

Herausgegeben von Ralf Ruhnau
Begründet von Günter Zimmermann

Martin Sauder, Renate Schloenbach

Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Fraunhofer IRB  Verlag

Martin Sauder, Renate Schloenbach

Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Dr.-Ing. Ralf Ruhnau

Begründet von Professor Günter Zimmermann

Band 11

Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein

Von

Dipl. Geol. Martin Sauder

Dr. Renate Schloenbach

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

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): 978-3-8167-8809-6
ISBN (E-Book): 978-3-8167-8810-2

Redaktion: Manuela Wallißen
Layout, Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Herstellung: Tim Oliver Pohl
Satz: Manuela Gantner – Punkt, STRICH.
Druck: Ungeheuer + Ulmer KG GmbH + Co., Ludwigsburg

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-Gesetz-
gebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.
Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI,
VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtig-
keit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen
Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuzie-
hen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2013
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 7 11 970-25 00
Telefax +49 7 11 970-25 08
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Fachbuchreihe Schadenfreies Bauen

Bücher über Bauschäden erfordern anders als klassische Baufachbücher eine spezielle Darstellung der Konstruktionen unter dem Gesichtspunkt der Bauschäden und ihrer Vermeidung. Solche Darstellungen sind für den Planer wichtige Hinweise, etwa vergleichbar mit Verkehrsschildern, die den Autofahrer vor Gefahrstellen im Straßenverkehr warnen.

Die Fachbuchreihe **SCHADENFREIES BAUEN** stellt in vielen Einzelbänden zu bestimmten Bauteilen oder Problemstellungen das gesamte Gebiet der Bauschäden dar. Erfahrene Bausachverständige beschreiben den Stand der Technik zum jeweiligen Thema, zeigen anhand von Schadensfällen typische Fehler auf, die bei der Planung und Ausführung auftreten können, und geben abschließend Hinweise zu deren Sanierung und Vermeidung.

Für die tägliche Arbeit bietet darüber hinaus die Volltextdatenbank **SCHADIS** die Möglichkeit, die gesamte Fachbuchreihe als elektronische Bibliothek auf DVD oder online zu nutzen. Die Suchfunktionen der Datenbank ermöglichen den raschen Zugriff auf relevante Buchkapitel und Abbildungen zu jeder Fragestellung (www.irb.fraunhofer.de/schadis).

Der Herausgeber der Reihe:

Dr.-Ing. Ralf Ruhnau ist ö. b. u. v. Sachverständiger für Betontechnologie, insbesondere für Feuchteschäden und Korrosionsschutz. Als Partner der Ingenieurgemeinschaft CRP GmbH Berlin und in Fachvorträgen befasst er sich neben der Bauphysik und der Fassadenplanung vor allem mit Bausubstanzbeurteilungen. Er war mehrere Jahre als Mitherausgeber der Reihe aktiv und betreut sie seit 2008 alleinverantwortlich.

Der Begründer der Reihe:

Professor Günter Zimmermann war von 1968 bis 1997 ö. b. u. v. Sachverständiger für Baumängel und Bauschäden im Hochbau. Er zeichnete 33 Jahre für die **BAUSCHÄDEN-SAMMLUNG** im Deutschen Architektenblatt verantwortlich. 1992 rief er mit dem Fraunhofer IRB Verlag die Reihe **SCHADENFREIES BAUEN** ins Leben, die er anschließend mehr als 15 Jahre als Herausgeber betreute. Er ist der Fachwelt durch seine Gutachten, Vortrags- und Seminartätigkeiten und durch viele Veröffentlichungen bekannt.

Vorwort des Herausgebers zur zweiten Auflage

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Bandes in der Reihe SCHADENFREIES BAUEN im Jahr 1995 sind 18 Jahre vergangen, in denen nicht nur das Bauen im Bestand und damit die notwendige Auseinandersetzung mit Naturstein als Baumaterial drastisch zugenommen haben, sondern vor allem auch im Zuge der Europäisierung des öffentlichen Baurechts maßgebliche deutsche Normen und Richtlinien durch EN- und ISO-Normen ersetzt und ergänzt worden sind.

