

Belastung der Bauwerke

Wir hatten bisher unterschieden zwischen

- ständig wirkende Lasten
 - + Eigenlasten der Tragwerke (z. B. Wände, Decken)
 - + Eigenlasten feststehender Ausbauteile (z. B. Putz, Estrich, Beläge)
- nicht ständig wirkende Lasten
 - + Eigenlasten unbestimmter Ausbauteile (z. B. leichte Trennwände)
 - + Lasten aus Umwelteinwirkungen (z. B. Schnee, Wind, Erddruck, Wasserdruck)
 - + Nutzlasten und Betriebslasten (z. B. Menschen, Mobiliar, Maschinen etc.)

Ferner unterschieden wir zwischen

- Punktlasten (Einzellasten)
- Streckenlasten und
- Flächenlasten

Im weiteren Verlauf werden nun die Lasten bzw. Begriffe erläutert, die bisher noch keine besondere Rolle haben:

a) Gleichmäßig verteilte Lasten

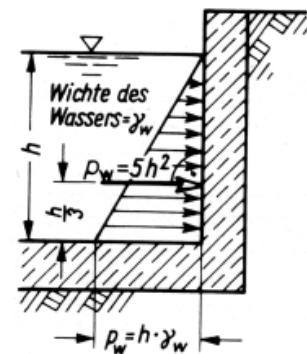
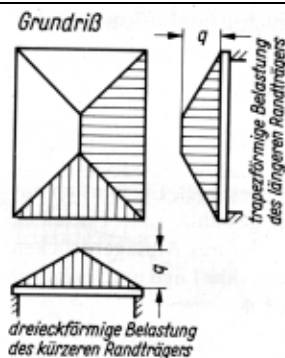
Merke:

Eine Belastung, die über die ganze Länge eines Trägers in gleicher Größe hinwegreicht, ist eine gleichmäßig verteilte Last. Sie kann durch die Eigenlasten der Bauteile und aus Verkehrslasten bestehen. Verteilen sich die Lasten auf Längen, sind es Streckenlasten; sind sie auf einer Fläche verteilt, bezeichnet man sie als Flächenlasten.

b) Dreiecks- u. Trapezlasten

Merke:

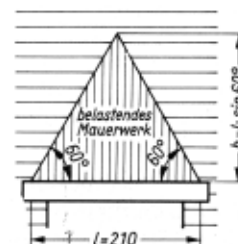
Die Randträger und Wände unter allseitig aufliegenden Deckenplatten können entsprechend der Lastverteilung Dreieckslasten oder Trapezlasten sein. Beim Wasser- u. Erddruck handelt es sich ebenfalls um Dreieckslasten.



Übungsbeispiel:

Ein Stahlbetonbalken ($h = 24 \text{ cm}$) hat eine Wandöffnung (24er-Mauer) zu überbrücken. Die Belastung ist zu ermitteln.

Nach DIN 1053 braucht bei Sturz- u. Abfangträgern nur der Teil als belastendes Mauerwerk eingesetzt zu werden, der über dem Träger von einem gleichseitigen Dreieck umschlossen wird, wenn sich eine Gewölbewirkung über der Wandöffnung ausbilden kann.



Belastung eines Stahlbetonbalkens durch Mauerwerk

Belastung

- 1) gleichmäßig verteilte Last
Eigenlast Stahlbetonbalken

$$(0,24 \text{ m})^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 1,44 \text{ kN/m}$$

Putz 1,5 cm (auch unterhalb des Balkens)

$$3 \times 0,015 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0,22 \text{ kN/m}$$

- 2) Dreieckslast (**Höchstlast**, auf die Mitte des Balkens bezogen)

Mauerlast 24 cm

$$d \times h \times 18 \text{ kN/m}^3 = d \times l \times 18 \text{ kN/m}^3 \times \sin 60^\circ =$$

$$0,24 \text{ m} \times 2,10 \text{ m} \times \sin 60^\circ \times 18 \text{ kN/m}^3 = 7,85 \text{ kN/m}$$

Putz 1,5 cm

$$2 \times 0,015 \text{ m} \times 2,10 \text{ m} \times \sin 60^\circ \times 20 \text{ kN/m}^3 = 1,09 \text{ kN/m}$$

