

## 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) 35  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin
- III Glasfaserbewehrung im Mauerwerksbau 69  
Ben Jütte und Werner Venter, Baden-Baden
- IV Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau 89  
Michael Müller und Eckehard Scheller, Berlin  
aktualisiert durch Andreas Kummerow, Berlin

### B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung

- I Befestigung von Fenstern in Mauerwerk 139  
Jürgen Küenzlen, Künzelsau und Eckehard Scheller, Berlin
- II Verankerung von Fassadengerüsten 183  
Jürgen Küenzlen, Künzelsau und Christoph-Ludwig Bügler, Berlin
- III Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk Teil 5: Vernadeln, Verankern (Berechnung) 199  
Birger Gigla, Lübeck
- IV Nutzung von Verpressankern zur Ertüchtigung von historischem Mauerwerk 231  
Sebastian Ortlepp, Dresden
- V Einsatz von Glasfaserbewehrung in historischem Mauerwerk – dargestellt am Beispiel des Wiederaufbaus des erdbebengeschädigten Sistani Hauses in Arg-e-Bam (Iran) 269  
Jörg Braun, Dresden und Toralf Burkert, Weimar

### C Bemessung

- I Einführung des Eurocode 6, DIN EN 1996-3 Vereinfachte Berechnungsmethoden – Algorithmen, Erläuterungen und Anwendungsbeispiele 325  
Wolfram Jäger und Carola Hauschild, Dresden
- II Einführung des Eurocode 6, Nachweis von Wänden mit teilweise aufliegender Deckenplatte nach DIN EN 1996-1-1: Algorithmen, Erläuterungen und Anwendungsbeispiele 353  
Wolfram Jäger, Stephan Reichel, Tammam Bakeer, Dresden
- III Ingenieurmodell zur Tragfähigkeit ohne Verbund vorgespannter Kalksandstein-Mauerwerkswände 373  
Odontsetseg Dashkhuu, Hemsbach und Erhard Gunkler, Detmold

### D Bauphysik · Brandschutz

- I Auswirkungen punktförmiger Wärmebrücken bei Verblendmauerwerk – Einflüsse, rechnerische Quantifizierung und Optimierungspotenzial 405  
Frank U. Vogdt, Jan Bredemeyer und Hendrik Keßlau, Berlin
- II Einsatz von Vakuumisulationspaneelen (VIP) bei zweischaligem Verblendmauerwerk 433  
Robert Masou, Dresden und Martin Forstner, Neumarkt

**E Normen · Zulassungen · Regelwerk**

- I Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 30.9.2013) 477  
Peter Rauh und Immo Feine, Berlin
- II Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.8.2013) 493  
Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin

**F Forschung**

- I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 621  
Anke Eis und Sebastian Ortlepp, Dresden

**Stichwortverzeichnis 641**

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	III
Autoren .....	XIX
Beiträge früherer Jahrgänge .....	XXI
<b>A Baustoffe · Bauprodukte</b>	
<b>I Eigenschaften von Mauersteinen, Mauermörtel, Mauerwerk und Putzen</b> .....	<b>3</b>
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-Dehnungs-Linie .....	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 $\beta_Z$ .....	7
3.2.2 Scherfestigkeit $\beta_S$ .....	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 $\epsilon_s$ ) .....	9
3.3.4 Kriechen (Kriechzahl $\phi$ ) .....	9
4 Verbundeigenschaften zwischen Stein und Mörtel .....	9
4.1 Allgemeines .....	9
4.2 Haftscherfestigkeit .....	9
4.3 Haftzugfestigkeit .....	9
5 Eigenschaftswerte von Mauerwerk .....	13
5.1 Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen .....	13
5.2 Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen .....	20
5.3 Zugfestigkeit und -tragfähigkeit .....	20
5.4 Biegezugfestigkeit und -tragfähigkeit .....	20
5.5 Verformungseigenschaften .....	24
5.5.1 Allgemeines .....	24
5.5.2 Druckbeanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen .....	24
5.5.2.1 Druck-E-Modul $E_D$ .....	24
5.5.2.2 Querdehnungszahl $\mu_D$ und Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D}$ .....	26
5.5.2.3 Völligkeitsgrad $\alpha_0$ .....	26
5.5.3 Druckbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen .....	26
5.5.3.1 Druck-E-Modul $E_{D,p}$ .....	26
5.5.3.2 Dehnung bei Höchstspannung $\epsilon_{u,D,p}$ .....	26
5.5.4 Zug-E-Modul $E_Z$ (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen) .....	27
5.5.5 Feuchtedehnung $\epsilon_f$ , (Schwinden $\epsilon_s$ , irreversibles Quellen $\epsilon_q$ ), Kriechen (Kriech- zahl $\phi$ ), Wärmedehnungskoeffizient $\alpha_T$ .....	27
6 Feuchtigkeitstechnische Kennwerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk .....	28
6.1 Kapillare Wasseraufnahme .....	28
6.2 Wasserdampfdurchlässigkeit .....	29
7 Natursteine, Natursteinmauerwerk .....	29
8 Eigenschaftswerte von Putzen (Außenputz) .....	29
8.1 Allgemeines .....	29
8.2 Festigkeitseigenschaften .....	31
8.2.1 Druckfestigkeit $\beta_D$ .....	31
8.2.1 Zugfestigkeit $\beta_Z$ .....	31
8.3 Verformungseigenschaften .....	31
8.3.1 Zug-E-Modul $E_Z$ , dynamischer E-Modul $\text{dyn } E$ .....	31
8.3.2 Zugbruchdehnung $\epsilon_{Z,u}$ .....	31
8.3.3 Zugrelaxation $\psi$ .....	31
8.3.4 Schwinden $\epsilon_s$ , Quellen $\epsilon_q$ .....	31
8.4 Eigenschaftszusammenhänge .....	31
9 Literatur .....	32

