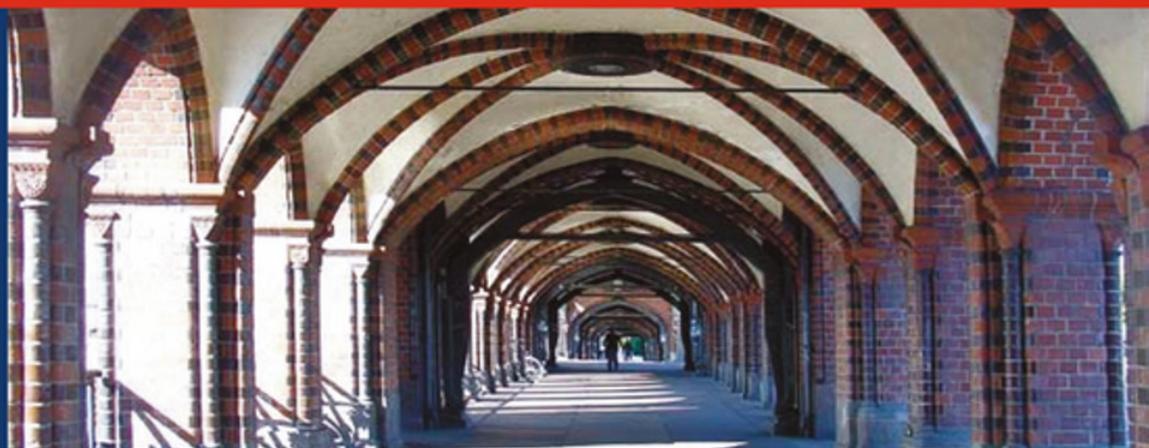


2013

# MAUERWERK KALENDER



Bauen im Bestand



2013

# MAUERWERK KALENDER

---

Herausgegeben von  
Wolfram Jäger, Dresden

38. Jahrgang

### **Hinweis des Verlages**

Die Recherche zum Mauerwerk-Kalender ab  
Jahrgang 1976 steht im Internet zur Verfügung  
unter [www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

Titelbild: Oberbaumbrücke, Berlin  
Foto: © Petra Franke

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2013 Ernst & Sohn

Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprint, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin

Satz: Dörr + Schiller GmbH, Stuttgart

Druck und Bindung: Strauss GmbH, Mörlenbach

Printed in the Federal Republic of Germany

Print ISBN 978-3-433-03017-2

ISSN 0170-4958

Elektronische Version eBook ISBN 978-3-433-60296-6

## Vorwort

Mauerwerk gehört zu den ältesten Baustoffen; zahlreiche beeindruckende und historisch wertvolle Mauerwerkskonstruktionen zeugen weltweit davon. Die Verantwortung für deren Erhaltung haben wir von unseren Vorfahren übernommen. Deshalb ist es unsere Pflicht, die in unsere Obhut gegebenen Mauerwerksgebäude fortlaufend zu pflegen, instandzusetzen und zu sanieren sowie entsprechend gesetzlicher und energetischer Vorgaben zu ertüchtigen. Technisch und optisch zufriedenstellende Lösungen zu finden, erfordert bei den Planern der Maßnahmen interdisziplinäres Wissen über die komplizierten baustofflichen, bauphysikalischen und konstruktiven Zusammenhänge. Auch die Interessen der Denkmalpflege, die bei vielen älteren Gebäuden von Belang sind, sollen nicht zu kurz kommen – und dass die gesamte Maßnahme sich wirtschaftlich ausführen lassen muss, versteht sich von selbst. Das Bauen im Bestand ist also ein kompliziertes Fachgebiet und die Objekte profitieren vom Einfallsreichtum, der Sachkenntnis und Erfahrung der Beteiligten und manchmal auch von deren Mut, neue Wege zu gehen. Es profitiert natürlich auch sehr stark von Entwicklungen und Erkenntnissen aus dem Neubau und der Produktentwicklung. Der Tradition folgend enthält der diesjährige Mauerwerk-Kalender wiederum nicht nur Beiträge, die dem Leitthema folgen, sondern auch solche, die sich mit aktuellen Fragen aus dem Neubaubereich befassen. Noch nie wussten wir so viel über das Tragverhalten und die Eigenschaften von Mauerwerksbaustoffen und -konstruktionen wie heute. Dabei wollen wir es aber nicht bewenden lassen, sondern versuchen, den Kenntnisstand zu erweitern und breiten Kreisen der Fachwelt zugänglich zu machen. Die vorliegende Ausgabe des Mauerwerk-Kalenders möchte dazu einen Beitrag leisten:

- Im Bereich *Baustoffe · Bauprodukte* finden Sie den jährlich aktualisierten Grundlagenbeitrag Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen. Der bekannte Beitrag über den Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung stellt diesmal ausschließlich die Neuentwicklungen aus dem Komplex Wandbauelemente vor, d. h. für die behandelten Produkte wurde im zurückliegenden Jahr erstmals die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt. Die Umstellung auf den Eurocode 6 ist in diesem Bereich noch nicht vollzogen, das heißt, die Zulassungen müssen demnächst vom DIBt angepasst werden. Dem Thema „Bauen im Bestand“ entsprechend folgen zwei Beiträge zum Vorgehen bei der Instandsetzung von historischen Mauerwerkskonstruktionen – einer zu verwitterten Natursteinoberflächen und ein zweiter zu

mineralischen Mörteln und Putzen. Die Verträglichkeit von Alt und Neu ist im historischen Mauerwerk besonders wichtig. Hier zeigt sich, dass scheinbare Einsparungen zu Schäden an den historischen Objekten und zu deutlichen Mehrkosten führen können.

- Die Abteilung *Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung* enthält eine ausführliche Abhandlung zur Ertüchtigung von Mauerwerksbrücken. Mit dem Wort Ertüchtigung ist hier gemeint, dass die Brücke den heutigen Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit entsprechen muss. Grundlage hierfür ist eine umfangreiche Untersuchung des Bestands und eventueller Schäden, was anhand von Beispielen demonstriert wird. Ein weiterer Beitrag beschäftigt sich mit dem Einsatz von Spiralankern bei gerissem Mauerwerk. Hierfür muss sich der Planer zwar an den aktuellen Normen orientieren, sie können aber nur bedingt verwendet werden. Für die Bestimmung der Verbundfestigkeit zwischen Spiralanker und Ankermörtel wurde an der HTWK Leipzig ein spezifisches Prüfverfahren entwickelt, welches für die zwei geprüften Mörtelarten reale Festigkeitswerte für die Berechnung liefert. Der letzte Artikel dieser Abteilung beschreibt Maßnahmen zur erdbebengerechten Sanierung von Bauwerken in der Zitadelle von Bam/Iran, die bis zu ihrer fast vollständigen Zerstörung durch ein schweres Erdbeben am 26. Dezember 2003 der größte Lehm-baukomplex der Welt war.

- Das Kapitel *Bemessung* widmet sich dem Tragverhalten bauphysikalisch optimierter Anschlussdetails einschaliger Wandkonstruktionen. Um die stetig steigenden energetischen Anforderungen an Neubauten zu erfüllen, bedarf es der Entwicklung entsprechender zukunftsfähiger Komponenten, die z. T. über bisher gesetzte Grenzen hinausgehen. Diesem Thema ist ein Beitrag aus einem umfangreichen Forschungsprojekt mit dem Titel „Future building“ gewidmet, das von der österreichischen Forschungsgemeinschaft und dem Land Niederösterreich gefördert worden ist. Er trägt den Titel „Entwicklung eines passivhaustauglichen monolithischen Ziegelsystems“ und zeigt eine Entwicklung auf, der sich mit Sicherheit auch Deutschland in den nächsten Jahren stellen muss.

- Die Rubrik *Bauphysik · Brandschutz* fällt aufgrund der besonderen Bedeutung des Themas bei der Sanierung diesmal besonders umfangreich aus. Gegenstand intensiver Diskussionen ist seit einigen Jahren die Elbphilharmonie Hamburg. Abseits der politischen und finanziellen Kontroversen stellen die Autoren hier die durchgeführten bauphysikalischen Untersuchungen am

Bestandsmauerwerk des Kaispeichers A vor. Den wichtigen Feuchteschutz von Mauerwerk hat ein weiterer Beitrag zum Inhalt. Mit den traditionellen Beurteilungsmethoden ist es nicht möglich, das instationäre Temperatur- und Feuchteverhalten von mehrschichtigen Bauteilen realitätsnah zu erfassen. Im Gegensatz dazu berücksichtigen moderne Simulationsverfahren zusätzliche klimatische Randbedingungen und stellen vor allem für den Mauerwerksbau ein wertvolles Werkzeug zur Beurteilung und ggf. Verbesserung der Feuchte-situation dar. Der Brandfall bei Mauerwerk ist Thema gleich zweier Beiträge – zuerst werden historische Mauerwerkskonstruktionen und deren brandschutztechnische Beurteilung betrachtet, danach folgen aktuelle Erläuterungen zum Nationalen Anhang zu Eurocode 6, Teil 1-2, der in Kürze veröffentlicht wird. Der letzte Aufsatz in dieser Rubrik befasst sich mit den Veränderungen im Bauen, die durch die Energiewende ausgelöst worden sind. Er beweist, dass Mauerwerkskonstruktionen auch den künftigen Anforderungen durchaus gewachsen sind und im Wettbewerb mit den anderen Bauweisen bestehen können. Anschaulich gezeigt wird das durch die ausführliche Darstellung eines Projektes für ein Effizienzhaus Plus aus Mauerwerk.

- Im Bereich *Normen · Zulassungen · Regelwerk* stehen die tabellarischen Übersichten zu den geltenden technischen Regeln für den Mauerwerksbau sowie das aktuelle Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zur Verfügung, welches nach dem Einsatzgebiet der jeweiligen Produkte gegliedert ist. Dem Ver-

zeichnis folgt eine Liste, geordnet nach Zulassungsnummern und mit Verweisen auf die entsprechenden Seiten dieses Beitrags sowie auf die des Beitrags A II „Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung“ aus dem Kapitel *Baustoffe · Bauprodukte*.

- Das Kapitel *Forschung* bringt nach dem jährlichen Überblick über die aktuelle Forschungssituation im Mauerwerksbau einen ausführlichen Beitrag zur Biegezugfestigkeit von Mauerwerk, der den neuesten Stand zu diesem Thema repräsentiert.

Praxisorientierte Beiträge wechseln sich mit wissenschaftlicheren Abhandlungen im Mauerwerk-Kalender ab. Letztere stellen die Ergebnisse oft jahrelanger Forschungsarbeit vor, die immer das Ziel hat, das Verhalten von Mauerwerk besser verstehen und beschreiben zu können und damit die Ausführung von Bauwerken in Mauerwerk sicher und noch wirtschaftlicher zu gestalten. Der „Mauerwerk-Kalender“ versucht auch in diesem Jahr, diese Erkenntnisse für Wissenschaft und Praxis festzuschreiben und zu verbreiten.

Der Herausgeber dankt allen an diesem 38. Jahrgang des Mauerwerk-Kalenders Beteiligten für ihre unermüdete Mitwirkung. Möge das Werk regen Anklang bei Ihnen finden und viele Fragen beantworten.

