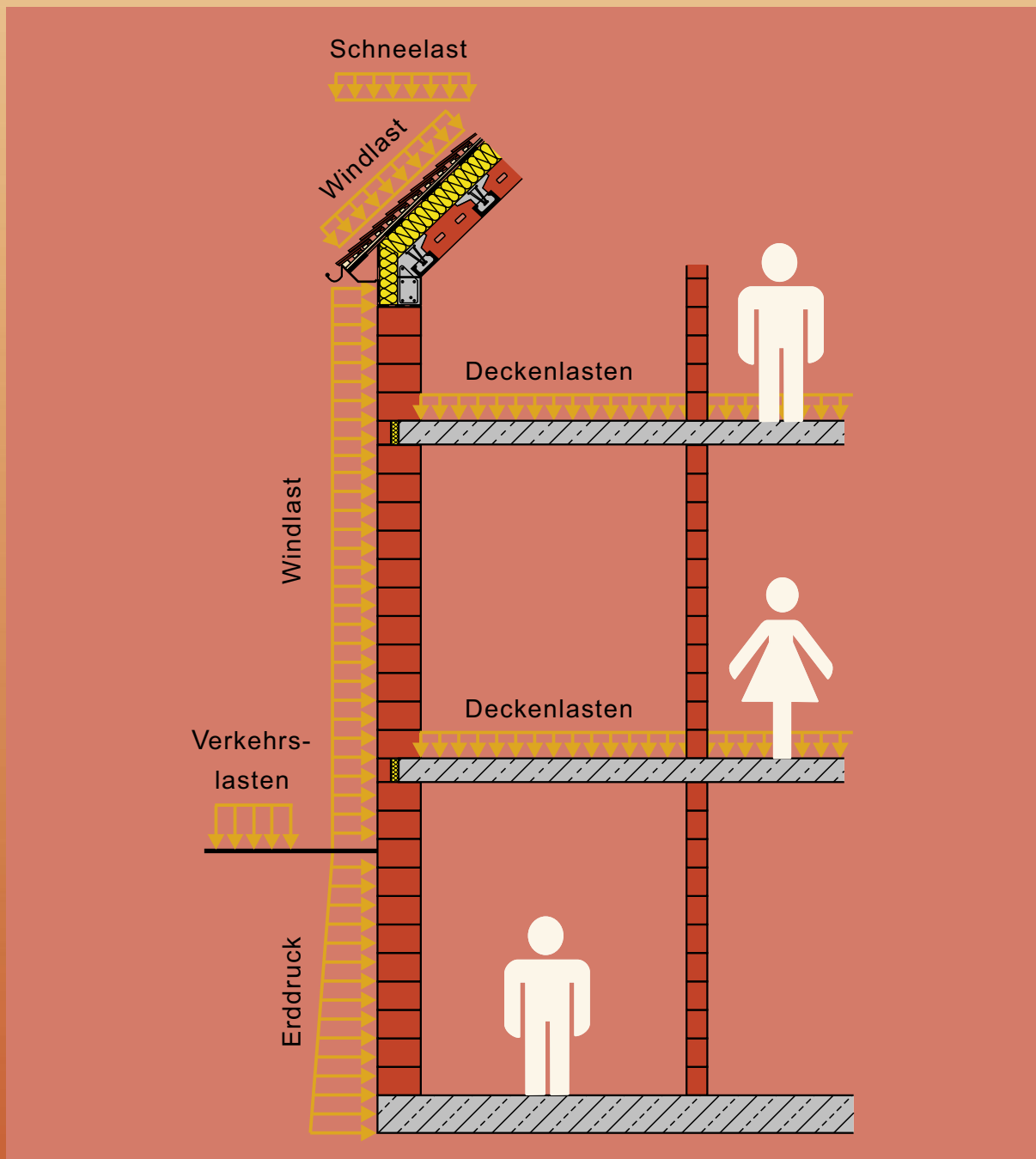


Bemessung von Ziegelmauerwerk

Ziegelmauerwerk nach DIN 1053-100
Vereinfachtes Verfahren



ZIEGEL

		Seite
1	Einführung	1
2	Sicherheitskonzept und Nachweisverfahren der DIN 1053-100	2
3	Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens in DIN 1053-100, Abschnitt 8.1	5
4	Nachweis der aufnehmbaren Normalkraft bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100	6
5	Schubnachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100	9
6	Nachweis von Kelleraußenwänden	12
7	Bemessungsbeispiele	15
7.1	Gebäudebeschreibung	15
7.2	Position 1: Außenwand im 2. Obergeschoss	17
7.3	Position 2: Tragende Innenwand im Erdgeschoss	23
7.4	Position 3: Kelleraußenwand	41

Sicherheitskonzept und Nachweisverfahren der DIN 1053-100

Allgemeines

Mauerwerk ist nach DIN 1053-100 in der Regel im Grenzzustand der Tragfähigkeit nachzuweisen. Der Bemessungswert des Widerstandes R_d muss mindestens so groß wie der Bemessungswert der Einwirkungen E_d sein.

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \leq R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (1)$$

E_d	Bemessungswert der Einwirkung
E_k	charakteristischer Wert der Einwirkung
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung, s. Tabelle 1
R_d	Bemessungswert des Widerstandes
R_k	charakteristischer Wert des Widerstandes
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes, s. Tabelle 3

Bemessungswert der Einwirkung E_d

Der Bemessungswert der Einwirkung wird aus der maßgebenden Kombination der ständigen und veränderlichen Einwirkungen nach DIN 1055 ermittelt.

In Gebäuden darf nach DIN 1053-100, Anhang A, der Bemessungswert der Einwirkung für Bemessungssituationen mit einer veränderlichen Einwirkung vereinfachend zu:

$$E_d = \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot Q_{k,1} \quad (2)$$

und bei mehreren veränderlichen Einwirkungen zu

$$E_d = \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,5 \cdot (Q_{k,1} + \psi_{0,i} \cdot \sum Q_{k,i}) \quad (3)$$

angenommen werden.

mit:

G_k	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung
Q_k	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der veränderlichen Leiteinwirkung
$\psi_0 \psi_1 \psi_2$	Kombinationsbeiwerte nach Tabelle 2 gesetzt werden.

Tabelle 1: Wichtige Teilsicherheitsbeiwerte γ_F der Einwirkungen für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Einwirkung	ungünstige Einwirkung	günstige Einwirkung	außergewöhnliche Bemessungssituation
ständige Einwirkung (G) z.B. Eigengewicht, Ausbau- last, Erddruck	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_{GA} = 1,00$
veränderliche Einwirkung (Q) z.B. Wind, Schnee, Nutzlasten	$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,00$

Tabelle 2: Kombinationsbeiwerte ψ nach DIN 1055-100

Einwirkung	Kombinationsbeiwert		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten auf Decken von:			
Wohn- und Büroräumen	0,7	0,5	0,3
Versammlungs- und Verkaufsräumen	0,7	0,7	0,6
Lagerräumen	1,0	0,9	0,8
Windlasten	0,6	0,5	0
Schneelasten bis 1000 m ü.NN	0,5	0,2	0
über 1000 m ü. NN	0,7	0,5	0,2

Tabelle 3: Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Baustoffeigenschaften (DIN 1053-100, Tabelle 1)

	γ_M	
	normale Einwirkungen	außergewöhnliche Einwirkungen
Mauerwerk	$1,5 \cdot k_0$	$1,3 \cdot k_0$
Verbund, Zug- und Druckwiderstand von Wandankern und Bändern	2,5	2,5
k_0 Faktor zur Berücksichtigung der Wandlänge		
k_0 1,0 für Wände		
k_0 1,0 für „kurze Wände“ ($400 \text{ cm}^2 \leq A < 1000 \text{ cm}^2$), die aus einem oder mehreren ungetrennten Steinen oder aus getrennten Steinen mit einem Lochanteil von weniger als 35 % bestehen und nicht durch Schlitzte oder Aussparungen geschwächt sind		
k_0 1,25 für alle anderen „kurzen Wände“ ($400 \text{ cm}^2 \leq A < 1000 \text{ cm}^2$)		

2 Sicherheitskonzept und Nachweisverfahren der DIN 1053-100

Bemessungswert des Widerstands R_d

Der Bemessungswert des Widerstands R_d wird aus den charakteristischen Werten des Widerstands R_k und den Teilsicherheitsbeiwerten γ_M nach DIN 1053-100 zu

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (4)$$

ermittelt.

Die wichtigsten Informationen zum Sicherheitskonzept der DIN 1053-100 sind im Anhang A der Norm zusammengestellt.

Mischungsverbot mit DIN 1053-1

Die Bemessungsregeln der DIN 1053-100 dürfen innerhalb eines Bauwerks nicht mit den Bemessungsregeln der DIN 1053-1, 1996 kombiniert werden.

Ein entsprechendes Mischungsverbot ist bauaufsichtlich in der Musterliste der technischen Baubestimmungen, Ausgabe September 2006, Anlage 2.2/6, enthalten.

Die Mauerwerksbemessung muss also für alle Bauteile innerhalb eines Bauwerks entweder nach dem globalen Sicherheitskonzept oder nach dem Teilsicherheitskonzept erfolgen.

Nachweisverfahren

Der Nachweis von Mauerwerkbauteilen kann auch nach DIN 1053-100 wie bisher bekannt nach einem vereinfachten Verfahren (Abschnitt 8) oder einem genaueren Verfahren (Abschnitt 9) durchgeführt werden.

Bei üblichen Ziegelbauteilen ist das vereinfachte Verfahren in der Regel völlig ausreichend, der erhöhte Nachweisaufwand des genaueren Verfahrens ist in der Regel nicht in wirtschaftlichere Konstruktionen umsetzbar. Es besteht allerdings kein Mischungsverbot, so dass einzelne Bauteile eines Gebäudes mit dem genaueren Verfahren nachgewiesen werden können. Ein Sonderfall, bei dem dies sinnvoll sein kann, ist der Schubnachweis, bei dem die Bemessung nach dem genaueren Verfahren eine deutlich höhere Ausnutzung des Mauerwerks erlaubt.

Diese Broschüre beschränkt sich daher vorwiegend auf das vereinfachte Verfahren, für den Schubnachweis wird allerdings zusätzlich der Bemessungsalgorithmus für das genauere Verfahren dargestellt.

3 Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens in DIN 1053-100, Abschnitt 8.1

Voraussetzungen

Das vereinfachte Verfahren kann immer angewendet werden, wenn die geometrischen und konstruktiven Randbedingungen des Abschnitts 8.1 und der Tabelle 2 der DIN 1053-100 eingehalten sind.

Die Gebäudehöhe darf nicht größer als 20 m und die Stützweite der aufliegenden Decken muss kleiner oder gleich 6 m sein. Die Gebäudehöhe ist bei geneigten Dächern als Mittelwert zwischen First- und Traufhöhe definiert.

Für unterschiedliche Bauteile (Innen- und Außenwände) sind in Abhängigkeit von der Wanddicke maximal zulässige Geschosshöhen und Nutzlasten bei Anwendung des vereinfachten Verfahrens angegeben. Tabelle 4 enthält einen Auszug aus der Tabelle 2 der DIN 1053-100 mit allen für Ziegelbauten wichtigen Angaben.

Tabelle 4: Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens nach DIN 1053-100 für übliche Ziegelwandkonstruktionen

Lfd. Nr.	Bauteil	Wanddicke d mm	lichte Wandhöhe h_s m	Nutzlast q_k kN/m ²
1	Innenwände	≥ 115 < 240	$\leq 2,75$	$\leq 5,00$
2		≥ 240	keine Einschränkung	
3	einschalige Außenwände	≥ 175 < 240	$\leq 2,75$	
4		≥ 240	$\leq 12 \cdot d^1)$	
5	Tragschale zweischaliger Außenwände und zweischaliger Haustrennwände	≥ 175 < 240	$\leq 2,75$	$\leq 3,00$ inklusive Trennwandzuschlag
6		≥ 240	$\leq 12 \cdot d^1)$	$\leq 5,00$

¹⁾ d Wanddicke

4 Nachweis der aufnehmbaren Normalkraft bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100

Nachweis

Die Standsicherheit von Wänden bei Normalkraft-Bbeanspruchung wird nach DIN 1053-100 durch den Vergleich der vorhandenen Normalkraft N_{Ed} mit der maximal aufnehmbaren Normalkraft N_{Rd} nachgewiesen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad (5)$$

Das vereinfachte Verfahren ist in Abschnitt 8 der Norm beschrieben.

