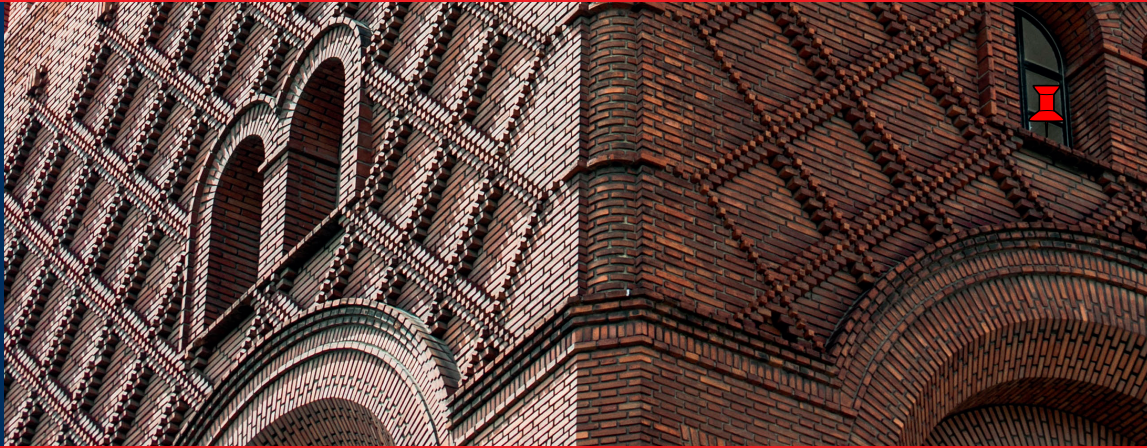


2022

MAUERWERK KALENDER



Fassadengestaltung
Bauphysik
Innovationen

2022

MAUERWERK KALENDER

Fassadengestaltung

Bauphysik

Innovationen

Herausgegeben von

Detleff Schermer, Regensburg

Eric Brehm, Karlsruhe

47. Jahrgang

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Mauerwerk-Kalender ab
Jahrgang 1976 steht im Internet zur Verfügung
unter www.ernst-und-sohn.de

Titelbild: 6e Arrondissement de Paris, Paris, Frankreich
Foto: Sophie Louisnard/Unsplash

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.

© 2022 Wilhelm 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 photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

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.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin
Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin
Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Print ISBN 978-3-433-03356-2
ePDF ISBN 978-3-433-61101-2
ePub ISBN 978-3-433-61103-6
oBook ISBN 978-3-433-61102-9

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

mit der neuen Ausgabe des *Mauerwerk-Kalender 2022* werden die Schwerpunkte auf Fassadengestaltung, Bauphysik und Innovationen gelegt.

In Teil A findet der Nutzer die Basis für das tägliche Arbeiten in der Praxis: Im ersten Beitrag von Michael Raupach, Dorothea Saenger und Bernd Winkels wird auf die *Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk* eingegangen und der aktuelle Stand des Wissens für die in Deutschland üblichen Produkte und Produktkombinationen zusammengefasst. Die durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen bzw. allgemeine Bauartgenehmigungen geregelten Produkte stellt anschließend Ludwig Wingerter vor. Für vorhabenbezogene Genehmigungen und Zustimmungen im Einzelfall werden die Besonderheiten und formalen Vorgaben von Hans-Alexander Biegholdt erläutert. Abgeschlossen wird das Kapitel mit einem Beitrag von Benjamin Purkert über die im Mauerwerksbau bei der Planung und Ausführung insgesamt geltenden Normen und Vorschriften.

In Abschnitt B zu Gestaltung und Konstruktion zeigt Koen Mulder, welche Möglichkeiten der Fassadengestaltung mit Sichtmauerwerk geboten werden. Er gibt eine Vertiefung in traditionelle Mauerwerksverbände und beschreibt die Systematik von Verbandsmustern. Die Besonderheiten in Schicht- und Verlegemustern, verschiedene Steinformate und Formsteine werden in zahlreichen Zeichnungen und Bildern vorgestellt. Die Aspekte zur baulichen Durchbildung, der Ausführung und den wichtigen Aspekten der Nachhaltigkeit werden anschließend in den beiden Beiträgen von Juliane Nisse und David Ostendorf behandelt. Eine Besonderheit der Bauteilbemessung stellt der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit von Balken dar. Diesem Thema widmen sich die Autoren Johann Marx und Eberhard Gunkler mit der *Untersuchung der Querkrafttragfähigkeit von schlaffbewehrten und vorgespannten Mauerwerksbalken mittels Schubspannungsfeldmodellen*.

Konstruktive Details und das Themenfeld der Bauphysik werden in Abschnitt C behandelt. Im ersten Beitrag setzt sich Michael Gierga mit den Neuregelungen in den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) für den Wohngebäudebereich auseinander. Schallschutz und Erschütterungsschutz werden in den zwei Beiträgen von Michael Flieger, Markus Hofmann und Oliver Kornadt sowie von Andreas Gömmel und Andreas Lackner ausführlich dargestellt. Immer wichtiger für Bauherren wird der Aspekt des Einbruchschutzes. Für die Befestigung von Fenstern und Türen in Mauerwerk werden von Jürgen Küenzlen und Eckehard Scheller die aktuellen Lösungen zusammengefasst.

Nicht nur bei Neubauten müssen sich die am Bau Beteiligten regelmäßig neuen und veränderten Randbedingungen stellen – auch an den Bestand können sich durch Umnutzungen oder Umbauten neue Anforderungen ergeben. Daher ist es wichtig, diesen zutreffend beurteilen zu können. Ein erster Beitrag behandelt die Berechnung und Bemessung bestehender Gewölbebrücken mit der aktuellen Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken von 2021. Hier konnte das Autorenteam Frank Purtak, Gero Marzahn und Matthias Müller auf seine umfangreiche Erfahrung zurückgreifen und anhand von fünf Beispielen die Auswirkungen der Nachrechnungsrichtlinie auf Mauerwerksbrücken erläutern. Ergänzend geben die Autoren Johanna Monka, Gregor Schacht und Steffen Marx einen Überblick über Eisenbahngewölbebrücken in Sachsen. Insbesondere für die Bewertung der statischen Tragfähigkeit von Bestandsmauerwerk ist die Kenntnis der mechanischen Eigenschaften zwingend notwendig. Entscheidend ist in der Mehrzahl der Fälle die Druckfestigkeit. Oft zeigt sich in der Praxis, dass eine zutreffende Aussage aufgrund fehlender Bestandsunterlagen schwierig ist. Auf diese Fragestellung geht der Beitrag von Birger Gigla vertieft ein.

Innovationen im Mauerwerksbau sind ein entscheidender Hebel, die Bauweise den neuen Anforderungen anzupassen und eine ihrer wirtschaftlichen Bedeutung angemessene Vorreiterrolle anzunehmen. Dieses betrifft nicht nur Anforderungen in Bezug auf die Bauphysik und die Nachhaltigkeit, sondern insbesondere auch das Thema des kostengünstigen und rationalen Bauens. Dass hier enorm viel Potenzial liegt, wird in dem Beitrag des Autorenteam Andreas Jäger, Mario Kubista, Meysam Taghavi, Stefan Puskas, Karina Breitwieser, Stephan Fasching, Clemens Kuhlemann und Gülnaz Atila deutlich. Hierbei wird im Rahmen der vier Innovationsfelder Material und Produktoptimierung, Bauprozess und Automatisierung, Produktionsprozess und Technologie sowie digitale Kooperation mit Kunden anhand von konkreten Anwendungsbeispielen die aktuelle und zukünftige Entwicklung gezeigt. Dass die Weiterentwicklung des großformatigen Bauens noch lange nicht abgeschlossen ist, wird in dem Beitrag *Mauerwerk in XXL – Großformatiges Bauen mit bewehrten Porenbetonelementen, vertikal und horizontal* von Markus Heße, Mario Schmitz und Andreas Radischewski deutlich. Die oft beschworene Digitalisierung im Planungs- und Bauprozess hat auch im Mauerwerksbau Fahrt aufgenommen – dieses zeigen die Autoren Mathias Obergrießer und Michael A. Kraus in ihrem Beitrag *Digitale Transformation im Bauwesen – von der Theorie zur Anwendung*. Abgeschlossen wird

der heurige Kalender wie üblich mit einer Übersicht über laufende und abgeschlossene Forschungsvorhaben von Jonathan Schmalz und Ludwig Wingerter.

Wie man aus der Zusammenstellung der Beiträge oben erkennt, bietet der *Mauerwerk-Kalender 2022* eine breite Themenvielfalt mit den Schwerpunkten Fassadengestaltung, Bauphysik und Innovationen. Es werden die neuen Entwicklungen und Trends gezeigt – gleichzeitig

soll das Werk auch aktuelles Nachschlagwerk und Arbeitsgrundlage für die tägliche Praxis sein.

Herzliche Grüße und viel Vergnügen bei der Lektüre.

Bensheim und München, Prof. Dr.-Ing. Eric Brehm
im Januar 2022 Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer

Inhaltsübersicht

A Normen und Baustoffe

- A 1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk 1
Michael Raupach, Dorothea Saenger, Bernd Winkels
- A 2 Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) bzw. mit allgemeiner Bauartgenehmigung (aBG) 17
Ludwig Wingerter
- A 3 Mauerwerksbau mit vorhabenbezogener Bauartgenehmigung bzw. mit Zustimmung im Einzelfall 47
Hans-Alexander Biegholdt
- A 4 Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 31.05.2021) 59
Benjamin Purkert

B Gestaltung und Konstruktion (Neubau)

- B 1 Untersuchung der Querkrafttragfähigkeit von schlaff bewehrten und vorgespannten Mauerwerkbalken mittels Schubspannungsfeldmodellen 79
Johann Jakob Marx, Erhard Gunkler
- B 2 Die Beschwingte Fläche 127
Koen Mulder
- B 3 Zweischalig und nachhaltig Bauen mit Verblendmauerwerk 215
Juliane Nisse
- B 4 Ausführung von Mauerwerk 237
David Ostendorf

C Konstruktive Details (Bauphysik)

- C 1 Energieeffiziente Gebäude – Das Gebäudeenergiegesetz – GEG 255
Michael Gierga
- C 2 DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ und Anwendungsbeispiele für den Mauerwerksbau 287
Michael Flieger, Markus Hofmann, Oliver Kornadt
- C 3 Erschütterungen bei Mauerwerksbauten – Aspekte zur dynamischen Gebrauchstauglichkeit 331
Andreas Gömmel, Andreas Lackner
- C 4 Montage von Fenstern und Türen mit Anforderungen an die Einbruchhemmung 357
Jürgen Küenzlen, Eckehard Scheller

D Mauerwerk im Bestand

- D 1 Berechnung und Bemessung bestehender Gewölbebrücken mit der Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken 397
Frank Purtak, Gero Marzahn, Matthias Müller
- D 2 Eisenbahngewölbebrücken in Sachsen 443
Johanna Monka, Gregor Schacht, Steffen Marx
- D 3 Ermittlung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk 463
Birger Gigla

