

2011

# MAUERWERK KALENDER



**Nachhaltige Bauprodukte  
und Konstruktionen**



2011

# MAUERWERK KALENDER

---

Herausgegeben von  
Wolfram Jäger, Dresden

36. 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)

Titelfoto: Oberbaum City, Berlin

© Fotografin: 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.

© 2011 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: Betz-Druck GmbH, Darmstadt

Printed in the Federal Republic of Germany

ISBN 978-3-433-02956-5

ISSN 0170-4958

Electronic version available, o-book ISBN 978-3-433-60080-1

## Vorwort

Liebe Leser,

„Nachhaltige Bauprodukte und -konstruktionen“ – dieses Schwerpunktthema haben wir für den Mauerwerk-Kalender 2011 gewählt. Nachhaltigkeit ist eine in letzter Zeit oft bemühte und stark strapazierte Vokabel. Die Hintergründe des Begriffs jedoch sind hochaktuell und dürfen keinesfalls als Modeerscheinung abgetan werden. Die Schaffung und Erhaltung einer lebenswerten Umwelt unter Schonung der natürlichen Ressourcen gehören zum verantwortungsvollen Umgang mit unserem Planeten und müssen auch bei allen Bauplanungen und -ausführungen am Anfang allen Denkens und Handelns stehen. Mauerwerksbauten bringen die besten Voraussetzungen mit, den daraus resultierenden Anforderungen gerecht zu werden.

- Im Bereich *Baustoffe · Bauprodukte* finden Sie den jährlich aktualisierten Beitrag Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen, der für diese Ausgabe einer umfangreichen Überarbeitung unterzogen wurde, sowie einen Grundlagenbeitrag über die Bewertung der Umweltverträglichkeit von Mauerwerksbaustoffen. Ein weiterer Beitrag stellt die Inhalte der aktuellen Normentwürfe für Lehmsteine und Lehmörtel vor. Diese markieren einen Meilenstein für den Lehmbau, denn die DIN-Norm mit der „Lehmbauordnung“ war bereits 1971 ersatzlos zurückgezogen worden bzw. weitere DIN-Normen für den Lehmbau waren gar nicht erst über das Stadium von Vornormen hinaus gekommen. Die neue Situation mit veränderten Bewertungsmaßstäben für den Einsatz von Baustoffen lässt den nachhaltigen und wohngesunden Baustoff Lehm in einem neuen Licht erscheinen und erforderte die Entwicklung aktueller technischer Regeln für Lehmbauarbeiten. Der bekannte Beitrag über den Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung bietet wieder eine aktualisierte Übersicht über einen Großteil der zulassungsbedürftigen Produkte aus dem Bereich Wandbauelemente.

- Die Abteilung *Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung* schildert in einem ausführlichen praktischen Bericht die Sicherung von historischen Gewölben in einer Kirche. Zum Einsatz von bewehrtem Mauerwerk schreibt anschließend ein Praktiker zuerst über die erforderlichen theoretischen Grundlagen und lässt dann einige Beispiele für die Berechnung folgen. Einen umfangreichen Überblick über Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau einschließlich Informationen zu derzeit gültigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen aus diesem Bereich gibt der Beitrag von Fachleuten des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt. Der letzte Aufsatz dieser Rubrik gibt Einblick in zerstö-

rungsfreie Prüfverfahren und deren Einsatz bei der Bewertung von Schäden an Mauerwerk.

- Das Kapitel *Bemessung* widmet sich der Schubtragfähigkeit von großformatigen Kalksandsteinwänden mit geringem Überbindemaß sowie in einem weiteren Beitrag einem Nachweisverfahren für Brücken aus Natursteinmauerwerk.

- Ein immer aktuelles Thema ist die stetige Verbesserung des Wärmeschutzes von Neubauten, um die steigenden gesetzlichen Anforderungen erfüllen zu können. Aber auch bestehende Bauwerke müssen den gestiegenen Ansprüchen angepasst werden: In der Rubrik *Bauphysik · Brandschutz* werden Detaillösungen für Innendämmungen angeboten. Außerdem widmen sich zwei Artikel den veränderten gesetzlichen Vorschriften – die Novelle der EG-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden muss für Deutschland umgesetzt werden, dies hat natürlich auch Auswirkungen auf den Mauerwerksbau; außerdem ist ein wichtiges zu lösendes Problem die „Messung“ der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Zertifizierungssysteme dazu und Informationen zu ersten zertifizierten Gebäuden werden aus Sicht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS vorgestellt.

- Im Bereich *Normen · Zulassungen · Regelwerk* stehen die tabellarischen Übersichten zu den geltenden technischen Regeln für den Mauerwerksbau sowie das grundlegend überarbeitete aktuelle Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zur Verfügung. Zur Erhöhung des Nutzens für die Leser wurden die einzelnen Zulassungen um die wichtigsten statischen Werte und die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit ergänzt sowie dem Beitrag eine Übersicht der gültigen Zulassungsgegenstände, geordnet nach Zulassungsnummern und mit den entsprechenden Seitenzahlen dieses Beitrags sowie des Beitrags „Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung“ aus dem Kapitel *Baustoffe · Bauprodukte* versehen, beigefügt.

- Das Kapitel *Forschung* bringt nach dem jährlichen Überblick über die aktuelle Forschungssituation im Mauerwerksbau einen Beitrag zur Kollapsanalyse zur Überprüfung der Widerstandsfähigkeit von komplexen Mauerwerksstrukturen gegenüber Erdbebeneinwirkungen. Der vorliegende Beitrag schildert die Entwicklung dieses numerischen Werkzeugs zur Simulation des Verhaltens von Mauerwerksbauten während eines Erdbebens bis zum Einsturz. Es liegt auf der Hand, dass die hierzu bisher notwendigen praktischen Experimente (Rütteltisch- oder andere dynamische Versuche, zum

Teil an Strukturen in Originalgröße) mit hohem Aufwand und entsprechenden Kosten verbunden sind. Das entwickelte numerische Modell könnte diese aufwendigen Tests unter Vermeidung der Probleme der bisher angewendeten FE-Berechnungen ersetzen.

Bei unseren Autoren, die ausnahmslos ausgewiesene Fachleute auf ihrem jeweiligen Gebiet sind, bedanke ich mich für die Bearbeitung der Beiträge, die oft neben dem eigentlichen, meist erheblichen Arbeitspensum bereitwillig übernommen wurden. Es ist wichtig, wertvolle Erfahrungen mit Fachkollegen zu teilen und für die tägliche Arbeit nutzbar zu machen – wer hierfür bereit ist, zusätzliche Zeit zu opfern, dem gebührt Dank und Anerkennung.

Der Verlag Ernst & Sohn ermöglicht bereits im 36. Jahrgang das Erscheinen des Mauerwerk-Kalenders in gewohnter Qualität und bietet damit eine fachlich fundierte, wissenschaftliche Plattform gemischt

mit praktischen Anwendungsfällen für alle „Mauerwerker“.

Wenn Sie, liebe Leser, interessanten Lese- und Gesprächsstoff in der vorliegenden aktuellen Ausgabe des Mauerwerk-Kalenders finden, diesen mit Fachkollegen diskutieren und die Redaktion optimalerweise daran teilhaben lassen im Sinne der positiven Entwicklung dieses Kompendiums – dann hat das Team aus Verlag, Herausgeber und Autoren; aber auch Lektorat, Satz und Herstellung seine Arbeit gut gemacht.

Schreiben Sie mir, ob Sie etwas vermissen – gern aber auch, wenn Sie zufrieden sind und die Lektüre Ihnen gefallen hat.

