

Inhaltsübersicht

A Baustoffe • Bauprodukte

- I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen 3
Wolfgang Brameshuber[†], Aachen
- II Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) 31
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin
- III Charakteristische Druckfestigkeitswerte für Leichtbeton-Mauerwerk 55
Markus Graubohm, Aachen, und Horst Glitza, Kisselbach

B Konstruktion • Bauausführung • Bauwerkserhaltung

- I Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Bauwerksgeschichte, Zustandsentwicklung und Monitoring 77
Gregor Schacht, Steffen Marx, Ludolf Krontal, Hannover; Erich Schwinge, Kirchlinteln und Oliver Hahn, Weimar
- II Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Planung und Vorbereitung der experimentellen Untersuchungen 93
Gregor Schacht, Lukas Müller, Jens Piehler, Steffen Marx, Hannover und Erik Meichsner, Weimar
- III Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Durchführung und Auswertung 113
Jens Piehler, Gregor Schacht und Steffen Marx, Hannover; Gunter Hahn und Volker Slowik, Leipzig
- IV Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Nachrechnung der Belastungsversuche mittels nichtlinearer Finite-Elemente-Simulationen 139
Nick Bretschneider, Stephanie Franck, Volker Slowik, Leipzig und Steffen Marx, Hannover
- V Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Lasteinleitung im Bogenpfeiler 169
Viktor Bartolomei, Heidi Hastedt, Heinrich Wigger, Thomas Luhmann, Oldenburg und Jens-Uwe Schulz, Detmold
- VI Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Lasertracking und GBSAR zur Verformungsmessung 205
Jens-André Paffenholz, Ulrich Stenz, Ingo Neumann, Hannover; Isabelle Dikhoff und Björn Riedel, Braunschweig
- VII Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Terrestrisches Laserscanning zur Verformungsmessung 221
Daniel Wujanz, Mathias Burger, Frank Neitzel, Berlin; Ralf Lichtenberger, Krefeld; Florian Schill, Andreas Eichhorn, Darmstadt; Ulrich Stenz, Ingo Neumann und Jens-André Paffenholz, Hannover
- VIII Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Optische korrelationsbasierte Messtechnik zur lastinduzierten Verformungsmessung 241
Mathias Burger, Daniel Wujanz, Frank Neitzel, Berlin und Ralf Lichtenberger, Krefeld
- IX Zukunftsfähiges Mauerwerk 251
Dietmar Walberg, Kiel
- X Erhaltung und Instandsetzung von Mauerwerk – Konstruktion und Tragfähigkeit 267
Heinrich Wigger, Oldenburg und Heiko Twelmeier, Braunschweig
- XI Umbau und Erweiterung des denkmalgeschützten Gebäudeensembles auf der Maximilianstraße 6–8 in München 281
Bernhard Brummer, München und Toralf Burkert, Weimar

C Bemessung

- I Anwendung des Teilsicherheitskonzepts im Mauerwerksbau bei nichtlinearen Problemen 313
Tammam Bakeer, Hamidreza Salehi, Dresden

D Bauphysik • Brandschutz

- I Brandschutz bei Wärmedämm-Verbundsystemen 333
Thomas Merkwitsch, Nabil A. Fouad, Hannover
- II Brandschutzbemessung von Mauerwerkskonstruktionen nach Eurocode 6 357
Thorsten Mittmann, Braunschweig

E Normen ▪ Zulassungen ▪ Regelwerk

- I Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen)
(Stand 31.07.2017) 373
Peter Rauh, Berlin und Carola Hauschild, Radebeul
- II Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.7.2017) 391
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin

F Forschung

- I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 529
Anke Eis, Radebeul

Stichwortverzeichnis 561

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autoren XVII

A Baustoffe - Bauprodukte

I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen 3
 Wolfgang Brameshuber†, Aachen

