



SCHLAGMANN POROTON[®]

Statik kompakt

Bemessung von Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1996-3 (Vereinfachtes Verfahren)

DIN EN 1996 bzw. der Eurocode 6 mit den Teilen 1-1, 1-2, 2 und 3 liegen mit den zugehörigen nationalen Anhängen vor und wurden in die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVVTB) aufgenommen. Die bauaufsichtliche Einführung in den einzelnen Bundesländern erfolgte ab 2015 mit einer Übergangsphase zur DIN 1053-1. Nach dieser Übergangsphase mit paralleler Gültigkeit ist in allen Bundesländern der EC 6 die alleinige gültige Norm zur Bemessung im Mauerwerksbau.

Mit DIN EN 1996-3 steht für den Mauerwerksbau weiterhin ein vereinfachtes Berechnungsverfahren zur Verfügung. Für übliche Bauvorhaben im Bereich des Ein- und Mehrfamilienhausbaus ist das vereinfachte Verfahren in der Regel ausreichend und führt zu einer deutlichen Verkürzung der Nachweisführung. Der erhöhte Aufwand des genaueren Verfahrens nach DIN EN 1996-1-1 führt nur in Ausnahmefällen zu wirtschaftlicheren Konstruktionen. Es besteht kein „Mischungsverbot“ der Berechnungsverfahren, d.h. für einzelne Bauteile eines Gebäudes kann zwischen den unterschiedlichen Berechnungsverfahren gewechselt werden.

Im Dezember 2019 wurden die Nationalen Anhänge zu EN 1996-1-1 und EN 1996-3 aktualisiert und dabei auch die Anwendungsbedingungen für eine vereinfachte Nachweisführung deutlich erweitert.

Moderne Ziegelprodukte im Mauerwerksbau werden nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) bzw. allgemeinen Bauartgenehmigungen (aBg) verwendet und bemessen.

Durch die Zulassungen/Bauartgenehmigungen können Regelungen der Norm erweitert oder durch abweichende Vorgaben außer Kraft gesetzt werden. Daher ist es zwingend notwendig, diese Regelwerke zu beachten.

1.1 Ziegelkennwerte

STEIN- UND MAUERWERKSKENNWERTE										geeignet für Erdbebenzonen
POROTON® Produkt Zulassung DIBt	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Rohdichteklasse	verfügbare Wanddicken [mm]	Druckfestigkeitsklasse	charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit $f_{t,c}$ [MN/m ²]	mittlere Steindruckfestigkeit f_{st} [N/mm ²]	rech. Steindruckfestigkeit $f_{bt,cal}$ [N/mm ²]	Querkrafttragungsfähigkeitsfaktor k_{VP}	Max.-wert der charakt. Schubfestigkeit max f_{vk} [N/mm ²]	0-1 ○ 0-3 ●
T6,5° Z-17.21-1216	0,065	0,50	365 - 425	4	1,8	5,0	0,130	33%	-	●
T7° Z-17.-21-1212	0,07	0,60	490	4	1,3	5,0	0,130	100%	0,04	●
			365 / 425	6	1,8	7,0	0,182			
T8° Z-17.1-982	0,08	0,60	300 - 425	6	1,8	7,0	0,182	100%	0,04	●
T9° Z-17.1-1213	0,09	0,65	365	6	1,8	7,0	0,182	100%	0,04	●
S8° Objekt Z-17.21-1120	0,08	0,75	365 - 490	10	3,6	12,5	0,250	40%	-	●
S9° Objekt Z-17.1-1181	0,09	0,85	365 - 425	12	5,3	15,0	0,390	50%	-	●
S9°-300 Objekt Z-17.1-1058	0,09	0,75	300	10	3,6	12,5	0,250	50%	-	●
S10° Objekt Z-17.1-1017	0,10	0,75	365	10	3,6	12,5	0,250	50%	-	●
FZ7 Z-17.1-1060	0,07	0,55	365 - 425	6	1,7	7,5	0,195	100%	0,04	●
FZ8 Objekt Z-17.1-1104	0,08	0,75	300 - 490	10 (12) ²	3,6 (4,1) ²	12,5 (15,0) ²	0,250 (0,300) ²	40%	-	●
FZ9 Objekt Z-17.1-1100	0,09	0,9	300 - 425	10	4,2	14,5	0,377	50%	-	●
Plan-U8 Z-17.1-972	0,08	0,60	365 - 490	6	2,1	7,5	0,195	33%	-	●
Plan-U9 Z-17.1-890	0,09	0,65	300 - 425	6	1,4	7,5	0,195	33%	-	●
Plan-T10° Z-17.1-889	0,10	0,65	365 - 425	6	1,8	7,5	0,195	33%	-	●
Plan-T12° Z-17.1-877	0,12	0,65	365 - 490	6	1,8	7,5	0,195	33%	-	●
Plan-T14° Z-17.1-625	0,14	0,70	365	6	3,1	7,5	0,150	100%	-	●
Plan-T16° Z-17.1-490	0,16	0,8	240 - 365	10	4,2	12,5	0,250	100%	-	○
Plan-T0,8 Z-17.1-868	0,39	0,8	115 - 240	8	3,7	10,0	0,260	100%	-	○
Plan-T0,8 - EB Z-17.1-868	0,39	0,8	175 - 240	12	4,7	15,0	0,390	100%	-	●
Plan-T1,0 Z-17.1-868	0,45	1,0	115 - 300	12 (16) ¹	4,7 (5,5) ¹	15,0 (20,0) ¹	0,390 (0,520) ¹	100%	-	○
Plan-T1,2 Z-17.1-868	0,50	1,2	115 - 240	12	4,7	15,0	0,390	100%	-	○
Plan-T1,2 - EB Z-17.1-868	0,50	1,2	175 - 240	20	6,3	25,0	0,650	100%	-	●
Plan-T1,4 Z-17.1-868	0,58	1,4	115 - 240	12	4,7	15,0	0,390	100%	-	●
Planfüllziegel S-Pz® Z-17.1-537	0,80	2,0 verfüllt	175 - 300	8 (10) ³	4,4 (5,0) ³	10,0 (12,5) ³	0,260 (0,325) ³	100%	-	●