Sowohl im Umgang mit vorhandener zu sanierender Bausubstanz als auch beim Neubau mit Natursteinmaterialien ist eine fundierte Kenntnis physikalischer Eigenschaften und möglicher Schadensmechanismen von Naturstein unerlässlich. Fehler bei früheren Sanierungsarbeiten – insbesondere durch nicht auf den jeweiligen Naturstein abgestimmte Reparaturmaterialien – haben häufig die Steinschäden noch vergrößert. Unzureichende Kenntnisse hinsichtlich der Materialsteifigkeiten und damit des Verformungsverhaltens sind hier oftmals die Ursache für tiefgreifende Schäden am Naturstein.

Hier hilft die vorliegende zweite Auflage des Buches SCHÄDEN AN AUSSENMAUERWERK AUS NATURSTEIN von Frau Dr. Renate Schloenbach und Herrn Martin Sauer den Überblick über den Umgang mit den verschiedenen Natursteinen zu erlangen und damit Schäden zu vermeiden. Gutachtern wie Planern ist dieses Buch eine wertvolle Hilfe und Leitfaden für die Planung und Ausführung, ob Instandsetzung oder Neubau. Hierfür gilt mein Dank den beiden Autoren, die ihr Wissen und ihre reiche Erfahrung in diese Neuauflage eingebracht haben.

Berlin, im Januar 2013
Ralf Ruhnau

Vorwort der Autoren zur zweiten Auflage

Schäden an Natursteinmauerwerk werden oft im Rahmen anderer Bau- und Sanierungsmaßnahmen mitbearbeitet, ohne auf möglich Konsequenzen falscher Methoden und Materialien zu achten, da das spezifische Fachwissen fehlt. In der Folge treten neue Schäden auf, die durch sorgfältige Planung und Überwachung hätten vermieden werden können.

Bei Natursteinmauerwerk treten ganz spezielle Probleme und physiko-chemische Zusammenhänge auf, die im ›normalen‹ Baugeschehen nicht zu erwarten sind. Umso wichtiger ist also die Auseinandersetzung mit dem Material, seinen Eigenschaften und den umfangreichen Instandsetzungs- und Restaurierungsmöglichkeiten.

In diesem Buch werden zunächst die unterschiedlichen Eigenschaften des Natursteins und die vielfältigen Schadensmechanismen erläutert. Danach wird auf die notwendige intensive Vorarbeit bei der Schadensvermeidung und -beseitigung eingegangen. Nicht zu vergessen die Probleme, die bei chemischer oder physikalischer Unverträglichkeit zwischen einzelnen Stoffen auftreten.

Seit der Erstauflage des Buches aus dem Jahr 1995 hat sich die Normenlage auch im Bauwesen durch Anpassung an EU-Recht wesentlich geändert. Die neu geschaffenen EN- und ISO-Normen unterscheiden sich zum Teil deutlich von den bisherigen DIN-Normen, zudem sind für die Durchführung von Maßnahmen teilweise deutsche DIN-Normen anzuwenden.

Für die vorliegende Zweitaufgabe wurde der neue Normenstand eingearbeitet. Durch den ständigen Entwicklungsprozess auf diesem Gebiet, auch während der Bearbeitung des Buches, kann jedoch nur ein Zwischenstand angegeben werden.

Die aufgeführten Schadensfälle stammen aus der langjährigen Tätigkeit der Autoren in der Begutachtung von Natursteinschäden und in der Fachplanung von Instandsetzungsmaßnahmen.

Das vorliegende Buch soll als Hilfestellung und Nachschlagewerk dienen, aber auch einen Leitfaden darstellen für den gesamten Ablauf einer Instandsetzung von Natursteinmauerwerk an Außenwänden.

