

Inhaltsübersicht

A Normen und Baustoffe

- A 1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen,
Mauermörtel und Mauerwerk 1
Michael Raupach, Dorothea Saenger, Bernd Winkels
- A 2 Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher
Zulassung (abZ) bzw. mit allgemeiner Bauartgenehmigung (aBG) 17
Jennifer Gebhardt, Simon Gille
- A 3 Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau
(Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 25.03.2022) 59
Benjamin Purkert

B Gestaltung und Konstruktion (Neubau)

- B 1 Grundlagen zur Bemessung druckbeanspruchten Lehmmauerwerks 79
Maximilian Brinkmann, Philipp Wiehle, Marc Thiele, Carl-Alexander Graubner
- B 2 Normen im Lehmbau 111
Christof Ziegert, Ulrich Röhlen
- B 3 Konservierung von mesopotamischen Lehmsteinbauten in Uruk (Südirak),
der ersten Metropole der Menschheit 127
Jasmine Alia Blaschek, Christof Ziegert

C Konstruktive Details (Bauphysik)

- C 1 Erdbebennachweis von Mauerwerksbauten nach DIN EN 1998-1 153
Christoph Butenweg, Thomas Kubalski, Christoph Gellert, Khaled El-Deib
- C 2 Technische Erweiterung und kulturelle Bedeutung
von Eisenbahngewölbebrücken 191
Conrad Pelka, Johanna Monka, Gregor Schacht, Steffen Marx
- C 3 Brandschutzbemessung von Mauerwerkskonstruktionen nach Eurocode 6 243
Thorsten Mittmann

D Mauerwerk im Bestand

- D 1 Natur und Denkmal: Mauerwerksinstandsetzung im Spannungsfeld
zwischen zwei Erhaltungszielen 257
Christian Kayser

E Innovationen im Mauerwerksbau

- E 1 Digitale Transformation im Bauwesen – Grundlagen zur künstlichen
Intelligenz und deren Anwendung im Wohnungsbau 275
Michael A. Kraus, Mathias Obergrießer

F Forschung

- F 1 Übersicht über laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 309
Jonathan Schmalz, Simon Gille, Jennifer Gebhardt

Ernst & Sohn
A Wiley Brand

nbau

NACHHALTIG BAUEN

Die neue Zeitschrift **nbau**. *Nachhaltig Bauen* bringt die Silos des sektoralen Denkens zum Tanzen. Denn für den Bausektor heißt Nachhaltigkeit ökologisch, sozial und ökonomisch ganzheitlich Planen, Bauen und Betreiben.

- **Das Themenspektrum reicht von Stadt- und Raumplanung, Architektur und den Ingenieurdisziplinen bis hin zu Herstellung, Bauausführung und Facility Management mit all den unterschiedlichen Akteur:innen.**
- **Übergreifende Informationen aus Wissenschaft und angewandter Forschung, Best-Practice-Beispiele, neue Produkte, Methoden und Bewertungsverfahren sowie Anforderungen aus Politik und Verwaltung.**
- **Einzigartiges Netzwerk mit vielfältigem Beirat, Unterstützung durch zahlreiche Verbände, Kammern und Initiativen und Stimmen von Innovationstreibern.**

Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschutz erfordern die Transformation des Bausektors mit Lebenszyklusdenken, Digitalisierung oder CO₂-Reduktion. Die **nbau** ist dafür die ganzheitliche Wissensbasis.



NEUE
ZEITSCHRIFT

6 Ausgaben/Jahr
2. Jahrgang (2023)
Jahresabonnement

Print
ISSN 2750-8382
Online
www.nbau.org

ANGEBOTSPREIS
Online + Print
€ 139*

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.nbau.org

*Alle Preise exklusive MwSt., inklusive Versandkosten. €-Preis gültig bis 31. Dezember 2023

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XIII

A Normen und Baustoffe

A 1 Eigenschaften und Eigenschaftswerte von Mauersteinen, Mauermörtel und Mauerwerk 1 Michael Raupach, Dorothea Saenger, Bernd Winkels