3) Gesamtstreckenlast auf Balken in der Mitte der Stützlänge = 10,60 kN/m

c) Schneelasten

Merke:

Schneelasten gelten als Verkehrslasten. Sie sind abhängig von den geografischen und meteorologischen Verhältnissen des jeweiligen Ortes. Nach DIN 1055 – 5: 2005-07 können die charakteristischen Werte der Schneelast in Abhängigkeit von 5 Schneelastzonen und der Geländehöhe berechnet werden. Sockelbeträge dürfen hierbei nicht unterschritten werden. Eine Karte der Schneelastzonen ist Bestandteil der DIN 1055 - 5 (Folie der Schneelastzonen).

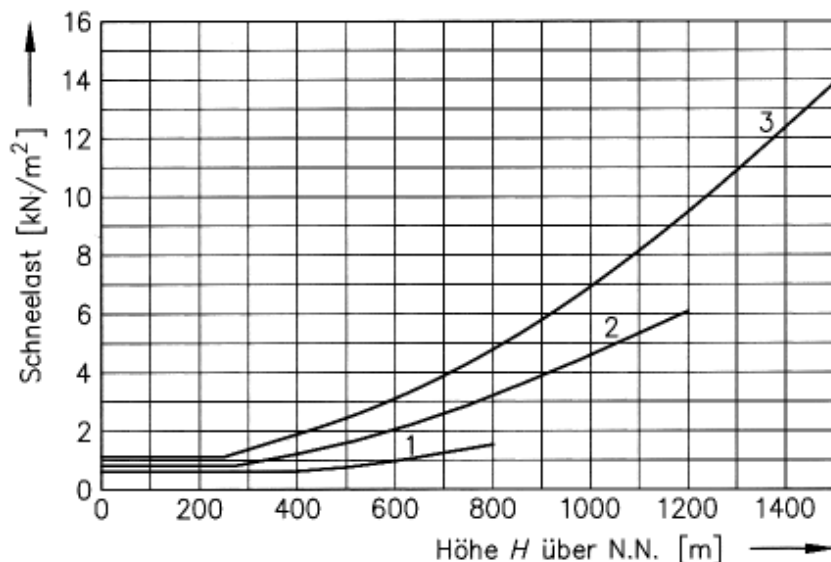
Die charakteristischen Sockelwerte der Schneelast sind in

Zone 1 0,65 kN/m² (bis 400 m ü. d. M.)

Zone 2 0,85 kN/m² (bis 285 m ü. d. M.)

Zone 3 1,10 kN/m² (bis 255 m ü. d. M.)

In den Zonen 1a und 2 a werden die Werte um den Faktor 1,25 angehoben. Ansonsten gelten die nachfolgend aufgeführten Beziehungen (Grafik oder Formel).



$$\text{Zone 3: } s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left(\frac{H + 140}{760} \right)^2$$

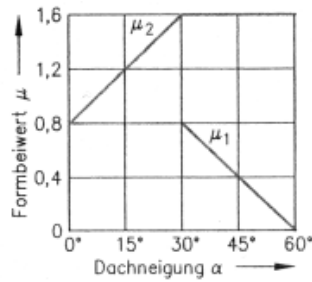
$$\text{Zone 2: } s_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{H + 140}{760} \right)^2$$

$$\text{Zone 1: } s_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{H + 140}{760} \right)^2$$

Die Schneelast wird ermittelt mit

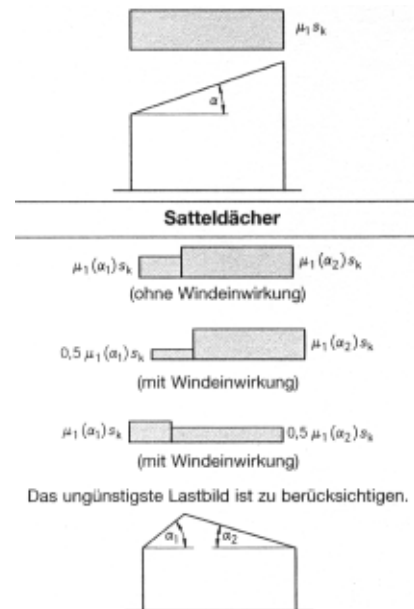
$$S = \mu * s_k$$

μ heißt Formbeiwert und ist Tabellen bzw. Grafiken zu entnehmen (siehe nächste Seite)



