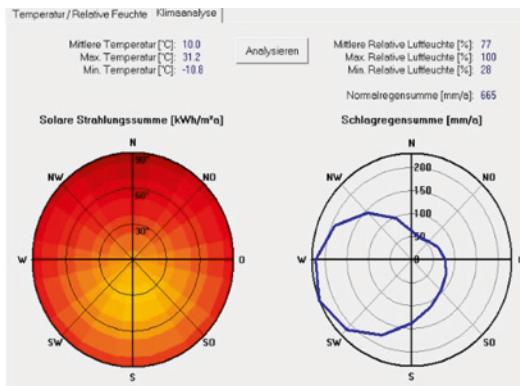


Abb. 11: Ansatz des Außenklimas für die hygrothermischen Simulationsberechnungen

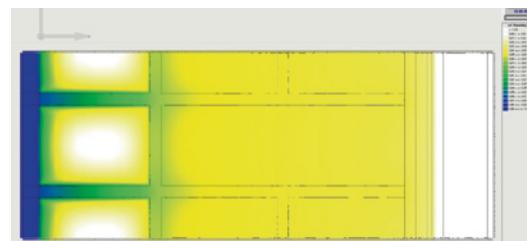


Abb. 12: 2D-Modell der hygrothermischen Simulationsberechnungen zur Außenwand

wendigen hygrothermischen Bauteilsimulationen möglichst genau abbilden zu können.

Dabei zeigte sich für den Ziegel eine geringe kapillare Wasseraufnahme von $< 1,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \sqrt{\text{h}})$ (zumeist $< 0,1$). Der Wasserdampfdiffusionswiderstand (μ -Wert) wurde mit 200–300 (Brennhaut) und 160–230 (restlicher Stein) ermittelt. Der Fugenmörtel wies im Bestand eine mittlere Saugfähigkeit auf, aber teils deutliche Abrisse vom Ziegel (Abb. 10), die die hohe Wasseraufnahme der Fassade erklären.



Abb. 13: Beprobung einer Musterfläche mit Neufügung – Wasseraustritt aus den Fugen

3.3 Dämm- und Fassadenkonzept

Gerade mit der geplanten Innendämmmaßnahme zur Verbesserung des energetischen Niveaus des Gebäudes ist eine Fugensanierung in Teilbereichen des Gebäudes erforderlich. Ausgehend von den Erkenntnissen der Voruntersuchungen wurden verschiedene Maßnahmen zur Fassaden-

sanierung betrachtet. Hierzu wurden ein- und zweidimensionale hygrothermische Simulationen der Fassade durchgeführt (Abb. 11 und 12).

Insbesondere bei den zweidimensionalen Be- trachtungen konnten die Effekte einer unter- schiedlichen Ausbildung der Fugen analysiert werden. Es zeigte sich, dass über das Fugennetz auf Dauer eine hohe Auffeuchtung der Fassade zu verzeichnen war. Diese konnte aber in den trockenen Perioden nicht schnell genug abtrock- nen, da hierfür nur die Fugenfläche zur Verfü- gung stand. Somit war eine deutliche Reduzierung der Wasseraufnahme der Fuge nötig, um in Verbin- dung mit der geplanten Innendämmung zulässige Feuchtekennwerte zu erhalten. Aufgrund der Ergebnisse der Simulationen kam es zu der Ent- scheidung für eine moderate Innendämmung mit 60 mm Calciumsilikat-Platten, da hiermit ein erhöhtes Sicherheitsmaß zu ermitteln ist.

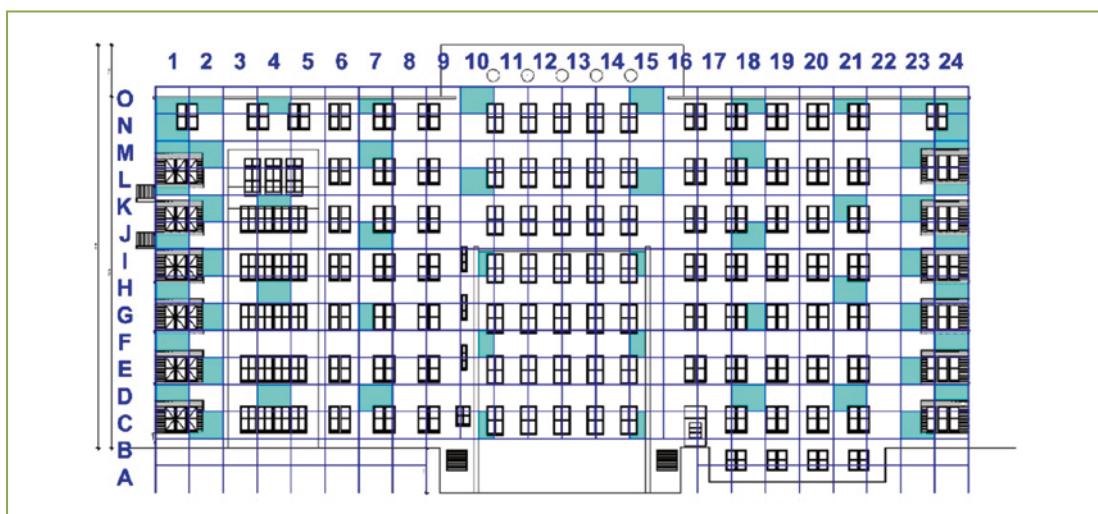


Abb. 14: Prüfkonzept zur Qualitätssicherung – Westfassade

Um die Einhaltung der anspruchsvollen Vorgaben für die Qualität der Fuge (deutliche Reduzierung der Wasseraufnahme) zu überprüfen, wurden verschiedene Musterflächen angelegt und erneut vor Ort beprobt. Eine reine Neuverfugung mit einem hydrophob eingestellten Fugenmörtel zeigte in den Musterflächen nicht die nötige Qualität. Hier kam es bei der Beprobung teilweise zu Wasseraustritt aus der Fuge, was auf mangelnden Haftverbund zwischen Fugen- und Setzmörtel sowie Flankenrisse zwischen Fuge und Ziegel hinweist (Abb. 13). Es wurde hier ein System, bestehend aus einer Vorimprägnierung auf Wasserbasis (ein lösemittelbasiertes Verfahren war hier nicht erwünscht), einem Fugenmörtel im Schlämmverfahren und einer abschließenden Nachimprägnierung, eingesetzt, um die Anforderungen einzuhalten.

3.4 Qualitätssicherung

Zur Ausführungskontrolle wurde ein Prüfkonzept in Anlehnung an das WTA-Merkblatt 3-17 [13] erstellt. Aufgrund der gering zu erwartenden Messergebnisse wurde als Prüfverfahren das Karstensche Prüfröhrchen mit der druckhaften Wasserbeaufschlagung ausgewählt, da sich hierbei die potenziellen Ergebnisverfälschungen durch den Kitt eher gering auswirken. Zudem kann hiermit der entscheidende Einfluss der Fuge spezieller untersucht werden.

Anhand eines Prüfrasters (Abb. 14) wurden alle Orientierungen hinsichtlich des Erfolgs der Maßnahme untersucht. Dabei wurden die stärker belasteten Bereiche (Gebäudekanten, obere Geschosse) intensiver beprobt als weniger stark belastete Bereiche. Bei den Untersuchungen wur-



Abb. 15: Prüfung der Hydrophobierung über die Tiefe mittels Aufträufeln mit Pipette (roter Pfeil = Außenoberfläche; Quelle: Labor Wendler, München)

den teils Werte festgestellt, die signifikant oberhalb der vorgegebenen Wasseraufnahmewerte lagen. Ein Teil dieser Werte konnte auf die Ausführung (z. B. örtliche Fehlstellen) zurückgeführt werden. Da aber nicht bei allen bemängelten Stellen eine eindeutige Ursache für die erhöhte Wasseraufnahme vorlag, wurden weitere Untersuchungen durch den Materialhersteller mit dem WAM-Gerät (siehe auch Abb. 6) vorgenommen. Bei diesen Untersuchungen mit dem drucklosen Verfahren ergaben sich durchweg Werte, die den vorherigen Zielwerten entsprachen.

Es stellte sich in diesem Zusammenhang die Frage, wie die sich widersprechenden Messergebnisse zu beurteilen sind. Infolgedessen wurden zusätzliche Probenkörper im Labor untersucht. Es zeigte sich zunächst, dass die Hydrophobierung des Mörtels auch in der Tiefe bis in den Setzmörtel hinein nachgewiesen werden konnte (Randwinkel von 120°; s. Abb. 15). Es konnte aber auch nachvollzogen werden, dass die Differenzen der Messergebnisse vor allem auf

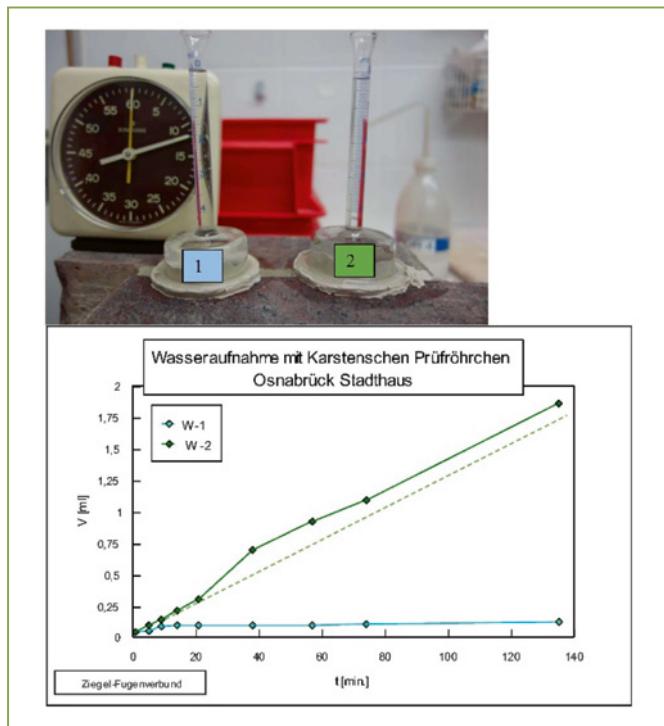


Abb. 16: Wasseraufnahme nach Karstung auf der optisch intakten Fuge
(Quelle: Labor Wendler, München)

den unterschiedlichen Messverfahren beruhen. Während das Messverfahren mit dem WAM-Gerät eine drucklose Wasserbeaufschlagung hat, wird bei den örtlichen Messungen mit dem Karstenschen Prüfröhrchen oder der Franke-Platte ein Wasserdruck aufgebaut, der den Schlagregen bei 10 Beaufort simuliert. Bei diesem Druck ist dann eine Wasseraufnahme über (visuell kaum erkennbare) Haarrisse von ca. 20 µm zu verzeichnen (s. Abb. 16: W-1 gegenüber W-2). Da die Laborergebnisse auch aufzeigten, dass die Verteilung des eingedrungenen Wassers hauptsächlich lateral im Fugenmörtel stattfand und der wasserabweisende Effekt auch in der Tiefe vorlag, konnte die Ausführung als erfolgreich abgenommen werden.

Zu erwähnen ist, dass auch ein Wartungsplan für die Fassade erstellt wurde. So werden in regelmäßigen Abständen Überprüfungen a) auf offensichtliche Schädigungen wie Ausbrüche von Fugenmörtel, Abplatzungen etc. und b) auf die Einhaltung der feuchte-technischen Parameter zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Imprägnierung durchgeführt.

4 Fazit

Der sicheren Beurteilung des Schlagregenschutzes von ziegelsichtigen Fassaden kommt insbesondere bei energetischen Sanierungen, die

eine Innendämmung der Fassade vorsehen, eine entscheidende Bedeutung zu. Schwierig ist dabei aber die richtige Wahl des Untersuchungsverfahrens, da der Aufwand, die Zerstörung (durch Probenentnahme für Laborversuche) und die Verfahren (drucklos oder druckhaft) deutlich unterschiedlich sind. Normativ geregelt ist jedoch bislang nur das Laborverfahren der kapillaren Wasseraufnahme. Hier sind zurzeit unterschiedliche Vorgehensweisen in der Praxis zu beobachten. Eine Empfehlung für das eine oder andere Prüfverfahren kann derzeit nicht gegeben werden. Die Ergebnisse weichen noch zu stark ab und zeigen jeweils Vor- und Nachteile.

Der notwendige Aufwand, um belastbare Aussagen für ein Projekt treffen zu können, ist teilweise hoch. Je nach Anforderung an die Qualität der Aussagegenauigkeit, sind hierfür intensive örtliche Untersuchungen notwendig. Die Wahl des Messverfahrens kann dabei einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse haben. Dies gilt vor allem, wenn die zu erwartenden Messwerte gering sein werden (z. B. bei der Qualitätskontrolle einer Hydrophobierung). Wichtig ist es daher, eine sachverständige Beurteilung, die an die jeweilige Aufgabenstellung angepasst ist, vorzunehmen. Im Zweifelsfall ist der Einsatz unterschiedlicher Messverfahren und ergänzender Laboruntersuchungen angeraten.

5 Literatur

- [1] DIN 4108-3:2014-11. Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz
- [2] DIN EN 15026:2007-07. Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation; Deutsche Fassung EN 15026:2007
- [3] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 6-4-09/D Innendämmung nach WTA-I: Planungsleitfaden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [4] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 6-5-14/D Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmssystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [5] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 8-1-14/D Fachwerkinstandsetzung nach WTA I: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [6] Wendler, Eberhard; Snethlage, Rolf: Der Wasser-eindringprüfer nach Karsten – Anwendung und Interpretation der Meßwerte. In: Bautenschutz + Bausanierung 12 (1989), S. 110 – 115
- [7] Wendler, Eberhard: Pro und Contra hydrophobierende Tiefenimprägnierung – Erfahrungen aus 35 Jahren Anwendung. In: WTA-Schriftenreihe, Heft 38, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2013, S. 83 – 104
- [8] TU Tech Innovation GmbH: Die WA-Prüfplatte nach Franke zur Beurteilung der Wasseraufnahme von Fassaden. URL: www.tu-harburg.de/t3resources/bp/PDF/WAPruefplatteneu.pdf [Stand: 25.08.2015]
- [9] DIN EN ISO 15148:2003-03. Wärme- und feuchte-technisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen (ISO 15148:2002); Deutsche Fassung EN ISO 15148:2002
- [10] Möller, Ulrich; Stelzmann, Mario: In-Situ-Messgerät für die zerstörungsfreie Messung der Wasseraufnahme. Aus: 2. Internationaler Innendämmkongress. Tagungsunterlage. Hrsg.: TU Dresden, Institut für Bauklimatik, Selbstverlag 2013

- [11] Twelmeier, Heiko: In-situ-Messung der Wasseraufnahme an Mauerwerksfassaden. In: Gerd Geburtig, Jürgen Gänßmantel (Hrsg.): Messtechnik – Der Weisheit letzter Schluss? Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2012
- [12] Binder, Andrea; Zirkelbach, Daniel; Künzel, Hartwig; Fitz, Cornelia: Praxisgerechte Beurteilung und Quantifizierung der Kapillaraktivität von Innendämmmaterialien. IBP-Mitteilungen 514, 2011
- [13] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. – WTA – (Hrsg.): WTA-Merkblatt 3-17-10/D Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2010

Zur brandschutztechnischen Beurteilung vorhandener Bauteile – historische Mauerwerkskonstruktionen

Prof. Dr.-Ing. Gerd Geburtig

1 Einleitung

Das Bewusstsein für die notwendigen Anforderungen des Brandschutzes bei bestehenden Gebäuden hat sich ausgehend vom Blick auf mögliche Gefahren in den vergangenen Jahren erheblich verändert. Davon sind vordergründig solche Gebäude betroffen, bei denen sich herausstellt, dass die zur jeweiligen Errichtungszeit gültigen Standards des Brandschutzes den heutigen Ansprüchen nicht mehr genügen. Häufig ist beim Herangehen an den Brandschutz bei Bestandsgebäuden aber eine große Unsicherheit sowohl auf Seiten der Planer und Ausführenden als auch auf Seiten der genehmigenden Behörden anzutreffen. Im Vordergrund steht zumeist die Frage danach, welche Bestands situation trotz abweichender Gegebenheiten gegenüber den aktuellen bauordnungsrechtlichen Anforderungen noch akzeptabel ist und welche zu notwendigen Anpassungen führt. Die Folge sind dann nicht selten überzogene Nachrüstungsforderungen oder mangelfache Brandschutzkonzepte bzw. Ausführungen vor Ort. Nicht umsonst jedoch lässt der Gesetzgeber ausdrücklich bei bestehenden Gebäuden auf Basis des § 67 der Musterbauordnung (MBO) [1] einen Anspruch auf Abweichungen zu, wenn bewiesen werden kann, dass es »auch

anders geht«. Dazu ist nachzuweisen, dass die Schutzziele des Brandschutzes auf einem anderen Weg erreicht werden.

