

52R Mauerwerkswand nach DIN 1053-100, Abschnitt 9

(Stand: 10.07.2009)

Das Programm führt die Bemessung von Mauerwerkswänden und -pfeilern nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1053-100: 2007-09, genaueres Verfahren nach Abschnitt 9, durch. Dabei werden je nach Wandtyp Einspannungen aus anschließenden Decken sowie horizontale Einwirkungen wie Erddruck, Windlasten oder Anprall-Lasten berücksichtigt. Die Nachweise erfolgen an Wandkopf, Wandfuß und in Wandmitte. Es werden die Nachweise der Ausmitten unter Gebrauchslasten und die Nachweise der Tragfähigkeit geführt. Wahlweise kann auch ein Querkraftnachweis (Plattenschub) durchgeführt werden.

Leistungsumfang

====> System

- Es können Außen- wie Innenwände nachgewiesen werden, wobei je nach Notwendigkeit Windlasten oder Erddruckbelastung sowie die Einspannung aus angrenzenden Decken berücksichtigt werden können.

====> Baustoffe

- Alle gängigen Steine und Mörtelgruppen

====> Einwirkungen / Schnittgrößen

- Berücksichtigung von Lasten am Wandkopf, aus angrenzenden Decken, aus Wind oder Erddruck
- Berücksichtigung der Lastkombinatorik nach DIN 1055-100

====> Nachweise der Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit

- Gebrauchsfähigkeit:
Nachweis der Ausmitten an Wandkopf und Wandfuß aus charakteristischen Lasten (Ausmitten dürfen nicht größer als $d/3$ werden, anderenfalls wird Zentrierung erforderlich)
- Tragfähigkeit:
Nachweis der aufnehmbaren Normalkräfte an Wandkopf, Wandmitte (Stabilitätsnachweis) und Wandfuß, Nachweis Plattenschub
- Übersicht der Nachweisergebnisse

====> Grafiken

- System und Belastung werden grafisch dargestellt.

====> Weitere Leistungen

- Nachweis Scheibenschub (52A) ist integriert (Lizenz für 52A erforderlich, ist nicht im Leistungsumfang enthalten)

System

- Wandtyp und Lage der Wand:
Der Benutzer legt neben der Angabe des Geschosses [Obergeschoss (OG), Zwischengeschoss (ZG) oder Kellergeschoss (KG)] fest, ob es sich um eine Innen- (IW) oder Außenwand (AW) handelt.
- Ermittlung von Momenten aus Deckeneinspannung (optional):
Bei Auflagerung von Massivdecken ist die Erfassung einer Einspannung der betrachteten Wand an Wandkopf und Wandfuß notwendig, bei Kellerwänden wird der Nachweis mit dem Erddruck geführt.
- Höhe der Wand über Gelände für Außenwände im Zwischen- oder Obergeschoss zur späteren Ermittlung von Windlasten
- Wanddicke d , lichte Geschosshöhe h_s und Wandbreite b (für Kelleraußenwände wird $b = 1.0$ m gesetzt)
- Einflussbreite b_w für den Ansatz von Windlasten:
Wenn eine Wand zwischen Öffnungen zu untersuchen ist, kann eine größere Einflussbreite als die Wandbreite für die Ermittlung der Windbelastung angegeben werden.

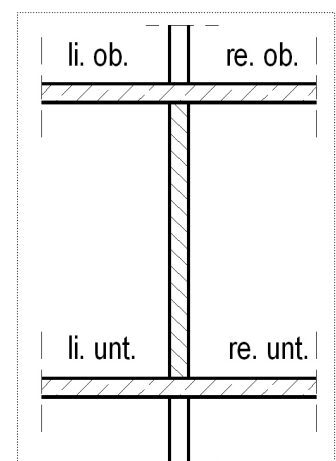


Bild 1: Deckenbezeichnungen

- Art der Lagerung bzw. Aussteifung (2-, 3- oder 4-seitig):

Je nach Auflagerung muss für die Berechnung der Knicklänge zusätzlich der Abstand des freien Rands von der Mitte der aussteifenden Wand (3-seitige Lagerung) oder der Mittenabstand der aussteifenden Wände bei 4-seitiger Lagerung (s. Bild 1) definiert werden.

- bei Außenwänden die Auflagertiefen der aufliegenden Decken, da diese die Knicklänge mit bestimmen und für die Auflagerfläche benötigt werden.
- Einspannung am Wandkopf für Windmomente: Bei Außenwänden im OG ist der Ansatz einer Kopfeinspannung meist nicht sinnvoll.
- Reduktionsmöglichkeit der Knicklänge auf Grund der Einspannung durch eine Massivdecke: Bei flächig aufgelagerten Decken darf die Knicklänge nach [1], Tabelle 9, reduziert werden.

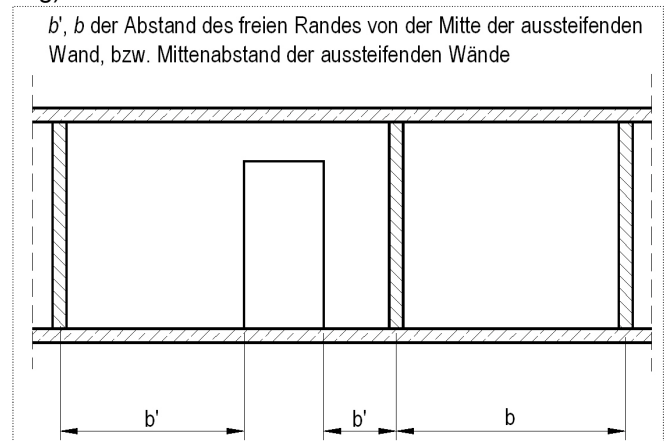


Bild 2: 3- und 4-seitige Lagerung

- Faktor k_0 zur Erhöhung des Teilsicherheitsbeiwerts für 'kurze' Wände: Nach [1] muss der Teilsicherheitsbeiwert γ_M zur Bestimmung des Bemessungswertes des Tragwiderstandes für 'kurze' Wände um den Faktor $k_0=1.25$ erhöht werden, wenn die Querschnittsfläche $A < 1000 \text{ cm}^2$ beträgt und die Wand aus geteilten Steinen oder Steinen mit einem Lochanteil $> 35\%$ besteht. In allen anderen Fällen wird $k_0=1.0$ angesetzt.

Hinweis: Auch wenn der Ansatz von Windlasten nach [1] nicht notwendig ist, kann er vom Benutzer gewählt werden. Nach [1] ist der Ansatz erforderlich, wenn entweder die Höhe des Bauteils (=OK) über Gelände $h_0 > 20.0 \text{ m}$, die Wanddicke $d < 24 \text{ cm}$ oder die Wandhöhe $h_s > 3.00 \text{ m}$ beträgt. Umgekehrt kann der Benutzer auch einen evtl. erforderlichen Ansatz abwählen.