Ihr

Wolfram Jäger  
ji@jaeger-ingenieure.de

Dresden, im Dezember 2010

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	III
Autoren .....	XVII
Beiträge früherer Jahrgänge .....	XXI
Abdruck von Technischen Baubestimmungen .....	XXV
<b>A Baustoffe · Bauprodukte</b>	
<b>I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen</b> .....	<b>3</b>
Peter Schubert und 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 $\phi$ ) .....	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	19
5.3 Zugfestigkeit und -tragfähigkeit .....	19
5.4 Biegezugfestigkeit und -tragfähigkeit .....	19
5.5 Verformungseigenschaften .....	23
5.5.1 Allgemeines .....	23
5.5.2 Druckbeanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen .....	23
5.5.3 Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen .....	25
5.5.4 Zug-E-Modul $E_Z$ (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen) .....	25
5.5.5 Feuchtedehnung $\epsilon_f$ , (Schwinden $\epsilon_s$ , irreversibles Quellen $\epsilon_q$ ), Kriechen (Kriechzahl $\phi$ ), Wärme- dehnungskoeffizient $\alpha_T$ .....	26
6 Feuchtigkeitstechnische Kennwerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk .....	27
6.1 Kapillare Wasseraufnahme .....	27
6.2 Wasserdampfdurchlässigkeit .....	27
7 Natursteine, Natursteinmauerwerk .....	28
8 Eigenschaftswerte von Putzen (Außenputz)	29
8.1 Allgemeines .....	29
8.2 Festigkeitseigenschaften .....	29
8.2.1 Druckfestigkeit $\beta_D$ .....	29
8.2.1 Zugfestigkeit $\beta_Z$ .....	30
8.3 Verformungseigenschaften .....	30
8.3.1 Zug-E-Modul $E_Z$ , dynamischer E-Modul dyn E .....	30
8.3.2 Zugbruchdehnung $\epsilon_{Z,u}$ .....	30
8.3.3 Zugrelaxation $\psi$ .....	30
8.3.4 Schwinden $\epsilon_s$ , Quellen $\epsilon_q$ .....	30
8.4 Eigenschaftszusammenhänge .....	30
9 Literatur .....	31

<b>II</b>	<b>Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit von Mauerwerksbaustoffen</b> .....	35		
	Hans R. Peters und Horst Bossenmayer, Königswinter			
1	Nachhaltigkeit .....	35	4	Umweltverträglichkeit von Bauprodukten .
1.1	Begriffsbestimmung .....	35	4.1	Gesetzliche Ausgangssituation .....
1.2	Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens in Deutschland .....	35	4.2	Das deutsche Umweltrecht .....
1.3	Nachhaltiges Bauen .....	36	4.3	Produkthaftung .....
1.4	Nachhaltigkeit von Bauprodukten .....	36	4.4	Die neue Bauprodukten-Verordnung .....
2	Bewertung und Berechnung der Nachhaltigkeit von Gebäuden .....	36	4.5	Prüfnormen bezüglich der Freisetzung und Festlegung gefährlicher Stoffe .....
2.1	Erste Ansätze aus dem Bereich des Mauerwerkbaus .....	36	4.5.1	Die Arbeit des CEN/TC 351 .....
2.2	International existierende Bewertungssysteme .....	37	4.5.2	Boden und Wasser .....
2.3	Das deutsche Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude .....	37	4.5.3	Innenraumluft .....
3	Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs) .....	40	4.5.4	Bestimmung des Gehalts gefährlicher Stoffe .....
3.1	Normativer Hintergrund .....	40	4.5.5	Verzicht auf Prüfungen .....
3.2	Inhalt einer EPD .....	41	4.5.6	Validierung und Zeitschiene .....
3.3	Modularer Aufbau einer EPD .....	43	4.5.7	Integration der Prüfnormen in Zulassungen und Produktnormen .....
3.4	Umsetzung des Informationssystems auf die gesamte Baubranche .....	43	4.6	Umweltverträglichkeit von Mauerwerks- stoffen .....
3.5	Datenbereitstellung .....	43	4.7	Verwendung von Recycling-Baustoffen ..
3.6	Vorhandene EPDs von Mauerwerks- baustoffen .....	43	4.8	Ausblick .....
			5	Literatur .....
<b>III</b>	<b>Lehmsteine und Lehmörtel – Nachhaltige Bauprodukte auf dem Weg zur Stoffnorm</b> .....	57		
	Christof Ziegert, Klaus Dierks und Urs Müller, Berlin			
1	Vorbemerkungen .....	57	4.3	Lehmmauermörtel .....
2	Stand der Anwendung von Lehmbaustoffen	57	4.3.1	Begriffe .....
3	Ausgewählte Gründe für die Anwendung von Lehmbaustoffen .....	58	4.3.2	Anwendungsklassen .....
3.1	Allgemeines .....	58	4.3.3	Ausgangsstoffe und Herstellung .....
3.2	Umweltverträglichkeit .....	58	4.3.4	Anforderungen und Prüfung .....
3.3	Nutzerverträglichkeit .....	58	5	Konstruktion .....
3.4	Ästhetische Aspekte .....	58	5.1	Nichttragendes Lehmsteinmauerwerk mit und ohne Holzständerwerk .....
3.5	Bautechnische Aspekte .....	59	5.2	Tragendes Lehmsteinmauerwerk .....
3.6	Globale Aspekte .....	59	5.2.1	Allgemeines .....
4	Baustoffe für Lehmsteinmauerwerk .....	59	5.2.2	Konstruktive Grundsätze .....
4.1	Vorbemerkung .....	59	5.2.3	Tragstruktur und Bemessung .....
4.2	Lehmsteine .....	59	5.2.4	Bauphysikalisches Verhalten von tragenden Lehmsteinwänden .....
4.2.1	Begriffe .....	59	6	Zusammenfassung und Ausblick .....
4.2.2	Ausgangsstoffe und Herstellung von Lehmsteinen .....	60	7	Literatur .....
4.2.3	Anforderungen an Lehmsteine .....	60		
<b>IV</b>	<b>Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung</b> .....	71		
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin			
	Vorbemerkungen .....	71	1.1.2	Ziegel mit integrierter Wärmedämmung ..
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	72	1.1.3	Verfüllziegel .....
1.1	Mauersteine üblichen Formates .....	72	1.1.4	Kalksandsteine .....
1.1.1	Mauerziegel .....	72	1.1.5	Betonsteine .....



1.1.6	Sonstige Mauersteine .....	95	4.2	Vergusstafeln .....	158
1.2	Mauersteine größeren Formates .....	95	4.3	Verbundtafeln .....	158
1.2.1	Mauerziegel .....	95	5	Geschosshohe Wandtafeln .....	162
1.2.2	Betonsteine .....	95	6	Schalungsstein-Bauarten .....	166
1.3	Mauermörtel .....	96	6.1	Konstruktion und Baustoffe .....	166
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel .....	96	6.1.1	Konstruktion .....	166
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	96	6.1.2	Steine .....	167
2.1.1	Planziegel .....	96	6.1.3	Mörtel .....	168
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärme- dämmung .....	102	6.1.4	Füllbeton .....	169
2.1.3	Planverfüllziegel .....	115	6.2	Herstellung des Mauerwerks auf der Baustelle, Konstruktion .....	169
2.1.4	Kalksand-Plansteine .....	116	6.3	Entwurf und Berechnung .....	170
2.1.5	Porenbeton-Plansteine .....	118	6.4	Wärmeschutz .....	171
2.1.6	Beton-Plansteine .....	119	6.5	Brandschutz .....	171
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	137	6.6	Sonderfälle von Schalungsstein-Bauarten	171
2.2.1	Planziegel-Elemente .....	137	7	Trockenmauerwerk .....	171
2.2.2	Kalksand-Planelemente .....	137	8	Bewehrtes Mauerwerk .....	180
2.2.3	Porenbeton-Planelemente .....	138	8.1	Hochlochziegel für bewehrtes Mauerwerk	183
2.2.4	Beton-Planelemente .....	139	8.2	Stürze .....	183
2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgeschosshoher Ausführung .....	141	9	Ergänzungsbauteile .....	197
2.4	Weitere Dünnbettmörtel .....	144	9.1	Mauerfuß-Dämmelemente .....	197
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel .....	146	9.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerks- schalen von zweischaligen Außenwänden	202
4	Vorgefertigte Wandtafeln .....	149	9.3	Sonstige Ergänzungselemente .....	212
4.1	Geschosshohe Mauertafeln .....	149	10	Literatur .....	215

## B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung

I	<b>Die Sicherung von historischen Gewölben am Beispiel der Kirche St. Michael in Eldorf-Berrendorf</b> .....	219			
	Axel Dominik und Sabine Koch, Bornheim-Merten				
1	Einführung .....	219	6.1.1	„Kalk-Bimsstein-Gewölbe“ .....	225
2	Bau- und Restaurierungsgeschichte .....	219	6.1.2	Mauerziegelgewölbe .....	230
3	Problemstellung/Ziele .....	220	6.2	Spannkraftregulierung an Spann- ankern zur gleichmäßigen Gewölbe- schubaufnahme – Maßnahme 2 .....	237
4	Zustand des Gewölbemauerwerks .....	221	6.2.1	Randbedingungen .....	237
5	Restauratorische Instandsetzung des Gewölbemauerwerks .....	222	6.2.2	Prüfeinrichtungen .....	239
5.1	Maßnahme 1 – Konsolidierung (Tränkung) des Gewölbemauerwerks .....	222	6.2.3	Spannanker .....	239
5.2	Maßnahme 2 – Aufbringen von Oberlast- rippen und Zugankern .....	224	6.2.4	Messergebnisse .....	240
5.3	Maßnahme 3 – Auftrag eines Gewölbe- Stütz-Putzsystems .....	224	6.2.5	Beurteilung .....	240
5.4	Maßnahme 4 – Einbau der Klimaebene ..	225	6.2.6	Einbau von Spannkraftreglern .....	242
6	Forschung und Entwicklung .....	225	6.2.7	Resümee .....	243
6.1	Tragfähigkeitserhöhung von Gewölbe- mauerwerk – Maßnahme 1 und 3 .....	225	6.3	Klimastabilisierung im Bereich der Gewölbe (Forschung) – Maßnahme 4 ...	243
			6.3.1	Versuchsdurchführung .....	243
			7	Danksagung .....	245
			8	Literatur .....	245

