

Dr.-Ing. Joachim Kretz

Grundlagen zur Bemessung von Mauerwerksbauten nach Eurocode 6

Einführung in die Normenreihe DIN EN 1996 mit Nationalen Anhängen

Die europäischen Regelungen zur Bemessung von Mauerwerk sind in der Normenreihe EN 1996 zu finden und liegen als deutsche Fassung einschließlich der jeweiligen Nationalen Anhänge vor. Die bauaufsichtliche Einführung der Europäischen Mauerwerksnorm soll zum nächstmöglichen Zeitpunkt erfolgen. Vom DIN ist der Prozess der Zurückziehung der DIN 1053-1, -3 und -100 seit Januar 2011 eingeleitet. Diese Normen bleiben jedoch zunächst bauaufsichtlich eingeführt und sind damit weiter anwendbar.



Von der Fachkommission Bautechnik wurde die bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes in Paketen beschlossen. Die Einführung des ersten Paketes bestehend aus den Eurocodes 0 „Grundlagen“, 1 „Einwirkungen“, 2 „Betonbau“, 3 „Stahlbau“, 4 „Verbundbau“, 5 „Holzbau“, 7 „Grundbau“ und 9 „Aluminiumbau“ erfolgte als Stichtagsregelung zum 01. Juli 2012. Der Mauerwerksbau ist in diesem Paket nicht enthalten, da die Fertigstellung der Nationalen Anhänge, insbesondere des Teils DIN EN 1996-1-2/NA, nicht rechtzeitig vorlag. Mit der nun vollständig vorliegenden Normenreihe DIN EN 1996 einschließlich aller zugehörigen Nationalen Anhänge bildet der EC 6 „gleichwertige“ Regelungen zur nationalen Normung, so dass eine Anwendung parallel

zu den zur Zeit noch bauaufsichtlich eingeführten Mauerwerks-Normen DIN 1053-1, DIN 1053-3 und DIN 1053-100, möglich ist. Die Anwendung der Normenreihe 1996 bietet den Vorteil einer durchgängigen Bearbeitung innerhalb des gesamten Europäischen Regelwerkes.

Der nachfolgende Artikel gibt eine Einführung in die Normenreihe EN 1996 und stellt die wesentlichen Grundlagen zur Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk nach dem Europäischen Regelwerk dar. Insbesondere werden Änderungen gegenüber den Berechnungsgrundlagen der DIN 1053 angemerkt. Bei Verwendung von Formeln entspricht die Nummerierung der des jeweiligen Normendokumentes.

1 Normenwerk zum Eurocode 6

1.1 Gliederung des Eurocode 6 (DIN EN 1996)

Das Normenpaket Eurocode 6 beinhaltet die folgenden Normenteile:

- DIN EN 1996-1-1: 2010-12: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- DIN EN 1996-1-2: 2011-04: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- DIN EN 1996-2: 2010-12: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-3: 2010-12: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten

Diese Normenteile sind nur in Verbindung mit den zugehörigen Nationalen Anhängen anwendbar. Als Nationale Anhänge stehen zur Verfügung:

- DIN EN 1996-1-1/NA: 2012-05: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- DIN EN 1996-1-2/NA: 2013-07: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- DIN EN 1996-2/NA: 2012-01: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-3/NA: 2012-01: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten

1.2 Bauprodukt – Regelung

In den verschiedenen Dokumenten des Eurocode 6 wird bei den Bauprodukten auf die Normenreihe EN 771 und EN 998 verwiesen. Nach Brauer / Ehmke [19] ist die Zuordnung der Produktnormen mit der entsprechenden CE-Kennzeichnung Bild 1 zu entnehmen.

Auf die in Bild 2 aufgelisteten Anwendungsnormen wird in den Nationalen Anhängen Bezug genommen. Diese Normen regeln u. a. beispielsweise die Einhaltung von Grenzabmessungen, der Geometrie oder die Druckfestigkeitsanpassung.

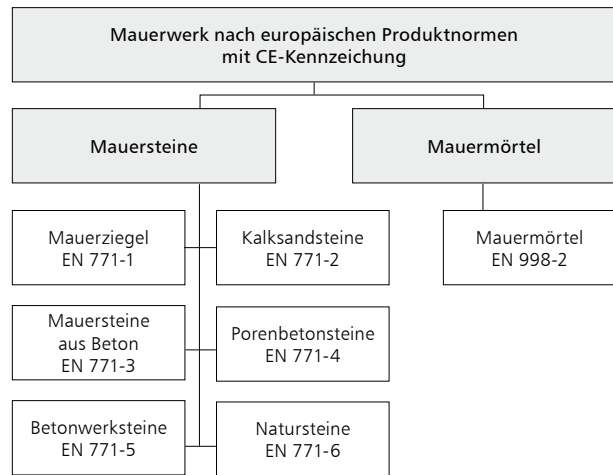


Bild 1. Übersicht der anzuwendenden Stein- und Mauermörtel-normen mit den gemäß CE-Kennzeichen zu deklarierenden Werten nach [19]

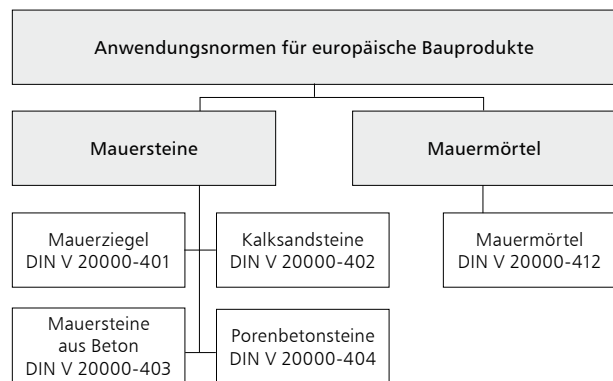


Bild 2. Übersicht der Anwendungsnormen mit den national verbindlichen Eigenschaften nach [19]

