

2009

# MAUERWERK KALENDER

---

Herausgegeben von  
Wolfram Jäger, Dresden

34. Jahrgang



2009

# MAUERWERK KALENDER

---

Herausgegeben von  
Wolfram Jäger, Dresden

34. 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: Wienerberger

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.

© 2009 Ernst & Sohn  
Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin

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.

Satz: Dörr + Schiller GmbH, Stuttgart  
Druck und Bindung: Ebner & Spiegel, Ulm  
Printed in the Federal Republic of Germany

ISBN 978-3-433-02908-4  
ISSN 0170-4958

## Vorwort

Liebe Leser,

die Auslieferung der Vorgänger-Ausgabe hatte gerade erst begonnen, da liefen bereits die Vorbereitungen für den nächsten Jahrgang. Ein Jahr lang hat das Team des Mauerwerk-Kalenders wieder interessante Themen gesucht, Autoren akquiriert und beim Schreiben der Beiträge begleitet. Diesmal wurde der Schwerpunkt auf das Thema „Ausführung von Mauerwerk“ gelegt, um neben der Berücksichtigung der notwendigen Forschung auch der breiten täglichen Anwendung von Mauerwerk bei Planern und Ausführenden Raum zu geben.

Auch der Mauerwerksbau muss sich an aktuelle Entwicklungen anpassen und entsprechend reagieren. Das bedeutet eine stärkere Konzentration auf das Bauen im Bestand, wobei vermehrt bauphysikalische Probleme eine Rolle spielen werden. Der Mauerwerksbau ist in der Lage, wirtschaftliche und architektonisch ansprechende Lösungen anzubieten und wird damit auch in Zukunft seine Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis stellen.

Im Autorenverzeichnis des diesjährigen Mauerwerk-Kalenders finden Sie die Namen von 27 Fachleuten, die in 20 Fachbeiträgen versucht haben, ihr Wissen möglichst anwendungsgerecht aufzubereiten:

- Im Bereich *Baustoffe · Bauprodukte* finden Sie die bekannten Beiträge Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen und Mauer­mörtel sowie die ausführliche Beschreibung des Mauerwerksbaus mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.
- Das Kapitel *Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung* setzt mit zwei Beiträgen die Serie „Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk“ fort – mit einem interessanten Anwendungsbericht zur Unterfahrung von Mauerwerk sowie zu Belastungsversuchen in situ. Bereits im dritten Jahrgang in Folge widmet sich ein Beitrag dem Bauen mit Lehm. Dafür konnte der Vorsitzende des Dachverbandes Lehm e. V. gewonnen werden, welcher die als Technische Baubestimmung eingeführten Lehm­bau-Regeln herausgibt. Die Beiträge über zweischaliges Mauerwerk, Projektmanagement, Gerüstbau und Abdichtung wurden

unter dem Gesichtspunkt des stärkeren Praxisbezuges aufgenommen. Da es auch im Mauerwerksbau ohne Vergangenheit keine Zukunft gibt, wird sicher die Schilderung der Entwicklung dieser Bauweise das Interesse der Leser finden.

- Das Kapitel *Bemessung* setzt den im vergangenen Mauerwerk-Kalender mit dem unbewehrten Mauerwerk begonnenen Abdruck des Normtextes der DIN EN 1996-1-1 fort; diesmal werden die das bewehrte Mauerwerk betreffenden Abschnitte behandelt und kommentiert. Die derzeitige unbefriedigende Situation in Deutschland, dass Berechnung und Bemessung von Mauerwerk nach dem neuen (semiprobabilistischen) Sicherheitskonzept in DIN 1053-100 geregelt sind, für Konstruktion und Ausführung aber nach wie vor DIN 1053-1:1996-11 gilt, soll so schnell wie möglich beendet werden. Deshalb läuft zurzeit eine umfassende Überarbeitung der DIN 1053-1:1996-11 in Anlehnung an den EC 6. Im Mauerwerk-Kalender wird ein Entwurf der geplanten neuen Teile 11 und 13, die künftig die Bemessung von Mauerwerk nach dem vereinfachten bzw. genaueren Verfahren regeln werden, abgedruckt und kommentiert. Ein Aufsatz zur Sicherheitsbeurteilung historischer Mauerwerksbrücken rundet das Kapitel ab.
- In der Rubrik *Bauphysik* sind im Sinne der eingangs angesprochenen Veränderungen zwei Beiträge über Passivhausbau sowie energetische Optimierung von Bestandsmauerwerk zu finden. Eine weitere Ausarbeitung widmet sich dem sehr wichtigen Thema Feuchtehaushalt von Mauerwerk.
- Im Bereich *Normen · Zulassungen · Regelwerk* stehen die bewährten Übersichten zu den geltenden technischen Regeln im Mauerwerksbau sowie das Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen in aktueller Fassung zur Verfügung.
- Das traditionell abschließende Kapitel *Forschung* bietet außer dem jährlichen Überblick über die aktuelle Forschungssituation im Mauerwerksbau interessante Ausführungen über die aktuellen Möglichkeiten der numerischen Simulation von Mauerwerk. Hier kann gezeigt

werden, dass aufgrund der technischen Möglichkeiten der Hard- und Software, die heute einer breiten Fachwelt zur Verfügung stehen, effektive Analysen nicht mehr nur für Spezialisten realisierbar sind.

Dem Verlag Ernst & Sohn sei dafür gedankt, dass er bereits seit 1976 jährlich das Erscheinen des Mauerwerk-Kalenders in der gewohnten guten Qualität ermöglicht und diesem einen angemessenen Rahmen gibt. Mit den Autoren gab es eine gute und herzliche Zusammenarbeit, die Voraussetzung für das pünktliche Erscheinen des Werkes war. Die Verlagsmitarbeiter sowie mein Team haben in gemeinsamer Arbeit wieder dafür

gesorgt, dass ich mich auf die inhaltliche Arbeit konzentrieren konnte und Ihnen, liebe Leser, heute ein nützliches Nachschlagewerk in die Hand geben kann. Besonderer Dank gilt meiner Mitarbeiterin Anke Eis, die eng mit allen Beteiligten zusammenarbeitet und mit Nachdruck und Engagement wesentlich zur Herausgabe des vorliegenden Mauerwerk-Kalenders beigetragen hat.

Ich freue mich über Ihre Kritiken und Anregungen!

Wolfram Jäger  
ji@jaeger-ingenieure.de

Dresden,  
im September 2008

## Inhaltsübersicht

### A Baustoffe · Bauprodukte

- I Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen, Mauermörtel und Putzen ..... 3  
*Peter Schubert, Aachen*
- II Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung ..... 29  
*Roland Hirsch, Berlin*

### B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung

- I Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 6:  
 Unterfahrung von Mauerwerk am Beispiel der Severinstorburg Köln –  
 Sicherung eines der Symbole der Domstadt ..... 209  
*Holger Tebbe, Neuwied; Axel Dominik, Bornheim-Merten;  
 Norbert Brauer, Dormagen; Thomas Jänecke, Bochum*
- II Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 7:  
 Experimentelle Bestimmung der Tragfähigkeit von Mauerwerk –  
 Belastungsversuche an Mauerwerksbauten in situ ..... 243  
*Klaus Steffens, Achim; Toralf Burkert, Dresden*
- III Mauerwerksbau mit Lehmsteinen heute – Konstruktion und Ausführung ..... 271  
*Horst Schroeder, Weimar*
- IV Konstruktion und Ausführung von zweischaligem Mauerwerk ..... 291  
*Nasser Altaha, Oldenburg*
- V Terminmanagement im Mauerwerksbau: Planung der Planung und  
 Planung der Ausführung ..... 319  
*Antonius Busch, Kassel*
- VI Arbeits-, Fassaden- und Schutzgerüste im Mauerwerksbau ..... 355  
*Wolf Jeromin, Köln*
- VII Nachträgliche Horizontalabdichtung gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit ..... 397  
*Frank Frössel, Berlin*
- VIII Entwicklung des Mauerwerkbaus – Leitfaden für praktische Anwender ..... 431  
*Josef Maier, Erlangen*

### C Bemessung

- I Kommentierte Technische Regeln DIN EN 1996-1-1:  
 Normtext sowie Kommentare und Erläuterungen für bewehrtes und  
 eingefasstes Mauerwerk ..... 465  
*Wolfram Jäger und Carola Hauschild, Dresden*
- II Bemessung von Mauerwerk – Entwurf für DIN 1053-11 und DIN 1053-13  
 mit Kommentaren ..... 497  
*Wolfram Jäger und Stephan Reichel, Dresden*
- III Sicherheitsbeurteilung historischer Mauerwerksbrücken ..... 537  
*Dirk Proske, Wien*

**D Bauphysik**

I	Feuchtehaushalt von Mauerwerk .....	575
	<i>Harald Garrecht, Darmstadt</i>	
II	Passivhausbau mit Mauerwerk .....	617
	<i>Carsten Grobe, Hannover</i>	
III	Energetische Optimierungen an Bestands-Mauerwerk – Ein Beispiel aus der Praxis .....	641
	<i>Christian Conrad, Hans Petzold, John Grunewald, Dresden</i>	

**E Technisches Regelwerk**

I	Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche und Europäische Normen) .....	675
	<i>Joachim Kopacek, Berlin</i>	
II	Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau .....	691
	<i>Roland Hirsch, Berlin</i>	

**F Forschung**

I	Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau .....	727
	<i>Anke Eis und Todor Vassilev, Dresden</i>	
II	Möglichkeiten der numerischen Simulation von Mauerwerk heute anhand praktischer Beispiele .....	791
	<i>Roger Schlegel, Weimar</i>	

	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>821</b>
--	-----------------------------------	------------

