

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

B Konstruktion - Bauausführung - Bauwerkserhaltung

- I Bauphysikalische und befestigungstechnische Anforderungen an die Montage von Fenstern und Türen 65
Jürgen Künzlen, Künzelsau; Marc Klatecki, Kassel; Eckehard Scheller, Künzelsau und Rainer Becker, Dortmund
- II Ev.-Luth. Hauptpfarrkirche Zwickaus – seit 1935 Dom St. Marien Zwickau – Stand der Bauerhaltung von Kirchenschiff und Chorraum 161
Michael Kühn, Zwickau
- III Versuchsgestützte Kalibrierung von Teilsicherheitsbeiwerten im Lehm-mauerwerksbau – Empfehlungen für die Erarbeitung eines Bemessungskonzepts 181
Philipp Müller, Singapur; Patrick Fontana, Lorenzo Miccoli und Christof Ziegert, Berlin
- IV Modellierung des mechanischen Verhaltens von Lehmsteinmauerwerk unter statischer Druck- und Schubbeanspruchung 195
Lorenzo Miccoli, Berlin; Angelo Garofano, Lausanne, Schweiz; Patrick Fontana, Berlin und Urs Müller, Borås, Schweden
- V Lehm-mauerwerk – Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien für den Wohnbau 209
Dipl.-Ing. Raik Hartmann

C Bemessung

- I Mauerwerk unter (hoch-)dynamischen Einwirkungen
Theoretische, numerische und experimentelle Untersuchungen 245
Tobias Linse und Norbert Gebbeken, München
- II Tragverhalten und Bemessung von Injektionsdübeln in Mauerwerk 297
Jan Hofmann, Stuttgart und Georg Welz, Renningen
- III Nachrechnung gemauerter Bogenbrücken 327
Gero Marzahn, Bonn; Eckard Bothe, Chemnitz und Wolfram Jäger, Dresden
- IV Knicken von Mauerwerk – Kritische Anmerkungen zum empirischen Verfahren und neuer Vorschlag für den EC 6 343
Tammam Bakeer, Dresden und Poul Dupont Christiansen, Aarhus (Dänemark)
- V Zum Nachweis der Mindestauflast nach DIN EN 1996-3/NA 369
Wolfram Jäger, Dresden

D Bauphysik - Brandschutz

- I Praktischer Schallschutz mit Mauerwerk 409
Elmar Sälzer, Wiesbaden

E Normen - Zulassungen - Regelwerk

- I Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 31.10.2016) 445
Peter Rauh, Berlin und Carola Hauschild, Radebeul
- II Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.7.2016) 463
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin
- III Ausführung von Mauerwerk nach Eurocode 6 601
Dieter Figge, Warburg

F Forschung

- I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 639
Anke Eis, Dresden

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 von Mauersteinen	3
2.1 Festigkeitseigenschaften	3
2.1.1 Längsdruckfestigkeit	3
2.1.2 Zugfestigkeiten	4
2.2 Verformungseigenschaften	6
2.2.1 Elastizitätsmodul senkrecht zur Lagerfuge unter Druckbeanspruchung	6
2.2.2 Elastizitätsmodul in Steinlängsrichtung unter Zugbeanspruchung	6
2.2.3 Spannungs-Dehnungslinie	7
2.2.4 Querdehnungsmodul	7
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	9
3.3.1 E-Modul (Längsdehnungsmodul) E ...	9
3.3.2 Querdehnungsmodul E_q	9
3.3.3 Feuchtedehnung (Schwinden ϵ_s)	9
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	10
5 Eigenschaftswerte von Mauerwerk	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen	13
5.2.1 Experimentelle Bestimmung	13
5.2.2 Rechnerische Bestimmung	13
5.3 Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen	15
5.4 Zugfestigkeit und -tragfähigkeit	15
5.5 Biegezugfestigkeit und -tragfähigkeit	16
5.6 Verformungseigenschaften	20
5.6.1 Allgemeines	20
5.6.2 Druckbeanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen	20
5.6.2.1 Druck-E-Modul E_D	20
5.6.2.2 Querdehnungszahl μ_D und Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D}$	21
5.6.2.3 Völligkeitsgrad α_0	21
5.6.3 Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen	21
5.6.3.1 Druck-E-Modul $E_{D,p}$	21
5.6.3.2 Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D,p}$...	21
5.6.4 Zug-E-Modul E_Z (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen)	21
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	23
6.1 Kapillare Wasseraufnahme	23
6.2 Wasserdampfdurchlässigkeit	23
7 Natursteine, Natursteinmauerwerk	24
8 Eigenschaftswerte von Putzen (Außenputz)	24
8.1 Allgemeines	24
8.2 Festigkeitseigenschaften	24
8.2.1 Druckfestigkeit β_D	24
8.2.2 Zugfestigkeit β_Z	24
8.3 Verformungseigenschaften	24
8.3.1 Zug-E-Modul E_{Z_1} , dynamischer E-Modul dyn E	24
8.3.2 Zugbruchdehnung $\epsilon_{Z,u}$	24
8.3.3 Zugrelaxation ψ	24
8.3.4 Schwinden ϵ_s , Quellen ϵ_q	26
8.4 Eigenschaftszusammenhänge	26
9 Literatur	26