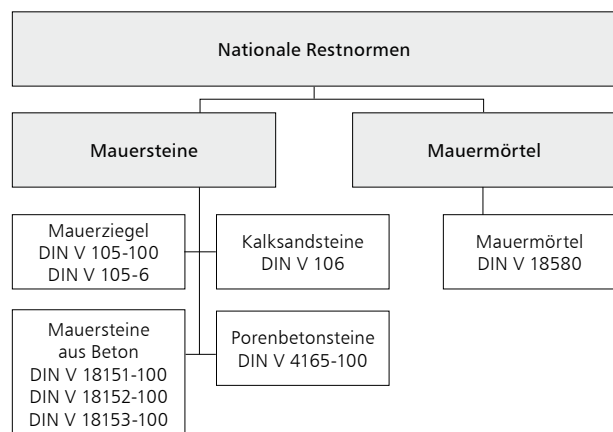


Bild 3. Übersicht der Restnormen mit den national verbindlichen Eigenschaften nach [19]

Nationale Ergänzungsnormen, die auch als Restnormen bezeichnet werden, sind weiterhin erforderlich, da in der europäischen Normung (Grundnormen) nicht alle nationalen Festlegungen wie z. B. die Lochgeometrie, enthalten sind. In Bild 3 sind die in Verbindung mit der Anwendung des EC 6 gültigen Nationalen Restnormen angegeben.

2 Bemessungsgrundlagen nach EC 6

2.1 Grundlegende Anforderungen

Der Entwurf, die Berechnung sowie die Bemessung von Mauerwerksbauten sind nach in DIN EN 1990 [10, 11] angegebenen allgemeinen Regeln auszuführen.

Für Mauerwerksbauten sind die grundlegenden Anforderungen nach DIN EN 1990, Abschnitt 2, als erfüllt anzusehen, wenn Nachfolgendes eingehalten wird:

- Entwurf, Berechnung und Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfolgen mit der in DIN EN 1990 beschriebenen Teilsicherheitsmethode.
- Einwirkungen werden nach DIN EN 1991 [12, 13] berücksichtigt.
- Kombinationsregeln werden nach DIN EN 1990 angesetzt.
- Prinzipien und Anwendungsregeln werden auf der Grundlage der DIN EN 1996 [1 – 8] berücksichtigt.

Nachweis nach der Teilsicherheitsmethode

Das in DIN EN 1990 beschriebene Sicherheitskonzept berücksichtigt Teilsicherheitsbeiwerte auf der Material- und Lastseite.

Für das Material sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M nach Tabelle 1 (NA.1) zu wählen:

Material	γ_M		
	ständig und vorübergehend	außer-gewöhnlich ^a	
A	unbewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung ^{b,c}	1,5	1,3
	bewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung ^b	10,0 ^d	10,0 ^d
B	unbewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel ^{c,e}	1,5	1,3
	bewehrtes Mauerwerk aus Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel ^b	10,0 ^d	10,0 ^d
C	Mauerwerk aus Steinen der Kategorie II	Für tragendes Mauerwerk nicht anwendbar	
D	Verankerung von Bewehrungsstahl	10,0 ^d	
E	Bewehrungsstahl und Spannstahl	10,0 ^d	
F	Ergänzungsbauteile nach DIN EN 845-1	nach Zulassung	
G	Stürze nach DIN EN 845-2	nach Zulassung	

a Für die Bemessung im Brandfall siehe DIN EN 1996-1-2
 b siehe NCI zu 3.2.2
 c Randstifenvermörtelung ist für tragendes MW nicht anwendbar
 d In Einzelfällen können in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde abweichende Werte vereinbart werden.
 e Gilt nur für Baustellenmörtel nach DIN V 18580.

Tabelle 1 (NA.1): Teilsicherheitsbeiwerte für das Material im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach [2]

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1.0$ zu verwenden.

Auf der Lastseite müssen die Einwirkungskombinationen den allgemeinen Regeln der DIN EN 1990 entsprechen.

Für Wohn- und Bürogebäude ist eine Vereinfachung der allgemeinen Regeln nach DIN EN 1990 möglich. Entsprechend des Nationalen Anhangs darf der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft bei Wohn- und Bürogebäuden mit den folgenden Einwirkungskombinationen bestimmt werden:

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot N_{Gk} + 1.50 \cdot N_{Qk} \tag{NA.1}$$

Im Hochbau mit Decken aus Stahlbeton, die mit charakteristischen Nutzlasten einschließlich Trennwandzuschlag von maximal 3.0 kN/m² belastet sind, darf vereinfachend angesetzt werden:

$$N_{Ed} = 1.40 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk}) \tag{NA.2}$$

Im Fall größerer Biegemomente, z. B. bei Windscheiben, ist auch der Lastfall $M \max + N \min$ zu beachten. In diesem Fall ist:

$$\min N_{Ed} = 1.0 \cdot N_{Gk} \tag{NA.3}$$

Charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks

Eine wesentliche Änderung beim Übergang von DIN 1053 [15] auf den EC 6 betrifft die charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks. Grundlage beim Übergang auf das Teilsicherheitskonzept war, die Festigkeiten ohne Dauerstands- und Schlankheitseinfluss zu definieren. Bei Vergleichen mit der bisherigen Norm, der DIN 1053-1 [16], ist dies zu beachten.

Die Tragfähigkeit von Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 [1] wird entsprechend dem semiprobabilistischen Sicherheitskonzept anhand von charakteristischen Bemessungswerten bestimmt.

Die charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks errechnet sich zu:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \tag{3.1}$$

- mit
- f_k charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit
 - K Konstante nach DIN EN 1996-1-1/NA, Tabellen NA.4 bis NA.10
 - f_b normierte Mauersteindruckfestigkeit; mittlere Steindruckfestigkeit einschließlich Formfaktor
 - f_m Druckfestigkeit des Mauer Mörtels
 - α, β Parameter nach DIN EN 1996-1-1/NA, Tabellen NA.4 bis NA.10

In Abhängigkeit des Materials, der Steinform, des Mörtels und der Steindruckfestigkeit sind die Parameter K , α und β den oben genannten Tabellen zu entnehmen. Zur Verdeutlichung wird beispielhaft die Tabelle 2 (NA.5) angegeben.