E Innovationen im Mauerwerksbau

- E 1 Digitale Transformation im Bauwesen – von der Theorie zur Anwendung [499](#)
Mathias Obergrießer, Michael A. Kraus
- E 2 Innovationen im Ziegelmauerwerksbau [521](#)
Andreas Jäger, Mario Kubista, Meysam Taghavi, Stefan Puskas, Karina Breitwieser,
Stephan Fasching, Clemens Kuhlemann, Gülnaz Atila
- E 3 Mauerwerk in XXL – Großformatiges Bauen mit bewehrten Porenbetonelementen,
vertikal und horizontal [569](#)
Markus Heße, Mario Schmitz, Andreas Radischewski

F Forschung

- F 1 Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau [595](#)
Jonathan Schmalz, Ludwig Wingerter

Stichwortverzeichnis [639](#)

Inhaltsverzeichnis

A Normen und Baustoffe

A 1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk 1

Michael Raupach, Dorothea Saenger, Bernd Winkels

1	Einleitung	3	5	Verbund zwischen Mauerstein und Mauermörtel	8
2	Mauersteine	3	5.1	Allgemeines	8
2.1	Festigkeitseigenschaften	3	5.2	Haftscherfestigkeit	8
2.1.1	Druckfestigkeit in Steinhöhe	3	5.3	Haftzug- und Biegehaftzugfestigkeit	9
2.1.2	Druckfestigkeit in Steinlänge und -breite	3	6	Mauerwerk	10
2.1.3	Zug- und Spaltzugfestigkeit	3	6.1	Allgemeines	10
2.2	Verformungseigenschaften	4	6.2	Festigkeitseigenschaften	10
2.2.1	Druck-Elastizitätsmodul	4	6.2.1	Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen	10
2.2.2	Querdehnungsmodul, Querdehnzahl	4	6.2.2	Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen	11
2.2.3	Zug-Elastizitätsmodul	5	6.2.3	Zugfestigkeit	11
2.3	Kapillare Wasseraufnahme	5	6.2.4	Biegezugfestigkeit	13
3	Mauermörtel	6	6.2.5	Schubfestigkeit	14
3.1	Festigkeitseigenschaften	6	6.3	Verformungseigenschaften	14
3.1.1	Druckfestigkeit	6	6.3.1	Elastizitätsmoduln	14
3.1.2	Zugfestigkeit	6	6.3.2	Feuchtedehnung, Kriechen, Wärmedehnung	14
3.2	Verformungseigenschaften	6	7	Literatur	16
3.2.1	Längsdehnungsmodul	6	7.1	Monografien, Zeitschriftenartikel	16
3.2.2	Querdehnungsmodul	6	7.2	Normen	16
4	Mauermörtel im Mauerwerk	6			

A 2 Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) bzw. mit allgemeiner Bauartgenehmigung (aBG) 17

Ludwig Wingerter

1	Allgemeines	19	7	Trockenmauerwerk	38
1.1	Gesonderte Regelungen zu Schlitzen	20	8	Mauerwerk mit PU-Kleber	38
1.1.1	Vertikalschlitze	20	9	Bewehrtes Mauerwerk	38
1.1.2	Horizontalschlitze	20	10	Ergänzungsbauteile	40
2	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmauermörtel	20	11	Fertigteilmteile	41
3	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	25	12	Betonelemente	43
4	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	35	13	Literatur	45
5	Vorgefertigte Wandtafeln	35	14	Bildnachweis	46
6	Schalungsstein-Bauarten	36			

A 3	Mauerwerksbau mit vorhabenbezogener Bauartgenehmigung bzw. mit Zustimmung im Einzelfall 47	
	Hans-Alexander Biegholdt	
1	Einführung 49	4.1 Anlass zur Erlangung einer Zustimmung im Einzelfall nach § 20 MBO 52
2	Grundlagen 49	4.2 Erfordernis einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung 53
2.1	Bauaufsichtliche Regelungen 49	4.3 Antragsteller 54
2.2	Geltungsbereich der Zustimmung im Einzelfall/vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung 49	5 Zustimmung im Einzelfall/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung für die Ver- und Anwendung von Bauprodukten des Mauerwerksbaus in Sachsen 54
2.3	Abgrenzung zum allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis nach § 19 MBO 49	5.1 Landesbezogene Umsetzung der Musterregelungen 54
2.4	Zuständigkeiten bei der Erteilung von Zustimmungen im Einzelfall/vorhabenbezogenen Bauartgenehmigungen in den Ländern 50	5.2 Allgemeines 54
3	Anforderungen an Bauprodukte 50	5.3 Abgrenzung zum Genehmigungsverfahren und zur allgemeinen Bewährung 54
3.1	Allgemeines 50	5.4 Antragstellung 54
3.1.1	CE-gekennzeichnete Bauprodukte 50	5.5 Eigenschaften des Bauprodukts 54
3.1.2	Nationaler Verwendbarkeitsnachweis 50	5.6 Übereinstimmungsnachweis 56
3.2	Produkte des Mauerwerksbaus 50	5.7 Regelungen zur Bauart 56
4	Antragsverfahren zur Erlangung einer Zustimmung im Einzelfall/vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung 52	5.8 Sonderfall Lehmbauweise 56
		5.9 Gebühren 56
		5.10 Bearbeitungszeiten 56
		6 Literatur 57
A 4	Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 31.05.2021) 59	
	Benjamin Purkert	
1	Vorbemerkung 61	3 Literatur 77
2	Regelwerk 62	
B	Gestaltung und Konstruktion (Neubau)	
B 1	Untersuchung der Querkrafttragfähigkeit von schlaff bewehrten und vorgespannten Mauerwerkbalken mittels Schubspannungsfeldmodellen 79	
	Johann Jakob Marx, Erhard Gunkler	
1	Einleitung 81	2.4 Ergebnisse bisheriger experimenteller Forschungsarbeiten 86
2	Grundlagen und „Stand der Forschung“ von Mauerwerkbalken 81	2.5 Inhalte bauaufsichtlicher Regelwerke 86
2.1	Unterscheidungsmerkmale 81	2.5.1 DIN EN 1996-1-1:2013 87
2.2	Bewehrungsanordnung und Konstruktionsarten 81	2.5.2 DIN 1053-3:1990 88
2.2.1	Flachsturz 82	2.5.3 E DIN 1053-3:2008 88
2.2.2	Fertigteilsturz 82	2.5.4 DIN EN 12602:2016 – Porenbeton 88
2.2.3	Vorgespannte Mauerwerkbalken 84	2.5.5 DIN EN 1520:2011 – Leichtbeton 88
2.2.4	Balkenkonstruktionen für Vormauerwerk und/oder Verblendmauerwerk 84	2.5.6 DIN 1045-100:2017 – Ziegeldecken 88
2.3	Abgrenzung von Mauerwerkbalken gegenüber wandartigen Trägern aus Mauerwerk 85	2.5.7 Flachsturzrichtlinie (Entwurf 2005) – Flachsturz 89
		2.5.8 Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) – Fertigteilsturz 89
		2.5.9 Zusammenfassung der in Regelwerken benannten Tragwiderstände 90

- 2.6 Kritik an aktueller Schubbemessung und verwendeter Werkstoffkenngrößen 91
- 2.6.1 Schubfestigkeit ($f_{v,d}$) 91
- 2.6.2 Querkrafttragfähigkeit (V_{Rd1}) 91
- 2.7 Ausblick auf den Berechnungsansatz 92
- 2.8 Schlussfolgerungen 93
- 3 Werkstoffbeschreibende Ausgangsgrößen von Mauerwerk 94
- 3.1 Einaxiale Druckfestigkeit 94
- 3.1.1 Druckfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge 94
- 3.1.2 Druckfestigkeit parallel zur Lagerfuge 94
- 3.2 Zweiaxiales Trag- und Verformungsverhalten 95
- 3.2.1 Mann/Müller 95
- 3.2.2 Ganz/Thürlimann/Mojilović 96
- 4 Analytische Grundlagen zu Spannungsfeldern für bewehrtes Mauerwerk 99
- 4.1 Spannungsfelder 99
- 4.1.1 Elastische, gerissene Spannungsfelder 100
- 4.1.2 Starr-plastische Spannungsfelder (klassische Spannungsfelder) 100
- 4.1.3 Erweiterte starr-plastische Spannungsfelder (verallgemeinerte Spannungsfelder) 102
- 4.1.4 Elastisch-plastische Spannungsfelder (erweiterte Spannungsfelder) 103
- B2 Die Beschwingte Fläche 127**
Koen Mulder
- 1 Mit zusammengekniffenen Augen 129
- 1.1 Die Brille 129
- 1.2 Das Auge 129
- 2 Primäre und sekundäre Muster 133
- 2.1 Primäres Schichtungsmuster und sekundäres Motiv 133
- 2.2 Begegnung 135
- 3 Um die Ecke? 135
- 3.1 Vom Block- zum Kreuzverband 135
- 3.2 England 136
- 3.3 Andere Randabschlüsse 136
- 4 Der Rand 137
- 5 (Nach-)Fugen – Farbe, Schatten und Maß 138
- 5.1 Fugenmaterial 138
- 5.2 Architekten 140
- 5.3 Fugenbreite 140
- 5.4 Fugenfarbe 140
- 5.5 Schatten in der Fuge 140
- 5.6 Fugenmaß 142
- 6 Bedeutung oder Zeichen 142
- 7 Kreuzverband 145
- 7.1 Pfeiler – und Öffnungsbreiten bei einem Dreiviertelstein in der Läufer-schicht 145
- 5 Experimentelle Untersuchungen 103
- 5.1 Untersuchungsgegenstand 103
- 5.2 Ergebnisse 104
- 6 FE-Untersuchung 106
- 6.1 Ergänzende Parameterstudie 106
- 6.2 Ergebnisse 106
- 7 Algorithmen zur Querkraftberechnung von Mauerwerk balken 107
- 7.1 Herleitung und Darstellung der SMCFT 107
- 7.1.1 Modified Compression Field Theory 107
- 7.1.2 Simplified Modified Compression Field Theory 109
- 7.2 Modellvorschlag und Berechnungsalgorithmen 111
- 7.3 Vergleichsrechnungen auf Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen 115
- 7.4 Vergleich mit bestehenden Regelwerken 118
- 7.5 Bewertung des Berechnungsvorschlags 120
- 8 Zusammenfassung 121
- 9 Literatur 122
- 7.2 Pfeiler – und Öffnungsbreiten bei einem Viertelstein in der Binderschicht 148
- 7.3 Flacher Abschluss 148
- 8 Flämischer Verband 151
- 9 Blockverband 157
- 9.1 Variante des Kettenverbands oder Verband mit Kettenlinien? 157
- 9.2 Linien zeichnen im Blockverband 158
- 9.3 Eine breite Kettenlinie in der Mitte 159
- 9.4 Dearné's bond 159
- 10 „Einfacher“ wilder Verband 165
- 10.1 Freiheit 166
- 10.2 Historisieren 166
- 10.3 Perfekte Willkür 166
- 10.4 Systemfehler ... 166
- 10.5 Pseudo 169
- 10.6 Transformation von Ordnung zu Chaos 169
- 10.7 Relief 169
- 10.8 Wirkung 169
- 11 Halbsteinverband 170
- 12 Exoskelett, Jacke, Kleid oder Maßanzug 172
- 12.1 Blattgold? 172