Bemessungswert der vorhandenen Normalkraft N_{Ed}

In Hochbauten darf angesetzt werden:

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk} \quad (6)$$

In Hochbauten mit Stahlbetondecken und charakteristischen veränderlichen Lasten $q_k \leq 2,5 \text{ kN/m}^2$ darf vereinfacht angesetzt werden:

$$N_{Ed} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk}) \quad (7)$$

Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft N_{Rd}

$$N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d \quad (8)$$

mit

Φ Abminderungsfaktor $\min(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3)$

A beanspruchter Querschnitt

f_d Bemessungswert der Druckfestigkeit

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

f_k charakteristische Mauerwerkdruckfestigkeit, siehe Tabelle 5

Tabelle 5: Charakteristische Werte f_k der Mauerwerkdruckfestigkeit für Ziegelmauerwerk nach DIN 1053-100

Ziegelfestigkeitsklasse	Normalmörtel				Leichtmörtel	
	II	IIa	III	IIIa	LM21	LM36
	N/mm ²					
4	2,2	2,5	2,8		1,5	2,2
6	2,8	3,1	3,7		2,2	2,8
8	3,1	3,7	4,4		2,5	3,1
10	3,4	4,4	5,0		2,7	3,3
12	3,7	5,0	5,6	6,0	2,8	3,4
16	4,4	5,5	6,6	7,7		
20	5,0	6,0	7,5	9,4		
28	5,6	7,2	9,4	11,0		
36			11,0	12,5		

4 Nachweis der aufnehmbaren Normalkraft bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Materialeigenschaften, siehe Tabelle 3

η Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinwirkungen, i.a. gilt $\eta = 0,85$

Abminderungsfaktoren Φ

Φ_1 bei vorwiegender Biegebeanspruchung (z.B. Windscheiben):

$$\Phi_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e}{b} \quad (9)$$

mit: (10)

e Exzentrizität

b Wandlänge

Bei Plattenbeanspruchung ist $b = d$ zu setzen

Φ_2 bei Knickgefahr:

$$\Phi_2 = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_k}{d} \right)^2 \quad (10)$$

mit:

h_k Knicklänge

d Wanddicke

Bei flächig aufgelagerten massiven Decken nach DIN 1045-1 oder DIN 1045-100 mit lastverteilenden Balken und falls keine größeren horizontalen Lasten als die planmäßigen Windlasten rechtwinklig auf die Wände wirken wird die Knicklänge zu:

$$h_k = \beta \cdot h_s \quad (11)$$

mit:

h_s lichte Geschosshöhe

β Abminderungsbeiwert

$\beta = 0,75$ für Wanddicke $d \leq 175$ mm;

$\beta = 0,90$ für Wanddicke $175 \text{ mm} < d \leq 250$ mm;

$\beta = 1,00$ für Wanddicke $d > 250$ mm.

Die Schlankheit h_k/d darf nicht größer als 25 sein.

Tabelle 6: Abminderungsbeiwerte Φ_2 für unterschiedliche Wanddicken in Abhängigkeit von der Wandhöhe

Wanddicke d mm	Geschosshöhe h_s				
	m				
	2,5	2,625	2,75	3	3,5
	Φ_2				
115	0,558	0,528	0,496	nach dem vereinfachten Verfahren nicht zulässig	
175	0,724	0,711	0,697		
240	0,753	0,743	0,733	0,711	0,661
300	0,774	0,766	0,758	0,740	0,700
365	0,798	0,793	0,788	0,776	0,749
425	0,812	0,808	0,804	0,795	0,775
490	0,821	0,818	0,815	0,809	0,794

4 Nachweis der aufnehmbaren Normalkraft bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100

Tabelle 7: Abminderungswerte Φ_3 bei Decken zwischen Geschossen

Stützweite	Charakteristische Mauerwerkdruckfestigkeit	Φ_3
$l \leq 4,2 \text{ m}$	Keine Einschränkung	0,9
$4,20 < l \leq 6,0 \text{ m}$	$f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2$ (HLz 4 / LM 21)	$1,6 - \frac{l}{5} \leq 0,9$
	$f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2$ (alle übrigen Ziegel-Mörtel-Kombinationen)	$1,6 - \frac{l}{6} \leq 0,9$

Φ_3 bei Traglastminderung durch den Deckendrehwinkel bei Endauflagern

Bei Decken im obersten Geschoss, z.B. Dachdecken gilt grundsätzlich

$$\Phi_3 = \frac{1}{3} \quad (12)$$

für alle Werte der Stützweite l .

Bei Decken zwischen Geschossen gelten die Werte der Tabelle 7.

Wird die Traglastminderung infolge Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z.B. Zentrierleisten, vermieden, so gilt unabhängig von der Deckenstützweite $\Phi_3 = 1,0$.

Für die Bemessung maßgebend ist der kleinere der Werte Φ_2 und Φ_3 .

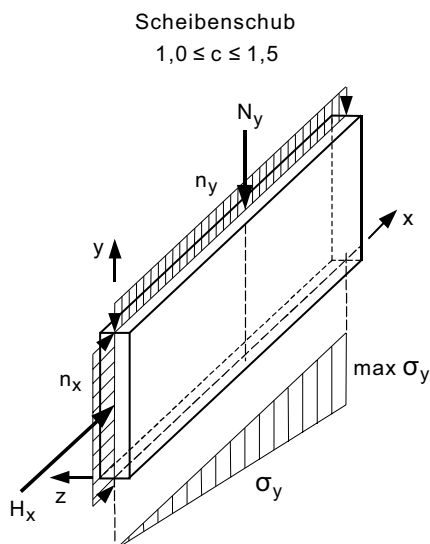


Bild 2: Prinzipskizze Scheibenschub

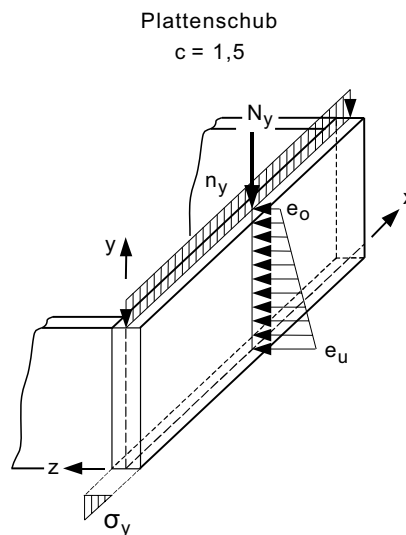


Bild 3: Prinzipskizze Plattenschub

5 Schubnachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100

Randbedingungen für das Entfallen des Schubnachweises

Auf einen rechnerischen Nachweis der räumlichen Steifigkeit darf verzichtet werden, wenn die Geschossdecken als steife Scheiben ausgebildet sind bzw. statisch nachgewiesene 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.

Schubnachweis für Rechteckquerschnitte

Ist ein Schubnachweis erforderlich, darf für Rechteckquerschnitte (keine zusammengesetzten Querschnitte) nach DIN 1053-100, Abschnitt 8.9.5, das folgende vereinfachte Verfahren angewendet werden:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad (13)$$

mit:

V_{Ed} Bemessungswert der Querkraft
 V_{Rd} Bemessungswert des Bauteilwiderstandes bei Querkraftbeanspruchung

$$V_{Rd} = \alpha_s \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \quad (14)$$

α_s Schubfestigkeitsbeiwert
 α_s $\min(1,125 \cdot b; 1,333 \cdot l_c)$
 b Länge der nachzuweisenden Wand
 l_c überdrückte Länge des Querschnitts
 $l_c = 1,5 \cdot (b - 2e)$
 d Dicke des Wandquerschnitts
 c Faktor zur Berücksichtigung der Verteilung der Schubspannungen über den Querschnitt

$$c \quad 1,5 \text{ für } \frac{h_w}{b} \geq 2$$

$$c \quad 1,0 \text{ für } \frac{h_w}{b} \leq 1$$

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

h_w gesamte Wandhöhe

b Länge der Wand

Bei Plattenschub gilt stets: $c = 1,5$

γ_M Teilsicherheitsbeiwert nach Tabelle 3
 f_{vk} charakteristische Schubfestigkeit

Scheibenschub (s. Bild 2)

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd} \leq \max f_{vk} \quad (15)$$

Plattenschub (s. Bild 3)

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,6 \cdot \sigma_{Dd} \quad (16)$$

f_{vk0} abgeminderte Haftscherfestigkeit nach Tabelle 8
 σ_{Dd} Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung im untersuchten Lastfall. Im Regelfall ist die minimale Einwirkung $\sigma_{Dd} = 1,0 \cdot \frac{N_{Gk}}{A}$ maßgebend.
 $\max f_{vk}$ Höchstwerte der charakteristischen Schubfestigkeit
 $\max f_{vk} = 0,012 \cdot f_{bk}$ für Hohlblocksteine
 $\max f_{vk} = 0,016 \cdot f_{bk}$ für Hochlochsteine und Steine mit Grifföffnungen oder -löchern
 $\max f_{vk} = 0,020 \cdot f_{bk}$ für Vollsteine ohne Grifföffnungen oder -löcher
 f_{bk} charakteristischer Wert der Steindruckfestigkeit (Steinfestigkeitsklasse)

5 Schubnachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100

Tabelle 8: Abgeminderte Haftscherfestigkeit f_{vk0} nach DIN 1053-100, Tabelle 6

Stoßfugen	Mörtelgruppe				
	NM I	NM II	NM IIa LM 21 LM 36	NM III	NM IIIa
	f_{vk0} MN/m ²				
unvermörtelt	0,01	0,04	0,09	0,11	0,13
vermörtelt	0,02	0,08	0,18	0,22	0,26

Schubspannungsnachweis nach dem genaueren Verfahren

Auch für das genauere Verfahren gelten die Regeln des vereinfachten Verfahrens. Der Nachweis wird mit den beiden Gleichungen

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd} \quad (17)$$

$$f_{vk} = 0,45 \cdot f_{bz} \cdot \sqrt{1 + \frac{f_{bz}}{\sigma_{Dd}}} \quad (18)$$

mit

$f_{bz} = 0,033 \cdot f_{bk}$ für Hochlochsteine und Steine mit Grifföchern oder Grifföffnungen

$f_{bz} = 0,040 \cdot f_{bk}$ für Vollsteine ohne Grifföcher oder Grifföffnungen

geführt. Dabei ist der kleinere der beiden Werte maßgebend.

Gleichung (18) führt in der Regel zu deutlich höheren Bemessungswerten als dem Höchstwert der Schubfestigkeit $\max f_{vk}$. Dieser Nachweis kann immer angewendet werden, auch wenn der Rest des Gebäudes mit dem vereinfachten Verfahren bemessen wurde.

Ermittlung der mittleren Druckspannung σ_{Dd}

Für ungerissene Querschnitte mit Ausmitten $e \leq b/6$ wird die Randspannung σ_R wie folgt bestimmt:

$$\sigma_{R,II} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot d} (1 \pm m) \quad (19)$$

dabei ist

$$m = \frac{6 \cdot e}{b}$$

mit

N_{Ed} Normalkraft
 b Querschnittsbreite/Wandlänge
 d Wanddicke
 m bezogene Ausmitte
 e Exzentrizität (Ausmitte)

Bei gerissenen Querschnitten (Ausmitten $b/6 < e \leq b/3$) wird die Randspannung zu

$$\sigma_R = \frac{N_{Ed}}{b \cdot d} \cdot \frac{4}{3 - m} \quad (20)$$

bestimmt.