# Inhaltsverzeichnis

## A Baustoffe · Bauprodukte

<b>I</b>	<b>Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen, Mauermörtel und Putzen</b> . . . . 3	
	Peter Schubert, Aachen	
<b>1</b>	<b>Vorbemerkung</b> . . . . . 3	5.2
<b>2</b>	<b>Eigenschaftswerte von Mauersteinen</b> 3	5.2.1
2.1	Festigkeitseigenschaften . . . . . 3	Lagerfugen . . . . . 17
2.1.1	Biegezug-, Spaltzug-, Zugfestigkeit $\beta_{BZ}$ , $\beta_{SZ}$ , $\beta_Z$ . . . . . 3	5.2.1.1
2.1.2	Druckfestigkeit in Richtung Steinlänge $\beta_{D,l}$ bzw. Steinbreite $\beta_{D,b}$ . . . . . 4	Druck-E-Modul $E_D$ . . . . . 17
2.2	Verformungseigenschaften . . . . . 5	5.2.1.2
2.2.1	Druck-E-Modul $E_D$ . . . . . 5	Querdehnungszahl $\mu_D$ und Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D}$ . . . . . 17
2.2.2	Querdehnungsmodul $E_q$ . . . . . 5	5.2.1.3
2.2.3	Zug-E-Modul $E_Z$ . . . . . 6	Völligkeitsgrad $\alpha_0$ . . . . . 17
2.2.4	Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D}$ ; $\epsilon_{u,Z}$ . 7	5.2.2
2.2.5	Feuchtedehnung (Schwinden, Quellen), Kriechen, Wärmedehnung . . . . . 7	Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen . . . . . 18
<b>3</b>	<b>Eigenschaftswerte von Mauermörteln</b> 7	5.2.2.1
3.1	Festigkeitseigenschaften . . . . . 7	Druck-E-Modul $E_{D,p}$ . . . . . 18
3.1.1	Zugfestigkeit $\beta_Z$ . . . . . 7	5.2.2.2
3.1.2	Scherfestigkeit $\beta_S$ . . . . . 7	Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D,p}$ . . . 18
3.2	Verformungseigenschaften . . . . . 7	5.2.3
3.2.1	E-Modul (Längsdehnungsmodul) $E_l$ . . . . 7	Zug-E-Modul $E_Z$ (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen) . . . . . 18
3.2.2	Querdehnungsmodul $E_q$ . . . . . 8	5.2.4
3.2.3	Feuchtedehnung (Schwinden $\epsilon_s$ ) . . . . . 8	Feuchtedehnung $\epsilon_f$ , (Schwinden $\epsilon_s$ , irreversibles Quellen $\epsilon_{cq}$ ), Kriechen (Kriechzahl $\phi$ ), Wärmedehnungs- koeffizient $\alpha_T$ . . . . . 19
3.2.4	Kriechen (Kriechzahl $\phi$ ) . . . . . 9	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Verbundeigenschaften Stein/Mörtel; Haftscherfestigkeit <math>\beta_{HS}</math>, Haftzug- festigkeit <math>\beta_{HZ}</math></b> . . . . . 9	<b>Feuchtigkeitstechnische Kennwerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk</b> . . . . . 19
<b>5</b>	<b>Eigenschaftswerte von Mauerwerk</b> . 10	6.1
5.1	Festigkeitseigenschaften . . . . . 10	Kapillare Wasseraufnahme . . . . . 19
5.1.1	Druckbeanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen . . . . . 10	6.2
5.1.1.1	Druckfestigkeit $\beta_D$ . . . . . 10	Wasserdampfdurchlässigkeit . . . . . 21
5.1.1.2	Rissspannung $\sigma_R$ . . . . . 12	<b>7</b>
5.1.2	Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen . . . . . 13	<b>Natursteine, Natursteinmauerwerk</b> . 21
5.1.2.1	Druckfestigkeit $\beta_{D,p}$ . . . . . 13	<b>8</b>
5.1.3	Zugfestigkeit $\beta_Z$ . . . . . 13	<b>Eigenschaftswerte von Putzen (Außenputz)</b> . . . . . 22
5.1.4	Biegezugfestigkeit $\beta_{BZ}$ . . . . . 13	8.1
		Allgemeines . . . . . 22
		8.2
		Festigkeitseigenschaften . . . . . 22
		8.2.1
		Druckfestigkeit $\beta_D$ . . . . . 22
		8.2.2
		Zugfestigkeit $\beta_Z$ . . . . . 23
		8.3
		Verformungseigenschaften . . . . . 23
		8.3.1
		Zug-E-Modul $E_Z$ , dynamischer E-Modul <i>dyn</i> $E$ . . . . . 23
		8.3.2
		Zugbruchdehnung $\epsilon_{Z,u}$ . . . . . 23
		8.3.3
		Zugrelaxation $\psi$ . . . . . 24
		8.3.4
		Schwinden $\epsilon_s$ , Quellen $\epsilon_q$ . . . . . 24
		8.4
		Eigenschaftszusammenhänge . . . . . 24
<b>9</b>	<b>Literatur</b> . . . . . 25	

<b>II</b>	<b>Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung</b> .....	29
	Roland Hirsch, Berlin	
	<b>Vorbemerkungen</b> .....	29
<b>1</b>	<b>Steine und Elemente für Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel</b> .....	30
1.1	Mauersteine üblichen Formates .....	30
1.1.1	Mauerziegel .....	30
1.1.2	Ziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	39
1.1.3	Verfüllziegel .....	40
1.1.4	Kalksandsteine .....	40
1.1.5	Betonsteine .....	42
1.1.5.1	Vollsteine und Vollblöcke .....	42
1.1.5.2	Hohlblocksteine .....	46
1.1.5.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung .....	47
1.2	Mauersteine größeren Formates .....	52
1.2.1	Ziegel-Blockelemente .....	52
1.2.2	Betonelemente .....	53
1.3	Mauermörtel .....	56
1.3.1	Leichtmörtel .....	56
1.3.2	Sonstige Mörtel .....	57
<b>2</b>	<b>Mauerwerk mit Dünnbettmörtel</b> .....	57
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	57
2.1.1	Planziegel .....	57
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	77
2.1.3	Planverfüllziegel .....	85
2.1.4	Kalksand-Plansteine .....	87
2.1.5	Porenbeton-Plansteine .....	92
2.1.6	Beton-Plansteine .....	92
2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke .....	92
2.1.6.2	Planhohlblocksteine .....	99
2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung .....	103
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	110
2.2.1	Planziegel-Elemente .....	110
2.2.2	Kalksand-Planelemente .....	112
2.2.3	Porenbeton-Planelemente .....	116
2.2.4	Beton-Planelemente .....	118
2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgewölbhoher Ausführung .....	120
<b>3</b>	<b>Mauerwerk mit Mittelbettmörtel</b> ..	122
<b>4</b>	<b>Vorgefertigte Wandtafeln</b> .....	127
4.1	Mauertafeln .....	127
4.2	Vergusstafeln .....	138
4.3	Verbundtafeln .....	139
<b>5</b>	<b>Geschosshohe Wandtafeln</b> .....	144
<b>6</b>	<b>Schalungsstein-Bauarten</b> .....	149
6.1	Konstruktion und Baustoffe .....	149
6.1.1	Konstruktion .....	149
6.1.2	Steine .....	150
6.1.3	Mörtel .....	152
6.1.4	Füllbeton .....	152
6.2	Herstellung des Mauerwerks auf der Baustelle, Konstruktion .....	152
6.3	Entwurf und Berechnung .....	153
6.4	Wärmeschutz .....	156
6.5	Brandschutz .....	156
6.6	Sonderfälle von Schalungsstein-Bauarten .....	156
<b>7</b>	<b>Trockenmauerwerk</b> .....	156
<b>8</b>	<b>Bewehrtes Mauerwerk</b> .....	165
8.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk .....	165
8.2	Stürze .....	169
<b>9</b>	<b>Ergänzungsbauteile</b> .....	181
9.1	Mauerfuß-Dämmelemente .....	181
9.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerksschalen von zweischaligem Mauerwerk .....	194
9.3	Sonstige Ergänzungselemente .....	203

## B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung

<b>I</b>	<b>Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 6: Unterfahrung von Mauerwerk am Beispiel der Severinstorburg Köln – Sicherung eines der Symbole der Domstadt</b> .....	209
	Holger Tebbe, Neuwied; Axel Dominik, Bornheim-Merten; Norbert Brauer, Dormagen; Thomas Jänecke, Bochum	
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	209
<b>2</b>	<b>Spannungsbogen zwischen historischen Bauwerken, Regel- werken und Bemessungskonzepten</b> 209	
2.1	Anwendungsmöglichkeiten bestehender Regelwerke .....	209
2.2	Ermittlung der Bemessungskenn- daten .....	210
2.3	Besondere Aspekte des Denkmal- schutzes .....	211
<b>3</b>	<b>Angaben zum Gesamtprojekt U-Bahnbau</b> .....	211
3.1	Allgemeines .....	211
3.2	Baugrund und Hydrologie .....	212
3.3	Sonstige Randbedingungen .....	213
3.4	Bauverfahren der Tunnelröhren .....	214
3.5	Baubedingte Bodenverformungen .....	215
<b>4</b>	<b>Das Severinsviertel und die Severinstorburg</b> .....	217
4.1	Einführung .....	217
4.2	Das Stadtviertel .....	217
4.3	Baugeschichte der Torburg .....	217
4.4	Aufbau der Torburg .....	218
4.4.1	Außenwände .....	218
4.4.2	Überwölbte Durchfahrt .....	218
4.4.3	Besondere Anbauten .....	219
4.4.4	Verwendete Wandbaustoffe .....	219
<b>5</b>	<b>Ursprüngliches Sicherungskonzept für die Torburg</b> .....	220
5.1	Anzunehmende Setzungsbewegungen .....	220
5.2	Erstes Sicherungskonzept .....	220
<b>6</b>	<b>Umfang der durchgeführten Bestandsaufnahme und Unter- suchungen</b> .....	220
<b>7</b>	<b>Ergebnisse der Bestands- und Zustandsanalyse</b> .....	223
7.1	Baugeschichte .....	223
7.2	Erfassung des Fassadenmauerwerks der oberen Torburggeschosse mittels Thermografie .....	223
7.3	Ergebnisse der Begehungen und der Bauwerksöffnungen .....	224
7.3.1	Erkundung des Aufbaus des mehr- schaligen Mauerwerkes .....	224
7.3.2	Westlicher Anbau .....	225
7.3.3	Östlicher Anbau .....	226
<b>8</b>	<b>Zustand einzelner Bauteile gemäß Bestandsanalyse</b> .....	226
8.1	Fundamente/Sockel .....	226
8.2	Ausbruch in Westwand .....	226
8.3	Mauerwerksbeschaffenheit .....	227
8.4	Gewölbe .....	227
8.5	Wehrmauer .....	230
8.6	Sonstige Besonderheiten .....	230
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung der Erkundungs- ergebnisse</b> .....	231
<b>10</b>	<b>Konzept der ergänzenden Sicherungsmaßnahmen</b> .....	231
10.1	Beurteilung des Setzungsverhaltens .....	231
10.2	Beurteilung der Gebäudesteifigkeit .....	232
10.3	Konzept – Vorschlag Gewölbe- sicherung .....	232
10.4	Gewölbesicherung – tatsächliche Ausführungsart .....	233
<b>11</b>	<b>Materialauswahl und Instand- setzungsverfahren</b> .....	235
11.1	Mörtelauswahl .....	235
11.2	Vernadelungs- und Verankerungs- system .....	235
<b>12</b>	<b>Umsetzung der ergänzenden Sicherungsmaßnahmen</b> .....	237
12.1	Allgemeines .....	237
12.2	1. Instandsetzungsschritt: Ertüchtigung der Westfassade .....	237
12.3	2. Instandsetzungsschritt: Vorarbeiten zur Vorkonsolidierung der Gewölbe .....	237
12.4	3. Instandsetzungsschritt: Vorkonsolidierung und Vorsicherung des Tonnengewölbes .....	239

