

Probekapitel

Mauerwerk-Kalender 2007

Schwerpunkte: Instandsetzung, Ertüchtigung; Eurocode 6

Herausgeber: Wolfram Jäger

Copyright © 2007 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-01867-5

Mauerwerk Kalender

Bemessung
Instandsetzung
Schallschutz



 **Ernst & Sohn**
A Wiley Company

Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Company

III Entwurf für den Nationalen Anhang zur Europäischen Mauerwerksnorm DIN EN 1996-1-1 (EC 6-1-1)

Wolfram Jäger, Dresden

Vorbemerkung

Der Nationale Anhang zu DIN EN 1996-1-1 [1] wird normungstechnisch wie eine eigene Norm behandelt und durchläuft das gewöhnliche Normungsverfahren. Zuständig für den Nationalen Anhang ist der Normenausschuss NA 005-06-01 AA „Arbeitsausschuss Mauerwerksbau (Sp CEN/TC 250/SC 6)“, der die verbindliche Endfassung des Entwurfs erstellt und von dem diese verabschiedet wird.

Der hier erfolgte Abdruck eines ersten Entwurfs ist das Ergebnis eines Forschungsvorhabens, das vom Deutschen Institut für Bautechnik gefördert wird und noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Es wird der Arbeitsstand zum Jahresende 2006 wiedergegeben, der noch nicht den o. g. Arbeitsausschuss passiert hat. Der Abdruck erfolgt, um die Fachöffentlichkeit zu informieren und ihr die Möglichkeit zur rechtzeitigen Stellungnahme zu geben. Es soll damit auch die Möglichkeit zu Vergleichen mit dem nationalen Normungsstand eingeräumt werden. Die Anwendung des hier abgedruckten Entwurfes zusammen mit dem eigentlichen Normtext ist noch nicht gestattet. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass mit Aufnahme der DIN 1053-100:2006-08 [4] in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen, Fassung September 2006, auch die Anwendung der ENV 1996-1-1 [2] zusammen mit dem nationalen Anwendungsdokument nicht mehr erlaubt ist. Es sollte nur eine Norm nach dem neuen Sicherheitskonzept bauaufsichtlich eingeführt sein. Außerdem haben sich einige Dinge in der ENV 1996-1-1 durch die Überarbeitung und Überführung der Vornorm in eine europäische Norm überholt.

Nachfolgend sind die Textpassagen mit den zugehörigen Formeln, so wie sie später einmal im Nationalen Anhang erscheinen werden, abgedruckt. Erläuterungen aus der Sicht des Autors sind grau hinterlegt. Sie erscheinen später *nicht* im Nationalen Anhang.

Im Leitpapier L [14] zur Anwendung der Eurocodes sind Hinweise und Regelungen zum Erstellen der Nationalen Anhänge enthalten, welche im Folgenden kurz wiedergegeben werden.

Der Nationale Anhang kann sowohl spezielle Vorschriften, oder Hinweise auf diese, als auch die Festlegung von Parametern, die vom Eurocode zur nationalen Auswahl offen gelassen wurden, beinhalten.

Im Leitpapier L [14] werden folgende Beispiele aufgeführt:

- Angabe von Werten und/oder Klassen, bei denen die EN 1996-1-1 Alternativen zulässt (konkrete Auswahl oder Auswahl aus einem Wertebereich);
- Angabe eines zu verwendenden Wertes, wenn die EN 1996-1-1 nur ein Symbol vorgibt (empfohlene Werte können in Anmerkungen angegeben sein);
- landesspezifische Daten (z. B. geografische und klimatische Kenngrößen wie Schneekarten);
- anzuwendende Verfahren, insofern alternative Verfahren in der EN angegeben sind.

Darüber hinaus soll der Nationale Anhang auch

- Entscheidungen bezüglich der Anwendung informativer Anhänge enthalten (Übernahme eines informativen Anhangs in einen normativen Status) und
- Verweise auf nicht widersprechende zusätzliche Angaben, die dem Anwender beim Umgang mit dem Eurocode helfen, sind möglich.

Zur Fertigstellung und Einführung wurde im Rahmen der Abstimmung mit den anderen Bauweisen der in Tabelle 1 angegebene Zeitplan festgelegt.

Eine praktische Erprobung ist sinnvoll und notwendig, wie sich gerade jetzt bei der bauaufsichtlichen Einführung der DIN 1053-100 gezeigt hat.

Tabelle 1. Zeitplan EC 6 [23]

Norm-Nr.	Veröffentlichung NA als N-E	Ende Einspruchsfrist zum N-E	Erprobungs- phase	Druckmanuskript für endgültigen NA
DIN EN 1996-1-1/NA 1	01/2008	06/2008	07/2008 bis 07/2010	Anfang 2011
DIN EN 1996-1-2/NA 1	01/2008	06/2008	07/2008 bis 07/2010	Anfang 2011
DIN EN 1996-2/NA 1	01/2008	06/2008	– ¹⁾	Anfang 2011
DIN EN 1996-3/NA 1	07/2008	12/2008	01/2009 bis 01/2011	Mitte 2011

¹⁾ Keine Erprobungsphase erforderlich.

Auftretende Probleme sollten in jedem Falle vor der Einführung geklärt werden, um Turbulenzen zu vermeiden. Eine Phase von 2 Jahren wird für notwendig gehalten.

Über die Entwicklung der EN 1996-1-1 ist ausführlich im Mauerwerk-Kalender bzw. in der Zeitschrift Mauerwerk berichtet worden (vgl. [5–13]).

Vorwort

Diese Vornorm DIN EN 1996-1-1/NA wurde im Spiegelausschuss NA 005-06-01 AA Arbeitsausschuss Mauerwerksbau (Sp CEN/TC 250/SC 6) erstellt (vgl. hierzu die Ausführungen in den Vorbemerkungen).

Sie bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1996-1-1 „Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk“, der in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1 gilt.

Die Europäische Norm EN 1996-1-1 räumt in einer Reihe von Punkten die Festlegung nationaler sicherheitsrelevanter Parameter ein. Diese national festzulegenden Parameter umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen.

Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet.

Einleitung

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind, die die Euro-

codes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter zugrunde liegen.

Dieser Europäische Standard ist Teil von EN 1996, die die folgenden Teile umfasst:

- EN 1996-1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerksbauten.
Anmerkung: Dieser Teil vereinigt ENV 1996-1-1 und ENV 1996-1-3.
- EN 1996-1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall.
- EN 1996-2: Bemessung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk.
- EN 1996-3: Vereinfachte Berechnungsmethoden.

EN 1996-1-1 beschreibt die Prinzipien und Anforderungen an Tragkonstruktionen aus Mauerwerk hinsichtlich der Sicherheit, der Gebrauchsfähigkeit und der Dauerhaftigkeit. Ihr liegt die Methode der Grenzzustände in Verbindung mit der Teilsicherheitsmethode zugrunde.

Die EN 1996-1-1 ist zusammen mit den ENs 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998 und 1999 zur direkten Anwendung für den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von neu zu errichtenden Tragwerken vorgesehen.

EN 1996-1-1 ist vorgesehen zur Anwendung durch:

- die Normenausschüsse für Entwurf, Bemessung und Konstruktion von Tragwerken und damit zusammenhängender Produkte, Prüf- und Ausführungsstandards,
- Auftraggeber (z. B. zur Formulierung ihrer spezifischen Anforderungen an die Zuverlässigkeitsniveaus und die Dauerhaftigkeit),
- Ingenieure, Architekten und Auftragnehmer,
- betreffende Behörden.

1 Anwendungsbereich

Der Eurocode 6 gilt für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauwerken bzw. Teilen davon, die in unbewehrtem, bewehrtem, vorgespanntem oder eingefasstem Mauerwerk ausgeführt werden.

Teil 1-1 des Eurocodes 6 behandelt die allgemeinen Grundlagen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken mit unbewehrtem und bewehrtem Mauerwerk, bei dem die Bewehrung eingesetzt wird, um die Duktilität und die Festigkeit zu gewährleisten oder die Dauerhaftigkeit zu verbessern. Die Grundlagen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von vorgespanntem und von eingefasstem Mauerwerk werden hier bereitgestellt, jedoch keine Anwendungsregeln.

Der Nationale Anhang für EN 1996-1-1 enthält Symbole und einige alternative Methoden, für die national ein Wert oder eine Auswahl angegeben werden muss. Der Nationale Anhang zur EN 1996-1-1 ist nur gültig im Zusammenhang mit der EN 1996-1-1.