<b>II</b>	<b>Einsatz von bewehrtem Mauerwerk</b> .....	247			
	Philipp Guirguis, Friedrichsdorf				
1	Einleitung .....	247	6.1	Allgemeines .....	253
2	Anwendungsbeispiele für bewehrtes Mauerwerk .....	247	6.2	Anordnung horizontaler Bewehrung .....	253
2.1	Bewehrung von Mauerwerk zur konstruktiven Rissesicherung .....	247	6.3	Anordnung vertikaler Bewehrung .....	253
2.2	Bewehrtes Mauerwerk bei horizontaler Zugbeanspruchung .....	248	6.4	Verankerung der Bewehrung .....	253
2.3	Bewehrtes Mauerwerk bei biegebeanspruchten Platten .....	248	7	Konstruktive Rissesicherung durch Einsatz von Mauerwerksbewehrung .....	255
2.4	Bewehrtes Mauerwerk bei senkrechter Druckbeanspruchung .....	249	7.1	Rissursachen .....	255
2.5	Bewehrtes Mauerwerk unter Balken- und Scheibenbeanspruchung .....	249	7.2	Zwangsbeanspruchte Wände .....	255
2.6	Bewehrtes Mauerwerk im Verblendmauerwerk .....	249	7.3	Trennwände auf biegeweichen Decken ..	256
2.7	Bewehrtes Mauerwerk unter Erdbebenbeanspruchung .....	250	8	Bemessung von bewehrtem Mauerwerk nach DIN 1053-3 .....	256
3	Bemessungsvorschriften für bewehrtes Mauerwerk .....	250	8.1	Bemessung auf Biegung und Biegung mit Längskraft .....	256
4	Baustoffe für bewehrtes Mauerwerk .....	251	8.1.1	Allgemeines .....	256
4.1	Mauersteine .....	251	8.1.2	Bemessung nach dem $k_H$ -Verfahren .....	257
4.2	Mauermörtel .....	251	8.2	Bemessung auf Querkraft .....	257
4.3	Verfüllbeton für Aussparungen und Formsteine .....	251	8.2.1	Plattenschub .....	257
4.4	Bewehrung .....	251	8.2.2	Scheibenschub .....	258
4.4.1	Betonstahl nach DIN 488-1 .....	251	8.3	Stabilitätsnachweis .....	259
4.4.2	Bewehrungselemente .....	251	8.4	Zahlenbeispiel 1: Ringanker nach DIN 1053-3 .....	259
5	Korrosionsschutz der Bewehrung .....	253	8.5	Zahlenbeispiel 2: Ringbalken nach DIN 1053-3 .....	259
5.1	Allgemeines .....	253	8.6	Zahlenbeispiel 3: Sturz nach DIN 1053-3 im Verblendmauerwerk .....	260
5.2	Korrosionsschutz im Mauermörtel .....	253	8.7	Zahlenbeispiel 4: Erddruckbelastete Kellerwand nach DIN 1053-3 .....	261
5.3	Korrosionsschutz im Beton .....	253	9	Erdbebensicherheit durch Einsatz von bewehrtem Mauerwerk .....	261
6	Ausbildung bewehrter Querschnitte nach DIN 1053-3 .....	253	9.1	Einführung .....	261
			9.2	Experimentelles Versuchsprogramm .....	262
			9.3	Schlussfolgerung .....	264
			10	Literatur .....	265
<b>III</b>	<b>Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau</b> .....	267			
	Michael Müller und Eckehard Scheller, Berlin				
1	Einleitung – Allgemeines .....	267	2.3	Kunststoffdübel zur Befestigung von Putzträgerplatten und Wärmedämm-Verbundelementen .....	280
1.1	Einleitung .....	267	2.4	Dübel zur Verankerungen von Drahtankern für zweischaliges Mauerwerk und Vormauerschalen .....	280
1.2	Allgemeines .....	267	2.4.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen .....	280
1.3	Dübelarten mit Bohrmontage .....	268	2.4.2	Beschreibung und Wirkungsweise .....	280
2	Kunststoffdübel mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung .....	269	2.4.3	Anwendungsbereich .....	281
2.1	Kunststoffdübel zur Befestigung von Fassadenbekleidungen .....	269	2.4.4	Zulässige Beanspruchungen .....	281
2.1.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen .....	269	2.4.5	Montage und sonstige Hinweise .....	281
2.1.2	Beschreibung und Wirkungsweise .....	270	3	Kunststoffdübel mit europäischer technischer Zulassung .....	281
2.1.3	Anwendungsbereich .....	271	3.1	ETAG 020 – Leitlinie für Kunststoffdübel für Verankerungen in Beton und Mauerwerk .....	281
2.1.4	Zulässige Beanspruchungen .....	273			
2.1.5	Montage und sonstige Hinweise .....	277			
2.2	Kunststoffdübel zur Befestigung von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) .....	279			

3.1.1	Allgemeines	281	6.1	Porenbetondübel	311
3.1.2	Geltungsbereich	282	6.1.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen	311
3.1.3	Abmessungen und Werkstoffe	282	6.1.2	Beschreibung und Wirkungsweise	311
3.1.4	Nutzungskategorien	282	6.1.3	Anwendungsbereich	314
3.1.5	Zulassungsversuche allgemein	282	6.1.4	Zulässige Beanspruchungen	315
3.1.6	Zulassungsversuche im Mauerwerk	283	6.1.5	Montage und sonstige Hinweise	315
3.1.7	Anhänge A, B und C	283	6.2	Dübel zur nachträglichen Verankerung von Vormauerschalen	316
3.1.8	Europäische technische Zulassungen (ETA) nach ETAG 020	284	6.2.1	Allgemeines	316
3.2	ETAG 014 – Leitlinie für Kunststoff- dübel zur Befestigung von Wärmedämm- Verbundsystemen	290	6.2.2	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen	317
3.2.1	Allgemeines	290	6.2.3	EJOT VSD Verblend-Sanier-Dübel	317
3.2.2	Kunststoffdübel für WDVS	290	6.2.4	fischer-Verblendsanieranker VBS 8	319
3.2.3	Verankerungsgrund	291	6.2.5	Hilti-Gelenkanker HGA	319
3.2.4	Versuche	291	6.2.6	Hilti-Mauerwerksvermadelung HIT-MV zur nachträglichen Verankerung von Vormauerschalen	321
3.2.5	Nutzungskategorien	291	7	Anker, Konsolen und Schienen	321
3.2.6	Baustellenversuche	291	7.1	Allgemeines	321
3.2.7	Europäische technische Zulassungen (ETA) nach ETAG 014	291	7.2	Anker	321
3.2.8	Anwendungszulassungen, Technical Reports und Änderung der ETAG 014	302	7.2.1	Allgemeines	321
4	Injektionsdübel mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung	302	7.2.2	Maueranschlussanker	323
4.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen	302	7.2.3	Wandanschlusswinkel	324
4.2	Beschreibung der Komponenten und Wirkungsweise	302	7.2.4	Mauerverbinder	325
4.3	Anwendungsbereich	307	7.2.5	Anker zur Verbindung der Mauerwerks- schalen von zweischaligen Außenwänden	325
4.4	Zulässige Beanspruchungen	307	7.2.6	Attika-Verblendanker	325
4.5	Montage und sonstige Hinweise	308	7.3	Konsolen	326
4.6	Beispiel für Sonderlösung: fischerThermax	309	7.3.1	Allgemeines	326
5	Injektionsdübel mit europäischer technischer Zulassung	310	7.3.2	Einzelkonsolen	327
5.1	ETAG 029 – Leitlinie für Injektionsdübel zur Verankerung im Mauerwerk	310	7.3.3	Winkelkonsolen	329
5.2	Geltungsbereich	310	7.3.4	Einmörtelkonsolen	329
5.3	Wirkungsweise und Abmessungen	311	7.3.5	Konsolwinkel	329
5.4	Nutzungskategorien	311	7.3.6	Auflagerwinkel	330
5.5	Charakteristische Tragfähigkeitswerte	311	7.4	Schienen	330
5.6	Anhänge A, B und C	311	7.4.1	Allgemeines	330
6	Weitere Dübel mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung	311	7.4.2	Maueranschlussschienen	330
			7.4.3	Ankerschienen	331
			7.4.4	Ankerschienen mit Verzahnung	333
			7.4.5	Ankerschienen für Fertigteilstürze	333
			7.5	Ergänzungsbauteile für Mauerwerk nach DIN EN 845	334
			8	Zusammenfassung – Ausblick	335
			9	Literatur	335