Saarbrücken, im Januar 2013

Dr. Renate Schloenbach

Martin Sauder

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	15
1	Grundlagen	17
1.1	Naturstein	17
1.2	Übersicht über Außenmauerwerk	18
	1.2.1 Aufbau von Außenmauerwerk	18
	1.2.2 Steinbearbeitung	23
1.3	Untersuchungen	24
	1.3.1 Schadensaufnahme	24
	1.3.1.1 Quellenstudium	25
	1.3.1.2 Kartierung	26
	1.3.1.3 Zerstörungsfreie Erkundung	30
	1.3.1.4 Schurfaufnahme	34
	1.3.1.5 Erkundung des Mauerwerksaufbaus	35
	1.3.1.6 Begleitende Untersuchung	37
	1.3.1.7 Fotografische, zeichnerische und textliche Aufnahme	37
	1.3.2 Probenahme	37
	1.3.2.1 Bohrungen	37
	1.3.2.2 Weitere Materialproben	38
	1.3.3 Untersuchungsverfahren	39
	1.3.3.1 Allgemeine Gesteinskenndaten zur Klassifikation	41
	1.3.3.2 Allgemeine physikalische Eigenschaften	43
	1.3.3.2.1 Druckfestigkeit	43
	1.3.3.2.2 Haftzugfestigkeit	44
	1.3.3.2.3 Biegezugfestigkeit	45
	1.3.3.2.4 Abriebfestigkeit	46
	1.3.3.2.5 Elastizitätsmodul	47
	1.3.3.2.6 Ausbruchlast am Ankerdornloch	48
	1.3.3.2.7 Thermische und hygrische Längenänderung	48
	1.3.3.2.8 Frost-Tau-Wechsel	50
	1.3.3.2.9 Kristallisationsversuche	51
	1.3.3.2.10 Verwitterungsbeständigkeit	52
	1.3.3.2.11 Bestimmung der Dichte	53
	1.3.3.3 Feuchtigkeitsbestimmung	55

1.3.3.3.1	Feuchtigkeitsgehalt	56
1.3.3.3.2	Maximale Wasseraufnahme	61
1.3.3.3.3	Durchfeuchtungsgrad	62
1.3.3.3.4	Kapillare Wasseraufnahme	63
1.3.3.3.5	Hygroskopische Wasseraufnahme	65
1.3.3.3.6	Kondenswasser	66
1.3.3.3.7	Wärmeschutzberechnung	72
1.3.3.3.8	Wasserdampfdiffusion	75
1.3.3.4	Salzanalysen	76
1.3.3.4.1	Qualitative Salzbestimmung	77
1.3.3.4.2	Quantitative Salzbestimmung	79
1.3.3.5	Mikrobiologische Untersuchungen	80
1.3.3.6	Konservierungsversuche	81
1.3.3.6.1	Festigung	81
1.3.3.6.2	Hydrophobierung	82
1.3.3.7	Mörteluntersuchungen	83
1.3.3.7.1	Bindemittel	85
1.3.3.7.2	Zuschlag	88
1.3.3.7.3	Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis	89
1.3.3.7.4	Sonstige Untersuchungen	89
1.3.3.8	Anstrichuntersuchungen	90
1.4	Sanierungsmethoden	91
1.4.1	Reinigung	91
1.4.2	Beseitigung von und Schutz vor Bewuchs	95
1.4.3	Farbentfernung	97
1.4.4	Steinaustausch	99
1.4.4.1	Ganze Quader oder Werkstücke	100
1.4.4.2	Platten	100
1.4.4.3	Vierungen	101
1.4.5	Steinergänzung	102
1.4.5.1	Restauriermörtel	102
1.4.5.2	Abformen	104
1.4.6	Verfugung	104
1.4.7	Verankerung	111
1.4.8	Trockenlegung	114
1.4.8.1	Horizontalabdichtung	114
1.4.8.2	Vertikalabdichtung	121
1.4.8.3	Innenabdichtung	128
1.4.8.4	Dränung	128
1.4.9	Entsalzung	130
1.4.10	Festigung	134