1 Allgemeines 3

2 Eigenschaftskennwerte 3

 2.1 Festigkeitseigenschaften 3

 2.1.1 Längsdruckfestigkeit 3

 2.1.2 Zugfestigkeiten 3

 2.2 Verformungseigenschaften 5

 2.2.1 Elastizitätsmodul senkrecht zur Lagerfuge unter Druckbeanspruchung .. 5

 2.2.2 Elastizitätsmodul in Steinlängsrichtung unter Zugbeanspruchung 6

 2.2.3 Spannungs-Dehnungslinie 6

 2.2.4 Querdehnungsmodul 6

 2.3 Dehnung aus Schwinden und Quellen, thermische Ausdehnungskoeffizienten .. 7

3 Eigenschaftswerte von Mauermörteln .. 7

 3.1 Allgemeines 7

 3.2 Festigkeitseigenschaften 7

 3.2.1 Zugfestigkeit β_Z 7

 3.2.2 Scherfestigkeit β_S 7

 3.3 Verformungseigenschaften 7

 3.3.1 E-Modul (Längsdehnungsmodul) E ... 7

 3.3.2 Querdehnungsmodul E_q 7

 3.3.3 Feuchtedehnung (Schwinden ϵ_s) 8

 3.3.4 Kriechen (Kriechzahl ϕ) 9

4 Verbundeigenschaften zwischen Stein und Mörtel 9

 4.1 Allgemeines 9

 4.2 Haftscherfestigkeit 9

 4.3 Haftzugfestigkeit 9

5 Eigenschaftswerte von Mauerwerk 9

 5.1 Allgemeines 9

 5.2 Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen 9

 5.2.1 Experimentelle Bestimmung 9

 5.2.2 Rechnerische Bestimmung 10

 5.3 Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen 14

 5.4 Zugfestigkeit und -tragfähigkeit 14

 5.5 Biegezugfestigkeit und -tragfähigkeit ... 15

 5.6 Verformungseigenschaften 18

 5.6.1 Allgemeines 18

 5.6.2 Druckbeanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen 18

 5.6.2.1 Druck-E-Modul E_D 18

 5.6.2.2 Querdehnungszahl μ_D und Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D}$ 18

 5.6.2.3 Völligkeitsgrad α_0 20

 5.6.3 Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen 20

 5.6.3.1 Druck-E-Modul $E_{D,p}$ 20

 5.6.3.2 Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D,p}$... 20

 5.6.4 Zug-E-Modul E_Z (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen) 20

 5.6.5 Feuchtedehnung ϵ_f , (Schwinden ϵ_s , irreversibles Quellen ϵ_q), Kriechen (Kriechzahl ϕ), Wärmedehnungskoeffizient α_T 21

6 Feuchtigkeits technische Kennwerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk 22

 6.1 Kapillare Wasseraufnahme 22

 6.2 Wasserdampfdurchlässigkeit 23

7 Natursteine, Natursteinmauerwerk 23

 8 Eigenschaftswerte von Putzen (Außenputz) 24

 8.1 Allgemeines 24

 8.2 Festigkeitseigenschaften 25

 8.2.1 Druckfestigkeit β_D 25

 8.2.2 Zugfestigkeit β_Z 25

 8.3 Verformungseigenschaften 25

 8.3.1 Zug-E-Modul E_Z , dynamischer E-Modul dyn E 25

 8.3.2 Zugbruchdehnung $\epsilon_{Z,u}$ 25

 8.3.3 Zugrelaxation ψ 25

 8.3.4 Schwinden ϵ_s , Quellen ϵ_q 25

 8.4 Eigenschaftszusammenhänge 26

9 Literatur 26

II	Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)	31			
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				
0	Allgemeines	33	4	Vorgefertigte Wandtafeln	47
0.1	Nachweis der Mindestauflast – Mauerwerk nach DIN 1053-1	33	5	Geschosshohe Wandtafeln	48
0.2	Wände mit teilweise aufliegender Decke – Mauerwerk nach DIN 1053-1	33	6	Schalungsstein-Bauarten	48
0.3	Sonderregelungen zur Knicklänge	34	7	Trockenmauerwerk	48
0.4	Gesonderte Regelungen zu Schlitzen	34	8	Mauerwerk mit PU-Kleber	48
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	34	9	Bewehrtes Mauerwerk	49
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	36	10	Ergänzungsbauteile	51
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	47	11	Literatur	53
			12	Bildnachweis	54
III	Charakteristische Druckfestigkeitswerte für Leichtbeton-Mauerwerk	55			
	Markus Graubohm, Aachen, und Horst Glitza, Kisselbach				
1	Einleitung	55	6	Regelungen für Mauerwerk aus Leichtbeton- und Betonsteinen in DIN EN 1996-1-1/NA [9] und DIN EN 1996-3/NA [10]	67
2	Regelungen in DIN 1053-100:2007-09	55			
3	Kurzer Abriss zur Entwicklung der Potenzformel	55	7	Gegenüberstellung der Angaben in DIN 1053-100 [2], Entwurf DIN 1053-11 [3] und DIN EN 1996-3/NA [10]	68
4	Vorgehensweise bei der Festlegung der charakteristischen Druckfestigkeits- werte für Leichtbeton-Mauerwerk	57	8	Behandlung der f_k -Werte in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Vergleich mit DIN EN 1996-3/NA [10] bzw. Entwurf DIN 1053-11 [3]	69
4.1	Allgemeines	57			
4.2	Erfasste Daten	57			
4.3	Rechnerisch ermittelte Kennwerte	57			
4.4	Regressionsrechnungen und 5%-Quantil	58			
4.5	Auswahlkriterien bei der Auswertung	58			
4.6	Ergebnisse der Auswertung in [18]	58			
4.7	Auswertung in [27]	59	9	Hinweise für eine zukünftige Überarbeitung von [9] und [10]	71
4.8	Anmerkungen zur Datenbasis in [18] und [27]	65	10	Schlussbemerkung	72
4.9	Ergebnisse der bilateralen Gespräche zwischen Industrie und Bauaufsicht	65	11	Literatur	72
5	Regelungen für Mauerwerk aus Leichtbeton- und Betonsteinen in E DIN 1053-13 [4]	67			
B	Konstruktion • Bauausführung • Bauwerkserhaltung				
I	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Bauwerksgeschichte, Zustandsentwicklung und Monitoring	77			77
	Gregor Schacht, Steffen Marx, Ludolf Krontal, Hannover; Erich Schwinge, Kirchlinteln und Oliver Hahn, Weimar				
1	Geschichtliche Entwicklung	77	3	Die neue Allerbrücke in Verden	83
1.1	Anfänge der niedersächsischen Eisenbahn	77	4	Messtechnische Überwachung während der Bauzeit	84
1.2	Die Gewölbebrücke	78	4.1	Einführung	84
1.3	Die Stahlbrücke	79	4.2	Monitoringkonzept für die Erneuerung der EÜ Aller und EÜ Wätern	85
2	Zustandsentwicklung in den letzten Jahrzehnten	80	4.3	Installation und Messdurchführung	86