1	Einleitung	3	5.1	Allgemeines	8
2	Mauersteine	3	5.2	Haftscherfestigkeit	8
2.1	Festigkeitseigenschaften	3	5.3	Haftzug- und Biegehaftzugfestigkeit	9
2.1.1	Druckfestigkeit in Steinhöhe	3	6	Mauerwerk	10
2.1.2	Druckfestigkeit in Steinlänge und -breite	3	6.1	Allgemeines	10
2.1.3	Zug- und Spaltzugfestigkeit	3	6.2	Festigkeitseigenschaften	10
2.2	Verformungseigenschaften	4	6.2.1	Druckfestigkeit senkrecht zu den Lagerfugen	10
2.2.1	Elastizitätsmoduln	4	6.2.2	Druckfestigkeit parallel zu den Lagerfugen	11
2.2.2	Querdehnungsmodul, Querdehnzahl	4	6.2.3	Zugfestigkeit	11
2.3	Kapillare Wasseraufnahme	5	6.2.4	Biegezugfestigkeit	13
3	Mauermörtel	6	6.2.5	Schubfestigkeit	13
3.1	Festigkeitseigenschaften	6	6.3	Verformungseigenschaften	14
3.1.1	Druckfestigkeit	6	6.3.1	Elastizitätsmoduln	14
3.1.2	Zugfestigkeit	6	6.3.2	Feuchtedehnung, Kriechen, Wärmedehnung	14
3.2	Längs- und Querdehnungsmoduln	6		Literatur	16
4	Mauermörtel im Mauerwerk	6			
5	Verbund zwischen Mauerstein und Mauermörtel	8			

A 2 Neuentwicklungen im Mauerwerksbau mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) bzw. mit allgemeiner Bauartgenehmigung (aBG) 17 Jennifer Gebhardt, Simon Gille

0	Allgemeines	19	5	Schalungsstein-Bauarten	50
0.1	Gesonderte Regelungen zu Schlitten	20	6	Trockenmauerwerk	50
0.1.1	Vertikalschlitze	20	7	Mauerwerk mit PU-Kleber	50
0.1.2	Horizontalschlitze	20	8	Bewehrtes Mauerwerk	56
0.2	Weitere allgemeine Bestimmungen und Anforderungen	20	9	Ergänzungsbauteile	56
1	Mauerwerk mit Normal- oder Leichtmauermörtel	20	10	Fertigbauteile	56
2	Mauerwerk mit Dünnbettmörtel	20	11	Betonelemente	57
3	Mauerwerk mit Mittelbettmörtel	46		Literatur	57
4	Vorgefertigte Wandtafeln	47			

A 3 Geltende Technische Regeln für den Mauerwerksbau (Deutsche, Europäische und Internationale Normen) (Stand 25.03.2022) 59 Benjamin Purkert

1	Vorbemerkung	61		Literatur	77
2	Regelwerk	62			

VIII Inhaltsverzeichnis

B Gestaltung und Konstruktion (Neubau)