1.4.11	Hydrophobierung	137
1.4.12	Putz und Schlämme	140
1.4.12.1	Verarbeitung	140
1.4.12.2	Sanierputz nach WTA	144
1.4.12.3	Andere Putzsysteme	147
1.4.12.4	Festigung	148
1.4.12.5	Fixieren gelöster Putzflächen	148
1.4.13	Anstrich	149
1.4.14	Korrosionsschutz	151
1.4.15	Rissbehandlung	153
1.4.16	Statische Sicherung des Mauerwerks	156
1.4.16.1	Verpressen	156
1.4.16.2	Vernadelung	157
1.4.16.3	Verankerung	158
1.4.17	Metallabdeckung	158
1.4.18	Wärmedämmung	162
1.4.18.1	Außendämmung	162
1.4.18.2	Kerndämmung	166
1.4.18.3	Innendämmung	166

2 Schadensarten 169

2.1	Schäden an Naturstein	169
2.1.1	Bewuchs	169
2.1.2	Ablagerung von Taubenkot	173
2.1.3	Krustenbildung	177
2.1.4	Salzbildung	180
2.1.4.1	Schadensursache: aufsteigende Feuchtigkeit	183
2.1.4.2	Schadensursache: seitlich eindringende Feuchtigkeit	187
2.1.4.3	Schadensursache: Nutzung	189
2.1.4.4	Schadensursache: Tausalz	189
2.1.4.5	Schadensursache: Materialreaktion	190
2.1.5	Verfärbung	191
2.1.5.1	Schadensursache: handwerkliche Mängel beim Aufbringen von Konservierungsmitteln	191
2.1.5.2	Schadensursache: Durchfeuchtung	194
2.1.5.3	Schadensursache: Mobilisation von Mineralen	195
2.1.6	Schimmelbildung und/oder Feuchtflecken	197
2.1.6.1	Schadensursache: Kondensation	197
2.1.6.2	Schadensursache: konstruktiv	199
2.1.6.3	Schadensursache: hygroskopische Feuchtigkeit und Hydratation	199

2.1.7	Absanden	201
2.1.7.1	Schadensursache: Wasser	202
2.1.7.2	Schadensursache: Versalzung	203
2.1.7.3	Schadensursache: Behinderung der Wasserdampfdiffusion	204
2.1.7.4	Schadensursache: Winderosion	204
2.1.8	Reliefbildung	205
2.1.9	Schuppen	207
2.1.9.1	Schadensursache: Ablösung von Schalen	208
2.1.9.2	Schadensursache: Versalzung	208
2.1.10	Flächige Schalen	208
2.1.10.1	Schadensursache: salzinduzierte Volumenveränderung	209
2.1.10.2	Schadensursache: Frostsprengung	212
2.1.10.3	Schadensursache: Verdichtung der Oberfläche durch Festigung oder filmbildende Beschichtung	213
2.1.10.4	Schadensursache: Hinterwanderung von Hydrophobierungen mit Feuchtigkeit	214
2.1.10.5	Schadensursache: hygrische Dehnung	215
2.1.10.6	Schadensursache: thermische Dehnung	217
2.1.10.7	Schadensursache: Brand	217
2.1.10.8	Schadensursache: Steinbearbeitung	218
2.1.11	Kantenparallele Schalen	220
2.1.11.1	Schadensursache: hygrische und thermische Längenänderung	220
2.1.11.2	Schadensursache: Bauwerksbewegungen	221
2.1.12	Aufblättern	222
2.1.13	Bröckeln	222
2.1.13.1	Schadensursache: Überlagerung mehrerer Schalen- und/oder Rissysteme	223
2.1.13.2	Schadensursache: konstruktiv	224
2.1.14	Ausbruch	224
2.1.14.1	Schadensursache: mechanisch	225
2.1.14.2	Schadensursache: Kriegsschäden	225
2.1.15	Rostsprengung	226
2.1.16	Schichtparallele Risse	228
2.1.17	Steindurchschlagende Risse	229
2.1.17.1	Schadensursache: konstruktiv	229
2.1.17.2	Schadensursache: Treibmineralbildung	232
2.1.17.3	Schadensursache: Brand	233
2.1.18	Verformung von Mauerwerk	234
2.1.19	Hohlräume in Mauerwerk	235