Mittlere Steindruckfestigkeit [N/mm ²]	Mörtelart	Parameter		
		K	α	β
5 ≤ f _{St} ≤ 10	NM II	0,54	0,605	0,189
	NM IIa			
	NM III	0,56		
	NM IIIa			
10 ≤ f _{St} ≤ 75	NM II*	0,55	0,585	0,162
	NM IIa*	0,63		
	NM III*			
	NM IIIa*			

* Die Druckfestigkeit des Mauerwerks darf bei Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit Lochung W und Mauertafelziegeln T4 nicht größer angenommen werden als für Steinfeldigkeiten f_{St} = 15 N/mm² und bei Mauerwerk aus Mauertafelziegeln T2 und T3 nicht größer als für f_{St} = 25 N/mm²

Tabelle 2 (NA.5): Ermittlung der Parameter K, α und β nach [2] von Einsteinmauerwerk mit Lochung W (HLZW), Mauertafelziegeln T2, T3 und T4 sowie Langlochziegeln (LLz) mit Normalmauermörtel

Die normierte Mauersteindruckfestigkeit darf in Deutschland gemäß Nationalem Anhang durch die umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit f_{St} ersetzt werden. Diese leitet sich aus der Druckfestigkeitsklasse gemäß Tabelle 3 (NA.3) ab:

Druckfestigkeitsklasse der Mauersteine und Planelemente	Umgerechnete mittlere Mindestdruckfestigkeit f _{St} [N/mm ²]
2	2,5
4	5,0
6	7,5
8	10,0
10	12,5
12	15,0
16	20,0
20	25,0
28	35,0
36	45,0
48	60,0
60	75,0

Tabelle 3 (NA.3): Umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit nach [2]

Die Mörteldruckfestigkeit ist der Tabelle 4 (NA.2) zu entnehmen:

Mörtelgruppe nach DIN V 20000-412 oder DIN V 18580	Druckfestigkeit f _m [N/mm ²]	
Normalmauermörtel	NM II	2,5
	NM IIa	5,0
	NM III	10,0
	NM IIIa	20,0
Leichtmauermörtel	LM 21	5,0
	LM 36	5,0
Dünnbettmörtel	NM III*	10,0

Tabelle 4 (NA.2): Mörteldruckfestigkeiten nach [2]

Sofern eine Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren erfolgt, kann auf tabellierte Mauerwerksfestigkeiten in DIN EN 1996-3/NA [7] zurückgegriffen werden.

Aus der Literatur [19] ist bekannt, dass bei der Umstellung auf das neue Sicherheitskonzept die charakteristischen Bemessungswerte über den Grundwerten der Druckspannung liegen, die nach DIN 1053-1 (1996) im vereinfachten Bemessungsverfahren zugrunde gelegt wurden. Bild 4 zeigt dies beispielhaft für Kalksandsteinmauerwerk mit Dünnbettmörtel.

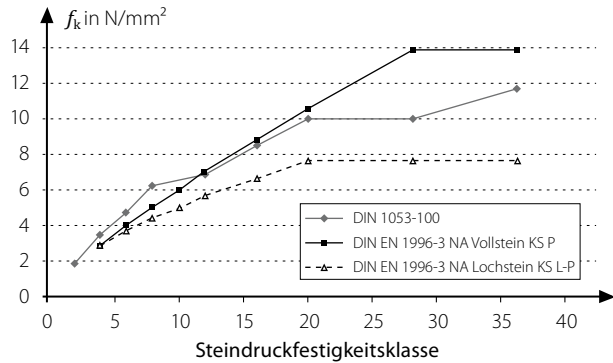


Bild 4. Charakteristische Druckfestigkeit f_k für Kalksandsteinmauerwerk mit Dünnbettmörtel nach [19]

⇒ Bei Berechnungen nach EC 6 ist für jede Mauerstein-Mörtel-Kombination eine eigene charakteristische Druckfestigkeit zu bestimmen.

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

Bei Langzeiteinwirkungen ist die Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks f_d über den Dauerstandsfaktor ξ abzumindern. Für eine dauernde Beanspruchung gilt ξ = 0,85; für kurzzeitige Beanspruchungen darf ξ = 1,0 eingesetzt werden. Der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks errechnet sich für den allgemeinen Fall zu:

$$f_d = \xi \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

mit

- ξ Dauerstandsfaktor
- f_k charakteristische Druckfestigkeit
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert Mauerwerk

Für kurze Wände ermittelt sich der Bemessungswert der Druckfestigkeit mit dem Faktor k zu:

$$f_d = k \cdot \xi \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

mit

- k Abminderungsfaktor für kurze Wände bei
 - Vereinfachtem Verfahren
 - k = 0,8 für A < 0,1m²
 - k = 1,0 für A ≥ 0,1m²
 - Genauerem Verfahren
 - k = 0,7 + 3 · A für A < 0,1m²
 - k = 1,0 für A ≥ 0,1m²

A Wandfläche in m²

Charakteristische Schubfestigkeit von Mauerwerk

Im EC 6 wurde für die charakteristische Schubfestigkeit der Stand der DIN 1053-100 [15] mit der Unterscheidung in Scheibenschub und Plattenschub und in Mauerwerk mit vermörtelten bzw. unvermörtelten Stoßfugen übernommen.

Die charakteristische Schubfestigkeit ergibt sich aus:

$$f_{vk} \leq \begin{cases} f_{vlt} \\ f_{vlt1} \\ f_{vlt2} \end{cases}$$

Der Grenzwert f_{vlt1} für den Nachweis gegenüber Reibungsversagen ermittelt sich zu:

$$f_{vlt1} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_{Dd} \tag{NA.4}$$

Für das Steinzugversagen wird der Grenzwert f_{vlt2} ermittelt zu:

$$f_{vlt2} = 0.45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}} \tag{NA.5}$$

mit

- f_{vk0} Haftscherfestigkeit nach Tabelle NA.11
- σ_{Dd} Bemessungswert der Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannung
- $f_{bt,cal}$ rechnerische Steinzugfestigkeit
 - $f_{bt,cal} = 0.020 \cdot f_{st}$ für Hohlblocksteine
 - $f_{bt,cal} = 0.026 \cdot f_{st}$ für Hochlochsteine und Steine mit Grifföchern oder Griffaschen
 - $f_{bt,cal} = 0.032 \cdot f_{st}$ für Vollsteine ohne Grifföcher oder Griffaschen
- $f_{bt,cal} = \frac{0.082}{1.25} \cdot \frac{1}{0.7 + \left(\frac{f_{st}}{25}\right)^{0.5}} \cdot f_{st}$ für Porenbetonsteine der Länge ≥ 498 mm und der Höhe ≥ 248 mm

Bei Mauerwerk aus Porenbetonplansteinen mit glatten Stirnflächen und vollflächig vermörtelten Stoßfugen kann der Wert nach Gleichung (NA.5) mit dem Faktor 1.2 erhöht werden.