B 1 Grundlagen zur Bemessung druckbeanspruchten Lehm-mauerwerks 79

Maximilian Brinkmann, Philipp Wiehle, Marc Thiele, Carl-Alexander Graubner

1	Einleitung	81	3.2	Materialmodellierung	96
2	Experimentelle Untersuchungen an Lehm-mauerwerk	82	3.3	Numerische Berechnung der Traglast	97
2.1	Einfluss des Feuchtegehalts	82	3.3.1	Modellierungsstrategie	97
2.2	Steine und Mörtel	82	3.3.2	Geometrie	98
2.2.1	Allgemeines	82	3.3.3	Lagerungsbedingungen und Belastung	98
2.2.2	Probekörpervorbereitung und Versuchsdurchführung	83	3.3.4	Diskretisierung	99
2.2.3	Ergebnisse und Auswertung	84	3.4	Analytische Berechnung der Traglast	99
2.3	Lehm-mauerwerk	86	3.5	Validierung der Traglastmodelle	100
2.3.1	Allgemeines	86	3.6	Fazit	101
2.3.2	RILEM-Probekörper	86	4	Bemessung druckbeanspruchten Lehm-mauerwerks auf Basis von DIN EN 1996/NA	102
2.3.2.1	Probekörpervorbereitung und Versuchsdurchführung	86	4.1	Allgemeines	102
2.3.2.2	Ergebnisse und Auswertung der zentrischen Druckversuche	88	4.2	Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept	103
2.3.2.3	Ergebnisse und Auswertung der exzentrischen Druckversuche	90	4.3	Ermittlung der charakteristischen Lehm-mauerwerksdruckfestigkeit	104
2.3.2.4	Ergebnisse und Auswertung der Kriechversuche	90	4.4	Berücksichtigung der bemessungsrelevanten Materialfeuchte	105
2.3.3	Geschosshohe Wände	92	4.5	Vereinfachte Traglastfaktoren auf Basis von DIN EN 1996-3/NA	106
2.3.3.1	Probekörpervorbereitung und Versuchsdurchführung	92	4.6	Fazit	108
2.3.3.2	Ergebnisse und Auswertung	93	5	Zusammenfassung und Ausblick	108
2.4	Zusammenfassung	94	6	Danksagung	109
3	Tragfähigkeit von Lehm-mauerwerk	95		Literatur	109
3.1	Allgemeines	95			

B 2 Normen im Lehm-bau 111

Christof Ziegert, Ulrich Röhlen

1	Einleitung	113	3.4	DIN 18946:2018-12 Lehm-mauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	120
2	Struktur und bauaufsichtliche Einordnung der Regelwerke im Lehm-bau	116	3.5	DIN 18947:2018-12 Lehmputzmörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	120
3	Ausgewählte Inhalte der Normen zum Lehm-bau	117	3.6	DIN 18948:2018-12 Lehmplatten – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	122
3.1	DIN 18942-1:2018-12 Lehm-baustoffe und Lehm-bauprodukte – Teil 1: Begriffe	117	3.7	Entwurf DIN 18940 Tragendes Lehmstein-mauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung	123
3.2	DIN 18942-100:2018-12 Lehm-baustoffe und Lehm-bauprodukte – Teil 100: Konformitätsnachweis	118		Literatur	125
3.3	DIN 18945:2018-12 Lehmsteine – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	118			