Wolfram Jäger  
Dresden, im Januar 2013  
ji@jaeger-ingenieure.de

## Inhaltsübersicht

### A Baustoffe · Bauprodukte

- I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen 3  
Wolfgang Brameshuber, Aachen
- II Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) 35  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin
- III Instandsetzung verwitterter Natursteinoberflächen an historischen Bauwerken 63  
Heiner Siedel, Dresden
- IV Mineralische Mörtel und Putze zur Sanierung historischer Mauerwerksbauten 107  
Petra Egloffstein, Mainz

### B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung

- I Mauerwerksbrücken – Untersuchen und Ertüchtigen 137  
Wilhelm Wilmers, Wetzlar mit Beiträgen von Ingo Schultz, Wetzlar zur Statik ausgeführter Beispiele
- II Instandsetzung von gerissenem Mauerwerk mit Spiralankern 191  
Thomas Jahn, Leipzig und Heinz Meichsner, Altenbach
- III Untersuchungen zur Erhöhung der Schubfestigkeit und der Erdbebensicherheit von Lehmmauerwerk 213  
Jörg Braun, Dresden

### C Bemessung

- I Analyse des Tragverhaltens von bauphysikalisch optimierten Anschlussdetails einschaliger Wandkonstruktionen – Entwicklung eines passivhaustauglichen monolithischen Ziegelsystems für Österreich 261  
Wolfram Jäger und Stephan Reichel, Dresden; Renate Hammer, Krems

### D Bauphysik · Brandschutz

- I Elbphilharmonie Hamburg: Statisch-konstruktive und bauphysikalische Untersuchungen am Bestandsmauerwerk des Kaispeichers A 299  
Toralf Burkert, Weimar und Rudolf Plagge, Dresden
- II Feuchteschutz von Mauerwerk durch hygrothermische Simulation 363  
Hartwig M. Künzel, Holzkirchen
- III Brandschutztechnische Beurteilung historischer Mauerwerkskonstruktionen 393  
Gerd Geburtig, Weimar
- IV Tragwerksbemessung für den Brandfall nach Eurocode 6 – Erläuterungen zum Nationalen Anhang zu DIN EN 1996-1-2 413  
Christiane Hahn, Hamburg/Braunschweig

#### *Aus rechtlichen Gründen in dieser Ausgabe nicht enthalten*

- V Zukunftssicher bauen – Wie die Energiewende das Bauen verändert 447  
Hans-Dieter Hegner, Berlin und Torsten Schoch, Kloster Lehnin

**E Normen · Zulassungen · Regelwerk**

- I Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 30.9.2012) 479  
Immo Feine, Berlin
- II Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.8.2012) 495  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin

**F Forschung**

- I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 617  
Anke Eis und Sebastian Ortlepp, Dresden
- II Experimentelle und numerische Untersuchungen zur Biegezugfestigkeit von Mauerwerk 655  
Ulf Schmidt, Neuwied und Wolfgang Brameshuber, Aachen

**Stichwortverzeichnis 689**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	III
Autoren .....	XIX
Beiträge früherer Jahrgänge .....	XXI
<b>A Baustoffe · Bauprodukte</b>	
<b>I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen</b> .....	<b>3</b>
Wolfgang Brameshuber, Aachen	
1 Allgemeines .....	3
2 Eigenschaftskennwerte von Mauersteinen ..	3
2.1 Festigkeitseigenschaften .....	3
2.1.1 Längsdruckfestigkeit .....	3
2.1.2 Zugfestigkeiten .....	3
2.2 Verformungseigenschaften .....	5
2.2.1 Elastizitätsmodul senkrecht zur Lagerfuge unter Druckbeanspruchung .....	5
2.2.2 Elastizitätsmodul in Steinlängsrichtung unter Zugbeanspruchung .....	6
2.2.3 Spannungs-Dehnungs-Linie .....	6
2.2.4 Querdehnungsmodul .....	6
2.3 Dehnung aus Schwinden und Quellen, thermische Ausdehnungskoeffizienten .....	7
3 Eigenschaftswerte von Mauermörteln .....	7
3.1 Allgemeines .....	7
3.2 Festigkeitseigenschaften .....	7
3.2.1 Zugfestigkeit $\beta_Z$ .....	7
3.2.2 Scherfestigkeit $\beta_S$ .....	7
3.3 Verformungseigenschaften .....	7
3.3.1 E-Modul (Längsdehnungsmodul) E .....	7
3.3.2 Querdehnungsmodul $E_q$ .....	7
3.3.3 Feuchtedehnung (Schwinden $\epsilon_s$ ) .....	8
3.3.4 Kriechen (Kriechzahl $\varphi$ ) .....	9
4 Verbundeigenschaften zwischen Stein und Mörtel .....	9
4.1 Allgemeines .....	9
4.2 Haftscherfestigkeit .....	9
4.3 Haftzugfestigkeit .....	12
5 Eigenschaftswerte von Mauerwerk .....	13
5.1 Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen .....	13
5.2 Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen	20
5.3 Zugfestigkeit und -tragfähigkeit .....	20
5.4 Biegezugfestigkeit und -tragfähigkeit .....	20
5.5 Verformungseigenschaften .....	24
5.5.1 Allgemeines .....	24
5.5.2 Druckbeanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen .....	24
5.5.2.1 Druck-E-Modul $E_D$ .....	24
5.5.2.2 Querdehnungszahl $\mu_D$ und Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D}$ .....	26
5.5.2.3 Völligkeitsgrad $\alpha_0$ .....	26
5.5.3 Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen .....	26
5.5.3.1 Druck-E-Modul $E_{D,p}$ .....	26
5.5.3.2 Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D,p}$ .....	26
5.5.4 Zug-E-Modul $E_Z$ (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen) .....	27
5.5.5 Feuchtedehnung $\epsilon_f$ , (Schwinden $\epsilon_s$ , irreversibles Quellen $\epsilon_q$ ), Kriechen (Kriechzahl $\varphi$ ), Wärmedehnungs- koeffizient $\alpha_T$ .....	27
6 Feuchtigkeitstechnische Kennwerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk .....	28
6.1 Kapillare Wasseraufnahme .....	28
6.2 Wasserdampfdurchlässigkeit .....	29
7 Natursteine, Natursteinmauerwerk .....	29
8 Eigenschaftswerte von Putzen (Außenputz)	29
8.1 Allgemeines .....	29
8.2 Festigkeitseigenschaften .....	31
8.2.1 Druckfestigkeit $\beta_D$ .....	31
8.2.1 Zugfestigkeit $\beta_Z$ .....	31
8.3 Verformungseigenschaften .....	31
8.3.1 Zug-E-Modul $E_Z$ , dynamischer E-Modul dyn E .....	31
8.3.2 Zugbruchdehnung $\epsilon_{Z,u}$ .....	31
8.3.3 Zugrelaxation $\psi$ .....	31
8.3.4 Schwinden $\epsilon_s$ , Quellen $\epsilon_q$ .....	31
8.4 Eigenschaftszusammenhänge .....	31
9 Literatur .....	32

<b>II</b>	<b>Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)</b> . . . . .	35			
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				
	Vorbemerkungen . . . . .	35	7	Trockenmauerwerk . . . . .	49
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	36	8	Mauerwerk mit PU-Kleber . . . . .	49
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel . . . . .	36	9	Bewehrtes Mauerwerk . . . . .	57
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel . . . . .	49	10	Ergänzungsbauteile . . . . .	58
4	Vorgefertigte Wandtafeln . . . . .	49	11	Literatur . . . . .	61
5	Geschosshohe Wandtafeln . . . . .	49	12	Bildnachweis . . . . .	62
6	Schalungsstein-Bauarten . . . . .	49			
<b>III</b>	<b>Instandsetzung verwitterter Natursteinoberflächen an historischen Bauwerken</b> . . . . .	63			
	Heiner Siedel, Dresden				
1	Einführung . . . . .	63	5.1	Allgemeines . . . . .	87
2	Strategien zur Erhaltung historischer Originaloberflächen . . . . .	64	5.2	Reinigungsverfahren . . . . .	88
2.1	Denkmalpflegerische Strategien und Begriffe . . . . .	64	5.2.1	Mechanische Verfahren . . . . .	88
2.2	Praktische Vorgehensweise . . . . .	66	5.2.2	Chemische Verfahren . . . . .	90
3	Natursteinverwitterung und Verwitterungsbilder . . . . .	68	5.2.3	Laserstrahlreinigung . . . . .	90
3.1	Allgemeines . . . . .	68	5.3	Bewertung der Reinigungsergebnisse . . . . .	91
3.2	Physikalische Verwitterung . . . . .	69	6	Entsalzung . . . . .	92
3.2.1	Thermische Beanspruchung . . . . .	69	6.1	Allgemeines . . . . .	92
3.2.2	Frost-Tau-Wechsel . . . . .	71	6.2	Kompressenentsalzungen . . . . .	92
3.2.3	Feuchtwechsel und hydrische/hygrische Dehnung . . . . .	73	6.3	Entsalzung im Wasserbad . . . . .	94
3.2.4	Salzspregung und hygroskopische Salze . . . . .	74	6.4	Elektrokinetische Verfahren . . . . .	94
3.3	Chemische Verwitterung . . . . .	76	6.5	Weitere Methoden und Erfolgskontrolle . . . . .	95
3.3.1	Lösung und Umwandlung von Karbonaten . . . . .	77	7	Steinfestigung . . . . .	95
3.3.2	Oxidationsverwitterung . . . . .	78	7.1	Allgemeines . . . . .	95
3.3.3	Mineralumwandlung . . . . .	78	7.2	Vorzustand und Ziel der Festigung, Voruntersuchungen . . . . .	96
3.4	Biologische Verwitterung . . . . .	79	7.3	Wirkstoffsysteme und Applikation . . . . .	97
3.5	Verwitterungsbilder . . . . .	80	7.4	Bewertungskriterien . . . . .	97
4	Naturwissenschaftliche Vor- und Begleituntersuchungen . . . . .	81	8	Steinergänzung . . . . .	98
4.1	Allgemeines . . . . .	81	8.1	Steinergänzung in Naturstein . . . . .	98
4.2	Dokumentation der Schäden/Kartierung . . . . .	82	8.2	Steinergänzung mit Steinergänzungsmörteln . . . . .	99
4.3	Untersuchungen zur Salzbelastung . . . . .	83	9	Hydrophobierung . . . . .	100
4.4	Messung der Wasseraufnahme mit dem Karsten-Prüfröhrchen . . . . .	84	9.1	Allgemeines . . . . .	100
4.5	Messung des Bohrwiderstandes . . . . .	85	9.2	Ziel der Hydrophobierung, Wirkstoffsysteme und Applikation . . . . .	100
4.6	Messung der Ringbiegezugfestigkeit . . . . .	86	9.3	Bewertungskriterien . . . . .	101
4.7	Weitere Messungen . . . . .	86	9.4	Dauerhaftigkeit und Risiken . . . . .	101
5	Steinreinigung . . . . .	87	10	Fazit . . . . .	102
			11	Literatur . . . . .	102

<b>IV</b>	<b>Mineralische Mörtel und Putze zur Sanierung historischer Mauerwerksbauten</b> .....	107		
	Petra Egloffstein, Mainz			
1	Einleitung .....	107	5.3	Maschinelle Verarbeitung .....
2	Mörtel und Putze .....	107	5.3.1	Nassspritz- und Kartuschenverfahren ....
2.1	Historischer Überblick über die Binde- mittelentwicklung .....	107	5.3.2	Trockenspritzverfahren .....
2.2	Geologischer Überblick der Rohstoffe für die Bindemittel .....	108	5.4	Nachbehandlung .....
2.3	Bindemittel heute .....	108	6	Auswahl geeigneter Reparaturmaterialien anhand von beispielhaften Objekten ....
2.3.1	Gips .....	108	6.1	Gipsgebundene Mörtel .....
2.3.2	Kalk .....	108	6.2	Kalkgebundene Mörtel .....
2.4	Zement .....	110	6.2.1	Mörtel mit Luftkalken als Bindemittel ...
2.5	Gesteinskörnungen .....	112	6.2.1.1	Sumpfkalk- und Luftkalkputz .....
3	Untersuchungen historischer Mauerwerks- bauten .....	112	6.2.1.2	Dolomitmalkputz .....
3.1	Gesteinsmaterial .....	112	6.2.2	Mörtel mit natürlichen hydraulischen Kalken als Bindemittel .....
3.2	Mörteluntersuchungen .....	113	6.2.2.1	Fugenmörtel und Schlämme .....
3.3	Salzuntersuchungen .....	115	6.2.2.2	Kartuschenmörtel .....
3.4	Feuchttechnische Untersuchungen ....	115	6.2.2.3	Trocken gespritzte Mörtel .....
4	Mörtel und Putze .....	116	6.2.3	Mörtel mit hydraulischen Kalken als Bindemittel .....
4.1	Mörtel .....	116	6.2.3.1	Mauerkronenmörtel .....
4.1.1	Mauer- und Fugenmörtel .....	116	6.2.3.2	Putzmörtel .....
4.1.2	Injektionsmörtel, Verpressmörtel und Verfüllmörtel .....	117	6.3	Zementgebundene Mörtel .....
4.2	Putze .....	117	6.3.1	Sanierputze und Feuchteregulierungs- putze .....
5	Applikation von Mörtel und Putzen ....	118	6.3.2	Injektions- und Verpressmörtel .....
5.1	Vorbehandlung des Untergrundes .....	118	7	Zusammenfassung .....
5.2	Manuelle Verarbeitung .....	118	8	Literatur .....
<b>B</b>	<b>Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung</b>			
<b>I</b>	<b>Mauerwerksbrücken – Untersuchen und Ertüchtigen</b> .....	137		
	Wilhelm Wilmers, Wetzlar mit Beiträgen von Ingo Schultz, Wetzlar zur Statik ausgeführter Beispiele			
1	Einleitung .....	137	3.4.1.2	Anwendung .....
2	Vorgehen bei der Brückenprüfung .....	138	3.4.2	Hydrophobierung .....
2.1	Grundlagen .....	138	3.5	Fugenmörtel .....
2.1.1	Visuelle Bemusterung .....	138	3.5.1	Grundlagen .....
2.1.2	Bohrprogramm .....	138	3.5.2	Ausführung .....
2.1.3	Bohrlochspiegel .....	139	3.5.3	Spritzmörtel zur Fugenfüllung .....
2.1.4	Verfüllen der Bohrlöcher .....	140	3.6	Füllung des Mauerwerks durch Injektionen .....
2.2	Untersuchung am Bohrkern .....	140	3.6.1	Grundlagen .....
2.3	Zerstörungsfreie Prüfverfahren .....	140	3.6.2	Ausführung .....
2.4	Untersuchung von Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul .....	140	3.6.3	Injektionssuspension .....
2.4.1	Untersuchungsmethode .....	140	4	Vorhandene Konstruktion der Brücken ..
2.4.2	Untersuchungsergebnisse .....	141	4.1	Gründung .....
3	Mauerwerk und seine Ertüchtigung ....	142	4.1.1	Konstruktionsprinzip .....
3.1	Grundsätzliches .....	142	4.1.2	Typische Schäden Unterspülung/ Ausspülung .....
3.2	Reinigen des Mauerwerks .....	142	4.1.3	Untersuchung .....
3.3	Steinersatz .....	142	4.1.3.1	Gründung .....
3.4	Steinfestiger und Hydrophobierung ....	142	4.1.3.2	Fundamentmauerwerk .....
3.4.1	Steinfestiger .....	142	4.1.4	Ertüchtigung der Gründung .....
3.4.1.1	Grundlagen .....	142		