Bei Plattenschub gilt für Mauerwerk mit vermörtelten Stoßfugen wahlweise einer der beiden folgenden Werte:

$$f_{vlt} = 0.6 \cdot \sigma_{Dd} \tag{NA.6}$$

oder

$$f_{vlt} = f_{vk0} + 0.6 \cdot \sigma_{Dd} \tag{NA.7}$$

mit

- f_{vk0} Haftscherfestigkeit nach Tabelle NA.11
- σ_{Dd} Bemessungswert der Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannung

Für unvermörtelte Stoßfugen errechnet sich der Grenzwert f_{vlt} bei Scheibenschub nach NDP zu 3.6.2 (3) a), wobei für f_{vk0} der halbierte Wert von f_{vk0} nach Tabelle NA.11 anzusetzen ist.

Bei Plattenschub gilt für Mauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen Gleichung (NA.6) bzw. (NA.7), wobei für f_{vk0} zwei Drittel des in Tabelle NA.11 angegebenen Wertes für f_{vko} anzusetzen ist.

2.2 Schnittkraftermittlung

Bei der Berechnung vertikal beanspruchter Wände sind folgende Punkte bei der Bemessung zu berücksichtigen:

- direkt auf die Wand einwirkende vertikale Lasten
- Effekte aus Theorie II. Ordnung
- Ausmitten, die sich aus der Anordnung der Wände sowie dem Zusammenwirken der Decken und der aussteifenden Wände ergeben
- Ausmitten infolge Ungenauigkeiten bei der Ausführung und unterschiedlicher Baustoffeigenschaften einzelner Teile

Einwirkungskombinationen

Ungeachtet der zuvor beschriebenen Vereinfachungen für Wohn- und Bürobauten bezüglich der Einwirkungskombinationen kann die Schnittkraftermittlung immer mit den ausführlichen Einwirkungskombinationen nach DIN EN 1990 geführt werden.

Ausmitte

Nach DIN 1053 war es bisher nur üblich eine sinusförmige Vorverformung mit der Amplitude $h_{ef}/450$ zu berücksichtigen. Nach EC 6 sind ungewollte Ausmitten mit e_{init} zu berücksichtigen. Damit sollen pauschal Ungenauigkeiten bei der Ausführung erfasst werden. Die Größe der Ausmitte ist mit $h_{ef}/450$ anzusetzen. Dabei ist h_{ef} die Knicklänge der Wand. Liegt eine Decke nur teilweise auf dem Mauerwerk auf, so ist diese planmäßige ausmittige Lasteinleitung bei der Schnittkraftermittlung ebenfalls zu berücksichtigen.

Knicklänge von Wänden

Bei der Festlegung der Knicklänge einer Wand müssen die relative Steifigkeit der mit der Wand verbundenen Bauteile und die Wirksamkeit der Verbindungen berücksichtigt werden. Die Aussteifung einer Wand darf durch Decken oder Dächer, durch geeignet angeordnete Querwände oder durch jedes andere ähnlich steife Bauteil, das mit der Wand verbunden ist, erfolgen.

Die Berechnung der Knicklängen erfolgt nach den Gleichungen (NA.10) bis (NA.17) des Nationalen Anhangs zur DIN EN 1996-1-1 [2]. Darüber hinaus enthält der Nationale Anhang weitere Regelungen für Wände mit Öffnungen als auch zur Bestimmung des Abminderungsfaktors bei flächig aufliegenden Massivdecken, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

Gegenüber der in DIN 1053 enthaltenen Regelungen zur Knicklängenermittlung sind die in DIN EN 1996-1-1 enthaltenen Regeln um die für die freistehende Wand und die für verringerte Überbindemaße (z. B. bei Elementmauerwerk) ergänzt worden. Knicklängen für Mauerwerk mit reduziertem Überbindemaß werden über die Faktoren α_3 und α_4 berücksichtigt.

Die Knicklänge einer Mauerwerkswand ermittelt sich im allgemeinen Fall zu:

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h \tag{5.2}$$

mit

h_{ef} Knicklänge der Wand
 ρ_n Abminderungsfaktor mit $n = 2, 3$ oder 4 , je nach Halterung der auszusteifenden Wand
 h lichte Geschosshöhe

Die Knicklängen für nicht verminderte Überbindemaße sind in DIN EN 1996-1-1 [1] in den Gleichungen (5.3) bis (5.10) angegeben. Sie entsprechen denen der Regelungen in DIN 1053, so dass hier nur auf die oben genannten Gleichungen verwiesen wird.

Entsprechend dem Nationalen Anhang ergeben sich die Knicklängen bei Wänden mit verminderten Überbindemaßen:

Frei stehende Wände

$$h_{ef} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1 + 2 \cdot \frac{N_{od}}{N_{ud}}}{3}} \cdot h \tag{NA.10}$$

mit

N_{od} Bemessungswert der Längskraft am Wandkopf
 N_{ud} Bemessungswert der Längskraft am Wandfuß

2-seitig gehaltene Wände

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h$$

3-seitig gehaltene Wände

$$h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_3 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot b'}\right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \geq 0,3 \cdot h \tag{NA.11}$$

4-seitig gehaltene Wände

$$h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_4 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{b}\right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \quad \text{für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} \leq 1 \tag{NA.12}$$

$$h_{ef} = \alpha_4 \cdot \frac{b}{2} \quad \text{für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} > 1 \tag{NA.13}$$

mit

h lichte Geschosshöhe
 ρ_2 Abminderungsfaktor der Knicklänge nach (NA.16)
 b' Abstand der Querwände bei 3-seitiger Halterung. Dabei gilt: $b' \leq 15 \cdot t$
 b Abstand der Querwände bei 4-seitiger Halterung. Dabei gilt: $b \leq 30 \cdot t$
 α_3, α_4 Anpassungsfaktoren für Wände aus Elementmauerwerk mit reduziertem Überbindemaß gemäß Tabelle NA.16

Steingeometrie h_u/l_u	0,5	0,625	1	2
3-seitige Lagerung α_3	1,0	0,90	0,83	0,75
4-seitige Lagerung α_4	1,0	0,75	0,67	0,60

Tabelle 5 (NA.16): Anpassungsfaktoren α_3 und α_4 zur Abschätzung der Knicklänge von Wänden aus Elementmauerwerk mit einem Überbindemaß $l_{ol}/h_u < 0.40$

Für Mauerwerk mit einem planmäßigen Überbindemaß $l_{ol}/h_u \geq 0.40$ sind die Anpassungsfaktoren α_3 und α_4 gleich 1.0 zu setzen.