B 3	Konservierung von mesopotamischen Lehmsteinbauten in Uruk (Südirak), der ersten Metropole der Menschheit	127		
	Jasmine Alia Blaschek, Christof Ziegert			
1	Einleitung	129	5.2	Eanna-Zikkurat, Westecke
2	Kulturhistorischer Hintergrund der Architekturreste in Uruk	129	5.2.1	Untersuchungen, Konservierungsmaterialien
3	Archäologischer Hintergrund	132	5.2.2	Umsetzung der Notsicherung
4	Entwicklung und Umsetzung einer Erhaltungs- und Ausbildungsstrategie	132	5.3	Anu-Zikkurat, Weißer Tempel
5	Bereits durchgeführte Erhaltungsmaßnahmen	133	5.3.1	Untersuchungen, Konservierungsmaterialien
5.1	Infrastrukturelle Maßnahmen: Wege für Besuchende und die Lorenbahn	133	5.3.2	Notkonservierungskonzept
			5.3.3	Umsetzung der Notsicherung
			6	Ausblick
			7	Danksagung
				Literatur
				151
C	Konstruktive Details (Bauphysik)			
C 1	Erdbebennachweis von Mauerwerksbauten nach DIN EN 1998-1	153		
	Christoph Butenweg, Thomas Kubalski, Christoph Gellert, Khaled El-Deib			
1	Einleitung	155	5.2.1	Grundlagen und Berechnungsablauf
2	Erdbebeneinwirkung: DIN EN 1998-1/NA	155	5.2.2	Ermittlung der Kapazitätskurven für Mauerwerksgebäude
3	Seismisches Verhalten von Mauerwerksbauten	158	5.3	Berücksichtigung von Torsionseffekten
3.1	Versagensformen von tragenden Mauerwerkswänden	158	5.4	Ansatz von Verhaltensbeiwerten für Mauerwerk
3.2	Erdbebenschäden und neue Nachweisansätze	159	5.4.1	Pauschaler Ansatz
3.3	Wand-Decken-Interaktion und Normalkraftumlagerungen	160	5.4.2	Ansatz erhöhter Verhaltensbeiwerte mit Pushover-Analysen
3.4	Berücksichtigung der Wand-Decken-Interaktion	163	5.4.2.1	Verhaltensbeiwert für Verformungsfähigkeit und Energiedissipation
3.5	Ansatz zur Ermittlung der Momentenverteilungsfaktoren	163	5.4.2.2	Verhaltensbeiwerte für Lastumverteilung und Überfestigkeiten
3.6	Bemessung der Stahlbetondecken	167	6	Berechnungsbeispiele
3.7	Verhalten von nichttragenden Trennwänden	167	6.1	Reihenhaus: Nachweis mit konstruktiven Regeln
3.8	Verhalten von Vormauerschalen	169	6.2	Mehrfamilienhaus: Linearer kraftbasierter Ansatz
4	Auslegung mit konstruktiven Regeln	170	6.2.1	Bauwerksbeschreibung und Erdbebeneinwirkung
5	Rechenverfahren	171	6.2.2	Statisches Ersatzsystem
5.1	Lineare kraftbasierte Berechnungen	171	6.2.3	Statische Ersatzlasten
5.1.1	Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren	171	6.2.4	Verteilung der statischen Ersatzlasten auf die Schubwände
5.1.2	Multimodales Antwortspektrenverfahren	172	6.2.5	Standsicherheitsnachweise nach DIN EN 1998-1/NA
5.1.2.1	Berechnung der erforderlichen Schwingformen	172	6.2.5.1	Nachweis mit einem Verhaltensbeiwert von $q = 1,7$
5.1.2.2	Kombination der Schwingformen und Richtungsüberlagerung	172	6.2.5.2	Nachweis mit erhöhten Verhaltensbeiwerten
5.2	Nichtlineare statische Berechnungen	172		

X Inhaltsverzeichnis

6.3	Mehrfamilienhaus: Linearer und nichtlinearer Nachweis	182	6.3.5	Nichtlinearer statischer Nachweis	186
6.3.1	Bauwerksbeschreibung und Erdbeben- einwirkung	182	6.3.6	Nachweis der Trennwände im 3. Obergeschoss	188
6.3.2	Modellierung des Gebäudes	183	6.3.7	Nachweis der Vormauerschale	188
6.3.3	Ansatz von Rahmentragwirkung durch Mitwirkung der Geschossdecken	184	7	Zusammenfassung	188
6.3.4	Nachweis der Schubwände	186		Literatur	188
C 2	Technische Erweiterung und kulturelle Bedeutung von Eisenbahngewölbebrücken				191
Conrad Pelka, Johanna Monka, Gregor Schacht, Steffen Marx					
1	Erhalt von Gewölbebrücken – eine Verpflichtung	193	5.2.3	Halbfertigteilbauweise	214
2	Eisenbahn(gewölbe)brücken	194	5.2.4	Fertigteilbauweise	214
2.1	Zustand und Entwicklung	194	5.3	Anwendungsgrenzen für Fahrbahn- plattensysteme	215
2.2	Gewölbebrücken in Sachsen	195	5.4	Gestaltung von Fahrbahn- plattensystemen	215
2.2.1	Entwicklung der Eisenbahn in Sachsen	195	6	Eine nachhaltige Zukunft mit Gewölbebrücken	216
2.2.2	Entwicklung der Gewölbebrücken	196	6.1	CO ₂ -Bilanzierung	216
2.3	Eisenbahnentwicklung im Stadtgebiet Leipzig	196	6.2	Finanzierungswürdigkeit von historischen Eisenbahngewölbebrücken	217
3	Konstruktion von Eisenbahn- gewölbebrücken	199	7	Beispielbauwerke	218
3.1	Bogenformen	199	7.1	Kornhain B6 (Strecke 6363, km 29,25)	218
3.2	Material der Gewölbebrücken	202	7.2	EÜ Pleißebrücke (Strecke 6362, km 4,563)	221
3.3	Entwicklung der Belastungsmodelle für Eisenbahnbrücken	203	7.3	Viadukt Luppe (Strecke 6380, km 1,525)	225
3.4	Statische Wirksamkeit	205	7.4	Karl-Heine-Kanal (Strecke 6383, km 10,504)	227
4	Typische Schäden bei Gewölbebrücken	206	7.5	An der Parthe (Strecke 6360, km 3,844)	231
4.1	Klassifizierung und Bewertung	206	7.6	Parthe, Flussbrücke (Strecke 6360, km 4,015)	234
4.2	Zustandserfassung bei Eisenbahn- gewölbebrücken	207	8	Analyse zur erhöhten Lebenserwartung ausgewählter Gewölbebrücken in und um Leipzig	236
4.2.1	Visuelle Begutachtung	209	9	Zusammenfassung	236
4.2.2	Strukturelle Analyse	209	10	Potenzial	237
4.2.3	Beurteilung der Tragsicherheit	210		Literatur	239
5	Generalsanierung	211			
5.1	Sanierungsmöglichkeiten bei Gewölbebrücken	211			
5.2	Fahrbahnwannensysteme	213			
5.2.1	Historische Entwicklung	213			
5.2.2	Ortbetonbauweise	213			
C 3	Brandschutzbemessung von Mauerwerkskonstruktionen nach Eurocode 6				243
Thorsten Mittmann					
1	Gesetzliche Grundlagen	245	2.2	Brandverhalten der Baustoffe	247
2	Brandschutztechnische Anforderungen an die Bauteile	245	3	Erläuterungen der Begriffe	248
2.1	Feuerwiderstand von Bauteilen	245	3.1	Nichttragende Wände	248
2.1.1	Europäische Klassifizierung	245	3.2	Tragende Wände	248
2.1.2	Nationale Klassifizierung	246	3.3	Raumabschließende Wände	248
2.1.3	Anwendung der Klassen im bau- aufsichtlichen Verfahren	246	3.4	Nichtraumabschließende Wände	249