12.5	4. Instandsetzungsschritt: Hauptsicherungsarbeiten am Tonnengewölbe .....	239	12.9	8. Instandsetzungsschritt: Quer- und Längsaussteifung des Bauwerks .....	239
12.6	5. Instandsetzungsschritt: Lehrbögen ablassen und Messmarken anbringen (Tonnengewölbe) .....	239	<b>13</b>	<b>Bauwerkskontrolle während der Unterfahrungsarbeiten .....</b>	<b>241</b>
12.7	6. Instandsetzungsschritt: Sicherung des Kreuzgratgewölbes .....	239	<b>14</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>241</b>
12.8	7. Instandsetzungsschritt: Sicherung des mehrschaligen Mauerwerks .....	239	<b>15</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>242</b>

**II Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 7:  
Experimentelle Bestimmung der Tragfähigkeit von Mauerwerk –  
Belastungsversuche an Mauerwerksbauten in situ .....** 243

Klaus Steffens, Achim; Toralf Burkert, Dresden

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>243</b>	4.4.6	Messtechnik .....	249
<b>2</b>	<b>Besonderheiten der Tragwirkung von Mauerwerk .....</b>	<b>243</b>	4.5	Anwendungsbeispiele .....	251
2.1	2-Stoffsystem Mauerwerk .....	243	4.5.1	Überblick über Anwendungsfelder im Massivbau (Beton-, Stahlbeton, Mauerwerksbau) .....	251
2.2	Analyse von Kennwerten im Bestand .....	244	4.5.2	Anwendungen im Hochbau/Sakralbau .....	252
<b>3</b>	<b>Grenzen rechnerischer Nachweise auf der Grundlage von Erkundungen der Werkstoffeigenschaften .....</b>	<b>245</b>	4.5.2.1	Reichstagsgebäude Berlin (Gewölbe und Kappendecken) .....	252
3.1	Zerstörungsfreie Prüfverfahren für das Bauwesen (ZfPBau-Verfahren) ..	245	4.5.2.2	Alte Meierei Bolle (Berlin) .....	252
3.2	Bohrkernverfahren .....	246	4.5.2.3	Schloss Agathenburg (Kreis Stade) ..	253
3.3	Rechnerische Verfahren zur Ermittlung der Mauerwerksfestigkeit unter Verwendung bekannter Forschungsergebnisse .....	247	4.5.2.4	Neues Museum, Berlin .....	255
<b>4</b>	<b>Belastungsversuch in situ .....</b>	<b>247</b>	4.5.2.5	Ratskeller Bremen .....	257
4.1	Methodik .....	247	4.5.2.6	Klosterkirche Vechta .....	258
4.2	Voraussetzungen und Bedingungen ..	248	4.5.2.7	Kreuzgang im Verdener Dom .....	258
4.3	Hybride Statik .....	248	4.5.2.8	Stift Börstel (Osnabrück) .....	258
4.4	Belastungs- und Messtechnik .....	249	4.5.2.9	Kirche Campen (Ostfriesland) .....	260
4.4.1	Allgemeine Anforderungen .....	249	4.5.3	Sonderfall Natursteinsäulen .....	261
4.4.2	Selbstsicherung des Belastungsversuchs .....	249	4.5.3.1	Kirche St. Michaelis in Hildesheim ..	261
4.4.3	Belastungsgerät im Hochbau und Industriebau .....	249	4.5.3.2	Kirche St. Joseph in Mannheim .....	263
4.4.4	Belastungsgerät für Straßenbrücken ..	249	4.5.3.3	Neues Museum Berlin .....	264
4.4.5	Belastungsgerät für Eisenbahnbrücken .....	249	4.5.4	Gewölbebrücken .....	264
			4.5.4.1	Heiligengeist-Brücke, Hamburg .....	264
			4.5.4.2	Gewölbebrücke Zuidhorn (NL) .....	265
			4.5.4.3	Ilmenaubrücke Lüneburg (DB) .....	266
			4.5.4.4	Viadukte Rhena (Sauerland) und Pleinfeld (Bayern) .....	266
			4.5.5	Sonderfall Abwasserkanäle .....	268
			<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>269</b>
			<b>6</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>269</b>

<b>III</b>	<b>Mauerwerksbau mit Lehmsteinen heute – Konstruktion und Ausführung</b> .....	271		
	Horst Schroeder, Weimar			
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	271	5.2.1.3	Decken- und Wandaufleger .....
<b>2</b>	<b>Vorschriften zum Lehm- bau in Deutschland</b> .....	272	5.2.1.4	Zuganker .....
<b>3</b>	<b>Bauökologische Aspekte</b> .....	273	5.2.1.5	Mischbauweisen .....
3.1	Nachhaltiges Bauen .....	273	5.2.1.6	Schlitze, Aussparungen .....
3.2	Lebenszyklus und Stoffkreislauf eines Gebäudes .....	274	5.2.2	Ausführung von tragendem Mauer- werk aus Lehmsteinen .....
<b>4</b>	<b>Lehmbaumstoffe</b> .....	275	5.2.2.1	Verwendung .....
4.1	Überblick .....	275	5.2.2.2	Verarbeitung .....
4.2	Verwendung von Lehmbaumstoffen für Lehm-Mauerwerk .....	276	5.2.2.3	Konstruktion .....
4.2.1	Lehmsteine .....	276	5.2.2.4	Nachweise/Baubegleitende Überwachung .....
4.2.2	Lehmplatten .....	277	5.3	Nichttragende Wände und Ausfachungen .....
4.2.3	Lehmmörtel .....	278	5.3.1	Traditionelle Ausfachungen .....
<b>5</b>	<b>Wandkonstruktionen aus Lehm- baumstoffen</b> .....	279	5.3.2	Nicht tragende Wände und Ausfachungen im Neubau .....
5.1	Allgemeine Forderungen .....	279	5.3.2.1	Einschalige Holzständer-Wände mit Leichtlehm-Steinen .....
5.2	Tragende Wände aus Lehmbaumstoffen	280	5.3.2.2	Mehrschalige Außenwände aus Holzständern mit integrierten Lehmsteinen und Dämmschicht .....
5.2.1	Konstruktion .....	280	5.3.3	Nicht tragende Trennwände .....
5.2.1.1	Wandhöhe und Mindestwandstärke ..	280	5.3.4	Vorsatzschalen aus LL-Steinen .....
5.2.1.2	Aussteifende Bauteile .....	281	<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....
				290
<b>IV</b>	<b>Konstruktion und Ausführung von zweischaligem Mauerwerk</b> .....	291		
	Nasser Altaha, Oldenburg			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	291	4.3	Ankersysteme mit bauaufsichtlichen Zulassungen .....
<b>2</b>	<b>Ausführungsvarianten</b> .....	293	<b>5</b>	<b>Feuchtigkeitsschutz</b> .....
2.1	Widersprüche bei den Anforderungen an die Wandkonstruktion .....	293	5.1	Offene Stoßfugen im Verblend- mauerwerk .....
2.1.1	Widerspruch bei den Anforderungen an die Luftschicht .....	293	<b>6</b>	<b>Wärmeschutz</b> .....
2.1.2	Lüftungsöffnungen in der Verblend- schale .....	294	6.1	Berechnung der U-Werte nach DIN EN ISO 6946 .....
2.2	Ausblick auf die zweischalige Außenwand nach der künftigen, neuen DIN 1053-1 .....	294	<b>7</b>	<b>Schallschutz</b> .....
<b>3</b>	<b>Baumstoffe für die Innenschale und Außenschale</b> .....	297	<b>8</b>	<b>Brandschutz</b> .....
3.1	Baumstoffe für die tragende Innen- schale .....	297	<b>9</b>	<b>Ausführung</b> .....
3.2	Baumstoffe für die Außenschale .....	297	9.1	Musterflächen .....
<b>4</b>	<b>Verankerungssysteme</b> .....	297	9.2	Fugarbeiten .....
4.1	Flächenhafte Verankerung .....	297	9.3	Dehnungsfugen .....
4.2	Linienhafte Verankerung .....	299	9.4	Sockelabdichtung .....
<b>10</b>	<b>Literatur</b> .....	316		

<b>V</b>	<b>Terminmanagement im Mauerwerksbau: Planung der Planung und Planung der Ausführung</b> .....	319		
	Antonius Busch, Kassel			
<b>1</b>	<b>Baumanagement</b> .....	319	<b>2.3</b>	Planung der Ausschreibungen und der Vergaben .....
1.1	Vorbemerkungen .....	319		333
1.2	Grundlagen .....	319	2.3.1	Bemusterung .....
1.3	Baumethoden/Bauverfahren .....	319	2.3.2	Kapazitätsplanung .....
1.4	Handlungsbereiche des Baumanagements .....	321		336
1.4.1	Organisation .....	321	<b>3</b>	<b>Planung der Ausführung</b> .....
1.4.2	Kosten .....	322	3.1	Grundlagen der Arbeitsvorbereitung ..
1.4.3	Qualitäten .....	323	3.1.1	Vertragsregelung .....
1.4.4	Quantitäten .....	324	3.1.2	Planung des Bauverfahrens .....
1.4.5	Termine .....	324	3.1.3	Planung der Baustelleneinrichtung ..
1.5	Terminmanagement .....	326	3.2	Bauablaufplanung .....
1.5.1	Terminplanung .....	326	3.2.1	Ermittlung der Ausführungsdauern ..
1.5.2	Terminkontrolle .....	327	3.2.2	Mängelfeststellung, Mängelbehebung .
<b>2</b>	<b>Planung der Planung</b> .....	327	3.2.3	Tests, Abnahmen und Inbetriebnahmen ..
2.1	Vorbereitung der Planung .....	327		342
2.1.1	Planung der Planungsphasen .....	328	3.3	Leistungskontrolle .....
2.1.2	Ermittlung von Planungsdauern .....	328	3.3.1	Herkömmliche Kontrolle des Bauablaufes ..
2.2	Planung der Ausführungsplanung .....	329	3.3.2	Kontrolle des Bauablaufs mit neuen Medien ..
2.2.1	Planungsbeteiligte .....	329		349
2.2.2	Planungskoordination der Ausführungsplanung .....	329	<b>4</b>	<b>Resümee und Ausblick</b> .....
2.2.3	Planungskontrolle .....	333		352
<b>VI</b>	<b>Arbeits-, Fassaden- und Schutzgerüste im Mauerwerksbau</b> .....	355	<b>5</b>	<b>Literatur</b> .....
	Wolf Jeromin, Köln			353
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	355	6.2	Horizontale Einwirkungen .....
<b>2</b>	<b>Begriffe und Systematik</b> .....	356	6.3	Widerstände .....
<b>3</b>	<b>Eigenschaften von Arbeits- und Schutzgerüsten</b> .....	360		383
<b>4</b>	<b>Standardbauteile und Verbindungstechnik</b> .....	361	<b>7</b>	<b>Berechnung von Arbeitsgerüsten</b> ..
4.1	Gerüstkupplungen .....	362		383
4.2	Verankerung .....	369	<b>8</b>	<b>Bauliche Durchbildung, Errichten und Benutzen von Arbeitsgerüsten</b> ..
<b>5</b>	<b>Technische Regeln</b> .....	372		385
5.1	Regelungsgrundlagen und Sicherheitsstufen .....	372	<b>9</b>	<b>Schäden und Unfälle</b> .....
5.2	Rechtsgrundlagen im nationalen Bereich .....	373		387
5.3	Regelungen im Bereich der Europäischen Union .....	374	<b>10</b>	<b>Konstruktionsbeispiele aus der Praxis</b> .....
5.4	Normen für Gerüste .....	377	10.1	Portalbogen Hauptbahnhof Frankfurt/M. ....
<b>6</b>	<b>Einwirkungen und Widerstände</b> ..	381	10.2	Hauptgerüst mit Wetterschutzdach beim Wiederaufbau der Frauenkirche Dresden .....
6.1	Vertikale Einwirkungen .....	381	10.3	Bewegliches Arbeitsgerüst zur Trägerkontrolle .....
			10.4	Arbeitsgerüst an einer Hängebrücke ..
			<b>11</b>	<b>Literatur</b> .....
				394

