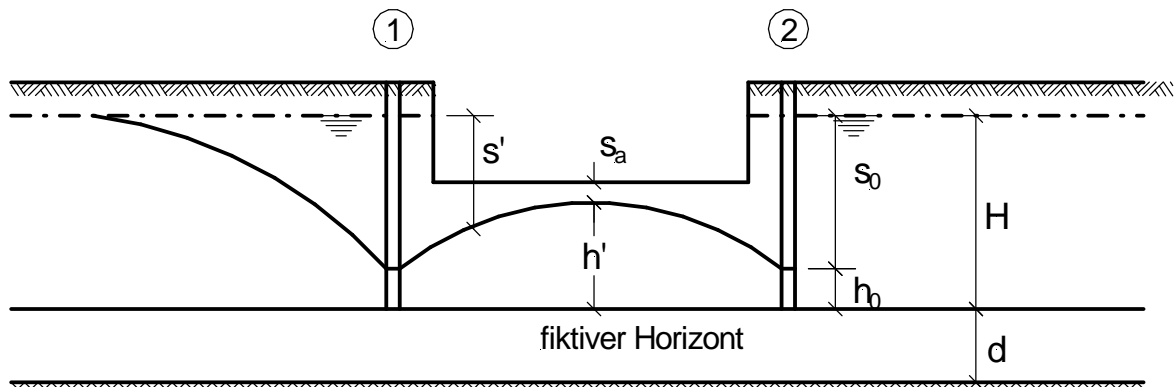


Mehrbrunnenanlage für eine rechteckige Baugrube



Abmessungen der Baugrube:

Breite $b =$	18,00 m
Länge $L =$	30,00 m
Tiefe $t =$	6,00 m

Brunnen:

Brunnentiefe $T_B =$	12,00 m
Brunnenradius $r_0 =$	0,40 m
benetzten Filterlänge von $h_0 =$	4,20 m

Um eine trockene und stabil befahrbare Baugrubensohle sicherzustellen, wird für das Absenkziel ein Abstand zwischen Baugrubensohle und abgesenktem Wasserspiegel festgelegt; in der Regel liegt dieser bei $s_a = 0,5$ bis 1,0 m.

$s_a =$	0,50 m
---------	--------

Boden:

Wasserstand von GOK $y =$	-1,50 m
Durchlässigkeit $k =$	$5,00 \cdot 10^{-3}$ m/s
Tiefe der undurchlässigen Schicht $t_u =$	20,00 m

Abschätzen des Ersatzbrunnenradius

$$A = \sqrt{\frac{b \cdot L}{\pi}} = 13,11 \text{ m}$$

Abschätzen der Reichweite:

Bei der Vordimensionierung wird ein fiktiver Brunnen (in Baugrubenmitte) zu Grunde gelegt:

$$h' = T_B - t - s_a = 5,50 \text{ m}$$

Die Reichweite für den Einzelbrunnen berechnet sich zu:

$$H = T_B + y = 10,50 \text{ m}$$

$$R = 3000 \cdot (H - h') \cdot \sqrt{k} = 1060,66 \text{ m}$$

Für Mehrbrunnenanlagen erfolgt eine Korrektur:

$$R = \sqrt{R^2 + A^2} = 1060,74 \text{ m}$$

Abschätzen der Gesamtfördermenge:

Mit Hilfe des Ersatzbrunnenradius kann man die anfallende Wassermenge mit der Formel für den Einzelbrunnen berechnen:

$$Q = k * \pi * \frac{H^2 - h'^2}{\ln(R) - \ln(A)} * 10^3 = 286 \text{ l/s}$$

Dies gilt für den vollkommenen Brunnen, für den unvollkommenen Brunnen muss der Erhöhungsfaktor berücksichtigt werden.

$$\begin{aligned} d &= t_u - T_B &= & 8,00 \text{ m} \\ f &= \text{WENN}(d \leq H; 1, 1; \text{WENN}(d \leq 2 * H; 1, 2; 1, 3)) &= & 1, 10 \\ Q &= f * Q &= & 314,60 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Bemessung der Einzelbrunnen:

Fassungsvermögen (Ergiebigkeit) des Einzelbrunnens:

$$Q_F = 2 * \pi * r_0 * h_0 * \frac{\sqrt{k}}{15} * 10^3 = 49,76 \text{ l/s}$$

Brunnenanzahl und Brunnenanordnung:

$$n = \frac{Q}{Q_F} = 6,32 \text{ Stück}$$

wegen symmetrischer Anordnung wird

$$n_{\text{gew}} = 8 \text{ Stück}$$

Die maximale Entnahme wird zu

$$Q_{F,\text{gesamt}} = n_{\text{gew}} * Q_F = 398,08 \text{ l/s}$$

Kontrolle der Absenkung:

