

2 Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1996-3/NA

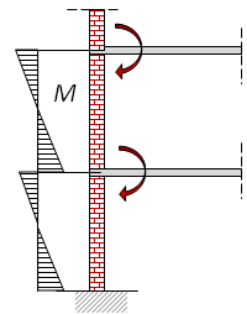
2.1 Gründe für vereinfachtes Berechnungsverfahren

Ziel bei der Erarbeitung dieser Norm war es, eine **kurze, übersichtliche** und **anwenderfreundliche** Norm für unbewehrtes Mauerwerk zu entwickeln, die den Rechenaufwand gegenüber der DIN EN 1996-1-1/NA wesentlich verkürzt. Die Entwicklung erfolgte auf der Basis der alten und allseits akzeptierten Norm DIN 1053-1. Dabei galt prinzipiell, dass die jeweiligen Berechnungsverfahren sich durch entsprechende Vereinfachungen aus den genaueren Berechnungsverfahren der DIN EN 1996-1-1 ergeben. Unter Beibehaltung des **Teilsicherheitskonzeptes** mit dem Nachweisformat $E_d \leq R_d$ wurden die Gleichungen für die Bemessungen nach DIN EN 1996-3/NA so aufgestellt, dass die Ergebnisse gegenüber dem genaueren Verfahren auf der sicheren Seite liegen.

2.2 Annahmen, Rand- und Anwendungsbedingungen

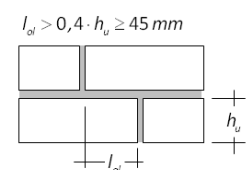
Für die Anwendung der vereinfachten Methode gelten folgende **Annahmen und Randbedingungen**:

- Die **Einspannungen zwischen Wand und Decke** werden nicht gesondert ermittelt, sondern über eine Abminderung der aufnehmbaren Traglasten erfasst (vgl. Skizze).
- Windlasten** auf Außenwände sowie **unplanmäßige Lastexzentrizitäten** (Imperfektionen) brauchen nicht weiter betrachtet werden. Auch hierfür wird ein Abminderungsfaktor bei der aufnehmbaren Traglast eingesetzt, der diese Zusatzbeanspruchungen abdeckt. Lediglich bei größeren planmäßigen Lastexzentrizitäten müssen die Nachweise nach dem genaueren Verfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA durchgeführt werden.
- Auf den rechnerischen **Nachweis der Gebäudeaussteifung** darf verzichtet werden, wenn nachfolgend aufgeführte **Voraussetzungen** erfüllt sind:
 - Geschossdecken sind als steife Scheiben ausgebildet
 - Es sind ausreichend steife Ringbalken vorhanden
 - Es sind genügend lange aussteifende Wänden in ausreichender Anzahl in Längs- und Querrichtung des Tragwerks vorhanden (ohne Schwächungen und Vorsprünge).



Die Entscheidung, ob die hier angeführten Voraussetzungen erfüllt sind, obliegt dem Tragwerksplaner; ggf. ist die Entscheidung zu begründen.

- Die **Gebäudehöhe** über Gelände darf nicht **mehr als 20 m** betragen. Bei geneigten Dächern darf die Gebäudehöhe aus dem Mittel von First- und Traufhöhe bestimmt werden.
- Die **Stützweiten** der aufliegenden Decken dürfen **maximal 6,0 m** betragen, sofern nicht die Biegemomente aus dem Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen (z.B. Zentrierleisten) begrenzt werden. Bei zweiachsig gespannten Decken ist die kürzere der beiden Spannweiten maßgebend.
- Das **Überbindemaß** l_{ol} nach DIN EN 1996-2 muss mindestens $0,4 \cdot h_u \geq 45 \text{ mm}$ betragen. Nur bei Elementmauerwerk mit Dünnbettmörtel darf das Überbindemaß l_{ol} auf $0,2 \cdot h_u \geq 125 \text{ mm}$ reduziert werden (vgl. Skizze).
- Die **Deckenauflagertiefe** a muss mindestens die halbe Wanddicke ($a \geq t/2$), jedoch mehr als 100 mm betragen. Bei $t \geq 365 \text{ mm}$ muss $a \geq 0,45 \cdot t$ eingehalten werden.
- Die in Tab. 2.1 aufgeführten Voraussetzungen (vgl. **Tabelle DIN EN 1996-3/NA NA.2**) sind einzuhalten.



Für **Kelleraußenwände** sind darüber hinaus weitere Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens zu berücksichtigen (Bild 2.1). Ursache dafür ist der horizontal wirkende Erddruck, der zusätzlich für eine Biegebeanspruchung quer zur Wandebene (**Plattenbiegung**) sorgt.