#### IV Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk,

<b>Teil 8: Bewertung von Schädigungsprozessen mithilfe zerstörungsfreier Prüfverfahren</b>	337
Christiane Maierhofer, Berlin, Rüdiger Mecke, Magdeburg und Jeannine Meinhardt, Halle	

1	Einleitung	337	4	Fallstudien	344
2	Messprinzip	338	4.1	Sandsteinsäule im Magdeburger Dom	344
3	Verfahrensbeschreibungen	338	4.2	Madonna im Halberstädter Dom	346
3.1	Weiterentwicklung des 3-D-Laserscanners	338	5	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	348
3.2	Weiterentwicklung der aktiven Thermografie	340	6	Danksagung	349
3.3	Monitoring und Datenfusion	342	7	Literatur	349
3.4	Visualisierung	343			

**C Bemessung**

<b>I</b>	<b>Schubtragfähigkeit von Wänden aus Kalksand-Planelementen mit geringem Überbindemaß – Experiment und rechnerische Simulation mit nichtlinearen FE-Methoden</b> .....	353			
	Erhard Gunkler, Johanna Glahe, Detmold; Harald Budelmann, Silvio Sperbeck, Sven Ledderboge, Braunschweig und Andreas Schlundt, Hannover				
1	Einführung .....	353	3	Theoretische Untersuchungen .....	366
2	Durchführung des Forschungsprojektes und Ergebnisse .....	354	Teil B	Rechnerische Simulation des Tragverhaltens der Wände mithilfe nichtlinearer FE-Berechnungen .....	366
Teil A	Experimentelle Untersuchungen an unbewehrten KS-Wänden unter statisch-zyklischer Horizontalbeanspruchung ....	354	B 1	Rechnerische Überprüfung der Versuchsergebnisse .....	366
A 1	Materialprüfungen an Mauerwerk und dessen Komponenten .....	354	B 2	Weitere rechnerische Simulationen ....	371
A 2	Wandversuche .....	356	4	Zusammenfassung .....	373
			5	Literaturverzeichnis .....	374
<b>II</b>	<b>Nachweisverfahren für Brücken aus Natursteinmauerwerk</b> .....	377			
	Frank Purtak und Uwe Hirsch, Dresden				
1	Einleitung .....	377	7.2.5	Auffüllungshöhe .....	396
2	Aufbau von Natursteinbrücken .....	377	7.3	Räumliches Modell .....	396
3	Einwirkungen .....	378	7.3.1	Spannweite .....	396
3.1	Ständige Einwirkungen .....	378	7.3.2	Stichhöhenverhältnis .....	396
3.2	Einwirkungen aus Straßenverkehr .....	379	7.3.3	Brückenbreite .....	396
3.2.1	Das Lastmodell 1 nach DIN-FB 101 ....	379	7.3.4	Gewölbedicke .....	399
3.2.2	Brückenregelklassen nach DIN 1072 ....	379	7.3.5	Überbindemaß .....	399
3.3	Einwirkungen aus Eisenbahnverkehr ....	379	7.3.6	Steinlänge .....	399
3.4	Weitere Einwirkungen .....	379	7.4	Abminderungsfaktoren .....	399
4	Traglastermittlung von Mauerwerksquerschnitten .....	381	8	Versuche am Brückenbogen .....	401
5	Entwicklung neuer Berechnungsmodelle .	384	8.1	Versuch am 1-m-Streifen im Maßstab 1:1	401
5.1	Ebenes Entkoppeltes Diskontinuumsmodell .....	384	8.1.1	Materialkennwerte .....	402
5.2	Räumliches Entkoppeltes Diskontinuumsmodell .....	385	8.1.2	Belastungs- und Messprogramm .....	402
5.3	Randbedingungen, Pfeiler und Widerlager	386	8.1.3	Ergebnisse .....	402
5.4	Aufprägung von Verkehrslasten .....	386	9	Bemessungskonzepte .....	404
5.5	Ermittlung der Stützlinie als Grundlage der Nachweisführung .....	387	9.1	Teilsicherheitskonzept .....	404
5.6	Berechnungsergebnisse .....	389	9.2	Globales Sicherheitskonzept .....	404
5.6.1	Ebenes Diskontinuumsmodell .....	389	10	Gegenüberstellung der Bemessungskonzepte an einer Beispielbrücke .....	405
5.6.2	Räumliches Diskontinuumsmodell .....	389	10.1	Materialkennwerte .....	406
6	Räumliche Tragwirkung .....	390	10.2	Entkoppeltes Diskontinuumsmodell ....	406
6.1	Mauerwerk ohne Übergreifung in Querrichtung .....	390	10.2.1	Nachweis mit Teilsicherheitskonzept ....	407
6.2	Mauerwerk mit Übergreifung in Querrichtung .....	391	10.2.2	Nachweis mit globalem Sicherheitskonzept .....	408
7	Untersuchungen an der Standardbrücke ..	392	10.3	Nachweis nach DIN 1053-100 .....	408
7.1	Standardbrücke .....	392	11	Vereinfachtes Nachweisverfahren für Gewölbebrücken .....	410
7.2	Ebenes Modell .....	393	11.1	Nachweise mit Teilsicherheitskonzept ...	413
7.2.1	Spannweite .....	393	11.2	Nachweise mit globalem Sicherheitskonzept .....	413
7.2.2	Stichhöhenverhältnis .....	394	12	Ausblick: Das Allgemeine Diskontinuumsmodell .....	413
7.2.3	Bogendicke .....	395	13	Zusammenfassung .....	413
7.2.4	Auffüllungswichte .....	395	14	Literatur .....	415

**D Bauphysik · Brandschutz**

<b>I</b>	<b>Baupraktische Detaillösungen für Innendämmungen mit hohem Wärmeschutzniveau</b> . . . . .	419		
	Géraldine Liebert und Silke Sous, Aachen; Projektleiter: Rainer Oswald und Matthias Zöller			
1	Ausgangssituation und Forschungsarbeit des AIBau . . . . .	419	6	Fensteranschlüsse . . . . .
			6.1	Dämmung der Fensterlaibung . . . . .
2	Systemvergleich Außen-/Innendämmung . . . . .	419	6.2	Möglichkeiten zum Erhalt alter Fenster . . . . .
2.1	Außendämmung . . . . .	420	6.3	Lage des Fensters im Bauteilquerschnitt . . . . .
2.2	Innendämmung . . . . .	420	6.4	Anschluss der Luftdichtheitsebene an die Fensterkonstruktion . . . . .
3	Rechnerische Nachweisverfahren . . . . .	421	6.4.1	Diffusionsoffenes Dämmsystem . . . . .
3.1	Nachweisverfahren nach DIN 4108 (Tauwassernachweis nach <i>Glaser</i> und Temperaturfaktor $f_{Rsi}$ ) . . . . .	421	6.4.2	Dämmsystem mit raumseitiger Dampfsperre . . . . .
3.2	Nachweisfreie Konstruktionen . . . . .	421	6.5	Zusammenfassung zur Ausbildung von Fensteranschlüssen bei Innendämmungen . . . . .
3.3	Nachweis mit hygrothermischer Simulationsrechnung . . . . .	422	7	Einbindende Bauteile . . . . .
3.4	Vereinfachter Nachweis nach Planungslitfadent WTA . . . . .	422	7.1	Erfordernis flankierender Maßnahmen an einbindenden Bauteilen . . . . .
4	Regelquerschnitt bei Innendämmungen . . . . .	422	7.2	Möglichkeiten zur Entschärfung von Wärmebrücken . . . . .
4.1	Diffusionstechnische Eigenschaften des Dämmsystems . . . . .	422	7.3	Massive Trennbauteile . . . . .
4.2	Dämmschichtdicke . . . . .	423	7.3.1	Mauerwerksinnenwände . . . . .
4.3	Schlagregenschutz . . . . .	424	7.3.2	Stahlbetondecken . . . . .
4.4	Hinterströmen des Dämmsystems . . . . .	425	7.4	Leichte Trennbauteile . . . . .
4.5	Schall- und Brandschutz . . . . .	426	7.4.1	Fachwerkkinnenwände und Holz-/Metallständerwände . . . . .
4.6	Zusammenfassung zur Ausbildung des Regelquerschnittes bei Innendämmungen . . . . .	426	7.4.2	Holzbalkendecken . . . . .
5	Grundsätzliche Aspekte bei der Detailgestaltung von Unterbrechungen bei Innendämmungen . . . . .	427	7.5	Zusammenfassung zur Anschlussausbildung von einbindenden Bauteilen bei Innendämmungen . . . . .
5.1	Unterbrechungen des Dämmsystems in der Fläche . . . . .	427	8	Zusammenfassung . . . . .
5.2	Unterbrechungen an Rändern des Dämmsystems . . . . .	427	9	Literatur . . . . .
<b>II</b>	<b>Novelle der EG-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – wesentliche Inhalte und Auswirkungen</b> . . . . .	441		
	Hans-Dieter Hegner, Berlin			
1	Einleitung . . . . .	441	4	Maßnahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau . . . . .
2	Nationale Umsetzungsstrategie . . . . .	441	5	Fazit . . . . .
3	Neue Anforderungen durch die Richtlinie . . . . .	442	6	Literatur . . . . .
<b>III</b>	<b>Neue Instrumente und Zertifizierungssysteme für das nachhaltige Bauen, erste zertifizierte Gebäude</b> . . . . .	447		
	Hans-Dieter Hegner, Berlin			
1	Einleitung . . . . .	447	3.1	Entwicklungsgeschichte, erste bewertete Objekte . . . . .
2	Ausgangslage in Europa und in Deutschland . . . . .	447	3.2	Das Bewertungssystem in der Übersicht . . . . .
3	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes . . . . .	450	3.3	Ökologische Kriterien . . . . .
			3.4	Ökonomische Kriterien . . . . .