4	Nachweise im bauaufsichtlichen Verfahren 249	6.1	Bemessung nach DIN EN 1996-1-2/NA 253
5	Maßgebende Nachweise bei Mauerwerkskonstruktionen 249	6.1.1	Nichttragende Wände 253
5.1	Änderungen durch die Musterbauordnung seit 2016 250	6.1.2	Bemessungsbeispiel: Nichttragende Wand 254
5.2	Änderungen bei den prüftechnischen Nachweisen 250	6.1.3	Tragende Wände 254
5.2.1	Ausnutzungsfaktor α_{fi} 251	6.1.4	Bemessungsbeispiel: Tragende Wand aus Hochlochziegel HLz12, 1,2, Normalmauermörtel NM IIa 254
5.2.2	Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$ 252	6.1.5	Putze 255
5.2.3	Zusammenfassung der Änderungen der Prüfnormen 252	6.1.6	Details 255
5.3	Extrapolationsnormen 252	7	Zusammenfassung 255
6	Brandschutztechnische Bemessung von Mauerwerk 253		Literatur 256
D	Mauerwerk im Bestand		
D 1	Natur und Denkmal: Mauerwerksinstandsetzung im Spannungsfeld zwischen zwei Erhaltungszielen 257		
	Christian Kayser		
1	Allgemeines 259	1.3.1	Ortsfester Besatz 265
1.1	Denkmalgerechte Instandsetzung von historischem Natursteinmauerwerk 259	1.3.1.1	Gehölze: Bäume und Sträucher 265
1.2	Natursteinmauern als Lebensraum 261	1.3.1.2	Rankpflanzen (Efeu) 265
1.2.1	Tiere 261	1.3.1.3	Kleinpflanzen, Moose 266
1.2.1.1	Fledermäuse 261	1.4	Empfehlungen für die Praxis 266
1.2.1.2	Vögel 262	1.4.1	Tiere 267
1.2.1.3	Sonstige Wirbeltiere 262	1.4.1.1	Fledermäuse 267
1.2.1.4	Wirbellose 262	1.4.1.2	Vögel 267
1.2.2	Ortsfester Besatz 263	1.4.1.3	Sonstige Wirbeltiere und Wirbellose 267
1.2.2.1	Gehölze: Bäume und Sträucher auf und an den Mauern 263	1.4.2	Ortsfester Besatz 268
1.2.2.2	Rankpflanzen (Efeu) 263	1.5	Monitoring und Pflege 268
1.2.2.3	Kleinpflanzen auf Maueroberflächen und -kronen 263	2	Fallbeispiel: Zitadelle Mainz 269
1.2.2.4	Moose auf Maueroberflächen 263	2.1	Übersicht 269
1.2.2.5	Flechten 264	2.2	Zielkonflikt Natur- und Denkmalschutz 270
1.3	Mögliche Zielkonflikte zwischen Denkmalschutz und Naturschutz 264	2.3	Konzepte und Maßnahmen 270
			Literatur 273
E	Innovationen im Mauerwerksbau		
E 1	Digitale Transformation im Bauwesen – Grundlagen zur künstlichen Intelligenz und deren Anwendung im Wohnungsbau 275		
	Michael A. Kraus, Mathias Obergrießer		
	Begriffsverzeichnis/Dictionary 277	3	Einführung in die künstliche Intelligenz sowie das maschinelle und tiefe Lernen 283
1	Einleitung und Motivation 281	3.1	Grundlagen zu KI-Algorithmen, Modellen und Daten 283
2	Digitale Transformation als Voraussetzung für den Einsatz von künstlicher Intelligenz – Status quo und aktuelle Trends im Bauwesen 282	3.2	Machine Learning/ Maschinelles Lernen 288