5 Schubnachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-100

Die mittlere Druckspannung σ_{Dd} lässt sich aus der Randspannung σ_R unter der Annahme einer geradlinigen Spannungsverteilung zu

$$\sigma_{Dd} = \frac{\sigma_{RI} - \sigma_{RII}}{2} + \sigma_{RII} \quad (21)$$

mit

σ_{RI} Randspannung am "linken" Rand

σ_{RII} Randspannung am "rechten" Rand

(gilt für $\sigma_{RI} > \sigma_{RII}$)

ermitteln.

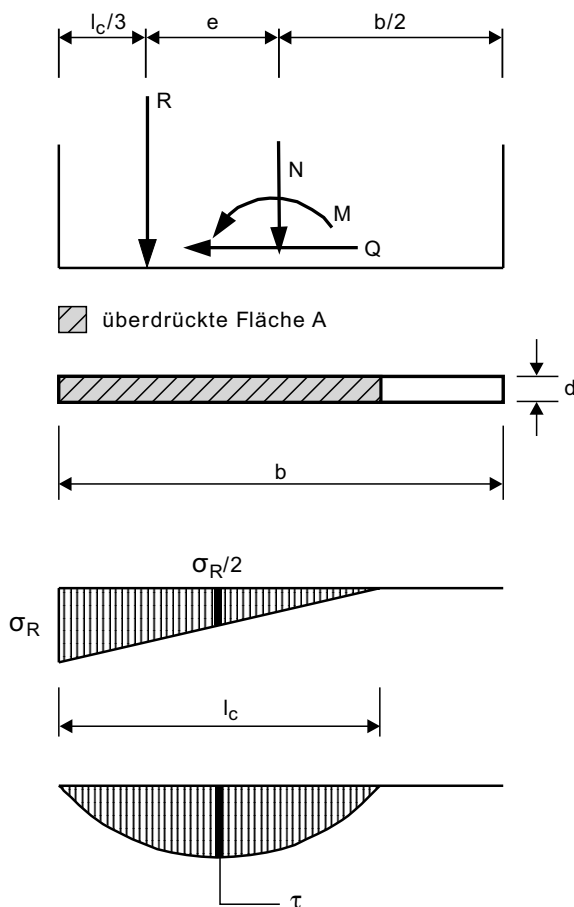


Bild 4: Normal- und Schubspannungsverteilung für einen gerissenen Querschnitt bei Scheibenbeanspruchung

Nachweis der Randdehnungen bei Scheibenbeanspruchung

Bei Querschnitten mit klaffender Fuge ist zusätzlich die rechnerische Randdehnung ϵ_R auf der Seite der Klaffung unter Gebrauchslasten mit $N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$ nachzuweisen. Dieser Nachweis soll sicherstellen, dass die „gezogene“ Seite nicht tatsächlich aufreißt und somit bei einem Wechsel der Beanspruchungsrichtung die angesetzte Haft-scherfestigkeit weiterhin vorhanden ist.

Damit gilt:

$$\frac{\epsilon_R}{b - l_c} = \frac{\epsilon_D}{l_c} \quad (22)$$

$$\epsilon_R = \epsilon_D \cdot \frac{l - l_c}{l_c} = \frac{\sigma_R}{E_D} \cdot \left(\frac{l}{l_c} - 1 \right) \leq 10^{-4} \quad (23)$$

Für Ziegelmauerwerk kann entweder vereinfachend

$$E_D = 1000f_k \quad (24)$$

oder nach Tabelle 3 der DIN 1053-100

$$E_D = 1100f_k \quad (25)$$

angesetzt werden.

6 Nachweis von Kelleraußenwänden

Nachweis von Kelleraußenwänden

Bei Kelleraußenwänden kann nach DIN 1053-100, Abschnitt 10, ein genauerer rechnerischer Nachweis auf Erddruck entfallen, wenn die nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind und der Bemessungswert der Wandnormalkraft innerhalb bestimmter Grenzen liegt:

- Wanddicke $d \geq 240$ mm
- lichte Höhe der Kellerwand $h_s \leq 2,60$ 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 ,
- die Geländeoberfläche steigt nicht an und
- die Anschüttungshöhe h_e ist nicht größer als die Wandhöhe h_s .

Wenn diese Bedingungen eingehalten sind, muss der Bemessungswert der jeweils maßgebenden

Wandnormalkraft $N_{1,Ed}$ in halber Höhe der Anschüttung innerhalb folgender Grenzen liegen:

$$N_{1,Rd} = \frac{d \cdot f_d}{3} \geq N_{1,Ed} \geq N_{1,lim,d} \quad (26)$$

mit

$$N_{1,lim,d} = \frac{\gamma_e \cdot h_s \cdot h_e^2}{20 \cdot d} \quad (27)$$

d Wanddicke

γ_e Wichte der Anschüttung

f_d Bemessungswert der Mauerwerkdruckfestigkeit

$N_{1,Rd}$ oberer Grenzwert der Wandnormalkraft

$N_{1,lim,d}$ unterer Grenzwert der Wandnormalkraft

$N_{1,Ed}$ Bemessungswert der Wandnormalkraft aus dem Lastfall max N bzw. min N

Alternativ kann nachgewiesen werden, dass der Bemessungswert der jeweils maßgebenden Wandnormalkraft $N_{0,Ed}$ der Kelleraußenwand unterhalb der Kellerdecke innerhalb folgender Grenzen liegt:

$$N_{0,Rd} = \frac{d \cdot f_d}{3} \geq N_{0,Ed} \geq N_{0,lim,d} \quad (28)$$

mit

$N_{0,lim,d}$ unterer Grenzwert der Wandnormalkraft, s. Tabelle 9

$N_{0,Ed}$ Bemessungswert der Wandnormalkraft aus dem Lastfall max N bzw. min N

Mit dem jeweiligen oberen Grenzwert wird eine ausreichende Normalkraft-Tragfähigkeit sichergestellt, der untere Grenzwert stellt eine ausreichende Überdrückung des Querschnitts zur Aufnahme von Horizontalkräften sicher.

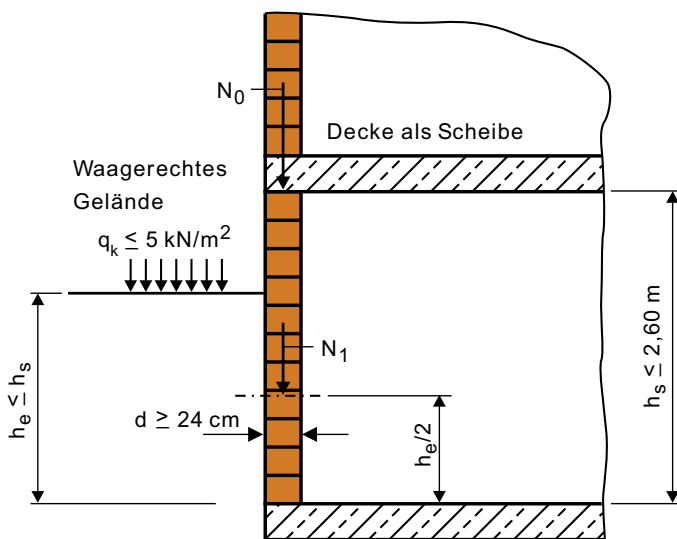


Bild 5: Randbedingungen für den vereinfachten Nachweis einer Kelleraußenwand

Tabelle 9: Untere Grenzwerte $N_{0,lim,d}$ für Kelleraußenwände ohne genaueren rechnerischen Nachweis

Wanddicke d mm	$N_{0,lim,d}$ in kN/m bei einer Höhe der Anschüttung h_e			
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
240	6	20	45	75
300	3	15	30	50
365	0	10	25	40
490	0	5	15	30

Zwischenwerte sind gradlinig zu interpolieren

Tabelle 10: Minimale Auflast $N_{1,lim,d}$ für Kelleraußenwände bei Auswertung von Gl. 27
Randbedingungen: $h_s = 2,5$ m, $\rho_s = 800$ kg/m³

Wanddicke d mm	$N_{1,lim,d}$ in kN/m bei einer Höhe der Anschüttung h_e			
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
240	6	18	36	59
300	3	13	28	46
365	0	9	21	37
425	0	6	17	30
490	0	3	13	25

Zwischenwerte sind gradlinig zu interpolieren

Für den Nachweis der oberen Grenzwerte muss der Bemessungswert der Wandnormalkraft aus dem Lastfall max N , für die unteren Grenzwerte

aus dem Lastfall min N (Eigengewicht) bestimmt werden.

6 Nachweis von Kelleraußenwänden

Zweiachsige Lastabtragung der Kelleraußenwand

Die beiden vorgenannten Nachweise setzen voraus, dass die Kellerwand die Lasten einachsig zwischen Kellerdecke und Bodenplatte abträgt. Ist die Kelleraußenwand durch Querwände oder statisch nachgewiesene Bauteile im Abstand b aus-

gesteift, sodass eine zweiachsige Lastabtragung in der Wand stattfinden kann, dürfen die unteren Grenzwerte $N_{0,lim,d}$ und $N_{1,lim,d}$ in Abhängigkeit vom Abstand b der Aussteifungselemente und der Geschosshöhe h_s abgemindert werden.

$$N_{0,Ed} \geq \alpha \cdot N_{0,lim,d} \quad \text{oder} \\ N_{1,Ed} \geq \alpha \cdot N_{1,lim,d} \quad \text{mit } \alpha \text{ nach Tabelle 11}$$

Tabelle 11: Abminderungsfaktoren α für die zweiachsige Lastabtragung von Kellerwänden in Abhängigkeit vom Verhältnis Abstand d_A der Aussteifungselemente und Geschosshöhe h_s

d_A / h_s				
$\leq 1,00$	1,25	1,50	1,75	2,00
0,50	0,625	0,75	0,875	1,00

7 Bemessungsbeispiele

7.1 Gebäudebeschreibung

Die nachfolgend dargelegten Berechnungsbeispiele werden für ein Mehrfamilienhaus geführt. Es handelt sich um ein dreigeschossiges unterkellertes Gebäude mit einem Walmdach. Die Dachkonstruktion wird in Holzbauweise erstellt. Alle Geschosse werden aus gemauerten Wänden mit Stahlbetondecken erstellt. Die Stahlbetondecken wirken als aussteifende Deckenscheiben. Für die verputzten, einschaligen Außenwände werden wärmedämmende Hochlochziegel und Leichtmauermörtel verwendet. Als Wandbaustoffe für die Zwischenwände und nichttragenden Wände werden Hochlochziegel eingesetzt. Diese werden ebenso wie die Kelleraußenwände mit Normalmauermörtel verarbeitet. Die Wandstöße werden in Stumpfstoßtechnik mit Flachblechankern ausgeführt. Die Trennwände zum Treppenhaus werden aus Schallschutzziegeln erstellt. Dieses gilt

ebenso für die Trennwände zwischen den Wohneinheiten.

Die Stahlbetondecken weisen eine Dicke von 180 mm auf. Diese Decken liegen mit einer Auflagertiefe von 180 mm auf den Außenwänden auf, so dass eine Abmauerung auf der Wandaußenseite mit zusätzlicher Wärmedämmung eingebaut werden kann. Im Bereich der Deckenaufleger wird auf der Unterseite und auf der Oberseite eine besandete Bitumendachbahn nach DIN 52128 – R500 verwendet.

In dieser Broschüre werden die Standsicherheitsnachweise entsprechend dem neuen Konzept für Mauerwerksbauten mit Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1053-100 und der DIN 1055-100 vorgestellt. Auf bauphysikalische Nachweise zum Brand-, Schall- und Wärmeschutz wird hier nicht eingegangen. Diese Aspekte wurden gesondert berücksichtigt.