Diese Kontrolle sollte für einige kritische Punkte durchgeführt werden:
Entfernungen der Brunnen:

$$\begin{aligned} x_1 &= 28,80 \text{ m} \\ x_2 &= 18,00 \text{ m} \\ x_3 &= 10,40 \text{ m} \\ x_4 &= 28,80 \text{ m} \\ x_5 &= 18,00 \text{ m} \\ x_6 &= 10,40 \text{ m} \\ x_7 &= 31,00 \text{ m} \\ x_8 &= 1,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Q_B = k * \pi * \frac{H^2 - h'^2}{\ln(R) - \frac{1}{n_{\text{gew}}} * \ln(x_1 * x_2 * x_3 * x_4 * x_5 * x_6 * x_7 * x_8)} * 10^3 = 286 \text{ l/s}$$

Für die unvollkommenen Brunnen also

$$Q_B = f * Q_B = 314,60 \text{ l/s}$$

Nachweis:

$$\frac{Q_B}{Q_{F,\text{gesamt}}} = \underline{0,79 \leq 1}$$

Das Absenkziel wird erreicht.

Kontrolle der Wasserhöhen in den Brunnen:

Zur Kontrolle der Absenkziele wurde davon ausgegangen, dass aus allen Brunnen die

Wassermenge Q_F gefördert werden kann. Dies ist nur der Fall, wenn der zu Beginn geschätzte Wasserstand im Brunnen h_0 auch tatsächlich vorliegt.

Entfernungen der Brunnen:

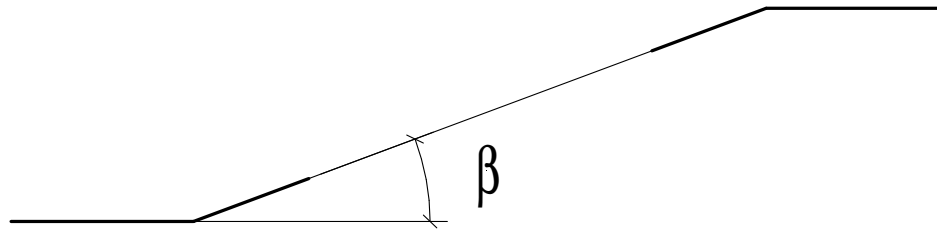
$x_1 =$	$r_0 =$	0,40 m
$x_2 =$		12,00 m
$x_3 =$		24,00 m
$x_4 =$		20,00 m
$x_5 =$		23,30 m
$x_6 =$		31,20 m
$x_7 =$		10,80 m
$x_8 =$		29,70 m

$$y = \sqrt{H^2 - \frac{Q_B \cdot 10^{-3}}{f} \cdot \left(\ln(R) - \frac{1}{n_{\text{gew}}} \cdot \ln(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5 \cdot x_6 \cdot x_7 \cdot x_8) \right)} = 5,40 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{h_0}{y} = \underline{\underline{0,78 \leq 1}}$$

Die für die Absenkung zu fördernde Wassermenge kann vom Brunnen gefasst werden.

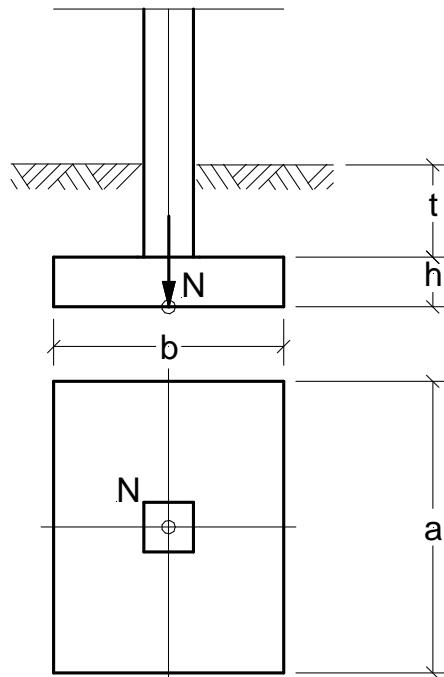
Böschungsneigung**Baugrund:**Reibungswinkel $\varphi = 35,00^\circ$ **Böschung:**Böschungswinkel $\beta = 25,00^\circ$ **Sicherheitsbeiwerte:**Sicherheit gewählt $\eta_r = 1,30$ **Berechnung:**

$$\beta_{zul} = \operatorname{atan}\left(\frac{\tan(\varphi)}{\eta_r}\right) = 28,31^\circ$$

Nachweis:

$$\frac{\beta}{\beta_{zul}} = \underline{0,88 \leq 1}$$

Grundbruch bei lotrechter mittiger Last



Baugrund:

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³
Wichte $\gamma_s =$	10,20 kN/m ³
Schichttiefe $y =$	0,80 m
Tiefe des anstehenden Wassers $d =$	0,60 m

System:

Fundamentdicke $h =$	0,60 m
Überschüttung $t =$	0,40 m
Tiefe $a =$	3,00 m
Breite $b =$	2,00 m

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35	
$\gamma_Q =$	1,50	
Bemessungssituation $n =$	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= ständige
$\gamma_{Gr} =$	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,40

Belastung:

ständige Last $N_{G,k} =$	1,80 MN
veränderliche Last $N_{Q,k} =$	0,50 MN

Liegt das Grundwasser in der Grundbruchscholle:

$$\begin{aligned} \text{Eulersche Zahl } e &= 2,7183 \\ \alpha &= 45 + \frac{\varphi}{2} = 61,25^\circ \\ \alpha_b &= \alpha * \frac{\pi}{180} = 1,07 \\ d_s &= b * \sin(\alpha) * e^{\alpha_b * \tan(\varphi)} = 3,47 \text{ m} \\ \frac{d_s}{d} &= 5,78 > 1 \end{aligned}$$

-> Grundwasser liegt in der Grundbruchscholle.

Vorwerte:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} N_{d0} &= \text{TAB("Grundbau/Gbbeiwert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 25,00 \\ N_{b0} &= \text{TAB("Grundbau/Gbbeiwert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 15,00 \end{aligned}$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$\begin{aligned} v_d &= 1 + \frac{b}{a} * \sin(\varphi) = 1,36 \\ v_b &= 1 - 0,3 * \frac{b}{a} = 0,80 \end{aligned}$$

Grundbruchwiderstand:

$$\begin{aligned} \gamma_{1,m} &= \frac{d * \gamma + (t + h - d) * \gamma'}{t + h} = 14,88 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{2,m} &= \gamma' = 10,20 \text{ kN/m}^3 \\ R_{n,k} &= a * b * (\gamma_{1,m} * (t+h) * N_{d0} * v_d + \gamma_{2,m} * b * N_{b0} * v_b) = 4504,32 \text{ kN} \\ R_{n,d} &= \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 3217,37 \text{ kN} \end{aligned}$$

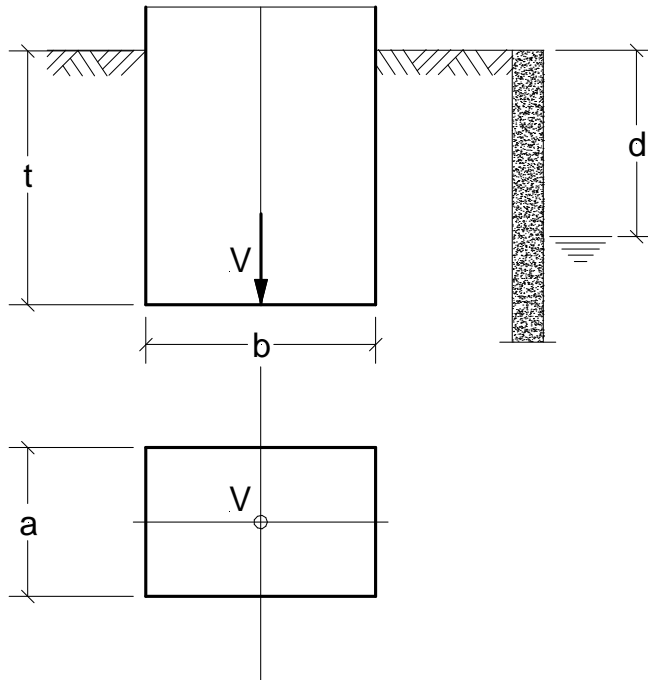
Bemessungsbeiwert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

$$N_d = (N_{G,k} * \gamma_G + N_{Q,k} * \gamma_Q) * 10^3 = 3180,00 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Grundbruch bei lotrechter mittiger Last



Baugrund:

Baugrund:	
Reibungswinkel φ =	22,50 °
Wichte γ =	19,50 kN/m ³
Wichte γ_s =	9,50 kN/m ³
Kohäsion c' =	5,00 kN/m ²
Reibungswinkel φ_u =	0,00 °
Kohäsion c_u =	25,00 kN/m ²
Wichte γ_w =	10,00 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers d =	2,00 m

System:

Einbindetiefe t =	2,50 m
Tiefe a =	2,50 m
Breite b =	2,00 m

Belastung:

ständige Last $V_{G,k}$ =	400,00 kN
veränderliche Last $V_{Q,k}$ =	150,00 kN

Sohlwasserdruckkraft:

$$D = \gamma_w * (t - d) * a * b = 25,00 \text{ kN}$$

Grundbruchwiderstand für die Anfangsfestigkeit (φ_u , c_u):

Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	=	vorübergehende
γ_{Gr} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	=	1,30
γ_G =	TAB("Grundbau/Sicher"; γ_G ; nLF=n)	=	1,20
γ_Q =	TAB("Grundbau/Sicher"; γ_Q ; nLF=n)	=	1,30