XII Inhaltsverzeichnis

3.3	Deep Learning/Tiefes Lernen	290	5	Potenziale und Zukunftstrends von künstlicher Intelligenz im Mauerwerks- und Wohnungsbau	301
4	Anwendungsbeispiele zum Einsatz von künstlicher Intelligenz im Wohnungsbau	293	5.1	Zukunftstrends für die Methoden der künstlichen Intelligenz	301
4.1	Hintergrundinformationen zu Lebenszyklusphasen von Gebäuden	293	5.2	Zukunftstrends für die Anwendung der künstlichen Intelligenz im Bauwesen	302
4.2	Lebenszyklusphase „Entwurf“	294	6	Fazit und Ausblick	302
4.2.1	Konzeptioneller Entwurf (Raumprogramm und Grundrisse) mit generativer KI	294	6.1	Zusammenfassung	302
4.2.2	KI-basierte Ersatzmodelle zur statischen Bemessung im Wohnungsbau	295	6.2	Epilog	304
4.3	Lebenszyklusphase „Bau und Konstruktion“	298		Literatur	305
4.4	Lebenszyklusphasen „Betrieb und Instandhaltung“	300			

F Forschung

F 1 Übersicht über laufende Forschungsvorhaben im Mauerwerksbau 309
Jonathan Schmalz, Simon Gille, Jennifer Gebhardt

1	Laufende Forschungsvorhaben	315	1.2.5	Entwicklung eines innovativen Ansatzes zur Entkopplung von Ausfachungen und nichttragenden Trennwänden aus Mauerwerk von der Tragstruktur	329
1.1	Übersicht Forschungsprojekte und Forschungsstellen	315	1.2.6	Planziegelmauerwerk – Bestimmung der Eingangswerte für die Bemessung auf Basis von Versuchen: Datenerhebung und Analyse experimenteller Wanddruckversuche	331
1.2	Kurzberichte	315			
1.2.1	Vereinfachtes Nachweisverfahren für wärmedämmendes Ziegelmauerwerk im Brandfall	315			
1.2.2	Aufbaukörnungen aus gipshaltigem Ziegelmauerwerk	317			
1.2.3	Neue Ansätze für die realistische Bemessung von Mauerwerksbauten unter Horizontallasten	324			
1.2.4	Verhalten von Stahlbetonrahmen mit entkoppelten Mauerwerksausfachungen und Öffnungen unter seismischen Einwirkungen	326			

Stichwortverzeichnis 335