4.1.4.1	Erhöhung der Tragfähigkeit der Gründung	146	4.12.1	Konstruktion	157
4.1.4.2	Kolksicherung durch Umspundung	147	4.12.2	Untersuchung	157
4.1.4.3	Kolksicherung durch Betonkragen/Beton- schürze	147	4.12.3	Schadensbehebung	157
4.1.4.4	Kolkschutz durch Sohlsicherung	147	4.13	Pflanzenwuchs	157
4.1.4.5	Stabilisierung des Fundamentmauerwerks bei einer Sohlsicherung	148	5	Ausgeführte Beispiele	157
4.2	Aufgehendes Mauerwerk in Widerlagern und Pfeilern	148	5.1	Elbbachbrücke Niederhadamar – St. Wendelinsbrücke	157
4.2.1	Konstruktion	148	5.1.1	Überblick	157
4.2.2	Typische Schäden	148	5.1.2	Geometrie und Ansicht	158
4.2.3	Untersuchungsmethoden	149	5.1.3	Mauerwerk	158
4.3	Stirnring und Stirnmauer	149	5.1.4	Gründung und Fundamente	158
4.3.1	Konstruktion	149	5.1.5	Zustand vor der Ertüchtigung	159
4.3.2	Typische Schäden	150	5.1.5.1	Widerlager	159
4.3.3	Untersuchung	150	5.1.5.2	Pfeiler	159
4.3.4	Sicherung	150	5.1.5.3	Stirnringe und Bogen	160
4.4	Gewölbe	150	5.1.5.4	Stirnmauern und Brüstung	160
4.4.1	Konstruktion	150	5.1.5.5	Brückenauffüllung	161
4.4.2	Bogenunterseite	151	5.1.6	Ertüchtigung	161
4.4.2.1	Untersuchung	151	5.1.6.1	Mauerwerk	161
4.4.2.2	Sicherung	151	5.1.6.2	Tragsystem	161
4.4.3	Bogenoberseite	151	5.1.6.3	Kolksicherung	162
4.4.3.1	Konstruktion	151	5.1.6.4	Abdichtung und Fahrbahn	162
4.4.3.2	Typische Schäden	151	5.1.6.5	Beobachtungen	162
4.4.3.3	Untersuchung	152	5.1.7	Zustand März 2012	163
4.4.3.4	Schadensbehebung	152	5.1.8	Folgerungen	163
4.5	Flügelmauern	152	5.2	Lahnbrücke Runkel	163
4.5.1	Konstruktion	152	5.2.1	Überblick	163
4.5.2	Typische Schäden	152	5.2.2	Geometrie und Ansicht	164
4.5.3	Untersuchung	152	5.2.3	Mauerwerk	166
4.5.4	Sicherung	152	5.2.4	Gründung	166
4.6	Brüstungen	152	5.2.5	Zustand vor der Ertüchtigung	167
4.6.1	Konstruktion	152	5.2.5.1	Widerlager und Pfeiler	167
4.6.2	Typische Schäden	152	5.2.5.2	Stirnmauern und Brüstungen	167
4.6.3	Untersuchung	153	5.2.5.3	Bögen	167
4.6.4	Sicherung	153	5.2.5.4	Auffüllung und Fahrbahnaufbau	167
4.7	Geländer	153	5.2.6	Laboruntersuchungen	167
4.7.1	Konstruktion	153	5.2.7	Ertüchtigung	168
4.7.2	Typische Schäden	153	5.2.8	Zustand der Brücke im März 2012	169
4.7.3	Untersuchung	154	5.2.9	Statik	170
4.7.4	Schadensbehebung	154	5.3	Lahnbrücke Weilburg	171
4.8	Brückenauffüllung und Abdichtung	154	5.3.1	Überblick	171
4.8.1	Konstruktion	154	5.3.2	Geometrie und Ansicht	171
4.8.2	Schadensbilder	154	5.3.3	Mauerwerk	171
4.8.3	Untersuchung	154	5.3.4	Gründung	173
4.8.4	Schadensbehebung	154	5.3.5	Zustand vor der Ertüchtigung	173
4.9	Abdichtung	155	5.3.5.1	Baustoffkennwerte	173
4.9.1	Brücke mit aufgelegter auskragender Betonplatte	155	5.3.5.2	Gründung, Widerlager und Pfeiler	173
4.9.2	Brücke mit Brüstungen	156	5.3.5.3	Stirnmauern und Brüstungen	174
4.9.3	Fahrbahnaufbau auf der Abdichtung	156	5.3.5.4	Bögen	174
4.10	Verstärkungsgewölbe	156	5.3.5.5	Fahrbahnaufbau	175
4.11	Fahrbahn und Gehweg	156	5.3.6	Ertüchtigung	175
4.11.1	Konstruktionen	156	5.3.7	Zustand im April 2012	175
4.11.2	Typische Schäden	156	5.3.8	Statik	175
4.11.3	Untersuchung	157	5.4	Die Dillbrücke Aßlar – Klein-Alten- städten	176
4.11.4	Schadensbehebung	157	5.4.1	Einführung	176
4.12	Erdkörper im Anschluss an die Brücke	157	5.4.2	Untersuchung vor der Ertüchtigung	176
			5.4.2.1	Beschreibung der Ansicht	176

5.4.2.2	Innerer Aufbau und Zustand	177	5.5.5.4	Bogenunterseite	184
5.4.3	Ausgeführte Arbeiten zur Ertüchtigung	178	5.5.5.5	Stirnmauern	184
5.4.4	Zustand am 25.3.2012	181	5.5.5.6	Brückenauffüllung	184
5.4.5	Statik	181	5.5.5.7	Brückenoberfläche und Fahrbahn	184
5.5	Lahnbrücke Dutenhofen	181	5.5.6	Ertüchtigung	184
5.5.1	Überblick	181	5.5.7	Statik	185
5.5.2	Geometrie und Ansicht	182	5.6	Zusammenfassung	187
5.5.3	Mauerwerk	183	5.6.1	Behandlung von Mauerwerk	187
5.5.4	Gründung	183	5.6.2	Brückenauffüllung	188
5.5.5	Zustand	183	5.6.3	Abdichtung und Fahrbahn	188
5.5.5.1	Widerlager	183	5.6.4	Kolkschutz	188
5.5.5.2	Pfeiler	183	6	Literatur	188
5.5.5.3	Stirnringe	183			
<b>II</b>	<b>Instandsetzung von gerissenem Mauerwerk mit Spiralankern</b>	<b>191</b>			
	Thomas Jahn, Leipzig und Heinz Meichsner, Altenbach				
1	Einführung	191	6.4	Eingangsgrößen für die Berechnung und Berechnungsergebnisse	202
2	Spiralanker als System und ihre Einsatzgebiete	191	6.5	Formeln zur Berechnung der Einleitungslänge $l_{es}$ , der Stahlspannung $\sigma_{Spir,R}$ , der rechnerischen Rissbreite $w_k$ und der Mauerwerksdehnung $\epsilon_M$	203
3	Eigenschaften von Mauerwerksrissen und Auswirkungen auf die Instandsetzung	192	6.6	Zahlenbeispiel	203
4	Funktionsweise der Spiralanker und die Bedeutung des Verbundes zwischen Mauerwerk und Spiralankern	194	6.7	Hinweise zur Abschätzung der Dehnlänge $L$ des Mauerwerks	206
4.1	Wirkprinzip	194	7	Materialeigenschaften	207
4.2	Verbund zwischen Spiralanker und Mauerwerk	195	7.1	Spiralanker	207
4.3	Prüfkörper	196	7.2	Ankermörtel	208
5	Schlitze im Mauerwerk	198	7.3	Mauerwerk	208
5.1	Allgemeines	198	8	Konstruieren mit Spiralankern	209
5.2	Abmessungen der Schlitze	198	8.1	Mindestwanddicke	209
5.2.1	Vertikale Schlitze	198	8.2	Verlegerichtung der Spiralanker in Richtung der Zugkraft	210
5.2.2	Horizontale Schlitze	199	8.3	Spiralanker in einspringenden Ecken	210
6	Bemessung der Spiralanker	199	8.4	Einzel- oder Gruppenrisse	211
6.1	Ausgangsgrößen und Ablauf	199	8.5	Ist eine Mindestbewehrung erforderlich?	212
6.2	Schematisierte Bemessungslastfälle	200	9	Literatur	212
6.3	Bemessungsansatz	200			
<b>III</b>	<b>Untersuchungen zur Erhöhung der Schubfestigkeit und der Erdbbensicherheit von Lehm-mauerwerk</b>	<b>213</b>			
	Jörg Braun, Dresden				
1	Einführung	213	3.3	Faserarmierte Lehmsteine	219
2	Die Zitadelle in Bam und das Erdbeben vom 26. Dezember 2003	213	3.3.1	Ermittlung geeigneter Naturfaserarten für die Armierung	219
3	Erhöhung der Schubfestigkeit von Lehm-mauerwerk	215	3.3.1.1	Herstellung faserarmerter Lehmprüfkörper	220
3.1	Einführung	215	3.3.1.2	Versuchsdurchführung und Ergebnisauswertung	220
3.2	Bruch- und Materialmodelle für Mauerwerk	215	3.3.1.3	Bestimmung der Eigenschaften der Naturfasern	226

3.3.2	Anwendung fasermierter Lehmsteine bei der Sanierung der historischen Zitadelle in Bam .....	230	3.5.2	Ergebnisauswertung Druckfestigkeit ....	240
3.4	Verbesserung der Scher- und Haftzugfestigkeit .....	231	3.6	Übertragung der Versuchsergebnisse auf das Schubbruchmodell von Mann/Müller .....	242
3.4.1	Erhöhung der Scherfestigkeit .....	231	4	Untersuchungen zur Erdbebensicherheit von Lehmmauerwerk .....	243
3.4.1.1	Scherversuche mit variierten Lehmsteinoberflächen .....	232	4.1	Einführung .....	243
3.4.1.2	Scherversuche mit variierten Mörtelzusammensetzungen .....	235	4.2	Erdbebenanalyse .....	244
3.4.2	Erhöhung der Haftzugfestigkeit .....	236	4.3	Zyklische Schubversuche an Wänden aus Lehmmauerwerk .....	244
3.4.2.1	Versuchsdurchführung und Ergebnisauswertung Zugversuche mit variierten Lehmsteinoberflächen .....	236	4.3.1	Versuchsdurchführung .....	244
3.4.2.2	Versuchsdurchführung und Ergebnisauswertung Zugversuche mit variierten Mörtelzusammensetzungen .....	237	4.3.2	Versuchsergebnisse Wand 1 – „traditionelles“ Lehmmauerwerk .....	246
3.4.3	Optimierung der Scher- und Haftzugfestigkeit auf Grundlage der Versuchsergebnisse .....	238	4.3.3	Versuchsergebnisse Wand 2 – „optimiertes“ Lehmmauerwerk .....	247
3.5	Bestimmung der Druckfestigkeit .....	240	4.3.4	Auswertung der Versuchsergebnisse ....	248
3.5.1	Versuchsdurchführung .....	240	4.4	Statische Berechnung .....	251
			5	Zusammenfassung .....	255
			6	Literatur .....	257