- Angrenzende Decken und Wände: Um die Einspannung aus angrenzenden Decken bestimmen zu können, benötigt das Programm Angaben zu Betongüte, Dicke, Breite und Stützweite der angrenzenden Decken. Weiter muss eine mögliche Einspannung der Decken(n) am abliegenden Ende angegeben werden. Grenzt eine kreuzweise gespannte Decke an die Wand, so darf die rechnerische Stützweite zu $2/3$ der kürzeren Seite angesetzt werden, was beim Systembild zu Irritationen führen könnte. Aus diesem Grund kann hier auch eine von diesem Wert abweichende Stützweite für die Darstellung im Systembild eingegeben werden (wenn der Schalter für die Eingabe bei den Voreinstellungen gesetzt ist, s.o.). Für die angrenzenden Wände (darüber und/oder darunter) müssen die Abmessungen und die Materialgüten bekannt sein. Wände und Decken können jeweils andere Breiten als die zu bemessende Wand haben! Diese Eingaben werden für Kelleraußenwände nicht benötigt, da hier nur mit der Einspannung aus Erddruckbelastung gerechnet wird.

Einstellungen

- Je nach Wandtyp können die folgenden Optionen gewählt werden: Bei Außenwänden im OG oder ZG kann neben den Decken oben und unten rechts eine Decke unten links vorhanden sein (s. Bild 1), die Decke links oben ist nicht vorhanden. Bei Innenwänden sind immer alle Decken vorhanden. Eine Ausnahme bildet die Kellerwand, wenn keine Sohle vorhanden ist. In diesem Fall können die unteren Decken deaktiviert werden.
- Für Wände im OG oder ZG ist die darunterliegende Wand abwählbar (z.B. bei EG-Wänden ohne Unterkellerung). Für einen bequemeren Ablauf der Eingabe kann angegeben werden, ob die angrenzenden Decken die gleiche Geometrie haben oder alle Wände (betrachtete Wand, Wand darüber und/oder darunter) die gleiche Materialgüte haben. Desgleichen kann die Stützweite für das Systembild gleich der rechnerischen gesetzt werden (s. Eingaben für angrenzende Decken).
- Wahl des Querkraftnachweises. Bei Kellerwänden ist ein Querkraftnachweis sinnvoll, bei sonstigen Wänden meist nicht erforderlich, da hier die vorhandenen Querkraftbeanspruchungen gering bleiben.
- Wahl des Nachweises auf Scheibenschub (Lizenz für 52A erforderlich)

Baustoffe

Wahl des Mauerwerks: Es sind Steingüte, Rohdichte und Mörtelgruppe der Wand anzugeben.

Einwirkungen

Die folgenden Belastungen werden – je nach Wandart und Geschoss – angesetzt:

- Eigenlast der Wand incl. Putz [kN/m²]
- Vertikallasten am Wandkopf aus darüber liegenden Wandpositionen.
Alle Vertikallasten sind als Linienlasten in [kN/m] anzugeben!
- Vertikallasten am Wandkopf aus darüber liegenden (angrenzenden) Deckenpositionen [kN/m] und zugehörige Deckengleichlasten [kN/m²], aus denen die Deckeneinspannmomente an Wandkopf und –fuß berechnet werden können. Diese Eingabe ist notwendig, weil die Auflagerkräfte aus einer Deckenposition meist aus einer exakten Berechnung vorhanden sind (z.B. FE-Berechnung), ein Deckeneinspannmoment nach Cross jedoch näherungsweise aus Gleichlasten bestimmt wird. Im Programm wird die Korrelation, d.h. ein evtl. teilweiser Ansatz der Deckenaullagerkräfte wegen des feldweise unterschiedlichen Ansatzes der Deckengleichlasten, berücksichtigt.
Unterscheidet sich die Deckenbreite von der Wandbreite, so sind die Auflagerlasten entsprechend umzurechnen!
- Horizontale Windlasten [kN/m²] auf Außenwände (wenn Ansatz nach [1] notwendig). Sie können vom Programm ermittelt oder vom Benutzer eingegeben werden.
- Erddruck (bei Kellerwänden):
Um die Beanspruchung des Bauteils infolge Erddruck bestimmen zu können, werden die Angaben Reibungswinkel φ , Wandreibungswinkel δ_a , Wichte des Bodens erdfeucht γ bzw. unter Auftrieb γ' sowie die Geländeneigung β und die eventuelle Höhe eines Grundwasserspiegels über dem Wandfuß benötigt. Soll mit Ruhedruck oder einem erhöhten Erddruck bemessen werden, kann ein Erhöhungsfaktor für den aktiven Erddruck angesetzt werden.
Hinweis:
Da i. Allg. eine Kellerwand einen Isolieranstrich erhält, sollte der Wandreibungswinkel zu $\delta_a=0$ gesetzt werden.
- Horizontale Anprall-Last [kN/m]:
Bei Wänden, die weder durch Erddruck noch durch Wind belastet werden, muss u. U. eine Anprall-Last $H = 0.5$ kN als außergewöhnliche Einwirkung angesetzt werden (s. [1]), die als Linienlast auf die Wandbreite verteilt werden darf. Da die Notwendigkeit dieses Lastansatzes auch von der Knicklänge abhängt, diese aber zum Zeitpunkt der Lasteingabe noch nicht berechnet werden kann, wird eine eingegebene Anprall-Last bei der Bemessung nicht immer berücksichtigt.
Kriterien für den Ansatz einer Anprall-Last:
Wanddicke $d < 17.5$ cm, 2-seitige Lagerung, Wandbreite $b < 2.0$ m sowie Schlankheit $h_k/d > 12$.

Hinweis zum Ansatz von Nutzlasten:

Die Kategorien für Nutz- und Verkehrslasten zur Bildung der Kombinationen nach DIN 1055-100 dürfen i. Allg. als eine unabhängige Einwirkung 'Q,N' betrachtet werden, da die Nutzlasten aus den Decken immer auch unabhängig von den Wandaullasten untersucht werden. Welcher Ansatz die ungünstigeren Ergebnisse ergibt, lässt sich nicht eindeutig sagen.

Schnittgrößen: Berechnung des Wand-Decken-Knotens

Bei der Berechnung der Momente aus Deckeneinspannung werden die E-Moduln der beteiligten Wände mit $E_m = 1000 \cdot f_k$ angesetzt.

Die je nach Geschoss und Wandart angesetzten Systeme sind in Bild 3 dargestellt. Aus dem Volleinspannmoment der Decke wird mit dem 1. Cross-Ausgleich ein Wandmoment an Kopf bzw. Fuß bestimmt (s. a. [2]). Dieses Deckeneinspannmoment wird – falls erforderlich – mit einem Moment aus horizontalen Einwirkungen so überlagert, dass die Ausmitten den zulässigen Wert $e=d/3$ nicht überschreiten (s. Bild 4).