4.4	Erfahrungen aus dem Projekt	89	5	Belastungsversuche an der historischen Gewölbebrücke in Verden	91
4.4.1	Probetrieb der Monitoringanlage	89			
4.4.2	Festlegung Grenzwerte	89			
4.4.3	Auswertung verschiedener Bauphasen	90	6	Literatur	92
II	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Planung und Vorbereitung der experimentellen Untersuchungen				93
	Gregor Schacht, Lukas Müller, Jens Piehler, Steffen Marx, Hannover und Erik Meichsner, Weimar				
1	Einleitung	93	3.4.2	Variante GEWI-Pfähle	102
2	Aufgaben- und Zielstellung	93	3.5	Genehmigungsverfahren	104
2.1	Probleme der rechnerischen Bewertung von Gewölbebrücken	93	4	Belastungsregime	104
2.2	Ziele der Belastungsversuche	94	5	Messkonzept	106
3	Planung	95	6	Bauseitige Umsetzung	108
3.1	Ablauf und Randbedingungen	95	6.1	Herstellung Rückverankerung	108
3.2	Vorüberlegungen und Vorberechnungen	97	6.2	Herstellung Lasteinleitung	109
3.3	Lasteinleitung in den Bogen	100	6.3	Installation Messtechnik	109
3.4	Rückverankerung unter der Brücke	102	7	Literatur	110
3.4.1	Variante Verpressanker	102			
III	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Durchführung und Auswertung				113
	Jens Piehler, Gregor Schacht und Steffen Marx, Hannover; Gunter Hahn und Volker Slowik, Leipzig				
1	Zielstellung	113	3.3	Mittragende Wirkung des Parallelgewölbes	127
2	Versuchsdurchführung	113	3.4	Erfassung von Rissbildungen mithilfe der 2-D-Fotogrammetrie	128
3	Versuchsauswertung	115	4	Vergleich der Messergebnisse mit den numerischen Voruntersuchungen	134
3.1	Trag- und Verformungsverhalten	115	5	Vergleich mit den geodätischen Messverfahren	136
3.1.1	Versuch 1	115	6	Literatur	137
3.1.2	Versuch 2	116			
3.1.3	Vergleich zwischen erstem und zweitem Belastungsversuch	117			
3.2	Dehnungs- und Spannungszustände im Gewölbemauerwerk	123			
IV	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Nachrechnung der Belastungsversuche mittels nichtlinearer Finite-Elemente-Simulationen				139
	Nick Bretschneider, Stephanie Franck, Volker Slowik, Leipzig und Steffen Marx, Hannover				
1	Zielstellung	139	3.6	Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Vorberechnungen	148
2	Berechnungskonzept	139	4	Nachrechnung der Belastungsversuche	150
2.1	Zur geometrischen Modellierung	140	4.1	Geometrisches und Finite-Elemente-Modell	150
2.2	Bodenmodell	141	4.2	Materialparameter	152
2.3	Nichtlineares Materialverhalten	142	4.3	Parameterstudien zum Einfluss der Materialparameter	153
2.4	Berücksichtigung von Vorschädigungen und von verschiedenen Bauzuständen	143	4.3.1	Einfluss der Bodeneigenschaften	153
2.5	Versagenskriterien und Sicherheitskonzept	144	4.3.2	Einfluss der Längsfuge	154
3	Vorberechnungen im Rahmen der Versuchsplanung	145	4.3.3	Einfluss der Mauerwerkssteifigkeit und Mauerwerkszugfestigkeit	156
3.1	Ziele und Vorgehensweise	145	4.3.4	Einfluss der Eigenschaften der unteren Gewölbeschale	157
3.2	Geometrisches und Finite-Elemente-Modell	146	4.3.5	Einfluss der Stirnmauern	159
3.3	Einwirkungen	146	4.4	Fazit aus den 3-D-Finite-Elemente-Simulationen	160
3.4	Materialparameter	146			
3.5	Berechnungsergebnisse	148			