Vorwerte:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi_u) = 1,00$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi_u) = 0,00$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi_u) = 5,14$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b}{a} * \sin(\varphi_u) = 1,00$$

$$v_b = 1 - 0,3 * \frac{b}{a} = 0,76$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi_u = 0; 1 + 0,2 * \frac{b}{a}; \frac{v_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}) = 1,16$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = a * b * (c_u * N_{c0} * v_c + (d * \gamma + (t-d) * \gamma') * N_{d0} * v_d) = 964,05 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 741,58 \text{ kN}$$

$$N_d = \gamma_G * (V_{G,k} - D) + \gamma_Q * V_{Q,k} = 645,00 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,87 \leq 1}}$$

Grundbruchwiderstand für die Endfestigkeit (φ' , c'):

$$\text{Bemessungssituation } n = \text{GEW}(\text{"Grundbau/Wider"; nLF; }) = \text{ständige}$$

$$\gamma_{Gr} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Wider"; } \gamma_{Gr}; \text{nLF=n}) = 1,40$$

$$\gamma_G = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Sicher"; } \gamma_G; \text{nLF=n}) = 1,35$$

$$\gamma_Q = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Sicher"; } \gamma_Q; \text{nLF=n}) = 1,50$$

Vorwerte:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi')$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi')$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi')$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b}{a} * \sin(\varphi) = 1,31$$

$$v_b = 1 - 0,3 * \frac{b}{a} = 0,76$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi' = 0; 1 + 0,2 * \frac{b}{a}; \frac{v_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}) = 1,35$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = a \cdot b \cdot (c' \cdot N_{c0} \cdot v_c + (d \cdot \gamma + (t-d) \cdot \gamma') \cdot N_{d0} \cdot v_d + \gamma' \cdot b \cdot N_{b0} \cdot v_b) = 3099,72 \text{ kN}$$

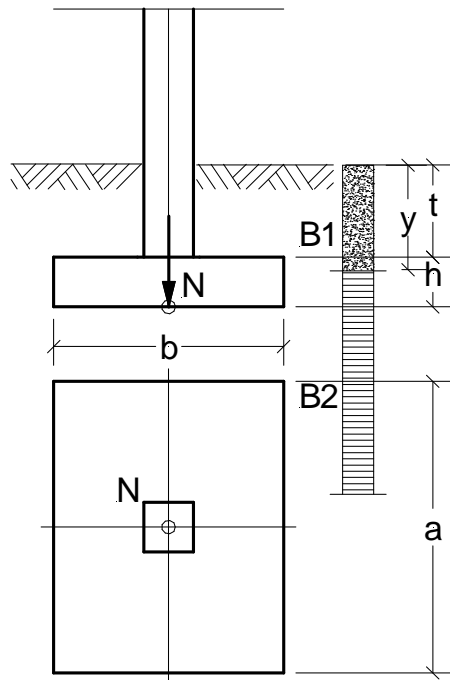
$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 2214,09 \text{ kN}$$

$$N_d = \gamma_G \cdot (V_{G,k} - D) + \gamma_Q \cdot V_{Q,k} = 731,25 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,33 \leq 1}}$$

Grundbruch bei lotrechter mittiger Last

**Baugrund:**

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\phi_1 =$	32,50 °
Wichte $\gamma_1 =$	20,00 kN/m ³
Schichttiefe $y =$	0,80 m
Baugrund 2:	
Reibungswinkel $\phi_2 =$	32,50 °
Wichte $\gamma_2 =$	18,00 kN/m ³
Wichte $\gamma_2 =$	10,20 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers $d =$	2,00 m

System:

Fundamentdicke $h =$	0,60 m
Überschüttung $t =$	0,40 m
Tiefe $a =$	3,00 m
Breite $b =$	2,00 m

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35		
$\gamma_Q =$	1,50		
Bemessungssituation $n =$	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	=	ständige
$\gamma_{Gr} =$	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	=	1,40

Belastung:

ständige Last $N_{G,k} =$	2,20 MN
veränderliche Last $N_{Q,k} =$	0,60 MN

Liegt das Grundwasser in der Grundbruchscholle:

$$\begin{aligned} \text{Eulersche Zahl } e &= 2,7183 \\ \alpha_1 &= 45 + \frac{\varphi_1}{2} = 61,25^\circ \\ \alpha_{b1} &= \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,07 \\ d_s &= b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_1)} = 3,47 \text{ m} \\ \frac{d_s}{d} &= 1,74 > 1 \end{aligned}$$

-> Grundwasser liegt in der Grundbruchscholle.