Diese Vornorm DIN EN 1996-1-1/NA enthält in Abschnitt 3 die nationalen Festlegungen, die nach folgenden Abschnitten der DIN EN 1996-1-1 möglich sind:

- 2.4.3(1)P Grenzzustand der Tragfähigkeit,
- 2.4.4(1) Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit,
- 3.2.2(1) Festlegungen zu Mauermörtel,
- 3.6.1.2(1) Charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk ohne Randstreifenvermörtelung der Lagerfugen,
- 3.6.2(3), (4) und (6) Charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk,
- 3.6.3(3) Charakteristische Biegefestigkeit von Mauerwerk,
- 3.7.2(2) Elastizitätsmodul,
- 3.7.4(2) Kriechen, Quellen oder Schwinden und Wärmedehnung,
- 4.3.3(3) und (4) Bewehrungsstahl,
- 5.5.1.3(3) Effektive Wanddicke,
- 6.1.2.2(2) Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit und Lastausmitte,
- 8.5.2.2(2) Zweischalige Wände mit Luftschicht und zweischalige Wände mit Vorsatzschale,
- 8.5.2.3(2) Zweischalige Wände ohne Luftschicht.

Diese Festlegungen sind bei Anwendung der DIN EN 1996-1-1 zu beachten; sie ersetzen die in o. g. Punkten angegebenen Empfehlungen.

Darüber hinaus enthält diese Vornorm im Anhang (der hier nicht mit abgedruckt ist) mitgeltende Bestimmungen, die sowohl die DIN EN 1996-1-1 ohne Widerspruch ergänzen, als auch Hinweise auf Erläuterungen zu einzelnen Regeln in DIN EN 1996-1-1 geben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung des Nationalen Anhangs erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte in Bezug genommene Ausgabe (einschließlich aller Änderungen).

- DIN EN 1996-1-1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk.
- DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung.
- DIN EN 1991: Einwirkungen auf Tragwerke.
- DIN EN 1996: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten.
- DIN EN 998-2: Festlegungen für Mörtel.
- DIN V 20 000-412: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken; Teil 412: Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2.

3 Nationale Festlegungen (national festgelegte Parameter)

3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit – Abschnitt 2.4.3 DIN EN 1996-1-1

Zu 2.4.3 (1)P

Die Teilsicherheitsbeiwerte für das Material γ_M sind für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit und in außergewöhnlichen Bemessungssituationen der Tabelle 2 zu entnehmen.

Für bewehrtes Mauerwerk enthält der aktuelle Entwurf zur neuen DIN 1053-3 [15] Abschnitt 5.2.4 für die Verankerung der Bewehrungsstähe $\gamma_M = 1,7$. Analog zu DIN 1045-1 sollte jedoch 1,5 verwendet werden, da ohnehin in der Verbundproblematik eine Verschärfung des Sicherheitsniveaus eingetreten ist.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M wurde anhand von Kurzzeitfestigkeiten kalibriert, Einflüsse infolge einer Langzeitbeanspruchung o. a. sind somit nicht enthalten. Um über den Nationalen Anhang ein vergleichbares Sicherheitsniveau von DIN EN 1996-1-1 bezüglich DIN 1053-100 gewährleisten zu können, sollte der Faktor η zur Berücksichtigung von Langzeitwirkung und weiteren Einflüssen aufgenommen werden. Allerdings ist dabei zwischen einer Dauerbeanspruchung in-

Tabelle 2. Teilsicherheitsbeiwerte für das Material γ_M

Material	Mauerwerk aus	γ_M	
		Bemessungssituation	
		ständig und vorübergehend	außergewöhnlich
A	Steine der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung ^{a)}	$1,5 \cdot \frac{k_0}{\eta}$	$1,3 \cdot \frac{k_0}{\eta}$
B	Steine der Kategorie I und Rezeptmörtel ^{b)}	Wie A	Wie A
C	Steine der Kategorie II ^{a, b, e)}	–	–
D	Verankerung von Bewehrungsstahl	1,5	1,3
E	Bewehrungsstahl und Spannstahl	1,15	
F	Ergänzungsbauteile ^{c, d)}	2,5	
G	Stürze gemäß EN 845-2	– ^{f)}	

Dabei sind:

- k_0 ein Faktor zur Berücksichtigung unterschiedlicher Teilsicherheitsbeiwerte γ_M bei Wänden und „kurzen Wänden“ nach DIN 1053-1: 1996-11, 2.3. Es gilt:
 $k_0 = 1,0$ für Wände
 $k_0 = 1,0$ für „kurze Wände“, die aus einem oder mehreren ungetrennten Steinen oder aus getrennten Steinen mit einem Lochanteil von weniger als 35 % bestehen und nicht durch Schlitze oder Aussparungen geschwächt sind
 $k_0 = 1,25$ für alle anderen „kurzen Wände“
- η ein Faktor zur Berücksichtigung von Langzeitwirkung und weiterer Einflüsse; für eine dauernde Beanspruchung infolge ständiger Einwirkungen gilt $\eta = 0,85$; für andere Beanspruchungsarten darf $\eta = 1,0$ eingesetzt werden

a) Anforderungen an Mörtel nach Eignungsprüfung sind in EN 998-2 angegeben.

b) Anforderungen an Rezeptmörtel sind in EN 998-2 und EN 1996-2 angegeben.

c) Erklärte Werte sind Mittelwerte.

d) Abdichtungen gegen Feuchtigkeit sind ebenfalls mit γ_M abgedeckt.

e) Sofern der Variationskoeffizient der Steine nach Kategorie II nicht größer als 25 % ist.

f) Nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung für Deutschland.

folge ständiger Einwirkungen und anderen Beanspruchungsarten zu unterscheiden. Damit lässt sich die Berücksichtigung des sog. Dauerstandseinflusses z. B. zwischen der Druckfestigkeit und Schubfestigkeit differenzieren.

3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit – Abschnitt 2.4.4 DIN EN 1996-1-1

Zu 2.4.4 (1)

Für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist der Teilsicherheitsbeiwert für das Material $\gamma_M = 1,0$ zu verwenden.

Dem Teilsicherheitsbeiwert für das Material kommt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit eher eine untergeordnete Bedeutung zu. Da in der Mehrzahl der Fälle der Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bereits mit

der Nachweisführung im Grenzzustand der Tragfähigkeit als erfüllt angesehen werden darf, wird nur in seltenen Fällen ein direkter Nachweis erforderlich.

3.3 Festlegungen zu Mauermörtel – Abschnitt 3.2.2 DIN EN 1996-1-1

Zu 3.2.2 (1)

Mörtel wird nach dessen Druckfestigkeit – bezeichnet mit dem Buchstaben M, gefolgt von der Druckfestigkeit in N/mm² klassifiziert. Die Norm DIN EN 1996-1-1 lässt eine Einteilung des Mörtels entsprechend der Druckfestigkeit oder des Mischungsverhältnisses zu. Im jeweiligen Nationalen Anhang dürfen lediglich gleichwertige Mischungsverhältnisse der Bestandteile angegeben werden, die entsprechende M-Werte gewährleisten.

Tabelle 3. Mörteldruckfestigkeiten für die Mörtelkategorien nach EN 998-2 (entsprechend deutscher Anwendungsnorm DIN V 20 000-412)

Druckfestigkeitsklasse nach EN 998-2	Trockenrohdichte kg/m ³	Druckfestigkeit N/mm ²
M 2,5	≥ 1500	1,0
M 5		2,5
M 10		5,0
M 15		10,0
M 30		20,0
M 10	≤ 700	5,0 (LM 21)
M 10	> 700 und ≤ 1000	5,0 (LM 36)
M 15	≥ 1500 ^{a)}	10,0 (DM)

^{a)} Die in Deutschland bisher üblichen und bewährten Dünnbettmörtel nach DIN 1053-1 weisen Trockenrohdichten von 1300 bis 1600 kg/m³ auf; der neu festgelegte Wert von 1500 kg/m³ ist aus technologischer Sicht deshalb nur als Anhaltswert zu verstehen.

Tabelle 4. Mörteldruckfestigkeiten für die Mörtelkategorien nach EN 998-2 bei Verwendung von Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften (entsprechend deutscher Restnorm DIN 18 580)

Druckfestigkeitsklasse nach EN 998-2	Druckfestigkeit N/mm ²
M 1	1,0
M 2,5	2,5
M 5	5,0
M 10	10,0
M 20	20,0
M 5	5,0 (LM 21)
M 5	5,0 (LM 36)
M 10	10,0 (DM)

Eine Zuordnung nach Tabelle 3 (entspricht der „Anwendungsnorm“ DIN V 20 000-412) hat zu erfolgen, wenn Mauermörtel in Deutschland verwendet werden soll, der lediglich die Mindestanforderungen nach EN 998-2 erfüllt.