12.2	Maßanzug	173	15	Formel	185
12.3	Die Dinge um ihrer selbst Willen	173	15.1	Symmetrie	185
12.4	Das Gebäude – Objekt oder Stadtinterieur?	174	15.2	Musterlinien im Rand	185
12.5	Jazz	175	15.3	Wiederholmaß	187
13	Proportionslehre oder Maßsystem	175	15.4	Der Verband als Schraffurmuster	190
13.1	Menschliche Vorlieben	175	16	Kombinationsverbände – das kleinste gemeinsame Vielfache	192
13.2	Scharf stellen	180	16.1	Varianten mit derselben Steinabfolge	198
13.3	In der Oberfläche haust ein Maßanzug	180	16.2	Die Richtung der Linienführung	200
14	Ausfüllen oder Entwerfen	183	16.3	Mit dem Motiv beginnen	204
14.1	Zwei Methoden	183	16.4	Schichtmuster, Meta-Motiv, Relief und Schatten	209
14.2	De Pijp	183	16.5	Das ehrliche Flächenmuster der Schichtung	211
14.3	Arbeiten ohne Kniffe	184	16.6	Verblenden oder Finish?	211
14.4	Bessere Werkzeuge	185	16.7	An der Schnur entlang	214
B 3	Zweischalig und nachhaltig Bauen mit Verblendmauerwerk				215
	Juliane Nisse				
1	Allgemeines	217	6.3	Sozio-Kulturelles	231
2	Baustoffe und Herstellungsverfahren	217	6.3.1	Thermischer Komfort	232
3	Konstruktion	218	6.3.2	Wohngesundheit	232
4	Erdbeben	222	6.3.3	Gestalterische Vielfalt und Kunst am Bau	232
5	Bauphysik	223	6.4	Technik	232
5.1	Wärmeschutz	223	6.4.1	Schallschutz	232
5.2	Feuchteschutz	224	6.4.2	Wärme- und Feuchteschutz	233
5.3	Schallschutz	225	6.4.3	Recycling	233
5.4	Brandschutz	226	6.4.4	Förderung von Nachhaltigkeit im Gebäudebereich	234
6	Nachhaltigkeitsaspekte	226	7	Zusammenfassung und Ausblick	235
6.1	Ökologie	227	8	Literatur	235
6.2	Ökonomie	229			
B 4	Ausführung von Mauerwerk				237
	David Ostendorf				
1	Allgemeines	239	3.1	Allgemeines	243
1.1	Normen und Regelwerke	239	3.2	Sicht- und Verblendmauerwerk	243
1.2	Bauordnungsrechtliche Einordnung	240	3.2.1	Feuchteabdichtung	244
1.3	Eurocode-Überarbeitung	241	3.2.1.1	Fußpunktausbildung	244
1.4	Vertragsrechtliche Grundsätze	241	3.2.1.2	Überdeckung von Öffnungen	245
2	Auswahl der Baustoffe	241	3.2.2	Hinweise zur Ausschreibung von Sicht- und Verblendmauerwerk	245
2.1	Allgemeines	241	3.2.3	Innenwände	245
2.2	Mauersteine	242	3.2.3.1	Allgemeines	245
2.3	Natürliche Steine	242	3.2.3.2	Nichttragende innere Trennwände	245
2.4	Mauermörtel	242	3.3	Feuchtesperrschicht (Querschnittsabdichtung)	245
2.5	Ergänzungsbauteile	243	3.3.1	Allgemeines	245
2.6	Hinweis zur Ausschreibung bei Baustoffen	243	3.3.2	Untersuchung zum Reibungsverhalten von Abdichtungen	246
2.6.1	Allgemeines	243	3.3.3	Änderungen bei den Materialien	246
2.6.2	Angaben zur Ausführung	243	3.3.4	Hinweis zur Ausschreibung der Feuchtesperrschicht	247
2.6.3	Abrechnungseinheit	243			
3	Ausführungsdetails	243			

3.4	Schlitze und Aussparungen	247	5.2	Vornässen	250
3.5	Hinweis zur Ausschreibung von Mauerwerk allgemein	247	5.3	Aussteifung während der Herstellung	250
3.5.1	Allgemeines	247	5.4	Schutz vor mechanischer Beschädigung	251
3.5.2	Angaben zur Ausführung	248	5.5	Bauhöhe des Mauerwerks	251
4	Ausführung nach Eurocode	248	5.6	Nachbehandlung des Mauerwerks während der Bauausführung	251
4.1	Allgemeines	248	5.7	Schutz gegen Regen	251
4.2	Fachpersonal	248	5.8	Schutz gegen Frost-Tau-Wechsel	251
4.3	Fugen	248	5.9	Schutz gegen Austrocknung	252
4.3.1	Allgemeines	248	5.10	Erste Belastung	252
4.3.2	Vermauern mit Stoßfugen- vermörtelung	248	5.11	Reinigen	252
4.3.3	Vermauern ohne Stoßfugen- vermörtelung	249	6	Abrechnung	252
4.4	Natursteinmauerwerk	249	6.1	Allgemeines	252
4.5	Zulässige Abweichungen	249	6.2	Leistungsermittlung	252
5	Ausführung auf der Baustelle	250	6.3	Ermittlung der Maße	252
5.1	Allgemeines	250	6.4	Übermessung	253
			7	Literatur	253

C Konstruktive Details (Bauphysik)

C1 Energieeffiziente Gebäude – Das Gebäudeenergiegesetz – GEG 255 Michael Gierga

1	Einführung	257	3.7.2	Lüftungsanlagen	268
2	Historie der Regelungen zum energiesparenden Bauen	257	3.7.3	Varianten der Heizwärmeerzeugung	269
3	Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz	259	3.7.4	Bewertung unterschiedlicher Heizungstechniken	270
3.1	Gesamtenergiebedarf von Wohngebäuden	259	3.7.5	Anlagen zur Kühlung	272
3.2	Zulässige Transmissions- wärmeverluste	260	3.8	Nutzung erneuerbarer Energien	272
3.3	Weitere Randbedingungen zur Bilanzierung	260	3.8.1	Regenerativ erzeugter elektrischer Strom	273
3.4	Luftdichtheit der Gebäudehülle	262	3.9	Aufrechterhaltung der energetischen Qualität	274
3.5	Wärmebrücken	262	3.10	Energieausweise	274
3.5.1	Geometrische Wärmebrücken	262	3.11	Vollzug des GEG	274
3.5.2	Materialbedingte Wärmebrücken	263	4	Beispielhafte Anwendung des GEG auf ein Einfamilienwohnhaus	275
3.5.3	Konvektive Wärmebrücken	263	4.1	Einfamilien-Doppelhaushälfte	275
3.5.4	Zusätzliche Wärmeverluste	263	4.2	Aufstellung der Energiebilanz	275
3.5.5	Einfluss auf den Wärmebedarf	264	4.3	Effizienzhaus 55	279
3.6	Sommerlicher Wärmeschutz	264	4.4	GEG-Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren	281
3.7	Anlagentechnik	264	5	Fazit und Kritik	284
3.7.1	Trinkwassererwärmung	267	6	Literatur	285

C2 DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ und Anwendungsbeispiele für den Mauerwerksbau 287 Michael Flieger, Markus Hofmann, Oliver Kornadt

1	Einleitung	289	3.2	A-bewerteter Schalldruckpegel	290
2	Normenreihe DIN 4109	289	3.3	Äquivalente Schallabsorptionsfläche	290
3	Akustische Grundlagen	289	3.4	Nachhallzeit	291
3.1	Schalldruck und Schalldruckpegel	289	3.5	Resonanzfrequenz	291
			3.6	Schalldämm-Maß	291

3.7	Norm-Trittschallpegel	292	6.1	Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden	303
3.8	Bewertung des Schalldämm-Maßes und Norm-Trittschallpegels	293	6.1.1	Grundprinzip	303
3.9	Kennzeichnende Größen für Bauteile	293	6.1.2	Massivbau	307
4	Mindestanforderungen an Wohn- und Arbeitsgebäude	293	6.1.3	Zweischalige Haustrennwände	312
4.1	Mehrfamilienhäuser; Bürogebäude und Gebäude mit Mischnutzung	293	6.1.4	Holz-, Leicht- und Trockenbau	312
4.2	Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser	293	6.1.5	Skelettbau und Mischbauweisen	312
4.3	Nichtwohngebäude	294	6.2	Trittschalldämmung	313
4.4	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen	295	6.2.1	Grundprinzip	313
4.5	Anforderungen an „besonders laute“ und schutzbedürftige Räume	300	6.2.2	Massivbau	314
4.6	A-bewertete Schalldruckpegel in fremden und eigenen Räumen	300	6.2.3	Holz-, Leicht- und Trockenbau	315
5	Erhöhte Anforderungen im Hochbau	303	6.3	Außenbauteile	316
5.1	Grundlage und Gültigkeit der erhöhten Anforderungen	303	6.4	Berechnung der Schallübertragung gebäudetechnischer Anlagen	317
5.2	Erhöhte Anforderungen für Gebäude mit Wohn- und Arbeitsbereichen	303	6.5	Sicherheitskonzept der DIN 4109	317
5.3	Erhöhte Anforderungen an Nichtwohngebäude	303	7	Beispielrechnung zur Beurteilung des Schallschutzes einer Mauerwerkswand gegen Außenlärm	320
5.4	Erhöhte Anforderungen an gebäude-technische/raumlufttechnische Anlagen	303	7.1	Exemplarische Berechnung für eine Außenwand aus Kalksandstein	320
6	Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen	303	7.2	Vergleich unterschiedlicher Rohdichten, Materialien und Fensterflächen	321
C3	Erschütterungen bei Mauerwerksbauten – Aspekte zur dynamischen Gebrauchstauglichkeit	331	8	Bauakustische Prüfungen	324
	Andreas Gömmel, Andreas Lackner		8.1	Labor- und Baumessungen	324
1	Motivation	333	8.2	Beispiel einer Schallmessung an einer Mauerwerkswand im Labor	324
2	Begriffsdefinitionen	333	9	Fazit	327
2.1	Emission/Übertragungsweg/ Immission	333	10	Literatur	327
2.2	Erschütterung	333	4.2.2	Einwirkungen auf Menschen in Wohngebäuden	340
2.3	Primärer Luftschall	334	4.2.3	Einwirkungen auf Menschen am Arbeitsplatz	342
2.4	Körperschall/Schwingungen in festen Körpern	334	4.2.4	Einwirkungen auf empfindliche Geräte	342
2.5	Sekundärer Luftschall	334	4.3	Sekundärer Luftschall	343
2.6	A-Bewertung	334	4.4	Bewertungs-Leitfaden der DB	344
2.7	Schmalbandspektrum	335	4.5	Anwendung der Bewertungsgrundlagen	345
2.8	Terzbandspektrum	335	5	Erfassung der Eingangsparameter	345
2.9	Eigenfrequenz	335	5.1	Messungen	345
2.10	Übertragungsfunktionen	336	5.2	Prognose	347
2.11	Bemessungslastfallkombination	338	6	Rechnen mit Pegeln	347
2.12	Abstimmfrequenz	338	7	Prognoseverfahren für Verkehrserschütterungen	347
3	Anregungsarten und Übertragungsmechanismen	338	7.1	Pauschale Prognose	347
4	Normative Vorgaben	338	7.2	Detaillierte Prognose	350
4.1	Allgemeines	338	8	Interne Anregungsquellen	350
4.2	Erschütterungen	339	8.1	Maschinen und Haustechnik	350
4.2.1	Einwirkungen auf Gebäude	339	8.2	Personenbewegungen	350