Auch vorhandene Konstruktionen aus Mauerwerk, wie Trenn- oder Brandwände, an die erhebliche Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes bestehen, stehen dabei im Fokus einer entsprechenden Betrachtung bei einer Brandschutzplanung. Insbesondere bei Brandwänden spielt dabei die Frage danach, ob diese auch bei einer mechanischen Belastung noch hinreichend standsicher sind, eine wesentliche Rolle.

Dieser Beitrag beleuchtet deswegen, wann ein zunächst gegebener Bestandsschutz endet, wie man insbesondere vorhandene Mauerwerkskonstruktionen trotz dafür teilweise fehlender Maßstäbe, z. B. auch auf der Grundlage bauzeitlicher, heute nicht mehr gültiger Vorschriften, angemessen beurteilen kann, welche Zusammenhänge zwischen der Tragwerksplanung und der Brandschutzplanung bestehen und worauf bei bestehenden baulichen Anlagen aus der Sicht des Brandschutzes konzeptionell ganzheitlich zu achten ist.

2 Brand- und Bestands- schutz

2.1 Auslegungen des Bestands- schutzes

Der Brandschutz nimmt eine Sonderstellung im Baurecht ein, weil es um den Schutz von Leben und Gesundheit von Menschen und Tieren sowie

der natürlichen Lebensgrundlagen geht. Grundsatz- und Einzelforderungen sind direkt in den Landesbauordnungen und in Sonderbauverordnungen bzw. -richtlinien geregelt. Grundlage für die praktische Umsetzung der bauaufsichtlichen Anforderungen ist die DIN 4102-4 [2]. Hiernach werden Baustoffe in Baustoffklassen und Bauteile in Feuerwiderstandsklassen eingestuft. Durch häufig gegenüber normativ geprüften Materialien oder Bauteilen auftretende mangelnde oder unbekannte brandschutztechnische Eigenschaften von bestehenden Brandschutz- bzw. Baukonstruktionen, ist neben einer Feuerausbreitung insbesondere eine mögliche Rauchausbreitung zu berücksichtigen.

Die Sanierung oder Umnutzung eines Bestandsgebäudes bringt durchaus rechtliche Probleme mit sich. Der Bestandsschutz ist zunächst der Schutz einer Rechtsposition gegenüber späteren Rechtsänderungen – auch des Bauordnungsrechts –, der zu einem bestimmten Zeitpunkt rechtmäßig erworben wurde. Das bedeutet, dass ein vorhandenes Gebäude, das zwar nach früher gültigem Recht rechtmäßig errichtet wurde, aber dem heute gültigen Baurecht nicht mehr entspricht, erhalten und weiter genutzt werden darf. Beim Bestandsschutz sind dabei zwei Faktoren grundlegend zu betrachten, die gleichgewichtig und nebeneinander stehen: der Baukörper (Kubus) und die Funktion (Nutzung). Man unterscheidet den passiven und den aktiven Bestandsschutz. Neben aktivem und passivem Bestandsschutz existiert auch der Begriff des »erweiterten« Bestandsschutzes, der jedoch keine Anwendung mehr finden kann. Daraus ergibt sich, dass bei einer geplanten Umnutzung eines Bestandsgebäudes für den erforderlichen

Brandschutz sehr frühzeitig mit den genehmigenden Behörden abgestimmt werden sollte, welche Interpretation des Bestandsschutzes bauordnungsrechtlich akzeptiert wird. Ein Bestandschutz ist somit neben klaren juristischen Belangen auch immer ein wenig »Verhandlungssache«, da die jeweilige Bauordnung oder Sonderbauvorschrift immer nur einen von mehreren möglichen Wege zum Ziel aufzeigt.

In der Berliner Bauordnung (BauO Bln) wurde hinsichtlich bestehender baulicher Anlagen im Absatz 1 § 85 folgender Grundsatz formuliert:

»Rechtmäßig bestehende bauliche Anlagen sind, soweit sie nicht den Vorschriften dieses Gesetzes oder den auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Vorschriften genügen, mindestens in dem Zustand zu erhalten, der den bei ihrer Errichtung geltenden Vorschriften entspricht.« [3]

Damit wurde klar gestellt, dass es auch hinsichtlich des Brandschutzes bei Bestandsgebäuden nicht notwendig ist, eine vollständige Anpassung an aktuelle Standards zu erreichen, sondern zunächst der ordnungsgemäße Zustand gemäß bauzeitlicher Vorschriften im Vordergrund zu stehen hat.

Ein weiterer Grund, sich mit den jeweiligen bauzeitlichen Regelungen des Brandschutzes und angemessenen Beurteilungsregeln für bestehende Bauteile zu beschäftigen, ist das Erbringen entsprechende Nachweise für die handelnde Behörde.

2.2 Ganzheitliche brandschutztechnische Bestandsaufnahme

Rettungswege

Bauartunabhängig müssen gemäß den Regelungen in einer jeweiligen Landesbauordnung sowohl die Brandausbreitung als auch insbesondere die Brandgasausbreitung in Rettungswegen und Treppenhäusern für die Personensicherung sowie in den an den Brandherd angrenzenden Räumen über vorgeschriebene Zeiträume verhindert werden. Bestandsgebäude stehen somit häufig im Konflikt mit den aktuellen Regelungen des Brandschutzes. Die Grundlage für den Brandschutz im Bestand ist daher eine präzise brandschutztechnische Bestandsanalyse. Ohne diese läuft man Gefahr, entweder unzulängliche oder übertriebene Brandschutzmaßnahmen anzutreten. Im Rahmen dieser Analyse des Bestandes sind zunächst die folgenden übergreifenden Fragestellungen zu klären:

- Wurden während der Errichtung des Gebäudes die in der Baugenehmigung vereinbarten Maßnahmen des Brandschutzes ordnungsgemäß ausgeführt?
- Sind durch die aktuellen Situationen im Gebäude die Rettungswege gefährdet?

Zur Beantwortung dieser zentralen Fragen sind im Detail unterschiedliche Sachverhalte zu überprüfen: bauliche, anlagentechnische und organisatorische Gegebenheiten der baulichen Anlage – unabhängig von deren Größe.

Die vordergründige Aufgabenstellung bei der Überprüfung des Brandschutzes in einem Bestandsgebäude ist die Sichtung des jeweiligen

Rettungswegsystems. Dazu sind alle verfügbaren Rettungswege in Betracht zu ziehen und in ihrem Verlauf zu analysieren. Das betrifft vor allem:

- die Führung und die Länge der Rettungswege (gradlinig, Form der Treppen etc.)
- die vorhandenen Breiten
- vorhandene Stufen oder Stufenfolgen
- Öffnungsverschlüsse gegenüber Treppenräumen bzw. die der Rauchabschnittsbildung dienen sollen
- Anlagen zur Rauchableitung oder -freihaltung
- Eigenschaften von Materialien oder Bauteilen.

Außerdem ist festzustellen, ob für jede Nutzeinheit zwei voneinander unabhängige Rettungswege bzw. ein nach Bauordnungsrecht *„sicher erreichbarer Treppenraum“* [4] vorhanden ist. Bei vielen Sonderbauten sind sogar zwei voneinander unabhängige bauliche Rettungswege vonnöten.

Baulicher Bestand

Besonders schwierig stellt sich in der Praxis die Bewertung von Bestandskonstruktionen dar. Bei der Einschätzung des Feuerwiderstandes von bestehenden Bauteilen sind im Zusammenhang die folgenden Kriterien von wesentlicher Bedeutung:

- vorhandene Materialien der Bestandskonstruktion
- tatsächliche Einbausituation (freiliegend, vollständig oder teilweise bekleidet u. a.)
- realistische Auslastung der vorhandenen Tragkonstruktionen
- ggf. vorhandene Verbindungsmittel
- vorhandene Auflagersituationen oder Einspannungen von tragenden Bauteilen
- vorhandene Putzüberdeckungen (Dicke u. a.)

- vorhandene Qualitäten von vorhandenen Stahlbauteilen
- Qualität vorhandener Öffnungsabschlüsse [5].

Bauherren sind darauf hinzuweisen, dass die Durchführung bestimmter Untersuchungen, die für die gerechte Beurteilung des Bestandes jedoch wichtig sein könnten, nicht zerstörungsfrei möglich ist..

Generell sollte aber bedacht werden, dass es wichtiger ist, die Gesamtsituation des Brandschutzes zu beurteilen, als jede anzutreffende Abweichung der Bestandsbauteile gegenüber heutigen Anforderungen so weit wie möglich anpassen zu wollen. Das verschlingt oft nur anderweitig benötigte Ressourcen und bringt zu meist wenig hinsichtlich eines sinnvollen Brandschutzes.

Brandschutztechnische Anlagentechnik

In Abhängigkeit von der Nutzung des bestehenden Gebäudes ist die Funktionsfähigkeit technischer Anlagen und Einrichtungen zu kontrollieren, die bauordnungsrechtlich gefordert und an die Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes gestellt werden. Betroffen sind davon u. a.:

- Rauchabzugs- oder Lüftungsanlagen
- Brandmelde- und Alarmierungseinrichtungen
- Sicherheitsbeleuchtung
- Sicherheitsstromversorgung
- selbstständige oder nichtselbstständige Feuerlöschanlagen.

Das ist z. B. in bestehenden Versammlungs- oder Verkaufsstätten, Krankenhäusern, Pflegeheimen, Schulen, Hochhäusern oder Garagen regelmäßig der Fall. Zu überprüfen ist dann zunächst, ob die

nach dem Bauordnungsrecht – auch für bestehende Anlagen – vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Wirksamkeit regelmäßig durchgeführt wurden. In diesem Punkt sind in der Praxis leider häufig große Lücken im Brandschutzmanagement während des Betriebes von Gebäuden festzustellen. Auf der einen Seite gilt auch hinsichtlich der brandschutztechnischen Anlagentechnik, dass Rettungswege keinesfalls von Mängeln betroffen sein dürfen, auf der anderen Seite müssen angeblich »veraltete« Anlagen, die aber noch vollständig funktionsfähig sind, nicht übereifrig ausgetauscht werden.

Betrieblich-organisatorische Regelungen

Neben den vorgenannten Aspekten, spielt auch das Brandschutzmanagement, insbesondere bei bestehenden Gebäuden, eine außerordentlich große Rolle, die oftmals unterschätzt wird. Es kann sogar zutreffen, dass im Einzelfall die Maßnahmen des organisatorischen Brandschutzes wichtiger sind, als unsinnige bauliche Nachrüstungen von Bestandsbauteilen. Daher ist auch die Wirksamkeit des organisatorischen Brandschutzes genau zu analysieren.

Eingebunden in ein ganzheitliches Brandschutzkonzept können organisatorische Brandschutzmaßnahmen einen wertvollen Beitrag zur ausreichenden Brandsicherheit von Bestandsgebäuden leisten. Einige wirkungsvolle organisatorische Maßnahmen sind z. B.:

- Sichern des bestimmungsgemäßen Gebrauchs
- regelmäßige Brandschutzbegehungen
- turnusmäßige Kontrollen der brandschutztechnischen Infrastruktur

- Durchsetzen von Räumungskonzepten
- Einführen eines Brandschutzbeauftragten.

3 Beurteilung bestehender Konstruktionen aus Mauerwerk

3.1 Grundsätzliches

Gemäß Musterbauordnung müssen die tragenden und aussteifenden Wände und Stützen im Brandfall »ausreichend lang standsicher sein« [6].

Neben der ausreichenden Standsicherheit und Tragfähigkeit über in den Landesbauordnungen, Sonderbauvorschriften oder soweit individuell festgelegt, über im Gebäudekonkreten Brandschutzkonzept ausgewiesene Zeiträume, müssen die für den Brandschutz eines Gebäudes relevanten Bauteile je nach Anforderung zusätzlich mechanisch belastbar sein bzw. einen ausreichenden Raumabschluss gewährleisten.

Die Belastungen können dabei vielfältig sein, z. B. durch die betroffenen Bauteile laufenden Holz- oder Stahlträger, benachbarte nicht entkoppelte Wandkonstruktionen oder durch nachträgliche brandschutztechnisch ungeschützte statische Ertüchtigungen.

Die Abb. 1 zeigt eine bestehende Wandkonstruktion, die als Brandmauer zwar einem Naturbrand über etwa eine Stunde und den sich daran anschließenden Löscharbeiten standhielt, aber insbesondere wegen der thermischen Verformungen der Stahlträger geschädigt wurde.



Abb. 1: bestehende Wandkonstruktion nach einem Brand

3.2 Beurteilung historischer Konstruktionen anhand bauzeitlicher Regeln und Normen

Bauzeitliche Brandschutzmaßnahmen allein sind nicht mehr als ausreichende Garantie der brandschutztechnischen Schutzziele anzusehen. Es existieren aus vergangener Zeit aber viele sinnvolle Vorschläge für wirkungsvolle Maßnahmen über geeignete Verhaltensregeln in vom Feuer gefährdeten Bauwerken. Leichtsinn und fahrlässiger Umgang mit Feuer sind immer noch wesentliche Quellen der Brandentstehung. Demzufolge ist auch auf bauzeitliche Regelungen Bezug zu nehmen.

Um ein bestehendes bauliches Gefüge und sein Tragwerk einschließlich seiner Qualitäten wirklichkeitsnah einschätzen zu können, ist ein Rückgriff auf die zu seiner Bauzeit gültig gewesenen Regeln oder Normen empfehlenswert. Dadurch kann das zur Errichtungszeit vereinbarte Sicherheitsniveau und -konzept verstanden und nachempfunden werden. In Abb. 2 ist beispielsweise eine den heutigen Normen nicht entsprechende



Abb. 2: historische Brandmauer leistete ihren Dienst beim Brand

historische Brandmauer aus dem 19. Jahrhundert zu sehen, die einem Naturbrandereignis ausreichend standhielt, auch wenn diese nicht nach aktuellen Normen bewertet werden kann.

Die historischen Vorschriften lassen umfangreiche Rückschlüsse auf die jeweiligen funktionalen Anforderungen und auf die daraus abgeleiteten Akzeptanzkriterien zu, wie z. B. das Versagen einer Brandmauer oder einer aufgehenden Wand nach einer definierten Zeit. Detaillierte Angaben zu Ausführungsarten historischer massiver Mauerwerks-, Decken- und Treppenkonstruktionen sind weiterführend bei Ahnert und Krause [7] zu finden.

Bis in das 20. Jahrhundert hinein existierten auf unterschiedlichen regionalen Ebenen unzählige Bauordnungen bzw. baupolizeiliche Vorschriften in Deutschland. Um diesem Zustand eines häufig beklagten Mangels der Einheitlichkeit von Vorschriften abzuheften, erließ der Staatskommissar für Wohnungswesen am 25. April 1919 den Entwurf einer Bauordnung für das Land Preußen, der allen nach diesem Datum neu zu erlassenden Bauordnungen für Städte, Landgemeinden und Vororte größerer Städte zugrunde gelegt werden sollte [8]. Dieser Entwurf bezweckte eine Vereinfachung in den Anordnungen und Fassungen der bisher geltenden baupolizeilichen Vorschriften und hatte eine Vereinheitlichung für ganz Preußen zum Ziel. Somit kann dieser Entwurf einer Bauordnung als Vorläufer unserer heutigen Musterbauordnung verstanden werden. In diesen baupolizeilichen Vorschriften des Preußischen Ministeriums für Volkswohlfahrt – hier sind erstmals die Bezeichnungen »feuerbeständig« und »feuerhemmend« anstelle der bisherigen Begriffsbezeichnungen »feuerfest« und »feuersicher« zu finden – werden die brandschutztechnischen Bauteilklassifizierungen »feuerhemmend«, »feuerbeständig« und »hochfeuerbeständig« unterschieden [9]. Hinsichtlich des Brandschutzes wurden in diesem Entwurf zu einer Bauordnung im § 10 und in den §§ 14 bis 20 Regelungen detailliert zum vorbeugenden Brandschutz von Gebäuden vorgenommen [10].

Zum 12. März 1925 erließ der Preußische Minister für Volkswohlfahrt »Baupolizeiliche Bestimmungen über Feuerschutz« (feuerbeständige und feuerhemmende Bauweisen) und verfolgte damit das Ziel »die bisherigen Begriffe »massiv«, »feuerfest« und »feuersicher« durch Bestimmungen zu

ersetzen, die klarer erkennen lassen, welche Forderungen an die betreffenden Bauteile zu stellen sind» [11]. In diese Bemühungen wurden auch die Feuerversicherungsanstalten und die Verbände der Feuerwehr einbezogen. Als Ergebnis der Beratungen wurden folgende Bestimmungen erlas-

sen, die nunmehr für weite Teile Deutschlands galten [12].