<b>VII</b>	<b>Nachträgliche Horizontalabdichtung gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit</b> .....	397		
	Frank Frössel, Berlin			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	397	<b>5.2.5</b>	Mehrstufteninjektion .....
<b>2</b>	<b>Begrifflichkeiten und Grundsätze</b> ..	399	<b>5.2.6</b>	Nass-in-Nass-Verfahren .....
<b>3</b>	<b>Ungeeignete Methoden</b> .....	401	<b>5.2.7</b>	Sonstige Verfahren .....
<b>4</b>	<b>Mechanische Systeme</b> .....	403	<b>5.3</b>	Injektionsmittel .....
4.1	Einleitung .....	403	<b>5.3.1</b>	Einleitung .....
4.2	Mauersägeverfahren .....	404	<b>5.3.2</b>	Alkalisilikate .....
4.3	Chromstahlblechverfahren .....	406	<b>5.3.3</b>	Alkalimethylsiliconate .....
4.4	Statisch-konstruktive Auswirkungen von mechanischen Verfahren .....	407	<b>5.3.4</b>	Kombinationsprodukte .....
<b>5</b>	<b>Injektionsverfahren</b> .....	409	<b>5.3.5</b>	Organische Harze .....
5.1	Einleitung .....	409	<b>5.3.6</b>	Paraffine .....
5.2	Injektionssysteme .....	410	<b>5.3.7</b>	Silane und Siloxane .....
5.2.1	Drucklose Injektionen .....	410	<b>5.3.8</b>	Siliconmikroemulsionen (SMK) .....
5.2.2	Druckinjektionen .....	411	<b>5.4</b>	Durchführung einer Injektion .....
5.2.3	Paraffinverfahren .....	413	<b>5.5</b>	Ausblick .....
5.2.4	Impulsverfahren .....	414	<b>6</b>	<b>Sonstige Verfahren</b> .....
			<b>6.1</b>	Elektro-physikalische Verfahren .....
			<b>6.2</b>	Elektromagnetische Verfahren .....
			<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....
<b>VIII</b>	<b>Entwicklung des Mauerwerkbaus – Leitfaden für praktische Anwender</b> .....	431		
	Josef Maier, Erlangen			
<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	431	<b>5.2</b>	Salzschäden .....
<b>2</b>	<b>Mauerwerk aus Natursteinen</b> .....	431	<b>5.3</b>	Setzungsschäden und typische Rissverläufe .....
2.1	Polygonalmauerwerk .....	432	<b>5.4</b>	Thermische Spannungen .....
2.2	Bruchstein- und Quadermauerwerk ..	433	<b>5.5</b>	Schwindverhalten .....
2.3	Dekor an Natursteinwänden .....	437	<b>5.6</b>	Deformationen infolge externer Kräfte .....
<b>3</b>	<b>Mauerwerk aus Backsteinen</b> .....	440	<b>6</b>	<b>U-Werte historischen Mauerwerks</b> .....
3.1	Mittelalterliche Backsteinformate .....	441	<b>6.1</b>	U-Werte für historische Wände aus Natursteinen .....
3.2	Mittelalterliche Mauerverbände .....	442	<b>6.1.1</b>	Beispiel 1 – Pferdestall .....
3.3	Mauerverbände in der frühen Neuzeit ..	444	<b>6.1.2</b>	Beispiel 2 – Kirche .....
3.4	Dekor an Backsteinwänden .....	444	<b>6.1.3</b>	Beispiel 3 – Wohnhaus .....
3.5	Industriell gefertigte Mauerziegel .....	447	<b>6.2</b>	U-Werte für historische Wände aus Backsteinen .....
3.6	Moderne Mauerverbände und -formate .....	447	<b>6.2.1</b>	Beispiel 1 – Kutschenremise .....
<b>4</b>	<b>Historischer Feuchteschutz des Mauerwerks</b> .....	448	<b>6.2.2</b>	Beispiel 2 – Bankgebäude .....
<b>5</b>	<b>Schäden und typische Schadensbilder</b> .....	449	<b>6.3</b>	Fazit .....
5.1	Feuchteschäden und damit einhergehende Frostschäden .....	449	<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....

**C Bemessung**

**I Kommentierte Technische Regeln DIN EN 1996-1-1: Normtext sowie Kommentare und Erläuterungen für bewehrtes und eingefasstes Mauerwerk** ..... 465  
 Wolfram Jäger und Carola Hauschild, Dresden

**Vorbemerkung** ..... 465

**Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005** ..... 467

<b>1 Allgemeines</b> ..... 467	<b>4.3 Dauerhaftigkeit von Mauerwerk</b> .... 470
<b>2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung</b> ..... 467	4.3.1 Mauersteine ..... 470
<b>3 Baustoffe</b> ..... 467	4.3.2 Mörtel ..... 470
3.1 Mauersteine ..... 467	4.3.3 Bewehrungsstahl ..... 470
3.2 Mörtel ..... 467	4.3.4 Spannstahl ..... 472
3.3 Füllbeton ..... 467	4.3.5 Spannstahlzubehör ..... 473
3.3.1 Allgemeines ..... 467	4.3.6 Ergänzungsbauteile und Auflagerwinkel ..... 473
3.3.2 Festlegungen für Füllbeton ..... 467	<b>4.4 Mauerwerk im Erdreich</b> ..... 473
3.3.3 Füllbetoneigenschaften ..... 467	<b>5 Ermittlung der Schnittkräfte</b> ..... 473
3.4 Bewehrungsstahl ..... 468	5.1 Allgemeines ..... 473
3.4.1 Allgemeines ..... 468	5.2 Tragverhalten in außergewöhnlichen Fällen (ausgenommen Erdbeben und Brand) ..... 473
3.4.2 Eigenschaften der Bewehrungsstähle ..... 468	5.3 Imperfektionen ..... 473
3.4.3 Eigenschaften von vorgefertigter Lagerfugenbewehrung ..... 468	5.4 Theorie II. Ordnung ..... 473
3.5 Spannstahl ..... 469	5.5 Schnittkraftberechnung von Bauteilen ..... 473
3.6 Mechanische Eigenschaften von Mauerwerk ..... 469	5.5.1 Vertikal beanspruchte Mauerwerkswände ..... 473
3.6.1 Charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk ..... 469	5.5.2 Vertikal beanspruchte Bauteile aus bewehrtem Mauerwerk ..... 473
3.6.2 Charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk ..... 469	5.5.2.1 Schlankheit ..... 473
3.6.3 Charakteristische Biegefestigkeit von Mauerwerk ..... 469	5.5.2.2 Effektive Spannweite von Mauerwerksbalken ..... 473
3.6.4 Charakteristische Verbundfestigkeit der Bewehrung ..... 469	5.5.2.3 Vertikal beanspruchte Mauerwerks-scheiben ..... 473
3.7 Verformungseigenschaften von Mauerwerk ..... 470	5.5.2.4 Schnittkraftumlagerung ..... 475
3.8 Ergänzungsbauteile ..... 470	5.5.2.5 Begrenzung der Spannweite biegebeanspruchter bewehrter Bauteile .... 475
3.8.1 Feuchtesperrschichten ..... 470	5.5.3 Schubbeanspruchte Aussteifungswände ..... 476
3.8.2 Maueranker ..... 470	5.5.4 Bewehrte Mauerwerksbauteile unter Schubbeanspruchung ..... 476
3.8.3 Zugbänder, Auflager und Konsolen .. 470	5.5.5 Querb belastete Mauerwerkswände .... 476
3.8.4 Vorgefertigte Stürze ..... 470	<b>6 Grenzzustand der Tragfähigkeit</b> ... 476
3.8.5 Spannstahlzubehör ..... 470	6.1 Unbewehrtes Mauerwerk unter vertikaler Belastung ..... 476
<b>4 Dauerhaftigkeit</b> ..... 470	6.2 Unbewehrtes Mauerwerk unter Schubbelastung ..... 476
4.1 Allgemeines ..... 470	
4.2 Klassifizierung der Umweltbedingungen ..... 470	