9	Minderungsmaßnahmen	351	9.3	Maßnahmen am Gebäude	352
9.1	Maßnahmen an der Quelle	351	9.3.1	Konstruktive Maßnahmen	352
9.1.1	Schienengebundener Verkehr	351	9.3.2	Elastische Gebäudelagerung	354
9.1.2	Anregung durch Maschinen	351	9.3.3	Tilger	355
9.2	Maßnahmen am Übertragungsweg	352	10	Literatur	355

C4 Montage von Fenstern und Türen mit Anforderungen an die Einbruchhemmung 357

Jürgen Küenzlen, Eckhard Scheller

1	Einleitung	360	3.3.2.2	Statische und dynamische Versuche	373
1.1	Allgemeines	360	3.3.2.3	Manuelle Einbruchversuche	373
1.2	Wände, Decken, Böden, Dächer	360	3.3.3	Versuche im Hochlochziegel POROTON-S10-P (Perlite gefüllt)	373
2	Übersicht zum vorhandenen Regelwerk	360	3.3.3.1	Allgemeines	373
2.1	Allgemeines – Bauprodukten- verordnung	360	3.3.3.2	Statische und dynamische Versuche	374
2.2	Vornormenreihe DIN V ENV 1627 bis DIN V ENV 1630	361	3.3.3.3	Manuelle Einbruchversuche	375
2.3	Aktuelle Normenreihe DIN EN 1627 bis DIN EN 1630	361	3.3.3.4	Fazit	375
2.3.1	DIN EN 1627: Anforderungen und Klassifizierung	361	3.3.4	Versuche im Hochlochziegel Plan HLzB 6-0,9 (ungefüllt)	375
2.3.1.1	Allgemeines	361	3.3.4.1	Allgemeines	375
2.3.1.2	Prüfungen zur Klassifizierung nach DIN EN 1627	362	3.3.4.2	Manuelle Einbruchversuche	376
2.3.1.3	Verankerungsgründe nach DIN EN 1627	363	3.3.5	Versuche im Hochlochziegel Thermopor TV 7 (Großkammerziegel Mineralwolle gefüllt)	376
2.3.2	DIN EN 1628: Widerstandsfähigkeit unter statischer Belastung	363	3.3.5.1	Allgemeines	376
2.3.3	DIN EN 1629: Widerstandsfähigkeit unter dynamischer Belastung	364	3.3.5.2	Statische und dynamische Versuche	377
2.3.4	DIN EN 1630: Widerstandsfähigkeit gegen manuelle Einbruchversuche	364	3.3.5.3	Manuelle Einbruchversuche	377
2.4	Entwurf E DIN EN 1627	365	3.3.5.4	Fazit	379
2.5	Montagebescheinigung nach erfolgtem Einbau einbruchhemmender Elemente nach DIN EN 1627	367	3.3.6	Versuche im Hochlochziegel unipor W07 (Kleinlochung, Mineralwolle gefüllt)	379
2.6	Regelungen der Deutschen Versicherungswirtschaft	367	3.3.6.1	Allgemeines	379
2.6.1	Klassifizierung	367	3.3.6.2	Statische und dynamische Versuche	379
2.6.2	Verankerungsgründe	368	3.3.6.3	Manuelle Einbruchversuche	379
2.7	Zusammenfassung	368	3.3.7	Versuche in „Hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk“	380
3	Erfahrungen aus Versuchen	370	3.3.7.1	Allgemeines	380
3.1	Allgemeines	370	3.3.7.2	Zusammenfassung der wichtigsten Versuchsergebnisse	380
3.2	Übersicht zu den durchgeführten Versuchen	370	3.3.8	Fazit: Konsequenzen für die Normung aus den Versuchen in Hochlochziegeln	381
3.3	Versuche zum Nachweis der Widerstands- klasse WK 2 und RC 2	371	3.3.9	Versuche in Mauersteinen aus Leichtbeton	381
3.3.1	Versuche in Porenbeton-Planblöcken (Festigkeitsklasse 4)	371	3.3.9.1	Allgemeines	381
3.3.1.1	Allgemeines	371	3.3.9.2	Statische und dynamische Versuche	381
3.3.1.2	Statische und dynamische Versuche	372	3.3.9.3	Manuelle Einbruchversuche	381
3.3.1.3	Manuelle Einbruchversuche	372	3.3.10	Versuche in Kalksandlochsteinen (KS L 10)	382
3.3.2	Versuche in Hochlochziegeln (HLz 12)	373	3.3.10.1	Allgemeines	382
3.3.2.1	Allgemeines	373	3.3.10.2	Dynamische Versuche	383
			3.3.10.3	Manuelle Einbruchversuche	383
			3.3.11	Versuche in Normalbeton	383
			3.3.11.1	Allgemeines	383
			3.3.11.2	Manuelle Einbruchversuche	383
			3.4	Versuche zum Nachweis der Widerstands- klasse WK 3 und RC 3	384
			3.4.1	Versuche in Porenbeton-Plansteinen (Festigkeitsklasse 2)	384

3.4.1.1	Allgemeines	384	3.4.3.2	Manuelle Einbruchversuche	389
3.4.1.2	Statische Versuche in Anlehnung an DIN V ENV 1628	385	3.5	Fazit: Vergleich Versuche in den Klassen WK 2 bzw. RC 2 und in den Klassen WK 3 bzw. RC 3	390
3.4.1.3	Dynamische Versuche in Anlehnung an DIN V ENV 1629	385	3.6	Versuche in der Dämmebene mit Schienen- und Konsolsystemen in Anlehnung an DIN EN 1627 bis DIN EN 1630	390
3.4.1.4	Manuelle Einbruchversuche in Anlehnung an DIN V ENV 1630	385	3.6.1	Schienen-/Konsolsysteme aus Metall	390
3.4.2	Versuche in „Hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk“	387	3.6.1.1	Allgemeines	390
3.4.2.1	Allgemeines	387	3.6.1.2	Versuchsergebnisse	391
3.4.2.2	Zusammenfassung der wichtigsten Versuchsergebnisse	387	3.6.2	Systeme aus Funktionswerkstoff – EPS	391
3.4.2.3	Weitere Erkenntnisse: Untersuchung eines Pfeilers und zweier Ziegelrollladenkästen	388	3.6.3	Systeme aus Funktionswerkstoff – PUR-Composit	392
3.4.2.4	Versuche in Leichtbetonstein Bisomark Plus 10	388	3.7	Zusammenfassung: Ergebnis der Versuche	393
3.4.3	Tastversuche in Normalbeton	389	4	Fazit	394
3.4.3.1	Allgemeines	389	5	Literatur	394

D Mauerwerk im Bestand

D 1 Berechnung und Bemessung bestehender Gewölbebrücken mit der Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken 397

Frank Purtak, Gero Marzahn, Matthias Müller

1	Einleitung	400	3.2.3	Numerische Lösung	411
1.1	Bestandsbrücken im Bundesfernstraßennetz	400	3.2.4	Vergleich der Bemessungs- Traglastkurven	412
1.2	Ziel der Nachrechnungsrichtlinie	400	4	Talbrücke Höllenbach	414
1.3	Möglichkeiten der Nachweisführung	401	4.1	Geometrie	415
1.4	Vorgehensweise zum Nachweis der Brückenbögen	404	4.2	Materialkennwerte Bogen	415
2	Materialkennwerte für Brückenkonstruktionen	404	4.3	Bemessungsfestigkeit vom Bogenmauerwerk unter zentrischer Beanspruchung	416
2.1	Rohdichte	405	4.4	Tragfähigkeit unter exzentrischer Beanspruchung (Bemessungs- Traglastkurve)	416
2.2	E-Modul von Mauerwerk	405	4.5	Modellbildung für den statischen Nachweis	416
2.3	E-Modul Stein	405	4.5.1	Vernetzung des Modells mit finiten Elementen	416
2.4	E-Modul Mörtel	405	4.5.2	Lagerungsbedingungen der Brücke festlegen	416
2.5	Stein-Druckfestigkeit	406	4.5.3	Einwirkungen auf das Brückenbauwerk	416
2.6	Stein-Zugfestigkeit	406	4.5.4	Nachweis der Bogenkonstruktion	417
2.7	Mörtel-Druckfestigkeit	408	4.5.5	Nachweis Pfeiler, Widerlager und Gründung	419
3	Tragfähigkeit von Mauerwerk	408	5	Talbrücke Einsiedelstein	419
3.1	Tragfähigkeit unter zentrischer Beanspruchung	408	5.1	Geometrie	419
3.1.1	Verfahren a und b nach Tabelle 4	408	5.2	Materialkennwerte Bogen	419
3.1.2	Sabha	408	5.3	Bemessungsfestigkeit vom Bogenmauerwerk unter zentrischer Beanspruchung	421
3.1.3	UIC-Kodex 778-3	408			
3.1.4	EC 6 (Natursteinmauerwerk)	409			
3.1.5	Vergleich der rechnerischen Tragfähigkeit unter zentrischer Beanspruchung	409			
3.2	Tragfähigkeit unter exzentrischer Beanspruchung	410			
3.2.1	Normenstand DIN 1053 (zurückgezogen)	411			
3.2.2	EC 6	411			