Falls das Knotenmoment aus der Decke bereits die Ausmitte $d/3$ überschreitet, wird beim Tragfähigkeitsnachweis das Knotenmoment so reduziert, dass die Ausmitte auf $e=d/3$ begrenzt bleibt. Dies macht jedoch eine Zentrierung erforderlich!

Zur Ermittlung der ungünstigsten Momente werden zusätzlich zur üblichen Kombinatorik für die jeweils betrachtete Kombination die Laststellungen der Deckenlasten variiert:

Deckenkombinationen:

- ständige Lasten
- ständige Lasten links oben/rechts unten, Voll-Last rechts oben/links unten
- Voll-Last links oben/rechts unten, ständige Lasten rechts oben/links unten
- Voll-Last

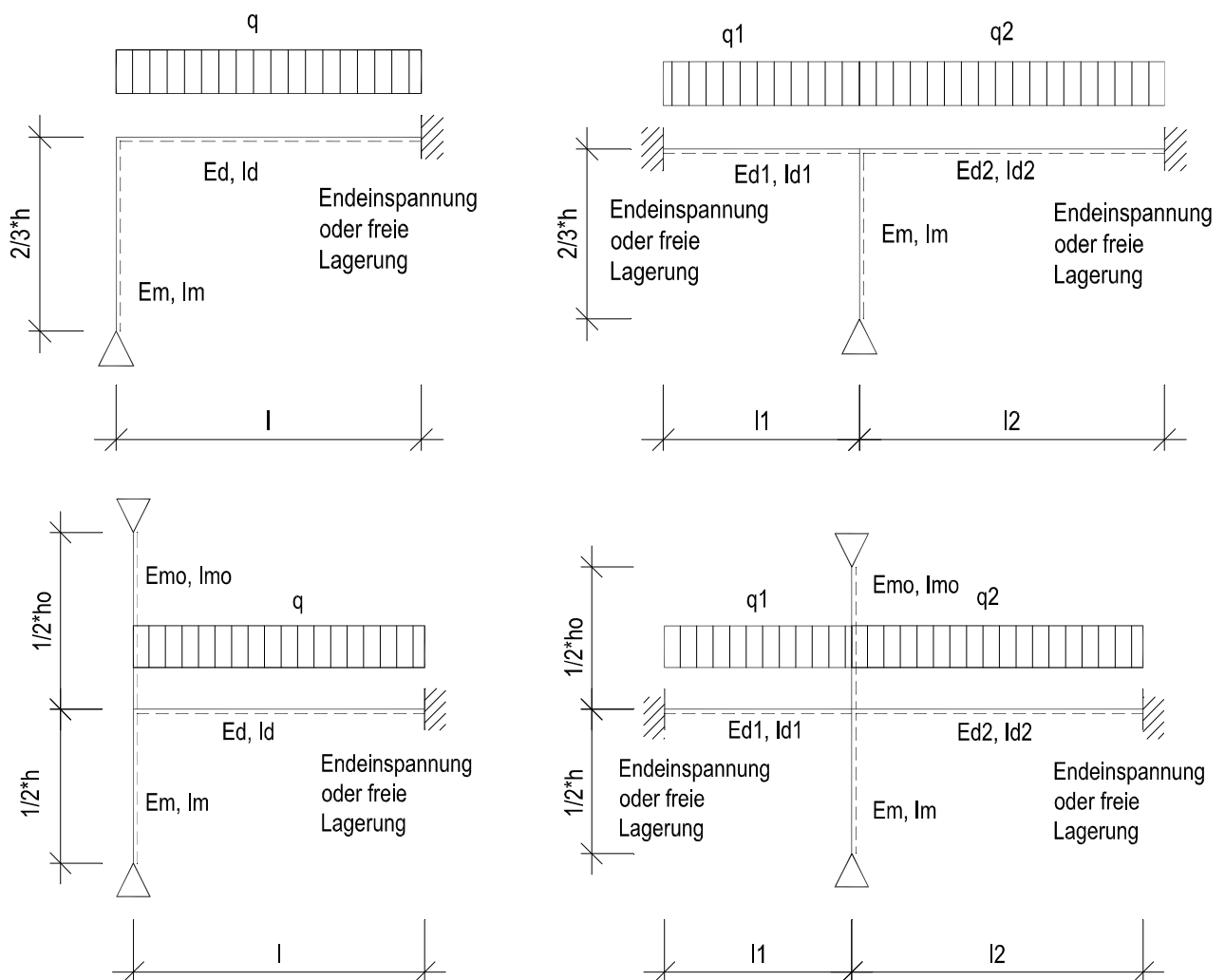


Bild 3: Systeme zur Ermittlung der Deckeneinspannmomente

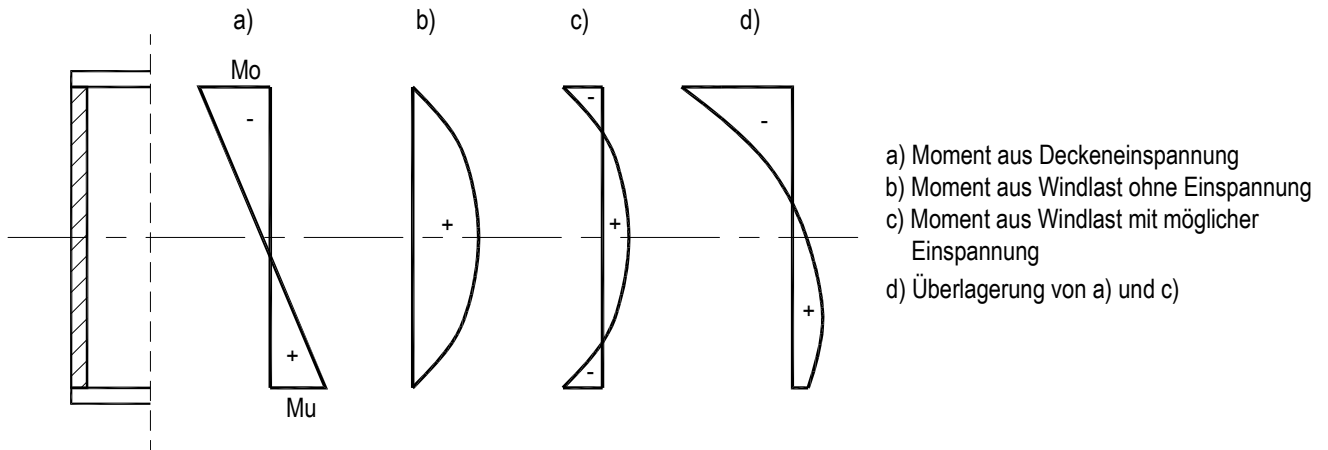


Bild 4: Momentenüberlagerung

Bei Kellerwänden wird die Erddruckfigur so eingehängt, dass die Ausmitten e_d aus Tragfähigkeit kleiner als $d/3$ bleiben, bei Wänden mit Windlast bzw. Deckeneinspannmomenten wird die Ausmitte e_k aus Gebrauchslast nachgewiesen!