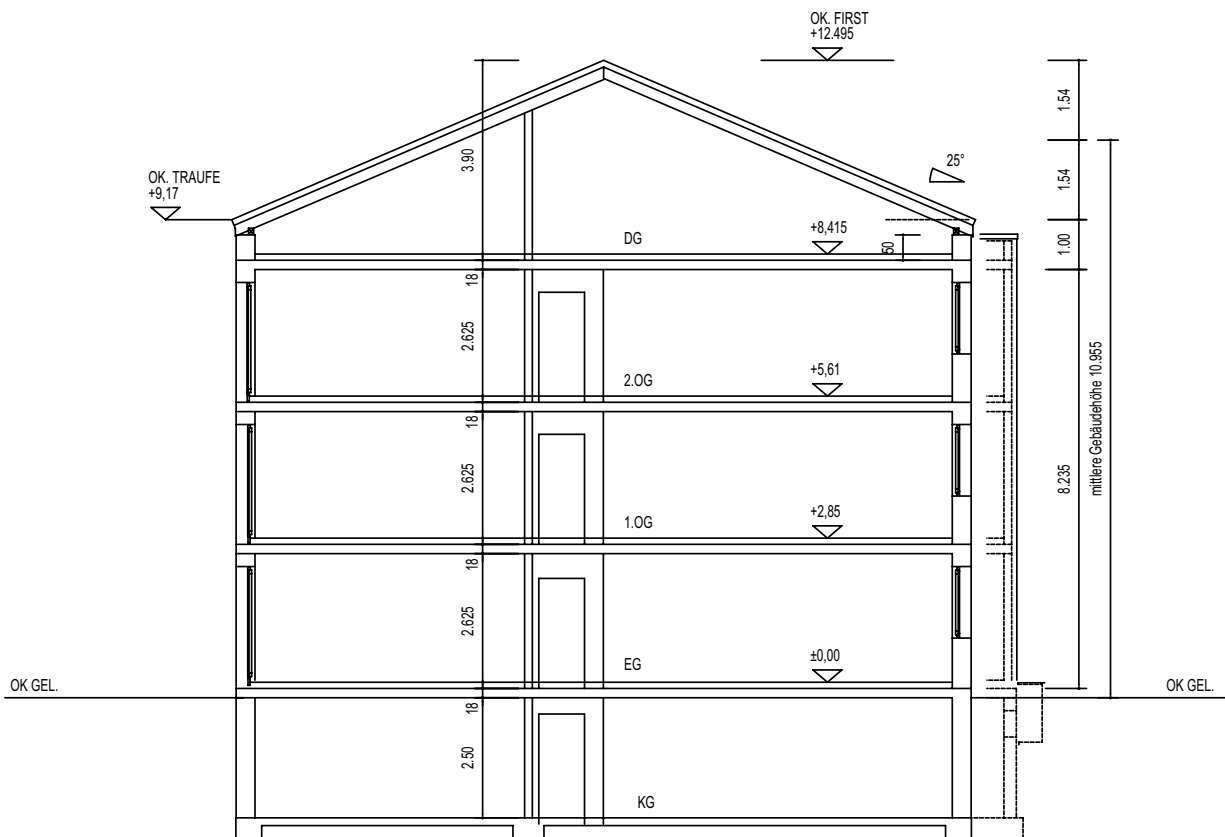


Bild 6: Schnitt durch das Mehrfamilienhaus

7 Bemessungsbeispiele

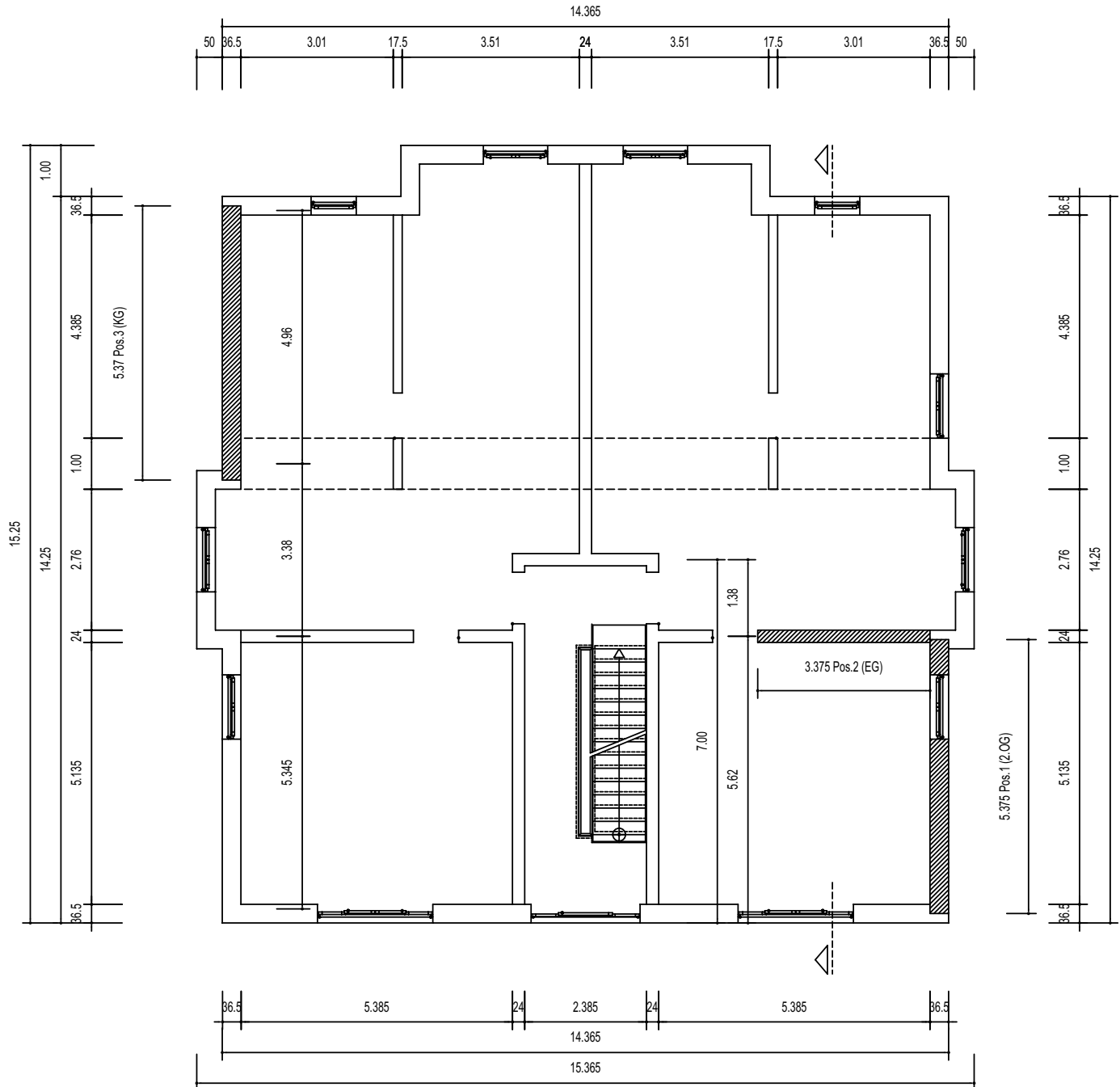


Bild 7: Grundriss des Mehrfamilienhauses

7.2 Position 1: Außenwand im 2. Obergeschoss

Statisches System

Zweiseitig gehaltene, einschalige Außenwand als Endauflager

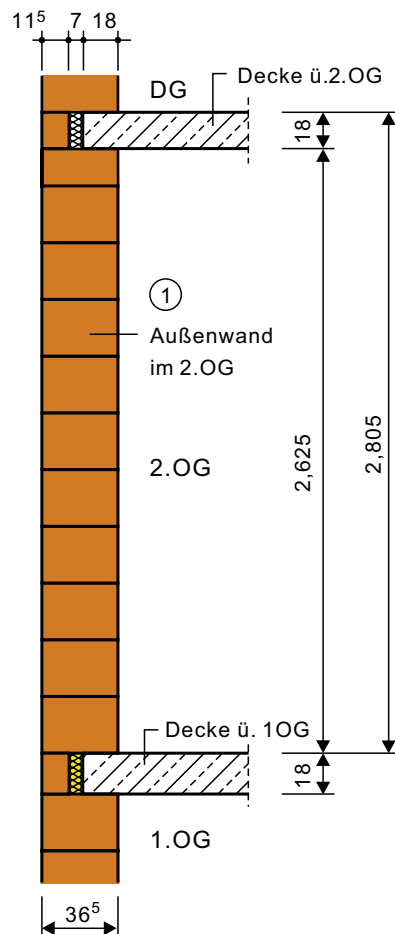


Bild 8: Schnitt durch die Außenwand im 2. OG

7 Bemessungsbeispiele

Bauteildaten

Mittlere Gebäudehöhe	10,955 m
Ziegeldruckfestigkeitsklasse	8
Ziegelrohddichte	800 kg/m ³
Mauermörtel	Leichtmörtel LM 21
Wanddicke d	365 mm
Putzdicke d _p	35 mm (20 + 15)
Wandlänge b	5,375 m
Lichte Wandhöhe h _s	2,625 m
Höhe Drepel h _{Dr}	0,50 m
Deckenstützweite l ₁	5,345 m
Deckendicke d _b	180 mm

Lastzusammenstellung

Dachlasten (aus Nebenrechnung)	Ständige Last g _{Da}	3,10 kN/m
	Veränderliche Last q _{Da}	2,50 kN/m
Deckenlasten	g _{Beton}	4,50 kN/m ²
	g _{Belag}	1,60 kN/m ²
	Ständige Last Σ g _{De}	6,10 kN/m ²
	Nutzlast Kategorie A2	1,50 kN/m ²
	Trennwandzuschlag	1,20 kN/m ²
	Veränderliche Last Σq _{De}	2,70 kN/m ²
Eigenlast Wand	g _{Wand}	3,65 kN/m ²
	g _{Putz}	0,35 kN/m ²
	Σg _W	4,00 kN/m ²

$$g_{\text{Beton}} = d_b \cdot \gamma_B = 0,18 \cdot 25 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Estrich und Belag zu } g_{\text{Belag}} = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

DIN 1055-1

Wohnräume mit ausreichender Querverteilung

DIN 1055-3

$$g_W = d \cdot \gamma_W = 0,365 \cdot 10 = 3,65 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{\text{Putz}} = d_P \cdot \gamma_P = 0,35 \cdot 10 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

Belastung am Wandkopf

Aus Drenpel und Dach

$$g_{Dr} = h_{Dr} \cdot g_W = 0,5 \cdot 4 = 2,00 \text{ kN/m}$$

$$g_0 = g_{Dr} + g_{Da} = 2 + 3,1 = 5,10 \text{ kN/m}$$

$$q_0 = q_{Da} = 2,50 \text{ kN/m}$$

aus Decke über dem 2.OG

Lasteinzugsfaktor für das Endauflager $k = 0,4$

$$g_{De} = k \cdot l_1 \cdot g_{De} = 0,4 \cdot 5,345 \cdot 6,1 = 13,04 \text{ kN/m}$$

$$q_{De} = k \cdot l_1 \cdot q_{De} = 0,4 \cdot 5,345 \cdot 2,7 = 5,77 \text{ kN/m}$$

Summe Lasten am Wandkopf

$$g_1 = g_0 + g_{De} = 5,1 + 13,04 = 18,14 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = q_0 + q_{De} = 2,5 + 5,77 = 8,27 \text{ kN/m}$$