Vorwerte:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} N_{d0} &= \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"}; N_{d0}; \varphi=\varphi_1) = 25,00 \\ N_{b0} &= \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"}; N_{b0}; \varphi=\varphi_1) = 15,00 \end{aligned}$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$\begin{aligned} v_d &= 1 + \frac{b}{a} * \sin(\varphi_1) = 1,36 \\ v_b &= 1 - 0,3 * \frac{b}{a} = 0,80 \end{aligned}$$

Grundbruchwiderstand:

$$\begin{aligned} \gamma_{1,m} &= \frac{y * \gamma_1 + (t + h - y) * \gamma_2}{t + h} = 19,60 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{2,m} &= \frac{(d - t - h) * \gamma_2 + (d_s - d) * \gamma_2}{d_s - t - h} = 13,36 \text{ kN/m}^3 \\ R_{n,k} &= a * b * (\gamma_{1,m} * (d - t - h) * N_{d0} * v_d + \gamma_{2,m} * b * N_{b0} * v_b) = 5922,24 \text{ kN} \\ R_{n,d} &= \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 4230,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bemessungsbeiwert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

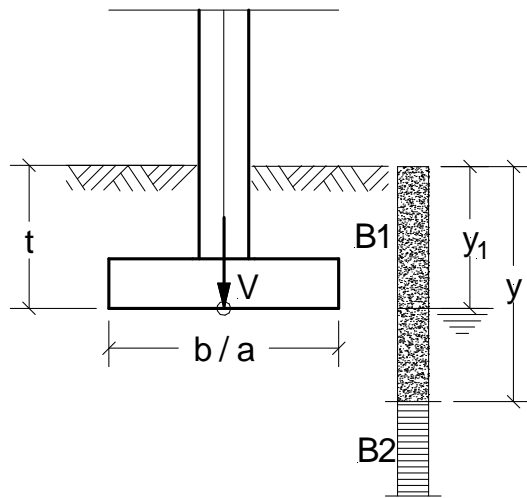
$$N_d = (N_{G,k} * \gamma_G + N_{Q,k} * \gamma_Q) * 10^3 = 3870,00 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$

Grundbruch bei lotrechter mittiger Last

Für das dargestellte Fundament wird der Grundbruchnachweis geführt.



Baugrund:

Baugrund 1:	
Reibungswinkel φ_1 =	30,00 °
Wichte γ_1 =	20,00 kN/m ³
Wichte γ_1' =	11,50 kN/m ³
Kohäsion c_1 =	0,00 kN/m ²

Baugrund 2:	
Reibungswinkel φ_2 =	27,50 °
Wichte γ_2 =	11,00 kN/m ³
Kohäsion c_2 =	2,50 kN/m ²

Tiefe des anstehenden Wassers y_1 =	1,70 m
Schichttiefe y =	3,30 m

System:

Einbindetiefe t =	1,00 m
Tiefe a =	3,00 m
Breite b =	3,00 m

Belastung:

ständige Last $V_{G,k}$ =	2,50 MN
veränderliche Last $V_{Q,k}$ =	0,90 MN

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35	
γ_Q =	1,50	
Bemessungssituation $n =$ GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	=	ständige
$\gamma_{Gr} =$ TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	=	1,40

Berechnung:

Einflußtiefe:

$$\text{Eulersche Zahl } e = 2,7183$$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_1'}{2} = 60,00^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,05$$

$$d_s = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_1')} = 4,76 \text{ m}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_0 = \frac{(y-t) * \varphi_1' + (d_s - (y-t)) * \varphi_2'}{d_s} = 28,71^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_1' - \varphi_0}{\varphi_1'} \right| * 100 = 4,30 \% > 3,0$$

Da dieser Wert größer als die zulässigen 3 % ist, muß er weiter iteriert werden.

Für φ_1' muß solange mit dem berechneten Wert φ_0 eingesetzt werden, bis $\Delta < 3\%$ ist.

$$\text{gewählt } \varphi_{g'} = 28,60^\circ$$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_{g'}}{2} = 59,30^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,03$$

$$d_s = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_{g'})} = 4,52 \text{ m}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_0 = \frac{(y-t) * \varphi_1' + (d_s - (y-t)) * \varphi_2'}{d_s} = 28,77^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_{g'} - \varphi_0}{\varphi_{g'}} \right| * 100 = 0,59 \% < 3,0$$

Wenn ein Wert gefunden wurde für den die Abweichung $\Delta < 3\%$ ist kann die Iteration abgebrochen werden.