Ist $b > 30t$ bei vierseitig gehaltenen Wänden bzw. $b' > 15t$ bei dreiseitig gehaltenen Wänden, so darf keine seitliche Halterung angesetzt werden. Diese Wände sind wie zwei-seitig gehaltene Wände zu behandeln. Hierbei ist t die Dicke der gehaltenen Wand im Bereich des mittleren Drittels der Wand. Ist die Wand im Bereich des mittleren Drittels der Wandhöhe durch vertikale Schlitzes oder Aussparungen geschwächt, so ist für t die Restwanddicke einzusetzen oder ein freier Rand anzunehmen. Unabhängig von der Lage eines vertikalen Schlitzes oder einer Aussparung ist an ihrer Stelle ein freier Rand anzunehmen, wenn die Restwanddicke kleiner als die halbe Wanddicke oder kleiner als 115 mm ist.

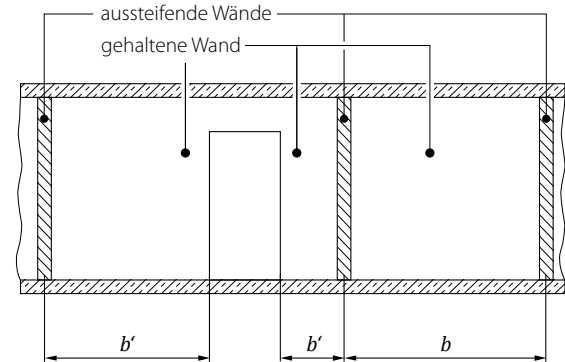


Bild 5 (NA.1): Darstellung der Größen b' und b für drei- und vierseitig gehaltene Wände nach [2]

Sofern kein genauere Nachweis für ρ_2 erfolgt, gilt für flächig aufgelagerte Massivdecken vereinfacht:

$$\rho_2 = 0.75 \quad \text{wenn } e \leq t/6$$

$$\rho_2 = 1.00 \quad \text{wenn } e \geq t/3 \tag{NA.16}$$

mit

e planmäßige Ausmitte des Bemessungswerts der Längsnormalkraft (ohne Berücksichtigung der ungewollten Ausmitte)

Eine Abminderung der Knicklänge (nach NA.16) mit $\rho_2 < 1.0$ ist jedoch nur zulässig, wenn folgende erforderlichen Auflagertiefen a gegeben sind:

$$t < 125 \text{ mm} \quad a \geq 100 \text{ mm}$$

$$t \geq 125 \text{ mm} \quad a \geq 2/3 \cdot t \tag{NA.17}$$

2.3 Berechnung des Bauteilwiderstands bei Normalkrafteinwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Bemessungsschritte zur Bestimmung des Bauteilwiderstands gegenüber einwirkenden Normalkraftbeanspruchungen sind aus der Anwendung der DIN 1053-100 [15] bekannt. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert der angreifenden Last N_{Ed} einer vertikal belasteten Wand kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstandes N_{Rd} sein:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \tag{6.1}$$

Nach DIN EN 1996, wie auch bisher nach DIN 1053-100, wird die Tragfähigkeit einer gemauerten Wand anhand der Abminderungsfaktoren Φ_i für die belastete Wandfläche und dem Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit berechnet:

$$N_{Rd} = \Phi_i \cdot A \cdot f_d \tag{6.2}$$

mit

Φ_i Abminderungsfaktor Φ_i am Kopf oder Fuß der Wand bzw. Φ_m in Wandmitte zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte, der nach 6.1.2.2 zu bestimmen ist.

A Wandfläche

f_d Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks nach 2.4.1 und 3.6.1 der DIN EN 1996-1-1

Sofern der Wandquerschnitt A kleiner als 0.1 m² ist, z. B. bei Wandpfeilern, sollte die Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks f_d mit dem Faktor $(0.7 + 3 \cdot A)$ multipliziert werden.

Da die Nachweisführung / Bemessung des Bauteilwiderstandes nach DIN 1996-1-1 (Genauere Nachweismethode) oder nach DIN EN 1996-3 (Vereinfachte Nachweismethode) erfolgen kann, ist auf die unterschiedlich definierten Abminderungsfaktoren Φ_i zu achten.

2.3.1 Vereinfachte Berechnungsmethode

Die Vereinfachte Berechnungsmethode für unbewehrte Mauerwerksbauten ist nach DIN EN 1996-3 [7, 8] auszuführen. Eine Berechnung nach der Vereinfachten Berechnungsmethode ist nur unter Einhaltung der Anwendungsgrenzen erlaubt.

Anwendungsgrenzen

Im Gegensatz zur DIN 1053 beschränkt sich die Anwendung auf den Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit. D.h. der Nachweis von Aussteifungswänden nach der vereinfachten Bemessungsmethode ist ausgeschlossen. Mauerwerk unter Schubbelastung kann ebenfalls nach der Vereinfachten Berechnungsmethode nicht nachgewiesen werden.

