

Inhaltsübersicht

A Normen und Baustoffe 1

- A1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk 1
Ulf Schmidt
- A2 Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner Bauartgenehmigung 23
Matthias Bauer, Marvin Christmann und Martin Wilfinger
- A3 Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (deutsche, europäische und internationale Normen), Stand 28.02.2025 71
Valentin Förster
- A4 Bauaufsichtliche Regelungen im Mauerwerksbau 91
Gernot Rodehack und Richard Zander

B Gestaltung und Konstruktion (Neubau) 103

- B1 Klimaausgeglichtes Bauen und Konstruieren mit Mauerwerk 103
Eric Brehm, Matthias Erlenkötter und Marvin Christmann
- B2 Normen im Lehmbau 115
Christof Ziegert und Ulrich Röhlen

C Konstruktive Details (Bauphysik) 131

- C1 Technisches Know-how für die Fassadengestaltung mit Riemchen und Sparverblendern 131
Juliane Nisse

D Mauerwerk im Bestand 151

- D1 Erhaltung von Mauerwerksgewölbebrücken der Bahn 151
Conrad Pelka, Eugen Brühwiler, Thomas Bösche, Enrico Lorenz, Peter Kilian, Stefan Wolf, Rüdiger Burkhardt und Steffen Marx
- D2 Rechnerische Bewertung bestehender Gewölbebrücken unter Schiffsanprall 215
Roger Schlegel und Claus Kunz
- D3 Verankerung von Fassadengerüsten 245
Jürgen H. R. Küenzlen, Christoph-Ludwig Bügler und Eckehard Scheller
- D4 Querlast-Versuche am Bauwerk mit Abstandsmontageschrauben in der Fensterlaibung 263
Eckehard Scheller, Jürgen H. R. Küenzlen und Rainer Becker

E Innovationen im Mauerwerksbau 289

- E1 Vorgehängte hinterlüftete Fassaden mit Keramikelementen – Systemkomponenten, Herstellung und Anwendung 289
Gerd Vaupel und Wolfgang Häußler

F Forschung 315

- F1 Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 315
Franziska Amberger und Philipp Hofmann



Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XV

A Normen und Baustoffe 1

A1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk 1
Ulf Schmidt

1	Einleitung	3	4.1	Allgemeines	10
2	Mauersteine	3	4.2	Haftscherfestigkeit	10
2.1	Festigkeitseigenschaften	3	4.3	Haftzug- und Biegehaftzugfestigkeit	13
2.1.1	Druckfestigkeit in Richtung Steinhöhe	3	5	Mauerwerk	13
2.1.2	Druckfestigkeit in Richtung Steinlänge und Steinbreite	3	5.1	Allgemeines	13
2.1.3	Zug-, Biegezug- und Spaltzugfestigkeit	4	5.2	Druckbeanspruchung senkrecht zur Lagerfuge	13
2.2	Verformungseigenschaften	5	5.2.1	Druckfestigkeit	13
2.2.1	Elastizitätsmodul	5	5.2.2	Verformungseigenschaften	15
2.2.2	Querdehnungsmodul, Querdehnzahl	5	5.3	Druckbeanspruchung parallel zur Lagerfuge	16
2.3	Kapillare Wasseraufnahme	6	5.3.1	Längsdruckfestigkeit	16
3	Mauermörtel	7	5.3.2	Druck-E-Modul (parallel zu den Lagerfugen)	16
3.1	Allgemeines	7	5.4	Zug- und Biegezugbeanspruchung	18
3.2	Festigkeitseigenschaften	7	5.4.1	Zugfestigkeit	18
3.2.1	Prismendruckfestigkeit	7	5.4.2	Zug-E-Modul (Zugbeanspruchung parallel zu den Lagerfugen)	19
3.2.2	Fugendruckfestigkeit	7	5.4.3	Biegezugfestigkeit	20
3.2.3	Zugfestigkeit	8	5.5	Schubbeanspruchung	20
3.3	Verformungseigenschaften	8	5.6	Feuchtedehnung, Kriechen, Wärmedehnung	21
3.3.1	Längsdehnungsmodul (E-Modul)	8		Literatur	21
3.3.2	Querdehnungsmodul	8			
3.3.3	Feuchtedehnung (Schwinden)	10			
4	Verbund zwischen Mauerstein und Mauermörtel	10			