<b>II</b>	<b>Neuentwicklungen beim Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)</b> . . . . .	<b>35</b>			
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				
	Vorbemerkungen . . . . .	35	7	Trockenmauerwerk . . . . .	58
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel	37	8	Mauerwerk mit PU-Kleber . . . . .	58
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel . . . . .	38	9	Bewehrtes Mauerwerk . . . . .	62
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel . . . . .	58	10	Ergänzungsbauteile . . . . .	65
4	Vorgefertigte Wandtafeln . . . . .	58	11	Literatur . . . . .	66
5	Geschosshohe Wandtafeln . . . . .	58	12	Bildnachweis . . . . .	67
6	Schalungsstein-Bauarten . . . . .	58			
<b>III</b>	<b>Glasfaserbewehrung im Mauerwerksbau</b> . . . . .	<b>69</b>			
	Ben Jütte und Werner Venter, Baden-Baden				
1	Einleitung . . . . .	69	5.3	Last- und Schnittgrößenermittlung . . . . .	80
2	Einführung in die Glasfaserbewehrung . . . . .	69	5.4	Biegebemessung . . . . .	81
2.1	Faserverbundwerkstoffe . . . . .	69	5.5	Querkraftbemessung . . . . .	81
2.2	Glasfaserbewehrung . . . . .	70	5.5.1	Bauteile ohne Querkraftbewehrung . . . . .	81
2.3	Entwicklung der Glasfaserbewehrung – historischer Überblick . . . . .	71	5.5.2	Bauteile mit Querkraftbewehrung . . . . .	81
2.4	Normen und Richtlinien für Glasfaser- bewehrung . . . . .	71	5.6	Verbund . . . . .	82
3	Begriffe und Formelzeichen . . . . .	71	5.7	Konstruktionsregeln . . . . .	82
4	Materialeigenschaften Glasfaserbewehrung	72	5.7.1	Betondeckung . . . . .	82
4.1	Allgemeines . . . . .	72	5.7.2	Verankerungslängen . . . . .	82
4.2	Dauerhaftigkeit / Bedeutung der plan- mäßigen Einsatzdauer . . . . .	72	5.7.3	Übergreifungsstöße . . . . .	82
4.3	E-Modul und Zugfestigkeit . . . . .	73	5.8	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) . . . . .	82
4.3.1	E-Modul . . . . .	73	5.8.1	Begrenzung der Rissbreiten . . . . .	82
4.3.2	Kurzzeitzugfestigkeit . . . . .	73	5.8.2	Durchbiegung . . . . .	83
4.3.3	Langzeitzugfestigkeit . . . . .	74	5.9	Heißbemessung . . . . .	83
4.3.3.1	Restfestigkeitskonzept . . . . .	74	5.10	Nachträglicher Einbau von Bewehrungs- stäben . . . . .	83
4.3.3.2	Konzept der Versagensstandzeitlinie . . . . .	74	6	Bemessung Glasfaserbewehrung im Mauerwerksbau nach EC 6 . . . . .	83
4.4	Verbundverhalten . . . . .	75	6.1	Bewehrung (EC 6 Abs. 3.4) . . . . .	84
4.4.1	Kurzzeitverbundverhalten . . . . .	75	6.2	Verbundfestigkeit der Bewehrung (Abs. 3.6.4) . . . . .	84
4.4.2	Langzeitverbundverhalten . . . . .	76	6.3	Dauerhaftigkeit von Mauerwerk (Abs. 4.3)	84
4.5	Thermisches Verhalten . . . . .	77	6.4	Vertikal beanspruchte Mauerwerkswände (Abs. 5.5.1) . . . . .	84
4.5.1	Brandverhalten . . . . .	77	6.5	Maueranker (Abs. 6.5) . . . . .	84
4.5.2	Niedrigtemperaturen . . . . .	78	6.6	Grenzzustand der Tragfähigkeit (EC 6 Kapitel 6) . . . . .	85
4.5.3	Hochtemperaturen . . . . .	78	6.6.1	Bewehrte Mauerwerksbauteile unter Biegung, Biegung und Längskraft oder Längskraft (Abs. 6.6) . . . . .	85
4.5.4	Wärmeausdehnungskoeffizient . . . . .	78	6.6.2	Mauerwerksbauteile unter Schubbelastung (Abs. 6.7) . . . . .	85
4.6	Elektromagnetische Eigenschaften . . . . .	78	6.7	Bewehrte Mauerwerksbauteile (Abs. 7.3) . . . . .	85
4.7	Dynamisches Verhalten . . . . .	78	6.8	Ausbildung der Bewehrung (Abs. 8.2) . . . . .	85
4.8	Bügel . . . . .	78	6.9	Ringanker (Abs. 8.5.1.4) . . . . .	85
4.8.1	Allgemeines . . . . .	78	6.10	Zweischalige Wände (Abs. 8.5.2.2) . . . . .	85
4.8.2	Formen, Biegerollendurchmesser . . . . .	78	7	Referenzprojekte im Mauerwerksbau . . . . .	86
4.8.3	E-Modul . . . . .	79	7.1	Münster Salem . . . . .	86
4.8.4	Zugfestigkeit . . . . .	79	7.2	Stephansdom, Wien . . . . .	86
4.8.5	Verbundeigenschaften der Bügel . . . . .	79			
5	Bemessung glasfaserbewehrter Beton- bauteile nach EC 2 . . . . .	79			
5.1	Anwendungsbereiche . . . . .	79			
5.2	Allgemeines . . . . .	80			