6.3	Unbewehrte, durch Horizontallasten auf Plattenbiegung beanspruchte Mauerwerkswände	476	7.3	Bewehrte Mauerwerksbauteile	487
6.4	Unbewehrte Mauerwerkswände unter kombinierter vertikaler und horizontaler Belastung	476	7.4	Vorgespannte Mauerwerksbauteile	487
6.5	Maueranker	477	7.5	Eingefasste Mauerwerksbauteile	487
6.6	Bewehrte Mauerwerksbauteile unter Biegung, Biegung und Längskraft oder Längskraft	477	7.6	Wände unter Teilflächenlasten	488
6.6.1	Allgemeines	477	<b>8</b>	<b>Bauliche Durchbildung</b>	488
6.6.2	Nachweis von bewehrten Mauerwerksbauteilen bei Biegung und/oder Normalkraft	477	8.1	Ausbildung von Mauerwerk	488
6.6.3	Zusammengesetzte bewehrte Plattenbalken	480	8.2	Ausbildung der Bewehrung	488
6.6.4	Wandscheiben	481	8.2.1	Allgemeines	488
6.6.5	Flachstürze	482	8.2.2	Überdeckung der Bewehrung	488
6.7	Mauerwerksbauteile unter Schubbelastung	483	8.2.3	Mindestbewehrung	489
6.7.1	Allgemeines	483	8.2.4	Maße der Bewehrung	489
6.7.2	Nachweis bewehrter Mauerwerksbauteile unter horizontaler Belastung in der Ebene der Wand	483	8.2.5	Verankerung und Stöße	489
6.7.3	Nachweis von bewehrten Mauerwerksbalken unter Schubbelastung	484	8.2.5.1	Verankerung der Zug- und Druckbewehrung	489
6.7.4	Nachweis von Wandscheiben unter Schubbelastung	485	8.2.5.2	Bewehrungsstöße von Zug- und Druckbewehrung	491
6.8	Vorgespanntes Mauerwerk	485	8.2.5.3	Verankerung der Schubbewehrung	491
6.8.1	Allgemeines	485	8.2.5.4	Endverankerung der Längszugbewehrung	491
6.8.2	Nachweis von Bauteilen	486	8.2.6	Umschließung der Druckbewehrung	492
6.9	Eingefasstes Mauerwerk	486	8.2.7	Abstand der Bewehrung	493
6.9.1	Allgemeines	486	8.3	Details zur Vorspannung	493
6.9.2	Nachweis von Bauteilen	486	8.4	Eingefasstes Mauerwerk	493
<b>7</b>	<b>Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b>	487	8.5	Wandanschlüsse	493
7.1	Allgemeines	487	8.6	Schlitze und Aussparungen in Wänden	493
7.2	Unbewehrte Mauerwerkswände	487	8.7	Feuchtperrschichten	493
			8.8	Temperatur- und Langzeitverformung	493
<b>II</b>	<b>Bemessung von Mauerwerk – Entwurf für DIN 1053-11 und DIN 1053-13 mit Kommentaren</b>	497	<b>9</b>	<b>Ausführung</b>	493
	Wolfram Jäger und Stephan Reichel, Dresden			<b>Anhang A – Anhang I</b>	494
	<b>Vorbemerkungen</b>	497		<b>Anhang J</b>	494
	<b>Entwurf DIN 1053-11 – Vereinfachtes Nachweisverfahren für unbewehrtes Mauerwerk</b>	498		<b>Zusammenfassung, Ausblick</b>	494
	<b>Vorwort</b>	498		<b>Literatur</b>	494
	<b>Änderungen</b>	498	<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	498
	<b>Frühere Ausgaben</b>	498	1.1	Anwendungsbereich von Teil 11 der DIN 1053	498
			1.2	Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens	499

1.3	Normative Verweisungen	500	4.2	Lastkombinationen zur Ermittlung der maßgebenden Normalkräfte	506
1.4	Begriffe	500	4.3	Aussteifung des Gebäudes	507
1.4.1	Tragende Wände	500	4.4	Zwängungen	508
1.4.2	Aussteifende Wände	500	4.5	Aussteifung und Knicklänge von Wänden	508
1.4.3	Nichttragende Wände	500	4.5.1	Allgemeine Annahmen und Voraussetzungen	508
1.4.4	Ringanker	501	4.5.2	Knicklänge von Wänden	509
1.4.5	Ringbalken	501	4.5.2.1	Frei stehende Wände	509
1.5	Formelzeichen	501	4.5.2.2	Gehaltene Wände	509
1.6	Bautechnische Unterlagen	501	4.6	Schlitzte, Aussparungen und Öffnungen in Wänden	510
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	501	<b>5</b>	<b>Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit</b>	510
2.1	Allgemeines	501	5.1	Nachweis für vertikal beanspruchte Wände	510
2.2	Bemessungswerte der Einwirkungen	501	5.1.1	Allgemeines	510
2.3	Bemessungswert des Tragwiderstands	502	5.1.2	Nachweis der Querschnittstragfähigkeit	510
2.3.1	Bemessungswerte der Festigkeiten	502	5.1.2.1	Abminderungsfaktoren $\Phi_1$ und $\Phi_2$ bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung	511
2.3.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit	502	5.1.3	Besonderer Nachweis bei zweiseitiger Halterung schlanker Wände	512
2.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	503	5.2	Nachweis bei Biegebeanspruchung	512
<b>3</b>	<b>Baustoffe</b>	503	5.3	Nachweis bei Querkraftbeanspruchung	514
3.1	Mauersteine	503	5.4	Nachweis bei Einzellasten und Teilflächenbeanspruchung	514
3.2	Mauermörtel	503	5.5	Vereinfachter Nachweis von Kellerwänden	514
3.2.1	Anforderungen	503			
3.2.2	Anwendung	503			
3.2.2.1	Allgemeines	503			
3.2.2.2	Normalmörtel (NM)	503			
3.2.2.3	Leichtmörtel (LM)	504			
3.2.2.4	Dünnbettmörtel (DM)	504			
3.3	Druckfestigkeit von Mauerwerk	504			
3.4	Verformungseigenschaften von Mauerwerk	506			
<b>4</b>	<b>Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen</b>	506			
4.1	Allgemeines	506			

**Entwurf DIN 1053-13 – Genaueres Nachweisverfahren für unbewehrtes Mauerwerk** ..... 516

**Vorwort** ..... 516

**Änderungen** ..... 516

**Frühere Ausgaben** ..... 516

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	516
1.1	Anwendungsbereich	516
1.2	Normative Verweisungen	516
1.3	Begriffe	516
1.4	Formelzeichen	516
1.5	Bautechnische Unterlagen	516

<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	516
2.1	Allgemeines	516
2.2	Bemessungswerte der Einwirkungen	517
2.3	Bemessungswert des Tragwiderstandes	517
<b>3</b>	<b>Baustoffe</b>	517
3.1	Allgemeines	517
3.2	Druckfestigkeit des Mauerwerks	517
3.3	Biegefestigkeit von Mauerwerk	519
3.3.1	Bemessungswert der Biegefestigkeit	519
3.3.2	Charakteristische Biegezugfestigkeit $f_{x,kl}$ rechtwinklig zur Lagerfuge	519

3.3.3	Charakteristische Biegezugfestigkeit $f_{x,k2}$ parallel zur Lagerfuge	519	6.2	Zentrische und exzentrische Druckbeanspruchung	525
3.4	Spannungs-Dehnungs-Beziehung für Mauerwerk	520	6.2.1	Grundlagen	525
3.5	Verformungseigenschaften von Mauerwerk	521	6.2.2	Nachweis der Querschnittstragfähigkeit	526
<b>4</b>	<b>Dauerhaftigkeit</b>	521	6.2.3	Nachweis der Knicksicherheit	527
<b>5</b>	<b>Ermittlung der Schnittgrößen</b>	521	6.2.4	Kombinierte Beanspruchung	527
5.1	Allgemeines	521	6.3	Nachweis bei Biegebeanspruchung	527
5.2	Imperfektionen	521	6.4	Querkraftbeanspruchung	528
5.3	Aussteifung des Gebäudes	521	6.4.1	Scheibenschub	528
5.4	Knotenmomente	522	6.4.2	Plattenschub	531
5.5	Wandmomente	522	6.5	Nachweis von Kellerwänden	531
5.5.1	Wandmomente infolge exzentrisch angreifender Vertikallasten	522	6.5.1	Allgemeines	531
5.5.2	Wandmomente infolge Horizontal-lasten	522	6.5.2	Genauerer Nachweisverfahren	531
5.6	Zwängungen	523	6.6	Nachweis bei Einzellasten und Teilflächenbeanspruchung	532
5.7	Aussteifung und Knicklänge von Wänden	523	<b>7</b>	<b>Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b>	532
5.7.1	Frei stehende Wände	523		<b>Anhang A</b>	
5.7.2	Gehaltene Wände	523		<b>Gewölbe, Bogen und Gewölbewirkung</b>	533
5.8	Schlitze, Aussparungen und Öffnungen in Wänden	524	A.1	Gewölbe und Bogen	533
5.9	Schlankheit von Mauerwerkswänden	524	A.2	Gewölbte Kappen zwischen Trägern	533
5.10	Mitwirkende Breite von zusammengesetzten Querschnitten	524	A.3	Gewölbewirkung über Wandöffnungen	533
5.11	Plattenmomente bei Biegebeanspruchung	525	A.4	Gewölbewirkung bei der Verwendung von Elementen	534
<b>6</b>	<b>Grenzzustand der Tragfähigkeit</b>	525	<b>8</b>	<b>Literatur</b>	534
6.1	Allgemeines	525			
<b>III</b>	<b>Sicherheitsbeurteilung historischer Mauerwerksbrücken</b>	537			
	Dirk Proske, Wien				
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	537	2.2.1.2	Anpralllasten	545
1.1	Bestand	537	2.2.2	Horizontale Einwirkungen parallel zur Bauwerkslängsachse	545
1.2	Begriffe	538	2.2.2.1	Bremslasten	545
1.3	Aufbau	539	2.3	Einwirkung mit veränderlicher Richtung	545
<b>2</b>	<b>Einwirkungen</b>	542	2.3.1	Temperatureinwirkung	545
2.1	Vertikale Einwirkungen	542	2.3.2	Setzungen	546
2.1.1	Eigen- und Ausbaulast	542	2.3.3	Erdbeben	546
2.1.2	Verkehrseinwirkungen	543	<b>3</b>	<b>Berechnungsmodelle</b>	546
2.1.2.1	Straßenverkehrslasten	543	3.1	Einleitung	546
2.1.2.2	Eisenbahneinwirkungen	544	3.2	Tragfähigkeit in Längsrichtung	546
2.1.3	Schneelasten	545	3.2.1	Empirische Regeln und vereinfachte Verfahren	546
2.2	Horizontale Einwirkungen	545	3.2.2	Stabmodelle	548
2.2.1	Horizontale Einwirkungen senkrecht zur Bauwerkslängsachse	545			
2.2.1.1	Windlasten	545			