Grundlegend zu beachten ist hierbei, dass die Klassifikationen feuerhemmend und feuerbeständig im Jahre 1925 noch anderslautend

| Einordnung | Anforderungen |
|--------------------------|--|
| feuerhemmende Bauweise | Als feuerhemmend gelten Bauteile, wenn sie, ohne sofort selbst in Brand zu geraten, wenigstens eine Viertelstunde dem Feuer erfolgreich Widerstand leisten und den Durchgang des Feuers verhindern. |
| feuerbeständige Bauweise | Als feuerbeständig gelten: Wände, Decken, Unterzüge, Träger, Stützen und Treppen, wenn diese unverbrennlich sind, unter dem Einfluss des Brandes und des Löschwassers ihre Tragfähigkeit oder ihr Gefüge nicht wesentlich ändern und den Durchgang des Feuers geraume Zeit verhindern. |

Tab. 1: Kriterien für die feuerhemmende bzw. feuerbeständige Bauweise im Jahre 1925, nach [13]

| Klassifikation | Feuerwiderstand in Minuten | Anforderungen |
|--------------------|----------------------------|--|
| feuerhemmend | 30 | Bauteile, die beim Brandversuch nach DIN 4102 Blatt 3 – Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme, Brandversuche – während einer Prüfzeit von $\frac{1}{2}$ Stunde nicht selbst in Brand geraten, ihren Zusammenhang nicht verlieren und den Durchgang des Feuers verhindern, derart, daß tragende Bauteile dabei ihre Tragfähigkeit nicht verlieren. Einseitig dem Feuer ausgesetzte Bauteile dürfen auf der dem Feuer abgekehrten Seite während des Brandversuches nicht wärmer als 130° werden. |
| feuerbeständig | 90 | Bauteile aus nichtbrennablen Baustoffen, die bei einem Brandversuch nach DIN 4102 Blatt 3 – Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme, Brandversuche – während einer Prüfzeit von $1\frac{1}{2}$ Stunden unter der Einwirkung des Feuers und des Löschwassers ihr Gefüge nicht wesentlich ändern, ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit nicht verlieren und den Durchgang des Feuers verhindern. Einseitig dem Feuer ausgesetzte Bauteile dürfen auf der dem Feuer abgekehrten Seite während des Brandversuches nicht wärmer als 130° werden. |
| hochfeuerbeständig | 180 | Bauteile, die den Anforderungen an feuerbeständige Bauteile während einer Prüfzeit von 3 Stunden genügen. |

Tab. 2: Prüfkriterien nach DIN 4102, Fassung August 1934 [16]

gegenüber heutigen Anforderungen benutzt wurden (s. Tab. 1).

Somit ist es nicht möglich, die Begriffe »feuerhemmend« und »feuerbeständig« bei der Beurteilung eines bestehenden Bauteils gleichlautend entsprechend den heutigen bauordnungsrechtlichen Anforderungen zu verwenden. Dennoch können derartige Bauteile Bestandsschutz genießen, wenn diese den zur Errichtungszeit gelgenden Regeln bzw. den Anforderungen des Brandschutznachweises genügen [14].

Die in Tab. 1 aufgeführten Einstufungen wurden im Jahre 1934 durch Klassifikationen in der ersten Normfassung der DIN 4102 abgelöst, mit der man für Deutschland erstmals die Prüfungen

nach der Einheitstemperaturzeitkurve, damals noch »Einheitstemperaturkurve« genannt, einführe [15].

Gleichlautend erfolgte auch mit der DIN 4102 i. d. F. vom August 1934 erstmals die normative Klassifikation von Wänden, Stützen und Pfeilern, Treppen sowie Deckenkonstruktionen aus Mauerwerk, auf die in den folgenden Kapiteln noch näher eingegangen wird.

Im Jahre 1940 erfolgte eine Überarbeitung der DIN 4102, die auch eine Änderung der Anforderungen nach sich zog (s. Tab. 3).

Die Klassifikation »feuerhemmend« in der oben benannten Normfassung, die in der Bundes-

| Klassifikation | Feuerwiderstand in Minuten | Anforderungen |
|--------------------|----------------------------|---|
| feuerhemmend | 30 | Bauteile, die beim Brandversuch nach DIN 4102 Blatt 3 während einer Prüfzeit von $\frac{1}{2}$ Stunde nicht entflammen und den Durchgang des Feuers während der Prüfzeit verhindern. Tragende Bauteile dürfen während der Prüfzeit ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit unter der rechnerisch zulässigen Last nicht verlieren. [...] Einseitig dem Feuer ausgesetzte Bauteile dürfen auf der dem Feuer abgewandten Seite nicht wärmer als 130° werden und müssen dort nach dem Brandversuch durchweg auf etwa 1 cm Dicke erhalten bleiben. |
| feuerbeständig | 90 | Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen, die bei einem Brandversuch nach DIN 4102 Blatt 3 während einer Prüfzeit von $\frac{1}{2}$ Stunden dem Feuer und anschließend dem Löschwasser standhalten, dabei ihr Gefüge nicht wesentlich ändern, unter der rechnerisch zulässigen Last ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit nicht verlieren und den Durchgang des Feuers verhindern. ... Einseitig dem Feuer ausgesetzte Bauteile dürfen auf der dem Feuer abgewandten Seite nicht wärmer als 130° werden. |
| hochfeuerbeständig | 180 | Bauteile, die den Anforderungen an feuerbeständige Bauteile während einer Prüfzeit von 3 Stunden genügen. |

Tab. 3: Prüfkriterien nach DIN 4102, Fassung November 1940 [17]

republik Deutschland bis 1965 (Blätter 2 und 4) [18] bzw. 1966 ihre Gültigkeit behielt [19], war demnach noch nicht zugleich an die Eigenschaft »nicht brennbar«, sondern daran, dass die »während einer Prüfzeit von $\frac{1}{2}$ Stunde nicht entflammen« gebunden. Dabei wurden die Anforderungen an die Einreichung in die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 neu formuliert [20].

Die Weiterführung der Normung der DIN 4102 von 1965 bis in die heutige Zeit erfolgte nunmehr nur noch für den Geltungsbereich der Bundesrepublik Deutschland, während für die DDR die neue TGL 10685 (Technische Güter und Lieferbestimmungen) geschaffen wurde, auf die an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Vertiefende Erläuterungen sind dazu bei Geburtig [21] nachzuschlagen.

3.3 Wände, Pfeiler und Stützen

Allgemeines

Aus brandschutztechnischer Sicht ist zwischen nichttragenden und tragenden sowie zwischen raumabschließenden und nichtraumabschließenden Wänden zu unterscheiden. Die in den üblichen normativen Bemessungstabellen angegebenen Mindestdicken beziehen sich i. d. R. auf unbekleidete Wände oder Wandschalen. Eine wesentliche Voraussetzung aus brandschutztechnischer Sicht bei nichttragenden Trennwänden ist, dass die Wände von Rohdecke zu Rohdecke geführt werden müssen, damit die raumabschließende Wirkung gewährleistet ist. Bei bestehenden Gebäuden ist dies häufig nicht der Fall. Insbesondere Flurtrennwände wurden häufig nicht bis zur Rohdecke hochgezogen. Der Anschluss von leichten Trennwänden auf schwimm-

mendem Estrich ist brandschutztechnisch unbedenklich; Anschlüsse an abgehängten Decken stellen sich jedoch als problematisch dar, da die raumabschließende Wirkung oberhalb der Unterdecke nicht gewährleistet werden kann und die Standsicherheit gefährdet ist. In die Beurteilung bestehender Wandbauteile sind neben der Analyse des Feuerwiderstandes auch der tatsächlich vorhandene Raumabschluss und die mögliche Wärmeübertragung einzubeziehen.

Wände

An massive Wände wurden bereits seit Längerem in örtlichen Feuerverordnungen bzw. Baupolizeiverordnungen konkrete konstruktive Anforderungen zur Einhaltung von bestimmten notwendigen brandschutztechnischen Eigenschaften gestellt.

Brand- oder Feuermauern sind im deutschen Bauordnungsrecht zumindest seit dem 13. Jahrhundert im Sprachgebrauch verschiedener Feuerordnungen oder späterer baupolizeilicher Verordnungen zu finden. Zu beachten ist dabei, dass der Begriff »Brandwand« erst im neueren Bauordnungsrecht nach 1945 verwendet wurde, sodass frühere Bauarten dahingehend korrekterweise als »Brandmauern« zu bezeichnen sind, was insbesondere für die Identifizierung eines abweichenden Tatbestandes gegenüber dem gegenwärtigen Bauordnungsrecht wichtig ist. Häufig kann historischen Brandmauern nicht ohne gesonderten statischen Nachweis die Eigenschaft »beim Brand mechanisch belastbar« zuerkannt werden, auch wenn diese bauzeitlichen Wände beinahe ebenso häufig ihre Leistungsfähigkeit bei einem Naturbrand unter Beweis stellten. Beispielsweise hielt die nicht nach jetzigen Normen errichtete Brandmauer der



Abb. 3: historische Brandmauer in der Herzogin-Anna-Amalia-Bibliothek

Errichtungszeit 1848/1849 beim Brand in der Herzogin-Anna-Amalia-Bibliothek Weimar am 2. September 2004 einer mehrstündigen Brandbelastung und dem Löschangriff mit der Ausnahme von nachträglich unsachgemäß eingebauten Durchdringungen (s. auch Kap. 3.7) stand (s. Abb. 3).

Für zeitgenössische Trennwände gilt in brandschutztechnischer Hinsicht, dass diese als raumabschließende Bauteile von Räumen oder Nutzungseinheiten innerhalb von Geschossen ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Ausbreitung eines Brandes sein müssen. Die Bezeichnung »Trennwand« ist aus bauordnungsrechtlicher Sicht jedoch erst mit den modernen Bauordnungen ab der Mitte des 20. Jahrhunderts üblich. Somit können lediglich die gemäß den historischen Vorschriften zugeordneten Eigenschaften für »massive Wände« allgemein nur sinngemäß auf Trennwände übertragen werden. Besonderes Augenmerk ist bei einer Überprüfung des Bestandes auf den ausreichenden Raumabschluss einer Trennwand zu legen, der z. B. für

sogenannte Scheidewände nicht stets verlangt war [22].

Zunächst wurden die brandschutztechnischen Eigenschaften ohne gesonderte statische Berechnungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Wanddicke, konstruktiven Eigenheiten und dem notwendigen Gefüge geregelt (s. Tab. 4). Lange Zeit wurden die heutigen differenzierten Brandschutzanforderungen an unterschiedliche Wandarten unter dem Begriff »Aufgehende Wände« zusammengefasst. Gesonderte Regelungen enthielten die historischen Bauvorschriften seit jeher jedoch für »Umfassungswände« (u. a. für Trennwände), »Brandmauern« (Brandwände, Gebäudeabschlusswände) und »Scheidewände« (Trennwände, ggf. jedoch ohne Raumabschluss). Die Begründung dafür lag auf der Hand und lässt sich bei Baltz finden:

»Die hier gegebenen, ihrer Grundidee nach sich in allen Baupolizeiverordnungen wiederholenden Bestimmungen beruhen vorwiegend auf der feuerpolizeilichen Erwägung, daß die Beschaffenheit der Wand im Allgemeinen ausschlaggebend für ein Weitertragen oder Einhalten des Brandes ist.« [23]

Restriktiv ging man bereits seit dem zu Ende gehenden 19. Jahrhundert mit der Forderung nach »massiven Wänden« im Sinne der vorgeschriebenen Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe zumindest für neue Bauten um:

»Damit bringt das Gesetz zum Ausdruck, daß eine allgemeine und ausreichende Gewähr gegen Feuersgefahr durch eine andere als Massive Bauart überhaupt nicht geboten wird. ... Diese baurechtliche Norm schließt es aus, in den speziellen

Baufällen noch besonders thatsächlich zu erörtern, ob die Zulassung von nicht massiven Wänden bei solchem Bau schädlich oder gefährlich ist. Der allgemeinen Vorschrift hat sich vielmehr der Bauherr in jedem Falle zu fügen. ... Unter massiver Herstellung ist lediglich die Herstellung aus Stein zu verstehen. Fachwerkwände sind in Massivbauten unzulässig.» [24]

Im Folgenden soll stellvertretend an dieser Stelle auf die seit 1853 nachzuweisenden baupolizeilichen Regelungen Berlins näher eingegangen werden. Demnach hatten Brandwände beispielsweise seit 1853 eine Stärke von mindestens 25 cm (1 Stein) aufzuweisen und waren wenigstens 20 cm über das Dach zu führen, wovon z. B. 1919 im Entwurf der Einheitsbauordnung zwischenzeitlich abgesehen wurde. In Tab. 4 sind die

| Jahr/Verordnung | Anforderungen an ... | | |
|--|--|--|---|
| | aufgehende Wände bzw. Scheidewände | Brandmauern | Treppenraumwände |
| 1853 Baupolizeiordnung für die Stadt Berlin | massiv, Gipsdielen, Eisenblech oder Drahtputz, hölzerne Scheidewände mit Mörtelverputz | massiv, über Dach, Abstand max. 100 Fuß | massiv, gerohrte und verputzte Decken bzw. aus Eisen oder Gewölbe |
| 1887 Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin | massiv | massiv, 25 cm Stärke, 20 cm über Dach, Abstand max. 40 m | massiv, zu Decken keine Angabe |
| 1897 Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin | massiv | massiv, 25 cm Stärke, 20 cm über Dach, Abstand max. 40 m | massiv, zu Decken keine Angabe |
| 1919 Entwurf einer Einheitsbauordnung | Regelungen gemäß örtlicher Regierungs- und Ortspolizeiverordnungen | feuerbeständig, mind. 1 Stein dick, bis unter Dachhaut, beiderseitig verputzt, Abstand max. 40 m | Wände feuerbeständig, Decken feuerhemmend |
| 1925 Bauordnung für die Stadt Berlin | massiv | feuerbeständig, mind. 1 Stein breit oder 20 cm Beton, 20 cm über Dach, Abstand max. 50 m | Wände feuerbeständig, Decken feuerhemmend |
| 1929 Bauordnung für die Stadt Berlin | massiv | feuerbeständig, mind. 1 Stein breit oder 20 cm Beton, 20 cm über Dach, Abstand max. 50 m | Wände feuerbeständig, Decken feuerhemmend |

Tab. 4: konstruktive Anforderungen an Wände gemäß Berliner Baupolizeiverordnungen

jeweiligen Anforderungen des Brandschutzes an Wände im Zeitraum von 1850 bis 1945 zu sehen.

In der Tabelle 4 sind die durchschnittlichen Anforderungen an das jeweils ebene Bauteil aufgeführt; für besondere Wandbereiche, wie z. B. die beiden obersten Geschosse etc., waren Erleichterungen in der betreffenden Verordnung vorgesehen.

Die Durchsetzung der Anforderungen an »aufgehende Wände« blieb gemäß § 13 des o. g. Entwurfes einer Bauordnung für das Land Preußen aus dem Jahr 1919 (s. Kap. 3.2) der Regelung

durch Regierungs- und Ortspolizeiverordnungen vorbehalten.