2.1.20	Mangelhafter Austausch geschädigter Quader	236
2.1.21	Falsch eingesetzte Vierungen oder Platten	237
2.1.22	Fehlerhafte Restauriermörtelergänzungen	239
2.2	Schäden an Fugen	242
2.2.1	Mörtelrisse	242
2.2.1.1	Schadensursache: materialspezifisch	242
2.2.1.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	244
2.2.1.3	Schadensursache: konstruktiv	245
2.2.2	Absanden	246
2.2.2.1	Schadensursache: materialspezifisch	246
2.2.2.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	247
2.2.2.3	Schadensursache: Versalzung	247
2.2.2.4	Schadensursache: Feuchtigkeit	248
2.2.3	Rahmenartig vorstehender Fugenmörtel	248
2.2.4	Fehlstellen	249
2.3	Schäden an Putz und Schlämme	250
2.3.1	Ablösung	250
2.3.1.1	Schadensursache: handwerkliche Mängel	250
2.3.1.2	Schadensursache: materialspezifisch	251
2.3.1.3	Schadensursache: Feuchtigkeit	252
2.3.1.4	Schadensursache: Rostsprengung	254
2.3.2	Absanden	255
2.3.2.1	Schadensursache: Feuchtigkeit	255
2.3.2.2	Schadensursache: Salzbildung	256
2.3.2.3	Schadensursache: materialspezifisch	257
2.3.2.4	Schadensursache: Frost	258
2.3.3	Schwindrisse	258
2.3.4	Putzdurchschlagende Risse	260
2.3.4.1	Schadensursache: thermische Spannung	260
2.3.4.2	Schadensursache: mangelhafter Untergrund	261
2.3.4.3	Schadensursache: konstruktiv	262
2.3.5	Verfärbung	263
2.3.5.1	Schadensursache: Durchfeuchtung	263
2.3.5.2	Schadensursache: materialspezifisch	264
2.3.5.3	Schadensursache: Verunreinigung	265
2.4	Schäden an Anstrichen	266
2.4.1	Ablösung	266
2.4.1.1	Schadensursache: materialspezifisch	266
2.4.1.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	267
2.4.1.3	Schadensursache: Feuchtigkeit	268

2.4.1.4	Schadensursache: schadhafter Untergrund	269
2.4.1.5	Schadensursache: Salzbildung	269
2.4.2	Risse	270
2.4.2.1	Schadensursache: Risse im Untergrund	270
2.4.2.2	Schadensursache: thermische Längenänderung	271
2.4.2.3	Schadensursache: hygri sche Längenänderung	271
2.4.3	Verfärbung	272
2.4.3.1	Schadensursache: Mobilisation von Mineralen	272
2.4.3.2	Schadensursache: handwerkliche Mängel	273
2.4.3.3	Schadensursache: materialspezifisch	274
2.4.3.4	Schadensursache: Feuchtigkeit	274
2.4.4	Abkreiden	274
2.4.5	Bewuchs	275
2.4.6	Salzausblü hung	276
2.5	Schäden an Bauteilen	276
2.5.1	Sockel	276
2.5.2	Tür	278
2.5.3	Treppe	280
2.5.4	Fenster	282
2.5.5	Balkon	286
2.5.6	Dach	290
2.5.7	Vorgehängte Fassade bzw. Schale	292
2.5.8	Brückenbauwerke	295
2.5.9	Tunnel	297
	Literaturverzeichnis	299
	Stichwortverzeichnis	311