II	Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)	31			
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				
	Vorbemerkungen	31	4	Vorgefertigte Wandtafeln	51
0	Allgemeines	33	5	Geschosshohe Wandtafeln	56
0.1	Nachweis der Mindestauflast – Mauerwerk nach DIN 1053-1	33	6	Schalungsstein-Bauarten	56
0.2	Wände mit teilweise aufliegender Decke – Mauerwerk nach DIN 1053-1	33	7	Trockenmauerwerk	57
0.3	Sonderregelungen zur Knicklänge	33	8	Mauerwerk mit PU-Kleber	57
0.4	Gesonderte Regelungen zu Schlitzen	34	9	Bewehrtes Mauerwerk	57
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	34	10	Ergänzungsbauteile	57
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	38	11	Literatur	61
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	51		Bildnachweis	62
B	Konstruktion • Bauausführung • Bauwerkserhaltung				
I	Bauphysikalische und befestigungstechnische Anforderungen an die Montage von Fenstern und Türen	65			
	Jürgen Küenzlen, Künzelsau; Marc Klatecki, Kassel; Eckehard Scheller, Künzelsau und Rainer Becker, Dortmund				
1	Einleitung	65	5.2.2	Abdichtung von Schwellen- konstruktionen	78
2	Bauphysikalische Anforderungen – Einführung	66	5.2.3	Ausführung des Fensterbankanschlusses und der Fensterbank	80
2.1	Grundsätzliches	66	6	Praktische Umsetzung	81
2.2	Einwirkungen auf Fenster und Fenstertüren	66	6.1	Energetisch optimierter Fenstereinbau im Neubau	81
2.3	Grundlagen der Anschlussausbildung	67	6.2	Sicherstellung des Mindestwärme- schutzes im Altbau	81
3	Bauphysikalische Anforderungen an Fenster und Fenstertüren	67	6.3	Leitdetails für die Anschlussausbildung im Neubau	84
3.1	Anforderungen an den Wärmeschutz	67	6.4	Leitdetails für die Anschlussausbildung im Altbau	84
3.2	Anforderungen an den Mindest- wärmeschutz	69	7	Anforderungen an die mechanische Befestigung: Einführung – Definition „Fenster“	86
3.3	Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz	70	8	Regelwerke	86
3.4	Anforderungen an die Luftdichtheit	71	8.1	Allgemeine Anforderungen an die Dübeltechnik	86
3.5	Anforderungen an den Schlag- regenschutz	71	8.2	Leitfaden zur Planung und Aus- führung der Montage von Fenstern und Haustüren	87
3.6	Anforderungen an den Schallschutz	73	8.2.1	Standardfall	87
3.7	Anforderungen im Altbau	75	8.2.2	Sonderfall 1	87
4	Berechnung wärmeschutztechnischer Kennwerte	76	8.2.3	Sonderfall 2	87
5	Fugenausbildung	76	8.2.4	Korrosionsschutz	88
5.1	Allgemeines	76			
5.2	Neubau	77			
5.2.1	Kopplungsfugen	78			

8.3	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen	88	12.2	Statisches Modell	117
8.4	Normenreihe DIN 18008 „Glas im Bauwesen“	88	12.2.1	Lastweiterleitung aus dem Blendrahmen in den Fensterbefestiger	117
8.4.1	Allgemeines	88	12.2.2	Lastweiterleitung aus dem Fensterbefestiger in den Verankerungsgrund	118
8.4.2	DIN 18008, Teil 1 und Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen	88	12.2.3	Betrachtung der unterschiedlichen Versagensstellen	120
8.4.3	DIN 18008, Teil 4 – Regelungen für absturzsichernde Verglasungen	89	12.2.4	Verifizierung des statischen Modells der Quertragfähigkeit der Schraube im Verankerungsgrund anhand von Versuchen	121
8.5	Produktnorm DIN EN 14351-1:2010-08	89	13	Bemessung am Beispiel der AMO-Combi-Schraube	124
8.6	DIN 18055: Anforderungen und Empfehlungen an Fenster und Außentüren	90	13.1	Allgemeines	124
8.6.1	Allgemeines	90	13.2	Windlast	124
8.6.2	Merkmale, die ein Fenster erfüllen muss	91	13.3	Überlagerung horizontale Nutzlast plus Last aus 90° geöffnetem Fenster	124
8.7	ift-Richtlinie MO-02/1	94	13.3.1	Lösungsmöglichkeit 1	124
8.7.1	Allgemeines	94	13.3.2	Lösungsmöglichkeit 2	124
8.7.2	Anwendungsbereich	95	13.3.3	Lösungsmöglichkeit 3	126
8.7.3	Weitere Regelungen	95	13.3.4	Lösungsmöglichkeit 4	126
9	Einwirkungen auf ein Fenster	95	14	Befestigung von absturzsichernden Fensterelementen	126
10	Prüfung von Befestigern für Fenster am Gesamtsystem	96	14.1	Einführung	126
10.1	Widerstandsfähigkeit bei Windlast	99	14.2	Aus TRAV wurde DIN 18008, Teil 4 – Regelungen für absturzsichernde Verglasungen	127
10.1.1	Auswirkung der Windbelastungen bei einflügeligen Elementen	100	14.2.1	Allgemeines	127
10.1.2	Auswirkung der Windbelastungen bei einem zweiflügeligen Element	103	14.2.2	Kategorien nach DIN 18008-4	127
10.1.3	Auswirkung der Windbelastungen bei einem zweiflügeligen Element mit Profilverbreiterungen	105	14.2.3	Erforderliche Holmhöhe	128
10.2	Bedienkräfte nach DIN EN 13115	106	14.2.4	Nachweis der Tragfähigkeit von absturzsichernden Verglasungen	128
10.3	Mechanische Festigkeit nach DIN EN 13115	106	14.2.5	Nachweis der Tragfähigkeit für die unmittelbaren Glasbefestigungen	128
10.4	Dauerfunktion nach DIN EN 12400	108	14.2.6	„Nachweiskette“ von absturzsichernden Fensterelementen	129
10.4.1	Prüfung von Fenstern und Fenstertüren	109	14.3	ETB-Richtlinie – Bauteile, die gegen Absturz sichern	129
10.4.2	Prüfung von Haustüren	109	14.3.1	Allgemeines	129
10.5	Differenzklimaverhalten nach DIN EN 13420	109	14.3.2	Horizontale, statische Lasten	130
10.6	Stoßfestigkeit nach DIN EN 13049	111	14.3.3	Stoßartige Belastung	130
11	Abschätzung der Einwirkungen auf die Fensterbefestiger	111	14.4	Befestigung am Bauwerk	130
11.1	Rechenbeispiel – Allgemeines	111	14.5	Nachweisführung für die Befestigung	131
11.2	Lastermittlung	112	14.5.1	Allgemeines	131
11.3	Trag- und Distanzklötze	113	14.5.2	Nachweis der horizontalen, statischen Belastung	132
11.4	Einwirkung aus Windlast	114	14.5.3	Nachweis der stoßartigen Belastung	135
11.4.1	Allgemeines	114	14.6	Bemessungsbeispiel	136
11.4.2	Fortsetzung Beispiel	114	14.6.1	Allgemeine Hinweise	136
11.4.3	Einfluss der Achsabstände bei umlaufender oder rein seitlicher Befestigung	115	14.6.2	Ausgangsdaten	136
12	Konzept zur Ermittlung der Tragfähigkeit eines Fensterbefestigers	117	14.6.3	Nachweis Brüstungsverglasung	136
12.1	Allgemeines	117	14.6.4	Nachweis der unmittelbaren Glasbefestigung	137