Als Anhaltspunkt dafür wurde eine tabellarische Zusammenstellung für sogenannte Mittelhäuser vorgegeben (s. Tab. 5). Der Begriff Mittelhaus wurde dabei dreigeschossigen Wohnhäusern mit Erlaß des Staatskommissars für das Wohnungswesen vom 10. Februar 1919 »beigelegt«, um Erleichterungen für Mietshäuser, die in der Baugattung zwischen »Kleinhäusern« und »Großhäusern« angesiedelt waren, zu fördern.

| Geschoss | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--|---|--|---|--|----------------|-------------------------------|-------|--------|
| | belastete Außenmauern mit Öffnungen | belastete Treppenhaus- oder Mittelhausmauern | nicht gemeinschaftliche Brand- oder Giebelmauern ohne Öffnung und Belastung | bei Vorhandensein gleichstarker Mauern auf dem Nachbargrundstück | bei Fehlen gleichstarker Mauern auf dem Nachbargrundstück | gemeinschaftliche Giebel- oder Brandmauern mit Belastung | ohne Belastung | unbelastete Treppenhausmauern | | |
| Kellergeschoss | 2 | 1 ½ | 1 ½ | 1 ½ | 1 ½ | 1 ½ | 1 ½ | 1 | Stein | Stärke |
| Erdgeschoss | 1 ½ | 1 | 1 ½ | 1 ½ | 1 ½ | 1 | 1 | 1 | ” | ” |
| 1. Obergeschoss | 1 ½ | 1 | 1 | 1 ½ | 1 | 1 | 1 | 1 | ” | ” |
| 2. Obergeschoss | 1 ½ | ½ | 1 | 1 | 1 | 1 ½ ** | ½ | ” | ” | |
| Dachgeschoss | 1 | ½ | ½ * | 1 | 1 | ½ | ½ | ” | ” | |

* bei gleichzeitig ausgeführten Gruppenbauten.
** bei Gruppenbauten

Tab.5: orientierende Angaben zu den aufgehenden Wänden in Mittelhäusern, nach [25]

| Einordnung | notwendige Eigenschaften |
|-----------------------|---|
| feuerhemmende Wände | Wände ... aus Holz, wenn sie mit 1 ½ cm starkem, sachgemäß ausgeführtem Kalkmörtelputz auf Rohrung bekleidet sind; auch Bekleidungen mit Rabitzputz oder anderen erprobten Baustoffen |
| feuerbeständige Wände | Wände aus vollfugig gemauerten Ziegelsteinen, Kalksandsteinen, Schwemmsteinen, kohlefreien Schlackesteinen oder Steinen aus anderen im Feuer gleichwertigen Baustoffen von mindestens ½ Stein Stärke, ferner Betonwände aus mindestens 10 cm starkem, unbewehrtem Kiesbeton oder aus mindestens 6 cm starkem, bewehrtem Kiesbeton |

Tab. 6: Einordnungen von Wänden hinsichtlich brandschutztechnischer Eigenschaften, nach [26]

| Klassifikation | notwendige Eigenschaften von Wänden |
|----------------|--|
| feuerhemmend | 1. Wände aus vollfugig gemauerten Steinen, auch mit Hohlräumen (Mauerziegel, Kalksandsteine, Schwemmsteine, kohlefreien Schlackesteine), von mindestens 6 cm Dicke 2. Wände aus mindestens 5 cm dickem Kiessand- oder Schlackenbeton oder aus gleich dicken Gipsdielen 3. Wände aus Holz, beiderseits feuerhemmend bekleidet |
| feuerbeständig | Wände ... aus Holz, wenn sie mit 1 ½ cm starkem, sachgemäß ausgeführtem Kalkmörtelputz auf Rohrung bekleidet sind; auch Bekleidungen mit Rabitzputz oder anderen erprobten Baustoffen |

Tab. 7: normative Regelungen für Wände nach DIN 4102 Blatt 2 (1934)

Im Jahre 1925 wurden Wände gemäß den vorgenannten Baupolizeilichen Bestimmungen über Feuerschutz in feuerhemmende und feuerbeständige Wände gegliedert. Die entsprechende Zuordnung zu erfüllender Eigenschaften können der Tab. 6 entnommen werden.

Die normative Klassifikation von Wänden aus Mauerwerk **ohne weiteren Nachweis** nach den beiden ersten Fassungen von DIN 4102 sind der Tabelle 7 und Tabelle 8 zu entnehmen.

Als feuerhemmende Bekleidungen für Wände wurde eine »Bekleidung aus 1 ½ cm dickem, sachgemäß ausgeführtem Putz« zugelassen [27].

Als feuerhemmende Bekleidungen waren ab 1940 solche

»von Holz, Stein, Stahl mit Putz auf Putzträger (aus Rohrung, Holzstabgewebe oder Drahtgewebe), wenn dieser Putz mindestens 1,5 cm dick (über Putzträger gemessen) aus 1 Rtl. Kalk mit 0,2 Rtl. Gips oder Zement + 3 Rtl. Putzsand oder aus 1 Rtl. Gips + 1 bis 3 Rtl. Putzsand ausgeführt ist. Wird Rohr oder Holzstabgewebe als Putzträger verwendet, dann müssen Rohr und Holzstäbe beim Wandputz waagerecht liegen.« [28]

Pfeiler und Stützen

Massiven Pfeiler- und Stützenkonstruktionen wurden nach den historischen Vorschriften der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts konkrete brandschutztechnische Eigenschaften ohne

| Klassifikation | notwendige Eigenschaften von Wänden |
|----------------|---|
| feuerhemmend | <ol style="list-style-type: none"> aus vollfugig gemauerten Steinen, auch mit Hohlräumen, von mindestens 6 cm Dicke aus mindestens 10 cm dickem Schwerbeton (z. B. Kiesbeton) oder 5 cm dickem Leichtbeton (Raumgewicht höchstens 1500 kg/m³) oder auch aus gleich dicken fugendicht versetzten Platten, auch aus Gips aus Holz, beiderseits feuerhemmend bekleidet |
| feuerbeständig | <ol style="list-style-type: none"> mindestens 12 cm dick aus Steinen ohne Hohlräume nach DIN 1053 oder aus Querlochziegeln in Kalkzementmörtel nach DIN 1053 gemauert mindestens 25 cm dick aus vollfugig in Kalkzementmörtel nach DIN 1053 gemauerten Langlochziegeln oder zementgebundenen Hohlsteinen mindestens 10 cm dick aus Beton oder Eisenbeton ohne Hohlräume mit W_{b28} mindestens 120 kg/m³ |

Tab. 8: normative Regelungen für Wände nach DIN 4102 Blatt 2 (1940)

| Einordnung | notwendige Eigenschaften |
|---|---|
| massive feuerbeständige Pfeiler und Stützen | Stützen und Pfeiler, wenn sie aus Ziegelsteinen, Beton oder Eisenbeton oder aus natürlichem, in Feuer hinreichend erprobten Gestein hergestellt werden. Stützen aus Granit oder Marmor gelten nicht als feuerbeständig. Stützen aus Eisen müssen allseitig feuerbeständig ummantelt sein. |
| feuerbeständige Ummantelung | Die feuerbeständige Ummantelung der an sich nicht feuerbeständigen walzeisernen Träger und Unterzüge oder Stützen erreicht man durch allseitiges feuerbeständiges Ausmauern oder Ausbetonieren der Eisenprofile, wobei die Flanschflächen wenigstens 3 cm Deckung von Beton mit eingelegtem Drahtgewebe oder von gebranntem Ton oder anderem als gleichwertig erprobten Baustoff erhalten müssen. Die freiliegenden Flanschflächen walzeiserner Träger in preußischen Kappen und in eisernen Fachwerkswänden brauchen im Allgemeinen keinen besonderen Feuerschutz. |

Tab. 9: Einordnungen von Pfeilern und Stützen hinsichtlich brandschutztechnischer Eigenschaften, nach [29]

besondere Nachweise oder Brandprüfungen anerkannt. Im Einzelfall können diese auch auf ältere vergleichbare Konstruktionen übertragen werden. Entsprechende Einordnungen sind in Tab. 9 aufgeführt.

Die normative Klassifikation von Pfeilern und Stützen aus Mauerwerk **ohne weiteren Nachweis** nach den beiden ersten Fassungen von DIN 4102 sind Tab. 10 und Tab. 11 zu entnehmen.

Hinsichtlich der notwendigen Eigenschaften von Bekleidungen s. Abschnitt 3.3.2. Zudem ist zu beachten, dass Stützen aus Granit, Kalkstein und ähnlichen Natursteinen nach beiden Normfassungen (1934 und 1940) nicht als feuerbeständig galten.

Auf Regelungen für Pfeiler und Stützen aus Eisenbeton und Stahl wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

| Klassifikation | zulässige Konstruktionen |
|----------------|--|
| feuerhemmend | Stützen aus Stahl oder Holz mit feuerhemmender Bekleidung, Stahlstützen können bei besonderen baulichen Anforderungen auch ohne feuerhemmende Bekleidung zugelassen werden, wenn sie aus Profilen bestehen, bei denen das Verhältnis von Umfang zu Querschnitt kleiner als $1,5 \text{ cm}/\text{cm}^2$ ist. |
| feuerbeständig | Stützen und Pfeiler, wenn sie aus vollfügig gemauerten Steinen, auch mit Hohlräumen (Mauerziegel, Kalksandsteine, Schwemmsteine, kohlefreien Schlackesteine), bei Innenhaltung einer Mindestdicke von 20 cm hergestellt werden. |

Tab. 10: normative Regelungen für Pfeiler und Stützen nach DIN 4102 Blatt 2 (1934)

| Klassifikation | zulässige Konstruktionen |
|----------------|--|
| feuerhemmend | Stützen aus Stahl oder Holz, beide mit feuerhemmender Bekleidung |
| feuerbeständig | Pfeiler aus Mauerwerk (aus Steinen ohne Hohlräume nach DIN 1053 oder aus Querlochziegeln in Kalkzementmörtel nach DIN 1053 gemauert) oder aus Beton oder Eisenbeton ohne Hohlräume mit W_{b28} mindestens $120 \text{ kg}/\text{m}^3$, die mindestens 38 cm dick sind |

Tab. 11: normative Regelungen für Pfeiler und Stützen nach DIN 4102 Blatt 2 (1940)

| Einordnung | notwendige Eigenschaften |
|--------------------------------|--|
| feuerhemmende Decken | Decken ... aus Holz, wenn sie mit $1 \frac{1}{2} \text{ cm}$ starkem, sachgemäß ausgeführtem Kalkmörtelputz auf Rohrung bekleidet sind; auch Bekleidungen mit Rabitzputz oder anderen erprobten Baustoffen |
| massive feuerbeständige Decken | Decken aus Ziegelsteinen oder anderen unter Wänden aufgeföhrten Steinen oder Baustoffen (s. Tab. 6) bei Innenhaltung der dort geforderten Mindestabmessungen |

Tab. 12: Einordnungen von Decken hinsichtlich brandschutztechnischer Eigenschaften nach [30]

3.4 Decken

Im Jahre 1925 wurden Decken ebenfalls gemäß den vorgenannten Baupolizeilichen Bestimmungen über Feuerschutz in feuerhemmend und feuerbeständig unterschieden. Die entsprechende Zuordnung zu erfüllender Eigenschaften sind in Tab. 12 enthalten.

Die normative Klassifikation von Decken **ohne weiteren Nachweis** nach den beiden ersten

Fassungen von DIN 4102 können Tab. 13 und Tab. 14 entnommen werden.

Als feuerhemmende Bekleidung für Decken wurde nach DIN 4102 i. d. F. des Jahres 1934 eine »Bekleidung aus $2 \frac{1}{2} \text{ cm}$ dicken Estrichen aus Zement oder Gips« [31] geregelt.

Der o. g. Putz auf Eisenbetonplatten und Steineisendecken konnte auch durch eine Rabitzdecke ersetzt werden. Außerdem konnte der Putz bei Eisenbetonplatten und Steineisendecken ent-

| Klassifikation | notwendige Eigenschaften von Decken |
|----------------|---|
| feuerhemmend | <ol style="list-style-type: none"> 1. Decken aus gleichen Baustoffen und in denselben Mindestabmessungen wie bei Wänden (s. Tab. 7) 2. Holzbalkendecken in normaler Ausführung mit unterer feuerhemmender Bekleidung und mit Zwischendecke mit nichtbrennbarer Ausfüllung |
| feuerbeständig | Decken aus den bei Wänden aufgeführten Steinen oder Baustoffen (s. Tab. 7) bei Innenhaltung einer Mindestdicke von 12 cm bei Steindecken und von 10 cm bei Betondecken |

Tab. 13: normative Regelungen für Decken nach DIN 4102 Blatt 2 (1934)

| Klassifikation | notwendige Eigenschaften von Decken |
|----------------|--|
| feuerhemmend | <ol style="list-style-type: none"> 1. Decken aus den gleichen Baustoffen und in denselben Mindestabmessungen wie bei Wänden (s. Tab. 8) 2. Holzbalkendecken in normaler Ausführung mit unterer feuerhemmender Bekleidung und mit Zwischendecke mit nichtbrennbarer Ausfüllung |
| feuerbeständig | <ol style="list-style-type: none"> 1. Gewölbe aus Beton oder aus Steinen ohne Hohlräume nach DIN 1053 oder Querlochziegeln, wenn sie mindestens 10 cm dick sind 2. Eisenbetonplatten, wenn sie mindestens 10 cm dick sind und an der Unterseite 1,5 cm mit Kalkzementmörtel nach DIN 1053 auf einem Vorwurf von Zementmörtel geputzt werden 3. Steineisendecken mit mindestens 10 cm hohen Steinen, wenn die Decken einschließlich des Zementestrichs oder einer Überbetonsschicht mindestens 13 cm dick (ohne Putz gemessen) und wie bei 2. geputzt sind 4. Eisenbetonhohldielen nach DIN 4028, wenn sie mindestens 10 cm dick und an der Unterseite wie bei 2. geputzt sind und ein Überbeton oder Zementestrich von mindestens 3 cm Dicke oder eine Auffüllung aus nichtbrennbaren Stoffen von mindestens 8 cm Dicke aufgebracht ist 5. Eisenbetonrippendecken <ul style="list-style-type: none"> a) ohne Füllkörper oder mit anderen Füllkörpern als solchen aus gebranntem Ton oder Leichtbeton, wenn die Platte mindestens 8 cm und die Decke mindestens 20 cm dick und wie bei 2. geputzt ist b) mit Füllkörpern aus gebranntem Ton oder Leichtbeton, wenn die Decke mindestens 20 cm dick und wie bei 2. geputzt ist |

Tab. 14: normative Regelungen für Decken nach DIN 4102 Blatt 2 (1940)

fallen, wenn die Platten über mehrere Stützen durchlaufen oder beidseits voll eingespannt sind und auch auf der Druckseite eine durchgehende Bewehrung erhielten, deren Querschnitt in Feldmitte noch mindestens $\frac{1}{3}$ derjenigen der Zugbewehrung war.

Bei Eisenbetonrippendecken konnte der Putz stets entfallen, wenn die Füllkörper aus Bims-

beton bestanden und mindestens 3 cm dicke Fußleisten der Füllkörper den Steg der Eisenbetonrippen gegen die Brandbelastung schützten.

3.5 Treppen

Auch Treppen wurden ohne besondere Nachweise oder Brandprüfungen konkrete Eigenschaften hinsichtlich des Brandschutzes in den

| Einordnung | mögliche Konstruktionen |
|---------------------------------|---|
| massive feuerhemmende Treppen | Treppen aus Sandstein |
| massive feuerbeständige Treppen | Treppen, wenn sie aus Ziegelsteinen, Eisenbeton, erprobtem Kunststein oder erprobtem Werkstein hergestellt sind |

Tab. 15: Einordnungen von Treppen hinsichtlich brandschutztechnischer Eigenschaften nach [32]

| Klassifikation | mögliche Konstruktionen |
|----------------|---|
| feuerhemmend | 1. Treppen aus Sandstein, Stahl oder Hartholz (z. B. Eiche) 2. sonstige Holztreppen und nicht feuerbeständige Steintreppen, wenn beide unterseitig feuerhemmend bekleidet sind |
| feuerbeständig | 1. Treppen, wenn diese wie Decken hergestellt sind (s. Tab. 13) 2. Treppen aus Betonwerksteinen |

Tab. 16: normative Regelungen für Treppen nach DIN 4102 Blatt 2 (1934)

| Klassifikation | mögliche Konstruktionen |
|----------------|---|
| feuerhemmend | 1. Treppen aus Sandstein, Mauerwerk, Beton oder Eisenbeton (mindestens 10 cm dick), Eichenholz oder als Steineisendecken, Stahl mit feuerhemmender Bekleidung 2. sonstige Holz- und Steintreppen, wenn sie unterseitig feuerhemmend bekleidet sind |
| feuerbeständig | 1. Treppen, wenn diese wie Decken hergestellt sind (s. Tab. 14) 2. Treppen aus mindestens 10 cm dicken, fabrikmäßig hergestellten Eisenbetonbauteilen (Betonwerksteinen) mit Unterputz |

Tab. 17: normative Regelungen für Treppen nach DIN 4102 Blatt 2 (1940)

Regelwerken der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts zugesprochen, die häufig auch auf ältere vergleichbare Treppen angewendet werden können.

Anzumerken ist noch, dass im Sinne der Baupolizeilichen Bestimmungen des Jahres 1925 Treppen aus Marmor oder Granit ausdrücklich nicht als feuerbeständig ohne besondere Nachweise galten.

Die normative Klassifikation von Treppen **ohne weiteren Nachweis** nach den beiden ersten

Fassungen von DIN 4102 ist in Tab. 16 und Tab. 17 zu finden.