¹ Wanddicke 300 mm in Festigkeitsklasse 16, geeignet für Erdbebenzonen 0-3

² Wanddicke 365 mm in Festigkeitsklasse 12

³ Wanddicke 240 mm in Festigkeitsklasse 10 (Werk Aichach)

2. Anwendungsgrenzen

Die Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethoden ist unter der Einhaltung der folgenden Randbedingungen zulässig. Ist eine Anforderung nicht erfüllt, so ist das genauere Berechnungsverfahren gemäß DIN EN 1996-1-1 in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anhang anzuwenden.

Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 1996-3/NA: 2019-12

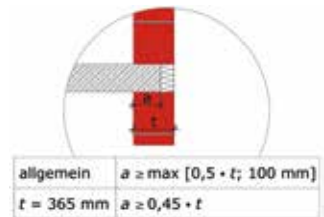
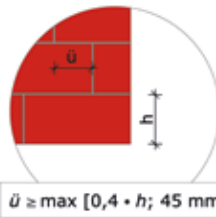
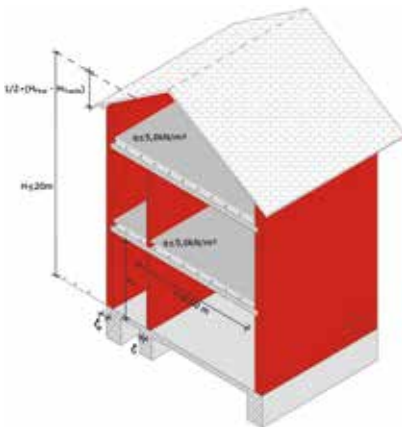
Bauteil	Wanddicke t mm	Max. lichte Wandhöhe h m	Nutzlast $q_k^{1)}$ kN/m ²	Windlast w_k kN/m ²
Tragende Innenwände	≥ 115 < 240	$\leq 2,75^{2)}$	$\leq 5,0$	-
		$\leq 3,60^{3)}$		-
	≥ 240	keine Einschränkung		-
Tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 115	$\leq 2,75^{4)}$	$\leq 3,0$	keine Einschränkung
	≥ 175	$\leq 2,75^{2)}$	$\leq 5,0$	keine Einschränkung
		$\leq 3,0^{3)}$		$\leq 1,25$
		$\leq 3,3^{5)}$		$\leq 1,25$
	≥ 240	$\leq 12 t^{2)}$		keine Einschränkung
	≥ 300	$\leq 3,6^{3)}$		$\leq 1,25$
$\leq 12 t^{2)}$		keine Einschränkung		

¹⁾ einschließlich Zuschlag für nicht tragende innere Trennwände ²⁾ allgemein ³⁾ gilt für Ziegelmauerwerk mit $f_k \geq 3,5$ N/mm²

⁴⁾ Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind. Als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis maximal zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebauten Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand $b \leq 4,50$ m bzw. Randabstand von einer Öffnung $b' \leq 2,0$ m (vergleiche DIN EN 1996-3/NA Tabelle NA.2, Fußnote a und Bild NA.2).

⁵⁾ gilt für Ziegelmauerwerk mit $f_k \geq 4,7$ N/mm² (vergleiche DIN EN 1996-3/NA Tabelle NA.2, Fußnote g)

- Das planmäßige Überbindemaß muss mindestens $0,4 \cdot h$ und mindestens 45 mm betragen.
- Stützweite der aufliegenden Decken $l \leq 6,0$ m, sofern nicht die Biegemomente aus dem Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z. B. Zentrierleisten, begrenzt werden; bei zweiachsig gespannten Decken ist für l die kürzere der beiden Stützweiten einzusetzen;
- Gebäudehöhe über Gelände nicht mehr als 20 m; als Gebäudehöhe darf bei geneigten Dächern das Mittel von First- und Traufhöhe gelten;
- Die Deckenaufgartiefe a muss mindestens die halbe Wanddicke ($0,5 \cdot t$), jedoch mehr als 100 mm betragen. Bei einer Wanddicke von 365 mm darf die Mindestdeckenaufgartiefe auf $0,45 \cdot t$ reduziert werden.