3.2.3	2-D- und 3-D-Finite-Elemente-Modelle	549	6.3.1	Beispiel 1: Historische Mauerwerksbogenbrücke	558
3.2.4	Diskrete-Elemente-Modelle	549	6.3.2	Beispiel 2: Historischer Mauerwerksbrückenpfeiler	561
3.3	Tragfähigkeit in Querrichtung	549	6.3.3	Beispiel 3: Historische Mauerwerksbrücke	561
3.4	Prüfung der Modelle	550	6.3.4	Beispiel 4: Historische Mauerwerksbogenbrücke	562
<b>4</b>	<b>Materialfestigkeiten (Materialeigenschaften)</b>	550	6.3.5	Beispiel 5: Synthetische Mauerwerksbogenbrücke	563
4.1	Komponentenfestigkeiten	550	6.3.6	Beispiel 6: Historische Steinbalkenbrücken	563
4.2	Mauerwerksfestigkeit	552	6.3.7	Beispiel 7: Brückenwiderlagerkammer	565
<b>5</b>	<b>Typische Schäden an Mauerwerksbrücken</b>	553	<b>7</b>	<b>Abschließende Bewertung</b>	565
<b>6</b>	<b>Beispiele von Sicherheitsbewertungen</b>	553	<b>8</b>	<b>Literatur</b>	566
6.1	Einleitung	553			
6.2	Probabilistische Sicherheitsbewertungen	556			
6.3	Beispiele	558			
<b>D</b>	<b>Bauphysik</b>				
<b>I</b>	<b>Feuchtehaushalt von Mauerwerk</b>	575			
	Harald Garrecht, Darmstadt				
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	575	<b>4</b>	<b>Wärme- und Feuchteverhalten von Mauerwerk</b>	589
<b>2</b>	<b>Feuchtelasten und Feuchteschäden am Mauerwerk</b>	576	4.1	Kopplung von Wärme- und Feuchtehaushalt	589
2.1	Feuchtelasten	576	<b>5</b>	<b>Feuchteschutznachweise</b>	590
2.2	Feuchteschäden	577	5.1	Tauwasserbildung auf Oberflächen und Vermeidung von Schimmelpilzbildung	590
2.2.1	Schwinden und Quellen	578	5.2	Schimmelpilzbildung	591
2.2.2	Frost-Tau-Wechsel	578	5.3	Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen nach <i>Glaser</i>	592
2.2.3	Frost-Tausalz-Beanspruchung	578	5.4	Regenschutz von Außenmauerwerk nach DIN 4108-3	596
2.2.4	Kristalline Salzsprengung, Ausblühungen und hygrokopische Feuchteaufnahme	578	5.5	Hygrothermische Bewertung von Mauerwerk	596
2.2.5	Chemische Verwitterung	579	5.5.1	Hygrothermische Betrachtung einer Innendämmung mittels kapillaraktivem Dämmstoff	598
2.2.6	Organismenbefall	579	5.5.2	Rechnerische Analyse der Feuchteverhältnisse in verputztem aufgehendem Mauerwerk	601
<b>3</b>	<b>Mechanismen von Feuchtespeicherung und Feuchtetransport</b>	581	<b>6</b>	<b>Feuchteschutz</b>	606
3.1	Gradienten und ausgleichende Veränderungen	581	6.1	Nachträglicher Feuchteschutz von erdberührtem Mauerwerk	606
3.1.1	Poröse Mauerwerksbaustoffe	581	6.1.1	Mechanische Verfahren	607
3.1.2	Sorptionsverhalten	582			
3.2	Feuchtetransportmechanismen	585			
3.2.1	Wasserdampfdiffusion	585			
3.2.2	Kapillare Wasseraufnahme und Kapillartransport	586			
3.2.3	Druckwasserströmung (Permeation)	589			

6.1.2	Chemische Injektionsverfahren . . . . .	608	6.2.4	Ertüchtigung der Mauerwerksfugen . .	612
6.1.3	Zusätzliche flankierende Maßnahmen	609	6.2.5	Steinergänzung und Steinersatz . . . . .	613
6.2	Feuchteschutz von aufgehendem Mauerwerks-oberflächen . . . . .	609	6.2.6	Diffusionsdichte Beschichtungen auf Mauerwerks-oberflächen . . . . .	613
6.2.1	Notwendigkeit regelmäßiger Wartung und sorgsamer Bauunterhalt . . . . .	609	6.2.7	Instandsetzung geschädigter Fassadenputze . . . . .	613
6.2.2	Witterungsbeanspruchung von Mauerwerk . . . . .	610	<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	614
6.2.3	Instandsetzung feuchtegeschädigter Fassaden im Baubestand . . . . .	611	<b>8</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	614
<b>II</b>	<b>Passivhausbau mit Mauerwerk</b> . . . . .	617			
	Carsten Grobe, Hannover				
<b>1</b>	<b>Das ökologische und ökonomische Haus der Zukunft</b> . . . . .	617	5.5.1	Anforderungen an die Bodenplatte . . .	628
1.1	Energetisches Einsparpotenzial . . . . .	617	5.5.2	Anforderungen an die Fenster . . . . .	628
1.2	Entwicklung . . . . .	617	5.5.3	WDVS mit Klinkerriemchen . . . . .	629
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Passivhausbauweise</b> . . . . .	618	5.6	Sommerlicher Wärmeschutz . . . . .	630
2.1	Definition . . . . .	619	5.7	Schallschutz . . . . .	631
2.2	Rechnerische Festsetzungen . . . . .	620	5.8	Lüftungsanlage . . . . .	631
2.3	Berechnungsverfahren . . . . .	620	5.9	Luftdichtheit . . . . .	631
2.4	Validierung . . . . .	620	5.10	Energetische Auswertung . . . . .	631
<b>3</b>	<b>Gebäudehülle</b> . . . . .	621	<b>6</b>	<b>Dreifeld-Sporthalle in Laatzen</b> . . . . .	632
3.1	Passivhausfenster . . . . .	621	6.1	Planung des Passivhausstandards . . . . .	633
3.2	Wärmebrücken . . . . .	621	6.1.1	Sohlplatte . . . . .	633
3.3	Sommerlicher Wärmeschutz . . . . .	622	6.1.2	Dächer . . . . .	633
<b>4</b>	<b>Gebäudetechnik</b> . . . . .	623	6.1.3	Fenster- und Türelemente . . . . .	633
4.1	Begrenzung der Lüftungswärmeverluste durch die Wärmerückgewinnung . . . . .	623	6.1.4	Außenwände . . . . .	634
4.2	Luftdichtheit . . . . .	623	6.1.5	Vakuum Isolationspaneele . . . . .	634
4.3	Erdreichwärmeübertrager . . . . .	624	6.1.6	Heizanlage, Warmwasserbereitung . .	635
4.4	Kühlung . . . . .	624	6.1.7	Lüftungsanlage . . . . .	635
4.5	Restheizung . . . . .	624	6.1.8	Erdreichwärmetauscher . . . . .	635
4.6	Warmwasserbereitung . . . . .	625	6.1.9	Solaranlage . . . . .	635
<b>5</b>	<b>Handels- und Gesundheitszentrum in Hannover</b> . . . . .	625	6.1.10	Sommerlicher Wärmeschutz . . . . .	636
5.1	Entwurf im Passivhausstandard . . . . .	625	6.2	Energetische Auswertung . . . . .	636
5.2	Vorteile eines Stadtteilcenters, errichtet im Passivhausstandard . . . . .	626	<b>7</b>	<b>Neubau der Sporthalle Vetschau im Plusenergiestandard</b> . . . . .	636
5.3	Wirtschaftlichkeit durch den Passivhausstandard . . . . .	626	7.1	Energetische und ökologische Kennwerte . . . . .	636
5.4	Planungskonzept für die Umsetzung als Passivhaus . . . . .	627	7.2	Kosten- und Wärmebrückenreduzierung bei der Gründung . . . . .	637
5.5	Energetische Optimierung des REWE Markts . . . . .	627	<b>8</b>	<b>Wirtschaftlichkeit</b> . . . . .	637
			8.1	Grundlagen zur Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern . . . . .	637
			8.2	Berechnungssoftware . . . . .	638
			<b>9</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	640

<b>III</b>	<b>Energetische Optimierungen an Bestands-Mauerwerk – Ein Beispiel aus der Praxis</b> .....	641		
	Christian Conrad, Hans Petzold, John Grunewald, Dresden			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	641	<b>3.2</b>	<b>Innenwände und Decken</b> .....
<b>2</b>	<b>Denkmalpflegerische Zielstellung zur Erhaltung von historischem Mauerwerk</b> .....	642	3.2.1	Dokumentierung und Beurteilung des Bestandes .....
2.1	Grundsätze zur Sanierung von denkmalgeschützten Altbauten .....	642	3.2.2	Maßnahmen zur Vermeidung der Sommerkondensation bei über- schweren Innenwänden .....
2.2	Erhaltene und instand gesetzte Originalsubstanz .....	642	3.2.3	Einsatz geeigneter Putze für das rissanfällige Mauerwerk .....
2.3	Gesamtsanierungskonzept .....	644	3.2.3.1	Innenwände aus Mischmauerwerk vom Erdgeschoss bis zum 2. Obergeschoss .....
<b>3</b>	<b>Energetische Aufwertung des historischen Mauerwerks</b> .....	646	3.2.3.2	Innenwände aus Ziegelmauerwerk vom 1. bis zum 2. Dachgeschoss .....
3.1	Außenwände .....	646	3.2.3.3	Errichtung der Brandwände mit Calciumsilikat .....
3.1.1	Dokumentation und Beurteilung des Bestandes .....	646	3.2.4	Herstellung der Standsicherheit des Erdgeschossgewölbes .....
3.1.1.1	Kelleraußenwand .....	646	3.2.5	Einsatz von Handmontage-Ziegel- decken bei teileinsturzgefährdetem Gebäude .....
3.1.1.2	Außenwand EG bis 2. OG .....	646	<b>4</b>	<b>Energetische Bewertung des Sanierungskonzepts</b> .....
3.1.1.3	Außenwand 1. DG .....	648	4.1	Erreichte Energiekennzahlen nach der Sanierung .....
3.1.2	Nachträgliche Bauwerksabdichtung ..	649	4.2	Fazit, Ausblick .....
3.1.3	Gegenüberstellung der gegenwärtigen und zukünftigen Anforderungen an vorhandenes und neues Mauerwerk ..	650	4.3	Abschätzung der gebauten Energie im Bestand .....
3.1.4	Eingesetzte Maßnahmen zur energe- tischen Ertüchtigung der Außenwände	654	<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b> ..
3.1.4.1	Kapillaraktive diffusionsoffene Innendämmung .....	654	<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....
3.1.4.2	WDVS unter Beibehaltung des Erscheinungsbildes .....	657		
3.1.5	Einsatz geeigneter Materialien für das rissanfällige Mauerwerk .....	659		
<b>E</b>	<b>Technisches Regelwerk</b>			
<b>I</b>	<b>Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche und Europäische Normen)</b> .....	675		
	Joachim Kopacek, Berlin			
	<b>Vorbemerkung</b> .....	619	5.2	Prüfnormen für Mauersteine .....
<b>1</b>	<b>Bemessung und Ausführung</b> .....	676	5.3	Prüfnormen für Mörtel .....
<b>2</b>	<b>Mauersteine, Mauermörtel und Putzmörtel</b> .....	678	5.4	Prüfnormen für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk .....
<b>3</b>	<b>Mörtelbestandteile</b> .....	679	5.5	Prüfverfahren für Wärmeschutz .....
<b>4</b>	<b>Weitere Baustoffe</b> .....	680	<b>6</b>	<b>Bauphysik</b> .....
<b>5</b>	<b>Prüfnormen</b> .....	625	<b>7</b>	<b>Bauwerksabdichtungen</b> .....
5.1	Prüfnormen für Mauerwerk .....	681	<b>8</b>	<b>Weitere Normen, die für den Mauer- werksbau von Bedeutung sind</b> ....