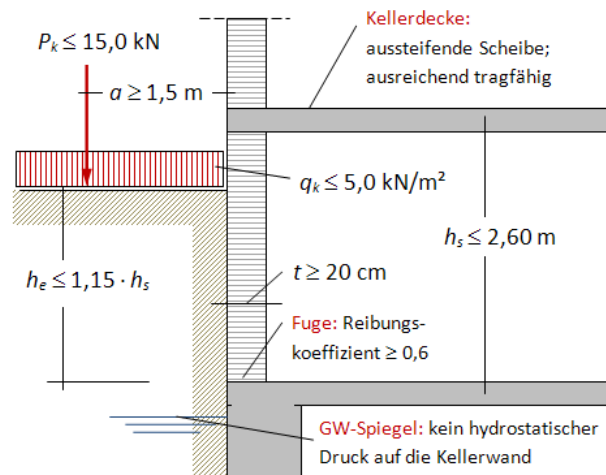


Bild 2.1: Vereinfachte Bemessung bei Kellerwänden

2.3 Ermittlung der Wandlasten

Die anzusetzenden Lasten (**ständige Lasten**: Eigengewicht und Ausbaulasten; **veränderliche Lasten**: Nutzlasten, Verkehrslasten, Schneelasten, Trennwandzuschlag) sind der DIN EN 1991: „Einwirkungen auf Tragwerke“ (EC 1) zu entnehmen. Bei der Ermittlung der aus den Decken auf Wände (und Unterzüge) weiterzuleitenden Lasten ist es in der Praxis meist ausreichend, diese in Form von **Lasteinzugsflächen** zusammen zu stellen. Nimmt man an, dass die Durchlaufwirkung einer mehrfeldrigen Platte wie eine Randeinspannung wirkt, so lässt sich bei zwei sich schneidenden Lagerlinien die Lastfläche folgendermaßen auf die betreffenden Lagerlinien aufteilen (vgl. Bild 2.2):

- Bei **gleichartigen** Lagerungsbedingungen (gelenkig/gelenkig oder eingespannt/eingespannt) teilt sich die Last über die Winkelhalbierende im **Verhältnis 1:1** auf die angrenzenden Lagerlinien.
- Bei **unterschiedlichen** Lagerungsbedingungen (gelenkig/eingespannt) zieht das eingespannte, also steifere Lager mehr Lasten zu sich heran. Die Last verteilt sich im **Verhältnis 2:1**. Der Winkel der Linie, die die beiden Lasteinzugsflächen voneinander trennt, beträgt 60° und weist damit dem steiferen Auflager mehr Lasten zu.
- Bei **freien** (nicht aufgelagerten) Plattenrändern verläuft die Trennlinie zwischen zwei Lasteinzugsflächen immer senkrecht zum freien Rand.

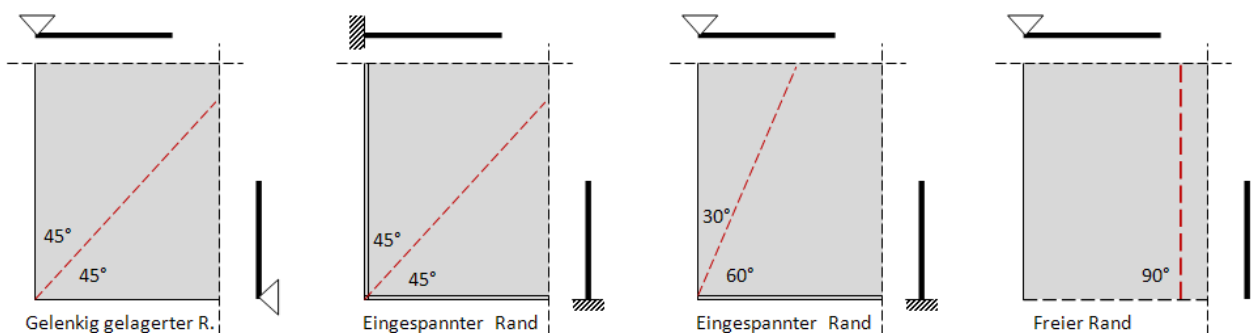


Bild 2.2: Konstruktion der Lasteinzugsflächen bei zweiachsig gespannten Deckenplatten

Bei **rechteckigen Deckenfeldern** kann man auf zusammengestellte Grafiken aus den einschlägigen Bau-tabellenbüchern zurückgreifen (vgl. Bild 2.3). Mit den hier angegebenen Formeln lassen sich die Lastein-zugsflächen für **zweiachsig gespannte Deckenfelder** schnell ermitteln.