Für die weitere Berechnung:

$$\varphi = \frac{\varphi_{g'} + \varphi_0}{2} = 28,68^\circ$$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi}{2} = 59,34^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,04$$

Mit der Einflußtiefe

$$d_s = b \cdot \sin(\alpha_1) \cdot e^{\alpha_{b1} \cdot \tan(\varphi_g')} = 4,55 \text{ m}$$

werden die weiteren Mittelwerte bestimmt.

$$c = \frac{(y-t) \cdot c_1 + (d_s - (y-t)) \cdot c_2}{d_s} = 1,24 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_2 = \frac{(y_1 - t) \cdot \gamma_1 + (y - y_1) \cdot \gamma_1 + (d_s - y + t) \cdot \gamma_2}{d_s} = 12,56 \text{ kN/m}^3$$

Grundbruchwiderstand:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Gbbeiwert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 15,89$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Gbbeiwert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 8,42$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Gbbeiwert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 27,36$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b}{a} \cdot \sin(\varphi) = 1,48$$

$$v_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b}{a} = 0,70$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{a}; \frac{v_d \cdot N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}) = 1,51$$

$$R_{n,k} = a \cdot b \cdot (c \cdot N_{c0} \cdot v_c + t \cdot \gamma_1 \cdot N_{d0} \cdot v_d + \gamma_2 \cdot b \cdot N_{b0} \cdot v_b) = 6692,93 \text{ kN}$$

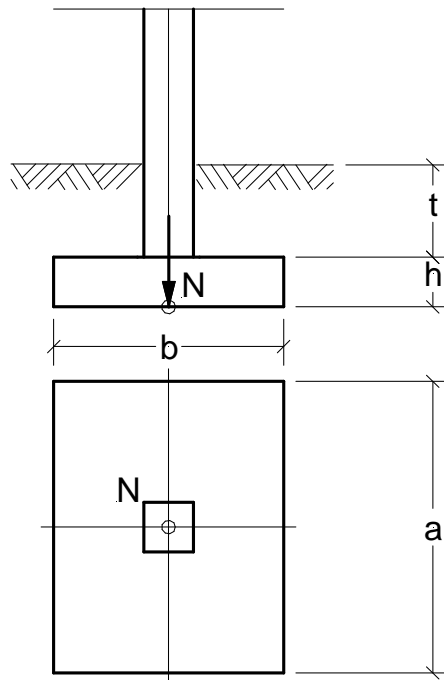
$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 4780,66 \text{ kN}$$

$$N_d = (\gamma_G \cdot V_{G,k} + \gamma_Q \cdot V_{Q,k}) \cdot 10^3 = 4725,00 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Grundbruch bei lotrechter mittiger Last



Baugrund:

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³
Wichte $\gamma' =$	10,20 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers d =	5,00 m

System:

Fundamentdicke h =	0,60 m
Überschüttung t =	0,40 m
Tiefe a =	3,00 m
Breite b =	2,00 m

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35	
$\gamma_Q =$	1,50	
Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= ständige
$\gamma_{Gr} =$	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,40

Belastung:

ständige Last $N_{G,k} =$	2,40 MN
veränderliche Last $N_{Q,k} =$	0,80 MN

Liegt das Grundwasser in der Grundbruchssole:

$$\text{Eulersche Zahl } e = 2,7183$$

$$\alpha = 45 + \frac{\varphi}{2} = 61,25^\circ$$

$$\alpha_b = \alpha * \frac{\pi}{180} = 1,07$$

$$d_s = b * \sin(\alpha) * e^{\alpha_b * \tan(\varphi)} = 3,47 \text{ m}$$

$$\frac{d_s}{d} = 0,69 \leq 1$$

-> Grundwasser liegt nicht in der Grundbruchssole.

Vorwerte:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 25,00$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 15,00$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b}{a} * \sin(\varphi) = 1,36$$

$$v_b = 1 - 0,3 * \frac{b}{a} = 0,80$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = a * b * (\gamma * (t + h) * N_{d0} * v_d + \gamma * b * N_{b0} * v_b) = 6264,00 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 4474,29 \text{ kN}$$

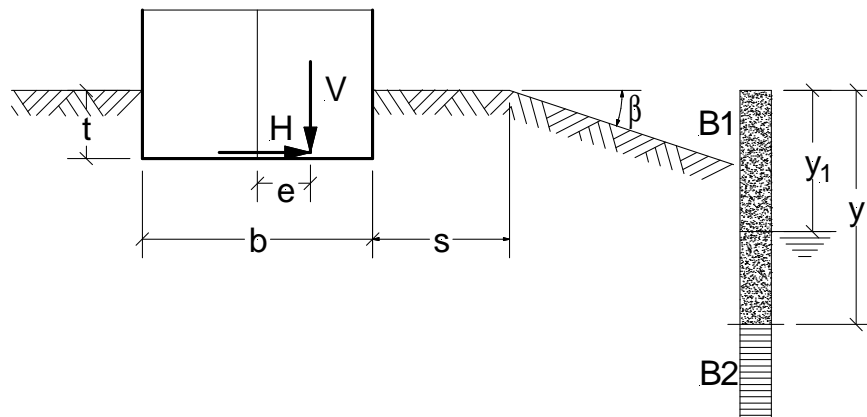
Bemessungsbeiwert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

$$N_d = (N_{G,k} * \gamma_G + N_{Q,k} * \gamma_Q) * 10^3 = 4440,00 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{N_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,99 \leq 1}}$$