**C Bemessung**

<b>I</b>	<b>Analyse des Tragverhaltens von bauphysikalisch optimierten Anschlussdetails einschaliger Wandkonstruktionen – Entwicklung eines passivhaustauglichen monolithischen Ziegelsystems für Österreich .....</b>	<b>261</b>			
	Wolfram Jäger und Stephan Reichel, Dresden; Renate Hammer, Krens				
1	Motivation .....	261	5	Experimentelle Untersuchungen .....	280
2	Konstruktive Erläuterungen .....	262	5.1	Allgemeines .....	280
2.1	Verwendete Materialien .....	262	5.2	Materialversuche .....	280
2.2	System und Geometrie .....	262	5.3	Versuche am Wand-Decken-Knoten ohne Berücksichtigung der Deckenverdrehung .....	282
3	Anschlussdetails .....	263	5.4	Versuche am Wand-Decken-Knoten mit Berücksichtigung der Deckenverdrehung .....	285
3.1	Deckenanschluss .....	263	5.4.1	Versuchsaufbau .....	285
3.1.1	Stand der Technik und Optimierung ....	263	5.4.2	Versuchsdurchführung .....	285
3.1.2	Normative Festlegungen .....	264	5.4.3	Ergebnisse .....	286
3.1.3	Nachweis .....	265	5.4.4	Auswertung .....	287
3.2	Wandüberstand .....	266	5.4.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .	289
3.2.1	Stand der Technik und Optimierung ....	266	5.4.6	Vergleich mit einwirkenden Lasten ....	291
3.2.2	Normative Festlegungen .....	266	5.5	Versuche zum Wandüberstand .....	292
3.2.3	Konstruktion und Bemessung .....	267	5.5.1	Aufbau .....	292
3.2.4	Ausführung .....	268	5.5.2	Ergebnisse .....	293
4	Numerische Untersuchungen .....	268	5.5.3	Auswertung .....	293
4.1	Modellierung .....	269	6	Zusammenfassung .....	293
4.2	Lastannahmen .....	270	7	Fazit und Ausblick .....	294
4.3	Spannungs- und Schnittkraftermittlung ..	271	8	Literatur .....	295
4.4	Vorschlag zur Bestimmung des Abminderungsfaktors am Wandkopf .....	272			
4.5	Ergebnisse .....	274			
4.6	Vorbereitung der experimentellen Untersuchungen .....	277			

## D Bauphysik · Brandschutz

<b>I</b>	<b>Elbphilharmonie Hamburg: Statisch-konstruktive und bauphysikalische Untersuchungen am Bestandsmauerwerk des Kaispeichers A</b> .....	299
	Toralf Burkert, Weimar und Rudolf Plagge, Dresden	
1	Einleitung .....	299
2	Bauwerkserkundungen .....	301
2.1	Bestandsaufnahme .....	302
2.2	Schadensaufnahme .....	303
2.3	Materialuntersuchungen .....	304
2.3.1	Probenahme .....	304
2.3.2	Ermittlung von Materialkennwerten .....	305
2.3.2.1	Druckfestigkeit Ziegel .....	305
2.3.2.2	Druckfestigkeit Mörtel .....	306
2.3.2.3	Frostwiderstand Vormauerziegel .....	307
2.3.2.4	Salzanalyse .....	308
2.3.2.5	Stahlanalyse .....	308
2.3.3	Ergebnisse .....	308
2.3.3.1	Druckfestigkeit und Rohdichte der Ziegelsteine .....	308
2.3.3.2	Frostwiderstand der Vormauerziegel .....	308
2.3.3.3	Druckfestigkeit von Mauer- und Verfügmörtel .....	309
2.3.3.4	Salzanalyse .....	309
2.3.3.5	Stahlanalyse .....	310
2.4	Schadens- und Bauzustandsanalyse der Mauerwerkskonstruktion .....	310
3	Geplante Nutzung des Speichers, Bauablauf und sich daraus ergebende Problemstellungen .....	310
3.1	Entkernung des Speichergebäudes und Anbindung der neuen Decken .....	310
3.2	Zustimmungen im Einzelfall .....	313
3.2.1	Querkraftverankerung mittels Verbunddübel .....	313
3.2.1.1	Beschreibung des Antragsgegenstandes .....	313
3.2.1.2	Experimentelle Untersuchungen .....	313
3.2.2	Ausführung des Verblendmauerwerks – Nachweis der Kopfverzahnung .....	315
3.2.2.1	Beschreibung des Antragsgegenstandes .....	315
3.2.2.2	Nachweise der bestehenden Konstruktion (Kopfverzahnung) .....	316
3.2.2.3	Experimentelle Untersuchungen .....	316
3.3	Nachverdübelung der zweischaligen Mauerwerksbereiche .....	319
3.4	Abschätzung der Verformungsbegrenzung des Abfangträgers an der Ostfassade .....	321
3.4.1	Berechnungsannahmen .....	322
3.4.2	Berechnungsergebnisse .....	323
3.4.3	Schlussfolgerungen aus den Berechnungsergebnissen .....	327
3.4.4	Umsetzung der Präventivmaßnahmen am Bau .....	329
3.5	Verankerung der Ziegel-Vorhangschale im neu errichteten 7. OG .....	329
3.5.1	Auflagerkonsole .....	329
3.5.2	Verankerung der Vormauerschale .....	331
3.5.3	Fenster .....	333
3.5.4	Dehnfugen .....	334
3.5.5	Lagerfugenbewehrung der Vormauerschale .....	334
3.5.6	Auflagerkonsole für das Ziegelfertigteil der Attika .....	336
4	Bauphysikalisches Konzept .....	337
4.1	Beurteilung des Bestandsmauerwerks .....	337
4.1.1	Feuchtezustand der Konstruktion .....	338
4.1.2	Feuchtegehalt der Mauerwerkswände .....	338
4.1.3	Adaptive hydrophobe Imprägnierung .....	338
4.1.3.1	Untersuchung von Bestandsziegeln des Kaispeichers .....	338
4.1.3.2	Ergebnisse der Ziegeluntersuchungen .....	339
4.1.4	Beurteilung zur Wahl eines Innendämmsystems im Hinblick auf die Austrocknung des Mauerwerkes .....	340
4.1.4.1	Vergleichende Betrachtung zu unterschiedlichen Innendämmsystemen .....	341
4.1.4.2	Simulationsergebnisse .....	341
4.1.5	Zusammenfassende Bemerkungen zu den bauphysikalischen Untersuchungen .....	342
4.2	Stochastische hygrothermische Simulation zur Absicherung der gewählten Konstruktionsvariante .....	342
4.2.1	Beschreibung der unterschiedlichen Varianten des Wandaufbaus .....	343
4.2.2	Beschreibung der stochastischen Prozesse .....	344
4.2.2.1	Allgemeines .....	344
4.2.2.2	Verwendete Zufallsvariablen .....	344
4.2.3	Evaluationskriterien .....	346
4.2.3.1	Hygrothermisches Verhalten der Konstruktion .....	346
4.2.3.2	Hygrothermisches Modell zur Vorhersage von Schimmelwachstum .....	346
4.2.3.3	Hygrothermische Belastungskennzahlen .....	347
4.2.4	Ergebnisse der stochastischen Simulation .....	348
4.2.4.1	Saniertes Wandaufbau mit Calciumsilikat-Innendämmung .....	348
4.2.4.2	Saniertes Wandaufbau mit Calciumsilikat-Innendämmung und adaptiver hydrophober Imprägnierung mit Fungosil <i>Elbphilharmonie</i> .....	353
4.2.4.3	Vergleich der hygrothermischen Performance einer sanierten, innen gedämmten Wand mit Calciumsilikat ohne Schlagregenschutz und mit adaptiver hydrophober Imprägnierung (Fungosil <i>Elbphilharmonie</i> ) .....	357

4.2.5	Schlussfolgerungen aus den stochastisch-hygrothermischen Simulationsrechnungen	358	6	Literatur	359
5	Zusammenfassung	359	7	Bildnachweis	361
<b>II</b>	<b>Feuchteschutz von Mauerwerk durch hygrothermische Simulation</b>				<b>363</b>
	Hartwig M. Künzel, Holzkirchen				
1	Einleitung	363	4	Grundlagen des instationären Wärme- und Feuchtetransports	372
2	Auswirkungen von Feuchte in Baukonstruktionen	363	4.1	Wärmespeicherung	372
2.1	Feuchtebedingte Erhöhung des Heizenergieverbrauchs	363	4.2	Wärmeleitung	373
2.2	Schäden durch physikalische Prozesse, z. B. Frost-Tau-Wechsel, Salzkristallisation	364	4.3	Wärmetransport durch Enthalpieströme mit Phasenänderung	375
2.3	Schäden durch chemische Reaktionen, z. B. Korrosion	365	4.4	Feuchtespeicherung	375
2.4	Schäden in Form von mikrobiellem Wachstum auf Baustoffen	366	4.5	Feuchtetransportphänomene	376
2.5	Alterung oder Entfestigung durch Feuchte- wechsel- (Quell- und Schwindvorgänge) sowie Temperaturwechselbeanspruchung	366	4.6	Gekoppelte Transportgleichungen	381
3	Instationäre Feuchte- und Temperaturbeanspruchung von Außenwänden	367	4.7	Durchführung einer hygrothermischen Simulation	381
3.1	Schlagregen	369	4.8	Anwendungs- und Validierungsbeispiel	382
3.2	Tauwasser von außen	370	5	Normen und Richtlinien zur rechnerischen Feuchteschutzbeurteilung	385
3.3	Einbaufeuchte	371	5.1	Dampfdiffusionsberechnung nach <i>Glaser</i>	385
			5.2	Hygrothermische Simulation	387
			5.3	Vergleich der Ergebnisse von Glaser-Berechnung und hygrothermischer Simulation	389
			6	Fazit	390
			7	Literatur	390
<b>III</b>	<b>Brandschutztechnische Beurteilung historischer Mauerwerkskonstruktionen</b>				<b>393</b>
	Gerd Geburtig, Weimar				
1	Einleitung	393	3.6	Durchdringungen und Öffnungsabschlüsse in Mauerwerkswänden	404
2	Brand- und Bestandsschutz	393	3.7	Gegenwärtige Nachweismöglichkeiten	404
2.1	Auslegungen des Bestandsschutzes	393	4	Geeignete Nachrüstungsmaßnahmen	405
2.2	Ganzheitliche brandschutztechnische Bestandsaufnahme	394	4.1	Rahmenbedingungen für Nachrüstungen	405
2.2.1	Rettungswege	394	4.2	Verbesserungen durch Putzbeschichtungen	405
2.2.2	Baulicher Bestand	394	4.3	Herstellen des Raumabschlusses	406
2.2.3	Brandschutztechnische Anlagentechnik	395	4.4	Erforderliche Dokumentation von Nachrüstungsmaßnahmen	408
2.2.4	Betrieblich-organisatorische Regelungen	395	5	Brandschutzkonzepte für Bestandsgebäude	408
3	Beurteilung bestehender Konstruktionen aus Mauerwerk	395	5.1	Grundlagen	408
3.1	Grundsätzliches	395	5.2	Einbeziehen der vorgenommenen Bestandsanalyse	409
3.2	Beurteilung historischer Konstruktionen anhand bauzeitlicher Regeln und Normen	395	5.3	Umgang mit Abweichungen und Erleichterungen	409
3.3	Wände, Pfeiler und Stützen	398	6	Literatur	411
3.3.1	Allgemeines	398			
3.3.2	Wände	398			
3.3.3	Pfeiler und Stützen	400			
3.4	Decken	403			
3.5	Treppen	403			

<b>IV</b>	<b>Tragwerksbemessung für den Brandfall nach Eurocode 6 – Erläuterungen zum Nationalen Anhang zu DIN EN 1996-1-2</b> .....	413		
	Christiane Hahn, Hamburg/Braunschweig			
1	Einleitung .....	413	5.2	Bemessungsverfahren .....
2	Wesentliche Merkmale zum Brandverhalten von Mauerwerk .....	414	5.3	Brandschutznachweise in Abhängigkeit von der Steinart .....
3	Brandprüfungen national nach DIN 4102-2 bzw. -3 sowie europäisch nach DIN EN 1365-1 bzw. DIN EN 1364-1 ...	414	5.3.1	Grundlagen .....
3.1	Grundlagen .....	414	5.3.2	Ziegelmauerwerk nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401 .....
3.2	Nichttragende Mauerwerkswände .....	415	5.3.3	Kalksandsteinmauerwerk nach DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN 20000-402 .....
3.3	Tragende Mauerwerkswände .....	415	5.3.4	Leichtbetonmauerwerk nach DIN EN 771-3 in Verbindung mit DIN 20000-403 .....
4	Gegenüberstellung der nationalen und europäischen Bemessungsgrundlagen im Brandfall .....	416	5.3.5	Porenbetonmauerwerk nach DIN EN 771-4 in Verbindung mit DIN 20000-404 .....
4.1	DIN 4102-4 und DIN 4102-4/A1 sowie DIN 4102-22 .....	416	5.4	Rechenverfahren – Ingenieurmethoden ..
4.2	DIN EN 1996-1-2 .....	416	5.5	Konstruktionsdetails .....
4.3	Zusammenfassung .....	416	6	Schlussfolgerungen, weiteres Vorgehen und Ausblick .....
5	Tragwerksbemessung im Brandfall nach DIN EN 1996-1-2 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1996-1-2/NA	416	7	Literatur .....
5.1	Grundlagen .....	416		
<b>V</b>	<b>Zukunftssicher bauen – Wie die Energiewende das Bauen verändert</b> .....	447		
	Hans-Dieter Hegner, Berlin und Torsten Schoch, Kloster Lehnin			
1	Politische Zielsetzungen, Rahmenbedingungen .....	447	7	Förderprogramm für Effizienzhäuser Plus
2	Neue Anforderungen an das energiesparende Bauen durch die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden ..	448	8	Übertragung des Standards Effizienzhaus Plus auf Massivbauten: M1-Haus der Firmen Xella und Elbehaus .....
3	Die EnEV 2012/2013, Fördermittel .....	449	9	Optimierung im Detail: Wärmebrücken ..
4	Forschungsinitiative Zukunft Bau .....	449	10	Welche TGA-Anlage passt zum Haus? ..
5	Entwicklung der Effizienzhaus-Marke ..	450	11	Wie nachhaltig ist ein massives Haus? ..
6	Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität des BMVBS in Berlin .....	452	12	Fazit .....
			13	Literatur .....
<b>E</b>	<b>Normen · Zulassungen · Regelwerk</b>			
<b>I</b>	<b>Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 30.9.2012)</b> .....	479		
	Immo Feine, Berlin			
1	Vorbemerkung .....	479	2.2	Tragwerksbemessung für allgemeine Lastfälle (Kaltbemessung) .....
2	Erläuterungen zur Anwendung des Eurocodes 6: „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“ vor der Bekanntmachung als Technische Baubestimmung .	480	2.3	Tragwerksbemessung für den Brandfall ..
2.1	Allgemeines .....	480	2.4	Endgültige bauaufsichtliche Einführung des Eurocodes 6 .....
			3	Regelwerk .....