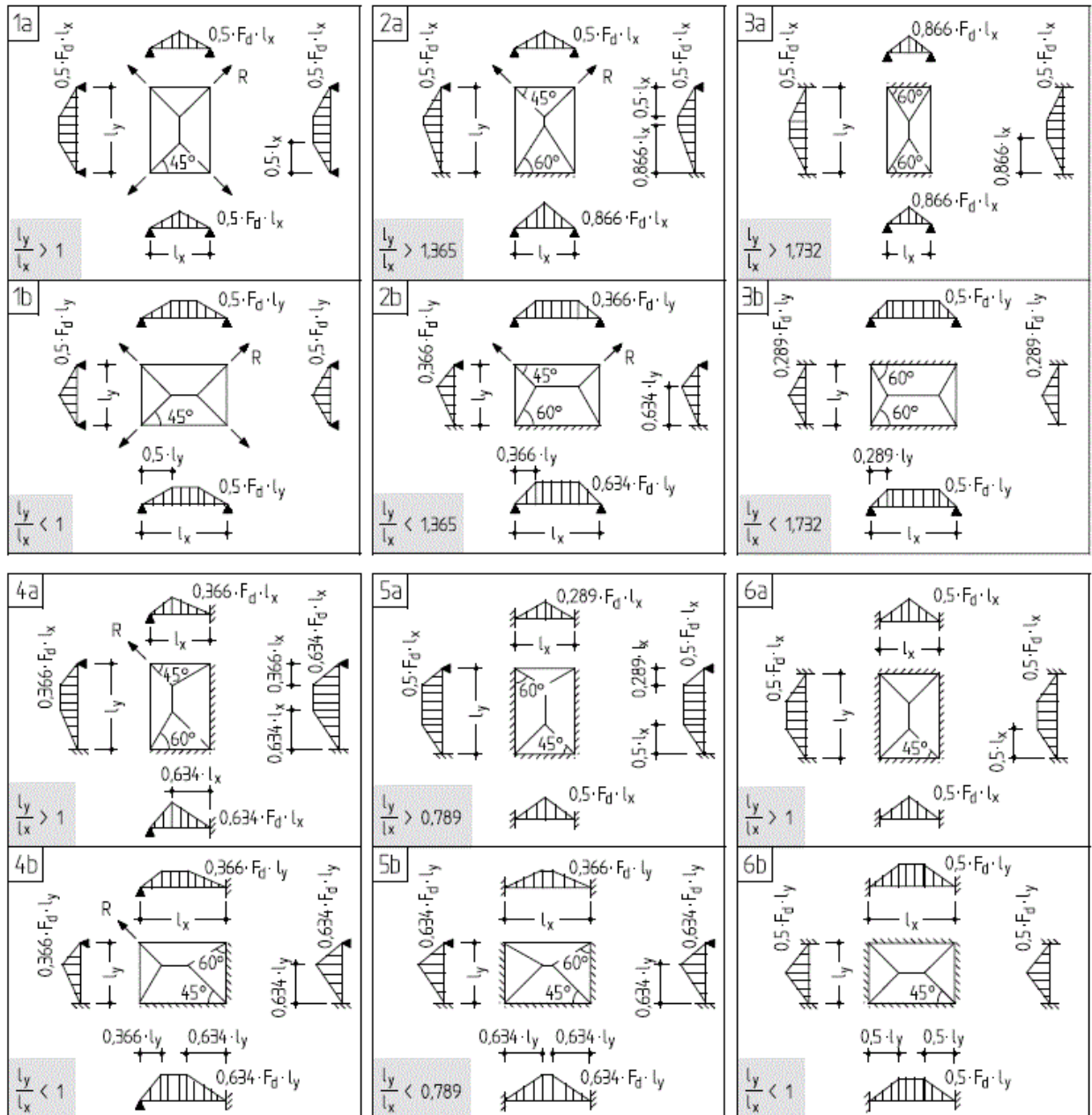
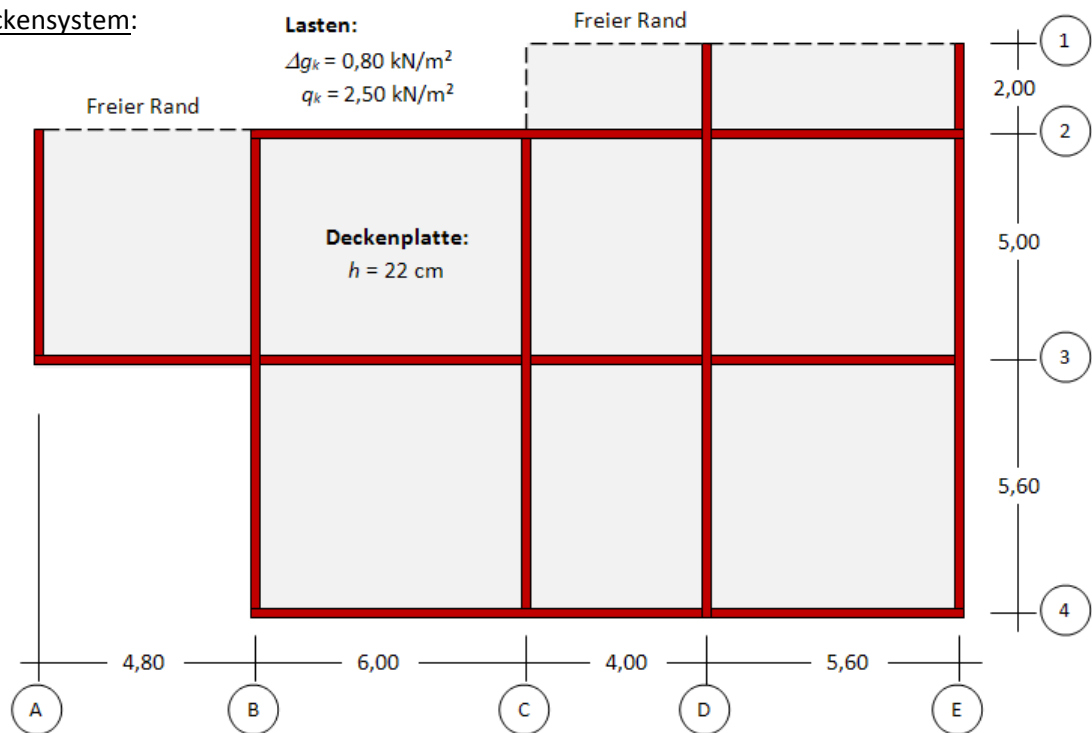


Bild 2.3: Auflagerkräfte bei vierseitig gelagerten Platten

Beispiel 2.2: Ermittlung der Wandlasten mit Hilfe von Lasteinzugsflächen

Gegeben: Mehrfeldrige Geschossdecke ($h = 22 \text{ cm}$); nur rechteckige Teilflächen; 2-achsig gespannt; ständige Lasten: Eigengew.: $g_k = 0,22 \cdot 25,0 = 5,5 \text{ kN/m}^2$; Ausbaulast : $\Delta g_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$; veränderl. Last: Nutzlast: $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Gesucht: Lastbild auf Wand zwischen C/2 und C/4 (getrennt nach g' und q' [kN/m])

Deckensystem:Betrachtung der angrenzenden Deckenfelder:

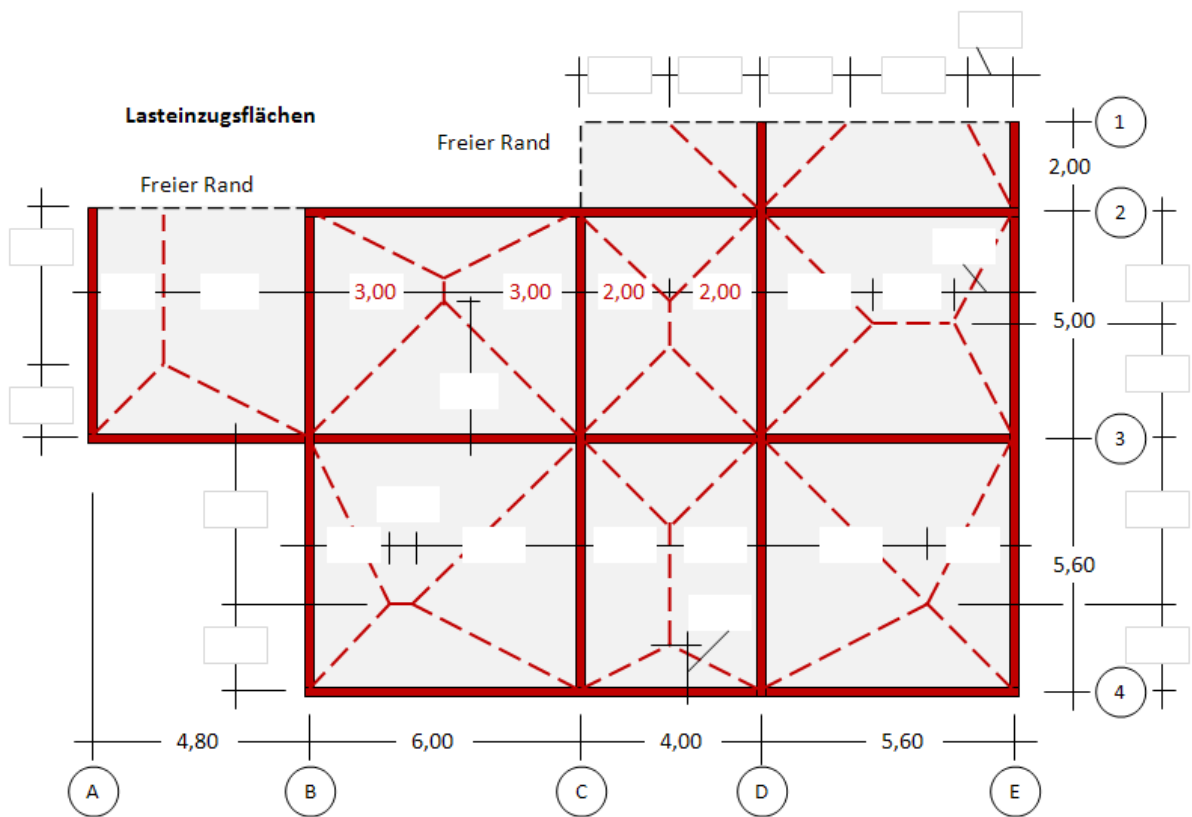
- Deckenfeld **B/3 - C/2**: gemäß **Bild 2.3** ist Teilgrafik 5a maßgebend!
 wegen $l_y/l_x = 5,0/6,0 = 0,833 > 0,789$: $l_{y,unten} = 0,5 \cdot l_x = \underline{3,0 \text{ m}}$ und $l_{y,oben} = 0,289 \cdot l_x = \underline{1,73 \text{ m}}$
 $l_{x,links} = l_{x,rechts} = 0,5 \cdot l_x = \underline{3,0 \text{ m}}$
- Deckenfeld **C/3 - D/2**: Teilgrafik 6a maßgebend!
 wegen $l_y/l_x = 5,0/4,0 = 1,25 > 1,00$: $l_{y,unten} = 0,5 \cdot l_x = \underline{2,0 \text{ m}}$ und $l_{y,oben} = 0,5 \cdot l_x = \underline{2,0 \text{ m}}$
 $l_{x,links} = l_{x,rechts} = 0,5 \cdot l_x = \underline{2,0 \text{ m}}$
- Deckenfeld **B/4 - C/3**: Teilgrafik 4b maßgebend!
 wegen $l_y/l_x = 5,6/6,0 = 0,933 < 1,00$: $l_{y,unten} = 0,366 \cdot l_y = \underline{2,05 \text{ m}}$ und $l_{y,oben} = 0,634 \cdot l_y = \underline{3,55 \text{ m}}$
 $l_{x,links} = 0,366 \cdot l_y = \underline{2,05 \text{ m}}$ und $l_{x,rechts} = 0,634 \cdot l_y = \underline{3,55 \text{ m}}$
- Deckenfeld **C/4 - D/3**: Teilgrafik 5a maßgebend!
 wegen $l_y/l_x = 5,6/4,0 = 1,40 > 0,789$: $l_{y,unten} = 0,289 \cdot l_x = \underline{1,16 \text{ m}}$ und $l_{y,oben} = 0,5 \cdot l_x = \underline{2,0 \text{ m}}$
 $l_{x,links} = l_{x,rechts} = 0,5 \cdot l_x = \underline{2,0 \text{ m}}$

Einwirkungen auf das Deckensystem:

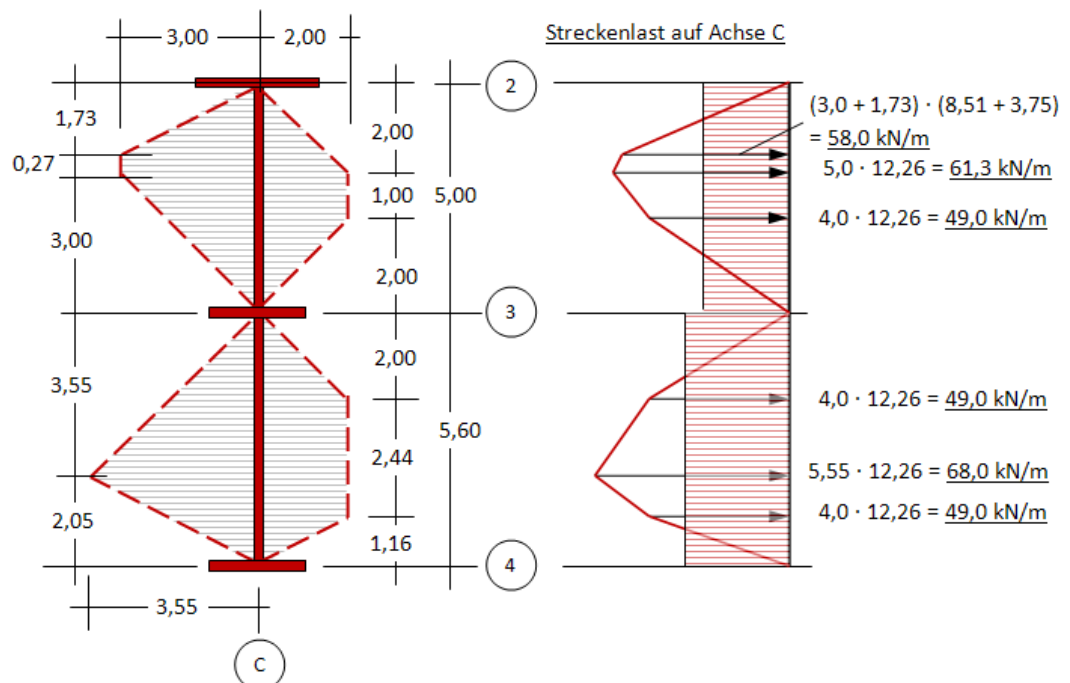
Ständige Lasten: $g_{k,Platte} = 0,22 \cdot 25,0 = 5,50 \text{ kN/m}^2$
 $g_{k,Ausbau} = 0,80 \text{ kN/m}^2$ → $g_d = 1,35 \cdot (5,50 + 0,80) = \underline{8,51 \text{ kN/m}^2}$

veränderliche L.: $q_k = 2,50 \text{ kN/m}$ → $q_d = 1,50 \cdot 2,5 = \underline{3,75 \text{ kN/m}^2}$

Hinweis: Bitte fügen Sie alle weiteren Maße in die nachfolgende Grafik ein!!



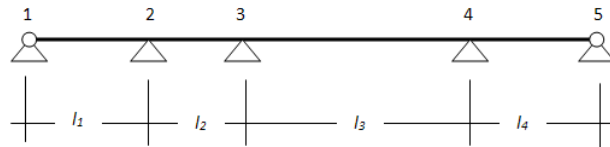
Berechnung der Streckenlast auf Wand in Achse C: (Flächenlast · Breite der Lasteinzugsfläche)



Für die Lastweiterleitung darf das Lastbild durch eine äquivalente Gleichstreckenlast ersetzt werden. Für die Bemessung der direkt darunterliegenden Wand sind die Extremalwerte des Lastbildes (durchgezogene rote Linie) maßgebend.

Aufgabe: Bestimmen Sie die äquivalenten Gleichstreckenlasten je Feld.

Das in Beispiel 2.2 gezeigte Verfahren ist lediglich für den Regelfall der zweiachsig gespannten Deckenplatten sinnvoll. Bei durchlaufenden, jedoch **einachsig gespannten Decken** (Deckenstreifen) ist die **Durchlaufwirkung** bei der Lastermittlung auf die Wände (= Auflagerkräfte aus Decken) gemäß Bild 2.4 zu berücksichtigen. Bei parallel zur Deckenspannungsrichtung verlaufenden Wänden sind Lasten aus einem parallelen Deckenstreifen mit angemessener Breite zu berücksichtigen.



Auflager	Lage im System	Berücksichtigung der Durchlaufwirkung
1 und 5	Außenwand	Nein
2 und 4	Erste Innenwand	Ja
3	Innenwand	Ja, wenn $l_2 < 0,7 \cdot l_3$

Bild 2.4: Ermittlung der Deckenaullagerkräfte bei einachsig gespannten Deckenplatten

2.4 Nachweis für vertikale Tragfähigkeit

Der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) erfolgt durch den Vergleich der unter Berücksichtigung aller möglichen Lastkombinationen ungünstigsten Bemessungswerte der einwirkenden Normalkraft N_{Ed} und der aufnehmbaren Normalkraft N_{Rd} :

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

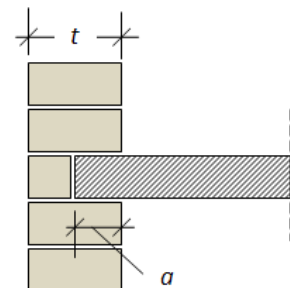
Dabei ist:

- f_d der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks mit $f_d = \zeta \cdot f_k / \gamma_M$ (vgl. Kap. 1.3)
- A wirksame Querschnittsfläche, ggf. unter Berücksichtigung von Schlitzern und Aussparungen
- $\Phi = \min \{\Phi_1, \Phi_2\}$; Traglastfaktor für Einflüsse aus Biegung, Knicken und Endauflagerverdrehung

Der **Traglastfaktor Φ_1** berücksichtigt die **Lastexzentrizität an Wandkopf und Wandfuß**, und zwar