Wird hingegen Mauermörtel verwendet, der neben den Mindestanforderungen nach EN 998-2 zusätzlich die erhöhten Anforderungen nach DIN V 18 580 erfüllt und das Übereinstimmungszeichen „Ü“ trägt, dann kann die Zuordnung nach Tabelle 4 vorgenommen werden.

In Tabelle 5 sind gleichwertige Mischungsverhältnisse für Normalmörtel als Rezeptmörtel vorgegeben, die entsprechende M-Werte nach der Zuordnung von Tabelle 4 gewährleisten. Es gilt DIN V 18 580.

Um die Diskrepanz zwischen der Gewährleistung des deutschen Sicherheitsniveaus (nach Wegfall der Anwendungsnorm und DIN 1053) und einer wirtschaftlichen Bemessung von Mauerwerk (Restnorm) zu überbrücken, muss nach einer Regelungsmöglichkeit für Deutschland gesucht werden. Es sollte eine vergleichbare Regelung zu DIN 1053-1 gefunden werden, welche weiterhin die Anwendung des Rezeptmauerwerks sichert. Hierfür wird eine Zuordnung der Mörtelklassen nach DIN 1053-1 zu den Mörtelkategorien nach EN 998-2 erforderlich. Dies kann nach den zwei oben angeführten Methoden erfolgen.

Tabelle 5. Mischungsverhältnisse für Normalmörtel mit besonderen Eigenschaften als Rezeptmörtel in Raumteilen nach DIN V 18 580

Mörtelklasse	Luftkalk		Hydraulischer Kalk (HL2)	Hydraulischer Kalk, Putz- und Mauerbinder (MC5)	Zement	Sand ^{a)}
	Kalkteig	Kalkhydrat				
M 1	1					4
		1				3
			1			3
				1		4,5
M 2	1,5				1	8
		2			1	8
					1	8
				1		3
M 2,5		1			1	6
				2	1	8
M 10 M 20 ^{b)}					1	4
					1	4

a) Sand aus natürlichem Gestein, die Werte beziehen sich auf lagerfeuchten Zustand.

b) Für Normalmörtel der Klasse M 20 gilt die gleiche Zusammensetzung wie für die Klasse M 10. Die höhere Festigkeit soll durch die Wahl eines geeigneten Sandes erzielt werden.

3.4 Charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk ohne Randstreifenvermörtelung der Lagerfugen – Abschnitt 3.6.1.2 DIN EN 1996-1-1

Zu 3.6.1.2 (1)

Die charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk ist entsprechend DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 3.6.1.2 (1) (i) zu bestimmen. Es gilt Gl. (1), welche zur Vervollständigung hier noch einmal angegeben wird:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad (1)$$

Dabei sind:

- f_k charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit
- K, α, β Konstanten zur Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit nach Tabelle 6
- f_b normierte Mauersteindruckfestigkeit in Lastrichtung in N/mm^2
- f_m Druckfestigkeit des Mauer Mörtels in N/mm^2

Anwendungsgrenzen von Gl. (1) sind entsprechend der Datenbasis je nach Steingruppe/Mörtelart zu definieren.

Bei der Bestimmung der K-Faktoren und freien Exponenten für den Ansatz der Exponentialgleichung nach Gl. (1) zur Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Zum einen erfolgte eine Auswertung zahlreicher Druckversuche an Mauerwerksprüfkörpern. Dabei wurde auf Basis der Versuchsdaten eine statistische Auswertung vorgenommen. Zum anderen erfolgte eine Bestimmung der Faktoren und freien Exponenten unter Ansatz der nationalen Druckfestigkeitswerte für Mauerwerk nach DIN 1053-1 bzw. DIN 1053-100.

Für die Auswertung der Versuchsdaten sind verschiedene Steingruppenaufteilungen vorgenommen worden. Die zur Verfügung stehenden Daten wurden Versuchsberichten entnommen, die z. T. lange Zeit zurückliegen. Die Einteilung der Steingruppen nach DIN EN 1996-1-1 erfolgte vor allem anhand der Lochanteile und Stegdicken der Mauersteine. Allerdings sind bei den versuchsbegleitenden Materialuntersuchungen lediglich die Gesamtlochanteile der verwendeten Mauersteine verzeichnet worden. Angaben zu den Stegdicken sind nur im begrenzten Umfang enthalten oder müssen anhand von Zeichnungen oder Fotografien der verwendeten Mauersteine abgegriffen werden.

Tabelle 6. Zusammenstellung der Ergebnisse zur Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk auf Basis der Auswertung vorhandener Versuchsdaten, *nur Normsteine*

Kurzbezeichnung	Gesamtlochanteil	n	K_{MW}	$K_{5\%}$	α	β
Z1N	$\leq 25\%$	29	0,62	0,34	0,86	0,07
Z2N	$> 25\%; \leq 55\%$	35	1,20	0,90	0,47	0,32
	a $> 25\%; \leq 40\%$	23	1,71	1,32	0,34	0,41
	b $> 40\%; \leq 55\%$	12	2,24	2,08	0,30	0,14
Z3N	$> 55\%; \leq 60\%$	–	keine Daten in Datenbank			
Z2L	keine Angaben möglich					
Z2LL	$> 30\%; \leq 55\%$	–	keine Daten in Datenbank			
Z2D	$> 40\%; \leq 55\%$	25	*	*	*	–
KS1N	$\leq 25\%$	131	0,88	0,64	0,71	0,18
	a $\leq 5\%$	61	0,96	0,77	0,80	0,05
	b $> 5\%; \leq 25\%$	70	0,562	0,452	0,613	0,492
KS2N	$> 25\%; \leq 50\%$	6	1)			
KS1D	$\leq 10\%$	15	10,91	0,03	0,03	–
KS2D	$> 25\%; \leq 55\%$	21	1,28	0,64	0,64	–
P1N	–	35	0,86	0,73	0,73	0,12
P1LL	keine Angaben möglich					
P1D	–	–	keine Daten in Datenbank			
B1N	$\leq 25\%$	15	1,01	0,84	0,53	0,25
	a $\leq 10\%$	9	1,15	0,92	0,35	0,35
	b $> 10\%; \leq 25\%$	6	1)			
B2N	$> 25\%; \leq 60\%$	23	0,99	0,72	0,73	0,08
B1D	$\leq 5\%$	–	keine Daten in Datenbank			

Dabei sind:

n die Anzahl der ausgewerteten Versuche

K_{MW} der K-Faktor für die Bestimmung der Mittelwertfunktion nach Gl. (1)

$K_{5\%}$ der K-Faktor für die Bestimmung der 5%-Fraktilfunktion nach Gl. (1)

α, β die Exponenten zur Anwendung von Gl. (1)

1) Es verbleiben zu wenige Versuche, um sinnvolle Werte berechnen zu können.

* Datenbasis ergab keine sinnvollen Werte.

Für eine vergleichende Betrachtung erfolgte eine zusätzliche Auswertung der Versuchsdaten, in der ausschließlich Normsteine berücksichtigt wurden (keine Zulassungssteine). Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 6 dargestellt. Hierbei sind jedoch noch die Grenzen der jeweiligen Steingruppen gegenüber Tabelle 3.1 der DIN EN 1996-1-1 zu spezifizieren. Die Basis dazu bilden die nationalen Restnormen für die Mauersteine. Auf den Abdruck der Anwendungsgrenzen wurde hier verzichtet.

Bei einem Ausschluss von nicht sinnvollen Versuchen, Versuchen die keine ausreichenden Angaben zu Lochanteilen, Stegdicken etc. enthalten bzw. bei einer Auswertung nur mit Normsteinen, ergeben sich bei den einzelnen Stein-Mörtel-Kombinationen häufig keine sinnvollen, für eine statistische Auswertung ausreichenden Datenmengen.

Generell kann festgestellt werden, dass die Approximation der tabellarisch vorgegebenen charakteristischen Druckfestigkeitswerte nach DIN 1053-100 durch die Verwendung der Bestimmungsgleichung mit den freien Exponenten nach DIN EN 1996-1-1 keine optimale Bestimmung der Festigkeitswerte ermöglicht. Die verbleibenden Differenzen zwischen den Tabellenwerten und den Funktionswerten der Bestimmungsgleichung sind z. T. beträchtlich. Außerdem lässt diese Variante eine Gruppeneinteilung nach Vorgabe von DIN EN 1996-1-1 nicht zu. Die Übernahme der Tabellen nach DIN 1053-100 in den Nationalen Anhang bietet sich für eine vereinfachte Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk an, nicht jedoch für die Ermittlung der freien Exponenten nach Gl. (1) im Rahmen des genaueren Berechnungsverfahrens.