<b>II</b>	<b>Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.8.2012)</b> .....	495
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin	
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel .....	496
1.1	Mauersteine üblichen Formates .....	496
1.1.1	Mauerziegel .....	496
1.1.2	Ziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	506
1.1.3	Verfüllziegel .....	507
1.1.4	Kalksandsteine .....	508
1.1.5	Betonsteine .....	509
1.1.5.1	Vollsteine und Vollblöcke .....	509
1.1.5.2	Hohlblocksteine .....	514
1.1.5.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung .....	515
1.1.6	Sonstige Mauersteine .....	515
1.2	Mauersteine größeren Formates .....	516
1.2.1	Mauerziegel .....	516
1.2.2	Betonsteine .....	516
1.3	Mauermörtel .....	517
1.3.1	Leichtmörtel .....	517
1.3.2	Sonstige Mörtel .....	517
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel .....	517
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	517
2.1.1	Planziegel .....	517
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	536
2.1.3	Planverfüllziegel .....	544
2.1.4	Kalksand-Plansteine .....	547
2.1.5	Porenbeton-Plansteine .....	550
2.1.6	Beton-Plansteine .....	553
2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke .....	553
2.1.6.2	Planhohlblocksteine .....	561
2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung .....	565
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	573
2.2.1	Planziegel-Elemente .....	573
2.2.2	Kalksand-Planelemente .....	574
2.2.3	Porenbeton-Planelemente .....	580
2.2.4	Beton-Planelemente .....	581
2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgeschosshoher Ausführung .....	583
2.4	Weitere Dünnbettmörtel .....	584
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel .....	585
4	Vorgefertigte Wandtafeln .....	587
4.1	Geschosshohe Mauertafeln .....	587
4.2	drittel- oder halbgeschosshohe Mauertafeln .....	589
4.3	Verguss- und Verbundtafeln .....	590
5	Geschosshohe Wandtafeln .....	590
6	Schalungsstein-Bauarten .....	591
7	Trockenmauerwerk .....	592
8	Mauerwerk mit PU-Kleber .....	593
9	Bewehrtes Mauerwerk .....	594
9.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk .....	594
9.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauerwerk .....	594
9.3	Stürze .....	594
10	Ergänzungsbauteile .....	596
10.1	Mauerfuß-Dämmelemente .....	596
10.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerkschalen von zweischaligen Außenwänden .....	596
10.3	Sonstige Ergänzungselemente .....	598
	Anhang Zulassungsübersicht .....	599
<b>F</b>	<b>Forschung</b>	
<b>I</b>	<b>Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau</b> .....	617
	Anke Eis und Sebastian Ortlepp, Dresden	
	Vorbemerkung .....	617
	Forschungsstellen (F) .....	617
1	Abgeschlossene Forschungsvorhaben .....	620
1.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen .....	620
1.2	Kurzberichte .....	621
1.2.1	Risssicherheit von Außenputzen .....	621
1.2.2	Überprüfung der ansetzbaren Verbundspannungen für die Verankerung der Bewehrungsstäbe in Mauerwerk nach DIN 1053-3 und DIN EN 1996-1-1 .....	623
1.2.3	Anwendung der Kapazitätsspektrum-Methode zum Nachweis von Mauerwerksbauten unter Erdbebenbelastung .....	625
1.2.4	Nachträgliche Hohlraumdämmung des Außenmauerwerks – Anwendung und Dauerhaftigkeit .....	626
1.2.5	Vorschlag für ein neues Verfahren zur Prüfung der Druckfestigkeit von bestehendem Mauerwerk .....	626
1.2.6	Charakterisierung von Lehmmauerwerk unter statischer Druck- und Schubbeanspruchung .....	629

2	Laufende Forschungsvorhaben . . . . .	633	2.2.6	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Ganzheitliche Eignungsbewertung potenzieller Recyclingwege für Mauer- werksrestmassen . . . . .	637
2.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen . . . . .	633	2.2.7	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Nachhaltigkeitsanalyse für das Mauer- werksrecycling . . . . .	641
2.2	Kurzberichte . . . . .	634	2.2.8	Entwicklung eines Prüfverfahrens für Huminstoffe – Teil 2 (AiF-Nr.: 17339-N)	645
2.2.1	Standsicherheit horizontal belasteter Mauerwerkswände unter geringer Auflast .	634	2.2.9	Energetische und mechanische Optimierung des Anschlusses der Decke an monolithische Außenwände aus Mauerwerk mit Passivhausstandard . . . . .	646
2.2.2	Rissicherheit von nichttragenden Trennwänden aus Porenbeton . . . . .	634	2.2.10	Leichtgranulate aus Mauerwerkbruch für die Betonherstellung . . . . .	648
2.2.3	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau (Gesamtprojekt) . . . . .	635	2.2.11	Kalksandstein-Recycling-Material für den Deponiebau – Methanox II (AiF) . . .	653
2.2.4	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Vegetationssubstrate aus rezyklierten Gesteinskörnungen aus Mauerwerk (AiF-Nr.: 17319-N) . . . . .	636			
2.2.5	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Verwertungsoptionen für rezyklierte Gesteinskörnungen aus Mauerwerk in der Steine- und Erden-Industrie (AiF-Nr.: 17251-N) . . . . .	637			
<b>II</b>	<b>Experimentelle und numerische Untersuchungen zur Biegezugfestigkeit von Mauerwerk</b> . . . . .	<b>655</b>			
	Ulf Schmidt, Neuwied und Wolfgang Brameshuber, Aachen				
1	Einleitung . . . . .	655	2.2.3.1	Steinversagen . . . . .	669
2	Biegezugfestigkeit parallel zu den Lagerfugen . . . . .	656	2.2.3.2	Fugenversagen . . . . .	674
2.1	Einflussgrößen und bisherige Berechnungsansätze . . . . .	656	2.2.3.3	Vergleich mit eigenen und früheren Versuchsergebnissen . . . . .	677
2.1.1	Einflussgrößen und Tragverhalten . . . . .	656	3	Biegezugfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen . . . . .	680
2.1.2	Berechnungs- und Bemessungsansätze . . .	657	3.1	Einflussgrößen und bisherige Berechnungsansätze . . . . .	680
2.2	Eigene Untersuchungen zum Biege- tragverhalten parallel zu den Lagerfugen .	659	3.1.1	Einflussgrößen und Tragverhalten . . . . .	680
2.2.1	Untersuchte Materialien und deren Eigenschaften . . . . .	659	3.1.2	Berechnungs- und Bemessungsansätze . . .	681
2.2.1.1	Untersuchte Materialien . . . . .	659	3.2	Eigene Untersuchungen zum Biege- tragverhalten senkrecht zu den Lagerfugen . . . . .	683
2.2.1.2	Materialkennwerte der Mauersteine und Größeneffekt auf die Biegezugfestigkeit .	659	3.2.1	Untersuchte Materialien und deren Eigenschaften . . . . .	683
2.2.1.3	Materialkennwerte des Verbundes unter Scherbeanspruchung . . . . .	662	3.2.1.1	Untersuchte Materialien . . . . .	683
2.2.2	Untersuchungen an Mauerwerkswänden . .	664	3.2.1.2	Materialkennwerte der Verbundfugen und Größeneffekt auf die Biegezugfestigkeit .	683
2.2.2.1	Experimentelle Untersuchungen . . . . .	664	3.2.2	Experimentelle Untersuchungen an Mauerwerkswänden . . . . .	684
2.2.2.2	Numerisches Modell . . . . .	665	4	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	686
2.2.2.3	Kalibrierung des Modells und weitere experimentelle Untersuchungsergebnisse .	666	5	Literatur . . . . .	686
2.2.3	Durchführung von Parameterstudien und Herleitung von Berechnungsgleichungen .	669			
	<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	<b>689</b>			



## Autoren

Neben der Titulatur und der Anschrift sind nachstehend auch die Haupttätigkeit der Autoren und die für ihren Beitrag in diesem Mauerwerk-Kalender besonders relevanten speziellen Tätigkeiten angegeben. Außerdem wird auf den jeweiligen Beitrag des Autors in diesem Mauerwerk-Kalender in Klammern verwiesen (Rubrik und Ordnungsnummer des Beitrages).

**Brameshuber**, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Institut für Bauforschung (ibac), Schinkelstraße 3, 52062 Aachen.

Professor für Baustoffkunde, Leiter des Instituts für Bauforschung; Lehre und Forschung: Bindemittel, Beton, Mauerwerk; Mitglied einschlägiger DIN-Normenausschüsse; Mitglied des DIBt-Sachverständigenausschusses „Wandbauelemente“; RILEM-Beauftragter für Deutschland; Redaktionsbeiratsmitglied der Zeitschrift „Mauerwerk“ (A I, F II).

**Braun**, Jörg, Dr.-Ing., Seel + Hanschke Beratende Ingenieure GmbH, Burgwartstraße 77 a, 01705 Freital. Tragwerksplaner, ehem. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Tragwerksplanung – Lehrtätigkeit, Forschung: Erdbbensicherheit, Sanierung, Witterungsschutz von Lehm-mauerwerk (B III).

**Burkert**, Toralf, Dr.-Ing., Jäger Ingenieure GmbH, Büro Weimar, Paul-Schneider-Straße 17, 99423 Weimar. Tragwerksplaner mit Schwerpunkt Sanierung historischer Bauwerke; Fachplaner für vorbeugenden Brandschutz; Lehrauftrag „Statisch-konstruktive Sanierung historischer Bauwerke“ an der Technischen Universität Dresden; Forschung: Natursteinmauerwerk, Instandsetzung von Mauerwerks- und Holzkonstruktionen; Mitarbeit im AK Natursteinmauerwerk des DIN-Spiegelausschusses „Mauerwerksbau“; Mitarbeit in der WTA-Arbeitsgruppe 4-3 „Instandsetzung von Mauerwerk“ (D I).

**Egloffstein**, Petra, Dr., Institut für Steinkonservierung e. V., Gemeinsame Einrichtung der staatlichen Denkmalpflege Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Thüringen, Große Langgasse 29, 55116 Mainz. Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Steinkonservierung e. V. mit den Themenschwerpunkten Mörtel, Beton und Stein. Mitarbeit in der WTA-Arbeitsgruppe 4-3 „Instandsetzung von Mauerwerk“ (A IV).

**Eis**, Anke, Dipl.-Ing. (FH), Jäger Ingenieure GmbH, Wichernstraße 12, 01445 Radebeul. Mitarbeiterin der Jäger Ingenieure GmbH, Redaktionsassistentin Mauerwerk-Kalender und Zeitschrift Mauerwerk (F I).

**Feine**, Immo, Dipl.-Ing., M.Sc., DIN Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Bauwesen, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin. Teamkoordinator im Normenausschuss Bauwesen insbesondere für den Fachbereich „Mauerwerksbau“; ver-

antwortlich für alle DIN-Arbeitsausschüsse im Mauerwerksbau und für die Internationalen Mauerwerksausschüsse CEN/TC 250/SC6, CEN/TC 125/WG 1 und ISO/TC 179 (E I).

**Geburtig**, Gerd, Dr.-Ing., Architekt, Planungsgruppe Geburtig, Humboldtstraße 21, 99423 Weimar. Inhaber der Planungsgruppe Geburtig Weimar/Ribnitz-Damgarten.

Prüfingenieur für Brandschutz; Leiter der regionalen Deutschen Gruppe in der WTA e. V.; Mitglied im DIN-Normenausschuss „Brandschutzingenieurverfahren“ (D III).