- bei Endauflagern auf Außen- und Innenwänden und wird berechnet
 - für $f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2$ mit: $\Phi_1 = 1,6 - l_f / 6 \leq 0,9 \cdot a / t$
 - für $f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2$ mit: $\Phi_1 = 1,6 - l_f / 5 \leq 0,9 \cdot a / t$
- bei Decken über dem obersten Geschoss (Endauflagern), insbesondere bei Dachdecken gilt: $\Phi_1 = 0,333$
- bei Zwischenauflagern oder bei Endauflagern mit Zentrierleisten (Vermeidung der Traglastminderung infolge Deckverdrehung) gilt:

$$\Phi_1 = 0,9 \cdot a / t$$



Der **Traglastfaktor Φ_2** berücksichtigt die **Knickgefahr in Wandhöhenmitte** (Bild 2.5) und wird berechnet mit

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t} \right)^2 \quad h_{ef} = \text{Knicklänge der Wand}$$

Die **Knicklänge** darf ermittelt werden aus:

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

Dabei ist:

- h die lichte Geschosshöhe
- ρ_n ein Abminderungsfaktor mit $n = 2, 3$ oder 4 in Abhängigkeit der Randeinspannung oder der Halterung der Wand (vgl. Kap. 1.4)

Bei **zweiseitig gehaltenen** Wänden ($n = 2$) wird der Abminderungsfaktor $0,75 \leq \rho_2 \leq 1,0$ gemäß Bild 2.6 ermittelt. Bezüglich der Auflagertiefe a ist die nebenstehende Tafel zu beachten.

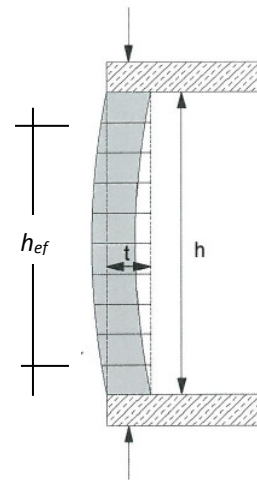
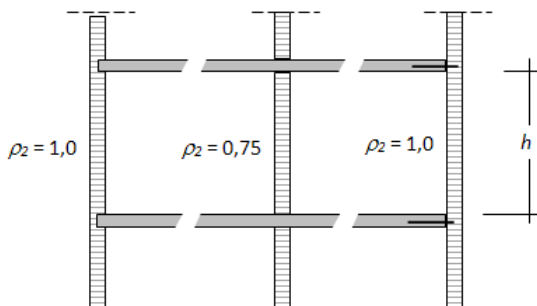


Bild 2.5: Knickgefahr bei Wänden



Wanddicke t [cm]	Abminderungsbeiwert ρ_2	Mindestauflagertiefe a [cm]
$\leq 17,5$	0,75	$a = t$
$17,5 < t \leq 25,0$	0,90	$a = t$
> 25	1,00	$a \geq 17,5$

Bild 2.6: Abminderungsfaktor ρ_2 für zweiseitig gehaltene Wände

Bei **dreiseitig gehaltenen** Wänden ($n = 3$) wird die Knicklänge mit dem Abminderungsfaktor ρ_3 mit nachfolgender Formel bestimmt:

$$h_{ef} = \rho_3 \cdot h = \frac{1}{1 + \left(\alpha_3 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot b'} \right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \geq 0,3 \cdot h$$

Bei **vierseitig gehaltenen** Wänden ($n = 4$) wird die Knicklänge mit dem Faktor ρ_4 berechnet

- für $\alpha_4 \cdot h/b \leq 1,0$ mit
$$h_{ef} = \rho_4 \cdot h = \frac{1}{1 + \left(\alpha_4 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{b} \right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h$$
- für $\alpha_4 \cdot h/b > 1,0$ mit
$$h_{ef} = \rho_4 \cdot h = \alpha_4 \cdot b/2$$

Dabei sind α_3 und α_4 besondere Anpassungsfaktoren für Elementmauerwerk mit einem Überbindemaß $0,2 \leq l_{0l}/h_u < 0,4$.

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

b und b' sind Maße für den Abstand der aussteifenden (haltenden) Wände gemäß Bild 1.9 und 1.10.

Beispiel 2.3: Bemessung einer Außenwand mit vereinfachten Verfahren

Gegeben: Außenwand im OG aus Mauerwerk 12/DM
Planstein KS-LP (Lochanteil > 15 %):

Charakteristische Einwirkungen:

auf Geschossdecke: $q_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$

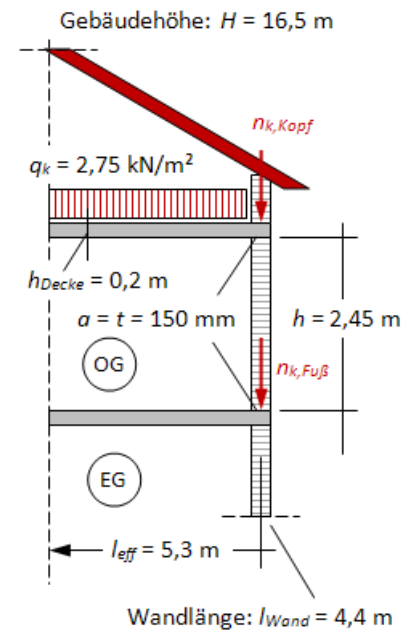
am Wandkopf: $n_{Gk,Kopf} = 14,0 \text{ kN/m}$

$n_{Qk,Kopf} = 12,0 \text{ kN/m}$

am Wandfuß: $n_{Gk,Fuß} = 22,0 \text{ kN/m}$

$n_{Qk,Fuß} = 12,0 \text{ kN/m}$

Gesucht: Bemessung der Außenwand (Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit) mit Überprüfung, ob vereinfachtes Verfahren zulässig ist.