5	Vergleichsrechnungen mit anderen Berechnungsverfahren	161	5.4	Diskussion der mit anderen Verfahren erhaltenen Rechenergebnisse	165
5.1	MEXE-Methode	161	6	Schlussfolgerungen	166
5.2	Stützlinienverfahren	162	7	Literatur	167
5.3	Traglastverfahren	164			
V	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Lasteinleitung im Bogenpfeiler	169			
	Viktor Bartolomei, Heidi Hastedt, Heinrich Wigger, Thomas Luhmann, Oldenburg und Jens-Uwe Schulz, Detmold				
1	Einleitung	169	3.4	Übertragung der Ergebnisse auf bekannte Tragmodelle von dreischaligen Mauerwerkswänden	191
2	Kraftübertragung vom Bogen in den Pfeiler	169	3.5	Photogrammetrische Bilderfassung	191
3	Messtechnik und Verfahren	170	3.5.1	Verfahrensbeschreibung	191
3.1	Überblick	170	3.5.2	Messanordnung Belastungsversuch 1	193
3.2	Messung mit induktiven Wegaufnehmern	171	3.5.3	Auswertung und Ergebnisse Belastungsversuch 1	194
3.2.1	Verfahrensbeschreibung	171	3.5.4	Messanordnung Belastungsversuch 2	197
3.2.2	Messanordnung Belastungsversuch 1	171	3.5.5	Auswertung und Ergebnisse Belastungsversuch 2	198
3.2.3	Auswertung und Ergebnisse Belastungsversuch 1	174	3.6	Gegenüberstellung der Ergebnisse der induktiven Wegaufnehmer und der photogrammetrischen Bilderfassung	200
3.2.4	Messanordnung Belastungsversuch 2	177	4	Zusammenfassung und Ausblick	201
3.2.5	Auswertung und Ergebnisse Belastungsversuch 2	182	5	Literatur	203
3.3	Gegenüberstellung der Ergebnisse der induktiven Wegaufnehmer	189			
VI	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Lasertracking und GBSAR zur Verformungsmessung	205			
	Jens-André Paffenholz, Ulrich Stenz, Ingo Neumann, Hannover; Isabelle Dikhoff und Björn Riedel, Braunschweig				
1	Motivation und Zielsetzung	205	3.4	Tragwerkskoordinatensystem und Verteilung der CCRs am Tragwerk	210
2	Das Tragwerk: die historische Allerbrücke bei Verden	205	4	Datenerfassung und Datenauswertung	210
3	Versuchsdurchführung und Rahmenbedingungen	206	4.1	Datenerfassung mit dem Lasertracker und Ableitung von 3-D-Verformungen	210
3.1	Eingesetzte Sensorik: Der Lasertracker Leica AT960-LR	207	4.1.1	Belastungsversuch V1 im März 2016	211
3.2	Eingesetzte Sensorik: Das GBSAR-System IBIS-S der Firma IDS	208	4.1.2	Belastungsversuch V2 im Juni 2016	212
3.3	Überprüfung der Stabilität der Sensorstandpunkte während der Versuchsdurchführung	209	4.2	Analyse der mit dem GBSAR-System erfassten Daten	213
			5	Diskussion der erzielten Ergebnisse	216
			6	Literatur	218
VII	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Terrestrisches Laserscanning zur Verformungsmessung	221			
	Daniel Wujanz, Mathias Burger, Frank Neitzel, Berlin; Ralf Lichtenberger, Krefeld; Florian Schill, Andreas Eichhorn, Darmstadt; Ulrich Stenz, Ingo Neumann und Jens-André Paffenholz, Hannover				
1	Einleitung	221	3	Datenerfassung und Auswertung	224
1.1	Grundkonzept des terrestrischen Laserscannings	221	3.1	Eingesetzte Sensorik	225
1.2	Terrestrisches Laserscanning im Bauwesen	222	3.2	Statisches Laserscanning in Belastungsversuch V1	227
1.3	Referenzierung und Deformationsmessung basierend auf 3-D-Punktwolken	222	3.2.1	Surphaser-Messungen und deren Auswertung	227
2	Untersuchungsobjekt Gewölbebrücke	223	3.2.2	Z+F Imager 5006 Messungen und deren Auswertung	227