3.5	Soziokulturelle und funktionale sowie technische Kriterien . . . . .	455	5	Der Neubau des Hauptzollamtes Rosenheim – ein Beispiel des Bundes . . .	458
3.6	Prozessqualität . . . . .	456	6	Fazit . . . . .	462
4	Anwendung und Fortentwicklung der Bewertungssysteme . . . . .	457	7	Literatur . . . . .	462

**E Normen · Zulassungen · Regelwerk**

**I Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche und Europäische Normen) . . . . . 465**  
Immo Feine und Joachim Kopacek, Berlin

Vorbemerkung . . . . .	465	5.3	Prüfnormen für Mörtel . . . . .	475
1. Bemessung und Ausführung . . . . .	466	5.4	Prüfnormen für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk . . . . .	476
2. Mauersteine, Mauermörtel und Putzmörtel . . . . .	468	5.5	Prüfverfahren für Wärmeschutz . . . . .	477
3. Mörtelbestandteile . . . . .	469	6.	Bauphysik . . . . .	478
4. Weitere Baustoffe . . . . .	471	7.	Bauwerksabdichtungen . . . . .	481
5.1 Prüfnormen für Mauerwerk . . . . .	474	8.	Weitere Normen, die für den Mauer- werksbau von Bedeutung sind . . . . .	482
5.2 Prüfnormen für Mauersteine . . . . .	474			

**II Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau  
(Stand 1.11.2010) . . . . . 483**  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin

1	Mauerwerk mit Normal- oder Leicht- mörtel . . . . .	484	2.2.3	Porenbeton-Planelemente . . . . .	545
1.1	Mauersteine üblichen Formates . . . . .	484	2.2.4	Beton-Planelemente . . . . .	546
1.1.1	Mauerziegel . . . . .	484	2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgeschosshoher Ausführung . . . .	548
1.1.2	Ziegel mit integrierter Wärmedämmung .	493	2.4	Weitere Dünnbettmörtel . . . . .	548
1.1.3	Verfüllziegel . . . . .	494	3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel . . . . .	549
1.1.4	Kalksandsteine . . . . .	495	4	Vorgefertigte Wandtafeln . . . . .	551
1.1.5	Betonsteine . . . . .	496	4.1	Geschosshohe Mauertafeln . . . . .	551
1.1.6	Sonstige Mauersteine . . . . .	503	4.2	Vergusstafeln . . . . .	553
1.2	Mauersteine größeren Formates . . . . .	503	4.3	Verbundtafeln . . . . .	553
1.2.1	Mauerziegel . . . . .	503	5	Geschosshohe Wandtafeln . . . . .	554
1.2.2	Betonsteine . . . . .	503	6	Schalungsstein-Bauarten . . . . .	554
1.3	Mauermörtel . . . . .	504	7	Trockenmauerwerk . . . . .	555
1.3.1	Leichtmörtel . . . . .	504	8	Bewehrtes Mauerwerk . . . . .	556
1.3.2	Sonstige Mörtel . . . . .	504	8.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk . . .	556
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel . . . . .	504	8.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauer- werk . . . . .	556
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel . . . . .	504	8.3	Stürze . . . . .	556
2.1.1	Planziegel . . . . .	504	9	Ergänzungsbauteile . . . . .	557
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärme- dämmung . . . . .	518	9.1	Mauerfuß-Dämmelemente . . . . .	557
2.1.3	Planverfüllziegel . . . . .	523	9.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerks- schalen von zweischaligen Außenwänden	558
2.1.4	Kalksand-Plansteine . . . . .	525	9.3	Sonstige Ergänzungselemente . . . . .	559
2.1.5	Porenbeton-Plansteine . . . . .	527			
2.1.6	Beton-Plansteine . . . . .	528			
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel . . . . .	541			
2.2.1	Planziegel-Elemente . . . . .	541			
2.2.2	Kalksand-Planelemente . . . . .	542			
				Anhang Zulassungsübersicht . . . . .	560



## F Forschung

<b>I</b>	<b>Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau</b> . . . . .	575		
	Anke Eis und Todor Vassilev, Dresden			
	Vorbemerkung . . . . .	575		
	Forschungsstellen (F) . . . . .	575		
1	Abgeschlossene Forschungsvorhaben . . . . .	578		
1.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen . . . . .	578		
1.2	Kurzberichte . . . . .	579		
1.2.1	Verbundtragverhalten von unbewehrten und bewehrten Wandbauteilen aus mit Normalbeton verfüllten Mauerziegeln . . . . .	579		
1.2.2	Analyse der maßgebenden Einwirkungskombinationen zur rationellen Bemessung von unbewehrten Bauteilen im üblichen Hochbau . . . . .	583		
1.2.3	Bemessungskonzept für Mauerwerk unter Brandeinwirkung – Anpassung der Ausnutzungsfaktoren $\alpha_2$ bei Bemessung von Mauerwerk nach DIN 1053-100 in Verbindung mit DIN 4102-4 bzw. DIN 4102-22 . . . . .	585		
1.2.4	Differenzial-Thermoanalyse (AiF) . . . . .	586		
1.2.5	Erdbebentragverhalten zusammengesetzter Schubwandquerschnitte aus unbewehrtem Mauerwerk . . . . .	587		
1.2.6	Recycling von Kalksandsteinmaterial für Tragschichten ohne Bindemittel im Straßenbau (AiF) . . . . .	589		
1.2.7	Errichtung eines in historischer Bauweise von unten gemauerten Zellengewölbes . . . . .	590		
2	Laufende Forschungsvorhaben . . . . .	592		
2.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen . . . . .	592		
2.2	Kurzberichte . . . . .	593		
2.2.1	Zerstörungsfreie Ersatzprüfverfahren zur Ermittlung der Steindruckfestigkeit (AiF) – Ultraschallmessung zur Abschätzung der Steindruckfestigkeit . . . . .	593		
2.2.2	Sanierung von erdbebengeschädigtem historischen Lehmmauerwerk <i>sowie</i>			
	Verbesserung der Erdbebensicherheit von Lehmmauerwerk . . . . .	595		
2.2.3	Untersuchungen zur Reduzierung der Tragfähigkeit von Mauerwerk bei Schwächung des Querschnittes infolge von Aussparungen und Schlitzen (DIBt) . . . . .	600		
2.2.4	Vergleich der normativen Ansätze zum Nachweis von Aussteifungsscheiben im Gebäude nach DIN 1053-1/-100, EN 1996-1-1 und dem Forschungsvorhaben ESECMaSE hinsichtlich des Sicherheitsniveaus . . . . .	602		
2.2.5	Schnittkraftermittlung für aussteifende Mauerwerkswände . . . . .	604		
2.2.6	ReMoMaB – rezyklierbare, modulare, massive Bauweise . . . . .	606		
2.2.7	Polytect – Polyfunctional Technical Textiles against Natural Hazards <i>sowie</i> Verbesserung der Erdbebensicherheit von Mauerwerk durch textile Hybrid-Bewehrungen mit integrierten hochdehnbaren Verstärkungen . . . . .	608		
2.2.8	Einfluss des Wand-Decken-Knotens auf die Tragfähigkeit und Bemessung von Ziegel-Außenwänden . . . . .	609		
2.2.9	Recycling von Mauerwerk (AiF) . . . . .	610		
2.2.10	Bioaktivierung von Porenbeton-/Kalksandsteingranulaten mit methanoxidierenden Bakterien zur Reduktion von Methanausgasungen aus Hausmülldeponien – ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz . . . . .	612		
2.2.11	Reduzierung des Energieverbrauchs und der produktionstechnisch bedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Kalksandstein-Herstellung durch energietechnische Optimierungsmaßnahmen . . . . .	614		
<b>II</b>	<b>Die Kollapsanalyse als Werkzeug zur Überprüfung von Schwachstellen an Mauerwerksstrukturen bei Erdbeben</b> . . . . .	617		
	Tammam Bakeer, Dresden			
1	Einleitung . . . . .	617	4	Überprüfung des numerischen Modells mit experimentellen Ergebnissen aus dynamischen Untersuchungen an realen Objekten . . . . .
2	Dynamische Gleichungen der sich teilenden diskreten Elemente . . . . .	618		
2.1	Arbeitsgleichung . . . . .	618		
2.2	Kontaktstoß Gleichgewicht . . . . .	619	4.1	Dynamische Untersuchungen an realen Objekten . . . . .
3	Schnittstellen – Stoffgesetze . . . . .	619	4.2	Numerische Modellierung . . . . .