Bedingungen: (vgl. Tab. 2.1)

Außenwand: $t = 15,0 \text{ cm}$;

Verkehrslast der Decken: $q_k = 2,75 \text{ kN/m}^2 \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$

Deckenstützweite: $\max l = 5,3 \text{ m} \leq 6,0 \text{ m}$

lichte Geschosshöhe im OG: $h = 2,45 \text{ m} \leq 2,75 \text{ m}$

Gebäudehöhe: $H = 16,5 \text{ m} \leq 20 \text{ m}$

Forderung: Das Überbindemaß l_{ol} muss mindestens $0,2 \cdot h_u \geq 125 \text{ mm}$ betragen.

Die Voraussetzungen für das vereinfachte Nachweisverfahren (Tab. NA.2) sind erfüllt.

Bemessungswerte der Einwirkungen:

$$n_{Ed,Kopf} = 1,35 \cdot 14,0 + 1,5 \cdot 12,0 = \underline{36,9 \text{ kN/m}}$$

$$n_{Ed,Fuß} = 1,35 \cdot 22,0 + 1,5 \cdot 12,0 = \underline{47,7 \text{ kN/m}}$$

$$n_{Ed,Mitte} = (36,9 + 47,7)/2 = \underline{42,3 \text{ kN/m}}$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit:

$$f_d = \zeta \cdot f_k / \gamma_M = 0,85 \cdot 5,6 / 1,5 = 3,17 \text{ N/mm}^2$$

Ermittlung der Knicklänge:

$b = l_{Wand} = 4,40 \text{ m} \leq 30 \cdot t = 30 \cdot 0,15 = 4,50 \text{ m} \rightarrow$ 4-seitig gehaltene Wand

Abmind.-beiwert: $\rho_2 = 0,75$ (wegen $t \leq 17,5 \text{ cm}$ und $a = t$); $\alpha_4 = 0,75$ (Ansatz: $h_u/l_u = 0,625$)

für $\alpha_4 \cdot h/b = 0,75 \cdot 2,45/4,4 = 0,84 \leq 1$:

$$h_{ef} = \frac{1}{1 + \left(\alpha_4 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{b} \right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h = \frac{0,75 \cdot 2,45}{1 + \left(0,75 \cdot \frac{0,75 \cdot 2,45}{4,40} \right)^2} = \underline{1,67 \text{ m}}$$

Schlankheit: $\lambda = h_{ef} / t = 1,56 / 0,15 = \underline{11,16 \leq 27} \rightarrow$ Grenzschlankheit eingehalten

Nachweis am Wandkopf: bezogen auf 1 m = 1000 mm Wandlänge; $\Phi_1 = 0,333$ (Dachdecke):

$$n_{Rd} = \Phi_1 \cdot f_d \cdot t \cdot 1000 = 0,333 \cdot 3,17 \cdot 150 \cdot 1000 = 158341 \text{ N/m} = \underline{158,3 \text{ kN/m} \geq 36,9 \text{ kN/m}}$$

Nachweis am Wandfuß: bezogen auf 1 m = 1000 mm Wandlänge;

$$\Phi_1 = 1,6 - l_f/6 = 1,6 - 5,3/6 = \underline{0,717} \leq 1,0 \text{ (bei Endauflagern von Außenwänden):}$$

$$n_{Rd} = \Phi_1 \cdot f_d \cdot t \cdot 1000 = 0,717 \cdot 3,17 \cdot 150 \cdot 1000 = 340934 \text{ N/m} = \underline{340,9 \text{ kN/m} \geq 47,7 \text{ kN/m}}$$

Nachweis in Wandmitte: bezogen auf 1 m = 1000 mm Wandlänge; $a/t = 1,0$

$$\Phi_2 = 0,85 - 0,0011 \cdot \lambda^2 = 0,85 - 0,0011 \cdot 11,16^2 = \underline{0,713}$$

$$n_{Rd} = \Phi_2 \cdot f_d \cdot t \cdot 1000 = 0,713 \cdot 3,17 \cdot 150 \cdot 1000 = 339032 \text{ N/m} = \underline{339,0 \text{ kN/m} \geq 42,3 \text{ kN/m}}$$

Die Nachweise sind alle erfüllt. Die aussteifenden Querwände am vorderen und hinteren Ende der Außenwand müssen eine Länge von mindestens $0,2 \cdot h = 0,49 \text{ m}$ und eine Dicke von $1/3 \cdot t = 50 \text{ mm}$, mindestens jedoch 115 mm aufweisen (vgl. Bild 1.9, Kap. 1).

2.4 Nachweis für vertikale Tragfähigkeit bei Kelleraußenwänden

Die Besonderheit bei (angeschütteten) Kelleraußenwänden ist durch den **horizontal wirkenden Erddruck** gegeben. Zusätzlich zur Normalkraftbeanspruchung ist eine **Biegebeanspruchung** zu berücksichtigen. Wenn die besonderen Bedingungen gemäß Bild 2.1 eingehalten sind, so ist eine Bemessung einer Keller- außenwand auch nach dem vereinfachten Verfahren möglich.

Der Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit am Kopf und am Fuß der Kellerwand unterscheidet sich nicht von den in Kap. 2.3 aufgeführten Arbeitsschritten. Lediglich der Nachweis der vertikalen **Tragfähigkeit in Wandhöhenmitte** $n_{Rd} = \Phi_2 \cdot f_d \cdot t$ wird ersetzt durch folgende Nachweisformeln:

$$n_{Ed,min} \geq \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t} \qquad n_{Ed,max} \leq \frac{f_d \cdot t}{3}$$

Dabei ist:

h die lichte Kellergeschosshöhe
 ρ_e die Wichte der Anschüttung
 (es wird **aktiver Erddruck** vorausgesetzt!)