Die Momente aus Deckeneinspannung und die Momente aus horizontalen Einwirkungen werden mit und ohne Einspannung als charakteristische Größen im Formular dokumentiert.

Hinweis: Bei Innenwänden im Kellergeschoss, bei denen keine unteren Decken (=Sohle) vorhanden sind, wird das Moment am Wandkopf mit umgekehrtem Vorzeichen auch am Wandfuß angesetzt.

Nachweise

Alle Lasten werden als Gesamtlasten [kN] (unter Berücksichtigung der Wandbreite) angesetzt.

Ausmitte aus Gebrauchslast an Wandkopf / Wandfuß

Neben der Ausgabe der maßgebenden Kombination / Deckenkombination werden die charakteristischen Beanspruchungen M_k und N_k sowie die daraus resultierende Exzentrizität e_k dokumentiert. Ausgegeben wird diejenige Lastkombination, aus der die größte Ausmitte resultiert. Eine größere Ausmitte als $e_k=d/3$ ist nicht zulässig (s. [1], 5.4). Ist sie dennoch größer, wird eine Zentrierung notwendig (Hinweis darauf wird im Formular ausgegeben).

Dieser Nachweis ist für Kellerwände nicht erforderlich, da hier die Ausmitte e_d aus Tragfähigkeit auf $e_d \leq d/3$ begrenzt wird (vgl. [3]).

Bemessung / Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Nachweise werden für Wandkopf, Wandfuß und Wandmitte geführt. Ist dabei die Ausmitte des Knotenmoments aus Deckeneinspannung am Wandkopf oder Wandfuß größer als $d/3$, wird es so reduziert, dass die Ausmitte $e_d=d/3$ bleibt (Zentrierung erforderlich). Neben der Bestimmung der Ausmitte e_d (die Ausmitte e_d darf in Wandmitte nicht größer als $d/2$ werden) wird die Tragfähigkeit nach [1], 9.9.1.3 geführt. Hierbei wird eine Mindest-Ausmitte $e_d \geq 0.05 \cdot d$ berücksichtigt. Ausgegeben wird diejenige Lastkombination, aus der der größte Ausnutzungsgrad N_{Ed}/N_{Rd} resultiert.

Ist die Ausmitte e_d größer als $d/3$, muss eine Rissesicherung vorgenommen werden. Eine Ausmitte $e_d > d/3$ ist zwar zulässig, führt jedoch i. Allg. zu recht geringen Tragfähigkeiten.

Nachweis am Wandkopf / Wandfuß: $N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Phi_{o,u} \cdot A \cdot f_d$ $\Phi_{o,u}$ = Abminderungsbeiwert oben/unten
 (bei Außenwänden wird die Auflagertiefe für die Ermittlung von der Auflagerfläche A angesetzt)

Nachweis in Wandmitte (Knicken): $N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d$ Φ_m = Abminderungsbeiwert Wandmitte

Beim Nachweis in Wandmitte werden die Knicklängen, die Ausmitte aus ungewollter Schiefstellung sowie die Ausmitte infolge Kriechen (wenn $h_k/d > 10$) berücksichtigt.

Querkraftnachweis (Plattenschub)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = \frac{A' \cdot f_{vd}}{1.5} \quad \text{mit} \quad A' = 1.5 \cdot b \cdot (1 - 2e_d) \leq b \cdot d$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \quad \text{mit} \quad \gamma_M = 1.5 \cdot k_0 \quad \text{bzw.} \quad \gamma_M = 1.3 \cdot k_0 \quad (\text{außergewöhnliche Einwirkungen})$$

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.6 \cdot \sigma_{Dd} \quad \text{mit} \quad \sigma_{Dd} = \frac{\text{zug} \cdot N_{Ed}}{A'}$$

Lastweiterleitung

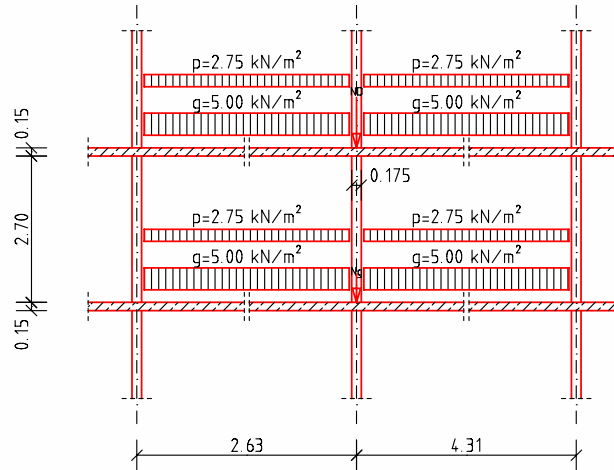
Die Vertikallasten werden als Linienlasten [kN/m] abgelegt.

Literatur

- [1] DIN 1053:2007-09
- [2] Schneider, Klaus-Jürgen und Kuhnke, Hansfried: Ermittlung der Wandmomente von Mauerwerkswänden nach DIN 1053 Teil 2 bei beliebigen Wanddicken und Geschosshöhen. Die Bautechnik 7/1986, S. 229-232.
- [3] Energieeinsparverordnung (EnEV) und neues Sicherheitskonzept im Mauerwerksbau. Tagungsband der KS-Bauseminare 2006/2007.

POS. 13 Innenwand ZG d=17.5

Innenwand im Zwischengeschoss



Genauerer Berechnungsverfahren nach DIN 1053-100: 2007-09, Abschnitt 9
Bestimmung der Knotenmomente: Ermittlung Deckeneinspannmomente nach Cross

Mauerwerksdaten: Mz / 1.60 kg/dm³; Festigkeitsklasse: 20 MN/m²; NM III.

Geometrie / System

Dicke Wand d = 17.5 cm
 Lichte Geschosshöhe hs = 2.700 m
 Stützweite h = 2.850 m
 Breite Wand(-streifen) b = 1.49 m
 Aussteifung / Lagerung 2-seitig
 Mögliche Reduktion der Knicklänge wegen Auflagerung Massivdecke: ja
 E-Modul zur Berechnung der Deckeneinspannmomente $E_m = 1000 \cdot f_k = 7500 \text{ MN/m}^2$

Angrenzende Decken: Betongüte C 25/30, $E_m = 30000 \text{ MN/m}^2$

	oben links	oben rechts	unten links	unten rechts
Deckendicke h [cm]	15.00	15.00	15.00	15.00
Rechnerische Stützweite l [m]	2.63	4.31	2.63	4.31
Deckenbreite b [m]	2.81	2.81	2.81	2.81
Stützweite Systembild l _s [m]	2.63	4.31	2.63	4.31

Einspannung abliegendes Ende ja nein ja nein

Angrenzende Wände:	Dicke [cm]	Höhe [m]	Breite [m]	Steinart	rho [g/cm³]	SFK [-]	Mörtelgruppe	E_m [MN/m²]
Wand darüber	17.5	2.85	1.49	Mz	1.60	20	NM III	7500
Wand darunter	17.5	2.85	1.49	Mz	1.60	20	NM III	7500