4.3	Überprüfung mittels Dynamiktests in Originalgröße . . . . .	623	5.4	Kollapsanalyse der Struktur . . . . .	628
4.4	Seismisches Verhalten für unterschiedliche Einwirkungen . . . . .	624	5.5	Erdbebeneigenschaften . . . . .	629
4.5	Der Versagensvorgang der Modelle . . . . .	624	5.6	Die Richtung des Erdbebens . . . . .	629
5	Der Einfluss der Erdbebeneigenschaften auf das Versagen . . . . .	627	5.7	Das Frequenzspektrum des Erdbebens . . .	630
5.1	Moschee von Takiyya Al-Sulaymaniyya .	627	6	Überprüfung von Verstärkungsmaßnahmen . . . . .	630
5.2	Modellierung mit Finiten Elementen . . . .	627	7	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	632
5.3	Erdbebenmodellierung . . . . .	628	8	Literatur . . . . .	634
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>			<b>635</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).

**Bakeer**, Tammam, Dr.-Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl für Tragwerksplanung, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden. Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Mitglied der Forschungsgruppe „Mauerwerk“ am Lehrstuhl für Tragwerksplanung der TU Dresden; Forschungsschwerpunkt: Analytische Untersuchung von Mauerwerk (**F II**).

**Bossenmayer**, Horst J., Prof. Dr.-Ing., Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Rheinufer 108, 53639 Königswinter. Ehem. Präsident des DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin; Präsident des Instituts Bauen und Umwelt e. V. (**A II**).

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

Professor für Baustoffkunde und Leiter des Instituts für Bauforschung; Lehre und Forschung: Bindemittel, Beton, Mauerwerk; Mitglied einschlägiger DIN-Ausschüsse, u. a. der DIN-Arbeitsausschüsse „Rezept- und Ingenieurmauerwerk“, „Bewehrtes Mauerwerk“ und „Bauten aus Fertigteilen“ sowie Obmann des UA „Baustoffe“ (künftig AK Baustoffe im DIN-Spiegelausschuss „Mauerwerksbau“); Mitglied des Lenkungsremiums „Mauerwerksbau“, Mitglied des DIN-Spiegelausschusses „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“, Mitglied des DIBt-Sachverständigenausschusses „Wandbauelemente“; RILEM-Beauftragter für Deutschland (**A I**).

**Budelmann**, Harald, Prof. Dr.-Ing., TU Braunschweig, iBMB-Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Beethovenstraße 52, 38106 Braunschweig. Geschäftsführender Leiter des iBMB und Vorsitzender des Vorstandes der Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig.

Lehre: Baustofftechnologie und Stahlbetonbau. Forschungsschwerpunkte: Betontechnologie, Mauerwerksbau, Bauwerksüberwachung, Lebensdauermanagement von Bauwerken, Dauerhaftigkeit mineralischer Baustoffe, Bauwerkserhaltung und -verstärkung. Mitwirkung in Fachgremien und Ausschüssen von DIBt, DAfStb, ACI, RILEM, IALCCE, IABMAS u. a. (**C I**).

**Dierks**, Klaus, Prof. em. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., TU Berlin, Fakultät VI Planen Bauen Umwelt, Institut für Architektur, Fachgebiet Tragwerksentwurf und -konstruktion.

Mitarbeit Beirat Lehmbau-Normung (Dachverband Lehm e. V.), Beratender Ingenieur für Bauwesen, Partner im Ingenieurbüro Dierks, Babilon und Voigt, Ingenieurbüro für Tragwerksplanung (**A III**).

**Dominik**, Axel, Dipl.-Ing., Restaurator im Maurerhandwerk, Dominik Ingenieurbüro, Griegstraße 16, 53332 Bornheim-Merten.

Gutachter für Bauwerkinstandsetzung, Entwickeln und Forschen im Bereich Baustoff-, Mess- und Verfahrensentwicklung und Umsetzen von Instandsetzungskonzepten; Lehre: Lehrbeauftragter an der FH-Köln im Fachbereich Baustofflehre und Instandsetzung für Bauingenieure; Forschung: Mauerwerk- und Gewölbekonstruktion, Trag- und Verformungsverhalten sowie Mauerwerkschäden aus Feuchte, chemisch und biologisch bedingten Prozessen; Weitere Tätigkeiten: Vortragsveranstaltungen (**B I**).

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

**Feine**, Immo, Dipl.-Ing., M.Sc., DIN Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Bauwesen, Burggrafstraße 6, 10787 Berlin.

Projekt- und Gremienbetreuer im Normenausschuss Bauwesen insbesondere für den Fachbereich „Mauerwerksbau“; verantwortlich 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**).

**Glahe**, Johanna, Dipl.-Ing. (FH), cand. M.Sc., TU Braunschweig, Fachbereich Bauingenieurwesen, Beethovenstraße 52, 38106 Braunschweig (bis 02/2010): Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Bauingenieurwesen, Emilienstraße 45, 32756 Detmold (**C I**).

**Guirguis**, Philipp, Dipl.-Ing., Bekaert GmbH, Otto-Hahn-Straße 20, 61381 Friedrichsdorf.

Technischer Leiter Bauprodukte der Bekaert GmbH in den Regionen Mittel- und Osteuropa, UAE und Westasien (**B II**).

**Gunkler**, Erhard, Prof. Dr.-Ing., Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Bauingenieurwesen, Labor für Baustoffe und Massivbau, Emilienstraße 45, 32756 Detmold.

Lehre: Baustofftechnologie, Stahlbeton- und Spannbetonbau, Mauerwerksbau; Forschungsschwerpunkte: vorgespanntes Mauerwerk, Biegedrucktragfähigkeit und Schubtragfähigkeit von Mauerwerk; weitere Tätigkeiten: Mitglied der DIN-Arbeitsausschüsse „Rezept-

und Ingenieurmauerwerk“, „Bewehrtes Mauerwerk“ und „Erdbebensicherheit von Mauerwerk“ sowie des Spiegelausschusses „Mauerwerksbau“; Mitglied des DIBt-Sachverständigenausschusses „Bewehrter Poren- und Leichtbeton (C I).

**Hegner**, Hans-Dieter, Dipl.-Ing., Ministerialrat, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 11030 Berlin.  
Leiter des Referates B 13 „Bauingenieurwesen, Bauforschung, nachhaltiges Bauen, baupolitische Ziele“ im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in Berlin. Obmann und Mitarbeiter in verschiedenen DIN-Ausschüssen und Obmann des Sachverständigenausschusses „Baustoffe und Bauarten für den Wärme- und Schallschutz“ des DIBt. Fachbuchautor (D II, D III).

**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 IV, E II).

**Hirsch**, Uwe, M.Sc. Dipl.-Ing. (FH), Trag Werk Ingenieure, Prellerstraße 9, 01309 Dresden.  
Mitarbeiter im o.g. Ingenieurbüro. Forschung: Tragfähigkeit von Bogen- und Gewölbekonstruktionen (C II).