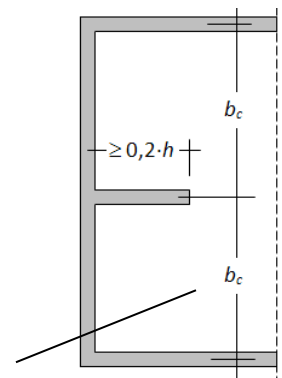
h_e die Höhe der Anschüttung

f_d der Bemessungswert der Druckfestigkeit
 des Mauerwerks

t die Wanddicke und

β = 20 für $b_c \geq 2 \cdot h$
 = $60 - 20 \cdot b_c/h$ für $h < b_c < 2 \cdot h$
 = 40 für $b_c < h$
 = 20 bei Elementmauerwerk mit planmäßigem Überbindemaß $0,2 \cdot h_u \leq l_{0l} < 0,4 \cdot h_u$

b_c ist der Abstand zwischen aussteifenden Querwänden oder anderen aussteifenden Elementen



$n_{Ed,i}$ Bemessungswert der kleinsten ($i = min$) bzw. größten ($i = max$) vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Aufschüttung (bezogen auf laufende Meter Wandlänge, z.B. kN/m).

Hinweis: Bei breiten Terrassenfenstern ist $n_{Ed,min}$ kleiner als vermutet!

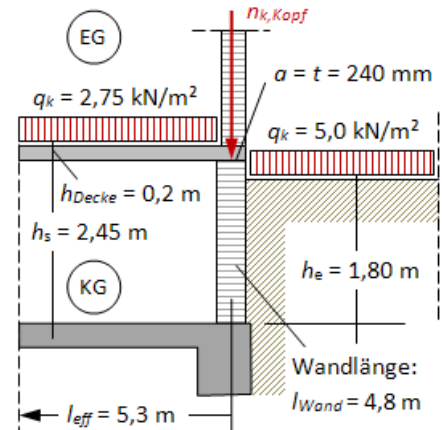
Beispiel 2.4: Bemessung einer Kelleraußenwand mit vereinfachten Verfahren

Gegeben: Kelleraußenwand aus Mauerwerk 12/DM
Planstein KS-P (Lochanteil $\leq 15\%$); kein
Gleiten der Wand auf Bodenplatte

Charakteristische Einwirkungen:

auf Geschossdecke: $q_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$
auf Gelände-OK: $q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$
am Wandkopf: $n_{Gk,Kopf} = 125,0 \text{ kN/m}$
 $n_{Qk,Kopf} = 50,0 \text{ kN/m}$

Horiz. Anschüttung; kein hydrostatischer Druck
Bodenkennwert: $\gamma_e = 20 \text{ kN/m}^3$



Gesucht: Bemessung der Kelleraußenwand (Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit) mit Überprüfung, ob vereinfachtes Verfahren zulässig ist.

Bedingungen: (vgl. Tab. 2.1 und Bild 2.1)

Kelleraußenwand: $t = 24,0 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm}$;
lichte Geschosshöhe im KG: $h = 2,45 \text{ m} \leq 2,60 \text{ m}$;
Anschütthöhe: $h_e = 1,8 \text{ m} \leq 1,15 \cdot h_s = 2,82 \text{ m}$ (horiz. Gelände);
Verkehrslast auf Gelände: $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2 \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$; keine Linienlast innerhalb 1,5 m;
Scheibenwirkung der Kellerdecke gegeben.

Voraussetzungen für das vereinf. Nachweisverfahrens gemäß EC 6-3, 4.5 sind erfüllt.

Bemessungswerte der Einwirkungen: (spez. Gewicht der Kellerwand: $\gamma_{MW} = 20,0 \text{ kN/m}^3$)

$$\begin{aligned} n_{Ed,Kopf,inf} &= 1,0 \cdot 125,0 + 0,0 \cdot 50,0 = \underline{125,0 \text{ kN/m}} \\ n_{Ed,Kopf,sup} &= 1,35 \cdot 125,0 + 1,5 \cdot 50,0 = \underline{243,8 \text{ kN/m}} \\ n_{Ed,Mitte,inf} &= 125,0 + 1,0 \cdot 20,0 \cdot 0,24 \cdot (2,45 - 1,80/2) = \underline{132,4 \text{ kN/m}} \\ n_{Ed,Mitte,sup} &= 243,8 + 1,35 \cdot 20,0 \cdot 0,24 \cdot (2,45 - 1,80/2) = \underline{253,8 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit:

$$f_d = \zeta \cdot f_k / \gamma_M = 0,85 \cdot 7,0 / 1,5 = 3,97 \text{ N/mm}^2$$

Unterer und oberer Grenzwert der Auflast:

$$\begin{aligned} \text{Wegen } h < b_c \leq 2 \cdot h: \\ \beta &= 60 - (20 \cdot 4,80/2,45) = \underline{20,8} \\ n_{Ed,min} &\geq \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t} = \frac{20,0 \cdot 2,45 \cdot 1,80^2}{20,8 \cdot 0,24} = \underline{31,8 \text{ kN/m}} \\ n_{Ed,max} &\leq \frac{f_d \cdot t}{3} = \frac{3,97 \cdot 240}{3} = 317,6 \text{ N/mm} = \underline{317,6 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Nachweis: $N_{Ed,inf} = 132,4 \text{ kN/m} \geq 31,8 \text{ kN/m} \checkmark$ $N_{Ed,sup} = 253,8 \text{ kN/m} \leq 317,6 \text{ kN/m} \checkmark$

Der Nachweis ist erfüllt. Die aussteifenden Querwände am vorderen und hinteren Ende der Außenwand müssen eine Länge von mindestens $0,2 \cdot h = 0,49 \text{ m}$ und eine Dicke von $1/3 \cdot t = 50 \text{ mm}$, mindestens jedoch 115 mm aufweisen (vgl. Bild 1.9, Kap. 1).