A2 Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner Bauartgenehmigung 23
Matthias Bauer, Marvin Christmann und Martin Wilfinger

	Vorbemerkung	25	2	Mauermörtel und Klebstoffe	33
0	Allgemeines	26	3	Mauertafeln	33
0.1	Gesonderte Regelungen zu Vertikalschlitten	26	4	Mauerwerk aus Mauersteinen mit CE-Kennzeichnung	35
0.2	Gesonderte Regelungen zu Horizontalschlitten und schrägen Schlitten	26	5	Sonstiges Mauerwerk	45
1	Ergänzungsbauteile und Zubehör für Mauerwerk	26		Literatur	68

A3 Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (deutsche, europäische und internationale Normen), Stand 28.02.2025 71
Valentin Förster

1	Vorbemerkung	73		Literatur	90
2	Regelwerk	73			

A4	Bauaufsichtliche Regelungen im Mauerwerksbau	91		
	Gernot Rodehack und Richard Zander			
1	Rechtlicher Rahmen	93	2.3.2	Europäisches Bewertungsdokument (EAD) und Europäische Technische Bewertung (ETA) 96
1.1	Nationale und europäische Bauprodukte in der bisherigen Verwaltungspraxis	93	2.3.3	Nationale Normen (DIN) 96
1.2	Konsequenzen aus dem Urteil des Europäischen Gerichtshofs in der Rechtssache C-100/13	93	2.3.4	Ungeregelte Bauprodukte 96
1.2.1	Musterbauordnung	93	2.4	Übereinstimmungserklärung 97
1.2.2	Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmung	94	2.5	Anwendungsnorm als Bindeglied zwischen Bauart und Bauprodukt 97
2	Regelungen für Bauprodukte und Bauarten	94	2.6	Neue Bauprodukte und Bauarten 97
2.1	Begriffe	94	2.7	Praktische Umsetzung 97
2.2	Bauart	94	3	Weg eines Bauprodukts zur Verwendung 99
2.2.1	Eurocodes	94	3.1	Harmonisierte Norm – ja oder nein 99
2.2.2	Nationale Normen	94	3.2	Europäisch oder national 99
2.2.3	Ungeregelte Bauart	95	3.3	Verwendbarkeit in Deutschland 99
2.3	Bauprodukt	95	3.4	Anwendungsregel 99
2.3.1	Harmonisierte Norm (hEN)	95	4	Neue Baustoffe und Bauprodukte 101
			5	Zusammenfassung 101
				Literatur 102
B	Gestaltung und Konstruktion (Neubau)			
B1	Klimaoptimiertes Bauen und Konstruieren mit Mauerwerk	103		
	Eric Brehm, Matthias Erlenkötter und Marvin Christmann			
1	Einleitung	105	5.6	Zweischalige Außenwände 110
2	Grundlagen des nachhaltigen Bauens	105	5.7	Anwendung zementfreier Mauerwerkssysteme 110
3	Nachhaltigkeit von Mauerwerk	106	6	Bauphysikalische Aspekte und konstruktive Optimierung 111
4	Klimaneutrales Bauen	107	6.1	Wärmeschutz und Energieeffizienz 111
5	Strategien für nachhaltiges Mauerwerk	108	6.2	Feuchteschutz und Diffusionsoffenheit 111
5.1	Verwendung von Recyclingmaterialien	108	6.3	Schalldämmung und Wohnkomfort 112
5.2	Lehmmauerwerk	109	7	Ausblick 112
5.3	Innovative Produkte	109		Literatur 112
5.4	Selektiver Rückbau	110		
5.5	Zirkuläres Bauen / Urban Mining	110		
B2	Normen im Lehmbau	115		
	Christof Ziegert und Ulrich Röhlen			
1	Einleitung	117	3.3	DIN 18945:2024-03 Lehmsteine – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung 120
2	Struktur und bauaufsichtliche Einordnung der Regelwerke im Lehmbau	118	3.4	DIN 18946:2024-03 Lehmmauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung 122
3	Ausgewählte Inhalte der Normen zum Lehmbau	119	3.5	DIN 18947:2024-03 Lehmputzmörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung 123
3.1	DIN 18942-1:2024-03 Lehm- und Lehmputzbaustoffe – Teil 1: Begriffe	119	3.6	DIN 18948:2024-03 Lehmplatten – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung 124
3.2	DIN 18942-100:2018-12 Lehm- und Lehmputzbaustoffe – Teil 100: Konformitätsnachweis	120		