**Jäger**, Wolfram, Prof. Dr.-Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl für Tragwerksplanung, Zellerscher Weg 17, 01069 Dresden.  
Lehre: Tragwerksplanung, Analyse historischer Tragwerke, Grundlagen Sanierung/Modernisierung; Enhancement of Masonry Structures; Forschung: Mauerwerksbau und Sanierung historischer Bauwerke; Berater Ingenieur für Bauwesen und Prüfeningenieur für Standsicherheit; Gesellschafter der Jäger Ingenieure GmbH in Radebeul und der Jäger u. Bothe Ingenieure in Chemnitz; Obmann des DIN-Spiegelausschusses „Mauerwerksbau“, Obmann des DIN-Arbeitsausschusses „Rezept- und Ingenieurmauerwerk“, Mitarbeit bei der Europäischen Normung der Bemessung von Mauerwerk u. a. in den CEN-Projektgruppen „EN 1996-1-1“ und „EN 1996-1-3“; Mitglied des DIBt-Sachverständigenausschusses „Wandbauelemente“, Chefredakteur der Zeitschrift „Mauerwerk“ (Herausgeber, A IV, E II).

**Koch**, Sabine, Dipl.-Ing., Dominik Ingenieurbüro, Griegstraße 16, 53332 Bornheim-Merten.  
Mitarbeiterin im o.g. Ingenieurbüro, Restauratorin im Steinmetz- und Bildhauerhandwerk; Entwickeln und Forschen im Bereich Baustoff-, Mess- und Verfahrensentwicklung und Umsetzen von Instandsetzungskonzepten; Forschung: Mauerwerk- und Gewölbebau, Trag- und Verformungsverhalten sowie Mauerwerksschäden aus Feuchte, chemisch und biologisch bedingten Prozessen (B I).

**Kopacek**, Joachim, Dipl.-Ing., ehem. DIN Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Bauwesen, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.  
Ehem. Referent im Normenausschuss Bauwesen insbesondere für den Fachbereich „Mauerwerksbau“; Ehem. Geschäftsführer aller DIN-Arbeitsausschüsse für den Mauerwerksbau und Ehem. Geschäftsführer der Internationalen Mauerwerksausschüsse CEN/TC 250/SC6, CEN/TC 125/WG 1 und ISO/TC 179 (E I).

**Ledderboge**, Sven, Dipl.-Ing., TU Braunschweig, iBMB-Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Beethovenstraße 52, 38106 Braunschweig (C I).

**Liebert**, Géraldine, Dipl.-Ing. Architektin, AIBau Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH, Theresienstraße 19, 52072 Aachen.  
Staatlich anerkannte Sachverständige für Schall- und Wärmeschutz (D I).

**Maierhofer**, Christiane, Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin.  
Fachgruppe VIII.4 – Akustische und elektromagnetische Verfahren, Arbeitsgruppenleiterin Thermografische Verfahren, Forschungsschwerpunkte: Entwicklung und Anwendung von Verfahren der passiven und aktiven Thermografie, zerstörungsfreie Prüfverfahren für das Bauwesen; Sekretariat des RILEM TC SAM „Strategies for the assessment of historic masonry structures with NDT“, Mitglied verschiedener Fachausschüsse der DGZfP e. V. (Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung), Mitglied des DIN Ausschusses „Visuelle und thermografische Prüfung“; Leiterin des CEN/TC 138/WG „Thermography“; Lehre: Fachhochschule Potsdam, Bauwerksdiagnostik (B IV).

**Mecke**, Rüdiger, Dr.-Ing., Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF), Kompetenzfeld Virtual Prototyping (VP), Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg.  
Kompetenzfeldleiter am Fraunhofer IFF, Forschungsschwerpunkt: Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Generierung und Visualisierung von 3D-Modell-daten, Bildverarbeitung, Datenfusion, Virtual Reality, Augmented Reality; Lehre: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Grundlagen der signalorientierten Bildverarbeitung im Studiengang Computervisualistik (B IV).

**Meinhardt**, Jeannine, Dr. rer. nat., Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V., Domplatz 3, 06108 Halle (Saale), wissenschaftliche Mitarbeiterin (B IV).

**Müller**, Michael, Dipl.-Ing., Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin.  
Mitarbeiter im Referat I 2 „Verankerungen und Befestigungen, Treppen“ beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Schwerpunkt-Tätigkeit im Sachgebiet einbetonierte Verankerungen und Sonderverankerungen

gen; Geschäftsführer des Sachverständigenausschusses „Verankerungen und Befestigungen“ SVA (B2) „Verankerungssysteme“ (B II).

**Müller**, Urs, Dr. rer. nat., BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin.

Arbeitsgruppenleiter in der Fachgruppe VII.1 – Baustoffe der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin, Mitarbeit im Normungsbeirat „Lehmbauprodukte“ des Dachverbandes Lehm e.V.; Lehre: Lehrender im Masterstudiengang „Altbauinstandsetzung“ des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) (A III).

**Oswald**, Rainer, Prof. Dr.-Ing., AIBau Aachener Institut für Bauschadensfragen und angewandte Bauphysik gemeinnützige GmbH, Theresienstraße 19, 52072 Aachen. Geschäftsführer des AIBau; Veranstalter der Aachener Bausachverständigentage; öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden, Bauphysik und Bautenschutz; Mitglied der DIN-Arbeitsausschüsse „Bauwerksabdichtungen“ (DIN 18195) und „Dachabdichtungen“ (DIN 18531), Mitglied in DIBt-Sachverständigenausschüssen (D I).

**Peters**, Hans R., Dipl.-Ing., Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Rheinufer 108, 53639 Königswinter. Geschäftsführer Institut Bauen und Umwelt e. V.; Lehrbeauftragter für Mauerwerksbau an der Hochschule Biberach (A II).

**Purtak**, Frank, Dr.-Ing., Trag Werk Ingenieure Döking + Purtak Partnerschaft, Prellerstraße 9, 01309 Dresden. Mitglied im DIN-Arbeitsausschuss „Rezept- und Ingenieurmauerwerk“. Mitglied im DIN-Spiegelausschuss „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“, sowie Arbeitskreisleiter im UA „Natursteinmauerwerk“. Forschung: Tragfähigkeit von Bogen- und Gewölbekonstruktionen (C II).

**Scheller**, Eckehard, Dipl.-Ing. (FH), Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin. Mitarbeiter im Referat I 2 „Verankerungen und Befestigungen, Treppen“ beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Schwerpunkt-Tätigkeit im Sachgebiet Kunststoffdübel und Verankerungen von Konsolgerüsten; Geschäftsführer des Sachverständigenausschusses „Verankerungen und Befestigungen“ SVA (B5) „Gerüstverankerungen“ (B III).

**Schlundt**, Andreas, Dipl.-Ing., Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Entenfangweg 15, 30419 Hannover. Abteilungsleiter Normung im Bundesverband Kalksandsteinindustrie, Mitglied im DIN-Fachbereichsbeirat KOA 01 „Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“, im DIN-Lenkungsgremium „Mauerwerksbau“, im DIN-Spiegelausschuss „Mauerwerksbau“ sowie in diversen DIN-Arbeitsausschüssen der Bereiche „Grundlagen der

Bemessung“, „Einwirkungen“, „Erdbeben“, „Brand-schutz“, „Prüfverfahren“, „Mauersteine“ und „Mauerwerksbau“. Nationaler Delegierter in den CEN-Normungsausschüssen zur „Bemessung von Mauerwerk (Eurocode 6)“, „Mauersteine“ und „Prüfverfahren für Mauerwerk“ (C I).

**Schubert**, Peter, Akademischer Direktor a. D., Dr.-Ing., Karl-Friedrich-Straße 3, 52072 Aachen.

Ehem. Mitglied der Institutsleitung (Betriebsleiter) und Leiter der Arbeitsgruppe „Mauerwerk“ des Instituts für Bauforschung (ibac) der RWTH Aachen; Ehem. Chefredakteur der Zeitschrift „Mauerwerk“, Mitherausgeber „Mauerwerksbau-Praxis“ und Fachautor (A I).

**Sous**, Silke, Dipl.-Ing. Architektin, AIBau Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH, Theresienstraße 19, 52072 Aachen. Staatlich anerkannte Sachverständige für Schall- und Wärmeschutz (D I).

**Sperbeck**, Silvio, Dr.-Ing., Technische Universität Braunschweig, Beethovenstr. 52, 38106 Braunschweig. Aktuelle Geschäftsadresse: GRS, Kurfürstendamm 200, 10719 Berlin.

Frühere Lehrveranstaltungen: Baustofftechnologie, Risikomanagement/Probabilistik (Einzelveranstaltungen). Forschungsschwerpunkte: Seismische Probabilistische Sicherheitsanalysen, Zuverlässigkeit von Bauwerken, Nukleare Sicherheit, Mauerwerksbau; Mitwirkung in Fachgremien und Ausschüssen: IAGE (Working Group on Integrity and Ageing of Components and Structures) (C I).