Einwirkungen Wandkopf [kN/m]

EWG Einwirkungsgruppe
 100 Ständige Einwirkungen
 101 Veränderliche Ew. 1

Einwirkung	Kat.	EWG	charakt. Betrag
Eigengewicht (0.175*17.0+0.50)	G	100	3.48 kN/m²

Lasten aus darüberliegenden Wänden [kN/m]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert, k	Alpha
aus Wand OG	G	100	235.00	-

Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert, k	Alpha
aus Wand OG	Q, 1	101	101.00	-

Auflagerlasten anschließender Decken [kN/m]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert, k	Alpha
aus Decken	G	100	32.80	-
aus Decken	Q, A2	101	18.00	-

Flächenlasten auf anschließenden Decken [kN/m²]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	[----- kN/m² -----]			
			ob.li.	ob.re.	unt.li.	unt.re.
Eigengewicht	G	100	3.75	3.75	3.75	3.75
Belag	G	100	1.25	1.25	1.25	1.25
Nutzlast	Q, A2	101	2.75	2.75	2.75	2.75

Kategorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi 0	Psi 1	Psi 2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
Q, A2	Wohnfläche: ausreichende Querverteilung	0.70	0.50	0.30	1.50	-
Q, 1	Sonstige veränd. Einwirkungen	0.80	0.70	0.50	1.50	-

Alle Nutz- und Verkehrslasten gelten als eine unabhängige Einwirkung (Q, N).
Für Q, N werden die jeweils größten Psi-Werte angesetzt (DIN 1055-100 A.2(2))

Lastfall	Einwirkungsgruppen (EWG), Beschreibung
LF 1	100, 101 Ständige Einwirkungen + Veränderliche Ew. 1

Kombinationen nach DIN 1055-100

KNr.	Bem.-Sitz.	Kombination
4	T, P/T	G, sup+Q, N
6	Char	G+Q, 1+Q, A2

T, P/T = Tragfähigkeit, ständig u. vorübergehend
Char = Charakteristisch

Charakteristische Beanspruchung aus Deckeneinspannung

Einwirkung	Kat.	[----- kNm -----]			
		Mi o	Mro	Mi u	Mru
Ständige Lasten	G	0.77	-3.11	-0.77	3.11
Nutz- und Verkehrslasten	Q, A2	0.42	-1.71	-0.42	1.71

Die Hälfte der Nutzlasten wird den ständigen Lasten zugeordnet!

Nachweis der Ausmitte am Wandkopf (unter Gebrauchslasten)

maßgebend Kombination 6 Deckenkombination: $g + q_{ob.re./q_{unt.li}}$
 Einspanngrad für Moment aus H-Lasten $E = 100.0 \%$
 Moment aus Deckeneinspannung $MD_k = -4.04 \text{ kNm}$
 Normalkraft $N_{ek} = 415.68 \text{ kN}$
Ausmitte $e_k = M/N = 0.010 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$

Nachweis der Ausmitte am Wandfuß (unter Gebrauchslasten)

maßgebend Kombination 6 Deckenkombination: $g + q_{ob.li./q_{unt.re}}$
 Einspanngrad für Moment aus H-Lasten $E = 100.0 \%$
 Moment aus Deckeneinspannung $MD_k = 4.04 \text{ kNm}$
 Normalkraft $N_{ek} = 423.19 \text{ kN}$
Ausmitte $e_k = M/N = 0.010 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$

Nachweis der Ausmitte am Wandkopf (Tragfähigkeit)

maßgebend Kombination 4 Deckenkombination: $g + q$ (alle Felder)

Einspanngrad für Moment aus H-Lasten	E = 100.0 %
Moment aus Deckeneinspannung	MDd = -4.98 kNm
Normalkraft	Ned = 804.64 kN
Ausmitte $e_d = M/N = 0.009 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$	($e \geq 0.05 \cdot d!$)

Tragfähigkeit: $f_d = 4250 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 1 - 2 \cdot e_d/d = 0.900$, $A = b \cdot d = 0.261 \text{ m}^2$
Nrd = $\phi \cdot f_d \cdot A = 997.4 \text{ kN}$ **Ned/Nrd = $804.6 / 997.4 = 0.807 < 1.00$**

Nachweis der Ausmitte am Wandfuß (Tragfähigkeit)

maßgebend Kombination 4 Deckenkombination: g + q (alle Felder)

Einspanngrad für Moment aus H-Lasten	E = 100.0 %
Moment aus Deckeneinspannung	MDd = 4.98 kNm
Normalkraft	Ned = 823.54 kN
Ausmitte $e_d = M/N = 0.009 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$	($e \geq 0.05 \cdot d!$)

Tragfähigkeit: $f_d = 4250 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 1 - 2 \cdot e_d/d = 0.900$, $A = b \cdot d = 0.261 \text{ m}^2$
Nrd = $\phi \cdot f_d \cdot A = 997.4 \text{ kN}$ **Ned/Nrd = $823.5 / 997.4 = 0.826 < 1.00$**

Nachweis der Tragfähigkeit in Wandmitte

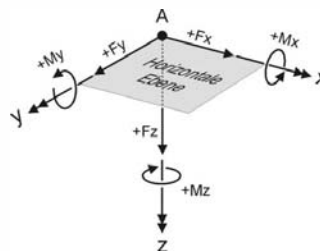
maßgebend Kombination 4 Deckenkombination: g + q ob./q unt./i

Moment am Wandkopf (Einspanngrad 100%)	Mod = -5.59 + 0.00 = -5.59 kNm
Moment am Wandfuß (Einspanngrad 100%)	Mud = 2.55 + 0.00 = 2.55 kNm
Moment in Wandmitte	Md = -1.52 kNm
Normalkraft	Nd = 798.8 kN
planmäßige Ausmitte	$e_d = M_d/N_d = 0.002 \text{ m}$
Knicklänge $h_k = \beta \cdot h_s = 0.750 \cdot 2.700 = 2.025 \text{ m}$,	Schlankheit $h_k/d = 11.6$
ungewollte Ausmitte	$e_a = h_k/450 = 0.005 \text{ m}$
Ausmitte aus Kriechen (9.9.1.3)	$e_{mk} = 0.001 \text{ m}$
gesamte Ausmitte $e_m = e_d + e_a + e_{mk}$	$e_m = 0.007 \text{ m}$
$\phi_m = 1.14 \cdot (1 - 2 \cdot e_m/d) - 0.024 \cdot h_k/d \leq 1 - 2 \cdot e_m/d$	$\phi_m = 0.769$
$f_d = 4250 \text{ kN/m}^2$ $A = b \cdot d = 0.261 \text{ m}^2$	

Nrd = $\phi_m \cdot f_d \cdot A = 852.0$ **Ned/Nrd = $798.8 / 852.0 = 0.938 < 1.00$**

Verteilung der Einwirkungen (charakt.):

Die Kraftartenrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten q in [kN/m] und m in [kNm/m].