- 5.4 Tragfähigkeit unter exzentrischer Beanspruchung (Bemessungs-Traglastkurve) 421
 - 5.5 Modellbildung für den statischen Nachweis 421
 - 5.5.1 Vernetzung des Modells mit finiten Elementen 421
 - 5.5.2 Lagerungsbedingungen der Brücke festlegen 421
 - 5.5.3 Einwirkungen auf das Brückenbauwerk 421
 - 5.5.4 Ermittlung der Stützlinie im Bogen für jede Laststellung 422
 - 5.5.5 Nachweis der Bogenkonstruktion 423
 - 6 Brücke über die Mandau 424
 - 6.1 Geometrie 424
 - 6.2 Materialkennwerte Bogen 424
 - 6.3 Bemessungsfestigkeit vom Bogenmauerwerk unter zentrischer Beanspruchung 424
 - 6.4 Tragfähigkeit unter exzentrischer Beanspruchung (Bemessungs-Traglastkurve) 424
 - 6.5 Modellbildung für den statischen Nachweis 426
 - 6.5.1 Vernetzung des Modells mit finiten Elementen 426
 - 6.5.2 Lagerungsbedingungen der Brücke festlegen 426
 - 6.5.3 Einwirkungen auf das Brückenbauwerk 426
 - 6.5.4 Ermittlung der Stützlinie im Bogen für jede Laststellung 426
 - 6.5.5 Nachweis der Bogenkonstruktion 426
 - 7 Brücke über die Zschopau 428
 - 7.1 Geometrie 428
 - 7.2 Materialkennwerte Bogen 428
 - 7.3 Bemessungsfestigkeit vom Bogenmauerwerk unter zentrischer Beanspruchung 430
 - 7.4 Tragfähigkeit unter exzentrischer Beanspruchung (Bemessungs-Traglastkurve) 430
 - 7.5 Modellbildung für den statischen Nachweis 430
 - 7.5.1 Vernetzung des Modells mit finiten Elementen 430
 - 7.5.2 Lagerungsbedingungen der Brücke festlegen 430
 - 7.5.3 Einwirkungen auf das Brückenbauwerk 430
 - 7.5.4 Ermittlung der Stützlinie im Bogen für jede Laststellung 431
 - 7.5.5 Nachweis der Bogenkonstruktion 431
 - 8 Brücke über die Prießnitz 433
 - 8.1 Geometrie 433
 - 8.2 Materialkennwerte Bogen 433
 - 8.3 Bemessungsfestigkeit vom Bogenmauerwerk unter zentrischer Beanspruchung 433
 - 8.4 Tragfähigkeit unter exzentrischer Beanspruchung (Bemessungs-Traglastkurve) 433
 - 8.5 Modellbildung für den statischen Nachweis 435
 - 8.5.1 Vernetzung des Modells mit finiten Elementen 435
 - 8.5.2 Lagerungsbedingungen der Brücke festlegen 435
 - 8.5.3 Einwirkungen auf das Brückenbauwerk 435
 - 8.5.4 Ermittlung der Stützlinie im Bogen für jede Laststellung 435
 - 8.5.5 Nachweis der Bogenkonstruktion 435
 - 9 Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken aus Mauerwerk 436
 - 9.1 Allgemeines 436
 - 9.2 Modellbildung 438
 - 9.3 Ergänzende Regelungen zur Temperatureinwirkung 439
 - 9.4 Schnittgrößenermittlung 439
 - 9.4.1 Allgemeines 439
 - 9.5 Rechnerische Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit 439
 - 9.5.1 Allgemeines 439
 - 9.5.2 Stufe 1 439
 - 9.5.3 Stufe 2 439
 - 9.6 Rechnerische Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 440
 - 9.7 Rechnerische Nachweise für gemauerte Anschlussbauteile 441
 - 9.7.1 Stirnmauern 441
 - 9.7.2 Stützen, Pfeiler und Widerlager 441
 - 10 Zusammenfassung 441
 - 11 Literatur 441
- D 2 Eisenbahngewölbebrücken in Sachsen 443**
Johanna Monka, Gregor Schacht, Steffen Marx
- 1 Einleitung 445
 - 2 Das Eisenbahnnetz und seine Brücken 445
 - 2.1 Entwicklung des Eisenbahnnetzes in Deutschland 445
 - 2.2 Gewölbebrücken 446
 - 2.3 Umgang mit Brückenbauwerken 448

3	Gewölbebrücken in Sachsen	450	4.3.2	Brücke über die Wilde Weißeritz (km 18,77)	455
4	Die Strecke Dresden–Werdau (6258)	451	4.3.3	Brücke über den Seerenbach (km 18,99)	455
4.1	Beschreibung und Geschichte der Strecke	451	5	Die Strecke Leipzig–Hof (6362)	456
4.2	Brücken im Streckenabschnitt Plauenscher Grund	453	5.1	Beschreibung und Geschichte der Strecke	456
4.2.1	Brücke über die Vereinigte Weißeritz (km 4,81)	453	5.2	Göltzschtal-Viadukt (km 95,00)	457
4.2.2	Bachbrücke Weizenmühle (km 5,06)	453	6	Zusammenfassung und Ausblick	460
4.3	Brücken im Streckenabschnitt Edle Krone	454	7	Dank	460
4.3.1	Brücke Edle Krone Bf. (km 18,05)	455	8	Literatur	460
D 3	Ermittlung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk				463
	Birger Gigla				
1	Einleitung	465	4.3	Druckversuch auf Grundlage von UIC Kodex 778-3	480
2	Rechenwerte zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Mauerwerk	467	5	Forschungsergebnisse zum Verfahren der Fugenbohrkerne nach Berger	481
2.1	Mechanische Grundlagen der zentrischen Druckfestigkeit von Mauerwerk	467	5.1	Aktueller Stand des wissenschaftlichen Diskurses	481
2.2	Steindruckfestigkeit	468	5.2	Untersuchung des Geometriefaktors k und des Einflusses von Exzentrizitäten im Fugenbohrkern	481
2.3	Mörteldruckfestigkeit	472	5.3	Untersuchung des Verhältnisses von Fugendicke zu Steinhöhe	486
2.4	Mauerwerkdruckfestigkeit: Rechenwerte nach EC 6 und DIN 1053-1	474	5.4	Untersuchung des Einflusses hochfester Mauerziegel und Vergleich mit dem Verfahren nach UIC 778-3	488
3	Statistische Auswertung: Potenzformel (Eurocode 6)	475	5.5	Untersuchung des Einflusses hochfester Mauerziegel und Vergleich mit dem Verfahren nach UIC 778-3	491
4	Bohrkernproben mit Fugenanteilen	477	6	Empfehlungen für die Praxis	494
4.1	Einführung	477	7	Literatur	495
4.2	Verfahren der Fugenbohrkerne nach Berger	477			
4.2.1	Ansatz	477			
4.2.2	Erforderliche mechanische Parameter	478			
4.2.3	Berücksichtigung des Mauerwerkgefüges	478			
4.2.4	Ermittlung der Mauerwerkdruckfestigkeit nach dem Berger-Verfahren	479			
E	Innovationen im Mauerwerksbau				
E 1	Digitale Transformation im Bauwesen – von der Theorie zur Anwendung				499
	Mathias Obergießer, Michael A. Kraus				
1	Einleitung	501	2.2	Einblick in verschiedene Digitalisierungsstrategien im Bauwesen/Wohnungsbau etc.	504
1.1	Aktueller Stand der Digitalisierung	501	2.2.1	Vorhandene Methoden und digitale Werkzeuge	504
1.2	Gründe und Potenziale für die Digitalisierung	501	2.2.2	Common Data Environment (CDE) und BIM-Anwendungsfälle	506
2	Theoretische Aspekte der digitalen Transformation	502	2.2.3	Nutzung kollaborativer Prozesslandschaft im Bauwesen	508
2.1	Der Weg vom analogen Planen und Bauen zur Vision Planen/Bauen 4.0	502	2.2.4	Robotik und KI als Wegbereiter zum seriellen Bauen	508

3	Stand der digitalen Transformation in der Anwendung 513	3.3	Der Weg zur breiten Adaption von digitalen Werkzeugen und interdisziplinärer Zusammenarbeit 515
3.1	Wie weit sind Akzeptanz und Implementierung der Methode BIM in der Praxis? 513	4	Fazit und Ausblick 517
3.2	Welche Awf lassen sich mit dem aktuellen Wissen wirtschaftlich umsetzen? 513	5	Literatur 518
E2	Innovationen im Ziegelmauerwerksbau 521		
	Andreas Jäger, Mario Kubista, Meysam Taghavi, Stefan Puskas, Karina Breitwieser, Stephan Fasching, Clemens Kuhlemann, Gülnaz Atila		
1	Einleitung 523	3.3.2	Mörtelauftragssysteme 542
2	Material und Produktoptimierung 524	3.3.3	Neue Klebesysteme (Dryfix) 543
2.1	Entwicklung von modernen Tools zur Produktoptimierung (Virtual Labs) 524	4	Ressourcenschonende Produktionsprozesse und Technologien für nachhaltiges Bauen mit Ziegeln 545
2.2	Optimierung der Produkteigenschaften mit modernen Tools 527	4.1	Die 3-Säulen-Strategie für eine klimaneutrale Ziegelproduktion 545
2.3	Entwicklung von Systemlösungen für optimiertes Ziegelmauerwerk 529	4.2	Reduktion fossiler CO ₂ -Emissionen in der Ziegelproduktion 548
2.4	Anwendungsbeispiele für ein langlebiges monolithisches Ziegelmauerwerk im mehrgeschossigen Wohnungsbau 531	4.2.1	Ausgangssituation und Zielsetzung für den Energieverbrauch 548
2.4.1	Wohnhausanlage Morogasse, Klagenfurt 531	4.2.2	Projekt DemoPlant und DryFiciency zur Energierückgewinnung 548
2.4.2	Verwaltungsgebäude Cura Cosmetic, Innsbruck 531	5	Digitalisierung in der Bauindustrie 552
2.4.3	Bürobau Interpark FOCUS 40, Röhthis 532	5.1	Entwicklung von Prozessen zur digitalen Kooperation mit Kunden 552
2.4.4	Wohn- und Bürobau Loft Living, Sonnwendviertel, Wien 532	5.2	BIM-Elemente für Mauerwerkssysteme 554
2.4.5	Wohnbau Wildgarten – Wohnen am Rosenhügel, Wien 533	5.2.1	Arbeitsweise der Planer im BIM-Projekt 554
3	Bauprozess und Automatisierung im Mauerwerksbau 533	5.2.2	Digitale Datenbereitstellung für Mauerwerkssysteme 555
3.1	Mauerwerksroboter für verschiedene Einsatzgebiete 533	5.2.3	Beispielhafte Lösungsansätze 556
3.2	Modulares Bauen – Vorfertigung mit Redbloc-Ziegelfertigteilen 537	5.2.3.1	Wienerberger BIM Suite (Belgien) 556
3.2.1	Modulbauweise und Ziegelfertigteile – Begriffsklärung 537	5.2.3.2	Wienerberger BIM-Plug-In (Tschechien) 557
3.2.2	Hohe Qualität bei individueller Anfertigung 538	5.2.4	Schnittstelle PIM-BIM – die Herausforderungen 557
3.2.3	Maßgenaue Wände durch vollautomatisierte Produktion 538	5.3	Entwicklung von Softwaretools für Tragwerksplaner 560
3.2.4	Schnelle, einfache und saubere Montage 539	5.3.1	Einleitung 560
3.2.5	Emissionsarmes Bauen mit Ziegelfertigteilen 540	5.3.2	Bemessung der vertikalen Tragfähigkeit – N _{Rd} -Pro-Tool 561
3.2.6	Anwendungsbeispiele 540	5.3.3	Bemessung der Schubtragfähigkeit – V _{Rd} -Pro-Tool 562
3.3	Planziegelmauerwerk – effiziente Mörtelauftragssysteme 541	5.4	Mauerwerksmodul für 3D-Finite-Elemente-Software RFEM von Dlubal 563
3.3.1	Planziegelmauerwerk 541	6	Fazit 565
		7	Literatur 565