3.7	DIN 18940:2023-06 Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung 125	5	Ausblick 128 Danksagung 128 Literatur 128
4	Konventionelles Mauerwerk mit Lehmdünnbettmörtel 127		
C	Konstruktive Details (Bauphysik) 131		
C1	Technisches Know-how für die Fassadengestaltung mit Riemchen und Sparverblendern 131 Juliane Nisse		
1	Danksagung 133	4	Außenwandkonstruktionen mit Riemchen 141
2	Einleitung und Motivation 133	4.1	Abgrenzung zwischen keramischen Riemchen und Fliesen nach DIN EN 14411 142
3	Außenwandkonstruktionen mit Sparverblendern 134	4.2	Allgemeines 142
3.1	Stand der Normung 134	4.3	Ökologie 146
3.2	Anwendungstechnische Besonderheiten 134	4.4	Ökonomie 147
3.3	Ökologie 135	5	Fazit und Ausblick 147
3.4	Ökonomie 137		Literatur 148
3.4.1	Herstellungs- bzw. Baukosten 137		
3.4.2	Lebenszykluskosten 138		
D	Mauerwerk im Bestand		
D1	Erhaltung von Mauerwerksgewölbebrücken der Bahn 151 Conrad Pelka, Eugen Brühwiler, Thomas Bösch, Enrico Lorenz, Peter Kilian, Stefan Wolf, Rüdiger Burkhardt und Steffen Marx		
1	Einleitung 153	4	Konstruktiver Entwurf von Fahrbahnplatten 180
2	Instandsetzungsplanung für die Weiternutzung von Gewölbebrücken 154	4.1	Fahrbahnplattenausbildung 180
2.1	Einfluss der Geometrie 154	4.2	Fugenausbildung 181
2.2	Einfluss der Einwirkungen 159	4.3	Fahrbahnwannen aus UHFB 182
2.3	Sanierungsmöglichkeiten 162	4.3.1	Einleitung 182
2.3.1	Mauerwerksinstandsetzung 164	4.3.2	Eigenschaften von UHFB und Stahl-UHFB 183
2.3.2	Verankerungen und Vernadelungen 164	4.3.2.1	UHFB 183
2.3.3	Innenabdichtung und Innentragsschalen 164	4.3.2.2	Stahl-UHFB 183
2.3.4	Rückenabdichtungen 165	4.3.3	Grundsätze des Entwurfs 184
2.3.5	Fahrbahnplattenausbildung 166	4.3.4	Ausführung von UHFB-Arbeiten 184
2.4	Fahrbahnplattenbau als häufigste Sanierungsform zur Weiternutzung von Gewölbebrücken 166	4.3.5	Anwendung 1: UHFB-Auskleidung der Betonwanne auf Mauerwerksviadukten 184
2.4.1	Geschichtliche Entwicklung 166	4.3.6	Anwendung 2: UHFB-Wanne auf kurzen Mauerwerksgewölben 186
2.4.2	Feuchte- und Risschäden in Abhängigkeit vom FBP-Bau sowie begleitende Sanierungsmaßnahmen 168	4.3.7	Anwendung 3: UHFB-Trogträger zwischen zwei Widerlagern aus Mauerwerk 187
2.4.3	Details des modernen FBP-Baus 169	4.3.8	Anwendung 4: neuer UHFB-Beton- Verbundtrog auf Mauerwerksviadukten mit hohen baukulturellen Werten 189
3	Arbeitsvorbereitung beim Bauen im Bestand 174	4.3.9	Zusammenfassung und Ausblick 190
3.1	Zuwegungen 174	5	Baubegleitende Maßnahmen 191
3.2	Baustelleneinrichtungsfläche 175	5.1	Bauüberwachung 191
3.3	Rüsten 176	5.1.1	Neubau Fahrbahnplatte 191
3.4	Rückbau der Bogenübermauerung 177	5.1.2	Instandsetzung der Unterbauten 193
3.5	Betriebliche Einschränkungen 177		
3.6	Gleislängsverbau 178		