Eine Optimierung der vorgestellten Ergebnisse ist mithilfe vertiefender Analysen einzelner Mauerstein-Mauermörtel-Kombinationen anzustreben.

Abschließend wird die Verwendung der Tabellen für die charakteristischen Werte f_k der Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Normalmörtel bzw. mit Dünnbett- und Leichtmörtel aus DIN 1053-100 im Nationalen Anhang empfohlen.

3.5 Charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk – Abschnitt 3.6.2 DIN EN 1996-1-1

Zu 3.6.2 (3)

Als oberer Grenzwert der charakteristischen Schubfestigkeit von Mauerwerk mit Normalmörtel, Dünnbettmörtel mit einer Fugendicke von 0,5 bis 3,0 mm oder Leichtmörtel ist der Wert f_{vlt} zu verwenden, vorausgesetzt, es sind alle Fugen vollständig vermörtelt. Hierfür gilt:

$$f_{vk} \leq f_{vlt} \quad (2)$$

Dabei sind:

f_{vk} die charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1, Abschnitt 3.6.2, Gl. (3.5)

f_{vlt} der Grenzwert von f_{vk} nach Gl. (4)

Hier erfolgt die Angabe der Gl. (4) im Normtext mit den jeweiligen Gleichungen und Erläuterungen der Formelzeichen, die in diesem Beitrag des besseren Zusammenhangs wegen und zur Darstellung der vorgeschlagenen Vereinfachungen am Ende des Abschnitts 3.5 abgedruckt sind.

Zu 3.6.2 (4)

Als oberer Grenzwert der charakteristischen Schubfestigkeit von Mauerwerk mit Normalmörtel, Dünnbettmörtel mit einer Fugendicke von 0,5 bis 3,0 mm oder Leichtmörtel und unvermörtelten Stoßfugen, jedoch mit knirsch gestoßenen Stirnflächen der Mauersteine, ist der Wert f_{vlt} zu verwenden. Es gilt:

$$f_{vk} \leq f_{vlt} \quad (3)$$

Dabei sind:

f_{vk} die charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1, Abschnitt 3.6.2, Gl. (3.6)

f_{vlt} der Grenzwert von f_{vk} nach Gl. (4)

Zu 3.6.2 (6)

Die für die Bestimmung der charakteristischen Schubfestigkeit von Mauerwerk anzusetzende Haftscherfestigkeit f_{vk0} (ohne Auflast) ist in Abhängigkeit von der Mörtelart und -klasse nach Tabelle 7 anzunehmen.

Der Bedingung, dass bei unvermörtelten Stoßfugen die entsprechenden Haftscherfestigkeiten zu halbieren sind, wird beim Nachweis nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 3.6.2 (4) mit Gl. (3.6) Rechnung getragen.

Die DIN EN 1996-1-1 ermöglicht über den Grenzwert f_{vlt} , nationale Werte bzw. zusätzliche Gleichungen einzuführen. Es ist somit möglich, eine generelle Anpassung der Schubtragfähigkeit vorzunehmen und auch variable Überbindemaße zu berücksichtigen, da in DIN EN 1996-1-1 großformatige Steine mit Überbindemaßen bis $0,2 \cdot h_u$ zulässig sind.

Tabelle 7. Abgeminderte Haftscherfestigkeiten f_{vk0}

Mörtelart, -gruppe	M 1	M 2,5	M 5,0; LM 21, LM 36	M 10,0; DM	M 20,0
f_{vk0} (N/mm ²) ^{a)}	0,02	0,08	0,18	0,22	0,26

^{a)} Für Mauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen sind die Werte f_{vk0} zu halbieren.

Als vermörtelt gilt in diesem Sinn eine Stoßfuge, wenn etwa die halbe Wanddicke oder mehr vermörtelt ist.

Es wird zur Bestimmung des Grenzwertes der Schubfestigkeit f_{vlt} sowohl für vollständig vermörtelte als auch unvermörtelte Stoßfugen nunmehr Gl. (4) zur Verwendung im Nationalen Anhang vorgeschlagen:

$$f_{vlt} = c \cdot \min \begin{cases} f_{vlt,k} \\ f_{vlt,r} \\ f_{vlt,s} \\ f_{vlt,d} \end{cases} \quad (4)$$

Dabei sind:

c der Schubspannungsverteilungsfaktor für die Wand
 $c = 1,0$ für $h_w/l_w \leq 1$
 $c = 1,5$ für $h_w/l_w \geq 2$
 Zwischenwerte sind zu interpolieren

$f_{vlt,k}$ der Grenzwert der Schubfestigkeit infolge Fugenversagen durch Klaffen nach Gl. (5)

$f_{vlt,r}$ der Grenzwert der Schubfestigkeit infolge Reibungsversagen nach Gl. (6)

$f_{vlt,s}$ der Grenzwert der Schubfestigkeit infolge Steinzugversagen nach Gl. (7)

$f_{vlt,d}$ der Grenzwert der Schubfestigkeit infolge Schubdruckversagen nach Gln. (8) und (9)

Nachfolgend ist die vollständige Lösung für die einzelnen Grenzwerte nach Gl. (4) angegeben.

Die eingerahmten Gleichungen sind für den Normentwurf des Nationalen Anhangs vorgesehen und dienen der Vereinfachung.

Für Fugenversagen durch Klaffen der Lagerfuge gilt:

$$f_{vlt,k} = \max \begin{cases} \frac{(f_t + \sigma_d) \cdot \frac{\ddot{u}}{h_s}}{f_t \cdot (l_s - \ddot{u}) + \sigma_d \cdot l_s} \\ \frac{\ddot{u}}{h_s} \end{cases} \quad (5)$$

Dabei sind:

f_t die charakteristische Haftzugfestigkeit
 $f_t = 0,05 \text{ N/mm}^2$
 für Mauerwerk aus Normal- oder Leichtmörtel
 $f_t = 0,15 \text{ N/mm}^2$
 für Mauerwerk aus Dünnbettmörtel

σ_d die Bemessungsdruckspannung rechtwinklig zur Schubkraft in der betrachteten Querschnittsebene des Bauteils unter der entsprechenden Lastkombination als Mittelwert der Vertikalspannungen im überdrückten Bereich, der den Schubwiderstand gewährleistet

\ddot{u} das Überbindemaß

h_s die Höhe des Mauersteins

l_s die Länge des Mauersteins

Für Reibungsversagen gilt:

$$f_{vlt,r} = \max \begin{cases} \frac{(f_{vk0} + \sigma_d) \cdot \frac{h_s}{l_s - \ddot{u}}}{f_{vk0} \cdot \frac{\ddot{u}}{l_s} + \mu \cdot \sigma_d} \end{cases} \quad (6)$$

Dabei sind:

f_{vk0} die charakteristische Haftscherfestigkeit von Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1

μ der Reibungsbeiwert; für alle Mörtelarten darf 0,6 angenommen werden

Für Steinzugversagen gilt:

$$f_{vlt,s} = \frac{f_{bt,cal}}{F} \left(-\frac{h_s}{2 \cdot F \cdot \ddot{u}} + \sqrt{\left(\frac{h_s}{2 \cdot F \cdot \ddot{u}} \right)^2 + 1 + \frac{\sigma_d}{f_{bt,cal}}} \right) \quad (7)$$

Dabei sind:

$f_{bt,cal}$ der Rechenwert der charakteristischen Steinzugfestigkeit parallel zur Lagerfuge; es darf angenommen werden:

$f_{bt} = 0,025 \cdot f_{bk}$
 für Hohlblocksteine

$f_{bt} = 0,033^1 \cdot f_{bk}$
 für Hochlochsteine und Steine mit Griff-
 löchern oder Griffaschen

$f_{bt} = 0,040 \cdot f_{bk}$
 für Vollsteine ohne Grifflöcher oder Griff-
 taschen

f_{bk} die charakteristische Steindruckfestigkeit (Steinfestigkeitsklasse nach DIN 1053-1)

F der Schubspannungsfaktor für den Stein:

$F = 1,7$
 für Mauerwerk mit einer Lagerfugendicke
 von mind. 12 mm

$F = 2,3$
 in allen anderen Fällen

Das Versagen unter Schub bei hohen Druckspannungen ist i.d.R. aufgrund der Lastkombinatorik nicht maßgebend.