Es wird vorausgesetzt, dass in der Wand nur Biegemomente aus der Deckeneinspannung oder -auflagerung und aus Windlasten auftreten.

3. Lastannahmen nach DIN EN 1991-1-1/NA (Auszug)

Kategorie	Nutzung	Nutzlast q_k [kN/m ²]
A1	Spitzböden	1,0
A2	Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer	1,5
A3	wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten	2,0 (1,5) ¹
B1	Räume und Flure in Bürogebäuden	2,0
B2	Flure in Hotels, Altersheimen, Krankenhäusern etc.; Kellerräume in Wohngebäuden	3,0
C1	Flächen mit Tischen (Schulräume, Restaurants, Kindertagesstätten etc.)	3,0
C2	Flächen mit fester Bestuhlung (Theater, Kinos, Hörsäle, Wartesäle etc.)	4,0
C3	frei begehbare Flächen (Museums-, Ausstellungsflächen etc.)	5,0
D1	Verkaufsräume bis 50 m ² Grundfläche in Wohn- und Bürogebäuden	2,0
D2	Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern	5,0
T1	Treppen und Treppenpodeste zu A und B, ohne schwere Geräte	3,0
T2	Treppen und Treppenpodeste zu B2 bis D	5,0
Z	Dachterrassen, Balkone, Laubengänge, Loggien etc.	4,0

¹⁾ für die Weiterleitung der Lasten auf stützende Bauteile

Trennwandzuschlag für Wände einschl. Putz		q_k [kN/m ²]
	Wandgewicht ≤ 3 kN/m	0,8
	Wandgewicht $> 3,0$ kN/m und $\leq 5,0$ kN/m	1,2

bei Nutzlasten von ≥ 5 kN/m² kann der Trennwandzuschlag entfallen

		Eigengewicht g_k [kN/m ²]
Dächer	Stahlkonstruktion mit Dämmung und Trapezblech	0,6 bis 1,0 [kN/m ² DF]
	Holzkonstruktion mit Dämmung, Deckung und Innenausbau	0,6 bis 1,2 [kN/m ² DF]
	Flachdach (ohne Standardausbau mit Bekiesung exklusive Begrünung)	ca. 2,2 (ca. 1,2) [kN/m ² DF]
	Photovoltaikmodule und Sonnenkollektoren	0,1 bis 0,4 [kN/m ² DF]
Decken	Stahlbeton $d = 20$ cm	5,0
	schwimmender Estrich mit Belag	ca. 1,5
	Doppelboden mit Belag	0,5 bis 0,8
	abgehängte Decken	ca. 0,3
Putze	Kalkzementputz 1,0 cm je Seite	0,2 kN/m ² Wandfläche
	Leichtputz 2,0 cm je Seite	ca. 0,3 kN/m ² Wandfläche

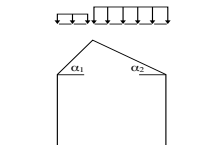
Steinrohddichte in kg/dm ³	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Wichte des Mauerwerks in kN/m ³ bei Normalmörtel	7,5	8	8,5	9	9,5	10	11	12	14	16	16	18	20	22
Wichte des Mauerwerks in kN/m ³ bei Leicht- oder Dünnbettmörtel	6,5	7	7,5	8	8,5	9	10	11	13	15				

3.1 Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3/NA

$$S = \mu_1 \cdot S_k$$

Schneelast auf dem Dach für einzeln stehende Flach-, Pult- und Satteldächer

Dachneigung α	Formbeiwert μ_1
$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	0,8
$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$0,8 \cdot \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$
$\alpha \geq 60^\circ$	0
mit Schneefanggitter	0,8



s_k = charakt. Wert der Schneelast auf dem Boden in kN/m^2
 A = Geländehöhe über Meeresniveau in m

Zone 1: $s_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \geq 0,65 \frac{kN}{m^2}$

Zone 1a: $s_k = 1,25 \cdot \left[0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2\right] \geq 0,81 \frac{kN}{m^2}$

Zone 2: $s_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \geq 0,85 \frac{kN}{m^2}$

Zone 2a: $s_k = 1,25 \cdot \left[0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2\right] \geq 1,06 \frac{kN}{m^2}$

Zone 3: $s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \geq 1,10 \frac{kN}{m^2}$

In den Zonen 2 und 3 können für bestimmte Gebiete höhere Lasten maßgebend sein.