3.3	Statisches Laserscanning in Belastungsversuch V2	228	3.4.3	Prozessierung der Messdaten	232
3.3.1	Z+F Imager 5006h und ebenenbasierte Auswertung	228	3.4.4	Zeitliche Auswertung eines Klassenbereichs	234
3.3.2	Z+F Imager 5006 und hochgenaue 3-D-punktbasierte Auswertung	229	3.4.5	Räumliche Auswertung einer Epoche	234
3.4	Dynamisches Laserscanning während des Belastungsversuchs V2	232	3.5	Interpretation und Bewertung der Ergebnisse	236
3.4.1	Messsystem	232	4	Zusammenfassung und Ausblick	237
3.4.2	Messkonfiguration	232	5	Literatur	237
VIII	Belastungsversuche an einer Mauerwerksbrücke: Optische korrelationsbasierte Messtechnik zur lastinduzierten Verformungsmessung				241
	Mathias Burger, Daniel Wujanz, Frank Neitzel, Berlin und Ralf Lichtenberger, Krefeld				
1	Einleitung	241	3.2.1	Zeitkontinuierliche Auswertung eines Einzelpunktes	245
2	Digitale Bildkorrelation	241	3.2.2	Flächenhafte Auswertung	245
2.1	Grundlagen	241	3.3	Interpretation der Ergebnisse	247
2.2	Genauigkeitsuntersuchung	243	3.4	Unabhängige Validierung durch TLS-Daten	247
2.3	Kamerabasiertes digitales Bildkorrelationssystem	243	4	Schlussbetrachtung und Ausblick	248
3	Lastinduzierte Verformungsmessungen	244	5	Literatur	249
3.1	Belastungsversuch Gewölbebrücke	244			
3.2	Datenerfassung und Auswertung	244			
IX	Zukunftsfähiges Mauerwerk				251
	Dietmar Walberg, Kiel				
1	Mauerwerk im Rastermaß und Rationalisierungspotenzial	251	7	Zweischaliges Mauerwerk mit Verblendfassade	260
2	Mauerwerk und Maßordnung	251	7.1	Ausführung der Außenschale (Verblendschale)	261
3	Mauerwerk und Feuchtigkeit	255	7.2	Abdichtung, Lüftungs- und Entwässerungsöffnungen	262
4	Laibungsbereiche im Mauerwerksbau	255	8	Mauerwerk – sauber verfugt	263
5	Bauen im System	258	9	Literatur	264
6	Mauerwerk – geputzt/geschlämmt – luftdicht ausgeführt	259			
X	Erhaltung und Instandsetzung von Mauerwerk – Konstruktion und Tragfähigkeit				267
	Heinrich Wigger, Oldenburg und Heiko Twelmeier, Braunschweig				
1	Zielsetzung, Geltungsbereich, Begriffsbestimmung und Vorgehensweise	267	2.2	Bewertung der Voruntersuchungsergebnisse	270
1.1	Zielsetzung	267	2.3	Ermittlung der Dauerhaftigkeit	270
1.2	Geltungsbereich	267	2.3.1	Zielsetzung	270
1.3	Begriffsbestimmung	268	2.3.2	Vorgehensweise	270
1.4	Vorgehensweise	268	2.3.3	Einflussfaktoren	270
2	Ermittlung des Ist-Zustands	268	2.4	Ermittlung der Tragfähigkeit	271
2.1	Bestandsaufnahme und Voruntersuchung	268	2.4.1	Zielsetzung	271
2.1.1	Allgemeines	268	2.4.2	Vorgehensweise	271
2.1.2	Geometrie	268	2.4.3	Möglichkeiten von Tragmodellen	271
2.1.3	Konstruktion	268	2.4.4	Einbeziehung von In-situ-Belastungsversuchen	271
2.1.4	Material	268	3	Bewertung des Ist-Zustands	271
2.1.5	Zustand	270	3.1	Dauerhaftigkeit	271
			3.2	Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit	272