Dachneigung α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
Formbeiwert μ_1	0,8	$0,8(60^\circ - \alpha)/30^\circ$	0
Formbeiwert μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30^\circ$	1,6	1,6

In DIN 1055-5: 2005-7 sind weitere Formbeiwerte für aneinander gereihete Sattel-, Shed- und Tonnendächer angegeben. Außerdem sind Regelungen für Schneeanlagerungen an Höhenversprüngen, Schneelasten an Schneefangrinnen und an der Traufe getroffen.



Beispiele:

- Wie groß ist die charakteristische Schneelast für ein Gebäude in Hannover? Hannover liegt in Schneelastzone 2 und 54 m über NN!

$$s_k = 0,25 + 1,91 * \left(\frac{54 + 140}{760} \right)^2 \frac{kN}{m^2} = 0,37 \frac{kN}{m^2} \Rightarrow \text{also Mindestwert } \underline{s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2}$$

- Wie groß ist die Schneelast bei einem Gebäude im Harz (Schneelastzone 3), 592 m über NN mit einer Dachneigung von $\alpha = 38^\circ$?

$$s_k = 0,31 + 2,91 \left(\frac{592 + 140}{760} \right)^2 \frac{kN}{m^2}$$

Schneelast

$$\text{Formbeiwert } \mu = 0,8 (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = \underline{0,586}$$

$$\underline{s_k = 3,00 \frac{kN}{m^2}} \text{ charakteristische Last}$$

$$s = \mu \times s_k = 0,586 \times 3,00 \text{ kN/m}^2 = \underline{1,76 \text{ kN/m}^2}$$

d) Windlasten

Merke:

Die Windlast muss gesondert für das Gesamtbauwerk und für einzelne Bauteile (z. B. Fassadenelemente) ermittelt werden. Sie ist unabhängig von der Himmelsrichtung und wird in Form von Winddrücken und Windkräften erfasst.

Die einwirkende Gesamtwindkraft ermittelt sich zu

$$\boxed{F_w = c * q(z_e) * A} \text{ in kN} \quad z_e \Rightarrow \text{Gebäudehöhe } h$$

bzw. als Flächenwinddruck

$$\boxed{w_e = c * q(z_e)} \text{ in kN/m}^2$$

Hierbei ist

c Außendruckbeiwert

q Geschwindigkeitsdruck des Windes in kN/m^2

siehe Tabelle im Buch (vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m)

A Windangriffsfläche

Beispiel:

Hallentragwerk mit Wind auf Längsseite:

Stützweite $d = 25 \text{ m}$

Hallenlänge $b = 36 \text{ m}$

Dachneigung 10° (Satteldach)