E3 Mauerwerk in XXL – Großformatiges Bauen mit bewehrten Porenbetonelementen, vertikal und horizontal 569

Markus Heße, Mario Schmitz, Andreas Radischewski

- | | | | | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Einleitung | 571 | 5.1 | Statik | 581 |
| 1.1 | Der Baustoff | 571 | 5.1.1 | Bauteile ohne statische Berücksichtigung der Bewehrung | 581 |
| 1.2 | Herstellung von Porenbeton | 571 | 5.1.2 | Weitergehende Hinweise zur Bemessung von Bauteilen mit statisch nicht ansetzbarer Bewehrung | 583 |
| 1.3 | Normen und Zulassungen für die Herstellung und Anwendung von Porenbeton | 571 | 5.1.3 | Bewehrte Bauteile mit statischer Berücksichtigung der Bewehrung | 583 |
| 1.4 | Klassifizierung von bewehrten Porenbetonprodukten | 572 | 5.2 | Wärmeschutz | 584 |
| 2 | Einsatzmöglichkeiten in vertikaler oder horizontaler Ausführung | 572 | 5.3 | Brandschutz – brandsicher bauen mit bewehrten Porenbetonelementen | 585 |
| 2.1 | Stehend tragend | 572 | 5.4 | Schallschutz | 587 |
| 2.2 | Liegend tragend | 574 | 6 | Ausführung auf der Baustelle | 588 |
| 2.3 | Stehend nichttragend | 575 | 6.1 | Basisanforderungen | 588 |
| 2.4 | Horizontal nichttragend | 575 | 6.2 | Verlegung der XXL-Elemente | 589 |
| 3 | Anforderungen an die Produktion | 576 | 6.3 | Arbeitsicherheit | 589 |
| 4 | Architekturplanung mit XXL-Elementen am Beispiel von Systemwandelementen, stehend tragend | 577 | 6.4 | Vor- und Nachteile gegenüber Mauerwerk | 589 |
| 4.1 | Vereinbarung von Planungsgrundsätzen bei stehenden Systemwandelementen | 577 | 7 | Ein Blick in andere Länder | 590 |
| 4.1.1 | Grundrissplanung im Raster | 577 | 7.1 | Niederlande – Wohnungsbau mit liegenden Wandelementen | 590 |
| 4.1.2 | Höhenplanung | 577 | 7.2 | Türkei – Erdbebensicheres Bauen mit stehenden Wandelementen | 590 |
| 4.1.3 | Dach- und Giebelschnitte | 577 | 7.3 | Australien – Siegeszug der Elemente als Verkleidung von Holzkonstruktionen | 592 |
| 4.1.4 | Wandöffnungen im Raster | 578 | 7.4 | USA – Vorfertigung mit Leichtmetall-Ständerwänden und Beplankungen aus Porenbeton | 593 |
| 4.1.5 | Sonderbauteile mit Gehrungsschnitten | 578 | 8 | Wie geht es weiter – ein Ausblick auf mehr Effizienz am Bau | 593 |
| 4.2 | Vereinbarung von Planungsgrundsätzen bei liegenden Wandelementen | 578 | 9 | Literatur | 594 |
| 4.3 | Einsatz von BIM | 579 | | | |
| 4.4 | Weitergehende Hinweise für eine praxisgerechte Anwendung | 580 | | | |
| 5 | Bautechnologische Planung | 581 | | | |

F Forschung**F1 Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 595**

Jonathan Schmalz, Ludwig Wingerter

- | | | | | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Abgeschlossene Forschungsvorhaben | 601 | 1.2.3 | Einsatz von Füllern aus fein gemahlenem Kalksandstein-Recycling-Material als Upcycling für Kalksandstein-, Beton- und Asphaltprodukte | 602 |
| 1.1 | Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen | 601 | 1.2.4 | Einsatz natürlicher mineralischer Füller für die Optimierung der Eigenschaftswerte von Kalksandsteinen – Reduzierung der Produktionskosten, des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen | 603 |
| 1.2 | Kurzberichte | 601 | | | |
| 1.2.1 | Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Kalksandstein für vegetationstechnische Bodenverbesserungsmaßnahmen im Erd- und Straßenbau | 601 | | | |
| 1.2.2 | Verbesserte Schalldämmung von Kalksandsteinmauerwerk durch Optimierung der produktionstechnischen Herstellparameter – Erhöhung des dynamischen E-Moduls des KS-Materials | 602 | | | |

- 1.2.5 Untersuchungen zur Phasenbildung und Gefügeentwicklung bei der hydrothermalen Härtung von Porenbeton mittels In-situ-Röntgendiffraktometrie mit dem Ziel der Sulfatreduzierung und Prozessoptimierung **604**
- 2 Laufende Forschungsvorhaben **607**
- 2.1 Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen **607**
- 2.2 Kurzberichte **608**
- 2.2.1 KI-basierte Schadensdetektion für das innovative Über- und Unterwasserscansystem 3D HydroMapper **608**
- 2.2.2 Fahrbahnwannen auf Gewölbebrücken **611**
- 2.2.3 Schaffung von Bemessungsgrundlagen für Lehmmauerwerk auf Basis von DIN EN 1996-3/NA mittels experimenteller und numerischer Untersuchungen **616**
- 2.2.4 Nachhaltig und zuverlässig bauen mit Lehm – Entwicklung eines semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts für feuchtebeeinflusstes Lehmmauerwerk **618**
- 2.2.5 Entwicklung von Seilrobotern für die Erstellung von Kalksandstein-Mauerwerk auf der Baustelle **619**
- 2.2.6 Einsatz von metallurgischen Schlacken bei der Kalksandsteinproduktion zur Erhöhung des baulichen Schallschutzes **621**
- 2.2.7 Kosteneinsparung und Steigerung der Ressourceneffizienz von Kalksandsteinen durch Ansatz von Druckhaltestufen bei der Hydrothermalhärtung – sog. „Treppenkurven“ – CO₂-Einsparung **622**
- 2.2.8 Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Sicherstellung der Dampfgängigkeit von hochverdichteten Kalksandstein-Rohlingen für die werkseigene Produktionskontrolle **622**
- 2.2.9 Einsatz von calciniertem Ton zur Nutzung bislang ungeeigneter Sande für die Kalksandsteinproduktion „Alkalifänger“ **623**
- 2.2.10 Eignung von Sägeschlämmen aus der Fertigung von Kalksandstein-Planelement-Bausätzen als Optimierungszusatz für die KS-Produktion **624**
- 2.2.11 Planziegelmauerwerk – Bestimmung der Eingangswerte für die Bemessung auf Basis von Versuchen: Druckfestigkeitsprüfung an Wandprüfkörpern und Ersatzprüfverfahren **625**
- 2.2.12 Verhalten von Stahlbetonrahmen mit entkoppelten Mauerwerksausfachungen und Öffnungen unter seismischen Einwirkungen **629**
- 2.2.13 Einfluss der exzentrischen Lasteinleitung am Außenwand-Decken-Knoten auf die Schubtragfähigkeit von monolithischen Außenwänden aus Ziegelmauerwerk **631**
- 2.2.14 Entwicklung eines innovativen Ansatzes zur Entkopplung von Ausfachungen und nichttragenden Trennwänden aus Mauerwerk von der Tragstruktur **633**
- 2.2.15 Neue Ansätze für die realistische Bemessung von Mauerwerksbauten unter Horizontallasten **635**

Stichwortverzeichnis **639**

Autor:innenverzeichnis

Atila, Gülnaz, Dipl.-Ing.

1992–1998 Bauingenieurstudium Hochschule TU Hannover, seit 1998 Produktmanager bei Wienerberger Deutschland, seit 2003 Leitung Produktmanagement und Marketing Wienerberger Italien, seit 2012 Vertriebsleitung Wienerberger Italien, seit 2015 Managing Director Wienerberger Italien, seit 2020 Director Category Management Wall in der Business Unit Wienerberger Building Solutions bei Wienerberger AG.

Wienerberger AG, Wienerbergerplatz 1,
1100 Wien/Österreich

Biegholdt, Hans-Alexander, Dr.-Ing.

1987–1992 Bauingenieurstudium an der TH Leipzig, 1992–1994 Mitarbeiter im Ingenieurbüro HJW + Partner Leipzig, 1994–2000 wiss. Mitarbeiter an der Universität Leipzig, 2001 Promotion am Institut für Statik und Dynamik der Universität Leipzig, 2000–2002 selbstständiger Tragwerksplaner, seit 2002 Landesstelle für Bautechnik (Bautechnisches Prüfamts Sachsen), seit 2010 Leiter.

Landesstelle für Bautechnik/Landesdirektion
Sachsen, Braustr. 2, 04107 Leipzig

Breitwieser, Karina, Dipl.Ing. M. Sc.

Bauingenieurstudium TU Wien, Masterkurs „Soil Mechanics & Dynamics“ am Imperial College in London, 1997–2013 Lehrbeauftragte an der TU Wien, seit 2017 Lehrbeauftragte an der FH des BFI und seit 2019 Lehrbeauftragte und wiss. Mitarbeiterin an der TU Wien mit dem Schwerpunkt Digitalisierung und Bauprozesse, 1989–2018 Führungsmanagement im internationalen Bauprojektgeschäft bei Austrian Energy und Waagner-biro Stahlbau, seit 2019 Unternehmensberaterin für Digitalisierung und Kooperation in Bauprojekten.

42consulting, Stolberggasse 25/11,
1050 Wien/Österreich

TU Wien/Institut für interdisziplinäres
Bauprozessmanagement, Karlsplatz 13,
1040 Wien/Österreich

Fasching, Stephan, Dipl.-Ing. B. Sc.

2011–2016 Bauingenieurstudium TU Wien, 2016–2017 angestellt als Tragwerksplaner und technischer Verkaufsberater, 2017 Baumeisterprüfung, seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der TU Wien, seit 2019 Junior-Produktmanager bei Wienerberger.

Wienerberger AG, Wienerbergerplatz 1,
1100 Wien/Österreich

Flieger, Michael, M. Sc.

Studium des Bauingenieurwesens an der TU Kaiserslautern, seit 2015 Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung der TU Kaiserslautern.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet
Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung,
Paul-Ehrlich-Str. 29, 67663 Kaiserslautern

Gierga, Michael, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium Gesamthochschule Essen und Universität Stuttgart, Diplom 1989, 1988–1994 Mitarbeiter in einem Ingenieurbüro für Bauphysik, Stuttgart, 1994–2011 technischer Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie, seit 2011 geschäftsführender Gesellschafter der Kurz und Fischer Ingenieurgesellschaft mbH, Bottrop. Mitarbeit in Normungsausschüssen des DIN und CEN im Bereich Wärme- und Schallschutz.