4	Konzeptentwicklung und Ableitung des Handlungsbedarfs	272	6.2.2	Mauerwerksaustausch und Steinersatz ..	274
5	Rechnerischer Nachweis und Ausführungsplanung	273	6.2.3	Tragfähigkeitserhöhung der Gründung .	275
5.1	Zielstellung	273	6.2.4	Gefügeverbesserung durch Verfüllen und Injektion	275
5.2	Vorgehensweise	273	6.2.5	Vernadelung und Verankerung	276
5.3	Berechnungsverfahren	273	6.2.6	Erdberührte Bauwerksabdichtung und Feuchteschutz	276
5.4	Nachweis- und Sicherheitskonzept	273	6.2.7	Sonstige Verfahren	276
5.5	Ausführungsplanung	273	6.3	Qualitätssicherung der Maßnahme	277
5.6	Empfehlungen für die weitere Nutzung .	273	6.3.1	Dokumentation	277
6	Maßnahmen und Instandsetzungsverfahren	273	6.3.2	Eignungsprüfung	278
6.1	Allgemeines	273	6.3.3	Bauteilversuche	278
6.2	Verfahren	274	7	Bauunterhaltung und Wartung	278
6.2.1	Verfugung	274	8	Literatur	278
XI	Umbau und Erweiterung des denkmalgeschützten Gebäudeensembles auf der Maximilianstraße 6–8 in München	281			
	Bernhard Brummer, München und Toralf Burkert, Weimar				
1	Einführung	281	3.5	Spezialtiefbaumaßnahmen	292
2	Projektvorbereitung und Grundlagenermittlung	281	4	Bauausführung	292
2.1	Aus der Historie und zur Bedeutung des Gebäudes	281	4.1	Entkernung	292
2.2	Denkmalpflegerische Vorgaben und architektonisches Konzept	283	4.2	Einbau der Abfangkonstruktion und Umlastung	295
2.3	Materialuntersuchungen am Bestand ..	284	4.3	Errichtung der neuen Untergeschosse und Rücklastung	297
2.4	Gebäudemodell	285	4.4	Einbau der neuen Decken	297
2.5	Tragwerkskonzept für den Neubau	286	4.5	Ergänzende Mauerwerksbegutachtung/Mauerwerksanierung	297
3	Umsetzung in der Planung	286	4.5.1	Baubegleitende Mauerwerksbegutachtung	297
3.1	Aussteifung Endzustand und Mauerwerksnachweise	286	4.5.2	Rissbildungen im Bereich der Arkaden .	302
3.2	Leitdetails für das Mauerwerk	286	5	Fazit	308
3.3	Sicherung der Bestandsgebäude	286	6	Literatur	309
3.4	Abfangkonstruktion	286			
C	Bemessung				
I	Anwendung des Teilsicherheitskonzepts im Mauerwerksbau bei nichtlinearen Problemen	313			
	Tammam Bakeer, Hamidreza Salehi, Dresden				
1	Einführung	313		beiwerts	318
2	Sicherheitsformate	313	3.2.3	Format der Teilsicherheitsbeiwerte	320
2.1	Format der Teilsicherheitsbeiwerte	313	3.3	Empfehlungen für die nichtlineare Berechnung	322
2.2	Format des globalen Tragfähigkeitsbeiwerts	314	4	Biegeversagen in unbewehrten Schubwänden aus Mauerwerk	322
2.3	Vollständig probabilistische Methoden .	315	4.1	Grenzzustandsfunktion des Biegeversagens	322
3	Vertikal beanspruchte Mauerwerkswände	315	4.2	Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte beim Biegeversagen	324
3.1	Grenzzustandsfunktion	315	4.2.1	Nichtlinear	324
3.2	Modellbildung für die Tragfähigkeit	317	4.2.2	Linear-Nichtlinear	325
3.2.1	Tragfähigkeit von Mauerwerk unter vertikaler Belastung	317	4.2.3	Linear	325
3.2.2	Format des globalen Tragfähigkeits-				