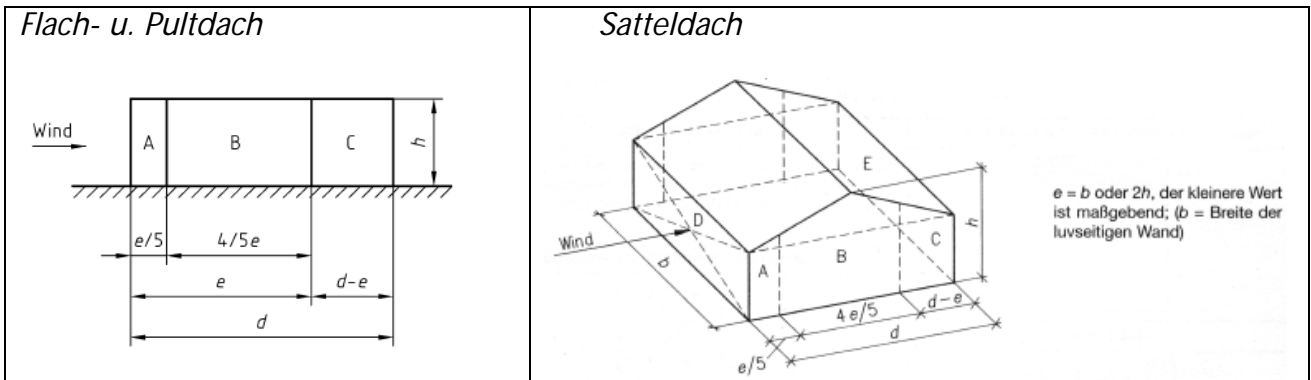
Firsthöhe $h = 12 \text{ m}$

Traufhöhe $h_T = h - \frac{d}{2} \tan 10^\circ = 9,80 \text{ m}$

1) Bestimmung des Geschwindigkeitsdruckes

Zone 1, Binnenland $q(12\text{m}) = 0,65 \text{ kN/m}^2$

2) Einteilung der Seitenwände (siehe auch Tabellenbuch) und Bestimmung von e



$b = 36 \text{ m}$ und $2h = 24 \text{ m}$; der kleinere Wert ist maßgebend; also $e = 24 \text{ m}$!

3) Ermittlung der Längen A-C

$l_A = e/5 = 4,8 \text{ m}$; $l_B = 4e/5 = 19,2 \text{ m}$; $l_C = d-e = 1,0 \text{ m}$

4) Ermittlung der Fläche A-E

$C = l_C h_m > 10 \text{ m}^2$ (Trapez), also $c = c_{pe,10}$ von Relevanz!

Alle anderen Flächen sind über 10 m^2 !

Hinweis: Für den Fall, dass die Flächen A-E zwischen 1 m^2 und 10 m^2 liegen, muss interpoliert werden (siehe Tabelle der Außendruckbeiwerte für vertikale Wände!)

5) Ermittlung der Flächenwinddrücke auf die Wände bzw. Wandanteile für

$h/d = 12\text{m}/25\text{m} = 0,48$: Werte aus der Tabelle der Außendruckbeiwerte ggf. aus $h/d = 1$ und $h/d \leq 0,25$ interpolieren!

Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude										
Bereich	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

Wand A	$c_{pe,10} = -1,2$	Wand C	$c_{pe,10} = -0,5$	Wand E	$c_{pe,10} = -0,372$
Wand B	$c_{pe,10} = -0,8$	Wand D	$c_{pe,10} = +0,731$	Werte von D und E interpoliert	

$$w_e = c_{pe,10} * q(z_e) \quad \text{mit } q(12m) = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

Wand A: $w_e = -0,78 \text{ kN/m}^2$	Wand C: $w_e = -0,33 \text{ kN/m}^2$	Wand E: $w_e = -0,24 \text{ kN/m}^2$
Wand B: $w_e = -0,52 \text{ kN/m}^2$	Wand D: $w_e = 0,48 \text{ kN/m}^2$	Werte von D und E interpoliert

Die Ermittlung der Flächenwinddrücke für Dächer erfolgt sinngemäß wie oben!

Flächeneinteilung und Außendruckbeiwerte von Dachflächen z. B. Sattel- u. Trogdächer

Neigungs- winkel α	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$									
	Bereich									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,-1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,-1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,-1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,-1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,-1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,6 / +0,2		-0,6 / +0,2	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6 / +0,2		-0,6 / +0,2	
10°	-1,3	-2,2	-1,0	-1,7	-0,4		-0,5 / +0,2		-0,8	+0,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,4		-0,5	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,4		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,4		-0,5	

Hinweis: Bei geringen Dachneigungen ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten. Für diesen Bereich wird daher sowohl der positive als auch der negative Außendruckbeiwert berücksichtigt.

Durchlässige Wände

Eine Wand, bei der ein Anteil der Wandfläche bis zu 30% offen ist, gilt als durchlässige Wand. Nach DIN 1055-4 Abs. 12.1.8 ist bei Räumen mit durchlässigen Außenwänden der Innendruck zu berücksichtigen.

e) Weitere Dachlasten

Man unterscheidet ferner

- Windlasten für einzelne Tragglieder, z. B. Fassadenelemente
- Reparaturlasten für einzelne Tragglieder (Personen)
- Einzelverkehrslast für begehbare Dachhaut
- Einzelverkehrslast für Dachlatten und
- Einzelverkehrslast für leichte Sprossen.