¹⁾ Der Wert 0,033 sollte aus neueren Erkenntnissen heraus durch einen kalkulatorisch ermittelten Wert ersetzt werden. Dieser ist noch zu bestimmen

Für Schubdruckversagen gilt:

für Mauerwerk mit Normal- und Leichtmörtel:

$$f_{vlt,d} = \frac{f_k - \sigma_d}{\sqrt{\left(\frac{h_s}{\ddot{u}}\right)^2 + F^2 \frac{f_k}{f_{bt,cal}}} \quad (8)$$

für Mauerwerk mit Dünnbettmörtel:

$$f_{vlt,d} = (f_k - \sigma_d) \cdot \frac{\ddot{u}}{h_s} \quad (9)$$

Dabei ist:

f_k die charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit

Die Gln. (5) bis (9) gelten für Mauerwerk ohne Stoßfugenvermörtelung. Eine Anwendung für Mauerwerk mit Stoßfugenvermörtelung liefert stets auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse.

3.6 Charakteristische Biegefestigkeit von Mauerwerk – Abschnitt 3.6.3 DIN EN 1996-1-1

Zu 3.6.3 (3)

Die charakteristische Biegezugfestigkeit f_{xk1} mit einer Bruchebene parallel zu den Lagerfugen (Plattenbiegung) darf in tragenden Wänden nicht in Rechnung gestellt werden. Eine Ausnahme gilt nur, wenn Wände aus Planelementen bestehen und lediglich durch zeitweise einwirkende Lasten rechtwinklig zur Oberfläche beansprucht werden (z. B. Wind auf Ausfachungsmauerwerk). In diesem Fall darf der Bemessung eine charakteristische Biegezugfestigkeit in Höhe von $f_{xk1} = 0,2 \text{ N/mm}^2$ zugrunde gelegt werden. Der Ansatz dieser Festigkeit ist für die Bauweise mit Leichtbetonelementen jedoch nicht zulässig. Beim Versagen der Wand darf es nicht zu einem größeren Einsturz oder zum Stabilitätsverlust des ganzen Tragwerkes kommen.

Die charakteristische Biegezugfestigkeit f_{xk2} von Mauerwerk mit der Bruchebene senkrecht zu den Lagerfugen ergibt sich aus dem kleineren der beiden Werte nach den Gln. (10) und (11):

$$f_{xk2} = f_{vk0} \frac{\ddot{u}}{h_{St}} \quad (10)$$

$$f_{xk2} = 0,5 f_{bz} \leq 0,70 \text{ N/mm}^2 \quad (11)$$

Dabei sind:

f_{vk0} die abgeminderte Haftscherfestigkeit nach Tabelle 7

\ddot{u}/h_{St} das Verhältnis von Überbindemaß zur Steinhöhe

f_{bz} die Steinzugfestigkeit; es darf angenommen werden:

$f_{bz} = 0,025 f_{bk}$
für Hohlblocksteine

$f_{bz} = 0,033 f_{bk}$
für Hochlochsteine und Steine mit Grifflöchern oder Griffaschen

$f_{bz} = 0,040 f_{bk}$
für Vollsteine ohne Grifflöcher oder Griffaschen

f_{bk} der charakteristische Wert der Steindruckfestigkeit (Steinfestigkeitsklasse)

Die vorgeschlagenen Formeln beruhen auf dem theoretischen Stand, der auch die Grundlage für DIN 1053-100 ist (vgl. Mann [19] sowie Beitrag F 1, Abschnitt 2.2.25 in diesem Mauerwerk-Kalender). Die Einschränkungen des vorhergehenden Abschnittes zum Ansatz der Biegezugfestigkeit parallel zur Lagerfuge sind sehr konservativ, aber konsensfähig.

3.7 Elastizitätsmodul – Abschnitt 3.7.2 DIN EN 1996-1-1

Zu 3.7.2 (2)

Für die Verformungs- und Schnittkraftermittlung kann der Kurzzeitelastizitätsmodul E von Mauerwerk wie folgt bestimmt werden:

$$E = K_E \cdot f_k \quad (12)$$

Dabei sind:

f_k die charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk

K_E die Kennzahl zur Bestimmung des Kurzzeitelastizitätsmoduls von Mauerwerk nach Tabelle 8

Tabelle 8. Kennzahlen zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Mauerwerk

Mauersteinart	Kennzahl K_E	
	Rechenwert	Wertebereich
Mauerziegel	1100	950 bis 1300
Kalksandsteine	950	800 bis 1300
Leichtbetonsteine	1600	1300 bis 1750
Betonsteine	2400	2000 bis 2700
Porenbetonsteine	800	650 bis 950

Für die Bestimmung der Schnittgrößen, z. B. Knotenmomente, darf vereinfachend der Elastizitätsmodul zu $E = 1000 \cdot f_k$ angenommen werden.

Für den Nachweis der vertikalen Belastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Knicksicherheitsnachweis) wird abweichend davon ein Elastizitätsmodul von $E_0 = 700 \cdot f_k$ zur Verwendung vorgeschlagen.

Hinweis: Der Streubereich ist in Tabelle 8 als Wertebereich angegeben; er kann in Ausnahmefällen noch größer sein. Zum Nachweis von unbewehrtem Mauerwerk unter vertikaler Belastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit gelten die dort angegebenen Werte zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls.

3.8 Kriechen, Quellen oder Schwinden und Wärmedehnung – Abschnitt 3.7.4 DIN EN 1996-1-1

Zu 3.7.4 (2)

Als Rechenwerte für die Verformungseigenschaften (Kriechen, Quellen oder Schwinden und Wärmedehnung) von Mauerwerk dürfen die in Tabelle 9 angegebenen Werte angenommen werden.

Hinweis: Die Verformungseigenschaften der Mauerwerksarten können stark streuen. Der Streubereich ist in Tabelle 9 als Wertebereich angegeben; er kann in Ausnahmefällen noch größer sein.

In den Werten und dem Text wird der derzeitige nationale Stand abgebildet.

Tabelle 9. Kennwerte für Kriechen, Quellen oder Schwinden und Wärmedehnung (Rechenwerte und Wertebereiche)

Mauersteinart	Mauermörtelart	Endkriechzahl ^{a)} ϕ_∞		Endwert der Feuchtedehnung ^{b)} mm/m		Wärmeausdehnungskoeffizient α_t , $10^{-6}/K$	
		Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich	Rechenwert	Wertebereich
Ziegel	NM	1,0	0,5 bis 1,5	0	–0,1 ^{d)} bis +0,3	6	5 bis 7
	LM	2,0	1,0 bis 3,0		–0,1 bis +0,1		
	DM	0,5	–				
Kalksandstein ^{c)}	NM/DM	1,5	1,0 bis 2,0	–0,2	–0,3 bis –0,1	8	7 bis 9
Betonsteine und Betonwerksteine	NM	1,0	–	–0,2	–0,3 bis –0,1	10	8 bis 12
Leichtbetonsteine	NM/DM	2,0	1,5 bis 2,5	–0,4	–0,6 bis –0,2	10; 8 ^{f)}	
	LM			–0,5	–0,6 bis –0,3		
Porenbetonsteine	DM	0,5	0,2 bis 0,7	–0,1	–0,2 bis +0,1	8	7 bis 9
Natursteine	Magmatische Gesteine	e)		+0,1	–0,4 bis +0,7	8	5 bis 9
	Sedimentgesteine					5	2 bis 7
	Metamorphe Gesteine					9	1 bis 18

a) Endkriechzahl $\phi_\infty = \varepsilon_{\infty} / \varepsilon_{el}$, mit ε_{∞} als Endkriechmaß und $\varepsilon_{el} = \sigma/E$.

b) Endwert der Feuchtedehnung ist bei Stauchung negativ und bei Dehnung positiv angeben.

c) Gilt auch für Hüttensteine.

d) Für Mauersteine < 2 DF gilt der Grenzwert –0,2 mm/m.

e) Diese Werte sind normalerweise sehr klein.

f) Für Leichtbeton mit überwiegend Blähton als Zuschlag.

3.9 Bewehrungsstahl – Abschnitt 4.3.3 DIN EN 1996-1-1

Zu 4.3.3 (3)

Die Auswahl von Bewehrungsstahl zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit nach entsprechenden Expositionsclassen ist der folgenden Tabelle 10 zu entnehmen.

Zu 4.3.3 (4)

Beim Einsatz von ungeschütztem Baustahl sollte die Betondeckung den Schutz der Bewehrung sicherstellen. Die Mindestbetondeckung c_{nom} für Bewehrung aus ungeschütztem Baustahl ist entsprechend der Tabelle 10 einzuhalten.

Nach DIN 1045-1:2001-07 [20] sind im Stahlbetonbau nur Betonstähle nach DIN 488 [21] zugelassen. Dementsprechend sind in der deutschen Stahlbetonnorm auch nur Angaben zu Betondeckungen für die dort zugelassenen Stähle enthalten. Der hier abgedruckte Vorschlag folgt dem europäischen Trend.