Amtliches Gutachten des Deutschen Weltendienstes vom Mai 2017 mit Anpassungen nach oben und unten beachten. Download als PDF unter: www.irbnet.de/daten/rswb/17109008620.pdf



3.2 Windlasten nach DIN EN 1991-1-4/NA

Die Windeinwirkungen werden durch eine vereinfachte Anordnung von Winddrücken erfasst.

$$W_e = C_{pe,10} \cdot q_p$$

W_e = Windaußendruck auf Oberflächen
 $C_{pe,10}$ = aerodynamischer Beiwert (Lasteinzugsfläche > 10m²)
 q_p = Böengeschwindigkeitsdruck

$C_{pe,10}$ für Außenwände

h/b	$C_{pe,10,Druck}$	$C_{pe,10,Sog}$
≥ 5	+0,8	-0,5
1	+0,8	-0,5
$\leq 0,25$	+0,7	-0,3

$C_{pe,10}$ für Sattel- und Flachdächer

α	luv	lee
0°	-0,7 / +0,2	
5°	-0,6	-0,6
15°	-0,3 / +0,2	-0,4
30°	-0,2 / +0,4	-0,4
45°	+0,6	-0,2
60°	+0,7	-0,2

h Höhe des Baukörpers
 b Breite des Baukörpers quer zum Wind

Windzone	Geschwindigkeitsdruck q_p in kN/m^2 bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von			
		$h \leq 10 m$	$10 m < h \leq 18 m$	$18 m < h \leq 25 m$
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
	Binnenland	0,65	0,80	0,90
2	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
	Binnenland	0,80	0,95	1,10
3	Küsten und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
	Binnenland	0,95	1,15	1,30
4	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	-	-



4. Ausfachungsflächen

Bei vorwiegend windbelasteten, nichttragenden Ausfachungswänden ist kein gesonderter Nachweis erforderlich, wenn:

- a) die Wände vierseitig gehalten sind (z.B. durch Verzahnung, Versatz oder Anker) und
- b) die Größe der Ausfachungsflächen nach Tabelle (rechts) eingehalten ist, wobei h_i die Höhe und l_i die Länge der Ausfachungsfläche ist.

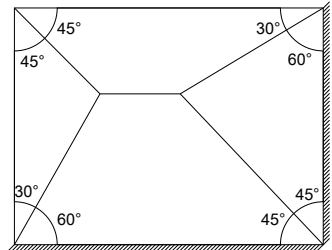
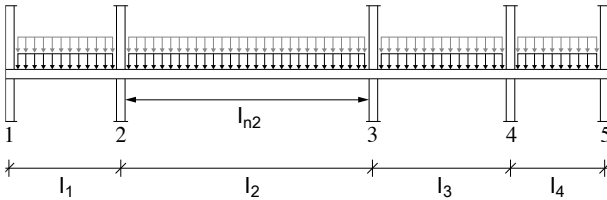
Wanddicke t [mm]	1	2	3	4	5
	größte zulässige Werte ^{a,b} der Ausfachungsfläche in m ² bei einer Höhe über Gelände von				
	0 m bis 8 m		8 m bis 20 m ^c		
	$h_i / l_i = 1,0$	$h_i / l_i \geq 2,0$ oder $h_i / l_i \leq 0,5$	$h_i / l_i = 1,0$	$h_i / l_i \geq 2,0$ oder $h_i / l_i \leq 0,5$	
115 ^d	12	8	-	-	
150 ^d	12	8	8	5	
175	20	14	13	9	
240	36	25	23	16	
≥ 300	50	33	35	23	

- a Bei Seitenverhältnissen $0,5 < h_i / l_i < 1,0$ und $1,0 < h_i / l_i < 2,0$ dürfen die größten zulässigen Werte der Ausfachungsflächen gradlinig interpoliert werden.
- b Die angegebenen Werte gelten für Mauerwerk mindestens der Steindruckfestigkeitsklasse 4 mit Normalmauermörtel mindestens der Klasse M5 und Dünnbettmörtel.
- c In Windzone 4 nur im Binnenland zulässig.
- d Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklasse ≥ 12 dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.

5. Lastermittlung

In gewöhnlichen Wohnungs- und Bürogebäuden können die veränderlichen Lasten nach EN 1991-1 als gleichzeitig auf einer Decke wirkend (d. h. die gleiche Last auf allen Feldern oder keine Last, wenn dies maßgebend ist) angesehen werden.

Quelle: DIN EN 1996-1-1, 2.4.2, Anmerkung 2



Lastenverteilung bei vierseitig gelagerten Platten

Auflagerkräfte bei einseitig gespannten Decken

		Berücksichtigung der Durchlaufwirkung
Außenwände	1 und 5	Nein
erste Innenwand	2 und 4	ja
Innenwände	3	nur dann, wenn $l_3 < 0,7 \cdot l_2$

Effektive Spannweite $l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$ mit $a_i = \min \{0,5 t ; 0,5 a\}$

5.1 Aufteilung von horizontalen Lasten

Bei statisch bestimmten Wandsystemen erfolgt die Aufteilung der Horizontallast auf einzelne Wandscheiben anhand der Gleichgewichtsbedingungen. Bei statisch unbestimmten Wandsystemen erfolgt die Aufteilung der Horizontallast anhand der Verträglichkeitsbedingungen.

Hierfür wird üblicherweise ein Rechenprogramm eingesetzt. Es dürfen 15% der Horizontallasten einer Wand auf andere Wände umgelagert werden.

6. Brandschutz

Siehe DIN EN 1996-1-2 / NA: 2013-06, Tabellen NA.B.1.1-1.5. Die bauaufsichtlichen Zulassungen/Bauartgenehmigungen sind zu beachten!

7. Einwirkungskombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Bei Wohn- und Bürogebäuden darf der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft im Allgemeinen vereinfacht mit den folgenden Einwirkungskombinationen bestimmt werden:

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$$

In Hochbauten mit Decken aus Stahlbeton, die mit charakteristischen Nutzlasten einschließlich Trennwandzuschlag von maximal 3 kN/m² belastet sind, darf vereinfachend angesetzt werden:

$$N_{Ed} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$$

Im Fall größerer Biegemomente, z.B. bei Windscheiben, ist auch der Lastfall $\max M + \min N$ zu berücksichtigen. Dabei gilt:

$$\min N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$$

8. Vertikaler Tragwiderstand

Nachweis Grenzzustand der Tragfähigkeit

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

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks:

$$N_{Rd} = \phi_{1,2} \cdot f_d \cdot A$$

A : Bruttoquerschnittsfläche der Wand $A = l \cdot t$

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

- f_d Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks
 - f_k charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks
 - ζ Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Langzeiteinwirkungen
 = 0,85 für eine dauernde Beanspruchung infolge von Eigengewicht, Schnee- und Verkehrslasten (= Regelfall)
 = 1,0 für kurzzeitige Beanspruchungsarten (z.B. infolge Stoßbelastung/Anprall)
 - γ_M Teilsicherheitsbeiwert für das Material 1,5 (für gewöhnliche Bemessungssituationen)
- Bei Wand-Querschnittsflächen kleiner als 0,1 m² ist die Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks mit dem Faktor 0,8 zu multiplizieren.

- $\phi_{1,2}$ Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Deckeneinspannung und des Knickens
- ϕ_1 = Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Deckeneinspannung
- ϕ_2 = Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Knickgefahr

Bei Wänden als Endauflager von Decken:

$$\text{für } f_k \geq 1,8 \frac{N}{mm^2} : \phi_1 = \left(1,6 - \frac{l_f}{6}\right) \cdot \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

$$\text{für } f_k < 1,8 \frac{N}{mm^2} : \phi_1 = \left(1,6 - \frac{l_f}{5}\right) \cdot \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

Wird die Traglastminderung infolge Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z.B. Zentrierleisten, vermieden so gilt

$$\phi_1 = 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

Über dem obersten Geschoss $\phi_1 = 0,33 \cdot \frac{a}{t}$

Bei Wänden, die als Zwischenaufleger dienen, wird $\phi_1 = 0,9$

$$\text{Knicken: } \phi_2 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2$$

Maßgebend für die Bemessung ist der kleinere der Werte ϕ_1 und ϕ_2 : $\phi_{1,2} = \min \{\phi_1; \phi_2\}$

- l_f Die Stützweite der angrenzenden Geschossdecke in m, bei zweiachsig gespannten Decken mit $0,5 \leq l_1/l_2 \leq 2,0$ darf für l_f das 0,85-fache der kürzeren Stützweite eingesetzt werden.
- a Deckenauflagertiefe
- t Dicke der Wand

Knicklänge von Wänden

Bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken oder Rippendecken nach DIN EN 1992-1 (mit nationalem Anhang) mit lastverteilenden Balken darf bei 2-seitig gehaltenen Wänden die Einspannung der Wand in den Decken durch eine Abminderung der Knicklänge berücksichtigt werden:

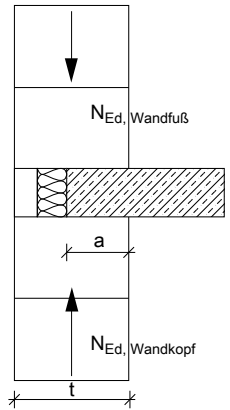
$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h$$

- h_{ef} Knicklänge h = lichte Geschosshöhe
- ρ_2 Abminderungsfaktor der Knicklänge von 2-seitig (d.h. am Kopf und Fuß) knickgehaltenen Wänden
 0,75 für Wanddicke $t \leq 175$ mm
 0,90 für Wanddicke $175 \text{ mm} < t \leq 250$ mm
 1,00 für Wanddicke $t > 250$ mm
- $h_{ef}/t \leq 27$

Eine Abminderung der Knicklänge mit $\rho_2 < 1,0$ ist jedoch nur zulässig, wenn folgende erforderliche Auflagertiefen a gegeben sind:

- $t \geq 240$ mm $a \geq 175$ mm
- $t < 240$ mm $a = t$

monolithische Außenwand



Bei Außenwänden aus Wärmedämmziegeln wird eine Mindestauflagertiefe $a \geq 2/3 t$ empfohlen.

Überprüfung der Mindestauflast

Es ist sicherzustellen, dass die Einwirkungen aus Wind von den Außenwänden auf die angrenzenden Bauteile übertragen werden.

Für Wände, die als Endauflager für Decken oder Dächer dienen und durch Wind beansprucht werden, darf der Nachweis der Mindestauflast der Wand im vereinfachten Verfahren nach folgender Gleichung erfolgen:

$$N_{Ed} \geq \frac{3 \cdot q_{Ewd} \cdot h^2 \cdot b}{16 \cdot \left(a - \frac{h}{300}\right)}$$

- h lichte Geschosshöhe
- q_{Ewd} Bemessungswert der Windlast je Flächeneinheit
- N_{Ed} Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in Wandmittenhöhe im nachzuweisenden Wandquerschnitt
- b Einwirkungsbreite der Windlast
- a Deckenauflagertiefe

Zu beachten ist, dass günstig wirkende veränderliche Lasten nicht eingerechnet werden dürfen und die ständigen Einwirkungen lediglich 1,0-fach. Treten abhebende veränderliche Einwirkungen auf, so sind diese 1,5-fach einzurechnen.