Hinweis auf gesondertem Blatt

f) Lasten aus Wasserdruck

Merke:

Wasserbehälter und Ufermauern sind beispielsweise dem Druck des Wassers ausgesetzt. Der Wasserdruck wirkt immer rechtwinklig auf die getroffenen Fläche. Er ist nach den Gesetzen bei ruhendem Wasser als hydrostatischer Druck zu berechnen.

Es war $p_w = h \cdot \gamma_w$ $[p_w] = \frac{kN}{m^2}$

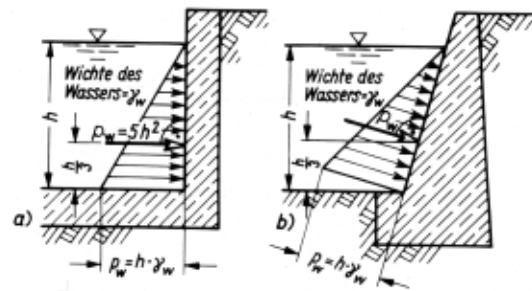
Mit zunehmender Tiefe nimmt der Wasserdruck zu. Dadurch entstehen für Wände Dreieckslasten. Die resultierende Wasserdruckkraft kann aus dem Flächeninhalt der Dreieckslast berechnet werden mit

$$F_w = \frac{p_w \cdot h \cdot l}{2} \quad \text{mit Höhe der Wassersäule } h \text{ und Länge der Wand } l, \text{ beide in Meter.}$$

Für eine Wandlänge l von 1 Meter und einem $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$ gilt demnach als charakteristische Größe:

$$F_w = \frac{h \cdot \gamma \cdot h \cdot l}{2} = \frac{h^2 \cdot 10 \frac{kN}{m^3}}{2}$$

$$F_w = 5 \cdot h^2 \quad [P_w] = \frac{kN}{m} \quad h \text{ in m}$$



Beispiel:

Ein Behälter ist 2,5 m hoch mit Wasser gefüllt. Wie groß ist der hydrostatische Druck am Fuß der Wand? Wie groß ist die charakteristische resultierende Wasserdruckkraft auf 1 m Wandlänge? Ermitteln Sie daraus den Bemessungswert!

$$p_w = h \cdot \gamma = 2,5m \cdot 10 \frac{kN}{m^3} = 25 \frac{kN}{m^2}$$

$$F_w = \frac{p_w \cdot h}{2} = \frac{25 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5m}{2} = 31,25 \frac{kN}{m}$$

oder

$$F_w = 5 \cdot h^2 = 5 \cdot 2,5^2 \frac{kN}{m} = 31,25 \frac{kN}{m}$$

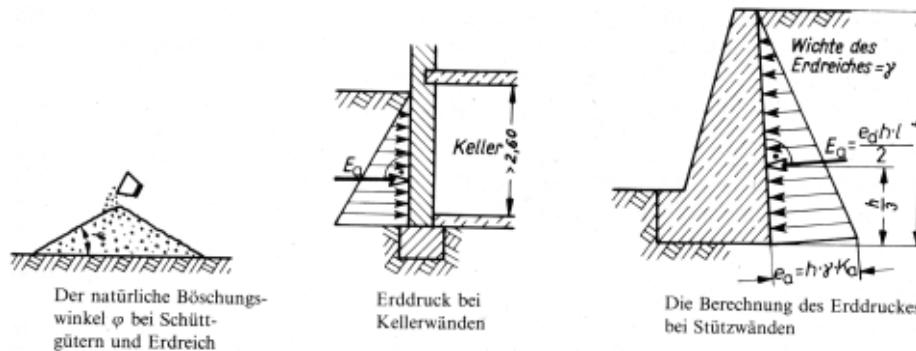
Bemessungswert:

$$F_{wd} = 1,5 \cdot 31,25 \frac{kN}{m} = 46,875 \frac{kN}{m}$$

g) Lasten aus Erddruck

Merke:

Das Erdreich wird sich entsprechend der Bodenart in einem natürlichen Böschungswinkel abhängig von der inneren Reibung im Boden abböschen wollen (siehe Folie). Wenn das Erdreich daran gehindert werden soll, müssen z. B. Stützmauern oder Spundwände errichtet werden. Auf diese übt das Erdreich einen Druck aus. Dieses ist auch bei Kellerwänden der Fall, soweit sie im Erdreich stehen. Da die Kellerwände meist durch Decken und Zwischenwände ausgesteift sind, erübrigt sich oft eine Berechnung für Erddruck.