14.6.5	Nachweis des Brüstungsriegels	137	16	Montage von Fenstern mit Anforderungen an die Einbruchhemmung	141
14.6.6	Nachweis Verbindung Brüstungsriegel an Fensterrahmen	137	16.1	Allgemeines	141
14.6.7	Nachweis Fensterrahmen	137	16.2	Prüfungen und Verankerungsgründe	142
14.6.8	Nachweis der Befestigung zwischen absturzsichernder Fensterelementbefestigung W-ABZ und Mauerwerk	138	16.3	Durchgeführte Versuche	143
			16.3.1	Versuche nach DIN V ENV 1627 bis 1630:1999-04	143
14.6.9	Nachweis der Fensterelementbefestigung	139	16.3.2	Versuche nach DIN EN 1627 bis 1630	148
14.7	Mauerwerk mit geringer Tragfähigkeit	139	16.4	Montagebescheinigung nach erfolgreichem Einbau einbruchhemmender Elemente	155
15	Montage in der Dämmebene	139	17	Fazit	156
15.1	Allgemeines	139	18	Literatur	157
15.2	Bauphysikalische Betrachtung	141			
15.3	Dübelauswahl	141			
II	Ev.-Luth. Hauptpfarrkirche Zwickau – seit 1935 Dom St. Marien Zwickau – Stand der Bauerhaltung von Kirchenschiff und Chorraum				161
	Michael Kühn, Zwickau				
1	Allgemeines	161	6	Hydrologische und hydro-geologische Beeinflussung	173
2	Bauwerks- und Bauschadensgeschichte der Kirche	161	7	Geotechnischer Bericht	175
3	Einfluss des untertägigen Steinkohleabbaus	164	8	Statisch-konstruktive Belange	175
4	Hauptbaustoff Kohlesandstein	169	9	Sanierungsplanung für die Pfeiler 16/M1 und 26/M2	176
5	Markscheiderische Messungen und geologisches Modell	171	10	Literatur	178
III	Versuchsgestützte Kalibrierung von Teilsicherheitsbeiwerten im Lehmmauerwerksbau – Empfehlungen für die Erarbeitung eines Bemessungskonzepts				181
	Philipp Müller, Singapur; Patrick Fontana, Lorenzo Miccoli und Christof Ziegert, Berlin				
1	Einführung	181	2.3.1	Steine und Mörtel	186
			2.3.2	Mauerwerk	187
2	Druckversuche an Komponenten und Mauerwerk	183	3	Diskussion und Empfehlungen	189
2.1	Material und Prüfkörperherstellung	183	3.1	Teilsicherheitsbeiwert auf Materialseite	189
2.1.1	Steine und Mörtel	183	3.2	Rechnerische Bestimmung der Mauerwerksdruckfestigkeit	190
2.1.2	Mauerwerk	184	3.3	Prüfverfahren und Normung	191
2.2	Versuchsaufbau und -durchführung	185	4	Zusammenfassung und Ausblick	192
2.2.1	Steine und Mörtel	185	5	Literatur	193
2.2.2	Mauerwerk	185			
2.3	Ergebnisse und Auswertung	186			