Schnittgrößen

Normalkraft

$$n_{Ed,j} = 1,35 \cdot (g_1 + g_w \cdot h_w) + 1,5 \cdot q_1$$

Einwirkung am Wandkopf

$$n_{Ed,o} = 1,35 \cdot 18,14 + 1,5 \cdot 8,27 = 36,9 \text{ kN/m}$$

Einwirkung in Wandmitte

$$g_{w,m} = \frac{2,625}{2} \cdot 4 = 5,25 \text{ kN/m}$$

$$n_{Ed,m} = 1,35 \cdot 5,25 + 36,9 = 44,0 \text{ kN/m}$$

Einwirkung am Wandfuß

$$g_{w,u} = 2,625 \cdot 4 = 10,5 \text{ kN/m}$$

$$n_{Ed,u} = 1,35 \cdot 10,5 + 36,9 = 51,1 \text{ kN/m}$$

7 Bemessungsbeispiele

Bemessung nach DIN 1053-100, 2006-04

Überprüfung der allgemeinen Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens nach Abschnitt 8.1

Kriterium	Anforderung	Istwert	Bemerkung
Maximale Gebäudehöhe	$h \leq 20 \text{ m}$	10,955 m	eingehalten
Maximale Deckenstützweite	$l \leq 6 \text{ m}$	5,345 m	eingehalten
Maximal zulässige Geschosshöhe	$h_s \leq 12 d = 4,38 \text{ m}$	2,625 m	eingehalten
Maximale Verkehrslast auf Decken	$q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$	2,7 kN/m ²	eingehalten

Nachweis

Bemessungswert N_{Rd} des Widerstands

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

mit

A Auflagerfläche der Decke auf der Wand

$$A = 1,00 \text{ m} \cdot 0,18 \text{ m} = 0,18 \text{ m}^2$$

Abminderungsfaktoren Φ

Knicken Φ_2

$$\Phi_2 = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_k}{d} \right)^2 = 0,85 - 0,0011 \cdot 7,2^2 = 0,79$$

Knicklängenfaktor $\beta = 1,0$

Wanddicke $d > 25 \text{ cm}$

Knicklänge h_k

$$h_k = \beta \cdot h_s = 1,0 \cdot 2,625 = 2,625 \text{ m}$$

Schlankheit λ

$$\lambda = \frac{h_k}{d} = \frac{2,625}{0,365} = 7,2 < 25 = \text{zul } \lambda$$

Deckendrehwinkel Φ_3

$$\Phi_{3,\text{Wandkopf}} = 0,33$$

$$\Phi_{3,\text{Wandfuss}} = 1,6 - \frac{l_1}{6} = 1,6 - \frac{5,345}{6} = 0,71$$

Bemessungswert f_d der Druckfestigkeit

$$f_d = \frac{\eta \cdot f_k}{\gamma_M} = \frac{0,85 \cdot 2,5}{1,5} = 1,42 \text{ N/mm}^2$$

mit:

charakteristische Druckfestigkeit $f_k = 2,50 \text{ N/mm}^2$

Dauerstandfaktor $\eta = 0,85$

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,5 \cdot k_0 = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5$

Beiwert k_0 zur Berücksichtigung der Wandart

$k_0 = 1,0$

Oberste Geschossdecke

Bei jedem Wand-Decken-knoten wird empfohlen, eine Bitumenpappe R 500 zwischen dem Ziegelmauerwerk und der Deckenplatte einzulegen

Ziegelfestigkeitsklasse 8,
Leichtmörtel LM 21,
DIN 1053-100, Tabelle 5

Wandlänge 5,345 m,
Wandfläche $A = 9621 \text{ cm}^2 >> 1000 \text{ cm}^2$

Bemessungswiderstand am Wandkopf

$$\begin{aligned} n_{Rd,\text{Wandkopf}} &= \\ \Phi_{3,\text{Wandkopf}} \cdot A \cdot f_d &= 0,33 \cdot 0,18 \cdot 1,42 \cdot 1000 = 84,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bemessungswiderstand in Wandmitte

$$\begin{aligned} n_{Rd,\text{Wandmitte}} &= \\ \Phi_{2,\text{Wandmitte}} \cdot A \cdot f_d &= 0,79 \cdot 0,365 \cdot 1,42 \cdot 1000 = 409,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bemessungswiderstand am Wandfuß

$$\begin{aligned} n_{Rd,\text{Wandfuß}} &= \\ \Phi_{3,\text{Wandfuß}} \cdot A \cdot f_d &= 0,71 \cdot 0,18 \cdot 1,42 \cdot 1000 = 181,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Es wird nur die Auflagertiefe der Decke als lastabtragender Querschnitt berücksichtigt

7 Bemessungsbeispiele

Zusammenstellung der maßgebenden Werte

Ort	Abminderungs-faktoren		Widerstand n_{Rd}	Einwirkung n_{Ed}	$\frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$	Bemerkungen
	Φ_2	Φ_3				
			kN/m			
Wandkopf	-	0,33	84,3	36,9	0,438	Nachweis erbracht
Wandmitte	0,79	-	409,5	44,0	0,107	Nachweis erbracht
Wandfuß	-	0,71	181,5	51,1	0,282	Nachweis erbracht

7.3 Position 2: Tragende Innenwand im Erdgeschoss

Statisches System

Zweiseitig gehaltene tragende Innenwand

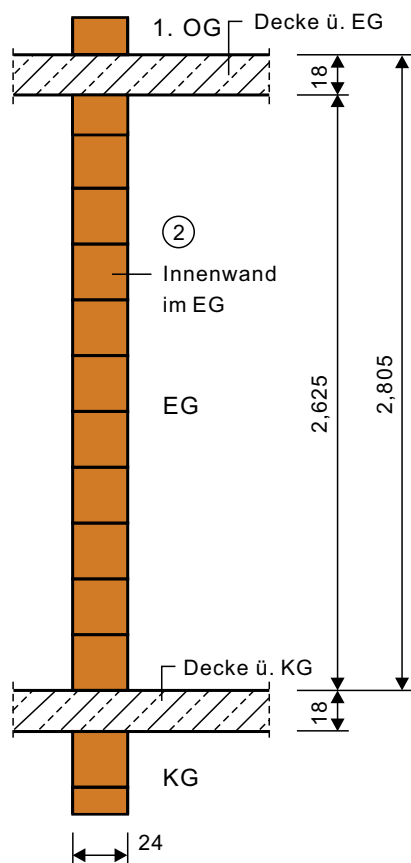


Bild 9: Schnitt durch die tragende Innenwand im EG

7 Bemessungsbeispiele

Bauteildaten

Mittlere Gebäudehöhe	10,955 m
Ziegeldruckfestigkeitsklasse	12
Ziegelrohddichte	1200 kg/m ³
Mauermörtel	NM IIa
Wanddicke d	0,24 m
Wichte γ_w	14 kN/m ³
Wandlänge b	3,375 m
Lichte Wandhöhe h_s	2,625 m
Höhe Drepel h_{Dr}	0,50 m
Deckenstützweite $l_{1,o}$	5,345 m
Deckenstützweite $l_{2,o}$	3,38 m
Deckendicke $d_{b,o}$	0,18 m
Deckenstützweite $l_{1,u}$	5,345 m
Deckenstützweite $l_{2,u}$	3,38 m
Deckendicke $d_{b,u}$	0,18 m

Lastzusammenstellung

Dachlasten	Ständige Last g_{Da}	3,10 kN/m
	Veränderliche Last q_{Da}	2,50 kN/m
Deckenlasten	g_{Beton}	4,50 kN/m ²
	g_{Belag}	1,60 kN/m ²
	Ständige Last Σg_{De}	6,10 kN/m ²
	Nutzlast Kategorie A2	1,50 kN/m ²
	Trennwandzuschlag	1,20 kN/m ²
	Veränderliche Last Σq_{De}	2,70 kN/m ²
Flächenlast für Putz	g_{Putz}	0,35 kN/m ²
Eigenlast Wand	g_W	3,71 kN/m ²

$$g_{Beton} = d_b \cdot \gamma_B = 0,18 \cdot 25 = 4,50 \text{ kN/m}^2$$

DIN 1055-1
Wohnräume mit ausreichender
Querverteilung
DIN 1055-3

$$g_W = d \cdot \gamma_W + g_{Putz} = 0,24 \cdot 14 + 0,35 = 3,71 \text{ kN/m}^2$$

Belastung am Wandkopf

Aus Decke

$$g_{De} = k \cdot g_{De} \cdot \frac{(l_1 + l_2)}{2} = 1,2 \cdot 6,1 \cdot \frac{(5,345 + 3,38)}{2} = 31,93 \text{ kN/m}$$

$$q_{De} = k \cdot q_{De} \cdot \frac{(l_1 + l_2)}{2} = 1,2 \cdot 2,7 \cdot \frac{(5,345 + 3,38)}{2} = 14,13 \text{ kN/m}$$

Auflast auf Wand ohne Decke

$$g_0 = 31,93 \cdot 2 + 3,71 \cdot 2,625 \cdot 2 = 83,34 \text{ kN/m}$$

$$q_0 = 14,13 \cdot 2 = 28,26 \text{ kN/m}$$

Mit Auflast aus Decke

$$g_1 = g_0 + g_{De} = 83,34 + 31,93 = 115,27 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = q_0 + q_{De} = 28,26 + 14,13 = 42,39 \text{ kN/m}$$

Gesamtlast für die Wand

$$G_1 = g_1 \cdot b = 115,27 \cdot 3,375 = 389,03 \text{ kN}$$

$$Q_1 = q_1 \cdot b = 42,39 \cdot 3,375 = 143,07 \text{ kN}$$

Lasteinzugsfaktor für das
Zwischenaufleger $k = 1,2$

7 Bemessungsbeispiele

Schnittgrößen

Normalkraft

$$n_{Ed,j} = 1,35 \cdot (g_1 + g_w \cdot h_w) + 1,5 \cdot q_1$$

Einwirkung am Wandkopf

$$n_{Ed,o} = 1,35 \cdot 115,27 + 1,5 \cdot 42,39 = 219,20 \text{ kN/m}$$

$$n_{Ek,o} = 1,00 \cdot 115,27 = 115,27 \text{ kN/m}$$

Einwirkung in Wandmitte

$$g_{w,m} = \frac{2,625}{2} \cdot 3,71 = 4,87 \text{ kN/m}$$

$$n_{Ed,m} = 1,35 \cdot 4,87 + 219,20 = 225,77 \text{ kN/m}$$

Einwirkung am Wandfuß

$$g_{w,u} = 2,625 \cdot 3,71 = 9,74 \text{ kN/m}$$

$$n_{Ed,u} = 1,35 \cdot 9,74 + 219,20 = 232,35 \text{ kN/m}$$

Bemessung nach DIN 1053-100, 2006-04

Überprüfung der allgemeinen Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens nach Abschnitt 8.1

Kriterium	Anforderung	Istwert	Bemerkung
Maximale Gebäudehöhe	$h \leq 20 \text{ m}$	10,955 m	eingehalten
Maximale Deckenstützweite	$l \leq 6 \text{ m}$	5,345 m	eingehalten
Maximal zulässige Geschosshöhe	keine Einschränkung	2,625 m	eingehalten
Maximale Verkehrslast auf Decken	$q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$	2,7 kN/m ²	eingehalten

Nachweis

Bemessungswert N_{Rd} des Widerstands

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

mit

A Auflagerfläche der Decke auf der Wand

$$A = 1,00 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ m} = 0,24 \text{ m}^2$$

Abminderungsfaktoren Φ **Knicken Φ_2**

Knicklängenfaktor $\beta = 0,9$

Wanddicke $17,5 < d \leq 25 \text{ cm}$

Knicklänge h_k

$$h_k = \beta \cdot h_s = 0,9 \cdot 2,625 = 2,36 \text{ m}$$

Schlankheit λ

$$\lambda = \frac{h_k}{d} = \frac{2,36}{0,24} = 9,8 < 25 = \text{zul } \lambda$$

$$\Phi_2 = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_k}{d} \right)^2 = 0,85 - 0,0011 \cdot 9,8^2 = 0,74$$

Deckendrehwinkel Φ_3

$$\Phi_{3,\text{Wandkopf}} = 1,6 - \frac{l_1}{6} = 1,6 - \frac{5,345}{6} = 0,71$$

$$\Phi_{3,\text{Wandfuss}} = 1,6 - \frac{l_1}{6} = 1,6 - \frac{5,345}{6} = 0,71$$