**Vassilev**, Todor, Doz. Dr.-Ing., Technische Universität Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl für Tragwerksplanung, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Lehre: Grundlagen der Statik und Festigkeitslehre, Tragwerkslehre; Forschung: Computerorientierte Methoden in der Baustatik, Numerische Verfahren im Mauerwerksbau, Materialmodelle, Biegebeanspruchtes Mauerwerk, Stabilitätsverhalten (F I).

**Ziegert**, Christof, Dr.-Ing., Ziegert|Seiler Ingenieure GmbH, Schlesische Straße 26, 10997 Berlin.

Geschäftsführer der Ziegert|Seiler Ingenieure, Verfasser der Normentwürfe im Lehm-bau (Dachverband Lehm e.V., BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin); Lehre: Lehraufträge an der Bauhausuniversität Weimar, FH Wismar und FH Potsdam (A III).

**Zöller**, Matthias, Dipl.-Ing. Architekt, Architektur- und Sachverständigenbüro, Pfalzgrafenstr. 31, 67434 Neustadt/Wstr.

Freier Mitarbeiter im AIBau Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH Aachen. Lehre: Bauschadensfragen (KIT Universität Karlsruhe); öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (D 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 sieben Mauerwerk-Kalender 2004–2010. 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

### 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 (Germer, 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 Mauerwerkspfählen einer Bogenbrücke (Tebbe, Lietz, Brühl, Tataranni, Schwarz); 2010, S. 103

## 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

## 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

## E Technisches 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 (Irmschler); 2005, S. 523

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

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

Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise (Irmschler); 2010, S. 401

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

Forschungsbericht: Materialuntersuchungen an Mauersteinen aus heutiger Produktion (Marzahn, König); 2003, S. 841

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

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

Erhöhung der Schubtragfähigkeit von KS-Wänden unter Erdbebenlasten 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, Nejati); 2005, S. 691

Tastversuche an Wänden aus Planfüllziegeln unter simulierter Erdbebeneinwirkung (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

1) Mit dem Mauerwerk-Kalender 2006 sind die bisherigen Kapitel E – *Europäisches Regelwerk* und F – *Nationales Regelwerk* in einem gemeinsamen Kapitel E – *Technisches 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 bezeichnet (neue Bezeichnung wegen Fußnote 1).

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

## **H Software**

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

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



## Abdruck von Technischen Baubestimmungen

(letzter Abdruck im Mauerwerk-Kalender in derzeit geltender Fassung)

### Mauerwerk

DIN 1053-1:1996-11 Mauerwerk; Berechnung und Ausführung  
MK 2005, S. 536

DIN 1053-3:1990-03 Mauerwerk; Bewehrtes Mauerwerk; Berechnung und Ausführung  
MK 2002, S. 739

Bemessung und Ausführung von Flachstürzen: Regelung über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen

DIN 1053-100:2004-02 Mauerwerk – Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts  
MK 2006, S. 411, mit eingearbeiteter Änderung A1, Ausgabe 2006-01, druckfehlerberichtigt (entspricht Ausgabe 2006-08)

*Anmerkung:* Ausgabe 2007-09 wurde im Februar 2009 in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen (MLTB) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) aufgenommen und seitdem durch einige Länder eingeführt. Diese Fassung beinhaltet hauptsächlich eine Anpassung beim Randdehnungsnachweis und ist bisher noch nicht im Mauerwerk-Kalender abgedruckt.

DIN EN 1996-1-1:2006-01: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005  
MK 2008, S. 457–526: Unbewehrtes Mauerwerk  
MK 2009, S. 465–496: Bewehrtes Mauerwerk

### Mauersteine, Mauermörtel

Die nunmehr geltenden Normen für Mauersteine, Mauermörtel und Ergänzungsbauteile sind noch nicht im Mauerwerk-Kalender abgedruckt (siehe MK 2006, Beitrag I im Kapitel A).



## **A Baustoffe ■ Bauprodukte**

- I **Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen 3**  
Peter Schubert und Wolfgang Brameshuber, Aachen
- II **Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit von Mauerwerksbaustoffen 35**  
Hans R. Peters und Horst Bossenmayer, Königswinter
- III **Lehmsteine und Lehmörtel – Nachhaltige Bauprodukte auf dem Weg zur Stoffnorm 57**  
Christof Ziegert, Klaus Dierks und Urs Müller, Berlin
- IV **Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung 71**  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin



# I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen

Peter Schubert und Wolfgang Brameshuber, Aachen

## 1 Allgemeines

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

Im Zuge der Einführung des EC 6 [1] werden die Rechenansätze zur Bemessung von Mauerwerk insofern eine Veränderung herbeiführen, dass auch europäische Steine und Mörtel mit teilweise anderen Eigenschaften ihr Einsatzgebiet in Deutschland finden werden. 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.

Da sich mit Einführung des EC 6 [1] Bezeichnungen und Bedeutung von Eigenschaftskennwerten ändern werden – und hier noch zur Umsetzung der Deutschen Norm in den Eurocode Diskussionen laufen – wurden insbesondere bei der Bezeichnung der Druck- und Zugfestigkeit die in DIN 1053-1 [2] üblichen verwendet.

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 Risssicherheit von Mauerwerk (Gebrauchsfähigkeitsnachweis), 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 Artikel des Mauerwerk-Kalenders. In anderen Fällen wurde eine Aktualisierung vorgenommen. Der Bezug bei einer unveränderten Datenlage ist dann der Beitrag aus dem Mauerwerk-Kalender 2010 [3]. 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  $\rho_d > 1,0 \text{ kg/dm}^3$

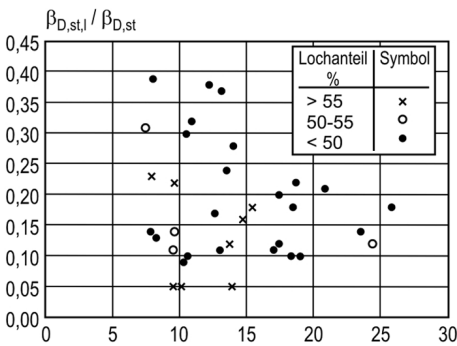
2)  $\rho_d \leq 1,0 \text{ kg/dm}^3$

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 in DIN 1053-13 [7] auch so von DIN 1053-1 [2] übernommen worden (2. Spalte der Tabelle 2), die Einteilung nach Hohlblocksteinen, Hochlochsteinen, Steinen mit Grifflöchern oder Griffaschen, Vollsteinen ohne Grifflöcher oder Griffaschen. Hinzugenommen wurde im Entwurf DIN 1053-13 [7] der Porenbetonstein.

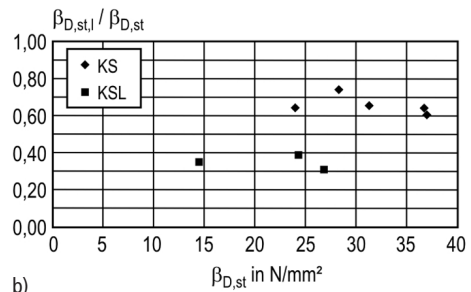
Die Prüfung der Zugfestigkeit ist relativ aufwendig. Eine Prüfnorm oder -richtlinie existiert zurzeit nicht (siehe aber [8]). Meist werden die Mauersteine in Richtung Steinlänge geprüft. Wesentliche Eigenschaftsunterschiede zwischen Steinlänge und -breite ergeben sich vor allem bei Lochsteinen mit richtungsorientierten Lochungen. Zugfestigkeitswerte in Richtung Steinbreite liegen nur für HLz vor (8 Werte, Wertebereich  $\beta_{z,b}/\beta_{D,St} = 0,003...0,026$ , 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.

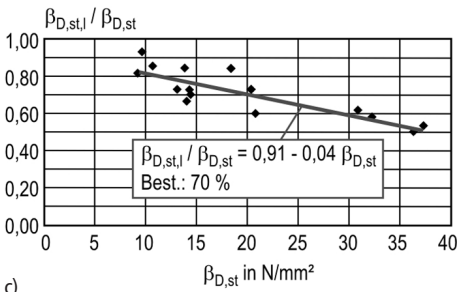
Tabelle 2 gibt den heutigen Stand der Auswertung [3, 9, 10] wieder.



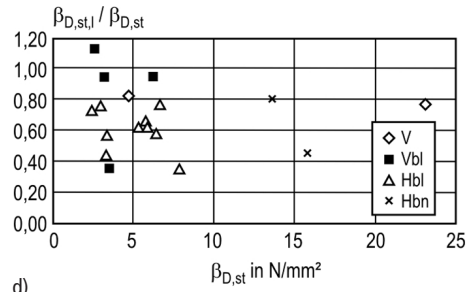
a)



b)



c)



d)

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