Freitragende Treppenstufen aus Natursteinen galten nicht als feuerbeständig. Für feuerhemmende Natursteintreppen wurde in der Normfassung vom November 1940 auch die feuerhemmende Bekleidung der Wange verlangt. Hinsichtlich der notwendigen Eigenschaften von Bekleidungen s. Abschnitt 3.3. Treppenstufen aus Natursteinen wurden generell nicht als feuerbeständig klassifiziert.

3.6 Durchdringungen und Öffnungsabschlüsse in Mauerwerkswänden

Zusätzlich zu der ausreichenden Standsicherheit von tragenden und aussteifenden Bauteilen ist der im Einzelfall notwendige Raumabschluss von Wänden und Decken zu beachten. Deswegen müssen erforderliche Durchdringungen in Mauerwerkskonstruktionen mit brandschutztechnischen Anforderungen zumindest in der brandschutztechnischen Klassifikation abgeschottet werden, die ihrer eigenen entspricht, um diesen Raumabschluss über die gleiche Zeit zu gewährleisten.

Das betreffende Bauteil würde ansonsten früher, als im Brandschutzkonzept geplant, versagen, wodurch eine konkrete Gefahr für Leib und Leben von im Gebäude befindlichen Personen oder von Rettungskräften der Feuerwehr, die sich zur Brandbekämpfung ggf. länger im Gebäude aufhalten, entstehen kann. Als wesentlicher Grundsatz gilt demzufolge, dass ein raumabschließendes Bauteil brandschutztechnisch nur derart bewertet werden kann, wie sein schlechtester Bestandteil. Außerdem ist zu beachten, ob der Einbau einer gewählten höherwertigen Abschottung (z.B. S 90) in ein Bauteil niedriger brandschutztechnischer Qualität (z.B. F 30-A) gemäß der jeweils gültigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) bzw. des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (abP) für das betreffende Abschottungssystem zulässig ist.

Zu beachten ist dabei, dass entsprechend klassifizierte Abschottungssysteme erst seit der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts auf dem Markt

sind und zuvor die Abdichtung i. d. R. mit Mörtelsystemen vorgenommen wurde. Ein Bestandschutz ist demnach auch in dieser Hinsicht im Einzelfall gegeben, jedoch ist bei einem mangelhaften Raumabschluss – zumindest bei einer möglichen Auswirkung auf die Rettungswege eines bestehenden Gebäudes – eine reale Gefährdung zu vermuten.

Beim Einbau von Abschlüssen in Öffnungen, die brandschutztechnisch klassifiziert sein müssen, sind die jeweiligen Randbedingungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) vollständig einzuhalten. Bereits kleinere abweichende Tatbestände von den Vorgaben von dieser abZ für den betreffenden Öffnungsabschluss können zum Verlust der Klassifikation führen.

Für Öffnungsabschlüsse existieren bereits seit längerer Zeit brandschutztechnische Einstufungen, u. a. wurden Holztüren, die aus 4 cm dickem Hartholz (z. B. Eiche) bestanden, nach DIN 4102 BI.2 [33] ohne weiteren Nachweis als feuerhemmende Abschlüsse klassifiziert.

3.7 Gegenwärtige Nachweismöglichkeiten

In den Listen der Technischen Baubestimmungen werden je nach Bundesland unterschiedliche technische Baubestimmungen eingeführt. Als wesentliche DIN-Norm für den Brandschutz von Mauerwerkskonstruktionen in Deutschland ist momentan noch DIN 4102-4 [34] zu nennen. In dieser Norm wurde auch das Brandverhalten von Mauerwerkskonstruktionen zum Jahr 1994 umfassend neu geregelt [35]. Allgemein war diese Norm seit 1994 in den Bundesländern als

technische Regel zum Brandschutz eingeführt und galt damit als verbindliche Planungsgrundlage. Außerdem erfolgte mit der Einführung des Teils 22 der DIN 4102 als Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbewerten die Anpassung für die Brandschutzbemessung auch von Bauteilen aus Mauerwerk. Viele im Bestand vorhandene Konstruktionen aus Mauerwerk können auch weiterhin nach DIN 4102-4 i. d. F. vom März 1994 bzw. gemäß der zur Drucklegung dieses Beitrages in Fertigstellung befindlichen Neufassung der DIN 4102-4 [36] bewertet werden [37]. Zu beachten ist dabei jedoch, dass die Neufassung der DIN 4102-4 [38] für den tragenden Mauerwerksbau nur noch Mauerwerk aus Fertigbauteilen nach DIN 1053-4 enthält. Das betrifft auch Brandwände und zweischalige Außenwände mit Wärmedämmung bzw. Luftsicht, die geschossübergreifende Hohlräume/Dämmungen haben oder über Brandwände geführt werden. Hinsichtlich der Anschlüsse wurden Ergänzungen vorgenommen, die bereits im Mauerwerk-Kalender seit 1994 enthalten sind bzw. sich in der gutachterlichen Praxis bewährt haben [39]. Regelungen für Sturzarbeiten, die mittlerweile wegen des Zurückziehens der Richtlinie für Flachstürze zulassungspflichtig sind, mussten entfallen.

Darüber hinaus ist demnächst mit der Einführung von DIN 1996-1-2 [40] als Technische Baubestimmung zu rechnen, nach der auch bestehende Mauerwerkskonstruktionen nachträglich brandschutztechnisch im Einzelfall bemessen werden können.

4 Geeignete Nachrüstungsmaßnahmen

4.1 Rahmenbedingungen für Nachrüstungen

Neben der Bestimmung der für die Bauteile erforderlichen Feuerwiderstandsklasse, die i. d. R. aus dem Gebäudekonkreten Brandschutzkonzept hervorgeht, sind bei einer brandschutztechnischen Nachrüstung vielfältige Faktoren zu beachten. Diese reichen von der konkreten Brandbeanspruchung, dem vorhandenen Baustoff und dessen Bauteilabmessungen über den zu verwendenden Baustoff der Bekleidung bzw. Beschichtung und der Einstufung des zu verwendenden Bekleidungssystems – entweder nach DIN 4102-4 [41] oder nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis – bis hin zur erforderlichen Bekleidungs- oder Beschichtungsdicke, zur geforderten Oberfläche und zu im Einzelfall notwendigen Korrosionsschutzmaßnahmen und Überprüfungen des Untergrundes.

Im Bestand ist es stets notwendig, die jeweils gegebenen Randbedingungen zu ermitteln. Insbesondere die sich aus den Verwendbarkeitsnachweisen ergebenden zulässigen Einbausituationen stimmen oftmals nicht mit den vorhandenen überein. In derartigen Fällen ist zunächst zu überprüfen, ob die notwendigen Randbedingungen für den Einsatz der geplanten Bauprodukte oder Bauarten geschaffen werden können. Wenn eine Realisierung nicht entsprechend z. B. den gültigen DIN-Regelungen möglich ist oder die Randbedingungen erheblich von den einzu haltenden

Herstellervorgaben abweichen, ist unbedingt darauf zu verweisen. In solchen Fällen ist dann i. d. R. vor dem Einsatz der betreffenden Bauprodukte oder -arten eine Zustimmung im Einzelfall einzuholen.

Oft müssen wegen abweichender Verhältnisse in der bestehenden Örtlichkeit individuelle Lösungen gesucht werden, die den im Einzelfall gestellten Kriterien des Brandschutzes gerecht werden. Als wesentlicher Aspekt ist dabei zunächst die notwendige »Standsicherheit« einer Konstruktion auch im Brandfall zu nennen. Das bedeutet, dass ein brandschutztechnisch relevantes Bauteil innerhalb eines definierten Zeitraums – i. d. R. 30, 60 oder 90 Minuten – nicht versagen darf. Brandschutzkonzepte stellen immer häufiger auch auf eine Feuerwiderstandsfähigkeit von etwa 45 Minuten ab, die zwar nicht in DIN 4102, dafür aber u. a. in TGL 10685 [42] enthalten und oftmals ein angemessenes Kriterium für eine brandschutztechnische Beurteilung von Bestandsbauteilen ist. Neben der Standsicherheit spielt das Kriterium »Raumabschluss« eine ebenso große Rolle. Dieses stellt sicher, dass über einen festgelegten Zeitraum keine Risse und Fugen innerhalb der Konstruktion entstehen und somit die Ausbreitung von Feuer und Rauch verhindert wird. Das weitere konzeptionelle Kriterium ist das der »Temperatur«, das von einer Konstruktion fordert, dass auf der dem Brand abgewandten Seite keine durchschnittlichen Temperaturerhöhungen von mehr als 140 K und punktuell an keiner Stelle von mehr als 180 K entstehen.

4.2 Verbesserungen durch Putzbeschichtungen

In Abschnitt 5.1.6 von DIN E DIN 4102-4:2011-11 [41] (bzw. 3.1.6 von DIN 4102-4 i. d. F. vom März 1994) sind Regelungen hinsichtlich des Brandschutzes zur Ausführung von Putzbeschichtungen auf verschiedenen massiven Bauteilen wie z. B. Decken, Wänden, Balken, Stützen und Trägern enthalten. Mit einer Putzbeschichtung sind diese Bauteile mit Abhängigkeit von der Dicke des Putzes aus brandschutztechnischer Sicht durch die Erhöhung des Achsabstandes der Bewehrung nachträglich zu verstärken. Anhand dieser Angaben kann die erforderliche Putzdicke je nach gewählter Ausführungsart (Putz mit oder ohne Putzträger bzw. auf Holzwolle-Leichtbauplatten) bestimmt werden (s. Tab. 18, diese entspricht Tab. 2 in DIN 4102-4 [44] bzw. Tab. 5.1 in E DIN 4102-4:2011-11 [45]).

Für nachträgliche Putzbeschichtungen sind besonders die Vorgaben der Abschnitte 3.1.6.3 bis 3.1.6.5 der DIN 4102-4 bzw. die Abschnitte 5.1.6.3 bis 5.1.6.5 der E DIN 4102-4:2011-11 zu beachten. In diesen Abschnitten werden die konkreten Anforderungen an Putze ohne Putzträger, Putze mit Putzträger und an brandschutztechnisch geeignete Dämmputze aufgeführt. So ist bei Putzen ohne Putzgrund die ausreichende Haftung zu gewährleisten, was nach DIN 4102-4 dann angenommen werden kann, wenn der Putzgrund die Anforderungen nach DIN V 18550 erfüllt, ein Spritzbewurf nach DIN V 18550 aufgetragen wird und das zu beschichtende Bauteil den in Abschnitt 3.1.6.3 bzw. 5.1.6.3 der DIN 4102-4 bzw. E DIN 4102-4:2011-11 angegebenen Erfordernissen entspricht. Der normative Bezug

in DIN 4102-4 i. d. F. vom März 1994 erfolgt dabei noch auf die bei ihrer Erstellung gültige DIN 18550-2 i. d. F. vom Januar 1985.

Bei Putzen auf Putzträgern ist zu beachten, dass der Putzträger ausreichend an zu beschichtenden Bauteilen zu befestigen ist, die Spannweite der Putzträger nur maximal 500 mm betragen darf, die Stöße mit einer Überlappungsbreite von etwa 10 cm auszuführen sind und die einzelnen Putzträgerbahnen mit Draht zu verrödeln sind sowie der Putz die Putzträger mindestens 10 mm durchdringen muss. Die Anforderungen an aus brandschutztechnischer Sicht geeignete Dämmputze werden im Abschnitt 3.1.6.5 bzw. 5.1.6.5 der DIN 4102-4 geregelt. Dort wird beschrieben, dass diese Putze stets auf Putzträger nach Abschnitt 3.1.6.4 bzw. 5.1.6.4 aufzubringen sind und welchen Kriterien (Mischungsverhältnissen) diese Putze zu entsprechen haben.

Bei bestehenden Gebäuden sind insbesondere die in der Örtlichkeit tatsächlich vorhandenen Einbaubedingungen abzuklären. Anders als bei einem Neubau kann man bei Bestandsgebäuden nur selten davon ausgehen, dass die Bedingungen ideal sind und mit den Angaben der Herstellerrichtlinien vollständig korrespondieren. Daher ist es vor dem Abschluss eines Bauvertrages zu brandschutztechnischen Nachrüstungen im Bestand notwendig, die prinzipielle Durchführbarkeit der gewünschten Arbeiten zu prüfen. Wenn eine Realisierung nicht entsprechend z. B. den gültigen Regelungen nach DIN 4102-4 bzw. E DIN 4102-4:2011-11 möglich ist oder die Randbedingungen erheblich von den einzuhaltenden Herstellervorgaben abweichen, ist unbedingt schriftlich darauf hinzuweisen, ansonsten droht bereits in dieser Phase eine zukünftige Auseinandersetzung, die sich zur Abnahme nicht mehr vermeiden lässt.

| Zeile | Putzart | erforderliche Putzdicke in mm als Ersatz für 10 mm | | maximal zulässige Putzdicke |
|-------|---|--|--------------------------|-----------------------------|
| | | Normalbeton | Leicht- und Porenbeton** | |
| 1 | Putze ohne Putzträger nach Abschnitt 3.1.6.3 bzw. 5.1.6.3: | | | |
| 1.1 | Putzmörtel der Gruppe P II und P IV C | 15 | 18 | 20 |
| 1.2 | Putzmörtel der Gruppe P IV a und P IV b | 10 | 12 | 25 |
| 2 | Putze nach Abschnitt 3.1.6.4 | 8 | 10 | 25* |
| 3 | Putze nach Abschnitt 3.1.6.5 | 5 | 6 | 30* |
| 4 | Putze auf Holzwolle-Leichtbauplatten nach den Angaben von Abschnitt 3.1.6.6 | Angaben hierzu siehe Abschnitt 3.4 bzw. 5.4 | | |

* gemessen über Putzträger
** gesonderte Angaben in E DIN 4102-4:2011-11 nicht mehr enthalten

Tab. 18: erforderliche Putzdicken als Ersatz für Normal- sowie Leicht- und Porenbeton [46]



Abb. 4: Putzträger auf zu sanierender Mauerwerkswand

Außerdem sind Putzbekleidungen auf Holzwolle-Leichtbauplatten möglich, wenn diese Putzträger mindestens der Baustoffklasse B zugeordnet werden können, die Ausführung mit dichten Stößen erfolgt und die Befestigungskriterien nach Abschnitt 3.1.6.6 gemäß DIN 4102-4 bzw. Abschnitt 5.1.6.6 gemäß E DIN 4102-4:2011-11 eingehalten werden.

Die Verwendbarkeit von Putzsystemen, die nicht den vorgenannten Vorgaben entsprechen, ist gesondert nachzuweisen, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

4.3 Herstellen des Raumabschlusses

Aus brandschutztechnischer Sicht müssen Bauteile, an die auch Anforderungen an den Raumabschluss gestellt werden, im Einzelfall nachgerüstet werden. Als geeignete Maßnahme, mit der z.B. gerissenes Mauerwerk repariert und zugleich der brandschutztechnisch notwendige Raumabschluss wiederhergestellt werden kann, hat sich die Instandsetzung mithilfe von Spiralankern herausgestellt. Mittlerweile wurden von H. Meichsner [47] präzise Vorschläge für die Bemessung und die Ausführung derartiger Sanierungen unterbreitet und Tabellen für entsprechende Spiralankerflächen und -abstände erarbeitet. In Abb. 5 und Abb. 6 ist eine Trennwand zu sehen, die vor der Sanierung keinen ausreichenden Raumabschluss hatte und mittels Spiralankern instand gesetzt wurde.

Darüber hinaus sind jegliche Durchdringungen von Mauerwerkskonstruktionen, an die Anforderungen hinsichtlich des Raumabschlusses gestellt werden, geeignet abzuschotten. Die Notwendigkeit entsprechender brandschutztechnisch klassifizierter Abschottungen ergibt sich zum einen aus dem Brandschutznachweis bzw. -konzept, welches insbesondere dann, wenn keine Ausführungsplanung vorliegt, vom Ausführen den einzusehen ist, und zum anderen aus den im jeweiligen Bundesland eingeführten Technischen Baubestimmungen u.a. auf der Grundlage dieser beiden übergreifenden Richtlinien:

- Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie [48]
- Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie [49].

Die grundlegenden Abschottungsprinzipien und -kriterien dieser vorgenannten Richtlinien werden ausführlich und äußerst anschaulich bei M. Lippe et al. vorgestellt. ([50], [51]) Diese Nachschlagewerke sind für die fehlerfreie Planung, für die Anwendung bei bestehenden Bauteilen zu empfehlen.