7 Bemessungsbeispiele

Bemessungswert f_d der Druckfestigkeit

$$f_d = \eta \cdot \frac{f_k}{\gamma_M} = 0,85 \cdot \frac{5,0}{1,5} = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

mit:

charakteristische Druckfestigkeit $f_k = 5,0 \text{ N/mm}^2$

Dauerstandfaktor $\eta = 0,85$

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,5 \cdot k_0 = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5$

Beiwert k_0 zur Berücksichtigung der Wandart

$k_0 = 1,0$

Ziegelfestigkeitsklasse 12,
Normalmörtel NM IIa,
DIN 1053-100, Tabelle 5

Wandlänge 3,375 m,
Wandfläche A
= 8100 cm² >> 1000 cm²

Bemessungswiderstand am Wandkopf

$$\begin{aligned} \eta_{Rd,Wandkopf} &= \Phi_{3,Wandkopf} \cdot A \cdot f_d = 482,2 \text{ kN/m} \\ 0,71 \cdot 0,24 \cdot 2,83 \cdot 1000 &= \end{aligned}$$

Bemessungswiderstand in Wandmitte

$$\begin{aligned} \eta_{Rd,Wandmitte} &= \Phi_{2,Wandmitte} \cdot A \cdot f_d = 502,6 \text{ kN/m} \\ 0,74 \cdot 0,24 \cdot 2,83 \cdot 1000 &= \end{aligned}$$

Bemessungswiderstand am Wandfuß

$$\begin{aligned} \eta_{Rd,Wandfuß} &= \Phi_{3,Wandfuß} \cdot A \cdot f_d = 482,2 \text{ kN/m} \\ 0,71 \cdot 0,24 \cdot 2,83 \cdot 1000 &= \end{aligned}$$

Zusammenstellung der maßgebenden Werte

Ort	Abminderungs-faktoren		Wi-der-stand n_{Rd}	Ein-wirk-ung n_{Ed}	$\frac{n_{Ed}}{n_{Rd}}$	Bemerkungen
	Φ_2	Φ_3				
			kN/m			
Wandkopf	—	0,71	482,2	219,2	0,45	Nachweis erbracht
Wandmitte	0,74	—	502,6	225,8	0,45	Nachweis erbracht
Wandfuß	—	0,71	482,2	232,35	0,48	Nachweis erbracht

Ermittlung der maßgebenden Horizontallasten

Gebäudegeometrie in m: mit OK Decke KG = 0,00 m		Erker 1	Erker 2	Gesamtlänge bzw. -breite
Länge Giebelwand	14,25	1,00	3,49	15,25
Gebäudebreite	14,37	7,26	0,50	15,37

Höhenkote OK Bodenplatte	-2,68 m
Höhenkote OK letzte Decke	8,415 m
Höhenkote Traufhöhe	9,17 m
Höhenkote OK First	12,495 m
Dachneigung Walm seitlich	25 °
vorn/hinten	25 °
Abstand Windscheibe 1 u. 2	5,62 m
Abstand Windscheibe 3	7,00 m
Geschosshöhe EG	2,805 m
Geschosshöhe 1. OG u. 2.OG	5,61 m

7 Bemessungsbeispiele

mittlere Höhe im DG	$\frac{(12,495-8,415)}{2} =$	2,04 m
Wanddicke Außenwand		0,365 m
Wanddicke Innenwand		0,24 m
Wandlängen Innenwände (ohne Abzug von Wandöffnungen)		
tragende Innenwand 24 cm	$2 \cdot 5,385 =$	10,77 m
tragende Innenwand 17,5 cm	$2 \cdot 5,385 =$	10,77 m
Wohnungstrennwand	$2 \cdot 6,51 + 7,77 =$	20,79 m

Bauteilgewichte

Außenwand	vgl. Pos. 1	4,00 kN/m ²
tragende Innenwand 24 cm	$0,24 \cdot 14 + 0,35 =$	3,71 kN/m ²
tragende Innenwand 17,5 cm	$0,175 \cdot 14 + 0,35 =$	2,80 kN/m ²
Wohnungstrennwand	$0,24 \cdot 20 + 0,35 =$	5,15 kN/m ²
Deckengewicht KG-DG		6,10 kN/m ²
Anzahl Geschossdecken o. KG		3

Schiefstellung

Gebäudehöhe bis OK Fundament

$$h_{\text{ges}} = 12,495 + 2,68 = 15,175 \text{ m}$$

nach DIN 1053-100 (2006) (Glg.1):

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{(100 \cdot \sqrt{h_{\text{ges}}})} = 0,00257$$
$$= \frac{1}{390}$$

Lastermittlung für Schiefstellung
(ohne Öffnungsabzug Fenster / Türen)

$$\begin{aligned} \text{Grundfläche } A \\ = 14,25 \cdot 14,365 + 1 \cdot 7,26 + 3,49 \cdot 0,5 \cdot 2 = 209,19 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ständige Vertikallasten im DG

Dachkonstruktion

$$G_{\text{Da}} = \frac{0,95}{\cos(25)} \cdot 209,19 = 219,3 \text{ kN}$$

Außenwände

$$G_{\text{A,DG}} = 2 \cdot (15,25 + 15,365) \cdot 0,5 \cdot 4 = 122,8 \text{ kN}$$

Innenwände

$$\begin{aligned} G_{\text{I,DG}} \\ = (10,77 \cdot 3,71 + 10,77 \cdot 2,8 + 20,79 \cdot 5,15) \cdot 2,04 = 361,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ständige Vertikallasten aus Stb-Decken

Decken DG – EG

$$G_{\text{De,ges}} = 209,19 \cdot 6,1 \cdot 3 = 3828,2 \text{ kN}$$

Ständige Vertikallasten im 1. und 2. OG

Außenwände

$$G_{\text{A,1-2OG}} = 2 \cdot (15,25 + 15,365) \cdot 5,61 \cdot 4 = 1374,0 \text{ kN}$$

Innenwände

$$\begin{aligned} G_{\text{I,1-2OG}} \\ = (10,77 \cdot 3,71 + 10,77 \cdot 2,8 + 20,79 \cdot 5,15) \cdot 5,61 = 994,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ständige Vertikallasten im EG

Außenwände

$$G_{\text{A,EG}} = 2 \cdot (15,25 + 15,365) \cdot 2,805 \cdot 4 = 687,0 \text{ kN}$$

7 Bemessungsbeispiele

Innenwände

$$G_{I,EG} = (10,77 \cdot 3,71 + 10,77 \cdot 2,8 + 20,79 \cdot 5,15) \cdot 2,805 = 497,0 \text{ kN}$$

Ständige Vertikallasten im KG

Decke

$$G_{De,KG} = 209,19 \cdot 6,1 = 1255,1 \text{ kN}$$

Außenwände

$$G_{A,KG} = 2 \cdot (15,25 + 15,365) \cdot 2,68 \cdot 4 = 656,4 \text{ kN}$$

Innenwände

$$G_{I,KG} = (10,77 \cdot 3,71 + 10,77 \cdot 2,8 + 20,79 \cdot 5,15) \cdot 2,68 = 474,8 \text{ kN}$$

$$N_G = \Sigma G = 10491 \text{ kN}$$

Horizontallast H_{Sg} Haus Schiefstellung in Höhe EG-Decke

$$H_{Sg,Ges} = (G_{Da} + G_{A,DG} + G_{I,DG} + G_{DE,ges} + G_{A,1-2OG} + G_{I,1-2OG} + \frac{G_{A,EG}}{2} + \frac{G_{I,EG}}{2}) \cdot \alpha_{a1}$$

$$= \frac{\left(219,3 + 122,8 + 361,4 + 3828,2 + 1374,0 + 994,0 + \frac{687}{2} + \frac{497,0}{2} \right)}{390} = 19,2 \text{ kN}$$

Horizontallast aus Wind in Höhe EG-Decke nach DIN 1055-4:2005

Prismatischer Baukörper	$h/b =$	0,82
Bereiche D	$c_{pe,10} =$	0,8
Bereiche E	$c_{pe,10} =$	-0,5
	$c_{pe,p} =$	1,3

DIN 1055-4, Tabelle 3
DIN 1055-4, Bild 4

Walmdach

Neigungswinkel	Bereich H	Bereich I	Vektorsumme
°	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,wa}$
15	0,2	-0,5	
30	0,4	-0,4	
Interpoliert	0,33	-0,43	0,76

DIN 1055-4, Tabelle 7

DIN 1055-4, Bild 8

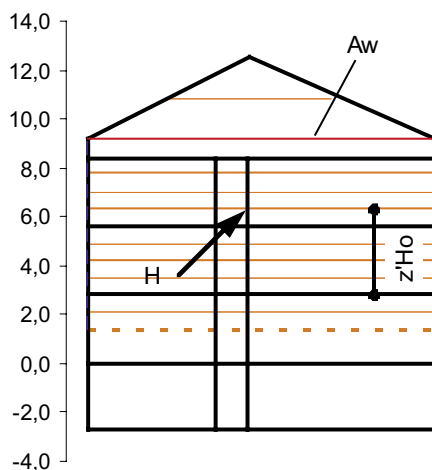
Es werden nur die Hauptbereiche H und I nach Bild 8 angesetzt.

Ermittlung der Windeinzugsfläche

$q_w =$		0,65 kN/m ²
Breite	$b_p =$	15,250 m
Höhe bis UK Dach	$h_p = 9,17 - \frac{2,805}{2} =$	7,770 m
Höhe Walm	$h_{wa} = 12,495 - 9,17 =$	3,325 m

Windzone WZ I Binnenland

DIN 1055-4, Tabelle 2



$$\begin{aligned}
 H_{W,Ges} &= q_w \cdot c_{pe,p} \cdot b_p \cdot h_p \\
 &= 0,65 \cdot 1,3 \cdot 15,25 \cdot 7,77 = 100,1 \text{ kN} \\
 &+ q_w \cdot c_{pe,wa} \cdot b_p \cdot h_{waD} / 2 \\
 &= 0,65 \cdot 0,76 \cdot 15,25 \cdot \frac{3,325}{2} = \underline{\underline{12,5 \text{ kN}}} \\
 H_{W,Ges} &= 112,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

7 Bemessungsbeispiele

Abstand der resultierenden Windkraft von OK Decke EG

$z'_{Ho} =$

$$\frac{\frac{100,1 \cdot 7,77}{2} + 12,5 \cdot \left(7,77 + \frac{3,325}{3}\right)}{112,6} - \frac{2,805}{2} = 3,04 \text{ m}$$

Horizontallast aus Schiefstellung für Windscheibe 1

(bzw. 2) in Höhe EG-Decke

es werden 25% der Gesamtkraft für die
Windscheibe L1 angesetzt

$$H_{Sg,1} = 0,25 \cdot H_{Sg,Ges} = 0,25 \cdot 19,2 = 4,8 \text{ kN}$$

Horizontallast aus Wind in Höhe EG-Decke
für Windscheibe 1

angesetzt werden 25% der Gesamtkraft

$$H_{W,1} = 0,25 \cdot H_{W,Ges} = 0,25 \cdot 112,5 = 28,2 \text{ kN}$$

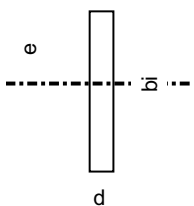
Anteil der Steifigkeit einer
Windscheibe an der Gesamt-
steifigkeit inkl. Außenwände =
25%

Nachweis der Nachgiebigkeit

Scheibe 1:

$$f_k = 5,00 \text{ MN/m}^2$$

$$E = 1100 \cdot f_k = 5500 \text{ MN/m}^2$$



$$\begin{aligned} d &= 0,24 \text{ m} \\ b_i &= 3,375 \text{ m} \\ A_{st} &= 0,810 \text{ m}^2 \\ I_{st} &= 0,769 \text{ m}^4 \\ e_0 &= 1,93 \text{ m} \end{aligned}$$