Die geometrischen Beschränkungen des Verfahrens haben sich hingegen nicht verändert. Die wichtigsten Anwendungsgrenzen sind:

- Vollsteine und Lochsteine nach DIN EN 1996-1-1/NA
- Gebäudehöhe über Gelände < 20 m
- Stützweite der Decken $l \leq 6,00$ m
- aussteifende Decken oder bewehrter Ringanker
- freistehende Wände sind ausgeschlossen
- Mindestwandstärken, lichte Wandhöhen, Nutzlast Decke gemäß DIN EN 1996-3 [8], Tabelle NA.2

Bauteil	Voraussetzungen			
	Wanddicke t [mm]	lichte Wandhöhe h [m]	aufliegende Decke	
			Stützweite l_f [m]	Nutzlast ^a q_k [kN/m ²]
tragende Innenwände	≥ 115 < 240	$\leq 2,75$	$\leq 6,00$	≤ 5
	≥ 240	---		
tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	$\geq 115^b$ < 150 ^b	$\leq 2,75$	$\leq 6,00$	≤ 3
	$\geq 150^c$ < 175 ^c			
	≥ 175 < 240			
	≥ 240	$\leq 12 t$		≤ 5

a Einschließlich Zuschlag für nichttragende innere Trennwände.
 b Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum andauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind.
 Als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis maximal zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebauten Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand $\leq 4,50$ m bzw. Randabstand von einer Öffnung $\leq 2,0$ m.
 c bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten $f_k < 1,8$ N/mm² gilt zusätzlich Fußnote b

Tabelle 6 (NA.2): Anwendungsgrenzen vereinfachtes Nachweisverfahren

Nach DIN EN 1996-3/NA (NA.3) [8] brauchen bei den vereinfachten Berechnungsmethoden bestimmte Beanspruchungen, z. B. Biegemomente aus Deckeneinspannungen oder Deckenauflagerungen, ungewollte Ausmitten beim Knicknachweis, Wind auf tragende Wände nicht nachgewiesen zu werden, da sie im Sicherheitsabstand, der dem Nachweisverfahren zugrunde liegt, oder durch konstruktive Regeln und Grenzen berücksichtigt sind. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass in halber Geschosshöhe der Wand nur Biegemomente aus der Deckeneinspannung oder Deckenauflagerung und aus Windlasten auftreten.

Die Bestimmungsgleichung des Tragwiderstandes nach DIN EN 1996-3 [7] lautet:

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d \tag{4.4}$$

mit

Φ_s Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte

Der Einfluss der Endauflagerverdrehung wird durch die Berechnung des Abminderungsbeiwertes Φ_s erfasst.

Bei geschosshohen Wänden des üblichen Hochbaus und gleichzeitiger Einhaltung der Anwendungsgrenzen der vereinfachten Berechnungsmethode darf die Traglastminderung infolge der Lastausmitte (Bild NA.1) bei Endauflagern auf Außen- und Innenwänden abgeschätzt werden zu:

$$\Phi_1 = 1.6 - \frac{l_f}{6} \leq 0.9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für } f_k \geq 1.8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{NA.1})$$

$$\Phi_1 = 1.6 - \frac{l_f}{5} \leq 0.9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für } f_k < 1.8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{NA.2})$$

mit

l_f Stützweite der anschließenden Betondecke (kürzere Plattenlänge bei zweiachsig gespannten Decken)

a Deckenaufлагertiefe

t Dicke der Wand

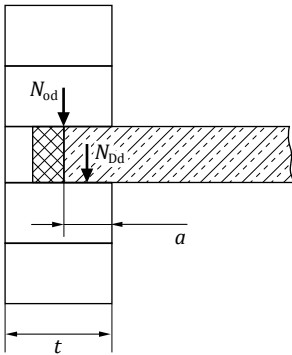


Bild 6 (NA.1). Teilweise aufliegende Deckenplatte

Bei Decken unter dem obersten Geschoss / Dachdecken ist wegen der üblicherweise geringeren Auflast eine Abminderung der Tragfähigkeit mit dem Beiwert Φ_1 zu berücksichtigen:

$$\Phi_1 = 0.333 \quad (\text{NA.3})$$

Ein weiterer traglastmindernder Einfluss resultiert aus der Biegeschlankheit einer Wand. Der Abminderungsfaktor Φ_2 beinhaltet das in Wandmitte zu berücksichtigende Knicken über die Gleichung (NA.4):

$$\Phi_2 = 0.85 \cdot \frac{a}{t} - 0.011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2 \quad (\text{NA.4})$$

mit

h_{ef} Knicklänge nach 4.2.2.4 in DIN EN 1996-3/NA

2.3.2 Genauere Berechnungsmethode nach DIN EN 1996-1-1 und Nationalem Anhang

Die genauere Berechnungsmethode ermöglicht detailliertere Analysen von Wandquerschnitten. Sie ist immer dann anzuwenden, wenn die Randbedingungen des vereinfachten Verfahrens nicht eingehalten werden können, oder wenn eine wirtschaftlichere Bemessung angestrebt wird. Beispielsweise ist die Betrachtung von außermittig eingeleiteten Lasten bezogen auf die Wandlängsachse hervorzuheben. Die in DIN 1053-100 enthaltene 5%-Regel ist im Regelwerk der DIN EN 1996-1-1 nicht mehr enthalten.

Die Tragfähigkeitsminderung infolge exzentrischen Normalkraftangriffs und Knickens wird durch einen Abminderungsfaktor Φ im Vergleich zur vollen Tragkraft bei zentrischer Kraftwirkung berücksichtigt.

Die Größe des Abminderungsfaktors Φ darf auf der Grundlage eines rechteckigen Spannungsblocks ermittelt werden. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass keine Unterscheidung zwischen gerissenem und ungerissenem Querschnitt mehr notwendig ist und sich damit die Nachweisführung stark vereinfacht.

Wandkopf und -fuß

Die ungewollte Ausmitte e_{init} darf am Wandkopf und am Wandfuß mit $e_{init} = 0$ berücksichtigt werden. Bei Beanspruchungen senkrecht zur Wandebene, beispielsweise aus der Deckenverdrehung heraus, wird der Abminderungsfaktor Φ angesetzt zu:

$$\Phi = \Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t} \quad (6.4)$$

mit

e_i Lastexzentrizität am Kopf bzw. Fuß der Wand nach Gleichung (6.5)

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0.005 \cdot t \quad (6.5)$$

M_{id} Bemessungswert des Biegemomentes, resultierend aus der Exzentrizität der Deckenauf-lagerkraft am Kopf bzw. am Fuß der Wand;

N_{id} Bemessungswert der am Kopf oder Fuß der Wand wirkenden Vertikalkraft;

e_{he} Ausmitte am Kopf oder Fuß der Wand infolge horizontaler Lasten (z. B. Wind), sofern vorhanden

e_{init} ungewollte Ausmitte mit einem Vorzeichen, mit dem der absolute Wert für e_i erhöht wird

t Dicke der Wand

Im Unterschied zur DIN 1053 ist neu, dass eine Mindestexzentrizität von $0.05 \cdot t$ zu beachten ist.