Während bei einem Neubau zunächst auch davon ausgegangen werden kann, dass die notwendigen Einbaubedingungen für Abschottungen geschaffen werden, sind bei bestehenden Gebäuden vor dem Einbau zunächst die in der Örtlichkeit tatsächlich vorhandenen Einbaubedingungen festzustellen. Danach ist ein Abgleich mit den Anforderungen des jeweiligen Verwendbarkeits-

nachweises (abP bzw. abZ) unabdingbar, denn anders als bei einem Neubau kann man bei Bestandsgebäuden kaum davon ausgehen, dass die Bedingungen von vornherein stimmig sind und mit den betreffenden Angaben korrespondieren. Daher ist es vor dem Abschluss eines Bauvertrages zu brandschutztechnischen Nachrüstungen im Bestand unbedingt zu empfehlen, entweder die prinzipielle Durchführbarkeit der gewünschten Arbeiten zu prüfen oder zu vereinbaren, dass ein Schaffen der Randbedingungen zusätzlich vergütet wird bzw. bauseits erfolgen muss. Wenn eine Realisierung nicht entsprechend den gültigen DIN-Regelungen möglich ist oder die Randbedingungen erheblich von den einzuhaltenden Herstellervorgaben abweichen, kann ein Einbau



Abb. 5: Trennwand mit mangelhaftem Raumabschluss



Abb. 6: Sanierung einer Mauerwerkswand mit Spiralankern



Abb. 7: ordnungsgemäße Abschottung in historischer Mauerwerkswand

der gewählten Abschottung nicht erfolgen, denn der notwendige Übereinstimmungsnachweis kann in diesen Fällen abschließend nicht geführt werden.

Außerdem ist vor der Ausführung zu überprüfen, ob das gewählte System überhaupt für den Einbau in das betreffende Bauteil geeignet ist. Dabei kommt es u. a. auf folgende Eigenschaften des zu durchdringenden Bauteils an:

- Ausführungsart einer Wand, z. B. Ziegel-, Kalksandstein-, Porenbeton- oder Natursteinmauerwerk
- Ausführungsart einer Decke, z. B. einer Kappendecke
- Dicke des zu durchdringenden Bauteils
- erforderliche bzw. mögliche Abstände zu benachbarten Bauteilen.

Damit die in den abP bzw. abZ benannten Einbaubedingungen auch bei nachträglichen Maßnahmen im Bestand erreicht werden, haben sich die meisten Systemhersteller mittlerweile darauf eingestellt, die Ausführenden auf der Baustelle

kompetent zu beraten und Wege auch bei abweichenden Baustellenbedingungen zu finden. Leider wird diese Beratungskompetenz oftmals erst zu spät in Anspruch genommen, nämlich nicht vor, sondern nach der Ausführung.

4.4 Erforderliche Dokumentation von Nachrüstungsmaßnahmen

Ganz entscheidend für eine erfolgreiche Abnahme brandschutztechnischer Nachrüstungsmaßnahmen ist es, die Vorgaben der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses vollständig einzuhalten. Das betrifft insbesondere die Übergabe einer ordnungsgemäß ausgefüllten Übereinstimmungserklärung und bei Bedarf zusätzlich von Protokollen durchgeführter Bestandsuntersuchungen und Baustellenmessungen bei brandschutztechnischen Beschichtungen. Es genügt nicht, lediglich eine Kopie des jeweiligen Prüfzeugnisses oder der betreffenden Zulassung zu übergeben. Diese Dokumente regeln lediglich die Einbauvorschriften, können aber nichts über die Durchführung der tatsächlich ausgeführten Arbeiten einschließlich ggf. erforderlicher Abweichungen von diesen Regeln aussagen. Spätestens beim Ausfüllen der erforderlichen Dokumente stellt es sich nämlich heraus, wenn nicht alle Bedingungen eingehalten wurden. Dann kann die Sachlage nur noch in Zusammenarbeit mit dem Systemhersteller über eine ggf. nicht erhebliche Abweichung besprochen oder bei einer wesentlichen Abweichung mit einer nachträglichen Abweichung »geheilt« werden. Aber das sollte wirklich die letzte Möglichkeit bleiben.

5 Brandschutzkonzepte für Bestandsgebäude

5.1 Grundlagen

Es ist zunehmend eine Abkehr von Standardnachweisen mit ihren starr formulierten Bauteilanforderungen hinsichtlich des Brandschutzes wahrzunehmen. Dagegen gewinnen Sicherheitsnachweise an Bedeutung, die diese Abkehr von den konkreten Anforderungen hin zu schutzzielorientierten Brandschutzkonzepten befördern und mit durchaus unterschiedlichen Inhalten ein vergleichbares Sicherheitsniveau bieten. Es sind Nachweise, die auf vergleichenden Beurteilungsverfahren basieren von solchen grundsätzlich zu unterscheiden, die auf den individuellen Einzelfall eines Bauwerkes verschiedene Szenarien simulieren. Beides kann von ingenieurgemäßen Berechnungsmethoden unterstützt werden. Während letztere insbesondere größeren bzw. besonders wertvollen Gebäuden aufgrund des rechnerischen und damit auch finanziellen Aufwandes noch vorbehalten sein dürften, können vereinfachende und verbreitete ingenieurgemäße Nachweise bereits bei einer Vielzahl von Gebäuden in die Brandschutzkonzepte einbezogen werden. Verglichen mit dem dadurch eingesparten baulichen Aufwand, der zudem die höchsten denkmalpflegerischen Forderungen nach weitgehender Nichtbeeinträchtigung wertvoller Substanz erfüllt, ist dieser Aufwand eher gering.

Die konkreten brandschutztechnischen Schutzziele basieren auf den Eigenschaften des Vorhandenen und auf den gewollten Nutzungen. Das darauf abgestimmte Brandschutzkonzept

ermittelt den im jeweiligen Fall notwendigen vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz – ohne Regelvorgabe. Dieses darf natürlich nicht auf ungenauen Vermutungen basieren; oftmals sind sogar Untersuchungen vor Ort erforderlich. Außerdem sind die Maßnahmen des vorbeugenden, abwehrenden und organisatorischen Brandschutzes mit ihren Wechselwirkungen im Zusammenhang zu betrachten. Die Basis der Anwendung geeigneter Maßnahmen bei der Sanierung oder denkmalpflegerischen Behandlung von baulichen Anlagen ist ein gebäudeorientiertes Brandschutzkonzept, in dem alle örtlichen Gegebenheiten und geplanten oder vorhandenen Nutzungsabsichten aufzulisten sind. Weiterhin muss eine kritische Überprüfung von Annahmen durch eine systematische Untersuchung mit dem Ziel der Erarbeitung einer Brandgefährdungsanalyse erfolgen, weil das Brandschutzkonzept für die behördliche Zustimmung Vertrauen zwischen den an der Planung und Genehmigung Beteiligten schaffen soll und das exakt für den konkreten Einzelfall dokumentierte analytische Ergebnis vorzulegen ist. Die schutzzielorientierte Betrachtungsweise innerhalb der Gesamtbetrachtung verdeutlicht, welches Sicherheitsniveau und damit auch welcher Feuerwiderstand im konkreten Fall überhaupt benötigt werden; die genügende Brandsicherheit wird bei dieser Arbeitsweise offensichtlich. Die Auswahl des ebenso angemessenen wie auch erforderlichen Aufwandes kann unter Zuhilfenahme von Tab. 19 erfolgen.

Mit einem präzise entwickelten Brandschutzkonzept können Abweichungen für bestehende Wohngebäude bzw. Erleichterungen für vorhandene Sonderbauten von bauordnungsrechtlichen Vorgaben und Zustimmungen zu Einzelfall-

lösungen erzielt werden. Mit der Musterbauordnung 2002 wurde den materiellen Einzelanforderungen stärker als zuvor im § 3 eine allgemeine Schutzzielbeschreibung vorangestellt, aus der die prinzipiell notwendigen Eigenschaften von Gebäuden – auch im Brandfall – hervorgehen. [52] Damit wird auch die Beurteilung von abweichenden Tatbeständen und gebäudeorientierten Brandschutzkonzepten erleichtert. Abweichungen von Brandschutzanforderungen, die bei der Behandlung von Bestandsbauwerken alltäglich sind, sollen von den genehmigenden Behörden bei Erreichen des Schutzzieles oder zumindest gleichwertiger Art und Weise grundsätzlich zugelassen werden. Die brandschutztechnische Beurteilung muss auf den vorhandenen Rahmenbedingungen und auf den sich aus den geplanten Nutzungen ergebenden Schutzzieles basieren.

Vorbeugender und abwehrender Brandschutz sind im Zusammenhang zu betrachten, damit eine reale Einschätzung des Gefahrenpotenzials

erfolgt. Alle örtlichen Gegebenheiten sind genau zu dokumentieren und die Nutzungsabsichten konkret zu benennen. Eine kritische Überprüfung der Annahmen in der Örtlichkeit ist vorauszu setzen. Anschließend ist eine planmäßige und systematische Untersuchung mit der Erarbeitung einer Brandgefährdungsanalyse erforderlich, da das Brandschutzkonzept zum Erlangen einer behördlichen Genehmigung Vertrauen zwischen den an der Planung und Zustimmung Beteiligten schaffen soll. Alle Brandgefährdungen sind daher gewissenhaft und nachvollziehbar zu dokumentieren.

5.2 Einbeziehen der vorgenommenen Bestandsanalyse

In die Überlegungen des jeweiligen Brandschutzkonzeptes sind unbedingt die Ergebnisse der Analyse der vorhandenen Baustoffe und Bauteile einzubeziehen. Um das konkrete Abweichungspotenzial genau feststellen zu können, ist es

| Stufe | Konzept | Arbeitsweise/Inhalt | Eignung Denkmalschutz | Eignung Sanierung |
|-------|-----------------------------|--|-----------------------|--|
| A | Standardkonzept | Erreichen der Brandsicherheit durch Erfüllen der Bauteilanforderungen gemäß Landesbauordnung bzw. Sonderbauvorschriften | nicht geeignet | im Einzelfall möglich |
| B | erweitertes Standardkonzept | Erreichen der Brandsicherheit durch Erfüllen der Bauteilanforderungen gemäß Landesbauordnung bzw. Sonderbauvorschriften mit Abweichungen, die mittels Brandfrüherkennung oder Löscheinrichtung ausgeglichen werden | im Einzelfall möglich | möglich bzw. geeignet |
| C | Individualkonzept | Erreichen der genügenden Brandsicherheit durch schutzzielorientiertes Konzept ohne zwangsläufiges Einhalten von standardisierten Bauteilvorgaben | besonders geeignet | geeignet, Aufwand ist für Einzelfall zu überprüfen |

Tab. 19: mögliche Stufen für Brandschutznachweise

erforderlich, die konkrete Leistungsfähigkeit vorhandener Bauteile zu beurteilen. Dies kann anhand z.B. der in Kap. 3. erwähnten bauzeitlichen Vorschriften oder – soweit nachzuvollziehen – bauzeitlicher Zulassungen bzw. Prüfzeugnisse mittels vergleichender Untersuchungen und mit konkreten Materialuntersuchungen bzw. nachträglichen ingenieurgemäßen Betrachtungen (s. Kap. 5.3) erfolgen. Auf jeden Fall müssen brandschutztechnische Eigenschaften wie die Feuerwiderstandsdauer stets im Zusammenhang mit der Tragwerksplanung gesehen werden.

Auch wenn vorhandene Abweichungen der bestehenden Bauteile gegenüber den zeitgenössischen Vorschriften nicht die vordergründige Rolle spielen, so ist die genaue Kenntnis der Ausgangssituation trotzdem für die Gesamtbeurteilung eines Brandschutzkonzeptes wichtig, insbesondere aus dem Blickwinkel der möglichen Rettung von Personen und der wirksamen Löscharbeiten, damit die Feuerwehr einschätzen kann, wie lange z.B. ein innerer Löschangriff möglich ist.

5.3 Anwendung von Brandschutz-ingenieurmethoden bei der Beurteilung

Die Anwendung von Ingenieurmethoden des Brandschutzes bietet sich insbesondere an, wenn zum einen schwerwiegende Abweichungstatbestände von aktuellen Regelwerken vorliegen und zum anderen die beurteilungsrelevanten Verhältnisse nicht geregelt sind.

Es besteht dahingehend die Möglichkeit, vom heutigen Baurecht abweichende Tatbestände

oder die Dienlichkeit ausgleichender Maßnahmen mithilfe von Methoden des Brandschutzingenieurwesens nachzuweisen. So können mittels anerkannter Verfahren Nachweise erfolgen, dass für vorgegebene bzw. erforderliche Zeiträume die vorhandenen Rettungswege ausreichend benutzbar bzw. wirksame Löscharbeiten möglich sind oder die Standsicherheit ausgewählter Bauteile gewährleistet ist.

Die in den sicherheitstechnisch erforderlichen Zeiträumen einzuhaltenden Sicherheitskriterien, die entweder der Begründung einer Abweichung oder dem Nachweis der geeigneten Brandschutzmaßnahme dienen können, sind aufgrund anerkannter Kriterien des Brandschutzes objekt- und schutzzielbezogen festzulegen. Sie können beispielsweise die folgenden Kriterien betreffen:

- Einhaltung einer im Brandschutzkonzept vorgegebenen raucharmen Schicht
- Einhaltung der Tragfähigkeit unter den ermittelten Temperaturbelastungen für einzelne Bauteile und die gesamte Tragkonstruktion
- Einhaltung erforderlicher Räumungszeiten.

Zur Darlegung einer abweichenden im Bestand vorhandenen Situation oder eines Erlaubnisantrags für eine genehmigungspflichtige Maßnahme an einem bestehenden Gebäude, einem Kulturdenkmal oder an Teilen davon, wie einer Umgestaltung, Instandsetzung oder Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes, ist es möglich, Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens heranzuziehen. Es können damit Ermessensgesichtspunkte dargelegt werden, die die Gestaltung einer Erleichterung oder die Erteilung der notwendigen denkmalschutzrechtlichen Erlaubnis begründen lassen. Die grundsätzlichen Ziele

der Anwendung von Ingenieurmethoden bei bestehenden baulichen Anlagen im Sinne des Bestands- oder Denkmalschutzes sind u. a. die:

- Erhaltung bauzeitlicher Substanz
- Bewahrung architektonischer Werte
- Vermeidung von Beeinträchtigungen
- Verhinderung ästhetisch-architektonischer Beeinflussungen.

Um die bauaufsichtliche Akzeptanz der Anwendung von ingenieurgemäßen Nachweisen für den Nachweis der Brandsicherheit verbessern zu können, wurden mittlerweile die Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens normativ in E DIN 18009-1 definiert. [53]. Das Ziel ist es dabei, sich vom Erfüllen fest vorgegebener Bauteilanforderungen zu lösen und anstelle dieses ingenieurgemäße, schutzzielorientierte Nachweise treten zu lassen. Es soll dabei weniger darum gehen, wiederum starre Anforderungen zu definieren, sondern stattdessen die richtige und angemessene Vorgehensweise zu beschreiben und zu regeln, mit der folgerichtig eine vertretbare Brandsicherheit ermittelt und nachgewiesen werden kann.

5.4 Umgang mit Abweichungen und Erleichterungen

Regelmäßig begegnet man beim Bauen im Bestand abweichenden Tatbeständen gegenüber den aktuellen bauordnungsrechtlichen Vorschriften, den eingeführten Technischen Baubestimmungen und den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Prüfzeugnissen.

- Welche der abweichenden Sachverhalte sind in der Praxis wesentlich und welche nicht wesentlich?
- Welche Abweichungen sind förmlich genehmigungspflichtig?
- Welche abweichenden Tatbestände sind ohne förmliche Abweichungsentscheidung lediglich innerhalb eines abgestimmten Brandschutzkonzeptes zu gestatten?

Es ist grundlegend zwischen Abweichungen von bauordnungsrechtlichen Vorschriften gemäß § 67 Musterbauordnung 2002 (MBO) und Abweichungen von eingeführten Technischen Baubestimmungen nach § 3 (3) MBO zu unterscheiden.

Im Absatz 3 des § 17 – Bauprodukte – der MBO wird ausgeführt:

»Bauprodukte, für die technische Regeln in der Bauregelliste A nach Abs. 2 bekannt gemacht worden sind und die von diesen wesentlich abweichen oder für die es technische Baubestimmungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik nicht gibt (nicht geregelte Bauprodukte) müssen

1. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (§ 18),
2. ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (§ 19) oder
3. eine Zustimmung im Einzelfall (§ 20) haben.