Grundbruch bei schräger ausmittiger Belastung



Für den dargestellte Fundament einer Stützmauer wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\varphi_1 =$	30,00 °
Wichte $\gamma_1 =$	20,00 kN/m ³
Wichte $\gamma_1' =$	11,50 kN/m ³
Kohäsion $c_1 =$	1,00 kN/m ²
Baugrund 2:	
Reibungswinkel $\varphi_2 =$	27,50 °
Wichte $\gamma_2' =$	11,00 kN/m ³
Kohäsion $c_2 =$	2,50 kN/m ²

System:

Einbindetiefe $t =$	0,90 m
Breite $b =$	2,50 m
Tiefe $a =$	3,00 m
Geländeneigung $\beta =$	20,00 °
Bermenbreite $s =$	2,00 m
Ausmitte $e_L =$	0,20 m
Tiefe des anstehenden Wassers $y_1 =$	1,70 m
Schichttiefe $y =$	3,30 m

Belastung:

ständige Last $V_g =$	500,00 kN/m
ständige Last $H_g =$	80,00 kN/m
Verkehrslast $V_p =$	100,00 kN/m
Verkehrslast $H_p =$	25,00 kN/m

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35	
$\gamma_Q =$	1,50	
Bemessungssituation $n =$	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= ständige
$\gamma_{Gr} =$	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,40
$V_d =$	$V_g * \gamma_G + V_p * \gamma_Q$	= 825,00 kN
$H_d =$	$H_g * \gamma_G + H_p * \gamma_Q$	= 145,50 kN

Berechnung:

Einflußtiefe:

Eulersche Zahl $e = 2,7183$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_1}{2} = 60,00^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,05$$

$$d_s = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_1)} = 3,97 \text{ m}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_0 = \frac{(y-t) * \varphi_1 + (d_s - (y-t)) * \varphi_2}{d_s} = 29,01^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{\varphi_1} \right| * 100 = 3,30 \% > 3,0$$

Da dieser Wert größer als die zulässigen 3 % ist, muß er weiter iteriert werden.

Für φ_1 muß solange mit dem berechneten Wert φ_0 eingesetzt werden, bis $\Delta < 3\%$ ist.gewählt $\varphi_{g'} = 29,00^\circ$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_{g'}}{2} = 59,50^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,04$$

$$d_s = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_{g'})} = 3,83 \text{ m}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_0 = \frac{(y-t) * \varphi_1 + (d_s - (y-t)) * \varphi_2}{d_s} = 29,07^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_{g'} - \varphi_0}{\varphi_{g'}} \right| * 100 = 0,24 \% < 3,0$$

Wenn ein Wert gefunden wurde für den die Abweichung $\Delta < 3\%$ ist kann die Iteration abgebrochen werden.

Für die weitere Berechnung:

$$\varphi = \frac{\varphi_{g'} + \varphi_0}{2} = 29,04^\circ$$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi}{2} = 59,52^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,04$$

Mit der Einflußtiefe

$$d_s = b \cdot \sin(\alpha_1) \cdot e^{\alpha_{b1} \cdot \tan(\varphi_g')} = 3,83 \text{ m}$$

werden die weiteren Mittelwerte bestimmt.

$$c = \frac{(y-t) \cdot c_1 + (d_s - (y-t)) \cdot c_2}{d_s} = 1,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = \frac{(y_1 - t) \cdot \gamma_1 + (y - y_1) \cdot \gamma_1 + (d_s - y + t) \cdot \gamma_2'}{d_s} = 13,09 \text{ kN/m}^3$$

Reduzierte Breite:

$$b' = b - 2 \cdot e_L = 2,10 \text{ m}$$

$$a' = a = 3,00 \text{ m}$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 16,46$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 8,85$$

$$N_c = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 28,08$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b'}{a'} \cdot \sin(\varphi) = 1,34$$

$$v_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b'}{a'} = 0,79$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 + 0,2 \cdot \frac{b'}{a'}; \frac{v_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}) = 1,36$$

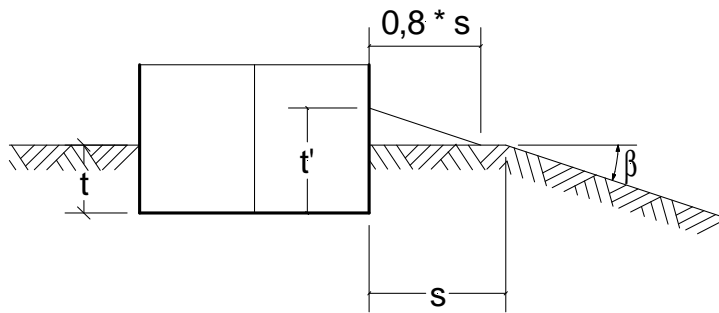
Geländeneigungsbeiwerte:

$$\lambda_d = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - \tan(\beta))^{1,9}; 1,0) = 0,423$$

$$\lambda_b = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - 0,5 \cdot \tan(\beta))^6; 0) = 0,300$$