3.10 Effektive Wanddicke – Abschnitt 5.5.1.3 DIN EN 1996-1-1

Zu 5.5.1.3 (3)

Bei einer zweischaligen Wand mit Luftschicht, deren Schalen mit Mauerankern nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 6.5 verbunden sind, ist die

Tabelle 10. Auswahl von Bewehrungsstahl zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit

Expositionsklasse (Umgebung) ^{a)}	Einbettung in	
	Mörtel	Beton mit $c < c_{nom}$
MX1 (trockene Umgebung)	Ungeschützter Betonstahl ^{b)}	Ungeschützter Betonstahl
MX2.1 (Feuchte ausgesetzt)	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl ^{c)}	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl ^{c)}
MX2.2 (Durchnässung ausgesetzt)	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl ^{c)}
MX3.1 (Feuchte mit Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt)	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl ^{c)}
MX3.2 (Durchnässung mit Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt)	CrNi-Edelstahl (AISI304) oder CrNiMo-Edelstahl (AISI316)	Feuerverzinkter oder beschichteter Betonstahl ^{c)}
MX4 (in Küsten- oder Seewasserumgebung)	CrNiMo-Edelstahl (AISI 316) oder geschützter Betonstahl mit seitlicher Mörteldeckung 30 mm ^{d)}	CrNiMo -Edelstahl (AISI 316)
MX5 (in Umgebung mit angreifenden Chemikalien)	CrNi-Edelstahl (AISI304) oder CrNiMo-Edelstahl (AISI 316) ^{e)}	CrNi-Edelstahl (AISI 304) oder CrNiMo-Edelstahl (AISI 316) ^{e)}

^{a)} Expositionsclassen nach EN 1996-2.

^{b)} Für die Innenschale von mehrschaligen Außenwänden, die voraussichtlich feucht werden kann, sollte dick verzinkter Baustahl oder, wie in Fußnote c) beschrieben, mit gleichwertigem Schutz versehener Baustahl eingesetzt werden.

^{c)} Baustahl sollte mindestens mit einer Schichtdicke von 900 g/m² verzinkt werden oder mit einer Schichtdicke von 60 g/m² Zink und mit einer fest haftenden Epoxidharzbeschichtung mit einer Mindestdicke von 80 µm und einem Mittelwert von 100 µm Dicke versehen werden (siehe auch Abschnitt 3.4 in DIN EN 1996-1-1).

^{d)} Als Mörtel sollte Normalmörtel oder Dünnbettmörtel mit der Druckfestigkeitsklasse M4 verwendet werden. Die seitliche Mörteldeckung sollte auf 30 mm erhöht und das Mauerwerk mit Putzmörtel nach EN 998-1 verputzt werden.

^{e)} Bei der Planung eines Projektes sollte berücksichtigt werden, dass austenitischer nichtrostender Stahl für den Einsatz in aggressiver Umgebung nicht geeignet sein kann.

Tabelle 11. Mindestbetondeckung c_{nom} für Bewehrung aus Baustahl

Expositions- klasse	c_{nom} [mm]	min. Zementgehalt [kg/m ³]	max. w/z-Wert
MX1	20	240	0,75
MX2	40	280	0,60
MX3	40	280	0,60
MX4	55	320	0,45
MX5	55	320	0,45

effektive Wanddicke t_{ef} nach DIN EN 1996-1-1, Gl. (5.11) unter Berücksichtigung des Faktors $k_{\text{tef}} = 0$ zu bestimmen. D. h., die effektive Wanddicke entspricht generell der Dicke der inneren, tragenden Schale ($t_{\text{ef}} = t_2$).

In anderen Ländern wird die Verblendschale mit zur Aussteifung der eigentlichen Tragschale herangezogen, was allerdings in Deutschland nicht üblich ist. Daran soll auch zukünftig festgehalten werden.

3.11 Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit und Lastausmitte – Abschnitt 6.1.2.2 DIN EN 1996-1-1

Zu 6.1.2.2 (2)

Für Wände mit Schlankheiten von λ_c oder geringer darf die Ausmitte infolge Kriechens e_k gleich Null gesetzt werden. Der Grenzwert λ_c kann in Abhängigkeit von der Endkriechzahl des Mauerwerks ϕ_∞ aus Tabelle 12 abgelesen werden. Die Endkriechzahlen entsprechen den jeweiligen Rechenwerten nach Tabelle 9.

Die in Tabelle 12 angegebenen Grenzwerte der Schlankheit λ_c wurden auf Basis der Differenzen der Abminderungsfaktoren Φ_m ermittelt. Grund-

Tabelle 12. Grenzschlankheiten λ_c in Abhängigkeit von den Endkriechzahlen

Endkriechzahl ϕ_∞ (Rechenwert)	Grenzschlankheit λ_c
0,5	20
1,0	15
1,5	12
2,0	10

lage bildet hierfür der Ansatz einer Lastexzentrizität von $e_{m0}/t = 0,2$ in Wandmitte. Es wird der Schlankheitswert als Grenzwert gewählt, bei dem die Differenz des Abminderungsfaktors zwischen der Berechnung ohne und mit Kriecheinfluss weniger als 10 % beträgt. Je nach Größe der Endkriechzahl können somit unterschiedliche Grenzschlankheiten angegeben werden.

3.12 Zweischalige Wände mit Luftsicht und zweischalige Wände mit Vorsatzschale – Abschnitt 8.5.2.2 DIN EN 1996-1-1

Zu 8.5.2.2 (2)

Die Mindestanzahl n_{min} und Durchmesser der Maueranker oder -verbinder je m² Wandfläche von zweischaligen Wänden mit Luftsicht bzw. zweischaligen Wänden mit Vorsatzschale sind nach Tabelle 13 einzuhalten.

Die Anordnung der Drahtanker hat flächig verteilt zu erfolgen. An allen freien Rändern (von Öffnungen, an Gebäudeecken, entlang von Dehnungsfugen und an oberen Enden der Außenschalen) sind zusätzlich zu n_{min} nach Tabelle 13 drei Drahtanker je m Randlänge anzuordnen.

Werden Drahtanker in Leichtmörtel eingebettet, so ist dafür Leichtmörtel mit einer Trockenrohddichte von $800 < \rho_d \leq 1500 \text{ kg/m}^3$ (LM 36) erforderlich. Drahtanker in Leichtmörtel mit einer Trockenrohddichte von $600 \leq \rho_d < 800 \text{ kg/m}^3$ (LM 21) bedürfen einer anderen Verankerungsart.

Andere Verankerungsarten der Drahtanker sind zulässig, wenn durch Prüfzeugnis nachgewiesen wird, dass diese Verankerungsart eine Zug- und Druckkraft von mindestens 1 kN bei 1,0 mm Schlupf je Drahtanker aufnehmen kann. Wird einer dieser Werte nicht erreicht, so ist die Anzahl der Drahtanker entsprechend zu erhöhen.

Die Drahtanker sind unter Beachtung ihrer statischen Wirksamkeit so auszuführen, dass sie keine Feuchte von der Außen- zur Innenschale leiten können (z. B. Aufschieben einer Kunststoffscheibe).

Andere Ankerformen (z. B. Flachstahlanker) und Dübel im Mauerwerk sind zulässig, wenn deren Brauchbarkeit nach den bauaufsichtlichen Vorschriften nachgewiesen ist, z. B. durch eine allgemeine europäische (derzeit nationale bauaufsichtliche) Zulassung.

Bei nichtflächiger Verankerung der Außenschale, z. B. linienförmig oder nur in Höhe der Decken, ist ihre Standsicherheit nachzuweisen.

Tabelle 13. Mindestanzahl n_{tmin} und Durchmesser von Drahtankern je m^2 Wandfläche

Zeile		Drahtanker	
		Mindestanzahl n_{tmin}	Durchmesser mm
1	Mindestens, sofern nicht Zeile 2 oder 3 maßgebend wird	5	3
2	Wandbereich höher als 12 m über Gelände oder Abstand der Mauerwerksschalen über 70 bis 120 mm	5	4
3	Abstand der Mauerwerksschalen über 120 bis 150 mm	7 oder 5	4 5

Bei gekrümmten Mauerwerksschalen sind Art, Anordnung und Anzahl der Anker unter Berücksichtigung der Verformung festzulegen.

Zu diesem Punkt offenbaren sich derzeit noch Diskrepanzen zwischen europäischer Auffassung und in Deutschland üblicher Praxis. Nach der europäischen Norm [22] sind für Wandanker Tragfähigkeiten anzugeben. Die Ermittlung soll durch Versuche erfolgen, wobei es derzeit Auffassungsunterschiede zu den Versuchsbedingungen gibt, wie z. B. der Vorschreibung eines maximal zugelassenen Schlupfes.