Kurz und Fischer GmbH, Johann-Breucker-Platz 8,
46244 Bottrop

Gigla, Birger, Prof. Dr.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der TU Braunschweig und der ETH Zürich, 1993–1996 Ingenieurgesellschaft Wiederaufbau Frauenkirche Dresden, Prof. Wenzel und Prof. Jäger, 1996–1999 wiss. Mitarbeiter in der FG Mauerwerk des SFB 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Bauegefüge, Konstruktionen“ an der Universität Karlsruhe (heute KIT), 1999 Promotion am Institut für Tragkonstruktionen der Universität Karlsruhe, seit 2000 Professor für Mauerwerkbau, Bauwerkserhaltung und Bauphysik an der TH Lübeck.

Technische Hochschule Lübeck, Fachbereich
Bauwesen, Mönkhofer Weg 239, 23562 Lübeck

Gömmel, Andreas, Dr.-Ing.

1999–2001 Bauingenieurstudium TU Darmstadt, 2001–2005 Bauingenieurstudium RWTH Aachen, 2004 Auslandsstudium Ecole Nationale des Ponts et Chaussées Paris, 2005–2010 wiss. Mitarbeiter an der RWTH Aachen, 2010 Promotion am Lehrstuhl für Baustatik und Baudynamik der RWTH Aachen, seit 2011 Beratungingenieur Baudynamik, Müller-BBM GmbH, seit 2014 Fachkoordinator Baudynamik, Müller-BBM GmbH, seit 2017 Niederlassungskoodinator der NL BFB Stuttgart, Müller-BBM GmbH.

Müller-BBM GmbH, Niederlassung BFB Stuttgart,
Schwieberdinger Str. 62, 70435 Stuttgart

Gunkler, Erhard, Prof. Dr.-Ing.

1974–1977 Bauingenieurstudium an der Gesamthochschule Paderborn, Abt. Höxter, sowie 1979–1984 an der Leibniz-Universität Hannover, 1986–1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IBMB der TU Braunschweig, 1992 Promotion am Lehrstuhl für Massivbau der TU Braunschweig, 1992–1999 Abteilungsleiter in der MPA Braunschweig, 1996–1999 Lehrbeauftragter für Baustoffkunde an der FH Hildesheim, 1999–2021 Hochschullehrer für Massivbau und Baustoffkunde an der TH Ostwestfalen-Lippe.

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe,
Brunnenstr. 63a, 32756 Detmold

Heße, Markus, Dipl.-Ing. M. Sc.

Studium Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen, 1990–1995, Studium Construction Management University of Birmingham, 1997–1998, seit über 22 Jahren bei der heutigen Xella Baustoffgruppe tätig, seit 2014 Leitung des internationalen Produktmanagements der Xella Baustoffe GmbH, Mitglied im DIN-Ausschuss für BIM-Strategie in Deutschland, beim VDI für Klassifizierungssysteme von Bauprodukten und in der Task Group „Digitalization“ beim europäischen Baustoffverband – Construction Products Europe AISBL.

Xella Baustoffe GmbH, Düsseldorfer Landstr. 395,
47259 Duisburg

Hofmann, Markus, Dipl.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der Bauhaus-Universität Weimar, 2008 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar, seit 2013 wiss. Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung der TU Kaiserslautern.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet
Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung,
Paul-Ehrlich-Str. 29, 67663 Kaiserslautern

Jäger, Andreas, Dipl.-Ing. Dr. techn.

Bauingenieurstudium Technische Universität Wien, 2004–2008 Projekt Assistent und Doktoratsstudium an der TU Wien, 2008 Promotion am Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen der TU Wien, 2008–2010 Post Doc am Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen der TU Wien, 2010–2019 Internationaler Produktmanager der Wienerberger AG, seit 2020 Leiter Internationales Produktmanagement Wand der Wienerberger AG.

Wienerberger AG, Wienerbergerplatz 1,
1100 Wien/Österreich

Kornadt, Oliver, Prof. Dr.

Studium der Physik und Mathematik mit Diplom in Physik an der UdS, 1992 Promotion an der RWTH Aachen, 1993–2001 Leiter des Fachgebiets Bauphysik der Philipp Holzmann AG, 2001 Universitätsprofessor für Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar, seit 2012 Universitätsprofessor für Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung an der TU Kaiserslautern, seit 2006 Obmann des NABau-Ausschusses zur DIN 4109-1 „Schallschutz im Hochbau“, zahlreiche Publikationen und Auszeichnungen für Forschungsarbeiten.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet
Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung,
Paul-Ehrlich-Str. 29, 67663 Kaiserslautern

Kraus, Michael, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TU München, 2015–2019 wiss. Mitarbeiter an der Universität der Bundeswehr München, 2019 Promotion zur Anwendung von Maschinellen Lernen zur Berechnung von Verbundglas im intakten und gebrochenen Zustand, ab 2020 Post-Doktorand für Künstliche Intelligenz und numerische Mechanik zunächst in Stanford (USA) und ab Oktober 2020 dafür an der ETH Zürich.

ETH Zürich, Institut für Baustatik und
Konstruktion (IBK), Stefano-Francini-Platz 5,
8093 Zürich/Schweiz

Kubista, Mario, Dipl.-Ing. (FH)

Bauingenieurstudium an der HTL Pinkafeld, TU Wien und FH Bau Wien, 1985–1986 Abrechnungstechniker im Tiefbau bei Silvio Pusiol, Gloggnitz, 1987–2000 Statiker und Projektleiter Hoch- und Tiefbau im Ing.-büro Krennbauer und bei iC Consulanten, Wien. Ab 2000 Produkttechniker in der Wienerberger Ziegelindustrie, ab 2006 Leitung Produkt- und Anwendungstechnik und seit 2016 Leitung Produktmanagement Wand und Fassade. Seit 2001 Mitarbeit als Experte bei Normprojekten in mehreren Komitees von Austrian Standards. Seit 2006 Mitglied im Technischen Ausschuss der österreichischen Ziegelindustrie.

Wienerberger Österreich GmbH,
Wienerbergerplatz 1, 1100 Wien/Österreich

**Küenzlen, Jürgen, Dr. Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)
M.A., LL.M.**

1993 Bauingenieurstudium an der TU Stuttgart, 1998 Wirtschaftsingenieurwesen-Studium HS Pforzheim, 1999 wiss. Mitarbeiter und stellv. Laborleiter am Institut für Werkstoffe an TU Stuttgart Fachbereich Befestigungstechnik, 2004 Produktmanager bei Würth, 2007 Weiterbildung zum Fachjournalisten, 2007 Fernstudium Personalentwicklung an der TU Kaiserslautern

tern, 2008–2021 Fernstudium Wirtschaftsrecht an der Universität des Saarlandes, seit 2008 Projektleiter bei Würth.

Adolf Würth GmbH & Co. KG,
Reinhold-Würth-Str. 12–17, 74653 Künzelsau

Kuhlemann, Clemens, Dipl.-Ing.

Diplom-Bauingenieur, von 1992–2013 Projekt-Manager für Poroton-Ziegelsysteme bei der Wienerberger GmbH, seit 2011 techn. Geschäftsführer der Deutschen POROTON und ab 2013 Geschäftsführer, 2011–2020 Sprecher Technik der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerk e. V., 2018–2021 Vorsitz im Vorstand der Arge Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. (BVZ), aktuell stellv. Leiter der Fachgruppe Hintermauerziegel im BVZ.

Deutsche POROTON GmbH, Friedrichstr. 95,
10117 Berlin

Lackner, Andreas, Dipl.-Ing. (FH)

Studium für angewandte Wissenschaften (FH), München, 2009 Diplom der physikalischen Technik, 2009 Mitarbeit am Lehrstuhl für „Civil Engineering“ an der University of Western Australia in Perth, 2009–2015 OBERMEYER Planen + Beraten GmbH, München, seit 2016 Mitarbeiter bei der Müller-BBM GmbH, Planegg, Bereich Schwingungs- und Erschütterungsschutz für Verkehr, Bau und Forschung, seit 2016 Mitarbeit im Normenausschuss NA001-03-099AA (DIN 45669).

Müller-BBM GmbH, Helmut-A.-Müller-Str. 1–5,
82152 Planegg bei München

Marx, Johann Jakob, Dr.-Ing.

2007–2014 Bauingenieurstudium an der Technischen HS OWL, 2011–2019 wiss. Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der Technischen HS OWL, 2014–2020 Promotion an der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der TU Braunschweig, seit 2018 tätig in der Ingenieurgruppe hmr (Statik und Prüfstatik), seit 2020 stellv. Büroleiter der Niederlassung Bielefeld.

Ingenieurgruppe hmr, Meisenstr. 94, 33607 Bielefeld

Marx, Steffen, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium HAB Weimar, 1995–1999 wiss. MA an der Uni Weimar, 1999 Promotion, 1999–2001 Planungsg. bei BGS Ingenieursozietät, Dresden, 2001–2003 Teamleiter Konstruktiver Ing.-bau bei DE-Consult GmbH und DB ProjektBau GmbH, 2004–2005 Projektsteuerer, DB ProjektBau GmbH, dort 2005–2007 Arbeitsgebietsleiter Ingenieur- und Hochbau, 2007–2010 Hon.-Prof. für Mess- und Versuchstechnik, TU Dresden, 2010–2011 University of

California San Diego, Visiting Prof., seit 2011 Gründer und Gesellschafter „Marx Krontal Partner“, 2011–2020 Prof. Massivbau, Leibniz Universität Hannover, seit 2020 DB Netz AG – Stiftungsprof. für Ingenieurbau, Inst. für Massivbau, TU Dresden.

Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Massivbau,
01062 Dresden

Marzahn, Gero, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der TH Leipzig, 1995–2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Leipzig, 2000 Promotion am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, 2000–2001 PostDoc-Studium an der University of Colorado (USA), 2001–2004 Projekt-Ingenieur in Leipzig, 2004–2014 Abteilungsleiter Ingenieurbau bei Straßen.NRW, seit 2015 Referatsleiter Ingenieurbauwerke im BMVI, seit 2017 Honorarprofessor an der Ruhr-Universität Bochum.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Robert-Schuman-Platz 1,
53175 Bonn

Monka, Johanna, M. Sc.

Architekturstudium (Bachelor) Leibniz Universität Hannover, Architekturstudium (Master) RWTH Aachen, seit 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Massivbau, TU Dresden.

Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Massivbau,
01062 Dresden

Mulder, Koen, ir.

Studium der Architektur und Gebäudetechnik an der TU Delft, 2001–2011 in verschiedenen Architekturbüros tätig, seit 2011 selbstständiger Architekt, seit 2012 Dozent und Forscher an der Fakultät für Architektur der TU Delft.