4.2.4	Vergleich des Ergebnisses der drei Methoden	326	4.3	Vergleich auf Basis der Zuverlässigkeitsanalyse	328
4.2.4.1	Allgemeiner Vergleich	326	5	Schlussbemerkungen	328
4.2.4.2	Nichtlinear und linear-nichtlinear	327	6	Literatur	329
4.2.4.3	Linear und linear-nichtlinear	327			
4.2.4.4	Linear und nichtlinear	327			
D Bauphysik • Brandschutz					
I Brandschutz bei Wärmedämm-Verbundsystemen 333					
Thomas Merkewitsch, Nabil A. Fouad, Hannover					
1	Grundlagen	333	3.1.3	Brand in einem Gebäude (Raumbrand)	341
2	Baurechtliche Anforderungen	333	3.1.4	Brandstatistiken zu Fassadenbränden	341
2.1	Anforderungen nach MBO und den Sonderbauverordnungen	333	3.2	Verhalten im Brandfall	341
2.2	Brandschutztechnische Nachweisverfahren und Klassifizierungen	336	4	Brandschutzausführung von WDVS	344
2.3	Nachweis der Verwendbarkeit in Deutschland	336	4.1	Allgemeines	344
2.3.1	Großbrandversuch für den Raumbrand nach DIN 4102-20	337	4.2	Bauphase	344
2.3.2	Großbrandversuch für den Sockelbrand nach MVV TB	337	4.3	Nutzungsphase	345
2.3.3	Ausblick	339	4.4	Ausführungsgrundsätze bei WDVS mit EPS	345
3	Thermische Beanspruchungen von WDVS	340	4.4.1	Ausführung nach neuen Zulassungsgrundsätzen	345
3.1	Brandszenarien	340	4.4.2	Ausführung ab dem 3. OG nach bisherigen Zulassungsgrundsätzen	352
3.1.1	Brand in einem Nachbargebäude	340	4.4.3	Ausbildung im Bereich von Brandwänden	354
3.1.2	Brand von außen, angrenzend zur Fassade (Sockelbrand)	340	4.4.4	Ausbildung in Rettungswegen und Sonderbereichen	355
			5	Zusammenfassung	355
			6	Literatur	356
II Brandschutzbemessung von Mauerwerkskonstruktionen nach Eurocode 6 357					
Thorsten Mittmann, Braunschweig					
1	Gesetzliche Grundlagen	357	5.1	Änderungen durch Entwurf Musterbauordnung Oktober 2015	362
2	Brandschutztechnische Anforderungen an die Bauteile	357	5.2	Änderungen bei den prüftechnischen Nachweisen	362
2.1	Feuerwiderstand von Bauteilen	357	5.2.1	Ausnutzungsfaktor α_2	364
2.1.1	Europäische Klassifizierung	357	5.2.2	Ausnutzungsfaktor α_{fi}	364
2.1.2	Nationale Klassifizierung	358	5.2.3	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$	364
2.1.3	Anwendung der Klassen im bauaufsichtlichen Verfahren	359	5.2.4	Zusammenfassung der Änderungen der Prüfnormen	364
2.2	Brandverhalten der Baustoffe	359	5.3	Extrapolationsnormen	365
3	Erläuterungen der Begriffe	360	6	Brandschutztechnische Bemessung von Mauerwerk	366
3.1	Nichttragende Wände	360	6.1	Bemessung nach DIN EN 1996-1-2/NA	366
3.2	Tragende Wände	360	6.1.1	Nichttragende Wände	366
3.3	Raumabschließende Wände	360	6.1.2	Bemessungsbeispiel: Nichttragende Wand	366
3.4	Nichtraumabschließende Wände	360	6.1.3	Tragende Wände	366
4	Nachweise im bauaufsichtlichen Verfahren	361	6.1.4	Bemessungsbeispiel: Tragende Wand aus Hochlochziegeln HLz12, 1,2, Normalmauermörtel NM IIa	367
5	Maßgebende Nachweise bei Mauerwerkskonstruktionen	361			

6.1.5	Putze	368	7	Zusammenfassung	368
6.1.6	Details	368	8	Literatur	369

E Normen - Zulassungen - Regelwerk

I	Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 31.07.2017)				373
	Peter Rauh, Berlin und Carola Hauschild, Radebeul				

1	Vorbemerkung	373	3	Regelwerk	375
2	EuGH-Urteil vom 16. Oktober 2014 (Rs. C-100/13)	374			

II	Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.7.2017)				391
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				