In Deutschland ist die Prüfung und die Angabe der Ankerkraft für die o. g. Anker nicht erforderlich, sofern alle Bedingungen nach DIN 1053-1: 1996-11 [3] eingehalten sind. Der Abdruck dieser Bedingungen im Nationalen Anhang fand im SC 6 keine Zustimmung. Gegebenenfalls ist dann unter diesem Abschnitt auf eine national verbleibende Restregelung zu verweisen.

3.13 Zweischalige Wände ohne Luftschicht – Abschnitt 8.5.2.3 DIN EN 1996-1-1

Zu: 8.5.2.3 (2)

Die Mindestanzahl und Durchmesser der Maueranker oder -verbinder je m^2 Wandfläche von zweischaligen Wänden ohne Luftschicht entsprechen denen für zweischalige Wände mit Luftschicht. Entsprechende Werte sind der Tabelle 13 zu entnehmen. Die zu dieser Tabelle gegebenen Hinweise und Forderungen zur Verankerung sind ebenfalls zu beachten (Abschnitt 3.12).

3.14 Anhang A (informativ) Berücksichtigung von Teilsicherheitsfaktoren in Bezug auf die Ausführung

Auf eine Verbindung zwischen der Auswahl des Teilsicherheitsbeiwertes für das Material entsprechend Abschn. 3.1 und einer Ausführungs-

kontrolle entsprechend Anhang A von DIN EN 1996-1-1 wird verzichtet.

Der Anhang A wird daher im Nationalen Anhang von DIN EN 1996-1-1 entfallen.

3.15 Anhang B (informativ) Berechnung der Ausmitte eines Stabilisierungskerns

Sofern die Bedingungen nach Abschnitt 5.4 von DIN EN 1996-1-1 nicht erfüllt sind, kann die Ausmitte eines Stabilisierungskerns nach Anhang B von DIN EN 1996-1-1 berechnet werden.

Bisher ist in den nationalen Normen für den Mauerwerksbau keine Methode zur Berechnung der Verformungen des Tragwerks enthalten. Erst mit der Überarbeitung von DIN 1053-1 soll in einer neuen Normversion eine genauere Behandlung der Gebäudeaussteifung auch für den Mauerwerksbau erarbeitet werden. Allerdings sind hierfür umfangreiche Parameterstudien an typischen Gebäuden des Mauerwerksbaus erforderlich.

Für den Nationalen Anhang von DIN EN 1996-1-1 wird daher vorgeschlagen, den Anhang B als informativen Anhang zu streichen. Um den Verweis in Abschnitt 5.5.1.1 von DIN EN 1996-1-1 auf den Anhang B erhalten zu können, sollte im Anhang B des Nationalen Anhangs darauf hingewiesen werden, dass die entsprechende Ausmitte durch ein geeignetes Verfahren bzw. Modell bestimmt werden darf.

3.16 Anhang C (informativ) Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Lastausmitte bei Wänden

Das Tragverhalten des Wand-Decken-Knotens ist in Deutschland zuvor nicht ausführlich analysiert worden. Die Ermittlung der Biegemomente am Wand-Decken-Knoten wurde daher in zwei grundlegenden Forschungsarbeiten [16, 17] unter-

sucht. In [16] standen dabei vor allem Wand-Decken-Knoten mit voll aufliegender Deckenplatte im Vordergrund der Analysen. Die Thematik einer nur teilweise aufliegenden Deckenplatte war Thema des zweiten Forschungsprojektes [17]. Beide Forschungsarbeiten widmeten sich einer möglichst wirklichkeitsnahen Erfassung des Tragverhaltens im Knotenbereich.

Das Berechnungsmodell nach DIN EN 1996-1-1 liefert realitätsnähere Ergebnisse, als dies bei Anwendung des Verfahrens nach DIN 1053-1 der Fall ist. Die tatsächlichen Verhältnisse werden trotz der gegenüber DIN 1053-1 verbesserten Berechnungsmethode gemäß DIN EN 1996-1-1 jedoch nicht ausreichend genau abgebildet.

Die Erfassung der Zusammenhänge für den Fall einer teilweise aufliegenden Deckenplatte mit einer einzigen Formel lässt sich aufgrund der Komplexität der Lastabtragung am Wand-Decken-Knoten im Mauerwerksbau mit den durchgeführten Untersuchungen in [17] nicht ableiten. Dazu sind die Eigenschaftsunterschiede zwischen den einzelnen Mauerwerksarten zu groß. Mit dem entwickelten theoretischen Modell nach [17] konnte ein allgemeiner Vorschlag erarbeitet werden, wie sich das bestehende Problem der unzureichenden Erfassung des Tragverhaltens im Bereich des Wand-Decken-Knotens zukünftig beheben lässt. Die Anwendbarkeit des Modells wurde in [17] demonstriert.

Es wird vorgeschlagen, den gesamten Anhang C von DIN EN 1996-1-1 als informativen Anhang zu belassen. Von einer Überführung in einen normativen Charakter sollte aufgrund der genannten Differenzen abgesehen werden. Als Empfehlung kann außerdem der Hinweis gegeben werden, dass der Elastizitätsmodul getrennt nach den einzelnen Mauersteinarten entsprechend der Tabelle 8 zu verwenden ist. In DIN EN 1996-1-1 wird ein konstanter Wert für alle Steinarten von $E = 1000 \cdot f_k$ angegeben. Mit diesem Ansatz lassen sich die entsprechenden Biegemomente nur unzureichend genau bestimmen. Des Weiteren kann aufgrund der Ergebnisse aus [17] die Anwendung des vereinfachten Knotenmodells für teilweise aufliegende Deckenplatten nach Absatz (6) von Anhang C in DIN EN 1996-1-1 nicht empfohlen werden, sondern ist auszuschließen.

3.17 Anhang D (informativ) Ermittlung der Knicklängenbeiwerte ρ_3 und ρ_4

Der informative Anhang D von DIN EN 1996-1-1 kann ohne Änderungen oder Ergänzungen verbleiben. Der Anhang hat lediglich die grafische

Darstellung der Bestimmungsgleichungen der beiden Knicklängenbeiwerte ρ_3 und ρ_4 für 3- und 4-seitig gehaltene Wände zum Inhalt. Die in DIN EN 1996-1-1 verwendeten Formeln unterscheiden sich nicht von den bisher in DIN 1053-1 national angewendeten Formeln, sodass sich daraus keine Veränderungen mit Einführung des EC 6 ergeben.

3.18 Anhang E (informativ) Biegemomentenkoeffizient α_1 für horizontal belastete Wände

Im Zuge eines selbst durchgeführten Forschungsvorhabens [18] wurden die Koeffizienten und damit die Anpassung der Bruchlinientheorie an den Mauerwerksbau einer erneuten Überprüfung unterzogen. Bedingt durch die Vielzahl an Parameterkombinationen basieren die Untersuchungen dieser Forschungsarbeit im Wesentlichen auf numerischen Untersuchungen.

Die Überprüfung ergab, dass in bestimmten Fällen mit den Momentenkoeffizienten nach Anhang E die Tragfähigkeit überschätzt wird. Eine entsprechende Anpassung der Koeffizienten konnte vorgenommen werden. Das vorhandene Sicherheitsrisiko bei Anwendung des in DIN EN 1996-1-1 enthaltenen Modells lässt sich somit beheben und der Vorteil des einfachen Bemessungsverfahrens in der Praxis nutzen. Dazu sind die gegenüber DIN EN 1996-1-1, Anhang E modifizierten Tabellen im Zuge des Nationalen Anhangs zu verwenden. Die Tabellen im Anhang E von DIN EN 1996-1-1 müssten daher durch die im Forschungsvorhabens [18] aufgeführten Tabellen ersetzt werden. Der gesamte Anhang E sollte dann für die Anwendung des EC 6 in Deutschland einen normativen Charakter aufweisen.

3.19 Anhang F (informativ) Beschränkung der Verhältnisse Länge bzw. Höhe zu Dicke für Wände im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Anhang F soll Grenzverhältnisse angeben, bei denen für eine tragende Wand die Gebrauchstauglichkeit als gewährleistet gelten kann. Der Anhang an sich steht mit seinem Inhalt aber im Widerspruch zu den Aussagen zum Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Abschnitt 7 von DIN EN 1996-1-1, dort Abs. (2) von 7.2 sowie Abs. (4) von 7.3). Der Anhang F ist daher aus deutscher Sicht nicht notwendig und kann im Nationalen Anhang von DIN EN 1996-1-1 entfallen oder durch einen Verweis auf den Anhang B von DIN EN 1996-3 ersetzt werden.