IV	Modellierung des mechanischen Verhaltens von Lehmsteinmauerwerk unter statischer Druck- und Schubbeanspruchung	195		
	Lorenzo Miccoli, Berlin; Angelo Garofano, Lausanne, Schweiz; Patrick Fontana, Berlin und Urs Müller, Borås, Schweden			
1	Einleitung	195	3.2.1.	Allgemeine Annahmen
2	Versuchsprogramm	196	3.2.2.	Einaxialer Druckversuch
2.1	Ausgangsstoffe und Herstellung der Prüfkörper	196	3.2.3.	Schubversuch
2.2	Anfangsscherfestigkeit	197	3.3	Mikro-Modellierungsansatz
2.3	Druckversuche am Lehmsteinmauerwerk	197	3.3.1.	Allgemeine Annahmen
2.4	Schubversuche am Lehmsteinmauerwerk	198	3.3.2.	Einaxialer Druckversuch
3	Numerische Modellierung	199	3.3.3.	Schubversuch
3.1	Modellierungsansatz und Ziele	199		Zusammenfassung und Schlussfolgerungen
3.2	Makro-Modellierungsansatz	200		Danksagung
				Literatur
V	Lehmmauerwerk – Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien für den Wohnbau	209		
	Dipl.-Ing. Raik Hartmann			
1	Einleitung	209	3.2	Prinzipien für den Grundrissentwurf nach Funktionsbereichen
1.1	Chancen des modernen Lehmbaus im Wohnungsbau	209	3.2.1	Erschließung
1.2	Stand der Technik und Forschung/ Vorhandene Voruntersuchungen	210	3.2.2	Leitungsführung und Nassbereiche
1.3	Themenspektrum und Schwerpunkt des Forschungsprojekts EGsL	210	3.2.3	Zeichnerische Darstellung der Prinzipien zur Optimierung der Lage von Installationen im Grundriss und Schnitt
2	Vorbetrachtungen – Ausgangsbasis	210	3.2.4	Optimierter Nassbereich, optimierte Nasszelle
2.1	Lehm als Baustoff	211	3.2.4.1	Schematische Grundrissdarstellung – Nasszelle
2.1.1	Eigenschaften von Lehm	211	3.2.4.2	Schnittdarstellungen Schacht/Vorwandinstallation
2.1.2	Lebensdauer	211		
2.1.3	Lehm unter Feuchtigkeitseinwirkung	211	4	Vorschläge von Konstruktionsprinzipien anhand ausgewählter Details eines Wohnhauses
2.1.4	Lebenszyklus und Rezyklierbarkeit	212	4.1	Erörterung von Konstruktionsprinzipien anhand von Details
2.1.5	Lehmsteine	212	4.2	Allgemeine Bauteilanforderungen
2.1.6	Moderne Lehmsteine	212	4.2.1	Wandaufbau
2.1.7	Energieaufwand zur Herstellung von modernen HL-Lehmsteinen	214	4.2.1.1	Aufbau Lehmmauerwerk
2.2	Beanspruchung der Bauteilkonstruktionen durch Feuchteinwirkung	215	4.2.1.2	Einsatz und Vorteile von ökologischen Dämmstoffen
2.2.1	Kondenswasser am und im Bauteil	215	4.2.1.3	Vorgehängte Fassade – Diskussion einer speziellen Variante mit Holzverschalung und Hanfdämmung
2.2.2	Feuchtigkeitsbeanspruchung in Nasszellen	215	4.2.1.4	Zu untersuchende Befestigungen an Lehmsteinmauerwänden
2.2.3	Vorschläge für konstruktiv schützende Maßnahmen	215		
3	Vorschläge von Entwurfsprinzipien	215		
3.1	Prinzipien für den Grundrissentwurf nach Gebäudetypen	215		

4.2.1.5	Beispielzeichnungen Wandaufbau	221	4.2.5.2	Beispielzeichnungen	230
4.2.1.6	Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	224	4.2.5.3	Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	230
4.2.2	Deckenanschlüsse	224	4.2.6	Fenster- und Türanschlüsse	232
4.2.2.1	Deckentypen	224	4.2.6.1	Verwendete Konstruktionstypen für Fenster und Türen	232
4.2.2.2	Beispielzeichnungen	224	4.2.6.2	Beispielzeichnungen	232
4.2.2.3	Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	227	4.2.6.3	Holzrahmen-Fenster und Türen	232
4.2.3	Treppenanschlüsse	227	4.2.7	Entwässerungsanschlüsse	232
4.2.3.1	Treppentypen nach Wohntypologie	227	4.2.7.1	Terrassen und Loggien	232
4.2.3.2	Beispielzeichnungen	227	4.2.7.2	Nassbereiche und -zellen	235
4.2.3.3	Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	227	5	Zusammenfassung	237
4.2.4	Fußpunktanschlüsse	227	5.1	Ergebnisse	237
4.2.4.1	Typen	227	5.2	Ausblick	238
4.2.4.2	Beispielzeichnungen	227	6	Literatur	240
4.2.4.3	Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	227			
4.2.5	Dachanschlüsse	230			
4.2.5.1	Verwendete Dachtypen	230			

C Bemessung

I Mauerwerk unter (hoch-)dynamischen Einwirkungen	
Theoretische, numerische und experimentelle Untersuchungen	245
Tobias Linse und Norbert Gebbeken, München	

1	Einleitung	245	3	Eigenschaften von Mauerwerksmaterialien	253
1.1	Eigenschaften von Mauerwerk	247	3.1	Materialeigenschaften von Mauerwerksteinen	253
1.1.1	Mauerwerkstypen	247	3.1.1	Ziegelsteine	253
1.1.2	Versagensmechanismen von Mauerwerk	247	3.1.2	Lehmsteine	254
1.1.2.1	Schubversagen	247	3.1.3	Kalksandsteine	255
1.1.2.2	Biegeversagen	247	3.1.4	Querverformungszahlen für Mauerwerksteine	255
1.1.2.3	Querzugversagen	247	3.1.5	Verzerrungsratenabhängigkeit	255
1.1.2.4	Besondere Versagenszustände bei Beanspruchung in Scheibenebene	248	3.1.6	Eigene Versuche an Mauerwerksteinen	257
1.1.2.5	Weitere Versagensmechanismen bei Belastungen senkrecht zur Wandebene	249	3.1.6.1	Zugversuche	257
1.1.3	Herausforderungen an die Modellierung	249	3.1.6.2	Druckversuche	258
1.2	Stand der Forschung	249	3.1.6.3	Versuche zur Ermittlung der Elastizitätsmoduln	259
1.2.1	Numerische Modellierung von Mauerwerksstrukturen	249	3.1.6.4	Dynamische Materialversuche	259
1.2.2	Makromodell	249	3.2	Materialeigenschaften von Mörtel	261
1.2.3	Vereinfachtes Mikromodell	250	3.2.1	Zusammenstellung von Versuchsdaten von Mörtel	261
1.2.4	Detailliertes Mikromodell	250	3.2.1.1	Druckfestigkeit	261
1.2.5	Ein neuer Ansatz zur Simulation des Verhaltens von Mauerwerk	250	3.2.1.2	Zugfestigkeit	262
2	Grundlagen	250	3.2.1.3	Druck-E-Modul	262
2.1	Grundlagen der Materialmodellierung	250	3.2.1.4	Zug-E-Modul	262
2.1.1	Dynamische Prozesse	250	3.2.1.5	Querverformungszahl	262
2.1.2	Verzerrungsraten	250	3.2.1.6	Bruchenergie	262
2.1.3	Dynamischer Steigerungsfaktor	251	3.2.1.7	Versuche von Bierwirth	264
2.2	Bestimmung von Materialdaten	251	3.2.1.8	Abhängigkeit des Mörtels von Verzerrungsraten	266
2.2.1	Statische Materialtests	251	3.2.1.9	Restfestigkeit	268
2.2.2	Dynamische Materialtests	252	3.3	Verbundverhalten zwischen Stein und Mörtel	269