5.1.2.1	Instandsetzung Ziegelmauerwerk	194	6	Baustellenräumung und Weiternutzung der Bestandsbrücke	205
5.1.2.2	Instandsetzung Natursteinmauerwerk	196	6.1	Befahranlagen zur Instandhaltung	205
5.1.2.3	Instandsetzung Stahlbetonbögen	196	6.2	Instandhaltungsplanung	205
5.2	Wasserhaltung während der Bauausführung	199	6.2.1	Digitale Instandhaltungsplanung am Beispiel	207
5.3	Leit- und Sicherungstechnik, Kommunikationstechnik	200	6.2.2	Sensitivitätsanalyse und Maßnahmenempfehlung	208
5.3.1	Grundlagen	200	6.2.3	Bewertungskonzept	210
5.3.2	Leit- und Sicherungstechnik (LST)	201	6.2.4	Bezug zu weiteren Gewölbebrücken	210
5.3.2.1	Weichen	201	7	Zusammenfassung und Ausblick	211
5.3.2.2	Signale	202		Literatur	212
5.3.2.3	Kabelanlage	203			
5.3.3	Telekommunikationsanlagen (TK-Anlagen)	204			
5.4	Feste Absperrung	205			
D2	Rechnerische Bewertung bestehender Gewölbebrücken unter Schiffsanprall	215			
	Roger Schlegel und Claus Kunz				
1	Einleitung	217	4.3.3	Weitere Materialmodelle	229
2	Einwirkungen	218	5	Bewertung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gegenüber Verkehrslasten	229
2.1	Ständige Einwirkungen	218	6	Dynamische Analyse zum Nachweis gegenüber den Beanspruchungen aus Schiffsstoß	230
2.2	Einwirkungen aus Verkehr	218	6.1	Modalanalyse	231
2.3	Temperatureinwirkungen	218	6.2	Nichtlineare, transient-dynamische Analyse	231
2.4	Einwirkungen aus Schiffsstoß	218	7	Möglichkeiten variationsbasierter und stochastischer Untersuchungen	235
2.4.1	Einführung/Problematik	218	7.1	Grenztraglastuntersuchungen	235
2.4.2	Schiffsstoßkraft-Ermittlung	219	7.2	Parametrische Modellierung	236
2.4.3	Spezielle Schiffsstoßbelastungen für Gewölbebrücken am Main	220	7.2.1	Streuungen der Material- bzw. Widerstandskennwerte und der Einwirkungen aus Schiffsstoß	238
3	Numerische Modellierung von Gewölbebrücken	221	7.2.2	Sensitivitätsanalyse	239
4	Nichtlineare Berechnung	221	7.3	Zuverlässigkeitsanalyse zur Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit gegenüber Schiffsstoß	241
4.1	Sicherheitsformat und nichtlineare Lastgeschichteberechnung	221	8	Zusammenfassung	243
4.2	Nichtlineare Lastgeschichteberechnung	224		Literatur	243
4.3	Nichtlineare Materialmodelle	224			
4.3.1	Elasto-plastisches Materialmodell für Beton	224			
4.3.1.1	Nichtlineares Verformungsverhalten bei Druckbeanspruchung	224			
4.3.1.2	Nichtlineares Verformungsverhalten bei Zug-Rissbildungen	225			
4.3.2	Elasto-plastisches Materialmodell für Mauerwerk	225			
D3	Verankerung von Fassadengerüsten	245			
	Jürgen H. R. Küenzlen, Christoph-Ludwig Bügler und Eckehard Scheller				
1	Lasten und Mechanismen für Fassadengerüste	247	1.5	Horizontale Beanspruchungen der Fassadengerüste und Ankerkräfte	250
1.1	Grundsätzliches	247	1.6	Verankerung von Gerüsten an Fassaden mit nicht tragfähigen Aufbauten	250
1.2	Konstruktive Besonderheiten des Gerüstbaus	247	2	Verankerung im Untergrund im Detail	252
1.3	Baurechtliche Konsequenzen – Regelausführungen	248	2.1	Allgemeines	252
1.4	Ankerraster und Ausbildung der Gerüsthälter	249	2.2	Regelungen	252