**Hahn**, Christiane, Dipl.-Ing., HAHN Consult Ingenieurgesellschaft für Tragwerksplanung und baulichen Brandschutz mbH, Baumschulenweg 2, 38104 Braunschweig / Gertigstraße 28, 22303 Hamburg.

Geschäftsführende Gesellschafterin der Ingenieurgesellschaft HAHN Consult GmbH; Forschung: Mauerwerk unter Brandeinwirkung; Weitere Tätigkeiten: Beratender Ingenieur VBI, ö.b.u.v. Sachverständige für Brandschutz IK Nds., staatl. anerkannte Sachverständige für die Prüfung des Brandschutzes IK NRW, Mitarbeit in deutschen und europäischen Normenausschüssen; Obfrau DIN 4102-4, Mitglied der DIBt-Sachverständigenausschüsse „Wandbauelemente“, „Brandverhalten von Bauteilen“, „Brandschutz für Leitungsanlagen“, Projektgruppe Brandschutz (D IV).

**Hammer**, Renate, Arch. DI Dr. techn. MAS, Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt, Dr. -Karl-Dorrek-Straße 30, A-3500 Krems, Österreich. Dekanin der Fakultät für Bildung, Kunst und Architektur, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Department für Bauen und Umwelt der Donau-Universität Krems; Gründung, Geschäftsführung und wissenschaftliche Leitung des Kompetenzzentrums Future Building GmbH, gemeinsam mit DI Dr. Peter Holzer (C I).

**Hegner**, Hans-Dieter, Dipl.-Ing., Ministerialrat, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS, Invalidenstraße 44, 10115 Berlin.

Leiter des Referates B 13 „Bauingenieurwesen, Bauforschung, nachhaltiges Bauen“ im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in Berlin. Obmann und Mitarbeiter in verschiedenen DIN-Ausschüssen und Obmann des Sachverständigenausschusses A „Baustoffe und Bauarten für den Wärme- und Schallschutz“ des DIBt (D V).

**Hirsch**, Roland, Dr.-Ing., Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Kolonnenstraße 30 B, 10829 Berlin. Mitarbeiter des Fachgebietes „Mauerwerksbau“ im DIBt; Mitglied der DIN-Arbeitsausschüsse für Mauersteine und Mauermörtel und der DIN-Arbeitsausschüsse „Mauerwerk“, Geschäftsführer des DIBt-Sachverständigenausschusses „Wandbauelemente“ (A II, E II).

**Jäger**, Wolfram, Prof. Dr.-Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Lehre: Tragwerksplanung, Analyse historischer Tragwerke, Grundlagen Sanierung/Modernisierung; Forschung: Sanierung historischer Bauwerke, Gebäudeaussteifung, Optimierung der Modellbildung, Erdbebeneinwirkung, nichtlineare Berechnungsmethoden, Knicken, Wand-Decken-Knoten; Beratender Ingenieur für Bauwesen und Prüfenieur für Standsicherheit; Gesellschafter der Jäger Ingenieure GmbH in Radebeul und der Jäger u. Bothe Ingenieure in Chemnitz; Mitarbeit in deutschen und europäischen Normungsgremien; Mitglied des DIBt-Sachverständigenausschusses „Wandbauelemente“, Chefredakteur der Zeitschrift „Mauerwerk“ (**Herausgeber, A II, E II**).

**Jahn**, Thomas, Prof. Dr.-Ing., Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur HTWK Leipzig, Lehrbereich Industriebau, Fakultät Bauwesen, Karl-Liebknecht-Straße 132, 04277 Leipzig.

Lehre: Holz- und Mauerwerksbau, Glas- und Kunststoffbau, Stahlbetonbau, Betonfertigteilterbau, Räumliche Stahlbetonflächenragwerke, Fassaden- und Befestigungstechnik, Moderne und historische Baustoffe, Mitglied des DIBt-Sachverständigenausschusses „Spannverfahren“ (**B II**).

**Künzel**, Hartwig M., Dr.-Ing., Fraunhofer Institut für Bauphysik, Institutsteile Holzkirchen und Stuttgart, Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley.

Leiter der Abteilung Hygrothermik am Fraunhofer Institut für Bauphysik. Mitarbeit in nationalen und internationalen Fachgremien und Normungsausschüssen (u. a. WTA, CEN, ASHRAE), Obmann des DIN-Normenausschusses zum Klimabedingten Feuchteschutz (DIN 4108-3) und Lehrbeauftragter im Bereich Bauphysik der Universität Stuttgart (**D II**).

**Meichsner**, Heinz, Dr.-Ing., Sachverständiger für Massivbauwerke, Hauptstraße 27, 04828 Altenbach (**B II**).

**Ortlepp**, Sebastian, Dr.-Ing., Technische Universität Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Mitglied der Forschungsgruppe „Mauerwerk“ am Lehrstuhl Tragwerksplanung der TU Dresden; Lehre: Tragwerkslehre, Grundlagen Sanierung und Modernisierung historischer Bauwerke; Forschung: Gebäudeaussteifung (Mauerwerk), Optimierung der Modellbildung (**F I**).

**Plagge**, Rudolf, Dr.-Ing., Technische Universität Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Leiter des Bauphysikalischen Forschungs- und Entwicklungslabors des Instituts für Bauklimatik der Technischen Universität Dresden, Oberassistent, Fakultät Architektur. Forschungsschwerpunkte: Messmethoden und -technologien, physikalische Modelle und numerische Simulationswerkzeuge, Energieeffiziente Baukonstruktionen. Mitglied der WTA, CIB W40 (**D I**).

**Reichel**, Stephan, Dipl.-Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Mitglied der Forschungsgruppe „Mauerwerk“ am Lehrstuhl Tragwerksplanung der TU Dresden; Forschungsschwerpunkt: Analytische und experimentelle Untersuchung von Mauerwerk (**C I**).

**Schmidt**, Ulf, Dipl.-Ing., Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied (MPVA), Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied.

Stellvertretender Institutsleiter der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied, Sachverständiger für den Mauerwerksbau, Mitarbeit in verschiedenen Normenausschüssen für Mauersteine sowie Mess- und Prüfverfahren (**F II**).

**Schoch**, Torsten, Dipl.-Ing., Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH, Hohes Steinfeld 1, 14797 Kloster Lehnin (Emstal).

Geschäftsführer der Xella Technologie und Forschungsgesellschaft mbH in Kloster Lehnin. Mitarbeiter in verschiedenen nationalen und europäischen Normungsausschüssen, Vorstand des Verbandes Bauen in Weiß und Obmann des Technischen Ausschusses der europäischen Verbandes der Porenbetonindustrie EAACA (**D V**).

**Schultz**, Ingo, Dipl.-Ing., Ingenieurbüro für Bauwesen GmbH Dipl.-Ing. Ingo Schultz, Philosophenweg 1, 35578 Wetzlar.

Tragwerksplaner, Sanierung historischer Bauten, Brückenbau (**B I**).

**Siedel**, Heiner, apl. Prof. Dr. rer. nat., Technische Universität Dresden, Institut für Geotechnik, Professur Angewandte Geologie, George-Bähr-Straße 1 a, 01069 Dresden.

Lehrtätigkeit in der Nebenfachausbildung für Geographen, Ingenieure und Architekten an der TU Dresden (Allgemeine Geologie, Petrographie, Technische Gesteinskunde) und an der Hochschule für Bildende Künste Dresden in der Restauratorenausbildung (Bindemittelbaustoffe, Steinkonservierung), dort Honorarprofessur seit 2005. Dozent in der postgradualen Weiterbildung zum Sachverständigen für Schäden an Gebäuden (EIPOS GmbH / TUDAG). Forschungsschwerpunkt historische Baustoffe (Naturstein, Mörtel), deren Verwitterung und Erhaltung. Gutachter- und Publikationstätigkeit (**A III**).

**Wilmers**, Wilhelm, Dr. rer. nat., Dipl.-Geol., Wetzlar.

In der Baustoff- und Bodenprüfstelle Wetzlar der Hessischen Straßenbauverwaltung – heute Hessen-Mobil, zuständig für Baugrunderkundung und die Untersuchung von Bauwerken. Mitglied und Mitarbeit in Gremien in der Forschungsgesellschaft für Straßenwesen und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik. Vorträge über die Untersuchung und Ertüchtigung von Mauerwerksbrücken bei der Fortbildung von Ingenieuren für die Bauwerksprüfung (**B I**).

## Beiträge früherer Jahrgänge

Die Beiträge sind den Rubriken A bis H zugeordnet und innerhalb der jeweiligen Rubrik in der Reihenfolge ihres Erscheinens im Mauerwerk-Kalender aufgelistet. Es sind nur solche Beiträge aufgeführt, die in diesem Jahrgang nicht enthalten sind. Die Beiträge werden nur in ihrer jeweils letzten Fassung angegeben, es sei denn, dass unter gleichem Titel vom gleichen Autor auch andere Inhalte behandelt werden.

Abgedruckt werden hier die Beiträge der letzten neun Mauerwerk-Kalender 2004–2012. Eine komplette Online-Recherche zum Mauerwerk-Kalender ab Jahrgang 1976 steht im Internet zur Verfügung unter [www.ernst-und-sohn.de/kalenderrecherche](http://www.ernst-und-sohn.de/kalenderrecherche). Hier kann nach Autor, Stichwort oder Beitrag gesucht werden, außerdem ist eine Suche nach kombinierten Begriffen möglich.

### A Baustoffe · Bauprodukte

Arten, Klassifizierung, technische Eigenschaften und Kennwerte von Naturstein (Siedel); 2004, S. 5

Festigkeitseigenschaften von Mauerwerk, Teil 2: Biegezugfestigkeit (Schmidt, Schubert); 2004, S. 31

Festigkeitseigenschaften von Mauerwerk, Teil 3: Schubfestigkeit von Mauerwerksscheiben (Graubner, Kranzler, Schubert, Simon); 2005, S. 7

Zum Einfluss der Steinformate auf die Mauerwerkdruckfestigkeit – Formfaktoren für Mauersteine (Beer, Schubert); 2005, S. 89

Mauermörtel (Riechers); 2005, S. 149

Mauerwerksprodukte mit CE-Zeichen (Schubert, Irmschler); 2006, S. 5

Mörtel mit CE-Zeichen (Riechers); 2006, S. 17

Ergänzungsbauteile mit CE-Zeichen (Reeh, Schlundt); 2006, S. 25

Festigkeitseigenschaften von Mauerwerk, Teil 4: Scherfestigkeit (Brameshuber, Graubohm, Schmidt); 2006, S. 193

Prüfverfahren zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften von Mauerwerk (Brameshuber, Schmidt, Graubohm, Beer); 2008, S. 165

Wärmedämmstoffe und Wärmedämmsysteme mit Zulassung – Aktuelle Übersicht (Fechner); 2008, S. 193

Übersicht Injektionsmörtel (Kratzsch); 2008, S. 251

Injektionsschaummörtel (Mielke, Stark); 2008, S. 269

Festigkeitseigenschaften von Mauerwerk, Teil 5: Druckfestigkeit – Regelungen nach DIN 1053 (Brameshuber, Graubohm); 2010, S. 27

Europäische Produktnormen im Mauerwerksbau und deren Umsetzung mit dem deutschen Bauordnungsrecht (González); 2010, S. 45

Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit von Mauerwerksbaustoffen (Peters, Bossenmayer); 2011, S. 35

Lehmsteine und Lehm Mörtel – Nachhaltige Bauprodukte auf dem Weg zur Stoffnorm (Ziegert, Dierks, Müller); 2011, S. 57

Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Jäger, Hirsch); 2012, S. 35

### B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk; Teil 1: Planung der Maßnahmen (Jäger, Burkert); 2004, S. 207

Aussparungen und Schlitze in Mauerwerkswänden, Erläuterungen und Ergänzungen zum DGfM-Merkblatt (Kasten); 2004, S. 251

Verstärkungsmöglichkeiten für Mauerwerk in stark erdbebengefährdeten Gebieten (Fouad, Meincke); 2005, S. 185

Vermeiden und Instandsetzen von Rissen in Putzen (Schubert, Schmidt, Förster); 2005, S. 209

Konstruktionsregeln für Mauerwerk, Teil 1: Mauerwerksarten, Verbände und Maßordnung (Jäger, Pfeifer); 2005, S. 233

Ein Bemessungsvorschlag für die Dehnfugenanordnung bei Verblendschalen aus Sichtmauerwerk (Franke, Stehr); 2005, S. 267

Konstruktionsregeln für Mauerwerk, Teil 2: Anschlussdetails (Jäger); 2006, S. 231

Putz – Planung, Gestaltung, Ausführung (Riechers, Hildebrand); 2006, S. 267

Bauen mit Fertigteilen aus Mauerwerk (Krechting, Figge, Jedamzik); 2006, S. 301

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 2: Herkömmliche Bestimmung der Materialkennwerte (Burkert); 2007, S. 27