<b>II</b>	<b>Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau</b> .....	691
	Roland Hirsch, Berlin	
<b>1</b>	<b>Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel</b> .....	691
1.1	Mauersteine üblichen Formates .....	691
1.1.1	Mauerziegel .....	691
1.1.2	Ziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	694
1.1.3	Verfüllziegel .....	694
1.1.4	Kalksandsteine .....	695
1.1.5	Betonsteine .....	695
1.1.5.1	Vollsteine und Vollblöcke .....	695
1.1.5.2	Hohlblocksteine .....	696
1.1.5.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung .....	696
1.2	Mauersteine größeren Formates .....	697
1.2.1	Mauerziegel .....	697
1.2.2	Betonsteine .....	697
1.3	Mauermörtel .....	698
1.3.1	Leichtmörtel .....	698
1.3.2	Sonstige Mörtel .....	698
<b>2</b>	<b>Mauerwerk mit Dünnbettmörtel</b> ..	699
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel ..	699
2.1.1	Planziegel .....	699
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	706
2.1.3	Planverfüllziegel .....	707
2.1.4	Kalksand-Plansteine .....	708
2.1.5	Porenbeton-Plansteine .....	708
2.1.6	Beton-Plansteine .....	709
2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke ..	709
2.1.6.2	Planhohlblocksteine .....	711
2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung .....	711
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	712
2.2.1	Planziegel-Elemente .....	712
2.2.2	Kalksand-Planelemente .....	712
2.2.3	Porenbeton-Planelemente .....	714
2.2.4	Beton-Planelemente .....	714
2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbggeschosshoher Ausführung .....	715
2.4	Weitere Dünnbettmörtel .....	715
<b>3</b>	<b>Mauerwerk mit Mittelbettmörtel</b> ..	716
<b>4</b>	<b>Vorgefertigte Wandtafeln</b> .....	717
4.1	Geschosshohe Mauertafeln .....	717
4.2	Vergusstafeln .....	717
4.3	Verbundtafeln .....	717
<b>5</b>	<b>Geschosshohe Wandtafeln</b> .....	718
<b>6</b>	<b>Schalungsstein-Bauarten</b> .....	718
<b>7</b>	<b>Trockenmauerwerk</b> .....	720
<b>8</b>	<b>Bewehrtes Mauerwerk</b> .....	720
8.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk	720
8.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauerwerk .....	720
8.3	Stürze .....	721
<b>9</b>	<b>Ergänzungsbauteile</b> .....	722
9.1	Mauerfuß-Dämmelemente .....	722
9.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerksschalen von zweischaligen Außenwänden .....	723
9.3	Sonstige Ergänzungsselemente .....	724
<b>F</b>	<b>Forschung</b>	
<b>I</b>	<b>Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau</b> .....	727
	Anke Eis und Todor Vassilev, Dresden	
	<b>Vorbemerkung</b> .....	727
	<b>Forschungsstellen (F)</b> .....	727
<b>1</b>	<b>Abgeschlossene Forschungsvorhaben</b> .....	730
1.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen .....	730
1.2	Kurzberichte .....	731
1.2.1	ESECMaSE – Enhanced Safety and Efficient Construction of Masonry Structures in Europe .....	731
1.2.2	DISWall – Developing Innovative Systems for Reinforced Masonry Walls .....	734

1.2.3	Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Tragverhalten und der Festigkeit von parallel und senkrecht zu den Lagerfugen biegebeanspruchtem Mauerwerk (F 922) ..	738	<b>2</b>	<b>Laufende Forschungsvorhaben</b> ....	774
1.2.4	Rationellere Herstellung von zweischaligem Mauerwerk durch Linienverankerung von Vormauerschalen (F 940) ..	742	2.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen .....	774
1.2.5	Nutzung der Tragfähigkeitsreserven von Ziegelverblendmauerwerk (F 932) ..	745	2.2	Kurzberichte .....	776
1.2.6	Entwicklung eines konsistenten Bemessungskonzeptes zur linienhaften Verankerung von Vormauerschalen aus Mauerziegeln in Dick- und Dünnbettmörteln .....	747	2.2.1	Verklebung von Plansteinen mittels 1-K PU-Kleber .....	776
1.2.7	Mauerwerkgerechte Tragwerksanalyse unter Horizontallasten infolge Wind und Erdbeben .....	750	2.2.2	Entwicklung eines rechnerischen Nachweisverfahrens zur wirtschaftlichen Bemessung von nichttragenden und ausfachenden Wänden aus Mauerwerk .....	778
1.2.8	Optimierung der Verdichtung von Kalksand-Rohmassen .....	755	2.2.3	Analyse der maßgebenden Einwirkungskombinationen zur rationellen Bemessung von unbewehrten Bauteilen im üblichen Hochbau .....	781
1.2.9	Entwicklung eines Recycling-Mauersteins unter Verwendung von Abbruchmaterial und Baurestmassen und Anwendung der Kalksandstein-Technologie (BBR) .....	757	2.2.4	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 .....	782
1.2.10	Numerische Simulation und nicht-lineare Analyse des Biegedruckverhaltens von Mauerwerk .....	759	2.2.5	Entwicklung eines exakten Tests für Huminstoffe in Sanden (AiF) .....	783
1.2.11	Einfluss der Fugendicke und Mörtelfestigkeit auf die Zug- und Biegezugfestigkeit parallel zur Lagerfuge von Mauerwerk .....	762	2.2.6	Untersuchungen zur Reduzierung der Tragfähigkeit von Mauerwerk bei Schwächung des Querschnitts infolge von Aussparungen und Schlitzen (DIBt) .....	785
1.2.12	Dauerstandverhalten von Porenbeton-Plansteinen mit kleinen Rohdichten ..	766	2.2.7	Erdbebentragverhalten zusammengesetzter Schubwandquerschnitte aus unbewehrtem Mauerwerk .....	786
1.2.13	Schnell-Prüfverfahren zur Feststellung der Eignung von KS-Zuschlägen .....	766	2.2.8	Numerische Modellierung von Mauerwerk mit diskreten Elementen auf Basis experimenteller Methoden .....	787
1.2.14	Wirtschaftliches Ersatzprüfverfahren zur Ermittlung der Steinrohddichte mittels Mikrowellenstrahlung .....	768	2.2.9	Nachträgliche Hohlraumdämmung des Außenmauerwerks – Anwendung und Dauerhaftigkeit .....	787
1.2.15	Untersuchung thermisch bedingter Gefügeveränderungen und ihrer Auswirkungen bei Porenbeton hinsichtlich Brandverhalten, Festigkeitsoptimierung und Wiederverwertung ..	769	2.2.10	Experimentelle Untersuchungen zur Druckfestigkeit von Tuffsteinmauerwerk .....	788
1.2.16	Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Kalksandstein-Produktion ....	773	2.2.11	Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur nachträglichen örtlichen Verstärkung gemauerter Tragwerke mit aufgeklebten Faserverbundwerkstoffen .....	788
			2.2.12	Experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung der Oberflächenzugfestigkeit spröder Materialien am Beispiel von Beton und Mauersteinen .....	789

<b>II</b>	<b>Möglichkeiten der numerischen Simulation von Mauerwerk heute anhand praktischer Beispiele</b> .....	791		
	Roger Schlegel, Weimar			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	791	<b>4</b>	<b>Methoden der Sensitivitätsanalyse, Parameter- und Systemidentifikation bei der Untersuchung bestehender Mauerwerkstrukturen</b> .....
<b>2</b>	<b>Strategien zur Modellierung und Simulation von Mauerwerk</b> .....	791	4.1	Sensitivitätsanalysen zur Sanierung eines gemauerten Eisenbahnviadukts .
2.1	Makromodellierung .....	792	4.1.1	Sensitivitätsanalyse zur Gebrauchstauglichkeit .....
2.2	Vereinfachte Mikromodellierung ....	792	4.1.2	Sensitivitätsanalyse zur Traglast .....
2.3	Vergleich zwischen Makro- und vereinfachter Mikromodellierung ....	794	4.1.3	Parameteridentifikation des Stirnwandmauerwerks .....
2.4	Detaillierte Mikromodellierung .....	797	4.2	Parameteridentifikation zur dynamischen Untersuchung eines Glockenturms .....
<b>3</b>	<b>Simulationen zur Bewertung und Sanierung bestehender Mauerwerkstrukturen</b> .....	797	<b>5</b>	<b>Simulationen in der virtuellen Produktentwicklung moderner Mauerwerkbaustoffe</b> .....
3.1	Untersuchung von Rissursachen am Wasserturm Oldenburg .....	798	5.1	Optimierung des Lochbilds eines Hochlochziegels .....
3.2	Tragfähigkeitsuntersuchung historischer Bogenbrücken .....	801	5.1.1	Sensitivitätsanalyse .....
3.2.1	Berücksichtigung vorhandener Strukturschädigungen .....	803	5.1.2	Optimierung .....
3.2.2	Berücksichtigung früherer Sanierungsmaßnahmen und Gefügeveränderungen .....	804	<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....
3.2.3	Nichtlineare Berechnungen zum Nachweis der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit .....	804	<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....
				819
				819
				821
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	821		



## 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).

**Altaha**, Nasser, Dr. -Ing., Ziegel-Anwendungstechnik, Fachverband Ziegelindustrie Nord, Bahnhofplatz 2A, 26122 Oldenburg.

Verfasser zahlreicher Fachaufsätze zum Thema „zweischalige Außenwände“ und der Broschüre „Ziegel-Verblendmauerwerk – Planung und Ausführung“. Mitarbeit in den DIN-Unterausschüssen zur Überarbeitung der DIN 1053-1, Abschnitt „zweischalige Außenwand“, Mitglied des Normenausschusses DIN 105 (**B IV**).

**Brauer**, Norbert, Dr. -Ing., Ingenieurbüro Dr. Brauer GmbH, Am Rübenweg 5, 41540 Dormagen.  
Geschäftsführer der Ingenieurbüro Dr. Brauer GmbH, Mitglied im TA Bewehrung des DAfStb (**B I**).

**Burkert**, Toralf, Dr. -Ing., Jäger Ingenieure GmbH, Wichernstraße 12, 01445 Radebeul.  
Tragwerksplaner mit Schwerpunkt Sanierung historischer Bauwerke; Lehrauftrag „Statisch-konstruktive Sanierung historischer Bauwerke“ an der Technischen Universität Dresden; Forschung: Natursteinmauerwerk, Instandsetzung von Mauerwerks- und Holzkonstruktionen (**B II**).