2.2.1	DIN EN 12811-1: Temporäre Konstruktionen für Bauwerke – Teil 1: Arbeitsgerüste 252	2.3	Temporäre bzw. dauerhafte Verankerung 256
2.2.2	DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen 252	2.4	Einleitung von Druckkräften 257
2.2.3	Zulassungen für Fassadengerüste 253	2.5	Montage und Auswahl von Dübeln 257
2.2.4	DGUV Information 201-011: Verwendung von Arbeits-, Schutz- und Montagegerüsten der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung 253	2.5.1	Bohren 257
2.2.5	Fachinformation Gerüste für Arbeiten an Fassaden mit Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) 254	2.5.2	Kunststoffdübel 258
		2.5.3	Injektionsdübel 260
		3	Fazit 260
			Literatur 261
D4	Querlast-Versuche am Bauwerk mit Abstandmontageschrauben in der Fensterlaibung 263 Eckehard Scheller, Jürgen H. R. Küenzlen und Rainer Becker		
1	Einleitung 265	5.4.1	Charakteristische Tragfähigkeit 272
2	Ausgangssituation 265	5.4.2	Achs- und Randabstände 272
3	Grundlage und Geltungsbereich 266	5.4.3	Teilsicherheitsbeiwert 272
4	Erteilung der „Zulassung“ abZ/aBG AMO-Y/IV (2024) 267	5.4.4	Fugeneinfluss 272
4.1	Allgemeines 267	5.5	Zusammenfassung 272
4.2	Charakteristische Widerstände einer einzelnen Abstandmontageschraube unter Querbelastung 267	6	Praxisbeispiel: Querlast-Versuche am Bauwerk in der Fensterlaibung mit der Abstandmontageschraube AMO-IV Ø 11,5 mm in Leichtbeton-Vollsteinen 273
4.2.1	Unterscheidung 267	6.1	Einleitung und allgemeine Hinweise 273
4.2.2	Nachweis der Tragfähigkeit 267	6.2	Durchführung und zugehörige Dokumentation der Versuche am Bauwerk 273
4.2.3	Nachweis bei Personenanprall 267	6.2.1	Allgemeine Informationen zum Bauvorhaben 273
4.2.4	Konsequenzen für das Konzept Versuche am Bauwerk 268	6.2.2	Ort der Prüfungen 273
4.3	Randabstände, Fugenabstände, Achsabstände, Bauteildicke 268	6.2.3	Prüfvorrichtung 274
4.4	Verschiebungen 268	6.2.4	Art der zu befestigenden Konstruktion 275
4.5	Fazit aus den Erkenntnissen im Zulassungsverfahren 268	6.2.5	Verankerungsgrund 275
5	Querlast-Versuche am Bauwerk für die Abstandmontageschrauben AMO-Y Ø 11,5 mm und AMO-IV Ø 11,5 mm 269	6.2.6	Name des Produkts 276
5.1	Anwendungsbereich 269	6.2.7	Montage 276
5.1.1	Allgemeines 269	6.2.8	Versuchsergebnisse 277
5.1.2	Begriffe/Verteilung der Verantwortlichkeiten 269	6.2.9	Bemerkungen und Hinweise 279
5.1.3	Anwendungsbedingungen 269	6.3	Zwischenfazit: Aufgabentrennung 279
5.2	Versuche 269	6.4	Auswertung der Versuchsergebnisse 279
5.2.1	Vorbereitung der Versuche 269	6.4.1	Allgemeines 279
5.2.2	Durchführung der Versuche 270	6.4.2	Grundlagen für Querlast-Versuche am Rand 280
5.2.3	Versuchsbericht 271	6.4.3	Ergänzende Fallunterscheidung 280
5.3	Auswertung der Versuche 272	6.4.3.1	Fall 1 280
5.3.1	Bruchversuche bzw. Probelastungen mit der Abstandmontageschraube AMO-Y bzw. AMO-IV Ø 11,5 mm für Nachweis der Tragfähigkeit 272	6.4.3.2	Fall 2 280
5.3.2	Bruchversuche bzw. Probelastungen für Nachweis der Tragfähigkeit bei absturzsichernder Funktion 272	6.4.3.3	Fall 3 281
5.4	Auswertung der Versuche 272	6.4.4	Festlegung des Referenzsteins 281
		6.4.5	Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit $V_{Rk1,Bst}$ aus mindestens fünf Baustellenversuchen (hier $n = 6$ Versuche) 282
		6.4.5.1	Auswertung für Nachweis der Tragfähigkeit 283
		6.4.5.2	Auswertung für Nachweis bei Personenanprall 283