In Bild 7 (6.1) sind zur Verdeutlichung die Momente infolge von Ausmitten grafisch dargestellt.

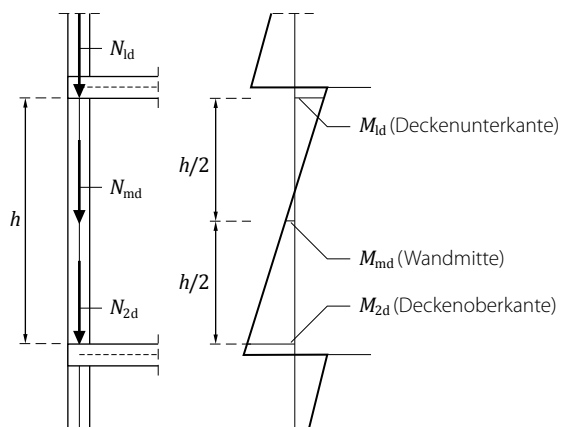


Bild 7 (6.1). Momente infolge Ausmitten nach [1]

Bei überwiegend in Wandlängsrichtung biegebeanspruchten Querschnitten, insbesondere bei Wandscheiben, darf der Abminderungsfaktor Φ_i angenommen werden zu:

$$\Phi = \Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_w}{l} \quad (6.4)$$

mit

Φ_i Abminderungsfaktor an der maßgebenden Nachweisstelle am Wandkopf bzw. am Wandfuß, bei kombinierter Beanspruchung auch in Wandmitte

e_w Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandlängsrichtung

$$e_w = \frac{M_{Ewd}}{N_{Ed}} \quad (NA.15)$$

M_{Ewd} Bemessungswert des in Wandlängsrichtung einwirkenden Momentes

N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

l Länge der Wandscheibe

Sofern bei in Längsrichtung beanspruchten Wandscheiben die Schnittkräfte an einem vom Kragarm abweichenden Modell ermittelt werden, darf die Nachweisführung nach Anhang NA.K.2 (1) erfolgen.

Wandmitte

Bei der Anwendung der genaueren Berechnungsmethode nach DIN EN 1996-1-1 sind für den Nachweis des Knickens in halber Wandhöhe die Einflüsse aus ungewollter Ausmitte und der des Kriechens zu erfassen. Für den Abminderungsfaktor in Wandmitte gilt nach Anhang G des NA:

$$\Phi_m = 1.14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t_{ef}}\right) - 0.024 \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t_{ef}} \quad (NA.G.1)$$

mit

e_{mk} Ausmitte der Last in halber Wandhöhe
 $e_{mk} = e_m + e_k \geq 0.05 \cdot t$
 $e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init}$

e_m Ausmitte infolge der Lasten

M_{md} Bemessungswert des größten Momentes in halber Wandhöhe, resultierend aus den Momenten am Kopf und Fuß der Wand, einschließlich der Biegemomente aus allen anderen ausmittig angreifenden Lasten

e_{hm} Ausmitte aus halber Wandhöhe infolge horizontaler Lasten (z. B. Wind)

e_{init} ungewollte Ausmitte mit einem Vorzeichen, mit dem der absolute Wert für e_m erhöht wird

h_{ef} Knicklänge

t_{ef} wirksame Wanddicke

e_k Ausmitte infolge Kriechens
 $e_k = 0.002 \cdot \varphi_\infty \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{t \cdot e_m}$

φ_∞ Endkriechzahl

Gegenüber den Regelungen in DIN 1053 ist in DIN EN 1996-1-1 neu, dass neben der ungewollten Ausmitte von $h_{ef}/450$ ebenfalls eine Mindestexzentrizität von $e_{mk} \geq 0.05 \cdot t$ zu beachten ist.

Kombinierte Beanspruchung

Bei einer kombinierten Beanspruchung aus Biegung um die starke Achse y und Biegung um die schwache Achse z ist der Nachweis der Doppelbiegung an der maßgebenden Stelle zu führen. Vereinfachend dürfen die Abminderungsfaktoren Φ multiplikativ kombiniert werden.

$$\Phi = \Phi_y \cdot \Phi_z$$

mit

Φ_y Abminderungsfaktor für Biegung um die starke Achse

Φ_z Abminderungsfaktor für Biegung um die schwache Achse

Wände mit Teilflächenlasten

Nach Abschnitt 6.1.3 in DIN EN 1996-1-1 können Wände mit Teilflächenlasten nachgewiesen werden. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert einer vertikalen Einzellast N_{Edc} kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstands einer Wand für diese Beanspruchung N_{Rdc} sein. Der Bemessungswert des Tragwiderstands N_{Rdc} ermittelt sich zu:

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d \quad (6.10)$$

Der Erhöhungsfaktor β wird für Vollsteine mit $a_1 > 3 \cdot l_1$ ermittelt:

$$\beta = \left(1 + 0.3 \cdot \frac{a_1}{h_c}\right) \cdot \left(1.5 - 1.1 \cdot \frac{A_b}{A_{ef}}\right) \quad (6.11)$$

β sollte nicht kleiner als 1.0 oder größer als $1.25 + a_1/2h_c$ oder 1.50 sein. Der kleinere Wert ist maßgebend.

- β Erhöhungsfaktor bei Teilflächenlasten
- a_1 Abstand vom Wandende zu dem am nächsten gelegenen Rand der belasteten Fläche
- h_c Höhe der Wand bis zur Ebene der Lasteinleitung
- A_b belastete Teilfläche
- A_{ef} wirksame Wandfläche
- l_{efm} wirksame Basis des Trapezes, unter dem sich die Last ausbreitet, ermittelt in halber Wand- oder Pfeilerhöhe (siehe Bild 8 (6.2))
- t Wanddicke unter Berücksichtigung der nicht voll vermörtelten Fugen mit einer Tiefe von nicht mehr als 5 mm
- A_b/A_{ef} nicht größer als 0.45 einzusetzen