Ausgenommen sind Bauprodukte, die für die Erfüllung der Anforderungen dieses Gesetzes oder auf Grund dieses Gesetzes nur eine untergeordnete Bedeutung haben und die das Deutsche Institut für Bautechnik im Einvernehmen mit der obersten Bauaufsichtsbehörde in der Liste C öffentlich bekannt gemacht hat.«

Somit ist es auch für die Wahrung eines im Einzelfall gegebenen Bestandsschutzes notwendig, die zur Errichtungszeit allgemeinen anerkannten Regeln der Technik oder die Technischen Baubestimmungen sukzessive der damals geltenden Technischen Regeln in der Bauregelliste A einzusehen. Außerdem wird man nicht umhinkommen, die zur Bauzeit gültigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Prüfzeugnisse oder auch die ggf. genehmigten Zustimmungen im Einzelfall (in der Regel durch die oberste Bauaufsichtsbehörde erteilt) nachzuvollziehen.

Weiterhin kommt es darauf an, festzustellen, ob es sich um eine Abweichung nach § 3 Abs. 3 der Musterbauordnung [54] und somit um eine Abweichung von einer eingeführten Technischen Baubestimmung handelt. Für diese Abweichungen gilt nach § 3 MBO grundsätzlich, dass von den von der jeweiligen obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten Technischen Regeln abgewichen werden kann, sofern durch eine andere Lösung die allgemeinen Anforderungen im gleichen Maße erfüllt werden. Daher bedarf es in diesen Fällen grundsätzlich keiner gesonderten förmlichen Abweichungsentscheidung durch die untere Bauaufsichtsbehörde. Dies gilt insbesondere für Abweichungen von der DIN 4102-4, die in der jeweils gültigen Fassung als eingeführte Technische Baubestimmung in allen Bundesländern bekannt gemacht worden ist.

Sind Bauprodukte oder Bauarten einzusetzen, für die es allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen oder Prüfzeugnisse gibt, ist durch den Errichter ein Übereinstimmungsnachweis gemäß der

jeweiligen Landesbauordnung zu erbringen. Weicht die Herstellung eines Bauproduktes oder einer Bauart in der Örtlichkeit jedoch wesentlich von den Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ) oder des Prüfzeugnisses (AbP) ab, liegt auch eine wesentliche Abweichung vor.

Im Folgenden wird beschrieben, welche Schritte zur entsprechenden Überprüfung einer Abweichung vorzunehmen sind:

- A) Abweichung von technischer Regel, z. B. von der AbZ, wird festgestellt
- B) Abklären der Randbedingungen, z. B. der durch die Zulassung vorgegebenen Einbaubedingungen
- C) Grad der Änderung sachkundig ermitteln, z. B. unter Zuhilfenahme bzw. Auswertung der für das Bauprodukt durchgeführten Brandprüfung, dazu Hinzuziehen des Herstellers oder einer geeigneten Materialprüfanstalt
- D) Nicht wesentliche Abweichung: Errichter kann die Übereinstimmungserklärung zur technischen Regel trotz der Abweichung rechtsverbindlich abgeben; er übernimmt damit Gewährleistung und Haftung
- Wesentliche Abweichung: Errichter kann die Übereinstimmungserklärung zur technischen Regel nicht rechtsverbindlich abgeben und somit auch keine Gewährleistung und Haftung übernehmen.

Ob ein Abweichungsantrag für eine wesentliche Abweichung erforderlich ist, hängt davon ab, ob es sich um eine Abweichung nach § 3 (3) MBO oder um eine materielle bauordnungsrechtliche Anforderung, z. B. hinsichtlich des erforderlichen Feuerwiderstandes eines Bauteils,

handelt. Während es bei einer Abweichung von einer eingeführten Technischen Baubestimmung gemäß § 3 (3) MBO genügt, zu belegen, dass man trotzdem mit einer anderen Lösung das Schutzziel erreicht und dann auch kein förmlicher Abweichungsantrag erforderlich ist, muss bei einer Abweichung gemäß § 67 MBO (1) [55] anders vorgegangen werden.

Bei Abweichungstatbeständen ist festzustellen, ob es sich um einen Wohnungsbau, einen in der Bauordnung geregelten Bürobau oder um einen Sonderbau gemäß § 51 MBO [56] handelt. Während für Abweichungen von der Bauordnung nach § 67 bei Wohnungs- und Bürogebäuden i. d. R. ein förmlicher Abweichungsantrag erforderlich ist, gestaltet sich das bei Sonderbauten anders.

Bei Sonderbauten ist zwischen geregelten und ungeregelten zu unterscheiden. Geregelte Sonderbauten erkennt man daran, dass für diese eine Sonderbauverordnung auf der Grundlage der jeweiligen Bauordnung, z. B. eine Verkaufsstättenverordnung, erlassen wurde, während für andere Sonderbauten, so u. a. für Schulen, lediglich Richtlinien bekannt gemacht worden sind. Bei diesen Sonderbauten handelt es sich dann um sog. ungeregelte Sonderbauten. Abweichende Tatbestände sind dann als Erleichterungen innerhalb eines ganzheitlichen Brandschutznachweises wegen der besonderen Art oder Nutzung bei einer ausreichenden Begründung und ggf. unter der Festsetzung von besonderen Anforderungen zu gestatten. Es bedarf in diesen Fällen aber keiner gesonderten förmlichen bauaufsichtlichen Abweichungsentscheidung.

Durch aktuelle Rechtsprechungen wird den handelnden Genehmigungsbehörden in letzter Zeit zunehmend die Aufgabe zugewiesen, Bauherren bei Abweichungen von brandschutztechnischen Vorschriften im Bestand tatkräftig zu unterstützen; so auch bei einem Urteil des OVG Mecklenburg-Vorpommern. [57] Die Behörde hat gemäß diesem Urteil auch ohne ausdrücklichen Antrag auf Abweichung zu prüfen, ob die Erreichung des jeweiligen Schutzzieles, für das die Vorschrift nur einen Weg von mehreren Wegen weist, auf andere, für den Betroffenen »mildere Weise« zu erreichen ist.

Der richtige Umgang mit dem jeweils vorliegenden Abweichungstatbestand ist demnach insbesondere beim Bauen im Bestand von großer Bedeutung. Umso wichtiger ist es, die vorhandene Bausubstanz konkret aber angemessen als geeignete Grundlage für ein einvernehmliches Brandschutzkonzept zu beurteilen.

6 Anmerkungen

- [1] Musterbauordnung, Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21.09.2012, § 67 (1)
- [2] DIN 4102-4, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, Berlin März 1994
4102-4/A1: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1, Berlin November 2004
DIN 4102-22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Basis, Berlin November 2004
- [3] Bauordnung für Berlin (BauO Bln) vom 29. September 2005, zuletzt geändert am 29. Juni 2011, § 85 Abs. 1
- [4] Musterbauordnung, ... wie Anm. 1, hier § 33 (2)
- [5] Geburtig, G., Baulicher Brandschutz im Bestand – Brandschutztechnische Beurteilung vorhandener Bausubstanz, Band 1: Brandschutztechnische Beurteilung vorhandener Bausubstanz, Berlin 2014, S. 56
- [6] Musterbauordnung, ... wie Anm. 1, hier § 27 (1)
- [7] Von R. Ahnert und K. H. Krause wurden inzwischen drei Bände vorgelegt, die auf der Grundlage der bauzeitlichen Vorschriften der Baupolizei oder der Empfehlungen anerkannter Fachleute der Errichtungszeit den Umgang mit der vorhandenen Bausubstanz erleichtern: »Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 – Zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz«, Bd. I: Gründungen, Abdichtungen, Tragende massive Wände, Gesimse, Hausschornsteine, tragende Wände aus Holz, Alte Maßeinheiten, Berlin 2009, Bd. II: Holzbalkendecken, Massivdecken, Deckenregister, Fußböden, Erker und Balkone, Verkehrsbelasten im Überblick, Berlin 2009, Bd. III: Untergüsse und gemauerte Gurtbögen, Pfeiler und Stützen, Treppen, Dächer und Dachtragwerke, Dachaufbauten aus Holz, Lastannahmen zum Dach, Berlin 2009
- [8] Entwurf einer Bauordnung. Erlaß des Staatskommis-sars für das Wohnungswesen vom 25. April 1919, in: Baupolizeiliche Vorschriften, hrsg. v. Preußischen Ministerium für Volkswohlfahrt, Druckschrift Nr. 3, Berlin 1925, S. 16–62
- [9] Baupolizeiliche Bestimmungen über Feuerschutz (feuerbeständige und feuerhemmende Bauweisen). Erlaß vom 12. März 1925, in: Baupolizeiliche Vorschriften, hrsg. v. Preußischen Ministerium für Volkswohlfahrt, Druckschrift Nr. 3, Berlin 1925, S. 64–67
- [10] Geburtig, G., Baulicher ... , wie Anm. 5, dort sind weiterführende Erläuterungen und Auszüge zu entnehmen
- [11] Baupolizeiliche Bestimmungen ... , wie Anm. 9
- [12] Ebd.
- [13] Baupolizeiliche Bestimmungen ... , wie Anm. 9
- [14] Vgl. dazu Anm. 3
- [15] DIN 4102, Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme, Bl. 3, Begriffe, Berlin August 1934, in: Geburtig, G., Baulicher ... , wie Anm. 5, dort wurde die zurückgezogene Norm für die Beurteilung vorhandener Bauteile nachgedruckt
- [16] Ebd., hier Bl. 1
- [17] DIN 4102, Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme, Bl. 1, Begriffe, Berlin November 1940, in: Geburtig, G., Baulicher ... , wie Anm. 5, dort wurde die zurückgezogene Norm für die Beurteilung vorhandener Bauteile nachgedruckt
- [18] Im Jahre 1965 erschienen zwei Blätter der DIN 4102, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, neu: Bl. 2: Begriffe, Anforderungen und Prüfungen von Bauteilen, Berlin September 1965; Bl. 4: Einreihung in die Begriffe, Berlin September 1965
- [19] Während die Blätter 2 und 4 der DIN 4102 bereits im September 1965 erschienen, befand sich das Blatt 1 noch bis zum Jahre 1966 in Überarbeitung.
- [20] Die Einreihung in die Feuerwiderstandsklassen war gemäß Blatt 2 DIN 4102 vom September 1965 für die raumabschließenden Bauteile an die Bedingung gebunden, dass während der Prüfzeit des jeweiligen Feuerwiderstandes *»auf der dem Feuer abgewandten Seite keine entzündbaren Gase auftreten, die nach Wegnahme einer fremden Zündquelle allein weiterbrennen dürfen. Die raumabschließenden Teile dürfen sich nicht mehr als 140 grd über die Anfangstemperatur des Probekörpers bei Versuchsbeginn erwärmen.«* An die Oberflächentemperaturen von Treppen wurden keine Anforderungen gestellt.
- [21] Geburtig, G., Baulicher ... , wie Anm. 5
- [22] Baltz, C., Preußisches Baupolizeirecht, Berlin 1897, S. 179, hier Anmerkung 1)
- [23] Ebd., hier S. 173, Anmerkung 1)
- [24] Ebd., hier Anmerkung 7)
- [25] Entwurf einer Bauordnung ... , wie Anm. 8, hier Anlage zu § 13, S. 56
- [26] Baupolizeiliche Bestimmungen ... , wie Anm. 9
- [27] DIN 4102, ... wie Anm. 15, hier Bl. 2
- [28] DIN 4102, ... wie Anm. 17, hier Bl. 2

- [29] Baupolizeiliche Bestimmungen ... , wie Anm. 9
- [30] Ebd.
- [31] DIN 4102, ... wie Anm. 15, hier Bl. 2
- [32] Baupolizeiliche Bestimmungen ..., wie Anm. 9
- [33] DIN 4102, ... wie Anm. 15, hier Bl. 2
- [34] DIN 4102, ... wie Anm. 2
- [35] Hahn, Chr., Brandschutz im Mauerwerksbau – Grundlagen und neuere Entwicklungen, in: Mauerwerk-Kalender 1994, S. 599–627
- [36] Die Neufassung der DIN 4102-4 war zum Redaktionsschluss für das Jahr 2016 geplant.
- [37] Hahn, Chr., Neufassung der DIN 4102-4. In: Feuer-Trutz Magazin, Ausgabe 5, Köln 2012, S. 47–49, hier S. 47
- [38] Hier gemeint ist DIN 4102-4 in der Neufassung Ende 2012/Anfang 2013 (s. auch Anm. 36).
- [39] Hahn, Chr., Neufassung ..., wie Anm. 37
- [40] DIN EN 1996-1-2, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1996-1-2:2005 + AC:2010, Berlin April 2011
- [41] DIN 4102, ... wie Anm. 2
- [42] TGL 10685, DDR-Standard, Bautechnischer Brandschutz, neu abgedruckt zur Beurteilung bestehender Bauteile bei: Geburtig, G., Baulicher Brandschutz im Bestand, Band 3: Brandschutztechnische Beurteilung vorhandener Bausubstanz, Ausgewählte historische TGL, Berlin 2015
- [43] E DIN 4102-4:2011-11, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Klassifizierung, Berlin November 2011
- [44] DIN 4102, ... wie Anm. 2
- [45] E DIN 4102-4:2011-11, ... wie Anm. 43
- [46] DIN 4012, ... wie Anm. 2 bzw. E DIN 4102-4:2011-11, ... wie Anm. 43; in beiden Normfassungen ist die Tabelle gleichlautend enthalten, wobei in E DIN 4102-4:2011-11 auf eine Unterscheidung der notwendigen Putzdicke zwischen Normalbeton sowie leicht- und Porenbeton verzichtet wurde
- [47] Meichsner, H., Spiralanker für die Mauerwerksinstandsetzung, Berechnung und Konstruktion, Stuttgart 2009
- [48] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie – M-LAR),
- [49] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie – M-LüAR), Fassung September 2005
- [50] Lippe, M., Wesche, J., Rosenwirth, D., Reintsema, J., Kommentar zur Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie, Köln 2011
- [51] Lippe, M., Czepuk, K., Esser, H., Vogelsang, P., Kommentar zur Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie, Köln 2010
- [52] Musterbauordnung, ... wie Anm. 1, hier § 3 (1)
- [53] E DIN 18009-1: Brandschutz-Ingenieurwesen – Grundsätze und Regeln für die Anwendung, Berlin April 2015
- [54] Ebd., hier § 3 (3)
- [55] Musterbauordnung, ... wie Anm. 1
- [56] Ebd., hier § 51
- [57] OVG Mecklenburg-Vorpommern, Beschluss vom 12. September 2008 – 3 L 18/02 – VG Schwerin

Autoren

Rainer Spiegatis – Bereichsleiter bei Remmers Technik Service im Geschäftsbereich Bautenschutz der Remmers Baustofftechnik GmbH in Löttingen. Zudem als Sachverständiger für Altbausanierung und Bautenschutz und Referent in der beruflichen Aus-, Weiter- und Fortbildung tätig. Mitglied des Deutschen Holz- und Bautenschutzverbands e.V. (DHBV), in dem er seit 2004 Leiter des Fachbereichs Bautenschutz ist. Mitglied der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), leitet dort die AG 4.9 »Instandsetzung von Gebäude und Fassadensockel«, ist Obmann des AK 4.1 »Richtlinie für die Planung und Abdichtung von Bauwerken oder Bauteilen mit flexiblen Polymermodifizierten Dickbeschichtungen (FPD)«. Arbeitete an den WTA-Merkblättern 4-10 »Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchte mit zertifizierten Injektionsstoffen« sowie 4-6 »Nachträgliche Abdichtung erdberührter Bauteile« mit. Autor zahlreicher Fachartikel und -bücher.

Dr. Petra Egloffstein – Seit 1997 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Steinkonservierung e.V. in Mainz, das eine gemeinsame Einrichtung der staatlichen Denkmalpflege Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Thüringen ist. Das Institut arbeitet nur im unmittelbaren Auftrag und in enger fachlicher Kooperation mit den Landesämtern für Denkmalpflege der vier Bundesländer.

Walter Simon – Seit 1988 Leiter der Anwendungstechnik bei der tubag Trass Vertrieb GmbH & Co. KG in Kruft – ein Unternehmen der Sievert-Baustoffgruppe, Osnabrück.

Jonny Henkel – Nach Ausbildung zum Baufacharbeiter mit Abitur beim WBK Suhl folgte das Bauingenieurstudium an der HAB Weimar. Tätigkeiten als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IFF Weimar e.V., als Anwendungsingenieur bei der Spesan Handels-GmbH sowie als Projektingenieur beim BRB Prüflabor Bernau. Seit 2009 Inhaber von AK Bauwerksdiagnostik (Ingenieurbüro und Baustofflabor).