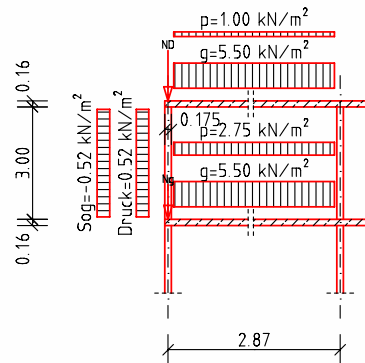


LF	Lager	Kraft	G	Q, 1	Q, A2	Summe, k
1	1	qz	277.20	101.00	18.00	396.20

POS. 014 Außenwand OG

Beispiel von Prof. Dr.-Ing. Graubner aus KS-Bauseminar. Die leicht unterschiedlichen Ergebnisse beruhen darauf, dass dort nicht mit Kombinationswerten gearbeitet wird. Der Wert des E-Moduls des Betons wurde dem des Beispiels angepasst.

Außenwand im Obergeschoss



Genauerer Berechnungsverfahren nach DIN 1053-100: 2007-09, Abschnitt 9
Bestimmung der Knotenmomente: Ermittlung Deckeneinspannmomente nach Cross

Mauerwerksdaten: KS / 1.60 kg/dm³; Festigkeitsklasse: 12 MN/m²; NM II a.

Geometrie / System

Höhe Bauteil über Gelände	h ₀ = 16.00 m
Dicke Wand	d = 17.5 cm
Lichte Geschosshöhe	h _s = 3.000 m
Stützweite	h = 3.160 m
Breite Wand(-streifen)	b = 1.00 m
Lasteinzugsbreite für Windbelastung	bw = 1.00 m
Aussteifung / Lagerung	2-seitig
Auflagertiefen Decken	oben t = 17.5 cm, unten t = 17.5 cm

Einspannung am Wandkopf für H-Lasten anzusetzen: nein
Mögliche Reduktion der Knicklänge wegen Auflagerung Massivdecke: nein
E-Modul zur Berechnung der Deckeneinspannmomente $E_m = 1000 \cdot f_k = 5000 \text{ MN/m}^2$

Angrenzende Decken:	Betongüte C 20/25, $E_m = 28800 \text{ MN/m}^2$			
	oben links	oben rechts	unten links	unten rechts
Deckendicke h [cm]	-	16.00	-	16.00
Rechnerische Stützweite l [m]	-	2.87	-	2.87
Deckenbreite b [m]	-	1.00	-	1.00
Stützweite Systembild l _s [m]	-	2.87	-	2.87
Einspannung abliegendes Ende	-	ja	-	ja

Angrenzende Wände:	Dicke	Höhe	Breite	Stein-	rho	SFK	Mörtel-	E_m
	[cm]	[m]	[m]	art	[g/cm ³]	[-]	gruppe	[MN/m ²]
Wand darunter	17.5	3.16	1.00	KS	1.60	12	NM II a	5000

Einwirkungen Wandkopf [kN/m]

<u>EWG</u>	<u>Einwirkungsgruppe</u>
100	Ständige Einwirkungen
101	Veränderliche Ew. 1
130	Winddruck
132	Windsog, parallel

Parameter für Windlasten: Gebäudewand, DIN 1055-4: 12.1.2

Gebäudeabmessungen: $b_x = 16.50 \text{ m}$, $b_y = 20.00 \text{ m}$, $h = 16.50 \text{ m}$

Einwirkung	Kat.	EWG	charakt.	Betrag
Eigengewicht (0.175*17.0+0.50)	G	100		3.48 kN/m ²
Winddruck senkrecht (aus 0°/180°)	Q, W	130		0.52 kN/m ²
Windsog senkrecht (aus 0°/180°)	Q, W	131		-0.24 kN/m ²
Windsog parallel (aus 90°/270°)	Q, W	132		-0.52 kN/m ²

Winddruck und Windsog (senkrecht) wirken wechselseitig

Lasten aus darüberliegenden Wänden [kN/m]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert, k	Alpha
aus Dach	G	100	4.50	-
aus Dach	Q, 1	101	1.40	-

Auflagerlasten anschließender Decken [kN/m]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert, k	Alpha
aus Decke OG	G	100	7.90	-
aus Decke OG	Q, A2	101	1.40	-

Flächenlasten auf anschließenden Decken [kN/m²]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	[----- kN/m ² -----]			
			ob.li.	ob.re.	unt.li.	unt.re.
Eigengewicht	G	100	-	4.00	-	4.00
Belag	G	100	-	1.50	-	1.50
Verkehr	Q, A2	101	-	1.00	-	2.75

Kategorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi 0	Psi 1	Psi 2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
Q, A2	Wohnfläche: ausreichende Querverteilung	0.70	0.50	0.30	1.50	-
Q, W	Windlasten	0.60	0.50	-	1.50	-
Q, 1	Sonstige veränd. Einwirkungen	0.80	0.70	0.50	1.50	-

Alle Nutz- und Verkehrslasten gelten als eine unabhängige Einwirkung (Q, N).
Für Q, N werden die jeweils größten Psi-Werte angesetzt (DIN 1055-100 A.2(2))

Lastfall	Einwirkungsgruppen (EWG), Beschreibung
LF 1	100, 101, 130 Ständige Einwirkungen + Veränderliche Ew. 1 + Winddruck
LF 2	100, 101, 132 Ständige Einwirkungen + Veränderliche Ew. 1 + Windsog, parallel

Kombinationen nach DIN 1055-100

KNr.	LF	Bem.-Sit.	Kombination
5	1	T, P/T	G, inf+Q, W+Q, i
7	1	T, P/T	G, sup+Q, N
12	1	Char	G+Q, 1+Q, A2+Q, W
17	2	T, P/T	G, inf+Q, W+Q, i
24	2	Char	G+Q, 1+Q, A2+Q, W

T, P/T = Tragfähigkeit, ständig u. vorübergehend
Char = Charakteristisch

Charakteristische Beanspruchung aus Windlasten (Mf in halber Wandhöhe)

Einwirkung	mit Einsp.	Mo	Mf	Mu	Qo	Qu
		[----- kNm -----]			[----- kN -----]	
Winddruck	nein	0.00	0.59	0.00	-0.78	0.78
Winddruck	ja	0.00	0.29	-0.59	-0.59	0.98
Windsog parallel	nein	0.00	-0.59	0.00	0.78	-0.78
Windsog parallel	ja	0.00	-0.29	0.59	0.59	-0.98

Charakteristische Beanspruchung aus Deckeneinspannung

Einwirkung	Kat.	Mlo	Mro	Mlu	Mru
		[----- kNm -----]			
Ständige Lasten	G	-	-0.47	-	0.48
Nutz- und Verkehrslasten	Q, A2	-	-0.09	-	0.24

Die Hälfte der Nutzlasten wird den ständigen Lasten zugeordnet!