9. Horizontaler Tragwiderstand

Auf einen rechnerischen Nachweis der Aussteifung darf nach DIN EN 1996-3 mit nationalem Anhang verzichtet werden, wenn die Geschossdecken als steife Scheiben ausgebildet sind bzw. statisch nachgewiesene, ausreichend steife Ringbalken vorliegen und wenn in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine offensichtlich ausreichende Anzahl von genügend langen aussteifenden Wänden vorhanden ist, die ohne größere Schwächungen und ohne Versprünge bis auf die Fundamente geführt sind.

Ist bei einem Bauwerk nicht von vornherein erkennbar, dass seine Aussteifung gesichert ist, so ist gemäß DIN EN 1996-3 mit nationalem Anhang, NDP zu 4.1.1(1) ein rechnerischer Nachweis der Schubtragfähigkeit nach dem genaueren Verfahren nach DIN EN 1996-1-1:2010-12, 6.2, in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anhang zu führen. Besondere Hinweise der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen sind zu beachten.

Es gilt:

$$V_{Ed} \leq V_{Rdlt}$$

V_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
 V_{Rdlt} Minimaler Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit

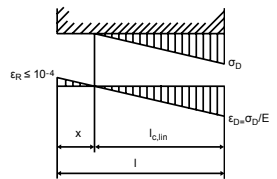
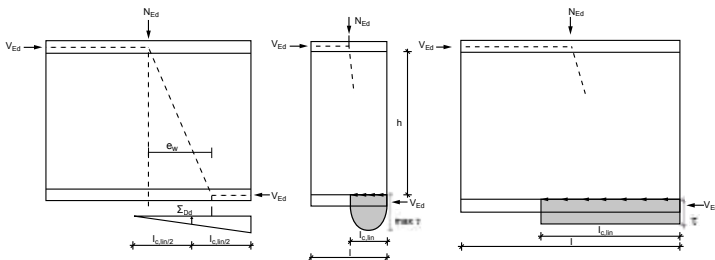
$$V_{Rdlt} = I_{cal} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot \frac{t}{c} \cdot K_{vp}$$

K_{vp} Querkrafttragfähigkeitsfaktor nach Tabelle 1.1 (Seite 2)
 t Wanddicke
 c Schubspannungsverteilungsfaktor
 1,0 für $h/l \leq 1,0$
 1,5 für $h/l \geq 2,0$
 Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.
 Bei Berücksichtigung einer Einspannung der Wände in Scheibenebene in die Decken: s. Anhang H von DIN EN 1996-1-1
 h lichte Wandhöhe
 l Länge der Wandscheibe
 $I_{cal} = \min \{1,125 \cdot l; 1,333 \cdot l_{c,lin}\}$
 Bei Berechnung der Aussteifungsscheibe unter Windlast als Kragwandsystem, ansonsten: $I_{cal} = 1,0 \cdot l_{c,lin}$

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

$e_w = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$ $l_{c,lin}$ für die Berechnung anzusetzende überdeckte Länge der Wandscheibe
 e_w Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandlängsrichtung

M_{Ed} Bemessungswert des einwirkenden Momentes in Wandlängsrichtung
 N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft



Spannungs- und Dehnungsverteilung bei exzentrisch belasteten Querschnitten

Bemessungswert der Schubfestigkeit f_{vd}

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M} = \frac{f_{vlt}}{\gamma_M}$$

$\gamma_M = 1,5$ = Teilsicherheitsbeiwert
 $f_{vk} = f_{vlt}$ = charakteristische Schubfestigkeit

Für Scheibenschub bei unvermörtelten Stoßfugen gilt:

$$f_{vlt} = \min \{f_{vlt1}; f_{vlt2}\} \leq \max f_{vk}^*$$

$$f_{vlt1} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

Reibungsversagen

$$f_{vlt2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}}$$

Steinzugversagen

* bei Zulassungsprodukten

Wird die Haftscherfestigkeit rechnerisch in Ansatz gebracht, ist zusätzlich ein Randdehnungsnachweis zu führen

f_{vk0} Haftscherfestigkeit für Dünnbettmörtel = 0,22 N/mm²

σ_{Dd} Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung für Rechteckquerschnitte gilt:

$$\sigma_{Dd} = \frac{N_{Ed}}{l_{c,lin} \cdot t}$$

$f_{bt,cal}$ rechnerische Steinzugfestigkeit
 0,020 · f_{st} für Hohlblocksteine
 0,026 · f_{st} für Hochlochsteine und Steine mit Grifföchern oder Griffaschen
 0,032 · f_{st} für Vollsteine ohne Grifföcher oder Griffaschen
 f_{st} umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit nach Tabelle 1.1 (Seite 2)