3.3.1	Haftzugfestigkeit	269	4.2.5.3	Anpassung der Materialfestigkeiten durch das Schädigungsmodell	283
3.3.2	Scherfestigkeit und Haftscherfestigkeit ..	270	4.2.5.4	Beschreibung des hydrostatischen Materialverhaltens	284
4	Eigene Materialmodelle für Mörtel und Mauerwerkssteine	272	4.3	Eigenes Materialmodell für Mauerwerkssteine – LG-Modell für Mauerwerkssteine	284
4.1	Bekannte Materialmodelle für Mauerwerk, Ziegel, Keramik und Beton	272	4.3.1	Festigkeitsmodell	284
4.1.1	Materialmodell für Mauerwerk von <i>Lourenço</i>	272	4.3.2	Berücksichtigung der Verzerrungsraten-abhängigkeit	287
4.1.2	Materialmodell für Keramik von <i>Johnson</i> und <i>Holmquist</i>	274	4.3.2.1	Zugfestigkeitssteigerung	287
4.1.3	Materialmodell für Beton von <i>Hartmann</i> , <i>Pietzsch</i> und <i>Gebbeken</i>	275	4.3.2.2	Druckfestigkeitssteigerung	287
4.2	Eigenes Materialmodell für Mörtel – LG-Modell für Mörtel	276	4.3.3	Zustandsgleichung	287
4.2.1	Festigkeitsmodell	276	4.3.4	Schädigungsmodell, Anpassung des Festigkeitsmodells nach Material-schädigung	287
4.2.2	Abgrenzung elastisches und elastisch-plastisches Materialverhalten	279	4.3.5	Anpassung der Materialsteifigkeiten	288
4.2.3	Abgrenzung elastisch-plastisches und elastisch-plastisch-schädigendes Materialverhalten	280	4.4	Zusammenfassung der eigenen Modelle ..	289
4.2.4	Berücksichtigung der Verzerrungsraten-abhängigkeit	280	5	Berechnungen einer Mauerwerkswand unter Explosionsbelastung	289
4.2.4.1	Zugfestigkeitssteigerung	280	5.1	Versuchsbeschreibung	289
4.2.4.2	Druckfestigkeitssteigerung	280	5.2	Beschreibung der numerischen Modellierung	290
4.2.5	Schädigungsmodell	281	5.3	Ergebnisvergleich Simulation und Experiment	292
4.2.5.1	Bruchverzerrungen auf dem Druck-meridian	281	5.4	Diskussion – Ausblick	292
4.2.5.2	Bruchverzerrungen auf dem Schub-meridian	283	6	Zusammenfassung und Ausblick	292
			7	Literatur	294
II	Tragverhalten und Bemessung von Injektionsdübeln in Mauerwerk	297			
	Jan Hofmann, Stuttgart und Georg Welz, Renningen				
1	Einleitung	297	5	Tragverhalten unter Querbelastung	309
2	Ankergrund Mauerwerk	298	5.1	Versagensarten	309
3	Injektionsdübel für Mauerwerk	298	5.1.1	Stahlversagen	309
3.1	Injektionsmörtel, Gebinde und Statikmischer	298	5.1.2	Rückwärtiger Steinausbruch und Herausziehen	311
3.2	Ankerstange und Siebhülse	299	5.1.3	Lokales Steinversagen	313
3.3	Dübelmontage	300	5.1.4	Steinspalten	314
4	Tragverhalten unter Zugbelastung	301	5.1.5	Steinauszug am Rand	315
4.1	Versagensarten	301	5.2	Einfluss von Fugen und Rändern	315
4.1.1	Herausziehen des Dübels	302	6	Versuche am Bauwerk	318
4.1.2	Stahlversagen	302	6.1	Allgemeines	318
4.1.3	Steinausbruch	303	6.2	Einfluss der Abstützung	318
4.1.4	Steinspalten	304	7	Bemessung von Verankerungen in Anlehnung an ETAG 029	320
4.1.5	Steinauszug	305	7.1	Allgemeines	320
4.2	Einfluss von Fugen und Rändern	306	7.2	Stahlversagen	321
4.3	Einfluss von Gruppenanordnung	307	7.2.1	Zugbelastung	321
			7.2.2	Querbelastung	321