7.3	Sagrada Familia .....	86	8	Ausblick .....	87
7.4	Old Palace Katar .....	86			
7.5	Bam .....	86	9	Literatur .....	88
7.6	Baubiologie .....	87			
<b>IV</b>	<b>Befestigungsmittel für den Mauerwerksbau</b> .....				<b>89</b>
	Michael Müller und Eckehard Scheller, Berlin aktualisiert durch Andreas Kummerow, Berlin				
1	Einleitung – Allgemeines .....	89	3.2.3	Verankerungsgrund .....	107
1.1	Einleitung .....	89	3.2.4	Versuche .....	108
1.2	Allgemeines .....	89	3.2.5	Nutzungskategorien .....	108
1.3	Dübelarten mit Bohrmontage .....	90	3.2.6	Baustellenversuche .....	109
2	Kunststoffdübel mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung .....	91	3.2.7	Europäische technische Zulassungen (ETA) nach ETAG 014 .....	109
2.1	Kunststoffdübel zur Befestigung von Fassadenbekleidungen .....	91	3.2.7.1	Allgemeines .....	109
2.1.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen ..	91	3.2.7.2	fischer Nageldübel PN 8 und CN 8 – Dämmstoffdübel der neusten Generation ..	110
2.1.2	Beschreibung und Wirkungsweise .....	91	3.2.7.3	„Tellerdübel“ mit versenkter Montage ...	110
2.1.3	Anwendungsbereich .....	91	3.2.7.4	Hilti-WDVS-Schraubdübel D 8-FV .....	111
2.1.4	Zulässige Beanspruchungen .....	92	3.2.7.5	KEW-Thermoschlagdübel KEW TSD-V ..	112
2.1.5	Montage und sonstige Hinweise .....	96	3.2.7.6	Sonderlösung: POROTON WDF mit fischer TERMOZ 8 U .....	112
2.2	Kunststoffdübel zur Befestigung von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) ..	98	3.2.8	Anwendungszulassungen, Technical Reports und Änderung der ETAG 014 ...	114
2.3	Kunststoffdübel zur Befestigung von Putzträgerplatten und Wärmedämm- Verbundelementen .....	99	4	Injektionsdübel mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung .....	114
3	Kunststoffdübel mit europäischer technischer Zulassung .....	100	4.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen	114
3.1	ETAG 020 – Leitlinie für Kunststoff- dübel für Verankerungen in Beton und Mauerwerk .....	100	4.2	Beschreibung der Komponenten und Wirkungsweise .....	114
3.1.1	Allgemeines .....	100	4.3	Anwendungsbereich .....	115
3.1.2	Geltungsbereich .....	100	4.4	Zulässige Beanspruchungen .....	115
3.1.3	Abmessungen und Werkstoffe .....	100	4.5	Montage und sonstige Hinweise .....	116
3.1.4	Nutzungskategorien .....	100	4.6	Beispiel für Sonderlösung: fischer Thermax .....	117
3.1.5	Zulassungsversuche allgemein .....	101	5	Injektionsdübel mit europäischer technischer Zulassung .....	118
3.1.6	Zulassungsversuche im Mauerwerk .....	101	5.1	ETAG 029 – Leitlinie für Injektionsdübel zur Verankerung im Mauerwerk .....	118
3.1.7	Anhänge A, B und C .....	102	5.2	Geltungsbereich .....	118
3.1.8	Europäische technische Zulassungen (ETA) nach ETAG 020 .....	102	5.3	Wirkungsweise und Abmessungen .....	118
3.1.8.1	Allgemeines .....	102	5.4	Nutzungskategorien .....	118
3.1.8.2	Verwendungszweck .....	102	5.5	Charakteristische Tragfähigkeitswerte ...	119
3.1.8.3	Merkmale des Produkts und CE-Kenn- zeichnung .....	103	5.6	Anhänge A, B und C .....	119
3.1.8.4	Bemessung – Allgemeines .....	103	6	Weitere Dübel mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung .....	119
3.1.8.5	Besondere Bedingungen bei der Bemessung für Mauerwerk und Poren- beton .....	103	6.1	Porenbetondübel .....	119
3.1.8.6	Einbau des Dübels .....	104	6.1.1	Beschreibung und Wirkungsweise .....	119
3.1.8.7	Vergleich Kunststoffdübel mit abZ und Kunststoffdübel mit ETA nach ETAG 020	105	6.1.2	Anwendungsbereich .....	121
3.2	ETAG 014 – Leitlinie für Kunststoff- dübel zur Befestigung von Wärmedämm- Verbundsystemen .....	107	6.1.3	Zulässige Beanspruchungen .....	121
3.2.1	Allgemeines .....	107	6.1.4	Montage und sonstige Hinweise .....	123
3.2.2	Kunststoffdübel für WDVS .....	107	6.2	Dübel zur nachträglichen Verankerung von Vormauerschalen .....	123
			6.2.1	Allgemeines .....	123
			6.2.2	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen	124

6.2.3	EJOT-Verblend-Sanier-Dübel VSD (Z-21.2-1652) .....	124	7.3.1	Allgemeines .....	129
6.2.4	fischer-Verblendsanieranker VBS 8 (Z-21.3-1737) .....	125	7.3.2	Einzelkonsolen .....	129
6.2.5	Hilti-Mauerwerksvernadelung HIT-MV (Z-21.3-1888) .....	125	7.3.3	Winkelkonsolen .....	131
7	Anker, Konsolen und Schienen .....	125	7.3.4	Einmörtelkonsolen .....	131
7.1	Allgemeines .....	125	7.3.5	Konsolwinkel .....	131
7.2	Anker .....	126	7.3.6	Auflagerwinkel .....	132
7.2.1	Allgemeines .....	126	7.4	Schienen .....	132
7.2.2	Maueranschlussanker .....	127	7.4.1	Allgemeines .....	132
7.2.3	Wandanschlusswinkel .....	128	7.4.2	Maueranschlussschienen .....	132
7.2.4	Mauerverbinder .....	128	7.4.3	Ankerschienen .....	132
7.2.5	Anker zur Verbindung der Mauerwerkschalen von zweischaligen Außenwänden .....	128	7.4.4	Ankerschienen mit Verzahnung .....	134
7.2.6	Attika-Verblendanker .....	128	7.4.5	Ankerschienen für Fertigteilstürze .....	134
7.3	Konsolen .....	129	7.5	Ergänzungsbauteile für Mauerwerk nach DIN EN 845 .....	135
			8	Zusammenfassung – Ausblick .....	135
			9	Literatur .....	135

**B Konstruktion · Bauausführung · Bauwerkserhaltung**

<b>I</b>	<b>Befestigung von Fenstern in Mauerwerk</b> .....	139			
	Jürgen Künzlen, Künzelsau und Eckehard Scheller, Berlin				
1	Einführung .....	139	5.1	Widerstandsfähigkeit bei Windlast .....	154
2	Definition „Fenster“ .....	140	5.1.1	Auswirkung der Windbelastungen bei einflügligen Elementen .....	154
3	Regelwerke .....	141	5.1.2	Auswirkung der Windbelastungen bei einem zweiflügligen Element .....	157
3.1	Anforderungen an die Dübeltechnik .....	141	5.2	Bedienkräfte nach DIN EN 13115 .....	160
3.2	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen .....	141	5.3	Mechanische Festigkeit nach DIN EN 13115 .....	160
3.3	Normenreihe DIN 18008 „Glas im Bauwesen“ .....	141	5.4	Dauerfunktion nach DIN EN 12400 .....	162
3.3.1	Allgemeines .....	141	5.4.1	Prüfung von Fenstern und Fenstertüren ..	163
3.3.2	DIN 18008, Teil 1 und Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen .....	141	5.4.2	Prüfung von Haustüren .....	163
3.3.3	TRAV wird zu DIN 18008, Teil 4 – Regelungen für absturzsichernde Verglasungen .....	142	5.5	Differenzklimaverhalten nach DIN EN 13420 .....	163
3.3.3.1	Allgemeines .....	142	5.6	Stoßfestigkeit nach DIN EN 13049 .....	164
3.3.3.2	Kategorien .....	142	6	Absturzsichernde Verglasungen .....	165
3.3.3.3	Statische Einwirkungen .....	142	7	Abschätzung der Einwirkungen auf die Fensterbefestiger .....	166
3.3.3.4	Stoßartige Einwirkungen .....	143	8	Montage in der Dämmebene .....	169
3.4	Produktnorm DIN EN 14351-1:2010-08 ..	143	9	Montage von Fenstern mit Anforderungen an die Einbruchhemmung .....	171
3.5	DIN 18055: Anforderungen und Empfehlungen an Fenster und Außentüren .....	144	9.1	Allgemeines .....	171
3.5.1	Allgemeines .....	144	9.2	Prüfungen und Verankerungsgründe .....	171
3.5.2	Merkmale, die ein Fenster erfüllen muss ..	144	9.3	Durchgeführte Versuche .....	172
3.5.2.1	Widerstandsfähigkeit bei Windlast .....	144	9.3.1	Versuche nach DIN V ENV 1627 bis 1630:1999-04 .....	172
3.5.2.2	Schlagregendichtheit und Luftdurchlässigkeit .....	149	9.3.1.1	Widerstandsklasse WK 2 .....	172
3.5.2.3	Tragfähigkeit von Sicherheitsvorrichtungen .....	149	9.3.1.2	Widerstandsklasse WK 3 .....	174
3.6	ift-Richtlinie MO-02/1 .....	149	9.3.1.3	Vergleich Versuche in den Klassen WK 2 und WK 3 .....	176
4	Einwirkungen auf ein Fenster .....	150	9.3.2	Versuche nach DIN EN 1627 bis 1630:2011-09 .....	177
5	Prüfung von Befestigern für Fenster am Gesamtsystem .....	150	9.3.2.1	Widerstandsklasse RC 2 .....	177