Der sog. aktive Erddruck berechnet sich mit

$$e_a = h * \gamma * K_a \quad e_a \text{ in kN/m}^2$$

h in m; γ in kN/m^3 und K_a als Beiwert für den aktiven Erddruck

Ähnlich wie bei dem Wasserdruck gilt:

$$E_a = \frac{e_a * h * l}{2} \quad \text{bzw. für eine Wandlänge von 1m}$$

$$E_a = \frac{e_a * h}{2} \quad E_a \text{ in kN/m}$$

Die Erddruckkraft kann bei $h/3$ der Wandhöhe und rechtwinklig auf die Wandfläche wirkend angenommen werden. Für häufige Fälle bei lotrechter und glatter Wandrückseite mit Hinterfüllung aus nichtbindigem Boden (Sand, Kies) und waagerechtem Gelände hinter der Wand entsteht eine Formel für eine Überschlagsrechnung, hierbei ist der Erddruckbeiwert $K_a = 0,33 = 1/3$ und die Wichte des Erdreiches $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$. Für 1 m Wandlänge ergibt sich demnach als charakteristische Größe

$$E_a = \frac{e_a * h}{2} = \frac{h * \gamma * K_a * h}{2} = \frac{18 * \frac{1}{3} * h^2}{2} = 3 * h^2 \quad E_a \text{ in kN/m, } h \text{ in m}$$

Beispiel:

Eine Stützwand aus Beton hat waagrecht wirkenden Erddruck aufzunehmen. Höhe des Erdreiches $h = 2 \text{ m}$, Wandrückseite lotrecht, glatt, Hinterfüllung nichtbindiger Boden, waagerechtes Gelände hinter der Wand. Wie groß ist der Erddruck am Fuß der Wand? Wie groß ist die charakteristische Erddruckkraft für 1 m Wandlänge? Ermitteln Sie daraus den Bemessungswert!

$$a) \quad e_a = h * \gamma * K_a = 2m * 18 \frac{kN}{m^3} * 0,333 = \underline{\underline{12 \frac{kN}{m^2}}}$$

$$b) \quad E_a = \frac{e_a * h}{2} = \frac{12 \frac{kN}{m^2} * 2m}{2} = \underline{\underline{12 \frac{kN}{m}}} \quad \text{oder} \quad E_a = 3 * h^2 \frac{kN}{m} = 3 * 2^2 \frac{kN}{m} = \underline{\underline{12 \frac{kN}{m}}}$$

Bemessungswert:

$$c) \quad E_{ad} = 1,5 * 12 \frac{kN}{m} = \underline{\underline{18 \frac{kN}{m}}}$$

Hinweis zu Umgang mit Eigen-, Schnee- u. Windlasten in Verbindung mit der Berechnung von Dachkonstruktionen, z. B. bei der Dimensionierung von Dachsparren.

Merke:

Müssen Dachlasten ermittelt werden, um z. B. eine Bemessung der Dachsparren vorzunehmen, müssen drei Lastfälle untersucht werden!

1. Bemessungsbiegemomente von Dachlast + Schneelast
 $G + S = 1,35 \times \text{Dachstreckenlast} + 1,5 \times \text{Schneelast}$
2. Bemessungsbiegemomente von Dachlast + Windlast
 $G + W = 1,35 \times \text{Dachstreckenlast} + 1,5 \times \text{Windlast}$
3. Bemessungsbiegemomente von Dachlast + Windlast + Schneelast
 $G + S + W = 1,35 \times (\text{Dachstreckenlast} + \text{Schneelast} + \text{Windlast})$

Maßgebend für die weitere Berechnung ist das größte der drei Biegemomente!