7.3	Herausziehen	321	7.6	Torsionsbelastung	323
7.3.1	Zugbelastung	321	7.7	Berücksichtigung von Fugen	323
7.3.2	Querbeltung	321	7.8	Interaktion bei kombinierter Zug- und Querbeltung	323
7.4	Steinversagen	321	8	Zusammenfassung	323
7.4.1	Zugbelastung	321	9	Literatur	324
7.4.2	Querbeltung	322			
7.5	Herausziehen des Steins	322			
III	Nachrechnung gemauerter Bogenbrücken	327			
	Gero Marzahn, Bonn; Eckard Bothe, Chemnitz und Wolfram Jäger, Dresden				
1	Einleitung	327	3.1.2	Mechanische Modelle	333
2	Bedeutung im Verkehrsnetz	327	3.1.3	Materialkennwerte	334
2.1	Baujahr, Anzahl der Felder, Einzelstützweiten	327	3.1.4	Nachweise	335
2.2	Bestandsdokumentation	330	3.2	Bogenbrücke Gleisberg	339
2.3	Baustoffkennwerte	331	3.2.1	Geometrische und stoffliche Grundlagen	339
2.4	Lasten	332	3.2.2	Mechanisches Modell	340
3	Beispiel einer Nachweisführung auf der Grundlage der Nachrechnungsrichtlinie	333	3.2.3	Materialkennwerte	340
3.1	Autobahnbrücke im Zuge der A 3 über die Sieg bei Siegburg	333	3.2.4	Nachweise	340
3.1.1	Geometrische und stoffliche Grundlagen	333	4	Zusammenfassung	342
			5	Literatur	342
IV	Knicken von Mauerwerk – Kritische Anmerkungen zum empirischen Verfahren und neuer Vorschlag für den EC 6	343			
	Tammam Bakeer, Dresden und Poul Dupont Christiansen, Aarhus (Dänemark)				
1	Einleitung	343	5.5	Formel von <i>Kirtschig</i>	355
2	Formelzeichen	344	5.6	Ansatz von <i>Graubner/Glock</i>	355
3	Numerische Referenzlösung	344	5.7	Ansatz von <i>Sandoval/Roca</i>	355
4	Materialmodelle	345	5.8	Ansatz von <i>Graubner/Förster</i>	356
4.1	Normalisierte Spannungs-Dehnungs-Beziehung	345	6	Bewertung der empirischen Methoden	356
4.2	Grundlegende Materialparameter für das Stabilitätsproblem	347	7	Mögliche Lösungen für einen empirischen Ansatz	357
4.3	Annäherung des Materialmodells	349	7.1	Lösung auf der Basis von Regressionsmodellen	357
5	Empirische Methoden	350	7.2	Lösung unter Berücksichtigung der Nichtlinearität des Materials	359
5.1	Johnsons Parabel	351	8	Vorschlag für den Eurocode 6	362
5.2	Rankine-Methode	352	9	Schlussbemerkungen	364
5.3	Momenten-Vergrößerungs-Verfahren	353	10	Literatur	365
5.4	Formel von <i>Mann</i>	354			

V	Zum Nachweis der Mindestauflast nach DIN EN 1996-3/NA	369		
	Wolfram Jäger, Dresden			
1	Einführung	369	9.3.1	Allgemeines
2	Derzeitige Normungssituation	370	9.3.2	Ausmitten infolge der Deckenverdrehung und Einstellung des Bogenmodells
3	Hintergrund der Formeln in EN 1996-3 von <i>Beuker</i>	371	9.3.3	Schlussfolgerung
4	Ausarbeitungen von <i>Reeh/Schlundt</i> sowie <i>Jäger/Baier</i>	373	10	Ergebnisse
5	<i>Jäger/Baier</i>	373	10.1	Bei Vorhandensein von Stahlbeton- decken unter Ansatz des Bogenmodells ..
6	Abminderungsfaktoren für das vereinfachte Verfahren nach <i>Mann</i> in DIN 1053-1 ...	374	10.1.1	Tatsächliche Ausbildung
7	Ansatz des DIBt für die Mindestauflast ..	375	10.1.2	Verformbarkeit der Widerlager
8	Genauere Hintergründe zum Trag- verhalten und dessen Beschreibung	376	10.1.3	Mögliche Stabilitätsfälle
8.1	Allgemeiner Ansatz eines Abminderungs- faktors	376	10.1.4	Lage der Resultierenden in Wandmitte ..
8.2	Der Wand-Decken-Knoten und die Bestimmung der inneren Momente	377	10.1.5	Zusammenfassung
8.3	Rücksetzregel	377	10.2	Beim Fehlen einer Massivdecke
8.4	Am Kopf und Fuß der Wand	378	10.3	Anwendung auf Beispiele
8.5	In der Mitte der Wand mit der Knick- abminderung nach DIN EN 1996-1-1/NA Anhang NA.G (bilinare Kurvenschar) ..	378	10.3.1	Voll aufliegende Deckenplatte und Winddruck
8.6	In Wandmitte mit der Knickabminderung nach DIN EN 1996-1-1, Anhang G (Glockenkurve)	380	10.3.2	Teilweise aufliegende Deckenplatte unter Windsog
8.7	Zusammenfassung	380	10.4	Parameterstudie
9	Bogenmodell nach DIN EN 1996-1-1 ...	382	10.5	Auswertung der Ergebnisse der Parameterstudie
9.1	Nach gültiger Normenfassung	382	10.5.1	Voll aufliegende Deckenplatte
9.2	Gegenwärtige Kritik am Bogenmodell ..	383	10.5.2	Teilweise aufliegende Deckenplatte
9.3	Unterschied zwischen Bogen- und Stabmodell	383	11	Zusammenfassung der Ergebnisse
			11.1	Thesen
			11.2	Kernaussage
			11.3	Bei Vorhandensein von Stahlbeton- decken
			11.4	Wenn keine Stahlbetondecke vorhanden ..
			11.5	Notwendige Anpassungen in der Norm ..
			12	Literatur
			12.1	Normen und Regelwerke
			12.2	Monografien, Artikel, Berichte
D	Bauphysik - Brandschutz			
I	Praktischer Schallschutz mit Mauerwerk	409		
	Elmar Sälzer, Wiesbaden			
1	Einleitung	409	2.4	VDI 4100 „Schallschutz im Hochbau – Wohnungen“
1.1	Allgemeines	409	2.5	DEGA-Schallschutzausweis
1.2	Ingenieurmäßige Schallschutzplanung ...	410	3	Die wichtigsten theoretischen Zusammenhänge
2	Anforderungen	410	3.1	Direktschalldämmung (Transmissions- schalldämmung)
2.1	Geschichtliche Entwicklung	410	3.2	Schalllängsdämmung
2.2	DIN 4109:1989-11 „Schallschutz im Hochbau“	411		
2.3	DIN 4109:2016 „Schallschutz im Hochbau“	415		