Nachweis der Ausmitte am Wandkopf (unter Gebrauchslasten)

maßgebend Kombination	12	Deckenkombination:	g + q ob.re/q unt.li
Einspanngrad für Moment aus H-Lasten		E =	0.0 %
Moment aus Deckeneinspannung		MDk =	-0.56 kNm
Moment aus horizontaler Einwirkung		MHk =	0.00 kNm
Gesamtmoment		Mek =	-0.56 kNm
Normalkraft		Nek =	13.80 kN

$$\text{Ausmitte ek} = M/N = 0.041 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$$

Nachweis der Ausmitte am Wandfuß (unter Gebrauchslasten)

maßgebend Kombination	24	Deckenkombination:	g + q ob.li/q unt.re
Einspanngrad für Moment aus H-Lasten		E =	100.0 %
Moment aus Deckeneinspannung		MDk =	0.72 kNm
Moment aus horizontaler Einwirkung		MHk =	0.59 kNm
Gesamtmoment		Mek =	1.31 kNm
Normalkraft		Nek =	22.84 kN

$$\text{Ausmitte ek} = M/N = 0.057 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$$

Nachweis der Ausmitte am Wandkopf (Tragfähigkeit)

maßgebend Kombination	7	Deckenkombination:	g + q ob.re/q unt.li
Einspanngrad für Moment aus H-Lasten		E =	0.0 %
Moment aus Deckeneinspannung		MDd =	-0.76 kNm
Moment aus horizontaler Einwirkung		MHd =	0.00 kNm
Gesamtmoment		Med =	-0.76 kNm
Normalkraft		Ned =	20.94 kN

$$\text{Ausmitte ed} = M/N = 0.036 \text{ m} < d/3 = 0.058 \text{ m}$$

$$\text{Tragfähigkeit: } f_d = 2833 \text{ kN/m}^2, \quad \phi_i = 1 - 2 \cdot e_d/d = 0.584, \quad A = b \cdot d = 0.175 \text{ m}^2$$

$$\text{Nrd} = \phi_i \cdot f_d \cdot A = 289.4 \text{ kN} \quad \text{Ned/Nrd} = 20.9 / 289.4 = 0.072 < 1.00$$

Nachweis der Ausmitte am Wandfuß (Tragfähigkeit)

maßgebend Kombination	17	Deckenkombination:	g + q ob.li/q unt.re
Einspanngrad für Moment aus H-Lasten		E =	100.0 %
Moment aus Deckeneinspannung		MDd =	0.75 kNm
Moment aus horizontaler Einwirkung		MHd =	0.88 kNm
Gesamtmoment		Med =	1.62 kNm
Normalkraft		Ned =	22.84 kN

$$\text{Ausmitte ed} = M/N = 0.071 \text{ m} > d/3 = 0.058 \text{ m}$$

Risserscheinung infolge großer Ausmitte beachten!

$$\text{Tragfähigkeit: } f_d = 2833 \text{ kN/m}^2, \quad \phi_i = 1 - 2 \cdot e_d/d = 0.188, \quad A = b \cdot d = 0.175 \text{ m}^2$$

$$\text{Nrd} = \phi_i \cdot f_d \cdot A = 93.1 \text{ kN} \quad \text{Ned/Nrd} = 22.8 / 93.1 = 0.245 < 1.00$$

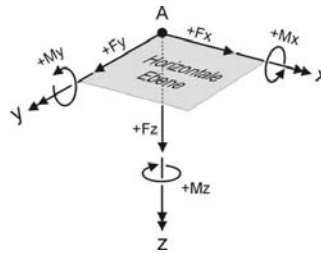
Nachweis der Tragfähigkeit in Wandmitte

maßgebend Kombination	5	Deckenkombination:	$g + q$ ob.li/q unt.re
Moment am Wandkopf (Einspanngrad 0%)		Mod	$= -0.47 + 0.00 = -0.47 \text{ kNm}$
Moment am Wandfuß (Einspanngrad 100%)		Mud	$= 0.75 + -0.88 = -0.13 \text{ kNm}$
Moment in Wandmitte		Md	$= 0.57 \text{ kNm}$
Normalkraft		Nd	$= 17.6 \text{ kN}$
planmäßige Ausmitte		ed	$= Md/Nd = 0.033 \text{ m}$
Knicklänge $hk = \beta \cdot hs = 1.000 \cdot 3.000 = 3.000 \text{ m}$,		Schlankheit hk/d	$= 17.1$
ungewollte Ausmitte		ea	$= hk/450 = 0.007 \text{ m}$
Ausmitte aus Kriechen (9.9.1.3)		emk	$= 0.003 \text{ m}$
gesamte Ausmitte $e_m = e_d + e_a + e_{mk}$		e_m	$= 0.042 \text{ m}$
$\phi_m = 1.14 \cdot (1 - 2 \cdot e_m/d) - 0.024 \cdot hk/d \leq 1 - 2 \cdot e_m/d$		ϕ_m	$= 0.180$
$f_d = 2833 \text{ kN/m}^2$ $A = b \cdot d = 0.175 \text{ m}^2$			

Nrd = $\phi_m \cdot f_d \cdot A = 89.2$ Ned/Nrd = $17.6 / 89.2 = 0.198 < 1.00$

Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

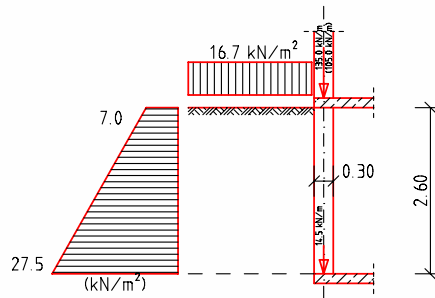
Die Kraftartrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten q in [kN/m] und m in [kNm/m].



LF	Lager	Kraft	G	Q, 1	Q, A2	Summe, k
1	1	qz	22.84	1.40	1.40	25.64

POS. 15 Kellerwand mit Erddruck

Außenwand im Kellergeschoss



Genauerer Berechnungsverfahren nach DIN 1053-100: 2007-09, Abschnitt 9

Mauerwerksdaten: **KS / 1.60 kg/dm³; Festigkeitsklasse: 20 MN/m²; NM III.**

Geometrie / System

Dicke Wand	d = 30.0 cm
Lichte Geschosshöhe	hs = 2.600 m
Breite Wand(-streifen)	b = 1.00 m
Aussteifung / Lagerung	2-seitig
Mögliche Reduktion der Knicklänge wegen Auflagerung Massivdecke:	ja

Einwirkungen Wandkopf [kN/m]

EWG	Einwirkungsgruppe
100	Ständige Einwirkungen
101	Veränderliche Ew. 1
120	Erddruck