1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	393	2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgoschosshoher Ausführung	491
1.1	Mauersteine üblichen Formates	393	2.4	Weitere Dünnbettmörtel	492
1.1.1	Mauerziegel	393	3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	493
1.1.2	Verfüllziegel	406	4	Vorgefertigte Wandtafeln	494
1.1.3	Kalksandsteine	407	4.1	Geschosshohe Mauertafeln	494
1.1.4	Betonsteine	409	4.2	Drittel- oder halbgoschosshohe Mauertafeln	497
1.1.4.1	Vollsteine und Vollblöcke	409	5	Geschosshohe Wandtafeln	498
1.1.4.2	Hohlblocksteine	412	6	Schalungsstein-Bauarten	498
1.1.4.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung	413	7	Trockenmauerwerk	500
1.1.5	Sonstige Mauersteine	413	8	Mauerwerk mit PU-Kleber	501
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	413	8.1	Planziegel	501
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel	413	8.2	Planverfüllziegel	503
2.1.1	Planziegel	413	8.3	Porenbeton-Plansteine	504
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung	439	8.4	Vorgefertigte Wandtafeln	505
2.1.3	Planverfüllziegel	450	9	Bewehrtes Mauerwerk	506
2.1.4	Kalksand-Plansteine	454	9.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk ..	506
2.1.5	Porenbeton-Plansteine	457	9.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauerwerk	506
2.1.6	Beton-Plansteine	460	9.3	Stürze	506
2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke	460	10	Ergänzungsbauteile	508
2.1.6.2	Planhohlblocksteine	468	10.1	Mauerfuß-Dämmelemente	508
2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung	473	10.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerksschalen von zweischaligen Außenwänden	509
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel	481	10.3	Sonstige Ergänzungselemente	510
2.2.1	Planziegel-Elemente	481	11	Anhang	510
2.2.2	Kalksand-Planelemente	482	11.1	Zulassungsübersicht	510
2.2.3	Porenbeton-Planelemente	488			
2.2.4	Beton-Planelemente	489			

F Forschung

I	Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau	529			
	Anke Eis, Radebeul				
1	Abgeschlossene Forschungsvorhaben . . .	533	2.2.4	Sicherung des Westiwans des Takht-e Soleyman im Iran 549	
1.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen	533	2.2.5	Eine Methode zur effizienten Simulation großer Mauerwerksscheiben unter exzentrischer und/oder zyklisch biaxialer Beanspruchung auf der Grundlage wirklichkeitsnaher Kleinkörperversuche 551	
1.2	Kurzberichte	533	2.2.6	Teilweise aufstehende Mauerwerksscheiben 553	
1.2.1	Analyse der Regelungen zur Querkrafttragfähigkeit bewehrter Mauerwerks-wände mit und ohne Schubbewehrung nach DIN EN 1996-1-1, Abschnitt 6.7 . .	533	2.2.7	i_city – Schallschutz von energetisch optimierten Fassaden 555	
1.2.2	Tragfähigkeit ausfachender Mauerwerks-wände unter Berücksichtigung der verformungsbasierten Membranwirkung	534	2.2.8	Einsatz von natürlichen Schwermineral-sanden zur Steigerung der Rohdichte von Kalksandsteinen für einen hohen baulichen Schallschutz sowie zur Strahlungsabschirmung (AiF: 17798-N)	558
1.2.3	Tragfähigkeit unbewehrter Mauerwerks- und Betondruckglieder bei schiefer Biegebeanspruchung	536	2.2.9	Optimierung von Kalk-Sand-Mischungen und Entwicklung eines Praxis-Prüfverfahrens zur Bewertung der Mischungsqualität (AiF: 18187-N)	558
1.2.4	Innovative Dämmtechnik zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste im Mauerwerksbau mit dem Ziel der Gewährleistung des 0-Energie-Standards – 0-EneMau	538	2.2.10	Steigerung der Beschussicherheit von Kalksandstein-Mauerwerk durch Optimierung der Gefügestärke (AiF: 18429-N) 558	
1.2.5	Erweiterung der Anwendungsgrenzen der vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA . . .	542	2.2.11	Einsatz von CSH-Phasen als Reaktionsbeschleunigern bei der Herstellung von Kalksandsteinen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Umweltemissionen – Teil 2 (AiF: 18413-N) 559	
2	Laufende Forschungsvorhaben	546	2.2.12	Steigerung der Produktqualität und Reduktion der Produktionskosten bei der Kalksandsteinfertigung durch Einsatz unsetziger Gesteinskörnungen (Ausfallkörnungen) (AiF: 18896-N) 559	
2.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen	546	2.2.13	Optimierung des Autoklavierungsprozesses zur Reduzierung der Produktionskosten und Qualitätssteigerung von Kalksandsteinen mittels statistischer Versuchsplanung (AiF: 18570-N) 559	
2.2	Kurzberichte	547			
2.2.1	Umsetzung einer optimierten Prüfung der Haftscherfestigkeit im Mauerwerksbau in Anlehnung an das bisherige europäische Verfahren nach DIN EN 1052-3 – OptiHaP	547			
2.2.2	Textile Bewehrung in der Lagerfuge von gemauerten Kellerwänden zur Erhöhung der Tragfähigkeit gegen Erddruck (Faserbewehrtes Kellermauerwerk – FBKM)	547			
2.2.3	ReDeMaM – Rezyklierbarer, Demontierbarer, Energiehocheffizienter und Massiver Musterbau	549			
	Stichwortverzeichnis			561	
	Anbieterverzeichnis			571	