3.3	Schalldämmung im tieffrequenten Bereich	428	5	Schalldämmung mit einschaligem Mauerwerk	435
4	Mauerwerksarten	428	5.1	Transmissionsschalldämmung (Direktdämmung)	435
4.1	Grundsätzliches	428	5.2	Schalllängsdämmung	436
4.2	Ziegel	429	5.3	Kimmsteine	436
4.2.1	Vollziegel, Lochziegel	429	5.3.1	Anwendung	436
4.2.2	Porosierte Hochlochziegel	429	5.3.2	Einschaliges Mauerwerk mit Kimmsteinen	436
4.2.2.1	Porosierte Hochlochziegel ohne zusätzliche Dämmung	429	5.3.3	Kimmsteine bei zweischaligem Mauerwerk	436
4.2.2.2	Porosierte Hochlochziegel mit Wärmedämmeinlage	429	6	Schallschutz mit zwei- und mehrschaligen Mauerwerkskonstruktionen	437
4.2.3	Verfüllziegel	430	6.1	Konstruktionen mit zwei Massivschalen	437
4.3	Kalksandsteine	430	6.1.1	Reihenhaus- und Gebäudetrennwände ..	437
4.3.1	Konventionelle Mauerwerksformate ..	430	6.1.1.1	Optimal entkoppelte Schalen	437
4.3.2	Planblockelemente	430	6.1.1.2	Schallschutz bei unvollständiger Trennung	439
4.4	Betonsteinmauerwerk	431	6.2	Mauerwerkswände mit Vorsatzschalen ..	439
4.4.1	Leichtbetonhohlblock- und -vollsteine ..	431	6.2.1	Mit biegeweichen Vorsatzschalen	439
4.4.2	Schwerbetonsteine	431	6.2.2	Mit biegesteifen Vorsatzschalen	439
4.4.3	Porenbetonmauerwerk	432	6.3	Dreischalige Konstruktionen	439
4.4.4	Weitere Betonstein-Systeme	432	7	Erhöhter Schallschutz	440
4.4.4.1	Gisoton	432	8	Literatur	441
4.4.4.2	Holzbeton-Verfüllsteine	432			
4.5	Natursteinmauerwerk	433			
4.6	Historisches Mauerwerk	433			
4.6.1	Ausgemauertes Fachwerk	433			
4.6.2	Mauerwerk mit Trümmerschuttsteinen ..	433			
4.7	Wände aus verfüllten Hartschaumelementen	435			

E Normen • Zulassungen • Regelwerk

I	Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 31.10.2016)	445			
	Peter Rauh, Berlin und Carola Hauschild, Radebeul				
1	Vorbemerkung	445			
2	EuGH-Urteil vom 16. Oktober 2014 (Rs. C-100/13)	446			
3	Regelwerk	447			
II	Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.7.2016)	463			
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	465	1.1.4.2	Hohlblocksteine	483
1.1	Mauersteine üblichen Formates	465	1.1.4.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung	484
1.1.1	Mauerziegel	465	1.1.5	Sonstige Mauersteine	484
1.1.2	Verfüllziegel	477	2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	485
1.1.3	Kalksandsteine	478	2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel	485
1.1.4	Betonsteine	480	2.1.1	Planziegel	485
1.1.4.1	Vollsteine und Vollblöcke	480			