Faculty of Architecture, Technical University Delft, Department: AE+T, Chair: Design of Construction, Julianalaan 134, 2628BL Delft/Niederlande

Müller, Matthias, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Dortmund, 2006–2012 Projekt-Ingenieur und Projektleiter im Ingenieurbüro König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH Dortmund, 2011–2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Dortmund, seit 2012 Referent in der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 2016 Promotion am Lehrstuhl Betonbau der TU Dortmund, seit 2019 stellvertretender Leiter des Referats Betonbau in der Abteilung Brücken- und Ingenieurbau der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Bundesanstalt für Straßenwesen, Brüderstr. 53,
51427 Bergisch Gladbach

Nisse, Juliane, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Berlin, 2011–2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TU Berlin (Lehrstuhl: Bauphysik und Baukonstruktionen, Prof. Vogdt), seit 2018 Leiterin für Normung und Anwendungstechnik im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.

Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., Reinhardtstr. 12–16, 10117 Berlin

Obergrießer, Mathias, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der FH Regensburg/Erfurt, 2008–2014 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der HS Regensburg, 2016 Promotion am Lehrstuhl CMS der TU München, 2014–2016 Projektleiter Tragwerksplanung im Ingenieurbüro Uschner+Obergrießer, 2017–2018 Projektleiter zur Produktentwicklung von Infrastrukturprodukten bei der Firmengruppe Max Bögl, seit 2018 Professor für das Lehrgebiet „Digitalisiertes Bauen“ an der Fakultät Bauingenieurwesen, OTH Regensburg.

OTH Regensburg, Galgenbergstr. 30, 93053 Regensburg

**Ostendorf, David, Dipl. Bauing. (FH),
Dipl. Wirtschaftsing. (FH)**

1990–1994 Bauingenieurstudium Technische Fachhochschule Berlin, 1997–2000 Wirtschaftsingenieurstudium Technische Fachhochschule Berlin, seit 2009 Referent im ZDB, seit 2010 Geschäftsführer des Fachverbandes Hoch- und Massivbau im ZDB, seit 2021 Obmann ATV DIN 18330 Mauerarbeiten.

Zentralverband Deutsches Baugewerbe, Kronenstraße 55–58, 10117 Berlin

Purkert, Benjamin, M. Sc.

Bauingenieurstudium TU Darmstadt, 2014–2015 Tragwerksplaner bei Bernhardt Ingenieure GmbH, 2015–2020 wiss. Mitarbeiter am Institut für Massivbau der TU Darmstadt, seit 2020 Geschäftsstellenleiter des DAfM e. V.

Deutscher Ausschuss für Mauerwerk e. V., Kochstr. 6–7, 10969 Berlin

Purtak, Frank, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Dresden 1988–1993, wiss. Mitarbeiter an der TU Dresden, Lehrstuhl Tragwerksplanung bis 2000, Promotion 2001, seit 1999 Gesellschafter und Geschäftsführer bei TragWerk, seit 2008 Tätigkeit im DIN-Spiegelausschuss „Mauerwerksbau“.

TragWerk Ingenieure, Döking+Purtak GmbH, Prellerstr. 9, 01309 Dresden

Puskas, Stefan, Dipl.-Ing.

Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbaustudium an der TU Wien mit Gasthören in Graz (AT) und Gijón (Esp), 2000–2008 Projektleiter in Planungsbüros für Haustechnik, 2005 Ablegen der Ziviltechnikerprüfung f. Wi-Mb, seit 2008 Mitarbeiter der Wienerberger AG im Bereich F & E, Fokus Energieoptimierung bei der Ziegelherstellung. Projektleiter von Aktivitäten rund um Prozesssimulation (Trocknen/Brennen), WRG-Systeme, Integration von Wärmepumpen (speziell Absorptions-WP) und Brennerentwicklung.

Wienerberger AG, Wienerbergerplatz 1, 1100 Wien/Österreich

Radischewski, Andreas, Dipl.-Ing.

1999–2005 Architekturstudium Uni Wuppertal, 2003–2008 Projektarchitekt bei Rückert Architekten Leverkusen, 2008–2011 Projektleitender Architekt bei Woods Bagot Architecture Sydney/Melbourne (AU), 2011–2014 Projektleitender Architekt bei Müller Architecture Köln, 2014–2017 Abt.-Leiter Ausführungsplanung bei Chapman Taylor Generalplaner Düsseldorf, seit 2017 Digital Building Solution & Transformation Manager bei Xella.

Xella International GmbH, Düsseldorfer Landstr. 395, 47259 Duisburg

Raupach, Michael, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

1993–1996 Geschäftsführer des Ing.-Büros Sasse + Schießl + Fiebrich + Raupach in den Bereichen Baustoffe und Bauwerkserhaltung. 1997–1999 Inhaber und Geschäftsführer des Ingenieurbüros Prof. Schießl + Dr. Raupach Consulting + Engineering und Geschäftsführer der S+R Sentelec GmbH. Im Jahr 2000 Berufung zum Universitätsprofessor an die RWTH Aachen University. Gegenwärtig dort Leiter des Lehrstuhls für Bauwerkserhaltung und des Instituts für Baustoffforschung, ibac. Seit 2008 Mitinhaber des Ingenieurbüros Raupach Bruns Wolff GmbH.

Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen University, Schinkelstr. 3, 52062 Aachen

Saenger, Dorothea, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium an der RWTH Aachen University, 2008–2020 wiss. Mitarbeiterin und 2018–2020 Leiterin der Arbeitsgruppe Mauerwerk am Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen University, derzeit in Elternzeit.

Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen University (ibac), Schinkelstr. 3, 52062 Aachen

Schacht, Gregor, Dr.-Ing.

2004–2009 Bauingenieurstudium an der TU Dresden, 2009–2014 wiss. Mitarbeiter und Promotion, Institut für Massivbau, TU Dresden, seit 2014 Projektleiter Marx Krontal Partner, seit 2019 Teamleiter Planung von Ingenieurbauwerken, Marx Krontal Partner, seit 2014 Lehrbeauftragter Leibniz Universität Hannover.

Marx Krontal Partner, Werftstr. 17, 30163 Hannover

Scheller, Eckehard, Dipl.-Ing. (FH)

Holzmechaniker-Ausbildung und Gesellentätigkeit ab 1987, 1992 Bauingenieur-Studium an der TFH-Berlin, ab 1996 Tragwerksplaner im Büro Pichler Ingenieure GmbH Berlin, ab 2001 Technischer Angestellter im DIBt, Referat „Verankerungen und Befestigungen, Treppen“, ab 2012 Projektleiter Technisches Marketing Befestigungstechnik bei der Adolf Würth GmbH & Co. KG, ab 2018 Leiter Technik und Normung bei der DGfM, parallel dazu Leiter der Geschäftsstelle für den DAfM, seit 2019 Mitarbeiter der ISB.

ISB Block und Becker Beratende Ingenieure PartGmbH, Alarichstr. 44f, 44803 Bochum

Schmalz, Jonathan, M. Eng.

Bauingenieurstudium (Bachelor und Master) an der OTH-Regensburg 2017, seit 2015 freiberuflicher Dozent für Stahlbetonbau und Baustatik im Fachbereich Bautechnik an den Dr. Robert Eckert Schulen, seit 2017 wiss. Mitarbeiter im Labor für den Konstruktiven Ingenieurbau der OTH-Regensburg.

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Labor für den Konstruktiven Ingenieurbau, Galgenbergstr. 30, 93053 Regensburg

Schmitz, Mario, Dipl.-Ing.

Studium Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen, 1993–1999, vorab Ausbildung zum Bauzeichner, 1991–1993, seit 1997 verschiedene Tätigkeiten in der Betonfertigteileindustrie. Seit 2013 Produktmanager bei der Xella Deutschland GmbH, freiwilliges Mitglied der Ingenieurkammer NRW.

Xella Deutschland GmbH, Düsseldorfer Landstr. 395, 47259 Duisburg

Taghavi, Meysam, M. Sc.

Bachelor-Studium Maschinenbau, Master-Studium Automation and Robotics TU Dortmund, 2016–2019 wiss. Mitarbeiter an der TU München, seit 2019 Projekt Manager IPMA-D, seit 2020 Prefabrication & Robotics Specialist bei Wienerberger AG.

Wienerberger AG, Wienerbergerplatz 1, 1100 Wien/Österreich

Wingerter, Ludwig, M. Eng.

Bauingenieurstudium HS Karlsruhe, 2018–2020 Masterstudium Bauing. Konstruktiver Ingenieurbau an der HS Karlsruhe, 2019–2020 akademischer Mitarbeiter an der HS Karlsruhe, seit 2020 wiss. Mitarbeiter HS Karlsruhe.

Hochschule Karlsruhe, Moltkestr. 30, 76133 Karlsruhe

Winkels, Bernd, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium an der RWTH Aachen University, seit 2013 wiss. Mitarbeiter am Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen University (ibac).

Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen University (ibac), Schinkelstr. 3, 52062 Aachen

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Eric Brehm
Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer
Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Galgenbergstraße 30
93053 Regensburg

Verlag

Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Tel. (030) 47031-200
E-Mail: info@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de

A Normen und Baustoffe

**A 1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von
Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk**

Michael Raupach, Dorothea Saenger und Bernd Winkels

Mauerwerk-Kalender 2022: Fassadengestaltung, Bauphysik, Innovationen.

Herausgegeben von Detleff Schermer und Eric Brehm.

© 2022 Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published 2022 by Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3	5	Verbund zwischen Mauerstein und Mauermörtel	8
2	Mauersteine	3	5.1	Allgemeines	8
2.1	Festigkeitseigenschaften	3	5.2	Haftscherfestigkeit	8
2.1.1	Druckfestigkeit in Steinhöhe	3	5.3	Haftzug- und Biegehaftzugfestigkeit	9
2.1.2	Druckfestigkeit in Steinlänge und -breite	3	6	Mauerwerk	10
2.1.3	Zug- und Spaltzugfestigkeit	3	6.1	Allgemeines	10
2.2	Verformungseigenschaften	4	6.2	Festigkeitseigenschaften	10
2.2.1	Druck-Elastizitätsmodul	4	6.2.1	Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen	10
2.2.2	Querdehnungsmodul, Querdehnzahl	4	6.2.2	Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen	11
2.2.3	Zug-Elastizitätsmodul	5	6.2.3	Zugfestigkeit	11
2.3	Kapillare Wasseraufnahme	5	6.2.4	Biegezugfestigkeit	13
3	Mauermörtel	6	6.2.5	Schubfestigkeit	14
3.1	Festigkeitseigenschaften	6	6.3	Verformungseigenschaften	14
3.1.1	Druckfestigkeit	6	6.3.1	Elastizitätsmoduln	14
3.1.2	Zugfestigkeit	6	6.3.2	Feuchtedehnung, Kriechen, Wärmedehnung	14
3.2	Verformungseigenschaften	6	7	Literatur	16
3.2.1	Längsdehnungsmodul	6	7.1	Monografien, Zeitschriftenartikel	16
3.2.2	Querdehnungsmodul	6	7.2	Normen	16
4	Mauermörtel im Mauerwerk	6			