Randdehnungsnachweis

Sofern der Rechenwert der Haftscherfestigkeit bei der Ermittlung der Schubfestigkeit in Ansatz gebracht wird, ist bei Windscheiben mit klaffender Fuge unter charakteristischen Lasten ($e_{w,k} > l/6$) zusätzlich die rechnerische Randdehnung $\epsilon_R \leq 10^{-4}$ nachzuweisen.

$$\epsilon_R = \frac{\sigma_D}{E} \cdot \left[\frac{I}{I_{c,lin}} - 1 \right] \leq 10^{-4}$$

mit $E = 1100 \cdot f_k$

$$\sigma_D = \frac{2 \cdot N_{Ek}}{A_{c,lin}} = \frac{2 \cdot N_{Ek}}{I_{c,lin} \cdot t}$$

mit N_{Ek} = einwirkende Normalkraft der charakteristischen Bemessungssituation

Biegedrucktragfähigkeit

Bei querkraftbeanspruchten Wandscheiben ist stets auch der Biegedrucknachweis um die starke Achse unter Berücksichtigung der Lastfallkombination max M + min N zu führen.

Es gilt:

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

$$N_{Rd} = A \cdot f_d \cdot \phi_y$$

$$\phi_y = 1 - 2 \cdot \frac{\epsilon_w}{l}$$

Kombinierte Beanspruchung

Bei einer kombinierten Beanspruchung aus Biegung um die starke und um die schwache Achse ist zusätzlich ein Biegedrucknachweis (Knicknachweis) in halber Wandhöhe zu führen. Vereinfachend dürfen die Abminderungsfaktoren der beiden Achsen multiplikativ kombiniert werden:

$$N_{Rd,mittle} = A \cdot f_d \cdot \phi_x \cdot \phi_y$$

- ϕ_x Abminderungsfaktor in Wandmitte für Biegung um die schwache Achse ($\phi_x = \phi_2$)
- ϕ_y Abminderungsfaktor in Wandmitte für Biegung um die starke Achse

$$\phi_y = 1 - 2 \cdot \frac{\epsilon_{w,mittle}}{l}$$

10. Kelleraußenwände

Voraussetzungen für die Anwendungen des vereinfachten Verfahrens:

- Wanddicke $t \geq 240$ mm
- lichte Höhe der Kellerwand $h \leq 2,60$ m
- Die Kellerdecke wirkt als Scheibe und kann die aus dem Erddruck entstehenden Kräfte aufnehmen.
- Im Einflussbereich des Erddruckes auf die Kellerwand beträgt der charakteristische Wert q_k der Verkehrslast auf der Geländeoberfläche nicht mehr als 5 kN/m^2 .
- Geländeoberfläche steigt nicht an
- Anschüttungshöhe $h_e \leq 1,15 \cdot h$
- keine Einzellast größer als 15 kN im Abstand von weniger als $1,5 \text{ m}$ zur Kellerwand vorhanden
- kein hydrostatischer Druck vorhanden (z.B. durch drückendes Wasser)

Nachweis der maximalen und der minimalen Auflast in halber Höhe der Anschüttung:

$$N_{Ed,max} \leq \frac{t \cdot b \cdot f_d}{3}$$

$$N_{Ed,min} \geq \frac{\rho_e \cdot b \cdot h_e^2 \cdot h}{\beta \cdot t}$$

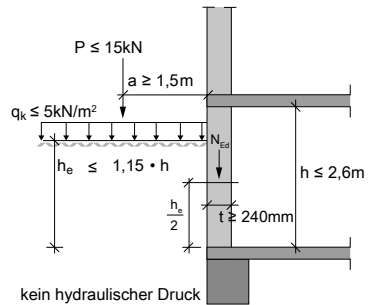
Folgende Vorgaben zur Verfüllung und Verdichtung des Arbeitsraums sind unbedingt einzuhalten!

- Verdichtungsgerät Breite ≤ 50 cm
- Wirtktiefen $z \leq 35$ cm
- Gewicht bis ca. 100 kg bzw. Zentrifugalkräfte bis max. 15 kN

Die Verfüllung des Arbeitsraums darf erst erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass die in den rechnerischen Nachweisen angesetzten Auflasten vorhanden sind.

Um ein Gleiten der Wand auf der Bodenplatte zu verhindern, muss die waagerechte Abdichtung in oder unter Wänden (Querschnittsabdichtung) aus

- besandeter Bitumendachbahn (z.B. R500 nach DIN EN 14967 in Verbindung mit DIN SPEC 20000-202)
- mineralische Dichtungsschlämme nach DIN 18533-3
- Material mit mindestens gleichwertigem Reibungsverhalten bestehen.



$$\beta = \begin{cases} 20 & \text{für } b_c \geq 2h \\ 60 - \frac{20b_c}{h} & \text{für } h < b_c < 2h \\ 40 & \text{für } b_c \leq h \end{cases}$$

b_c = horizontaler Abstand zwischen aussteifenden Querwänden oder anderen aussteifenden Elementen

11. Schlitzte und Aussparungen

Nach Abschnitt 8.6 der DIN EN 1996-1-1 mit nationalem Anhang sind Schlitzte und Aussparungen in tragenden Wänden aus Mauerwerk zulässig, wenn sie die Standsicherheit der Wände nicht gefährden.