2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung	509	4.3	Verguss- und Verbundtafeln	568
2.1.3	Planverfüllziegel	521	5	Geschosshohe Wandtafeln	569
2.1.4	Kalksand-Plansteine	525	6	Schalungsstein-Bauarten	569
2.1.5	Porenbeton-Plansteine	528	7	Trockenmauerwerk	571
2.1.6	Beton-Plansteine	530	8	Mauerwerk mit PU-Kleber	572
2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke	530	8.1	Planziegel	572
2.1.6.2	Planhohlblocksteine	538	8.2	Planverfüllziegel	574
2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung	543	8.3	Porenbeton-Plansteine	575
2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel	550	8.4	Vorgefertigte Wandtafeln	576
2.2.1	Planziegel-Elemente	550	9	Bewehrtes Mauerwerk	577
2.2.2	Kalksand-Planelemente	551	9.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk	577
2.2.3	Porenbeton-Planelemente	557	9.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauerwerk	577
2.2.4	Beton-Planelemente	558	9.3	Stürze	577
2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgeschosshoher Ausführung	561	10	Ergänzungsbauteile	579
2.4	Weitere Dünnbettmörtel	562	10.1	Mauerfuß-Dämmelemente	579
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	563	10.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerkschalen von zweischaligen Außenwänden	580
4	Vorgefertigte Wandtafeln	564	10.3	Sonstige Ergänzungselemente	581
4.1	Geschosshohe Mauertafeln	564	Anhang		582
4.2	drittel- oder halbgeschosshohe Mauertafeln	568	Zulassungsübersicht		582
III	Ausführung von Mauerwerk nach Eurocode 6	601			
	Dieter Figge, Warburg				
1	Allgemeines	601	2.4.3	Bewährte Regeln/Normmaße	609
2	Grundsätzliche Planungs- und Konstruktionsregeln	603	2.4.4	Anschlüsse	610
2.1	Normen und Merkblätter	603	2.4.5	Dehnungsfugen	613
2.2	Einflüsse auf die Dauerhaftigkeit des Mauerwerks	603	2.5	Toleranzen	614
2.2.1	Mikroumweltbedingungen	603	3	Außenwände	614
2.2.2	Klimafaktoren (Makroumweltbedingungen)	603	3.1	Dämmung von Außenwänden	614
2.2.3	Aggressive chemische Umgebungen	604	3.2	Sichtmauerwerk/Verblendmauerwerk	615
2.3	Auswahl der Baustoffe	605	3.2.1	Tragende Außenwände mit Sichtmauerwerk	615
2.3.1	Allgemeines	605	3.2.1.1	Mauersteine	615
2.3.1.1	Mauersteine	606	3.2.1.2	Mörtel Vormauerschale	615
2.3.1.2	Mauermörtel	606	3.2.2	Verblend- oder Vormauerschale	616
2.4	Mauerwerk	606	3.2.3	Ausbildung	617
2.4.1	Verarbeitung von Mauersteinen und Mauermörtel	606	3.2.3.1	Fugenglattstrich	618
2.4.1.1	Mauerwerk mit Normal- und Leichtmauermörtel	606	3.2.3.2	Nachträgliches Verfugen	618
2.4.1.2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	606	3.3	Anschlussdetails und Abdichtungen	618
2.4.1.3	Stoßfugenausbildung	607	3.3.1	Dachanschluss	618
2.4.2	Grundsätzliches zu Mauerwerksverbänden	607	3.3.2	Deckenaufleger	618
			3.3.3	Stürze	620
			3.3.4	Fenster- und Türanschlüsse	622
			3.3.5	Gesimse, Sohlbänke, Abdeckungen	623
			3.3.6	Fußpunkte im Erd- und im Kellergeschoss	624

4	Innenwände	626	6.1	Mischkonstruktionen	633
4.1	Tragende Innenwände	626	6.2	Schutz vor mechanischer Beschädigung ..	633
4.1.1	Anforderungen	626	6.3	Bauhöhe des Mauerwerks	633
4.1.2	Anschlüsse	627	6.4	Zulässige Abweichungen	633
4.2	Nichttragende Innenwände	627	6.5	Aussteifung während der Herstellung ...	633
4.2.1	Anwendungsbereich und Anforderungen	627	6.6	Nachbehandlung und Schutz des Mauer-	
4.2.2	Befestigungen an angrenzenden			werks während der Bauausführung	634
	Bauteilen	630	6.6.1	Allgemeines	634
4.2.3	Regeln für die schadensfreie Ausführung	631	6.6.2	Schutz gegen Regen	634
5	Erddruck auf Kelleraußenwände	631	6.6.3	Schutz gegen Frost-Tau-Wechsel	635
6	Ausführung von Mauerwerk und Tipps		6.6.4	Schutz gegen Austrocknung	635
	für die Baustelle	633	7	Literatur	635

F Forschung

I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 639
 Anke Eis, Dresden

Vorbemerkung	639	2.2.1	EU-Projekt INSYSME: Innovative Techniken für erdbebensichere Ausfachungswände aus Ziegelmauerwerk in Stahlbetonrahmentragwerken	654
Forschungsstellen (F)	639	2.2.2	Entwicklung einer zementfreien Injektionstechnologie auf Kalkbasis für historisch wertvolles, gipshaltiges Mauerwerk – IngiMa	654
1 Abgeschlossene Forschungsvorhaben ...	643	2.2.3	Umsetzung einer optimierten Prüfung der Haftscherfestigkeit im Mauerwerksbau in Anlehnung an das bisherige europäische Verfahren nach DIN EN 1052-3	657
1.1 Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen	643	2.2.4	Einsatz von Ankern und Nadeln aus Faserwerkstoffen bei der Sanierung historischer Bauwerke – FaAnNa	659
1.2 Kurzberichte	643	2.2.5	Textile Bewehrung in der Lagerfuge von gemauerten Kellerwänden zur Erhöhung der Tragfähigkeit gegen Erddruck (Faserbewehrtes Kellermauerwerk – FBKM)	661
1.2.1 Untersuchungen zur Reduzierung der Tragfähigkeit von Mauerwerk bei Schwächung des Querschnittes infolge von Aussparungen und Schlitzen	643	2.2.6	Mauerwerksbauten an der Hochhausgrenze – Entwicklung und Anwendung eines neuen Rechenmodells für Schubwände	662
1.2.2 Energetische und mechanische Optimierung des Anschlusses der Decke an monolithische Außenwände aus Mauerwerk mit Passivhausstandard	647	2.2.7	Niedrigstenergiehäuser in Mauerwerksbauweise	663
1.2.3 Untersuchung der zivil- und baurechtlichen Situation zur Nutzung der Eurocodes in anderen europäischen Ländern ..	649			
1.2.4 Nachhaltigkeit von Mauerwerk im Geschosswohnungsbau	652			
2 Laufende Forschungsvorhaben	653			
2.1 Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen	653			
2.2 Kurzberichte	654			

Stichwortverzeichnis 665

Anbieterverzeichnis 677