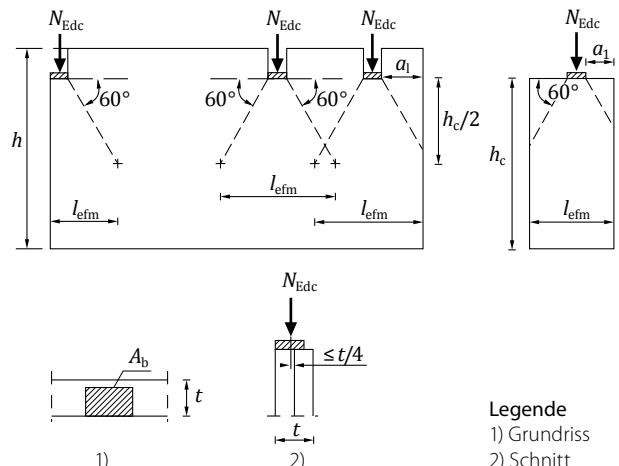


Bild 8 (6.2). Wände unter Teilflächenpressung nach [1]

Legende
 1) Grundriss
 2) Schnitt

Für Mauersteine nach NCI 3.1.1, Absatz (NA.5) gilt bei einer randnahen Einzellast ($a_1 \leq 3 \cdot l_1$) die Regelung, dass ein erhöhter Wert von β nach Gleichung (NA.17) berechnet werden kann:

$$\beta = 1 + 0,1 \cdot \frac{a_1}{l_1} \leq 1,50 \quad (\text{NA.17})$$

mit

$A_b \leq 2 \cdot t^2$ Belastungsfläche
 $e < t/6$ Ausmitte

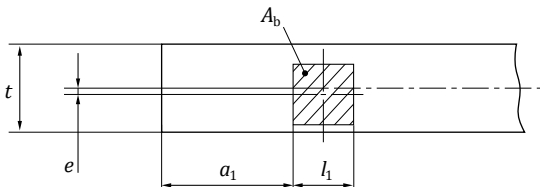


Bild 9 (NA.2). Teilflächenpressung

Dieser Nachweis ersetzt weder den Nachweis der gesamten Wand noch den Nachweis der Knicksicherheit.

2.4 Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit von Elementmauerwerk in Scheibenrichtung

Der Tragwiderstand bei Querkraftbeanspruchung ist unter Berücksichtigung der vorhandenen Steingeometrie, des Überbindemaßes und der spezifischen Materialeigenschaften von Stein und Mörtel zu bestimmen.

Für Rechteckquerschnitte errechnet sich die Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung zu:

$$V_{Rdlt} = l_{cal} \cdot f_{vd} \cdot \frac{t}{c} \quad (\text{NA.19})$$

mit

l_{cal} rechnerische Wandlänge

$$l_{cal} = \min \left\{ \begin{matrix} 1,125 \cdot l \\ 1,333 \cdot l_{c,lin} \end{matrix} \right.$$

f_{vd} Bemessungswert der Schubfestigkeit

t Wandstärke

c Schubspannungsverteilungsfaktor

$c = 1,0$ für $h/l \leq 1$

$c = 1,5$ für $h/l \geq 2$

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

Bei Elementmauerwerk mit reduziertem Überbindemaß $l_{ol}/h_u < 0,4$ ist am Wandfuß zusätzlich der Nachweis auf Schubdruckversagen zu führen.

$$V_{Rdlt} = \frac{1}{\gamma_M \cdot c} \cdot (f_k \cdot t \cdot l_c - \gamma_M \cdot N_{Ed}) \cdot \frac{l_{ol}}{h_u} \quad (\text{NA.21})$$

mit

N_{Ed} Bemessungswert der Normalkraft

h_u Höhe des Elements

l_{ol} Überbindemaß

Bei Elementmauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen und einem Seitenverhältnis von $h_u/l_u > 1$ ist zusätzlich der Nachweis auf Fugenversagen am Einzelstein zu führen.

$$V_{Rdlt} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\gamma_M} \cdot \left(\frac{l_u}{h_u} + \frac{l_u}{h} \right) \cdot N_{Ed} \quad (\text{NA.23})$$

mit

h lichte Höhe der Wandscheibe

l Länge der Wandscheibe

$l_{c,lin}$ überdrückte Länge der Wandscheibe bei dreiecksförmiger Spannungsverteilung

$$l_{c,lin} = \frac{3}{2} \left(1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l} \right) \cdot l \leq l$$

l_c überdrückte Länge der Wandscheibe bei rechteckiger Spannungsverteilung

$$l_c = \left(1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l} \right) \cdot l$$

e_W Exzentrizität in Wandlängsrichtung

$$e_W = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

l_u Länge des Elements

Literatur

- [1] DIN EN 1996-1-1:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- [2] DIN EN 1996-1-1/NA: 2012-05, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- [3] DIN EN 1996-1-2:2011-04, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung im Brandfall
- [4] DIN EN 1996-1-2/NA: 2013-07, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung im Brandfall
- [5] DIN EN 1996-2:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- [6] DIN EN 1996-2/NA:2012-01, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- [7] DIN EN 1996-3:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten
- [8] DIN EN 1996-3/NA:2012-01, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Handbuch Eurocode 6 - Mauerwerksbau - Vom DIN konsolidierte Fassung. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2012.
- [10] DIN EN 1990:2012-12, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [11] DIN EN 1990/ NA:2012-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [12] DIN EN 1991:2012-12, Eurocode 1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke, Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [13] DIN EN 1991/NA:2012-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke, Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
- [14] Deutsches Institut für Normung e.V.: Handbuch Eurocode 0 - Grundlagen der Tragwerksplanung - Vom DIN konsolidierte Fassung. Berlin: Beuth 2011
- [15] DIN 1053-100: Mauerwerk – Teil 100: Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzeptes. NA Bau im DIN, Berlin 2007
- [16] DIN 1053-1: Mauerwerk – Berechnung und Ausführung. NA Bau im DIN, Berlin 1996
- [17] Jäger, W.: Eurocode 6 – Kommentar und Anwendungshilfen. In Mauerwerk Kalender 2012. Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2012
- [18] Jäger, W.: Eurocode 6 – Kommentar: DIN EN 1996-3 und DIN EN 1996-3/NA. In Mauerwerk Kalender 2012. Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2012
- [19] Brauer, N.; Ehmke, J.: Einführung in die Mauerwerksberechnung nach der Normenreihe des Eurocode 6 und den Nationalen Anhängen. In Mauerwerk Kalender 2012. Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2012.