9.3.2.2	Montage in der Dämmebene . . . . .	179	10	Fazit . . . . .	181
9.4	Montagebescheinigung nach erfolgtem Einbau einbruchhemmender Elemente . . .	180	11	Literatur . . . . .	181
<b>II</b>	<b>Verankerung von Fassadengerüsten</b> . . . . .				183
	Jürgen Künzlen, Künzelsau und Christoph-Ludwig Bügler, Berlin				
1	Lasten und Mechanismen bei einem Fassadengerüst . . . . .	183	2.2.2	DIN 4426: Einrichtungen zur Instand- haltung baulicher Anlagen . . . . .	188
1.1	Grundsätzliches . . . . .	183	2.2.3	Zulassungen für Fassadengerüste . . . . .	189
1.2	Konstruktive Besonderheiten des Gerüstbaus . . . . .	184	2.2.4	Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft .	189
1.3	Baurechtliche Konsequenzen – Regel- ausführungen . . . . .	184	2.2.5	Fachinformation Gerüste für Arbeiten an Fassaden mit Wärmedämm-Verbund- systemen (WDVS) . . . . .	190
1.4	Ankerraster und Ausbildung der Gerüsthalter . . . . .	185	2.3	Temporäre bzw. dauerhafte Verankerung	191
1.5	Horizontale Beanspruchungen der Fassadengerüste und Ankerkräfte . . . . .	186	2.4	Einleitung von Druckkräften . . . . .	192
1.6	Verankerung von Gerüsten an Fassaden mit nicht tragfähigen Aufbauten . . . . .	186	2.5	Montage und Auswahl von Dübeln . . . . .	192
2	Verankerung im Untergrund im Detail . . .	187	2.5.1	Bohren . . . . .	192
2.1	Allgemeines . . . . .	187	2.5.2	Kunststoffdübel . . . . .	193
2.2	Regelungen . . . . .	188	2.5.3	Injektionsdübel . . . . .	195
2.2.1	DIN EN 12811-1: Temporäre Konstruk- tionen für Bauwerke, Teil 1: Arbeits- gerüste . . . . .	188	3	Fazit . . . . .	196
			4	Literatur . . . . .	196
<b>III</b>	<b>Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk Teil 5: Vernadeln, Verankern (Berechnung)</b> . . . .	199			
	Birger Gigla, Lübeck				
1	Einführung . . . . .	199	4.3.4	Umgebendes Steinmaterial . . . . .	214
2	Begriffe . . . . .	199	4.3.5	Vergleich zwischen Verpressankern und Stahlbetonbewehrung . . . . .	218
2.1	Verpressanker im Mauerwerk . . . . .	199	4.3.6	Auflasten . . . . .	219
2.2	Verbundfestigkeit und Ankerwiderstand .	200	4.4	Bemessungswerte der Verbundfestigkeit .	219
2.3	Denkmalschutz und Denkmal- verträglichkeit . . . . .	201	5	Entwurf und Berechnung . . . . .	220
3	Konstruktion von Verpressankern im Mauerwerk . . . . .	202	5.1	Voruntersuchungen . . . . .	220
3.1	Anforderungen . . . . .	202	5.2	Voraussetzungen für die Anwendung von Verpressankern . . . . .	221
3.2	Bohrungen . . . . .	202	5.3	Wahl der Ankergeometrie und des Ankersystems . . . . .	221
3.3	Ankerstäbe . . . . .	202	5.4	Erforderliche Nachweise . . . . .	221
3.4	Korrosionsschutz . . . . .	204	5.5	Bemessungsbeispiele . . . . .	222
3.5	Einbau der Ankerstäbe . . . . .	204	5.5.1	Ankerzugkraft in monolithischem Postaer Sandstein . . . . .	222
3.6	Verpresskörper . . . . .	205	5.5.2	Instandsetzung von Bruchsteinmauer- werk aus Granit . . . . .	223
3.7	Verpressen . . . . .	205	5.5.3	Abdeckung von Schub im Ziegelmauer- werk . . . . .	223
3.8	Weiterentwicklungen und Bauprodukte für Verpressanker . . . . .	206	6	Qualitätssicherung . . . . .	224
4	Bemessung von Verpressankern . . . . .	207	7	Zusammenfassung . . . . .	229
4.1	Stand der Wissenschaft . . . . .	207	8	Literatur . . . . .	230
4.2	Versagensarten . . . . .	210			
4.3	Maßgebende Einflussfaktoren . . . . .	211			
4.3.1	Ankerstab . . . . .	211			
4.3.2	Eigenschaften der Verpresssuspension . .	212			
4.3.3	Druckfestigkeit des Verpresskörpers . . .	214			