Erddruck auf Kellerwand

Höhe der Erdanschüttung $h_e = 2.60$ m über UK-Wand, Geländeneigung = 0.0°

Boden: nicht bindig

$\Phi = 30.0^\circ$, Wandreib. $\Delta = 0.0^\circ$, $\gamma/\gamma' = 19.00/$ - kN/m³
 aktiver Erddruck * 1.25, Nutzlast auf Anschüttung: $Q, 1 = 16.70$ kN/m²

Einwirkung	Kat.	EWG	charakt. Betrag
Eigengewicht (0.300*17.0+0.50)	G	100	5.60 kN/m ²
Erddruck horizontal eah oben/unten	G, E	120	0.00/20.58 kN/m ²
aus Nutzlast eah oben/unten	Q, 1	120	6.96/ 6.96 kN/m ²

Vertikale Einwirkungen (Auflasten) [kN/m]:

Einwirkung aus	Kat.	EWG	Wert, k	Al pha
aus Wand EG	G	100	105.00	-
aus Wand EG	Q, A2	101	30.00	-

Kategorie	Bezeichnung	Komb. -Beiwerte			Gamma	
		Psi 0	Psi 1	Psi 2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
G, E	Erddruck	-	-	-	1.35	1.35
Q, A2	Wohnfläche: ausreichende Querverteilung	0.70	0.50	0.30	1.50	-
Q, 1	Sonstige veränd. Einwirkungen	0.80	0.70	0.50	1.50	-

Alle Kategorien für Nutz- und Verkehrslasten werden zur Bildung der Kombinationen nach DIN 1055-100 als 'voneinander unabhängig' betrachtet.

Lastfall Einwirkungsgruppen (EWG), Beschreibung
 LF 1 100, 101, 120
 Ständige Einwirkungen + Veränderliche Ew. 1 + Erddruck

Kombinationen nach DIN 1055-100

KNr.	Bem.-Sit.	Kombination
2	T, P/T	G, inf+Q, 1
3	T, P/T	G, inf+Q, 1+Q, i
7	T, P/T	G, sup+Q, 1
12	Char	G+Q, 1+Q, A2

T, P/T = Tragfähigkeit, ständig u. vorübergehend
 Char = Charakteristisch

Charakteristische Beanspruchung aus Erddruck (Mf in halber Wandhöhe)

Einwirkung	mit Ei nsp.	Mo	Mf	Mu	Qo	Qu
		[----- kNm -----]			[----- kN -----]	
Erddruck eah aus Boden	nein	0.00	8.70	0.00	-8.92	17.84
Erddruck eah aus Boden	ja	-4.64	2.90	-6.96	-8.03	18.73
Erddruck eah aus Q	nein	0.00	5.88	0.00	-9.05	9.05
Erddruck eah aus Q	ja	-3.92	1.96	-3.92	-9.05	9.05

Nachweis der Ausmitte am Wandkopf (Tragfähigkeit)

maßgebend Kombination 7
 Einspanngrad für Moment aus H-Lasten E = 100.0 %
 Moment aus horizontaler Einwirkung MHd = -12.14 kNm
 Normalkraft Ned = 141.75 kN

Ausmitte ed = M/N = 0.086 m < d/3 = 0.100 m

Tragfähigkeit: $f_d = 4250 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 1-2 \cdot e_d/d = 0.429$, $A = b \cdot d = 0.300 \text{ m}^2$
Nrd = $\phi \cdot f_d \cdot A = 546.9 \text{ kN}$ Ned/Nrd = 141.8 / 546.9 = 0.259 < 1.00

Nachweis der Ausmitte am Wandfuß (Tragfähigkeit)

maßgebend Kombination 3
 Einspanngrad für Moment aus H-Lasten E = 98.9 %
 Moment aus horizontaler Einwirkung MHd = -15.11 kNm
 Normalkraft Ned = 151.06 kN

Ausmitte ed = M/N = 0.100 m = d/3 = 0.100 m

Tragfähigkeit: $f_d = 4250 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 1-2 \cdot e_d/d = 0.333$, $A = b \cdot d = 0.300 \text{ m}^2$
Nrd = $\phi \cdot f_d \cdot A = 425.0 \text{ kN}$ Ned/Nrd = 151.1 / 425.0 = 0.355 < 1.00

Nachweis der Tragfähigkeit in Wandmitte

maßgebend Kombination 2
 Moment am Wandkopf (Einspanngrad 78%) Mod = 0.00 + -9.51 = -9.51 kNm
 Moment am Wandfuß (Einspanngrad 78%) Mud = 0.00 + -11.96 = -11.96 kNm
 Moment in Wandmitte Md = 9.83 kNm
 Normalkraft Nd = 112.3 kN
 planmäßige Ausmitte ed = Md/Nd = 0.088 m
 Knicklänge $h_k = \beta \cdot h_s = 1.000 \cdot 2.600 = 2.600 \text{ m}$, Schlankheit $h_k/d = 8.7$
 ungewollte Ausmitte ea = $h_k/450 = 0.006 \text{ m}$
 Ausmitte aus Kriechen (9.9.1.3) emk = 0.000 m
 gesamte Ausmitte em = ed + ea + emk em = 0.093 m
 $\phi_m = 1.14 \cdot (1-2 \cdot e_m/d) - 0.024 \cdot h_k/d \leq 1-2 \cdot e_m/d$ $\phi_m = 0.223$
 $f_d = 4250 \text{ kN/m}^2$ $A = b \cdot d = 0.300 \text{ m}^2$

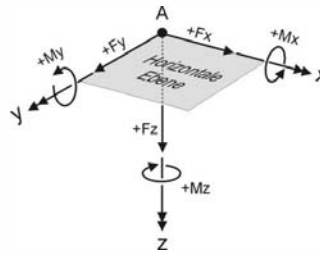
Nrd = $\phi_m \cdot f_d \cdot A = 284.0$ Ned/Nrd = 112.3 / 284.0 = 0.395 < 1.00

Querkraftnachweis (Plattenschub) am Wandfuß

maßgebend Kombination 2 Deckenkombination: ständige Lasten
 Beanspruchung: $V_{ed} = 38.59 \text{ kN}$, zug. $N_{ed} = 119.56 \text{ kN}$
 $f_{vk0} = 0.18 \text{ MN/m}^2$, $e_d = 0.10 \text{ m}$, $A' = 0.150 \text{ m}^2$, $\sigma_{Dd} = N_{ed}/A' = 0.80 \text{ MN/m}^2$
 $f_{vk} = f_{vk0} + 0.6 \cdot \sigma_{Dd} = 0.66 \text{ MN/m}^2$, $\gamma_m = 1.50$, $f_{vd} = 0.44 \text{ MN/m}^2$
 $V_{rd} = f_{vd} \cdot A' / 1.5 = 43.88 \text{ kN}$ $V_{ed}/V_{rd} = 38.59 / 43.88 = 0.879 < 1.00$

Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

Die Kraftartrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten q in $[\text{kN/m}]$ und m in $[\text{kNm/m}]$.



LF	Lager	Kraft	G	Q, A2	Summe, k
1	1	qz	119.56	30.00	149.56