3.20 Anhang G (informativ) Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Schlankheit und Ausmitte

Im Nationalen Anhang von DIN EN 1996-1-1 sollte der Absatz (1) aus DIN EN 1996-1-1, Anhang G unverändert übernommen werden. Der Absatz (2) sollte auf die Angabe der Bestimmungsgleichung für $E_0 = 700 \cdot f_k$ eingekürzt werden. Es wird somit nur Gl. (G.6) zur Verwendung vorgeschlagen. Damit ist auch der Absatz (3) zu kürzen, indem das Bild G.1 entfällt und lediglich das Diagramm zur Bestimmung des Abminderungsfaktors Φ_m für $E_0 = 700 \cdot f_k$ im Nationalen Anhang verbleibt.

3.21 Anhang H (informativ) Vergrößerungsfaktor für den Nachweis von Wänden mit Teilflächenlasten

Für den Nationalen Anhang kann auf eine Änderung des Anhangs H von DIN EN 1996-1-1 verzichtet werden. Die Darstellung des Erhöhungsfaktors β in Abhängigkeit vom Verhältnis A_b/A_{ef} ist fachlich richtig. Allerdings liefert die grafische Auswertung der Bestimmungsgleichung keine neuen Erkenntnisse neben der analytischen Lösung. Die Anwendung der Norm wird sich darüber hinaus auch bei Benutzung des Diagramms nicht grundlegend vereinfachen. Der Anhang H sollte deswegen den informativen Status beibehalten und im Nationalen Anhang von DIN EN 1996-1-1 nicht gesondert aufgeführt werden.

3.22 Anhang I (informativ) Behandlung von Querlasten senkrecht zur Wandebene auf drei- und vierseitig gelagerten Wänden bei kombinierter vertikaler und horizontaler Beanspruchung

Es wird vorgeschlagen, den Anhang I gänzlich im Nationalen Anhang zu streichen oder nur in geänderter Form mit informativem Status aufzunehmen. Folgende Änderungen werden gegenüber DIN EN 1996-1-1 empfohlen:

- Anmerkung nach Absatz (1) ist zu streichen;
- Absatz (2) ist zu streichen;
- Absatz (4) ist durch den Hinweis, dass die Abminderung nach Gl. (I.1) nur für die Windbeanspruchung der Wand gilt, zu ergänzen.

3.23 Anhang J (informativ) Bewehrte Mauerwerksbauteile unter Schubbeanspruchung: Vergrößerungsfaktor f_{vd}

Der Anhang J von DIN EN 1996-1-1 sollte von der Anwendung in Deutschland ausgeschlossen blei-

ben. Es werden weitere wissenschaftlich fundierte Untersuchungen erforderlich, bevor die Erhöhung der Schubfestigkeit des bewehrten Mauerwerks normativ behandelt werden kann. Erste Ergebnisse sind dazu im Rahmen eines Forschungsvorhabens zur Analyse eingefasster Mauerwerkswände an der TU Dresden zu erwarten. Die Bearbeitung des Projektes erstreckt sich jedoch über einen Zeitraum von 11-2005 bis 11-2007, sodass derzeit noch keine weiteren Informationen zu o. g. Thematik gegeben werden können.

Inwieweit sich die für die Anhänge vorgeschlagenen Modifizierungen in dieser Form normungstechnisch realisieren lassen, muss noch geprüft werden. Gegebenenfalls muss ein Verweis auf nationale Regelungen erfolgen.

4 Literatur

- [1] DIN EN 1996-1-1:2006-01: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk. Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005, NABau im DIN, Berlin 2006.
- [2] DIN V ENV 1996-1-1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1: Allgemeine Regeln. Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk. Deutsche Fassung ENV 1996-1-1:1995, NABau im DIN, Berlin 12/1996.
- [3] DIN 1053-1:1996-11: Mauerwerk; Teil 1: Berechnung und Ausführung. NABau im DIN, Berlin 1996.
- [4] DIN 1053-100:2006-08: Mauerwerk. Teil 100: Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts (Konsolidierte Fassung 2006). DIN e.V., Berlin 2006.
- [5] Jäger, W.; Baier, G.: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk nach Eurocode 6 – Stand der Normung. In: Das Mauerwerk 5 (2001) 5, S. 159–168.
- [6] Jäger, W.; Reeh, H.: Vergleich Eurocode 6 Teil 1-1 mit DIN 1053-1. In: Das Mauerwerk 5 (2001) 6, S. 190–201.
- [7] Reeh, H.; Jäger, W.: Bemessung von Mauerwerk. Beispiele nach DIN 1053-1 und Eurocode 6. In: Mauerwerk-Kalender 28 (2003), S. 367–457. Ernst & Sohn, Berlin 2003.
- [8] Jäger, W.: Zum Stand der europäischen Bemessungsregeln im Mauerwerksbau – Eurocode 6. In: Mauerwerk-Kalender 28 (2003), S. 637–658. Ernst & Sohn, Berlin 2003.
- [9] Jäger, W.; Schöps, P.: Mauerwerksbemessung nach dem überarbeiteten Eurocode 6, Teil 1-1. In: Das Mauerwerk 7 (2003) 5, S. 167–175.
- [10] Jäger, W.; Baier, G.; Schöps, P.: Bewehrtes Mauerwerk nach dem überarbeiteten Eurocode 6, Teil 1-1. In: Das Mauerwerk 8 (2004) 1, S. 11–18.
- [11] Jäger, W.; Baier, G.: Zur Biegebemessung nach Eurocode 6. In: Das Mauerwerk 8 (2004) 2, S. 65–71.

- [12] Jäger, W.; Thieme, M.: Bemessung von horizontal beanspruchtem Mauerwerk nach prEN 1996-1-1 mit Hilfe modifizierter Momentenverteilungszahlen. In: Das Mauerwerk 9 (2005) 1, S. 8–13.
- [13] Jäger, W.; Pflücke, T.; Schöps, P.; Hoffmann, J.: Forschungsvorhaben „Nationaler Anhang zur europäischen Mauerwerksnorm EN 1996-1-1“. Gewährleistung des deutschen Sicherheitsniveaus bei der Erarbeitung des Nationalen Anhangs zur europäischen Mauerwerksnorm EN 1996-1-1 für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk mit Hilfe von Vergleichsbetrachtungen zu den deutschen Normen DIN 1053-1 und DIN 1053-100 sowie deren Überarbeitung. Unveröffentlichter Forschungsbericht, erarbeitet i. A. des Deutschen Instituts für Bautechnik Berlin. Jäger Ingenieure GmbH, Radebeul 2006.
- [14] Leitpapier L, Anwendung der Eurocodes. Deutsche Fassung. In: Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe LP, Heft L. DIBt, Berlin 2002.
- [15] E DIN 1053-3:2006-08: Mauerwerk. Bewehrtes Mauerwerk. Berechnung und Ausführung. Fünfte Normvorlage. NA 005-06-32 AA, Dokument N 36, Berlin 2006.
- [16] Jäger, W.; Baier, G.: Kosteneinsparung im Mauerwerksbau durch wirklichkeitsnahe Erfassung des Tragverhaltens von Mauerwerksbauten. Forschungsbericht TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung. Gefördert durch Mittel des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Dresden, September 2004.
- [17] Jäger, W.; Baier, G.: Außenwand-Decken-Knoten im einschaligen Mauerwerk mit nur teilweise eingebundener Deckenplatte. Forschungsbericht TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung. Gefördert durch Mittel des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Dresden (gegenwärtig in Bearbeitung).
- [18] Jäger, W.; Thieme, M.: Plattenbeanspruchung von Mauerwerk nach ENV 1996-1-3. Forschungsbericht TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung. Gefördert durch Mittel des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Dresden, Juli 2004.
- [19] Mann, W.: Zug- und Biegezugfestigkeit von Mauerwerk – theoretische Grundlagen und Vergleich mit Versuchsergebnissen. In: Mauerwerk-Kalender 17 (1992), S. 601–607. Ernst & Sohn, Berlin 1992.
- [20] DIN 1045-1:2001-07: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 1: Bemessung und Konstruktion. NABau im DIN, Berlin 2001.
- [21] DIN 488: Teil 1 bis 7: Betonstahl. FES und NABau im DIN, Berlin 09/1984, 06/1986.
- [22] DIN EN 845-2:2003-08: Festlegungen für Ergänzungsbauteile für Mauerwerk; Teil 2: Stürze. NABau im DIN, Berlin 2003.
- [23] Jäger, W.: Bericht des SpA „Mauerwerksbau“ zur Einführung der Eurocodes und der europäischen Normen des Mauerwerksbaus in Deutschland. Dok.-Nr. NA 005-06-01 AA N 0363. Unveröffentlichtes Manuskript. Erarbeitet im zuständigen Normenausschuss im DIN e.V., 11.07.2006.