<b>IV</b>	<b>Nutzung von Verpressankern zur Ertüchtigung von historischem Mauerwerk</b> . . . . .	231		
	Sebastian Ortlepp, Dresden			
1	Einleitung und Problemstellung . . . . .	231	2.6	Nachweis ertüchtigter Mauerwerksbauteile mit Verpressankern unter Querkraftbeanspruchung in Scheibenebene . . . . .
1.1	Einsatz von Nadeln und Verpressankern zur Ertüchtigung von historischen Mauerwerksbauten . . . . .	231		252
1.1.1	Mauerwerksverbände . . . . .	232	3	Numerische Nachbildung von Schubwänden mit vertikalen Verpressankern . . . . .
1.1.2	Mauerwerksgefüge . . . . .	232		252
1.1.3	Versagensformen von historischem Mauerwerk unter Erdbebenbeanspruchung . . . . .	235	3.1	Allgemeines . . . . .
1.2	Seismische Ertüchtigungsstrategien bei historischen Bauten . . . . .	237	3.2	Untersuchte Modelle . . . . .
1.3	Sanierung von historischem Mauerwerk durch Injektion . . . . .	238	3.3	Mauerwerk ohne vertikale Verpressanker . . . . .
1.4	Verbundwirkung von Verpressankern im Natursteinmauerwerk . . . . .	240	3.3.1	Mauerwerk mit einem vertikalen Verpressanker . . . . .
2	Theoretische Untersuchung zu Verpressankern im Mauerwerk . . . . .	241	3.4	Auswertung der Ergebnisse . . . . .
2.1	Allgemeines . . . . .	241	4	Bemessung von bewehrtem Mauerwerk . . . . .
2.2	Verpressanker im Mauerwerk . . . . .	241	5	Mauerwerk mit vertikalen Verpressankern im Experiment . . . . .
2.3	Kraftübertragung im Verpressanker . . . . .	242	5.1	Versuche zum Verhalten der Verpressanker . . . . .
2.3.1	Krafteinleitung in den Ankerstab . . . . .	242	5.2	Auszugsversuche . . . . .
2.3.2	Krafteinleitung in den Verpresskörper . . . . .	242	5.2.1	Aufbau . . . . .
2.3.3	Versagensarten des Verpressankers . . . . .	242	5.2.2	Versuchskörper . . . . .
2.4	Analytische Beschreibung der Verbundfestigkeit des Verpressankers im Mauerwerk . . . . .	244	5.2.3	Versuchsprogramm . . . . .
2.4.1	Allgemeines . . . . .	244	5.2.4	Statische Ausziehversuche zur Bestimmung der maximalen Ausziehkraft . . . . .
2.4.2	Verbundverhalten zwischen Stahlanker und Injektionsmörtel . . . . .	244	5.2.4.1	Statische Ausziehversuche $D_B = 58$ mm, $\varnothing 16$ mm . . . . .
2.4.3	Verbundverhalten zwischen Injektionsmörtel und Naturstein . . . . .	246	5.2.4.2	Statische Ausziehversuche $D_B = 82$ mm, $\varnothing 28$ mm . . . . .
2.5	Schubfestigkeit von Mauerwerk mit vertikalen Verpressankern . . . . .	248	5.2.5	Einfluss der Bohrloch- und Stabdurchmesser . . . . .
2.5.1	Bruchkriterium I: Klaffen der Lagerfuge . . . . .	250	5.3	Versuche zum Verbundverhalten . . . . .
2.5.2	Bruchkriterium II: Reibungsversagen . . . . .	250	5.3.1	Versuchskörper mit großer Verbundlänge . . . . .
2.5.3	Bruchkriterium III: Steinzugversagen . . . . .	251	6	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .
2.5.4	Bruchkriterium IV: Schub-Druckversagen . . . . .	251	7	Literatur . . . . .
<b>V</b>	<b>Einsatz von Glasfaserbewehrung in historischem Mauerwerk – dargestellt am Beispiel des Wiederaufbaus des erdbebengeschädigten Sistani Hauses in Arg-e-Bam (Iran)</b> . . . . .	269		
	Jörg Braun, Dresden und Toralf Burkert, Weimar			
1	Einführung . . . . .	269	2.1.3.2	Materialien zum Verpressen von Ankern im Lehmmauerwerk . . . . .
2	Sanierung von erdbebengeschädigtem Lehmmauerwerk . . . . .	271	2.1.3.3	Zugversuche an Ankern . . . . .
2.1	Wissenschaftliche und praxisorientierte Voruntersuchungen . . . . .	271	2.1.4	Verpressen von Rissen im Lehmmauerwerk . . . . .
2.1.1	Stand der Forschung . . . . .	272	2.1.4.1	Materialien zum Verpressen von Rissen im Lehmmauerwerk . . . . .
2.1.2	Bohrtechnologien für Ankerlöcher im Lehmmauerwerk . . . . .	273	2.1.4.2	Technologien zum Reinigen und zum Ausfüllen von Rissen . . . . .
2.1.3	Verankerung von Rissen im Lehmmauerwerk . . . . .	274	2.1.5	Ermittlung der Schubfestigkeit von ungeschädigten und sanierten Wänden aus Lehmmauerwerk . . . . .
2.1.3.1	Zuganker für die Rissvernadelung . . . . .	274		289

2.1.6	Schlussfolgerungen aus den umfangreichen Voruntersuchungen .....	291	2.2.4.2	Zuganker der Gurtbögen .....	303
2.1.7	Entwicklung eines optimierten Lehmsteins .....	293	2.2.4.3	Beispiel für die Bemessung des bewehrten Lehm- mauerwerks im Bereich des Ringbalkens .....	305
2.2	Statische Berechnungen und numerische Simulationen .....	294	2.3	Ausführungen vor Ort am Sistani Haus ..	308
2.2.1	Kollaps-Analyse .....	294	2.3.1	Ertüchtigung der noch verbliebenen Ruineteile .....	308
2.2.2	Statische Berechnungen .....	297	2.3.1.1	Stabilisierung der noch verbliebenen Mauerwerksreste .....	308
2.2.3	Grundlagen für eine ingenieurmäßige Bemessung .....	298	2.3.1.2	Einbau der Vertikalanker .....	315
2.2.3.1	Maximale Verankerungskräfte und -längen .....	299	2.3.2	Wiederaufbau der fehlenden Gebäude- struktur .....	316
2.2.4	Beispiele für die ingenieurmäßige Bemessung .....	302	3	Zusammenfassung und Ausblick .....	319
2.2.4.1	Zugverankerung und Schubverdübelung mit dem Boden .....	302	4	Literatur .....	320