6.4.6	Bestimmung der maßgebenden Tragfähigkeiten für die Bemessung	283	7	Zusammenfassung/Fazit	285
6.4.6.1	Nachweis der Tragfähigkeit	285		Literatur	286
6.4.6.2	Nachweis bei Personenanprall	285			
E Innovationen im Mauerwerksbau					
E1 Vorgehängte Hinterlüftete Fassaden mit Keramikelementen – Systemkomponenten, Herstellung und Anwendung 289					
Gerd Vaupel und Wolfgang Häußler					
1	Vorwort	291	6.6	Brennprozess	299
2	Das System VHF	291	6.7	Vorteile und Möglichkeiten des Extrusionsverfahrens für Fassadenelemente	299
2.1	Aufbau	291	6.8	Fazit und Ausblick auf technologische Entwicklungen	299
2.2	Die Komponenten der VHF	291	7	Trocken gepresste Keramikelemente	300
2.2.1	Fassadenbekleidung	291	7.1	Herstellungsprozess	300
2.2.2	Hinterlüftung	291	7.2	Materialeigenschaften	300
2.2.3	Dämmung	292	7.3	Vorteile des Trockenpressens	300
2.2.4	Unterkonstruktion	292	7.4	Typische Anwendungsbereiche	300
2.2.5	Befestigung	292	7.5	Herausforderungen	300
2.3	Merkmale der VHF	292	8	Riemchen	301
2.3.1	Kälte- und Wärmeschutz	292	8.1	Herstellungsverfahren	301
2.3.2	Regenschutz	292	8.2	Klinkerformate	301
2.3.3	Feuchte- und Tauwasserschutz	293	9	Großflächenkeramik als Fassadenbaustoff	302
2.3.4	Brandschutz	293	10	Stranggepresste Keramikformteile	303
2.3.5	Blitzschutz	293	11	Befestigungsvarianten für die Verwendung von Baukeramiken in der VHF	306
2.3.6	Schallschutz	293	11.1	Befestigungsmethoden	306
3	Geschichte der Fassadenkeramik	293	11.2	Systemgrafiken	307
4	Überblick über die relevanten Normen und Regelwerke für die Verwendung von Baukeramiken in Fassadenanwendungen	294	11.2.1	Handgeformte Fassadenziegel	307
4.1	Allgemeine Verarbeitung in der hinterlüfteten Fassade	294	11.2.2	Stranggepresste Keramikformteile (Variante 1)	307
4.2	Produktnormen	294	11.2.3	Stranggepresste Keramikformteile (Variante 2)	307
4.3	Regelungen der Bauart	295	11.2.4	Stranggepresste Keramikformteile (Variante 3)	307
4.4	Fazit	295	11.2.5	Trocken gepresste Keramikelemente	307
5	Handgeformte Fassadenziegel	295	11.2.6	Riemchen (Variante 1)	307
6	Extrusion – Fertigungsprozess, Möglichkeiten und Vorteile	297	11.2.7	Riemchen (Variante 2)	307
6.1	Einführung in das Extrusionsverfahren für keramische Fassadenelemente	297	12	VHF als Wegbereiter der Klimawende	308
6.2	Rohstoffaufbereitung und Massevorbereitung	297		Literatur	312
6.3	Formgebung durch Extrusion	297			
6.4	Trocknungsprozess	298			
6.5	Glasur und Oberflächenveredelung	298			
F Forschung					
F1 Übersicht über abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 315					
Franziska Amberger und Philipp Hofmann					
	Vorbemerkung	317	1	Laufende Forschungsvorhaben	318
	Forschungsstellen (F) und Forschungszentren (FZ)	317	1.1	Übersicht der Forschungsvorhaben	318
			1.2	Kurzberichte	318