Gerhard Bürkli – Nach dem Abitur folgten Ausbildungen in den Bereichen Kommunikation, Marketing und Administration im In- und Ausland. 1982 Gründung der Einzelfirma mit Schwerpunkt Handel mit biologischen Reinigungsprodukten und -systemen, die 1991 zur Kollektivgesellschaft ausgebaut wurde. Zur gleichen Zeit Beginn der Wohnbiologie-Beratung, gefolgt vom Start der BauBioPhysik-Beratung mit Schwerpunkt Feuchtigkeit im Jahr 2005. Währenddessen Selbststudium sowie Weiterbildungen SIB / WTA / IGA / IGBP. 2010 erfolgte der Übergang zur Aktiengesellschaft ntb Bürkli AG BauBioPhysik.

Uwe Liebheit – Studium der Rechtswissenschaften und der Betriebswirtschaft in Freiburg, Marburg, Bonn und Münster. Bereits 1979 bis 1981 Beschäftigung mit Bauangelegenheiten in einer Anwaltskanzlei, langjährige Tätigkeit in Bausenaten und intensive Auseinandersetzung mit der Problematik des Sachverständigen-gutachtens. Stellvertretender Vorsitzender und Vorsitzender Richter eines Bausenats des OLG

Hamm, Prüfer im 2. Staatsexamen sowie Leiter unterschiedlicher Fortbildungsveranstaltungen mit Schwerpunkt Bauprozess- und Kostenrecht für junge Richterinnen und Richter im OLG-Bezirk Hamm. Vorsitzender Richter am OLG i. R. sowie Lehrbeauftragter für Bauvertragsrecht der Fachhochschule Münster. Referent auf Baufachtagungen und Autor zahlreicher Fachveröffentlichungen.

Ingo Dreger – Studium des konstruktiven Ingenieurbaus an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar und Ingenieurschule für Bauwesen Berlin sowie Ausbildung zum Fachmann für Holzschutz im Hochbau. Tätigkeiten als Bauleiter in der Denkmalpflege beim Stadtbau Potsdam, als Geschäftsführer für den Bereich traditionelle Zimmerei in der Schulze & Dreger Baudenkmalflege GmbH sowie Geschäftsführer der Ingo Dreger Baudenkmalflege GmbH mit den Bereichen Zimmerei und Lehmbau. Während dessen Studium zum Sachverständigen für Holzschutz am Europäischen Institut für postgraduale Bildung an der TU Dresden. 1997 Gründung des Ingenieurbüros Ingo Dreger. Außerdem Sachverständiger für Gebäudeschadstoffe, Vorsitzender des RAL-Arbeitskreises »Thermische Bekämpfung des Echten Hausschwamms«, Referententätigkeiten sowie Lehrbeauftragter für »Tragwerke in Holz« an der BTU Cottbus. Mitglied der WTA im Referat Fachwerk / Holzschutz.

Thomas Gottschlich – Ausbildung zum Grundstücks- und Wohnungskaufmann und Studium der Architektur an der TU Braunschweig und TH Darmstadt. Nach verschiedenen Stationen, wie Rückbau Beachy House 1905 von Frank Lloyd Wright, Oak Park, USA, Leitung Generalaufmaß

und Mitarbeit Sanierung Karl-Marx-Allee, Berlin, sowie diversen Altbauanierungen in Dresden und Umgebung, ab 1997 Architekt der Baudirektion Wiederaufbau Frauenkirche Dresden. Seit 2009 Leiter der Kirchbauverwaltung und verantwortlich für den Erhalt der Frauenkirche.

Dr. Gregor A. Scheffler – Studium des konstruktiven Ingenieurbaus an der TU Dresden. Dort erfolgte 2008 die Promotion zur hygrothermischen Materialmodellierung am Institut für Bauklimatik, gefolgt von einem Postdoc-Stipendium an der DTU in Kopenhagen, Dänemark. Von 2009 bis 2012 Tätigkeit bei der Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH, ab 2011 als Abteilungsleiter für Anwendungsforschung und Bauphysik. Seit 2013 Ingenieurbüro Dr. Scheffler & Partner GmbH in Dresden, das Fachplanungen in den Bereichen Energieeffizienz und Energiekonzeption, Anlagenplanung Sanitär, Heizung und Lüftung, sowie der hygrothermischen Bauphysik anbietet. Autor zahlreicher Veröffentlichungen, regelmäßige Auftritte als Referent bei Fachtagungen und Seminaren. Erarbeitung technischer Regelwerke in der wissenschaftlich-technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA e. V.) sowie im Normausschuss »NA 005-56-99 AA – Feuchte«. Seit 2013 außerdem Leiter des Referates 6 – Bauphysik innerhalb der WTA.

Ulrich Röhlen – Ulrich Röhlen, Jahrgang 1960 arbeitet seit den früheren 1980er Jahren mit Lehm und war ab 1984 Mitarbeiter des Handwerksunternehmens »Lehmbau Peter Breidenbach«. Ulrich Röhlen ist Diplom-Ingenieur Architekt. Er arbeitete in der Folgezeit und bis heute als Technik- und Marketingleiter der Firma

Claytec e.K. Er ist Fachbuchautor, Mitverfasser der »Lehmbau Regeln« des Dachverband Lehm e.V., Weimar (DVL) und stellvertretender Obmann des Normausschuss Lehmabau am DIN. Er ist seit vielen Jahren Vorstandmitglied des DVL und leitet seit 1993 Seminare für Planer und andere Baufachleute.

Frank Eßmann – Inhaber des tha-Ingenieurbüros Eßmann für thermische, hygrische und akustische Bauphysik in Mölln. Beratender Ingenieur (AIK S-H) und staatlich anerkannter Sachverständiger für Wärme- und Schallschutz der IKBau NRW. Sachverständiger für Energieeffizienz von Gebäuden (EIPOS), anerkannter Energieberater für Baudenkmale (WTA/VdL) sowie Vorstandsmitglied der Regionalgruppe WTA-Deutschland. Aktive Mitarbeit in den WTA-Referaten »Fachwerk / Holzbauwerke« und »Bauphysik«. Gründungsmitglied FVID, Autor diverser Buch- und Zeitschriftenpublikationen sowie Tätigkeiten als Dozent.

Dirk Nibbrig – Nach dem Architektur-Studium (M.A.) seit 2010 angestellt als Ingenieur im tha-Ingenieurbüro Eßmann in Mölln. Energieeffizienzexperte auf der Liste der dena mit den Schwerpunkten BAFA Vor-Ort-Beratung und hygrothermische Bauteilsimulationen. Tätigkeiten vor allem im Bereich Baudenkmale und erhaltenen Werten Bausubstanz. Aktive Mitarbeit in der WTA-Arbeitsgruppe »Wandflächenheizungen«.

Dr.-Ing. Gerd Geburtig – Architekturstudium an der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar. Seit 1993 Inhaber der Planungsgruppe Geburtig, Architekten und Ingenieure. Seit 2007 Mitglied im Normenausschuss »Brandschutz-

ingenieurverfahren«. Seit 2001 Referatsleiter der Arbeitsgruppe »Fachwerk« in der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA) sowie seit 2006 1. Vorsitzender der regionalen Gruppe der WTA in Deutschland. Seit 2003 Mitglied im Deutschen Nationalkomitee von ICOMOS. Seit 2006 Sachverständiger für Energieeffizienz von Gebäuden. Seit 2008 Prüfingenieur für Brandschutz. Fachbuchautor. Zahlreiche Veröffentlichungen in Fachzeitschriften.

Sachregister

A

- Abbeizen
 - chemisch 135
- Abdichtung 11
 - erdberührter Bauteile 14
- Abdichtungskonzept 11
- Abdichtungsstoff 16
 - flüssig aufzutragen 18
- Abdichtungsuntergrund 15
- Abholzigkeit 116
- Abnahme 12
- Abweichung 225
- Anstrichsystem
 - teerhaltig 16
- Aufbereiten 17
- Authentizität 139

B

- Balloon Frame Bauweise 115
- Bauen
 - Prozess 138
- Baugenehmigung 129
- sofortige provisorische 125
- Baukalk 22, 23
- Bausubstanz 157
- Bauteil-Berechnung 66
- Bauteilsimulation
 - hygrothermisch 185
- Bauteiltemperatur 17
- Bautenschützer 11
- Bauwerksbeobachtung 146
- Befahrung 147
- Begehung 147
- Berichtswesen 153
- Beschichtung
 - diffusionsdicht 133
- Beton mit hohem Wassereindringwiderstand 12
- Biegezugfähigkeit 144
- Bitumenbahn 12
- Bitumendickbeschichtung
 - kunststoffmodifiziert 12
- Blumenfenster 64

- Brandgefährdungsanalyse 223, 224
- Brandmauer 207, 208
- Brandschutzingenieurwesen 225
- Brandschutzkonzept 202, 203, 223, 228
 - bürgerliche Stiftung privaten Rechts 146

D

- Dampfdruck 65
- Dampfdruckabbau 65
- Dampfdruckausgleich 70
- Dampfdruckreduktion
 - automatisch 71
- Dampfsägewerk 115
- Dekontamination 63
- Dichtungsschlämme
 - mineralisch 12
- Dimension
 - zeitlich 154
- DIN 1990 (Ausgabe 1928) 129
- DIN 68800-4:2012-02 136
- Douglasie
 - amerikanisch 128
- Druckfestigkeit 29
- Durchtrocknung 15

E

- Echter Hausschwamm 135
- Einstein Forum Potsdam 131
- Einzel-Komfortlüftung 63
- Eisenbahnschelle
 - Massenproduktion 118
- Elastomerbahn 12
- Energiewende 19. Jhd. 114
- Entwässerungsrinne 128

F

- Farbfassung 151
- Fasersättigungsbereich 118
- Feldversuch 149
- Fensteranschluss 160
- Feuchtegleichgewicht 148

- Feuerwiderstand 201
- FLK 12
- Flüssigkunststoffe 12
- Franke-Platte 193
- Fugendruckfestigkeit 26

G

- Gasluftheizer 136
- Gerüstkonzeption 149
- Gießharzvariante 153
- Gipsmörtel 21

H

- Haftbrücke 16
- Handschweiß 151
- Heizrohr 68
- Hetzer, Otto 121
- Hinterfeuchtungsschutz 16
- Holz
 - Denaturalisieren 118
 - Eigenschaft 118
 - kulturelle Abwertung 114
 - Sortierkriterium 122
- Holzanstrich
 - bituminiert 133
- Holzbau
 - Industrialisierung 124

- Holzbauende
 - handwerklich 113
- Holzfeuchte 119
- Holzhaus
 - Qualität 130
- Holzschutz
 - chemisch 119
- Holzschwellen
 - Dauerhaftigkeit 117
- Hybridabdichtung 14
- Hydrophobierung 195
- Hyphen 69, 139

I

- Industrialisierung 113
- Industrielle Revolution 119

Infrarotstrahler 136

Ingenieurarchitekten 138

Ingenieurkonstruktion

- Merkmale 116

Innendämmung 63, 185

K

Kalk

- formuliert 23

Kalklöschchen 21

Kaltleim 120

Kalziumsilikat-Platte 67, 71

Karstensches Prüfröhrchen 190, 193

Kaseinleim 120

Kastenschloss 151

Kesseldruckimprägnierung 117

Klassische Moderne 126

KMB 12

Kondensationslache 65

Kondensationsschutz 63, 67

Kondensationstoleranz 71

Kontaktbrücke 16

Konvektion 67, 71

Konzept »Erhalt der Substanz« 133

Konzept »Erhalt statt Nachbau« 134

Konzept »Erhalt statt Neubau« 139

Kratzspachtelung 15, 16

KS-Platte 63

Kunstharzleim 120

Kunststoffbahn 12

L

Laibungsdämmung 160, 161, 163, 167

Lärchenholzfußboden 152

Lasteinwirkung 12

Leimfuge

- Belastbarkeit 121

Luftfeuchtigkeit 68, 120

Lufttemperatur 17

Lüftungsverhalten 68

M

Maßnahmen

- temporär 149

Materialgleichgewicht 148

Materialoberflächenzustand

- endgültig 152

Materialverträglichkeit 12

Mauermörtel 26

Mauerwerksaustausch 31

Mauerwerksfestigkeit

- charakteristisch 42, 51, 61

Mauerwerksgüte 42, 47, 48

Mauerwerksspannung

- zulässig 42, 51

MDS 12

Melaminharzleim 121

Mikroporenstruktur

- kapillaraktiv 70

Mindesttrockenschichtdicke 12

Mischen 17

Mörtelanalyse 29

Mörteldruckfestigkeit 51

Mörteluntersuchung 32

Musterfläche 17

Mycel 69, 136

N

Nagel

- industrielle Massenproduktion 115

Nagelverbindung 115

Naphthalin 118

Nassraumabdichtung 14

Nebelversuch 148

Neue Sachlichkeit 126

O

Oberflächenbeschaffenheit 69

Oberflächentemperatur 66, 157, 158, 159

Öllasur

- holzsichtig 128

P

Paradigma 139

Pflege

- kontinuierlich 154

PMBC 12

Poelzig, Hans 126

Polymerbitumenbahn 12

Portlandzement 23

Probenentnahme 29

Prüfkonzept 195

Pufferfähigkeit 69

Pufferfläche 70

Q

Querschnittsabdichtung 14

R

Rauchschutztür 153

Reaktivabdichtung 14, 15

Regelverfahren 139

Reinvestition 154

reversibel 149

Revisionskonzept 146

Risikofläche 63

Rohrheizung 71

Rohstoffe

- nachwachsende/fossile 114

Rückdurchfeuchtung 16

Rückprallhammer 57

S

Sägewerksindustrie 115

Schallschutz 153

Schimmelkataster 67

Schimmelprognose 168

Schimmelschutzbeschichtung 70

Schlagregen 173, 178, 180, 185

Schlagregenbelastung 188

Schlagregenschutz 188

Schließzeit 147

Schwachstelle

- bautechnisch 68

Schwelle

- myceldurchwachsen 136

Schwellenkranz 127

Simulation

- hygrothermisch 194

Sockelabdichtung 14

Sonderverfahren 139

Sorption 69, 171

Sorptionsfähigkeit 70, 181

Spachtelverfahren 17

Spaltzugfähigkeit 144

Spritzverfahren 17

Steinkohle
- Verkokung 117

Steinkohlenteeröl 117

Streichverfahren 17

T

Tafel
- psychrometrisch 70

Taupunkt 70

Taupunkt-Tabelle 69

Teerölverbindung 118

Temperaturgleichgewicht 148

Temperatur-Zeitverhältnis 136

Trockenschichtdicke 12

Tüpfel 118

U

Umgebungstemperatur 17

Untergrund 14

UV-Licht 153

V

Verbindungsmittel 115

Verbundverhalten 16

Vergabe
- freihändig 146

Vergaberichtlinien
- intern verbindlich 146

Vergrauung 145

Vorbild
- historisch 153

W

WAM-Gerät 190

Wand-Sohlenanschluss 16

WA-Platte nach Franke 190

Wärmebrücke 70, 159, 160
- geometrisch 66

Wärmebrückeberechnung 165

Wärmeverfahren 136

Warmleim 120

Wartungskonzept 146

Wartungskosten 154

Wasseraufnahme
- kapillar 28, 35, 188

Wasseraufnahmekoeffizient 191

Wasseraufnahme-Platte nach Franke 190

Wasserdampfadsorption 176

Weiβkalk 22

Weiβtannenholz 151

Wirkung
- biozid 118

Z

Zerstörungsschneise
- vertikal 132

Ziegeldruckfestigkeit 50

Ziegelgüte 57

Zinkeindeckung
- bauzeitlich 131

Zwischentemperaturbereich 145

Jürgen Gänßmantel, Frank Eßmann,
Gerd Geburtig, Anatol Worch (Hrsg.)

Sanieren außerhalb der Normen – Ausnahmezustand Sanierung?

Bauen in Europa, insbesondere in Deutschland, ist stark von Richtlinien und Regelwerken geprägt. Dabei wird vielen Normen eine größere Bedeutung zugemessen als sie in Wirklichkeit besitzen. Gerade bei Bestandsgebäuden können sie oftmals nicht angewandt werden. Das stellt den Planer vor Probleme, da Gebäude saniert werden müssen, die weder der heute gültigen Normung entsprechen noch danach saniert werden können, aber weiter genutzt werden sollen. Statiker, Brandschützer, Denkmalpfleger u. a. kenn en diese Herausforderung. Die Beiträge des Buches beleuchten dieses Spannungsfeld näher. Neben den rechtlichen Aspekten werden zahlreiche Beispiele vorgestellt.

So wird unter anderem über neue multifunktionale Abdichtungen und den »Tatort« Frauenkirche berichtet. Manchmal hilft aber auch der Blick »über den Tellerrand«, wie ein Beispiel der Nachbarn in der Schweiz im Umgang mit Regelwerken bei der Schimmelpilzbekämpfung und -beseitigung zeigt.