## C Bemessung

I	<b>Einführung des Eurocode 6, DIN EN 1996-3 Vereinfachte Berechnungsmethoden – Algorithmen, Erläuterungen und Anwendungsbeispiele</b> .....	325			
	Wolfram Jäger und Carola Hauschild, Dresden				
1	Vorbemerkungen .....	325	6.2	Normalkraftbeanspruchte zweischalige Außenwand mit voll aufliegender Deckenplatte .....	338
2	Anwendungsbedingungen .....	325	6.2.1	Geometrie .....	338
2.1	Vereinfachtes Verfahren .....	325	6.2.2	Überprüfung der Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens .....	338
2.2	Stark vereinfachtes Verfahren nach Anhang A .....	325	6.2.3	Knicklänge .....	338
3	Nachweisformat und Einwirkungskombinationen .....	327	6.2.4	Abminderungsfaktoren .....	339
4	Nachweis nach DIN EN 1996-3 bei zentrischer und exzentrischer Normalkraftbeanspruchung .....	327	6.2.5	Nachweise .....	339
4.1	Charakteristische Druckfestigkeiten von Einsteinmauerwerk nach DIN EN 1996-3/NA, Anhang NA.D .....	328	6.3	Haustrennwände .....	339
4.2	Bestimmung der Knicklänge .....	330	6.3.1	Geometrie .....	339
4.3	Nachweis überwiegend vertikal beanspruchter Wände .....	331	6.3.2	Belastung .....	339
4.4	Teilflächenlasten senkrecht zur Lagerfuge .....	332	6.3.3	Überprüfung der Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens .....	340
4.5	Nachweis von Kellerwänden .....	333	6.3.4	Knicklänge .....	340
5	Nachweis vertikal nicht beanspruchter Wände mit gleichmäßig verteilter horizontaler Bemessungslast .....	335	6.3.5	Abminderungsfaktoren .....	340
6	Beispiele .....	336	6.3.6	Nachweise .....	340
6.1	Normalkraftbeanspruchte Außenwand mit teilweise aufliegender Deckenplatte ..	336	6.4	Normalkraftbeanspruchte Innenwand .....	341
6.1.1	Geometrie .....	336	6.4.1	Geometrie .....	341
6.1.2	Belastung .....	336	6.4.2	Überprüfung der Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens .....	341
6.1.3	Überprüfung der Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens .....	336	6.4.3	Bemessungsschnittgrößen .....	341
6.1.4	Bemessungsschnittgrößen .....	337	6.4.4	Knicklänge .....	341
6.1.5	Knicklänge .....	337	6.4.5	Abminderungsfaktoren .....	341
6.1.6	Abminderungsfaktoren .....	337	6.4.6	Nachweise .....	341
6.1.7	Nachweise .....	337	6.5	Kelleraußenwand .....	342
			6.5.1	Geometrie .....	342
			6.5.2	Annahmen .....	342
			6.5.3	Belastung .....	343
			6.5.4	Nachweis nach DIN EN 1996-3 + NA ..	343
			6.6	Kelleraußenwand mit hoher Erd- anschüttung und geringer Auflast .....	344
			6.6.1	Geometrie .....	344
			6.6.2	Annahmen .....	344
			6.6.3	Belastung .....	344

6.6.4	Nachweis nach DIN EN 1996-3 + NA ..	345	6.7.4.1	Knicknachweis nach dem vereinfachten Verfahren .....	348
6.6.5	Nachweis nach DIN EN 1996-1-1 + NA ..	345	6.7.4.2	Knicknachweis nach dem genaueren Verfahren zum Vergleich .....	349
6.7	Teilflächenbeanspruchung .....	347	7	Verwendete Bezeichnungen .....	350
6.7.1	Geometrie .....	347	8	Literatur .....	351
6.7.2	Bemessungsschnittgrößen .....	347			
6.7.3	Nachweis Teilflächenpressung .....	348			
6.7.4	Weitere Wandnachweise .....	348			
<b>II</b>	<b>Einführung des Eurocode 6, Nachweis von Wänden mit teilweise aufliegender Deckenplatte nach DIN EN 1996-1-1: Algorithmen, Erläuterungen und Anwendungsbeispiele .....</b>				<b>353</b>
	Wolfram Jäger, Stephan Reichel, Tammam Bakeer Dresden				
1	Vorbemerkungen .....	353	5.1.3	Tragwiderstand und Nachweise .....	366
2	Schnittkraftermittlung .....	354	5.1.3.1	Wandmitte für LK 2 .....	366
3	Nachweisführung .....	356	5.1.3.2	Wandfuß für LK 1 .....	367
4	Nachweis nach DIN EN 1996-1-1/NA ..	358	5.2	Wand mit ungleichem Deckenaufleger am Kopf und Fuß .....	367
4.1	Allgemeines Nachweisformat .....	358	5.2.1	Geometrie, Baustoffe und Einwirkungen .....	367
4.2	Schnittkraftermittlung .....	358	5.2.2	Schnittkräfte .....	368
4.3	Bestimmung der Knicklänge .....	362	5.2.2.1	Knicklängen .....	368
5	Beispiele .....	363	5.2.2.2	Lastkombinationen .....	368
5.1	Wand mit gleichem Deckenaufleger am Kopf und Fuß .....	363	5.2.2.3	Biegemomente .....	368
5.1.1	Geometrie, Baustoffe und Einwirkungen ..	363	5.2.2.4	Normalkräfte und Ausmitten .....	370
5.1.2	Schnittkräfte .....	364	5.2.3	Tragwiderstand und Nachweise .....	370
5.1.2.1	Knicklänge .....	364	5.2.3.1	Wandmitte für LK 1 .....	370
5.1.2.2	Lastkombinationen .....	364	5.2.3.2	Wandfuß für LK 1 .....	371
5.1.2.3	Biegemomente .....	364	6	Ausblick .....	371
5.1.2.4	Normalkräfte und Ausmitten .....	366	7	Literatur .....	371
<b>III</b>	<b>Ingenieurmodell zur Tragfähigkeit ohne Verbund vorgespannter Kalksandstein-Mauerwerkswände .....</b>				<b>373</b>
	Odontsetseg Dashkhuu, Hemsbach und Erhard Gunkler, Detmold				
1	Einleitung .....	373	4.1	Wände mit Beanspruchungen durch Einzellasten – Teilmodul SE .....	381
2	Ingenieurmodell zur Tragfähigkeit vorgespannter Mauerwerkswände .....	373	4.2	Biegedruckbeanspruchung vorgespannter Mauerwerkswände – Teilmodul B .....	383
2.1	Konstruktionsmerkmale für vorgespanntes Mauerwerk .....	373	4.3	Scheibenschubbeanspruchung vorgespannter Mauerwerkswände – Teilmodul S .....	386
2.2	Modulare Struktur des Ingenieurmodells ..	373	5	Ergänzende rechnerische Untersuchungen zum Tragverhalten vorgespannter Mauerwerkswände .....	392
3	Werkstoffsignifikante Ausgangsgrößen des Ingenieurmodells – Teilmodul W ...	375	6	Berechnungsmodelle .....	398
3.1	Werkstoffverhalten .....	375	6.1	Normalkraftwiderstand bei Biegedruckbeanspruchung – Modul B .....	398
3.1.1	Mauersteine .....	375	6.2	Querkrafttragfähigkeit in Wandebene – Teilmodul S .....	399
3.1.2	Mauermörtel .....	376	7	Zusammenfassung .....	400
3.1.3	Mauerwerk .....	377	8	Literatur .....	401
3.1.4	Spannstahl .....	380			
3.2	Werkstoffgesetze .....	381			
3.2.1	Einaxial druckbeanspruchtes Mauerwerk ..	381			
3.2.2	Zweiaxial in der Ebene beanspruchtes Mauerwerk .....	381			
3.2.3	Spannstahl .....	381			
4	Experimentelle Untersuchungen an Mauerwerkswänden .....	381			