**Busch**, Antonius, Prof. Dr. -Ing., Architekt AKH, Universität Kassel, Institut für Bauwirtschaft, Fachbereich 06 Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung; Fachgebiet: Bauwirtschaft/Projektentwicklung, Henschelstraße 2, 34127 Kassel.  
Geschäftsführender Direktor des Instituts für Bauwirtschaft der Universität Kassel; Lehre: Bauwirtschaft, Bauprojektmanagement, Projektentwicklung, AVA, Architekten- und Ingenieurrecht, Baukosten- und Wertermittlung, Immobilienmanagement, SiGeKo, Facilitymanagement, Büro- und Betriebsorganisation; Forschung: Planungswirksamkeit von Kostenentscheidungen, Planung der Planung, Neue Medien in Planung und Bauabwicklung, Baubegleitende Planung, Revitalisierung von brachgefallenen Flächen; Fachbuchautor (**B V**).

**Conrad**, Christian, Dipl.-Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauklimatik der TU Dresden; Forschung: Feuchte- und Wärmeschutz, anlagentechnische und bauphysikalische Optimierung von Gebäuden; Weitere Tätigkeiten: Feuchte- und Wärmeschutzgutachten für historische Gebäude (**D III**).

**Dominik**, Axel, Dipl.-Ing., Restaurator im Maurerhandwerk, Dominik Ingenieurbüro, Griegstraße 16, 53332 Bornheim-Merten.  
Beruflicher Werdegang: Maurer und Polier; Technischer Leiter einer Restaurierungsfirma; wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac); Mitarbeiter im Büro Schießl Raupach als Leiter der Abteilung Instandsetzung historischer Bauwerke; selbstständiger Gutachter für Bauwerkinstandsetzung, Entwickeln und Umsetzen von Instandsetzungskonzepten; Lehre: Lehrbeauftragter an der FH-Köln im Fachbereich Baustofflehre für Architekten; Forschung: Mauerwerk- und Gewölbebau, Trag- und Verformungsverhalten sowie Mauerwerkschäden aus Feuchte, chemisch und biologisch bedingten Prozessen; Weitere Tätigkeiten: Mitglied der Fachgruppe der Restauratoren e. V. (**B I**).

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

**Frössel**, Frank, Technischer Leiter SAKRET Trockenbaustoffe Europa GmbH + Co. KG, Franklinstraße 14, 10587 Berlin.  
Autor der Fachbücher „Mauerwerkstrokenlegung und Kellersanierung“ (erschieden in deutsch, englisch, russisch, ungarisch, bulgarisch, rumänisch, polnisch, italienisch und spanisch), dem „Lehrbuch der Kellersanierung und -abdichtung“, dem „Lexikon der Bauwerksabdichtung und Kellersanierung“, „Schimmelpilze in Wohnungen“, „Handbuch Putz und Stuck“, „Wärmedämm-Verbundsysteme“ sowie „Risse in Gebäuden“; Mitglied der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Baudenkmalpflege und Altbaurenewerung und der Deutschen Gesellschaft für Baurecht (**B VII**).

**Garrecht**, Harald, Prof. Dr. -Ing., Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau, Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen, Petersenstraße 12, 64287 Darmstadt.

Arbeits- und Forschungsgebiete: Baustofftechnologie, Bauphysik, Bauklimatik, energetische Sanierung, Bauinstandsetzung, Bauwerksmonitoring. Lehre: Bauphysik, Werkstoffe im Bauwesen, Werkstofftechnologie, Bauwerkserhaltung, Bauen im Bestand, Bauchemie. Vorstandsmitglied der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege WTA e.V., Mitglied des DIN-Ausschusses „Erhaltung des kulturellen Erbes“ (**D I**).

**Grobe**, Carsten, Dipl.-Ing., Architektur- und TGA-Planungsbüro, Boulevard der EU 7, 30539 Hannover.

Selbstständiges Architektur- und Planungsbüro mit eigener TGA-Planungsabteilung, Spezialisierung auf ökonomische, ökologische und energetische Bauweisen, besonders auf den Passivhausstandard; Referent und Berater für die Industrie; Autor von diverser Fachliteratur und Planungshandbüchern; Aufbau von Internetinformationsdiensten und Datenbanken (**D II**).

**Grunewald**, John, Prof. Dr. -Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Leiter des Instituts für Bauklimatik, Inhaber der Professur für Bauphysik. Lehre: Grundlagen der Bauklimatik (Bauphysik) – Klima, Wärme, Feuchte/Schall und Licht, Moderne Bemessungs- und Simulationsverfahren; Forschung: Interaktion Klima-Bauwerk-Nutzer, nachhaltige Entwicklung der bebauten Umwelt, Neue Materialien und Verfahren – bauphysikalische Eigenschaften, Dauerhaftigkeit, Schädigungsmechanismen, Gesundheit und Behaglichkeit, Schadstoffemissionen; Weitere Tätigkeiten: Mitgliedschaft ECTP, CIB, WTA; Mitglied des Editorial Boards von drei internationalen Zeitschriften (**D III**).

**Hauschild**, Carola, Dipl.-Ing., Jäger Ingenieure GmbH, Wichernstraße 12, 01445 Radebeul. Mitarbeiterin im o. g. Ingenieurbüro (**C I**).

**Hirsch**, Roland, Dr. -Ing., Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Kolonnenstraße 30 L, 10829 Berlin.

Leiter des Fachgebietes „Mauerwerksbau“ im DIBt; Mitglied der DIN-Arbeitsausschüsse für Mauersteine und Mauermörtel und der DIN-Arbeitsausschüsse „Mauerwerk“, Geschäftsführer des DIBt-Sachverständigenausschusses „Wandbauelemente“ (**A II, E II**).

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

Lehre: Tragwerksplanung, Analyse historischer Tragwerke, Grundlagen Sanierung/Modernisierung; Enhancement of Masonry Structures; Forschung: Mauerwerksbau und Sanierung historischer Bauwerke; Beratender Ingenieur für Bauwesen und Prüfeningenieur für Baustatik; 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, C I, C II**).

**Jänecke**, Thomas, Dipl.-Ing., Zerna Ingenieure GmbH, Industriestraße 27, 44892 Bochum. Projektleiter im Leistungsbereich Grundbau und Tunnelbau (**B I**).

**Jeromin**, Wolf, Dipl.-Ing., Prüfeningenieur für Baustatik (1975–2007), Friedrich-Schmidt-Straße 56B, 50933 Köln.

Ehemals Lehrbeauftragter für Gerüste an der RWTH Aachen, Mitglied im Arbeitskreis Gerüste der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik (VPI), Mitglied der Internationalen Vereinigung für Brückenbau (IVBH), Fachbuchautor (**B VI**).

**Kopacek**, Joachim, Dipl.-Ing., DIN Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Bauwesen, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

Referent im Normenausschuss Bauwesen insbesondere für den Fachbereich „Mauerwerksbau“; Geschäftsführer aller DIN-Arbeitsausschüsse für den Mauerwerksbau und Geschäftsführer der Internationalen Mauerwerksausschüsse CEN/TC 250/SC6, CEN/TC 125/WG 1 und ISO/TC 179 (**E I**).

**Maier**, Josef, Dr. phil., Dipl.-Ing. (FH), Architekturbüro Dr. Maier, Büro für Altbauinstandsetzung und Denkmalpflege, Apfelstraße 2, 91054 Erlangen. [www.architekt-drmaier.de](http://www.architekt-drmaier.de)

Lehre: Altstadtsanierung, Bausanierungstechnik, Bauwerksdiagnostik, Sanierung historischer Mauerwerke; Dozent an der Technischen Akademie Esslingen; Ehem. Dozent an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule in Nürnberg; Leiter der Fortbildung des Deutschen Zentrums

für Handwerk und Denkmalpflege; Freier Architekt, Gutachter und Bauforscher, Fachbuchautor **(B VIII)**.

**Petzold**, Hans, Dipl.-Ing., TU Dresden, Fakultät Architektur, Institut für Bauklimatik, Zellescher Weg 17, 01069 Dresden.

Forschung: Begleitforschung Energieoptimiertes Bauen (EnOB), Wärme und Feuchteschutz historischer Bauten **(D III)**.

**Proske**, Dirk, Dr. -Ing., MSc., Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien, Österreich.

Lehre: Mauerwerksbau, Stahlbeton, Alpine Naturgefahren (Steinschlag, Muren), Risikobewertungen, Integrales Risikomanagement, Lebensqualitätsbewertungen; Forschung: Textilbewehrter Beton, Rationale und Subjektive Risikobewertungen, Anprallmodellierungen (Schiffsanprall, Murenanprall, Steinschlag), Verkehrslastmodellierungen, Historische Bogenbrücken, Finite Elemente Modellierung; Weitere Tätigkeiten: Mitglied der ESRA, ESReDA, AGU **(C III)**.

**Reichel**, Stephan, Dipl.-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 und experimentelle Untersuchung von Mauerwerk **(C II)**.

**Schlegel**, Roger, Dr. -Ing., Dynardo GmbH, Luthergasse 1 d, 99423 Weimar. Direktor des Geschäftsbereichs Consulting/FEM-Berechnungsdienstleistungen; Forschung: FEM-Simulationen, Entwicklung und Implementation von Materialmodellen, Parameteridentifikation, stochastische Analyse **(F II)**.

**Schroeder**, Horst, Dr. -Ing., Bauhaus-Universität Weimar, 99421 Weimar. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät Architektur/Bauklimatik. Lehre: Ökologisches Bauen – Lehm- und Stahlbau, Planen und Bauen in Entwicklungsländern; Forschung: Eigenschaften von

Lehm als Baustoff, Normung (Lehmbau Regeln); Weitere Tätigkeiten: Mitbegründer und Vorsitzender des Dachverbandes Lehm e. V. Weimar, Mitglied im ICOMOS – International Scientific Committee for Earthen Architectural Heritage (ISCEAH), Lehm- und Stahlbautechnische Beratung in den Bereichen Bauwerkssanierung/Denkmalpflege, Neubau **(B III)**.

**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)**.

**Steffens**, Klaus, Prof. Dr. -Ing., Prof. Dr. -Ing. Steffens Ingenieurgesellschaft mbH (PSI), Vogelerweg 1, 28832 Achim. Gesellschafter und Geschäftsführer PSI, Mitglied der Ingenieurkammer Bremen und des VDI; Arbeitsschwerpunkt: Experimentelle Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsbewertung vorhandener Bauten und Bauteile; Mitarbeit in Fachausschüssen; Kooperation mit der Ingenieurgesellschaft für experimentelle Mechanik (ifem, 04416 Markkleeberg) **(B II)**.

**Tebbe**, Holger, Dipl.-Ing., Ingenieurbüro H. Tebbe, Fuhrweg 32, 56567 Neuwied. öbuv. Sachverständiger für Mauerwerksbau, Betontechnologie und mineralische Baustoffe, Mitglied des Arbeitskreises Sachverständigenwesen der Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz **(B 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 – insbesondere Kellermauerwerk **(F I)**.