Scheibe 2: wie Scheibe 1

Scheibe 3: etwa wie Scheibe 1 $\rightarrow m = 3$

Verifikation der Nachgiebigkeit

$$\begin{aligned} h_G \cdot \left(\frac{N}{(E \cdot I)} \right)^{0,5} &\leq 0,2 + 0,1 \cdot n \quad \text{mit } n = 4 \\ &\leq \text{max. } 0,6 \\ 0,44 &\leq 0,6 \end{aligned}$$

Nachweis erbracht

Nachweis der Windscheibe

Horizontallast

aus Schiefstellung (ständig wirkend) $H_{Sg} = 4,8 \text{ kN}$ aus Wind (Veränderliche Last) $H_w = 28,2 \text{ kN}$ $V_{Ek} = H_{sg,1} + H_{w,1} = 33,0 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 1,35 \cdot 4,8 + 1,5 \cdot 28,2 = 48,78 \text{ kN}$

Abstand H-Kraft bis Wandkopf

 $z_{Ho} = z'_{Ho} + d_B = 3,04 + 0,18 = 3,22 \text{ m}$

der H-Kraft bis Wandfuß

 $z_{Hu} = z'_{Ho} + d_B + h_s = 2,625 + 3,22 = 5,845 \text{ m}$

	Normalkraft max N	Normalkraft min N ($\gamma_G=1,00$)
Wand- kopf	$N_{Ed,o} = N_{Ed,0} \cdot b$ $N_{Ed,o} = 219,2 \cdot 3,375$ $N_{Ed,o} = 739,8 \text{ kN}$	$N'_{Ed,o} = N_{Ek,0} \cdot b$ $N'_{Ed,o} = 115,3 \cdot 3,375$ $N'_{Ed,o} = 389,0 \text{ kN}$
Wand- mitte	Wandlast $G_{W,m} = \frac{h_s}{2} \cdot g_w \cdot b$ $= \frac{2,625}{2} \cdot 3,71 \cdot 3,375 = 16,43 \text{ kN}$	
	$N_{Ed,m} = N_{Ed,o} + \gamma_g \cdot G_{W,m}$ $N_{Ed,m} = 739,8 + 1,35 \cdot 16,43$ $N_{Ed,m} = 762 \text{ kN}$	$N'_{Ed,m} = 389,03 + 1,0 \cdot 16,43$ $N'_{Ed,m} = 405,5 \text{ kN}$
Wand- fuß	Wandlast $G_{W,u} = h_s \cdot g_w \cdot b$ $= 2,625 \cdot 3,71 \cdot 3,375 = 32,87 \text{ kN}$	
	$N_{Ed,m} = N_{Ed,o} + \gamma_W \cdot G_{W,u}$ $N_{Ed,u} = 739,8 + 1,35 \cdot 32,87$ $N_{Ed,u} = 784,2 \text{ kN}$	$N'_{Ed,u} = 389,03 + 1,00 \cdot 32,87$ $N'_{Ed,u} = 421,9 \text{ kN}$

7 Bemessungsbeispiele

Momente für LF max N = Momente für LF min N

Wandkopf	$M_{Ed,o} = V_{Ed} \cdot z_{Ho} = 48,78 \cdot 3,22 =$ $M_{Ed,o} = 157,1 \text{ kNm}$
Wandmitte	$M_{Ed,m} = V_{Ed} \cdot \frac{(z_{Ho} + z_{Hu})}{2} = 48,78 \cdot \frac{(3,22 + 5,845)}{2} =$ $M_{Ed,m} = 221,1 \text{ kNm}$
Wandfuß	$M_{Ed,i} = V_{Ed} \cdot z_{Hu} = 48,78 \cdot 5,845 =$ $M_{Ed,i} = 285,12 \text{ kNm}$ $M_{k,u} = V_{Ek} \cdot z_{Hu} = 33,0 \cdot 5,845 = 192,9 \text{ kNm}$

Exzentrizitäten

$$\frac{b}{6} = \frac{3,375}{6} = 0,563 \text{ m}$$

$$\frac{b}{3} = \frac{3,375}{3} = 1,125 \text{ m}$$

Wandkopf

aus max N	$e^0 = M_{Ed,o} / N_{Ed,o}$ $= 157,1 / 739,8 = 0,212 \text{ m}$	$e < \frac{b}{6}$	$m = 0,38$
aus min N	$e^0 = M_{Ed,o} / N'_{Ed,o}$ $= 157,1 / 389,0 = 0,404 \text{ m}$	$e < \frac{b}{6}$	$m = 0,72$

Wandmitte

aus max N	$e^0 = M_{Ed,m} / N_{Ed,m}$ $= 221,1 / 756,2 = 0,292 \text{ m}$	$e < \frac{b}{6}$	$m = 0,52$
aus min N	$e^0 = M_{Ed,m} / N'_{Ed,m}$ $= 221,1 / 405,5 = 0,545 \text{ m}$	$e < \frac{b}{6}$	$m = 0,97$

Wandfuß

aus max N	$e^0 = M_{Ed,u} / N_{Ed,u}$ $= 285,1 / 784,2 = 0,364 \text{ m}$	$e < \frac{b}{6}$	$m = 0,65$
aus min N	$e^0 = M_{Ed,u} / N'_{Ed,u}$ $= 285,1 / 421,9 = 0,676 \text{ m}$	$\frac{b}{6} < e$ $< \frac{b}{3}$	$m = 1,20$
	$e_{ku} = M_{k,u} / N'_{Ed,u}$ $= 192,9 / 421,9 = 0,457 \text{ m}$	$e < \frac{b}{6}$	$m = 0,81$

DIN 1053-100, 8.9.1.1

$$\frac{m = 6 \cdot e^0}{b}$$

Die Exzentrizität am Wandfuß unter charakteristischen Lasten ist

$$e_{ku} < \frac{b}{6}$$

daher ist kein Randdehnungsnachweis nach DIN 1053-100, Abschnitt 8.9.1.2 erforderlich

Randspannung aus max N

$$\begin{aligned} \max \sigma_{Rd,i} &= \frac{N_{Ed,i}}{b \cdot d} \cdot (1+m) && \text{bei } e < \frac{b}{6} \\ \min \sigma_{Rd,i} &= \frac{N_{Ed,i}}{b \cdot d} \cdot (1-m) && \text{bei } e < \frac{b}{6} \\ \max \sigma_{Rd,i} &= \frac{N_{Ed,i}}{(b \cdot d)} \cdot \frac{4}{(3-m)} && \text{bei } \frac{b}{6} < e < \frac{b}{3} \end{aligned}$$

am Wandkopf

$$\begin{aligned} \max \sigma_{Rd,o} &= \frac{739,8}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1+0,38)}{1000} = 1,26 \text{ MN/m}^2 \\ \min \sigma_{Rd,o} &= \frac{739,8}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1-0,38)}{1000} = 0,57 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

in Wandmitte

$$\begin{aligned} \max \sigma_{Rd,m} &= \frac{762}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1+0,52)}{1000} = 1,43 \text{ MN/m}^2 \\ \min \sigma_{Rd,m} &= \frac{762}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1-0,52)}{1000} = 0,45 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

am Wandfuß

$$\begin{aligned} \max \sigma_{Rd,u} &= \frac{784,2}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1+0,65)}{1000} = 1,60 \text{ MN/m}^2 \\ \min \sigma_{Rd,u} &= \frac{784,2}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1-0,65)}{1000} = 0,34 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

Randspannung aus min N**am Wandkopf**

$$\begin{aligned} \max \sigma_{Rd,o} &= \frac{389,0}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1+0,72)}{1000} = 0,83 \text{ MN/m}^2 \\ \min \sigma_{Rd,o} &= \frac{389,0}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1-0,72)}{1000} = 0,13 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

in Wandmitte

$$\begin{aligned} \max \sigma_{Rd,m} &= \frac{405,5}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1+0,97)}{1000} = 0,99 \text{ MN/m}^2 \\ \min \sigma_{Rd,m} &= \frac{405,5}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{(1-0,97)}{1000} = 0,03 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

am Wandfuß

$$\max \sigma_{Rd,u} = \frac{421,9}{(3,375 \cdot 0,24)} \cdot \frac{4}{(3-1,20)} = 1,16 \text{ MN/m}^2$$

7 Bemessungsbeispiele

Nachweis am Wandfuß

Bemessungswert N_{Rd} des Widerstands

$$N_{Rd} = \Phi \cdot d \cdot b \cdot f_d$$

Abminderungsfaktoren Φ

Überwiegende Biegebeanspruchung Φ_1

$$\Phi_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e}{b}$$

Für max N

$$\Phi_{1, \max N} = 1 - 2 \cdot \frac{e}{b} = 1 - \left(\frac{2 \cdot 0,364}{3,375} \right) = 0,78$$

Für min N

$$\Phi_{1, \min N} = 1 - 2 \cdot \frac{e}{b} = 1 - \left(\frac{2 \cdot 0,676}{3,375} \right) = 0,60$$

DIN 1053-100, Gl. 14

Überdrückte Wandlänge l_c

$$l_c = 1,5 \cdot (b - 2 \cdot e)$$

$$l_{c, \max N} = 1,5 \cdot (3,375 - 2 \cdot 0,364) = 3,97 \text{ m} > b$$

$$l_{c, \min N} = 1,5 \cdot (3,375 - 2 \cdot 0,676) = 3,04 \text{ m}$$

Bemessungswiderstand am Wandfuß

$$\begin{aligned} N_{Rd, u, \max N} &= \Phi_1 \cdot d \cdot b \cdot f_d \cdot 1000 = \\ &= 0,78 \cdot 0,24 \cdot 3,375 \cdot 2,83 \cdot 1000 = 1788,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Rd, u, \min N} &= \Phi_1 \cdot d \cdot l_c \cdot f_d \cdot 1000 = \\ &= 0,60 \cdot 0,24 \cdot 3,04 \cdot 2,83 \cdot 1000 = 1238,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bemessungseinwirkung am Wandfuß

$$N_{Ed, u, \max N} = 784,2 \text{ kN}$$

$$N_{Ed, u, \min N} = 421,9 \text{ kN}$$

Nachweise

$$N_{Ed, u, \max N} = 784,2 \text{ kN} \leq N_{Rd, u, \max N} = 1788,0 \text{ kN}$$

$$N_{Ed, u, \min N} = 421,9 \text{ kN} \leq N_{Rd, u, \min N} = 1238,9 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

Nachweis in Wandmitte Knicken Φ_2

$$\Phi_2 = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_k}{d} \right)^2 = 0,85 - 0,0011 \cdot 9,8^2 = 0,74$$

$$\text{Knicklängenfaktor } \beta = 0,9$$

$$\text{Knicklänge } h_k$$

$$h_k = \beta \cdot h_s = 0,9 \cdot 2,625 = 2,36 \text{ m}$$

$$\text{Schlankheit } \lambda$$

$$\lambda = \frac{h_k}{d} = \frac{2,36}{0,24} = 9,8 < 25 = \text{zul } \lambda$$

DIN 1053-100, Gl. 15

Überdrückte Wandlänge l_c

$$l_c = 1,5 \cdot (b - 2 \cdot e)$$

$$l_{c, \max N} = 1,5 \cdot (3,375 - 2 \cdot 0,292) = 4,19 \text{ m} > b$$

$$l_{c, \min N} = 1,5 \cdot (3,375 - 2 \cdot 0,545) = 3,43 \text{ m} > b$$

Bemessungswiderstand in Wandmitte

$$\begin{aligned} N_{Rd,m,\max N} &= \Phi_2 \cdot d \cdot b \cdot f_d \cdot 1000 = \\ &= 0,74 \cdot 0,24 \cdot 3,375 \cdot 2,83 \cdot 1000 = 1696,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Rd,m,\min N} &= \Phi_2 \cdot d \cdot l_c \cdot f_d \cdot 1000 = \\ &= 0,74 \cdot 0,24 \cdot 3,375 \cdot 2,83 \cdot 1000 = 1696,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Einwirkung in Wandmitte

$$N_{Ed,m,\max N} = 756,2 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,m,\min N} = 405,5 \text{ kN}$$