**D Bauphysik · Brandschutz**

<b>I</b>	<b>Auswirkungen punktförmiger Wärmebrücken bei Verblendmauerwerk – Einflüsse, rechnerische Quantifizierung und Optimierungspotenzial</b> .....	405		
	Frank U. Vogdt, Jan Bredemeyer und Hendrik Keßlau, Berlin			
1	Einführung .....	405	3.2	Ungestörte, ebene Wandflächen .....
2	Grundlagen .....	406	3.2.1	Besonderheit 1: Luftschichten .....
2.1	Wärmetransport .....	406	3.2.2	Besonderheit 2: Luftschichtanker („Drahtanker“) .....
2.1.1	Wärmetransportmechanismen .....	406	3.3	Wärmebrücken (Verblenderkonsolen) .....
2.1.2	Wärmetransport in Feststoffen .....	407	3.3.1	Allgemeines .....
2.1.3	Wärmeübergang und Wärmetransport in Luftschichten .....	407	3.3.2	Energetische Betrachtung .....
2.2	Quantifizierung des Wärmetransports .....	408	3.3.3	Nachweis des Mindestwärmeschutzes .....
2.2.1	Spezifischer Transmissionswärmegängigkeitskoeffizient .....	408	4	Ansatz für ein Bemessungskonzept für Verblenderkonsolen .....
2.2.2	Thermischer Leitwert .....	408	4.1	Vorgehensweise .....
2.3	Wärmebrücken .....	409	4.2	Relevante Parameter .....
2.4	Wärmeschutztechnische Anforderungen .....	410	5	Wärmeschutztechnische Optimierung von Verblenderkonsolen .....
2.4.1	Allgemeines .....	410	5.1	Mögliche Varianten .....
2.4.2	Anforderungen an Wärmebrücken in energetischer Hinsicht .....	410	5.2	Bewertung der Varianten .....
2.4.3	Anforderungen an den Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken .....	411	5.2.1	Auswirkung in energetischer Hinsicht .....
3	Wärmeschutz von zweischaligen Mauerwerkskonstruktionen mit Verblenderschalen .....	411	5.2.2	Auswirkung auf den Mindestwärmeschutz .....
3.1	Allgemeines .....	411	6	Zusammenfassung und Ausblick .....
			7	Literatur .....
<b>II</b>	<b>Einsatz von Vakuumisolationspaneelen (VIP) bei zweischaligem Verblendmauerwerk</b> .....	433		
	Robert Masou, Dresden und Martin Forstner, Neumarkt			
1	Einleitung .....	433	4.2.1	Wandaufbau: Vorwand-Schalenzwischenraum – Hintermauer .....
1.1	Zum Projekt .....	433	4.2.2	Luftschichtanker – Stand der normativen Vorgaben .....
1.2	Problemstellung .....	433	4.2.3	Sichtung geeigneter Ankersysteme .....
1.3	Projektziele .....	434	4.2.3.1	Zum Luftschichtanker DUO .....
1.4	Lösungsansatz, Methode .....	434	4.2.3.2	Zum System Multi-Luftschichtanker Plus .....
1.5	Berichtsinhalte .....	434	4.2.3.3	Zum System ClickBrick .....
2	Vakuumisolationspaneel (VIP) .....	435	4.3	Ausgewählte Aspekte .....
2.1	Einleitung .....	435	4.3.1	Toleranzausgleich .....
2.2	Wirkprinzip und Leistungsrahmen .....	435	4.3.2	Tendenzen beim Schalenabstand .....
2.3	Aufbau und Arten .....	438	4.4	Zeilenförmige bzw. geschosshohe Befestigung .....
3	Anwendung .....	440	4.4.1	Gegenüberstellung der Verankerungsformen .....
3.1	Neubau – Sanierung .....	440	4.4.2	Stand der Technik in der Schweiz .....
3.2	Innendämmung – Außendämmung .....	441	4.5	Stand der Forschung in Deutschland .....
3.3	Verarbeitung .....	441	5	Wärmebrücken bei Luftschichtankern .....
4	Zweischaliges Mauerwerk .....	444	5.1	Wärmebrücken .....
4.1	Konstruktion .....	444	5.2	Punktförmige Wärmebrücken .....
4.1.1	Bauweise .....	444	5.2.1	Näherungsweise Ermittlung nach DIN EN ISO 6946 .....
4.1.2	Begriffe .....	444	5.2.2	Genauere Ermittlung nach DIN EN ISO 10211 .....
4.1.3	Merkmal .....	445		
4.1.4	Konstruktive Grundsätze .....	445		
4.1.5	Stand der Technik .....	445		
4.1.6	Normative Anforderungen .....	446		
4.2	Konstruktive Elemente .....	446		

5.3	Einflussgrößen .....	454	6.1.1	Festlegungen .....	458
5.3.1	Schalenabstand und Wärmeleitfähigkeit .....	454	6.1.2	Varianten .....	459
5.3.2	Wärmeoeffizient und Wärmeleitfähigkeit .....	454	6.1.3	Ergebnisse der Variantenuntersuchung ..	460
5.3.3	Gesamtwärmedurchgangskoeffizient und Wärmeleitfähigkeit .....	455	7	Zusammenfassung .....	466
6	Analyse spezifischer Wärmebrücken im numerischen Modell .....	457	7.1	Bauphysikalische Zusammenhänge .....	466
6.1	Einfluss der Ankeranordnung .....	458	7.2	Rückschlüsse auf die Konstruktion .....	467
			7.3	Fazit .....	470
			8	Literatur .....	470

**E Normen · Zulassungen · Regelwerk**

<b>I</b>	<b>Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 30.9.2013)</b> .....	477			
	Peter Rauh und Immo Feine, Berlin				

1	Vorbemerkung .....	477	2.3	Tragwerksbemessung für den Brandfall ..	478
2	Erläuterungen zur Anwendung des Eurocodes 6: „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“ vor der Bekanntmachung als Technische Baubestimmung ..	478	2.4	Endgültige bauaufsichtliche Einführung des Eurocodes 6 .....	479
2.1	Allgemeines .....	478	2.5	Zur Anwendbarkeit des Eurocode 6 bei der Bemessung von Mauerwerk mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Übergangsregeln) .....	479
2.2	Tragwerksbemessung für allgemeine Lastfälle (Kaltbemessung) .....	478	3	Regelwerk .....	479