Schlitzte und Aussparungen, welche die in der Tabelle A bzw. Tabelle B angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten, dürfen bei der Bemessung vernachlässigt werden. Überschreiten die

Abstände und Abmessungen der Schlitzte und Aussparungen die in den Tabellen A und B angegebenen Werte, so sind diese bei der Bemessung der Mauerwerkswände durch eine Verringerung der Querschnittswerte zu berücksichtigen. Beträgt die Querschnittsschwächung der Wand im Grundriss infolge eines vertikalen Schlitztes bezogen auf 1 m Wandlänge nicht mehr als 6 %, so darf ein Nachweis der Schwächungen entfallen.

Tabelle A: Ohne Nachweis zulässige **nachträglich hergestellte** Schlitzte und Aussparungen in tragenden Wänden

1	2	3	4	5	6
Wanddicke t in mm	Horizontale und schräge Schlitzte ¹⁾ , nachträglich hergestellt		Vertikale Schlitzte und Aussparungen, nachträglich hergestellt		
	Schlitzlänge		Schlitztiefe ⁴⁾ in mm	Einzelschlitzbreite ⁵⁾ in mm	Abstand der Schlitzte und Aussparungen von Öffnungen in mm
	unbeschränkt	≤ 1,25 m ⁹⁾			
	Schlitztiefe ³⁾ in mm	Schlitztiefe in mm			
≥ 115	-	≤ 10	≤ 100		
≥ 175	0	≤ 25	≤ 30	≤ 100	≥ 115
≥ 240	≤ 15	≤ 25	≤ 30	≤ 150	
≥ 300	≤ 20	≤ 30	≤ 30	≤ 200	
≥ 365	≤ 20	≤ 30	≤ 30	≤ 200	

- 1) Horizontale und schräge Schlitzte sind nur zulässig in einem Bereich ≤ 0,4 m ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Sie sind nicht zulässig bei Langlochziegeln.
- 2) Mindestabstand in Längsrichtung von Öffnungen ≥ 490 mm, vom nächsten Horizontalschlitz zweifache Schlitzlänge.
- 3) Die Tiefe darf um 10 mm erhöht werden, wenn Werkzeuge verwendet werden, mit denen die Tiefe genau eingehalten werden kann. Bei Verwendung solcher Werkzeuge dürfen auch in Wänden ≥ 240 mm gegenüberliegende Schlitzte mit jeweils 10 mm Tiefe ausgeführt werden.
- 4) Schlitzte, die bis maximal 1 m über Fußboden reichen, dürfen bei Wanddicken ≥ 240 mm bis 80 mm Tiefe und 120 mm Breite ausgeführt werden.
- 5) Die Gesamtbreite von Schlitzten nach Spalte 5 der Tabelle A und Spalte 2 der Tabelle B darf je 2 m Wandlänge die Maße in Spalte 2 der Tabelle B nicht überschreiten. Bei geringeren Wandlängen als 2 m sind die Werte in Spalte 2 der Tabelle B proportional zur Wandlänge zu verringern.

Tabelle B: Ohne Nachweis zulässige vertikale Schlitzte und Aussparungen im gemauerten Verband

1	2	3	4	5
Wanddicke t in mm	Vertikale Schlitzte und Aussparungen in gemauertem Verband			
	Schlitzbreite ¹⁾ in mm	Restwanddicke in mm	Mindestabstand der Schlitzte und Aussparungen	
			von Öffnungen	untereinander
	≥ 115	-		≥ 2fache Schlitzbreite bzw. ≥ 240 mm
≥ 175	≤ 260	≥ 115		
≥ 240	≤ 385	≥ 115		
≥ 300	≤ 385	≥ 175		
≥ 365	≤ 385	≥ 240		

- 1) Die Gesamtbreite von Schlitzten nach Spalte 2 darf je 2 m Wandlänge die Maße in Spalte 2 nicht überschreiten. Bei geringeren Wandlängen als 2 m sind die Werte in Spalte 2 proportional zur Wandlänge zu verringern.

Die bauaufsichtliche Zulassung ist aufgrund z.T. abweichender Vorgaben stets zu beachten!

12. Hinweise zum Entwurf

- Durch einen möglichst regelmäßigen Grundriss kann ein gleichmäßiger Lastabtrag und eine ausgewogene Beanspruchung von Mauerwerkswänden durch vertikale und horizontale Lasten erreicht werden.
- Aufgrund unterschiedlichen Schwindverhaltens und wegen der unterschiedlichen Steifigkeit sollte Mischmauerwerk vermieden werden.
- Um Relativverformungen zwischen Wänden und den aufliegenden Decken zwangsfrei zuzulassen, ist in diesen Bereichen eine horizontale Trennschicht erforderlich. Als Trennschicht ist eine besandete Bitumendachbahn R500 zu empfehlen.
- Bei der obersten Geschossdecke ist wegen fehlender Auflast ein Abheben der Ecken zu vermeiden. Dazu kann eine ausreichend steife Aufkantung oder eine Verankerung in die darunterliegenden Geschosse ausgeführt werden.