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 3: Zerstörungsfreie Prüfung zur Beurteilung von Mauerwerk (Maierhofer); 2007, S. 53

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 4: Ertüchtigung von Mauerwerksbauten gegenüber Erdbebeneinwirkungen (Pech, Zach); 2007, S. 75

Lehm-Mauerwerk (Minke); 2007, S. 167

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 5: Vernadeln – Verankern (Berechnung) (Gigla); 2008, S. 281

Verpressen und Injizieren von Mauerwerk (Nodoushani); 2008, S. 319

Konstruktionsregeln für Mauerwerk, Teil 3: Ausführungsbeispiele (Schneider); 2008, S. 329

Konstruktionsregeln für Mauerwerk, Teil 4: Abdichtung von erdberührtem Mauerwerk (Oswald); 2008, S. 353

Zur baustatischen Analyse gewölbter Steinkonstruktionen (Huerta, Kurrer); 2008, S. 373

Lehmmauerwerk zur Ausfachung von Fachwerkbauten (Gerner, Gaul); 2008, S. 423

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 6: Unterfahrung von Mauerwerk am Beispiel der Severinstorburg Köln – Sicherung eines der Symbole der Domstadt (Tebbe, Dominik, Brauer, Jänecke); 2009, S. 209

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 7: Experimentelle Bestimmung der Tragfähigkeit von Mauerwerk – Belastungsversuche an Mauerwerksbauten in situ (Steffens, Burkert); 2009, S. 243

Mauerwerksbau mit Lehmsteinen heute – Konstruktion und Ausführung (Schroeder); 2009, S. 271

Konstruktion und Ausführung von zweischaligem Mauerwerk (Altaha); 2009, S. 291

Terminmanagement im Mauerwerksbau: Planung der Planung und Planung der Ausführung (Busch); 2009, S. 319

Arbeits-, Fassaden- und Schutzgerüste im Mauerwerksbau (Jeromin); 2009, S. 355

Nachträgliche Horizontalabdichtung gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit (Frössel); 2009, S. 397

Entwicklung des Mauerwerkbaus – Leitfaden für praktische Anwender (Maier); 2009, S. 431

Konstruktion und Ausführung von unbewehrtem Mauerwerk nach E DIN 1053-12 (Figge); 2010, S. 67

Nachhaltige und schadensfreie Konstruktion von Verbundmauerwerk (Gigla); 2010, S. 79

Instandsetzung der oberstromigen Fußgängerüberwege an der Horchheimer Brücke – Untersuchungen an Mauerwerkspfeilern einer Bogenbrücke (Tebbe, Lietz, Brühl, Tataranni, Schwarz); 2010, S. 103

Die Sicherung von historischen Gewölben am Beispiel der Kirche St. Michael in Elsdorf-Berrendorf (Dominic, Koch); 2011, S. 219

Einsatz von bewehrtem Mauerwerk (Guirguis); 2011, S. 247

Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau (Müller, Scheller); 2011, S. 267

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 8: Bewertung von Schädigungsprozessen mithilfe zerstörungsfreier Prüfverfahren (Maierhofer, Mecke, Meinhardt); 2011, S. 337

Eurocode 6 – Kommentar und Anwendungshilfe: DIN EN 1996-2/NA: Nationaler Anhang – Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk (Altaha, Seim); 2012, S. 197

Mauerwerksertüchtigung durch Vorspannung mit Aramidstäben (Korjenic, Kolbitsch); 2012, S. 209

Dübeltechnik praxisnah, Teil 1: Befestigungstechnik im Mauerwerksbau mit Bemessungsbeispielen (Hofmann, Schmieder, Welz); 2012, S. 241

Dübeltechnik praxisnah, Teil 2: Bemessung und Ausführung von Sonderbefestigungen in Mauerwerk (Küenzlen); 2012, S. 275

Konstruktive Mauerwerk-Details mit bauphysikalischer Bewertung, Teil 1: Ziegel (Figge, Staniszewski); 2012, S. 303

Typische Grundrisse im Mauerwerksbau (Geppert, Ortlepp); 2012, S. 315

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 9: Gründung, Gründungsschäden und Sanierung (Schulz); 2012, S. 341

Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 10: Schloss Steinort – Hochwasserschutz-Ertüchtigung an historischen Mauerwerksgebäuden am Beispiel des historischen Gebäudeensembles der Stadt Grimma (Burkert); 2012, S. 355

## C Bemessung

Genauere Bemessung von Mauerwerk nach dem Teilsicherheitskonzept (Mann, Jäger); 2004, S. 265

Bemessung von Flachstürzen (Schmidt, Schubert, Reeh, Schlundt, Duensing); 2004, S. 275

Numerische Modellierung von Mauerwerk (Schlegel, Rautenstrauch); 2005, S. 365

Rechnerische Schubtragfähigkeit von Mauerwerk – Rechenansätze im Vergleich (Gunkler, Heumann, Becke); 2005, S. 399

Kommentierte Technische Regeln für den Mauerwerksbau, Teil 1: DIN 1053-100: Mauerwerk – Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts – Kommentare und Erläuterungen, Wortlaut der Norm (Jäger, Pflücke, Schöps); 2006, S. 363

Kommentierte Technische Regeln für den Mauerwerksbau, Teil 2: Richtlinie für die Herstellung, Bemessung und Ausführung von Flachstürzen (Reeh, Schlundt); 2006, S. 433

Bemessung von Mauerwerk nach dem Teilsicherheitskonzept – Bemessungsbeispiele nach DIN 1053-100 (Hoffmann); 2007, S. 183

Vereinfachte Berechnung von Mauerwerk nach DIN EN 1996-3 (Reeh, Schlundt); 2007, S. 227

Entwurf für den Nationalen Anhang zur Europäischen Mauerwerksnorm DIN EN 1996-1-1 (EC 6-1-1) (Jäger); 2007, S. 255

Bemessung von drei- oder vierseitig gehaltenen, flächenbelasteten Mauerwerkswänden (Jäger); 2007, S. 273

Bemessung von vorspannbarem Mauerwerk – Spiegelung der Regeln von EC 6 (Gunkler, Budelmann, Husemann, Heße); 2007, S. 329

Bewehrtes Mauerwerk: Stand der Überarbeitung von DIN 1053-3 (Baumgärtel, Gränzer); 2007, S. 367

Nachweis tragender Mauerwerkswände und Erdbebenwirkung nach DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-100 (Graubner, Kranzler, Spengler); 2007, S. 379

Kommentierte Technische Regeln – DIN EN 1996-1-1: Normtext sowie Kommentare und Erläuterungen für unbewehrtes Mauerwerk (Jäger, Hauschild); 2008, S. 457

Festlegung der Teilsicherheitsbeiwerte für das Material (Nguyen); 2008, S. 527

Kommentierte Technische Regeln – DIN EN 1996-1-1: Normtext sowie Kommentare und Erläuterungen für bewehrtes und eingefasstes Mauerwerk (Jäger, Hauschild); 2009, S. 465

Bemessung von Mauerwerk – Entwurf für DIN 1053-11 und DIN 1053-13 mit Kommentaren (Jäger, Reichel); 2009, S. 497

Sicherheitsbeurteilung historischer Mauerwerksbrücken (Proske); 2009, S. 537

Erdbebenbemessung bei Mauerwerksbauten (Butenweg, Gellert, Meyer); 2010, S. 143

Die Anwendung des Eurocode 6 in Österreich (Pech); 2010, S. 169

Bemessung von Mauerwerk nach der holländischen Norm (Wijte, van der Pluijm); 2010, S. 185

Bemessung von Mauerwerk nach der kanadischen Norm (Korany); 2010, S. 195

Bemessung von Mauerwerk – Beispiele nach E DIN 1053-11 und E DIN 1053-13 (Purtak, Hirsch, Ortlepp); 2010, S. 207

Mauerwerk und Erdbeben – Bemessungsansätze, aktuelle Forschung und Normungslage in Europa (Lu); 2010, S. 225

Schubtragfähigkeit von Wänden aus Kalksand-Planenelementen mit geringem Überbindemaß – Experiment und rechnerische Simulation mit nichtlinearen FE-Methoden (Gunkler, Glahe, Budelmann, Sperbeck, Ledderboge); 2011, S. 353

Nachweisverfahren für Brücken aus Natursteinmauerwerk (Purtak, Hirsch); 2011, S. 377

Eurocode 6 – Kommentar und Anwendungshilfe: DIN EN 1996-1-1 und DIN EN 1996-1-1/NA: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für unbewehrtes Mauerwerk (Jäger); 2012, S. 413

Eurocode 6 – Kommentar und Anwendungshilfe: DIN EN 1996-3 und DIN EN 1996-3/NA: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrtes Mauerwerk (Jäger); 2012, S. 435

Einführung in die Mauerwerksbemessung nach der Normenreihe des Eurocode 6 und den Nationalen Anhängen (Brauer, Ehmke); 2012, S. 445

## D Bauphysik · Brandschutz

Ökologisch-bautechnische Beratung (Rudolphi); 2004, S. 417

Praktische Anwendung der EnEV 2002 auf Fachwerkhäuser im Bestand (Eßmann, Gänßmantel, Geburtig); 2004, S. 441

Mauerwerkspezifische Anwendungsbeispiele zur Energiesparverordnung 2002 (Liersch, Langner); 2005, S. 437

Bauklimatische Software zur Quantifizierung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports im Mauerwerk (Grunewald, Häupl, Petzold, Ruisinger); 2005, S. 447

Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von Mauerwerk nach DIN 4108-4 (Bender); 2006, S. 445

Die Novelle der Energieeinsparverordnung – EnEV 2007. Chancen für die bessere Bewertung von Nichtwohngebäuden und Einführung von Energieausweisen (Hegner); 2007, S. 475

Salze (Klemm); 2008, S. 539

Feuchtehaushalt von Mauerwerk (Garrecht); 2009, S. 575

Passivhausbau mit Mauerwerk (Grobe); 2009, S. 617

Energetische Optimierungen an Bestands-Mauerwerk – Ein Beispiel aus der Praxis (Conrad, Petzold, Grunewald); 2009, S. 641

Schallschutz im Mauerwerksbau (Fischer, Scholl); 2010, S. 245

Die Energieeinsparverordnung 2009 (Gierga); 2010, S. 293

Brandschutz mit Mauerwerk – Stand DIN 4102-4 sowie DIN 4102-22 (Hahn); 2010, S. 313

Brandschutz im Industrie- und Gewerbebau – Anforderungen und Nachweise (Frey); 2010, S. 327

Baupraktische Detaillösungen für Innendämmungen mit hohem Wärmeschutzniveau (Liebert, Sous, Oswald, Zöller); 2011, S. 419

Novelle der EG-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – wesentliche Inhalte und Auswirkungen (Hegner); 2011, S. 441

Neue Instrumente und Zertifizierungssysteme für das nachhaltige Bauen, erste zertifizierte Gebäude (Hegner); 2011, S. 447

Energieeffizienz und Mauerwerksbau: Passivhaus-Gebäudehülle mit KS als Grundlage für „Zero Emission Buildings“ (Schulze Darup); 2012, S. 475

## **E Normung · Zulassungen · Regelwerk<sup>1)</sup>**

Zum Stand der europäischen brandschutztechnischen Bemessungsregeln für Mauerwerk – ENV 1996-1-2 (Hahn); 2004, S. 469

Europäische Brandschutzklassifizierung (Herzog); 2004, S. 499

Bestimmungen: Hinweise zum bautechnischen Regelwerk und Abdruck ausgewählter Technischer Baubestimmungen (Irmshler); 2005, S. 523

Stand der Überarbeitung von DIN 1053-1 (Jäger, Pflücke); 2005, S. 623

Grundsätze der Normung (Desler); 2010, S. 397

Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (Irmshler); 2010, S. 401

## **F Forschung<sup>2)</sup>**

Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Erdbelastungsverhalten unbewehrter Mauerwerksbauten (Zilch, Schermer); 2004, S. 649

Bemessung bewehrter Mauerwerkswände (Graubner, Glock); 2004, S. 665

Erhöhung der Schubtragfähigkeit von KS-Wänden unter Erdbelastungen durch schlaffbewehrte Betonstützen in Formsteinen bzw. durch Vorspannung der Wand (Ötes, Löring, Elsche); 2004, S. 683

Erhöhung der Erdbebenwiderstandsfähigkeit unbewehrter Mauerwerkswände mit Hilfe von GAP-Elementen (Fehling, Nejadi); 2005, S. 691

Tastversuche an Wänden aus Planfüllziegeln unter simulierter Erdbelastung (Ötes, Löring, Elsche); 2005, S. 699

Modellierung des Wand-Decken-Knotens (Baier); 2007, S. 621

Konstruktion des Wand-Decken-Knotens (Zilch, Schermer, Grabowski, Scheufler); 2007, S. 681

Stand der Untersuchungen und Zwischenergebnisse des Forschungsprojekts ESECMaSE (González, Meyer); 2008, S. 727

Experimente im Mauerwerksbau – Versuche an geschosshohen Prüfkörpern (Schermer, Scheufler); 2008, S. 761

Möglichkeiten der numerischen Simulation von Mauerwerk heute anhand praktischer Beispiele (Schlegel); 2009, S. 791

Örtliche Verstärkung gemauerter Wandscheiben mit aufgeklebten Faserverbundwerkstoffen (Pfeiffer, Seim); 2010, S. 481

Die Kollapsanalyse als Werkzeug zur Überprüfung von Schwachstellen an Mauerwerksstrukturen bei Erdbeben (Bakeer); 2011, S. 617

Rezyklierbare modulare Massivbauweisen – Entwicklung von Grundprinzipien (Masou, Bergmann, Haase, Brenner); 2012, S. 649

## **G Software<sup>2)</sup>**

Software zur Energieeinsparverordnung (Liersch, Langner); 2005, S. 713

Bauklimatische Software zur Qualifizierung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Mauerwerk (Grunewald, Häußel, Petzold, Ruisinger); 2005, S. 447

1) Mit dem Mauerwerk-Kalender 2006 sind die bisherigen Kapitel *E – Europäisches Regelwerk* und *F – Nationales Regelwerk* in einem gemeinsamen Kapitel *E – Normung · Zulassungen · Regelwerk* aufgegangen. Damit wurde der fortschreitenden Übernahme des europäischen Normenwerks in das deutsche Rechnung getragen.