<b>II</b>	<b>Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Mauerwerksbau (Stand 31.8.2013)</b> .....	493			
	Wolfram Jäger, Dresden und Roland Hirsch, Berlin				

1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmörtel .....	494	2.1.3	Planverfüllziegel .....	544
1.1	Mauersteine üblichen Formates .....	494	2.1.4	Kalksand-Plansteine .....	547
1.1.1	Mauerziegel .....	494	2.1.5	Porenbeton-Plansteine .....	550
1.1.2	Ziegel mit integrierter Wärmedämmung ..	504	2.1.6	Beton-Plansteine .....	553
1.1.3	Verfüllziegel .....	505	2.1.6.1	Planvollsteine und Planvollblöcke .....	553
1.1.4	Kalksandsteine .....	506	2.1.6.2	Planhohlblocksteine .....	561
1.1.5	Betonsteine .....	507	2.1.6.3	Plansteine aus Leichtbeton mit integrierter Wärmedämmung .....	566
1.1.5.1	Vollsteine und Vollblöcke .....	507	2.2	Planelemente und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	574
1.1.5.2	Hohlblocksteine .....	512	2.2.1	Planziegel-Elemente .....	574
1.1.5.3	Hohlblocksteine mit integrierter Wärmedämmung .....	513	2.2.2	Kalksand-Planelemente .....	575
1.1.6	Sonstige Mauersteine .....	513	2.2.3	Porenbeton-Planelemente .....	581
1.2	Mauersteine größeren Formates .....	514	2.2.4	Beton-Planelemente .....	582
1.2.1	Mauerziegel .....	514	2.3	Wandbauart aus Planelementen in drittel- oder halbgeschosshoher Ausführung .....	584
1.2.2	Betonsteine .....	514	2.4	Weitere Dünnbettmörtel .....	585
1.3	Mauermörtel .....	515	3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel .....	586
1.3.1	Leichtmörtel .....	515	4	Vorgefertigte Wandtafeln .....	588
1.3.2	Sonstige Mörtel .....	515	4.1	Geschosshohe Mauertafeln .....	588
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel .....	515	4.2	drittel- oder halbgeschosshohe Mauertafeln .....	591
2.1	Plansteine üblichen Formates und dafür zugelassene Dünnbettmörtel .....	515	4.3	Verguss- und Verbundtafeln .....	591
2.1.1	Planziegel .....	515	5	Geschosshohe Wandtafeln .....	592
2.1.2	Planziegel mit integrierter Wärmedämmung .....	535			

6	Schalungsstein-Bauarten . . . . .	592	9.3	Stürze . . . . .	596
7	Trockenmauerwerk . . . . .	594	10	Ergänzungsbauteile . . . . .	599
8	Mauerwerk mit PU-Kleber . . . . .	595	10.1	Mauerfuß-Dämmelemente . . . . .	599
9	Bewehrtes Mauerwerk . . . . .	596	10.2	Anker zur Verbindung der Mauerwerks- schalen von zweischaligen Außenwänden	599
9.1	Bewehrung für bewehrtes Mauerwerk . . .	596	10.3	Sonstige Ergänzungselemente . . . . .	601
9.2	Hochlochziegel für bewehrtes Mauer- werk . . . . .	596		Anhang Zulassungsübersicht . . . . .	602

**F Forschung**

**I Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau . . . . . 621**  
Anke Eis und Sebastian Ortlepp, Dresden

1	Abgeschlossene Forschungsvorhaben . . . .	624	2.2.4	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Verwertungsoptionen für rezyklierte Gesteinskörnungen aus Mauerwerk in der Steine- und Erden-Industrie (AiF-Nr.: 17251-N) . . . . .	634
1.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen . . . . .	624	2.2.5	Beschleunigung der Härtereaktionen durch mineralische Kalksandstein-Keime (AiF-Nr.: 16468-N) . . . . .	635
1.2	Kurzberichte . . . . .	625	2.2.6	Entwicklung eines Prüfverfahrens für Huminstoffe – Teil 2 (AiF-Nr.: 17339-N)	636
1.2.1	Biegezugfestigkeit von tragendem Ziegel- mauerwerk . . . . .	625	2.2.7	Optimierung des rheologischen Verhal- tens von Kalk-Sand-Rohmischungen zur Steigerung der Scherbenrohddichte und der Festigkeit von Kalksandsteinen (AiF-Nr.: 17692-N) . . . . .	636
1.2.2	Begleitung der Umstellung der allge- meinen bauaufsichtlichen Zulassungen von Stürzen auf die Eurocodes (DIBt) . . .	626	2.2.8	Kalksandstein-Recycling-Material für den Deponiebau – Methanox II (AiF-Nr.: 16637-N) . . . . .	637
1.2.3	Nachhaltigkeit von Wohngebäuden aus Mauerwerk – Teil I: Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk . . . . .	627	2.2.9	Entwicklung einer Methodik zur ressourcenorientierten Steuerung der Werksprozesse in der Kalksandstein- Industrie (AiF-Nr.: 17544-N) – Numerische Simulation des Produktionsprozesses im Kalksandsteinwerk – Optimierung der Kalksandsteinherstellung . . . . .	637
1.2.4	Nachhaltigkeitsbewertung von Einfamilienhäusern – Ein Beitrag zur Beurteilung und Optimierung der Nachhaltigkeitsqualität von kleinen Wohngebäuden (Dissertation) . . . . .	628	2.2.10	Einsatz von natürlichen Schwermineral- sanden zur Steigerung der Rohddichte von Kalksandsteinen für einen hohen bau- lichen Schallschutz (AiF-Nr.: 17798-N) . .	639
1.2.5	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Nachhaltigkeitsanalyse für das Mauer- werksrecycling . . . . .	629			
2	Laufende Forschungsvorhaben . . . . .	632			
2.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen . . . . .	632			
2.2	Kurzberichte . . . . .	632			
2.2.1	Druckfestigkeit von Mauerwerk . . . . .	632			
2.2.2	Nachhaltigkeit von Wohngebäuden aus Mauerwerk – Teil II: Nachhaltigkeit von Mehrfamilienhäusern aus Mauerwerk	633			
2.2.3	SIM Stoffkreislauf im Mauerwerksbau – Vegetationssubstrate aus rezyklierten Gesteinskörnungen aus Mauerwerk (AiF-Nr.: 17319-N) . . . . .	634			

**Stichwortverzeichnis . . . . . 641**