1.2.1	Untersuchung des Schub-Druck-Tragverhaltens von Mauerwerk aus kleinformatigen Ziegelsteinen mit der Einheitszellenmethode 318	2.3.2	Ermittlung von Grundlagen zur Produktion von nachhaltigen Kalksandsteinen mit minimierter CO ₂ -Last 329
1.2.2	Mixed Massive – Konzeption, Konstruktion und Erprobung von Mischmauerwerken aus Lehmstein und Ziegel 321	2.3.3	Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen bei der Autoklavierung von Kalksandsteinen 329
2	Abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben in der Kalksandsteinindustrie 324	2.3.4	Beschleunigte Recarbonatisierung von Kalksandsteinen zur schnellstmöglichen Dekarbonisierung der Kalksandsteinproduktion 330
2.1	Übersicht der Forschungsergebnisse zur Dekarbonisierung der Kalksandsteinindustrie 324	2.3.5	Dekarbonisierung der KS-Produktion durch Erzeugung von CSH-Bindemittelphasen mit geringem CO ₂ -Footprint – Absenkung der Härtetemperatur – Einsatz der In-situ-Röntgendiffraktometrie während der Autoklavierung 332
2.2	Beispiele abgeschlossener Forschungsvorhaben 325	3	Flüssiglehm – Neue Perspektiven für einen traditionellen Baustoff 332
2.2.1	Einsatz natürlicher mineralischer Füller für die Optimierung der Eigenschaften von Kalksandsteinen – Reduzierung der Produktionskosten, des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen 325	3.1	Einführung 332
2.2.2	Einsatz von Füllern aus Kalksandstein-Recycling-Material als Upcycling für Kalksandstein-, Beton- und Asphaltprodukte 326	3.2	Hintergrund 333
2.2.3	Kosteneinsparung und Steigerung der Ressourceneffizienz von Kalksandsteinen durch Ansatz von Druckhaltstufen bei der Hydrothermahlärtung – sog. „Treppenkurven“ 326	3.2.1	Historische Entwicklung 333
2.2.4	Eignung von Sägeschlämmen aus der Fertigung von Kalksandstein-Planelementsystemen als Optimierungszusatz für die Kalksandsteinproduktion 327	3.2.2	Stand der Technik 333
2.2.5	Reduzierung treibhausrelevanter Emissionen bei der Kalksandsteinproduktion durch Ersatz von CO ₂ -intensivem Branntkalk durch Zemente 328	3.2.3	Übertragbares Wissen aus zementbasierten Systemen 335
2.2.6	Produktion von CO ₂ -armen Oko-Mauersteinen durch bindemittelfreie Autoklavierung von RC-Brechsanden 328	3.3	Methodik 336
2.3	Beispiele laufender Forschungsvorhaben 329	3.3.1	Ausbreitmaß 336
2.3.1	Einsatz von calciniertem Ton zur Nutzung bislang ungeeigneter Sande für die Kalksandsteinproduktion – Alkalifänger 329	3.3.2	Druckfestigkeit 337
		3.3.3	Umweltauswirkung 337
		3.3.4	Rezyklierbarkeit 337
		3.4	Ergebnisse der labortechnischen Untersuchungen 337
		3.4.1	Referenzprobe 337
		3.4.2	Melasse, Essigessenz, Metakaolin 337
		3.4.3	Tannin, Natriumhydroxid, Eisen(III)-citrat 339
		3.4.4	Natriumcarbonat 340
		3.5	Praktische Implementierung 340
		3.5.1	Transport 342
		3.5.2	Entladen 342
		3.5.3	Verdichten 342
		3.5.4	Nachbehandlung 343
		3.5.5	Anforderungen an Pumpbarkeit 343
		3.5.6	Gestaltung 343
		3.6	Zusammenfassung und Ausblick 344
		3.6.1	Zusammenfassung 344
		3.6.2	Ausblick 346
			Literatur 346