2) Bis zum Mauerwerk-Kalender 2005 wurde die Forschungs-Rubrik mit *G* und Software mit *H* bezeichnet (neue Bezeichnung wegen Fußnote 1).

## **A Baustoffe ■ Bauprodukte**

- I **Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel,  
Mauerwerk und Putzen 3**  
Wolfgang Brameshuber, Aachen
  
- II **Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher  
Zulassung 35**  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin
  
- III **Instandsetzung verwitterter Natursteinoberflächen  
an historischen Bauwerken 63**  
Heiner Siedel, Dresden
  
- IV **Mineralische Mörtel und Putze zur Sanierung  
historischer Mauerwerksbauten 107**  
Petra Egloffstein, Mainz



# I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen

Wolfgang Brameshuber, Aachen

## 1 Allgemeines

Dieses Kapitel des Mauerwerk-Kalenders wird als ständiger Beitrag jährlich aktualisiert. Der Verfasser würde sich über Hinweise, z. B. über fehlende wesentliche Literaturangaben etc., sehr freuen und diese im folgenden Jahrgang gern aufnehmen.

Im Zuge der Ablösung der nationalen Bemessungsnorm DIN 1053-1 [1] durch den EC 6 [2] führen die Rechenansätze zur Bemessung von Mauerwerk insofern eine Veränderung herbei, dass auch europäische Steine und Mörtel mit teilweise anderen Eigenschaften ihr Einsatzgebiet in Deutschland finden. Daher sind die überwiegend deutschen Ausgangsstoffe und das daraus erstellte Mauerwerk mit den erzielten Eigenschaften in diesem Beitrag zusammengestellt, der somit die direkte Möglichkeit eines Vergleichs mit Materialien anderer Länder gibt.

Die hier aufgeführten Eigenschaftswerte beziehen sich auf das tatsächliche Verhalten von Mauerstein, Mauermörtel und Mauerwerk, womit deutlich wird, dass aufgrund der vielfältigen Materialien und Kombinationen eine große Bandbreite von Eigenschaften entsteht. Anforderungen aus Normen und allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen sind Mindesteigenschaften. Die hier genannten Eigenschaftswerte gehen über Normanforderungen hinaus und sollen bei gesonderten Fragestellungen helfen, eine fachlich fundierte Antwort zu finden, wie z. B. bei der Beurteilung der Rissicherheit von Mauerwerk (Gebrauchstauglichkeitsnachweis), bei einer Schadensdiagnose oder aber bei genaueren Nachweisen für die Tragfähigkeit bestehender Bauwerke. In Grenzfällen kann ein ingenieurmäßig überdachter Ansatz geeigneter Kennwerte zusätzliche Sicherheit bieten.

Die Zusammenstellung der Eigenschaftskennwerte bezieht sich in einigen Fällen auf frühere Beiträge des Mauerwerk-Kalenders. In anderen Fällen wurde eine Aktualisierung vorgenommen. Der Bezug bei einer unveränderten Datenlage ist dann der Artikel aus dem Mauerwerk-Kalender 2010 [3]. Der Abschnitt 5.1 wurde grundlegend überarbeitet und stellt nun den gegenwärtigen Stand nach Eurocode 6 samt nationalen Anhängen dar. Die Abschnitte 6 bis 8 wurden unverändert aus [3] übernommen.

## 2 Eigenschaftskennwerte von Mauersteinen

### 2.1 Festigkeitseigenschaften

#### 2.1.1 Längsdruckfestigkeit

Die Längsdruckfestigkeit von Mauersteinen wird überall dort benötigt, wo eine Biegebeanspruchung in Wandebene erfolgt, so z. B. bei Wänden auf sich durchbiegenden Decken oder Stürzen mit Übermauerung. Gemäß [3] ergibt sich nach Auswertung der Literatur [4–6] folgendes Bild: Für Hochlochziegel lässt sich kein Zusammenhang zwischen dem Nennwert der Steindruckfestigkeit und der Längsdruckfestigkeit angeben, unabhängig vom Lochanteil, genauso wenig für Leichtbeton. Dies hat im Wesentlichen den Einfluss der Loch-/Steganordnung als Ursache. Im Einzelfall wird empfohlen, den Nachweis experimentell zu führen. Für Vollsteine und Kalksandlochsteine ergibt sich nach [3] ein durchaus verwertbarer Zusammenhang. Für Mauerziegel, Kalksand-, Voll- und Lochsteine ist das Verhältnis Längsdruck-/Mauersteindruckfestigkeit von der Steindruckfestigkeit weitgehend unabhängig. Der Unterschied zwischen Längsdruck-/Normdruckfestigkeit bei Vollsteinen entsteht zum einen dadurch, dass die Normdruckfestigkeit durch Umrechnung der Prüfwerte mittels Formfaktoren ermittelt und für die Längsdruckfestigkeit der Prüfwert ohne Formfaktor gewählt wurde. Zum anderen ist eine produktionsbedingte leichte Anisotropie möglich. Für Porenbeton ergibt sich eine Abnahme des Druckfestigkeitsverhältnisses gemäß dem Zusammenhang  $\beta_{D,st,l}/\beta_{D,st} = 0,91 - 0,04 \beta_{D,st}$  [3]. Auch hier ist ein Teil auf die Umrechnung mit Formfaktoren zurückzuführen, aber auch auf eine leichte Anisotropie durch den Herstellprozess. In den Bildern 1 a bis 1 d sind für verschiedene Steinsorten die Verhältnisse  $\beta_{D,st,l}/\beta_{D,st}$  in Abhängigkeit von der Normdruckfestigkeit  $\beta_{D,st}$  aufgetragen. Tabelle 1 gibt eine Zusammenfassung des derzeitigen Stands der Literatur wieder.

#### 2.1.2 Zugfestigkeiten

Für Mauerwerk mit Dickbettfuge (Normal- und Leichtmörtel) ist bei Druckbeanspruchung senkrecht zur Lagerfuge bei bestimmten Verhältnissen Stein-/Mörteldruckfestigkeit wegen des entstehenden mehraxialen Spannungszustandes die Zugfestigkeit der Mauersteine

**Tabelle 1.** Verhältniswerte Steinlängs- $(\beta_{D,st,l})$ /Normdruckfestigkeit  $(\beta_{D,st})$ , aus [3]

Mauerstein	n	$\beta_{D,st}$ Wertebereich N/mm <sup>2</sup>	$\beta_{D,st,l}/\beta_{D,st}$		
			$\bar{x}$	min x	max x
Mz	2	21,9/22,7	0,67	0,64	0,70
HLz <sup>1)</sup>	5	20...47	0,23	0,12	0,33
HLz <sup>2)</sup>	37	7, 4...26	0,18	0,05	0,39
KS	8	24,1...36,8	0,59	0,32	0,75
KS L	7	8,9...26,9	0,40	0,32	0,56
V	5	4,1...23,1	0,75	0,61	0,83
Vbl	5	2,7...3,6	0,90	0,36	1,13
Hbl	12	2,5...7,9	0,61	0,35	0,81
Hbn	1	15,8	0,46	–	–
PB, PP	15	2,3...9,4	0,70	0,50	0,92

n Anzahl der Versuchsserien

$\bar{x}$  Mittelwert

min x; max x = Kleinst-, Größtwert

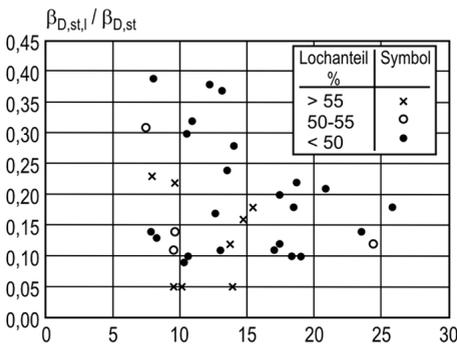
1) Trockenrohdichte  $\rho_d > 1,0 \text{ kg/dm}^3$

2)  $\rho_d \leq 1,0 \text{ kg/dm}^3$

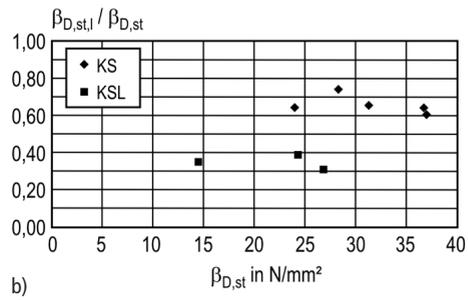
eine für die Druckfestigkeit von Mauerwerk maßgebende Größe. Für die Schubtragfähigkeit und die Biegezugfestigkeit in Wandebene kann die Steinzugfestigkeit maßgebend werden. Es ist daher sehr hilfreich, etwas detailliertere Angaben im Vergleich zu den Normangaben zu erhalten. Bislang gilt, und dies ist im Entwurf DIN EN 1996-1-1/NA [7] auch so von DIN 1053-1 [1] übernommen worden (2. Spalte der Tabelle 2), die Einteilung nach Hohlblocksteinen, Hochlochsteinen, Steinen mit Grifflöchern oder Griffaschen, Vollsteinen ohne Grifflöcher oder Griffaschen. Hinzugenommen wurde in DIN EN 1996-1-1/NA [7] der Porenbetonstein.

Die Prüfung der Zugfestigkeit ist relativ aufwendig. Eine Prüfnorm oder -richtlinie existiert zurzeit nicht (siehe aber [8]). Meist werden die Mauersteine in Richtung Steinlänge geprüft. Wesentliche Eigenschaftsunterschiede zwischen Steinlänge und -breite ergeben sich vor allem bei Lochsteinen mit richtungsorientierten Lochungen. Zugfestigkeitswerte in Richtung Steinbreite liegen nur für HLz vor (8 Werte, Wertebereich  $\beta_{z,b}/\beta_{D,st} = 0,003 \dots 0,026$ , Mittelwert: 0,009). Sinnvollerweise werden die  $\beta_{z,l}$ -Werte auf die jeweilige Steindruckfestigkeit (nach Norm) ermittelt bezogen als Verhältniswerte  $\beta_{z,l}/\beta_{D,st}$  angegeben.

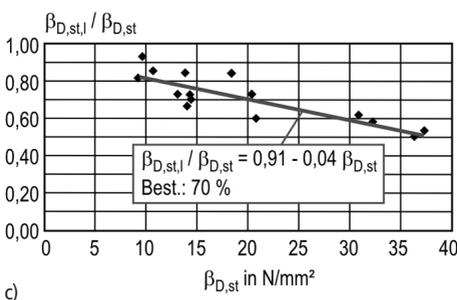
Tabelle 2 gibt den heutigen Stand der Auswertung [3, 9, 10] wieder.



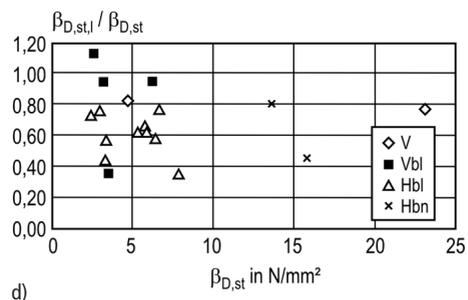
a)



b)



c)



d)

**Bild 1.** Steinlängs- $(\beta_{D,st,l})$ /Normdruckfestigkeit  $(\beta_{D,st})$  in Abhängigkeit von der Normdruckfestigkeit [3]; a) Leichthochlochziegel, b) Kalksandvollsteine, Kalksandlochsteine, c) Porenbeton-Blocksteine, Porenbeton-Plansteine, d) Leichtbetonsteine, Betonsteine