Nachweise

$$N_{Ed,m,\max N} = 756,2 \text{ kN} \leq N_{Rd,m,\max N} = 1696,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,m,\min N} = 405,5 \text{ kN} \leq N_{Rd,m,\max N} = 1696,3 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

7 Bemessungsbeispiele

Nachweis der Schubbeanspruchung am Wandfuß

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$$V_{Ed} = 48,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = f_{vd} \cdot d \cdot \frac{\alpha_s}{c}$$

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

$$f_{vk} = \min \left\{ f_{vk0} + 0,4\sigma_{Dd} \right. \\ \left. \max f_{vk} \right\}$$

$$f_{vk0} = 0,09 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{Dd} = \frac{\max \sigma_{Rd,u}}{2} = \frac{1,16}{2} = 0,58 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{vk1} = 0,09 + 0,4 \cdot 0,58 = 0,32 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{vk2} = \max f_{vk} = 0,192 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{vd} = \frac{0,192}{1,5} = 0,128 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Schubspannungsverteilungsfaktor } c = 1,5$$

Schubfestigkeitsbeiwert α_s

$$\alpha_s = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,125 \cdot b = 1,125 \cdot 3,375 = 3,80 \text{ m} \\ 1,333 \cdot l_c = 1,333 \cdot 3,04 = 4,05 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$V_{Rd} = 0,128 \cdot 0,24 \cdot \frac{3,80}{1,5} \cdot 10^3 = 77,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 48,8 \text{ kN} < V_{Rd} = 77,8 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

nach DIN 1053-100
8.9.5.1

s. Seite 35

DIN 1053-100, Gl. 24

DIN 1053-100, Gl. 25

DIN 1053-100, Tabelle 6
Stoßfugen unvermörtelt

s. Seite 39
Lastfall min N

DIN 1053-100, Tabelle 8

$$\frac{h_w}{b} = \frac{8,24}{3,375} = 2,4 \geq 2$$

$$l_c = 1,5 (b - 2c) \\ = 1,5 (3,375 - 2 \cdot 0,676) \\ = 3,04 \text{ m}$$

7.4 Position 3: Kelleraußenwand

Statisches System

Zweiseitig gehaltene, einschalige Kelleraußenwand

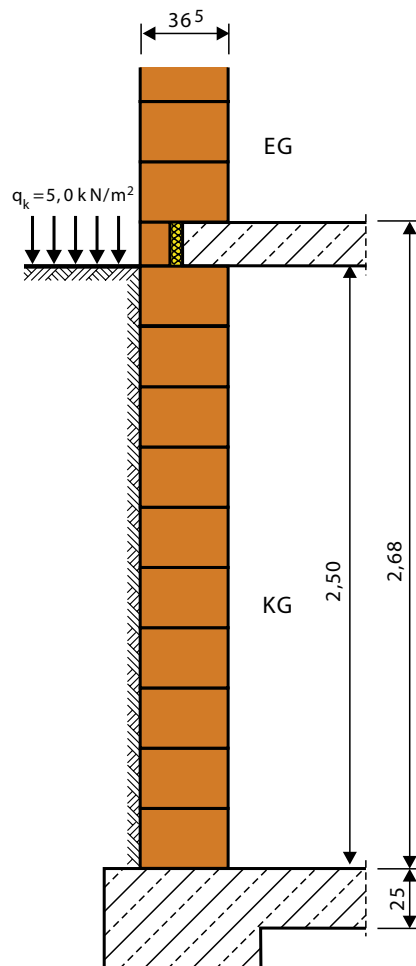


Bild 10: Schnitt durch die Kelleraußenwand

7 Bemessungsbeispiele

Bauteildaten

Parameter	Kennwert
Ziegeldruckfestigkeitsklasse	12
Ziegelrohddichte	800 kg/m ³
Mauermörtel	Normalmörtel NM IIa
Wanddicke d	365 mm
Putzdicke d _P	35 mm (20 + 15)
Wandlänge b	5,375 m
Lichte Wandhöhe h _s	2,50 m
Anschütthöhe h _e	2,50 m
Deckendicke d _b	180 mm
Deckenstützweite l ₁	3,1875 m
Verkehrslast auf Gelände q _k	5 kN/m ²

Lastzusammenstellung

Dachlasten (s. Beispiel 1)	Ständige Last g _{Da}	3,10 kN/m
	Veränderliche Last q _{Da}	2,50 kN/m
Deckenlasten	g _{Beton}	4,50 kN/m ²
	g _{Belag}	1,60 kN/m ²
<i>DIN 1055-1</i>	Ständige Last Σ g _{De}	6,10 kN/m ²
	Nutzlast Kategorie A2	1,50 kN/m ²
<i>DIN 1055-3</i>	Trennwandzuschlag	1,20 kN/m ²
	Veränderliche Last Σ q _{De}	2,70 kN/m ²
Eigenlast Wand	g _{Wand}	3,65 kN/m ²
EG bis 2.OG	g _{Putz}	0,35 kN/m ²
	g _{Wand gesamt}	4,00 kN/m ²
Wichte Boden	γ _e	18 kN/m ³

$$l_1 = \frac{0,18}{2} + 3,01 + \frac{0,175}{2}$$

Wohnräume mit ausreichender Querverteilung

$$g_{\text{Wand}} = d \cdot \gamma_W = 0,365 \cdot 10 = 3,65 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{\text{Putz}} = d_P \cdot \gamma_P = 0,035 \cdot 10 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

Belastung am Wandkopf

Aus Drenpel und Dach

$$g_{Dr} = h_{Dr} \cdot g_W = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ kN/m}$$

$$g_0 = g_{Dr} + g_{Da} = 2 + 3,1 = 5,1 \text{ kN/m}$$

$$q_0 = q_{Da} = 2,5 \text{ kN/m}$$

aus Decken KG bis 2.OG

$$g_{De} = k \cdot l_1 \cdot g_{De} = 0,375 \cdot 3,1875 \cdot 6,1 = 7,3 \text{ kN/m}$$

$$q_{De} = k \cdot l_1 \cdot q_{De} = 0,375 \cdot 3,1875 \cdot 2,7 = 3,2 \text{ kN/m}$$

aus Wänden EG bis 2.OG

$$g_W = 3 \cdot h_s \cdot g_W = 3 \cdot 2,805 \cdot 4 = 33,7 \text{ kN/m}$$

Summe Lasten am Wandkopf

$$g_1 = g_0 + 4 \cdot g_{De} + g_W = 5,1 + 4 \cdot 7,29 + 33,66 = 68,0 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = q_0 + 4 \cdot q_{De} = 2,5 + 4 \cdot 3,23 = 15,3 \text{ kN/m}$$

Schnittgrößen

Die Auflagertiefe der Decke wird zu 180 mm angenommen.

Normalkraft am Wandkopf $N_{0,Ed}$

$$N_{0,Ed,inf} = 1,0 \cdot g_1 = 68,0 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} N_{0,Ed,sup} &= 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q_1 \\ &= 1,35 \cdot 67,92 + 1,5 \cdot 15,42 = 114,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Normalkraft in halber Wandhöhe $n_{1,Ed}$

$$\begin{aligned} N_{1,Ed,inf} &= 1,0 \cdot g_1 + 0,5 \cdot 2,5 \cdot 3,65 \\ &= 67,92 + 4,56 = 72,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{1,Ed,sup} &= 1,35 \cdot (g_1 + 4,56) + 1,5 \cdot q_1 \\ &= 1,35 \cdot 72,48 + 1,5 \cdot 15,42 = 121,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

7 Bemessungsbeispiele

Bemessung nach DIN 1053-100, 2006-04

Überprüfung der allgemeinen Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens nach Abschnitt 10

Kriterium	Anforderung	Istwert	Bemerkung
Mindestwanddicke	$d \geq 240 \text{ mm}$	365 mm	eingehalten
Lichte Geschosshöhe	$h_s \leq 2,60 \text{ m}$	2,5 m	eingehalten
Zulässige Anschütthöhe	$h_e \leq 2,50 \text{ m}$	2,5 m	eingehalten
Maximale Verkehrslast auf Gelände	$q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$	5 kN/m ²	eingehalten

Nachweis in halber Anschütthöhe

$$N_{1,Ed,inf} \geq N_{1,lim,d} = \frac{\gamma_e \cdot h_s \cdot h_e^2}{20 \cdot d}$$

$$N_{1,Ed,sup} \leq N_{1,Rd} = 0,33 \cdot d \cdot f_d$$

mit

d Wanddicke

$$f_d = \frac{\eta \cdot f_k}{\gamma_M} = \frac{0,85 \cdot 5}{1,5} = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

mit:

charakteristische Druckfestigkeit $f_k = 5,0 \text{ N/mm}^2$

Dauerstandfaktor $\eta = 0,85$

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,5 \cdot k_0 = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5$

DIN 1053-100, Gl. 39

DIN 1053-100, Gl. 40

Ziegelfestigkeitsklasse 12,
Normalmörtel NM IIa,
DIN 1053-100, Tabelle 5

Bemessungswiderstand in halber Anschütthöhe

$$N_{1,Rd} = 0,33 \cdot d \cdot f_d = 0,33 \cdot 0,365 \cdot 2,83 \cdot 1000 = 340,9 \text{ kN/m}$$

Mindestwert der erforderlichen Normalkraft $N_{1,lim,d}$

$$N_{1,lim,d} = \frac{18 \cdot 2,5 \cdot 2,5^2}{(20 \cdot 0,365)} = 38,5 \text{ kN/m}$$

$$N_{1,Ed,inf} = 72,5 \text{ kN/m} \geq N_{1,lim,d} = 38,5 \text{ kN/m}$$

Bedingung 1 eingehalten

$$N_{1,Ed,sup} = 121,0 \text{ kN/m} \leq N_{1,Rd} = 340,9 \text{ kN/m}$$

Bedingung 2 eingehalten

Nachweis erbracht

Alternativ

Nachweis am Wandkopf

$$N_{0,Ed,inf} \geq N_{0,lim,d}$$

$$N_{0,Ed,sup} \leq N_{1,Rd} = 0,33 \cdot d \cdot f_d$$

Bemessungswiderstand N_1, R_d

$$N_{1,Rd} = 340,9 \text{ kN/m}$$

Mindestwert der erforderlichen Normalkraft $N_{0,lim,d}$

$$N_{0,lim,d} = 40 \text{ kN/m}$$

$$N_{0,Ed,inf} = 68 \text{ kN/m} \geq N_{0,lim,d} = 40 \text{ kN/m}$$

Bedingung 1 eingehalten

$$N_{0,Ed,sup} = 114,8 \text{ kN/m} \leq N_{1,Rd} = 340,9 \text{ kN/m}$$

Bedingung 2 eingehalten

Nachweis erbracht

DIN 1053-100, Gl. 41

DIN 1053-100, Gl. 42

s. Seite 44

DIN 1053-100, Tabelle 10

Impressum

Herausgeber:
Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel
im Bundesverband der Deutschen
Ziegelindustrie e.V.
Schaumburg-Lippe-Straße 4
53113 Bonn

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck, auch auszugsweise nur
mit ausdrücklicher Genehmigung von
©Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel
Bonn, 2006

Verfasser:
Dr.-Ing. Norbert Brauer
Dipl.-Ing. Joachim Ehmke
Dipl.-Ing. Dieter Figge
Dr.-Ing. Udo Meyer

1. Ausgabe, Dezember, 2006

Gestaltung und Satz:
Eva Weeger

Druck:
M. Brimberg
Druck und Verlag GmbH
Dresdener Straße 1
52068 Aachen