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_d \cdot e^{-0,0349 \cdot \beta \cdot \tan(\varphi)} - 1}{N_d - 1}; 1 - 0,4 \cdot \tan(\beta)) = 0,658$$

Die Breite der Berme wird über eine Ersatzeinbindetiefe berücksichtigt:



$$t' = t + 0,8 * s * \tan(\beta) = 1,48 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \operatorname{atan}\left(\frac{H_g + H_p}{V_g + V_p}\right) = 9,93^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \operatorname{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,681$$

$$i_b = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \operatorname{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,561$$

$$i_c = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 1) = 0,660$$

Grundbruchwiderstand:

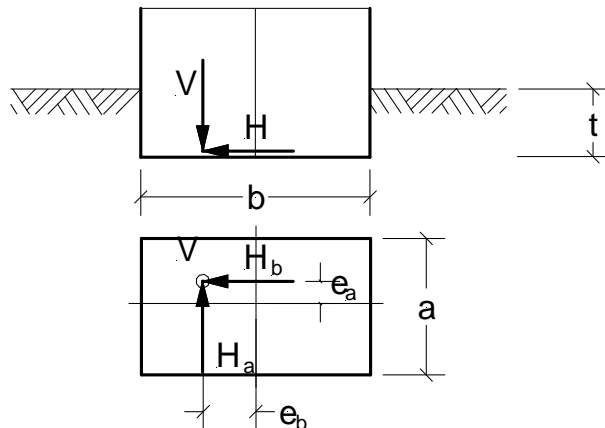
$$R_{n,k} = a' * b' * (c * N_c * v_c * i_c * \lambda_c + \gamma * t' * N_d * v_d * i_d * \lambda_d + \gamma * b' * N_b * v_b * i_b * \lambda_b) = 1142,24 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 815,89 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{1,01 \leq 1}}$$

Grundbruch bei zweiachsiger ausmittiger Belastung



Für den dargestellten Gründungskörper wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Reibungswinkel $\varphi =$	35,00 °
Wichte $\gamma =$	19,00 kN/m ³
Kohäsion $c =$	0,00 kN/m ²

System:

Einbindetiefe $t =$	1,00 m
Tiefe $a =$	3,00 m
Breite $b =$	4,00 m
Ausmitte $e_a =$	0,25 m
Ausmitte $e_b =$	0,50 m

Belastung:

Vertikallast $V_d =$	3000,00 kN
Horizontallast $H_{ad} =$	250,00 kN
Horizontallast $H_{bd} =$	210,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

Bemessungssituation $n =$ GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= vorübergehende
$\gamma_{Gr} =$ TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,30

Berechnung:

Ermittlung der Ersatzfläche:

$a'' = a - 2 \cdot e_a$	=	2,50 m
$b'' = b - 2 \cdot e_b$	=	3,00 m
$a' = \text{MAX}(a'' ; b'')$	=	3,00 m
$b' = \text{MIN}(a'' ; b'')$	=	2,50 m

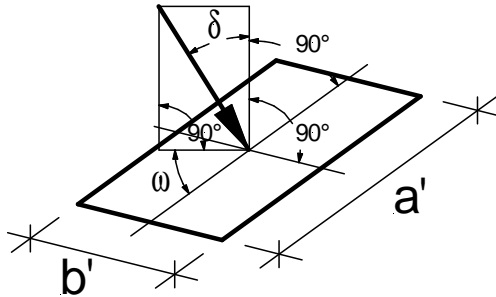
Resultierende Horizontallast:

$$H_d = \sqrt{H_{ad}^2 + H_{bd}^2} = 326,50 \text{ kN}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \operatorname{atan}\left(\frac{H_d}{V_d}\right) = 6,21^\circ$$

Lastwinkel :



$$\omega = \operatorname{acos}\left(\frac{H_{ad}}{H_d}\right) = 40,03^\circ$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 33,00$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 23,00$$

$$N_c = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 46,00$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b'}{a'} \cdot \sin(\varphi) = 1,48$$

$$v_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b'}{a'} = 0,75$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 + 0,2 \cdot \frac{b'}{a'}; \frac{v_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}) = 1,50$$

Neigungsbeiwerte:

$$m_a = \frac{2 + \frac{a'}{b'}}{1 + \frac{a'}{b'}} = 1,45$$

$$m_b = \frac{2 + \frac{b'}{a'}}{1 + \frac{b'}{a'}} = 1,55$$

$$m = m_a \cdot \cos(\omega)^2 + m_b \cdot \sin(\omega)^2 = 1,491$$

damit wird:

Lastneigungsbeiwerte:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,842$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,751$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left| 1 - \frac{H_d}{a' * b' * c'} \right|}) = 0,837$$

Grundbruchwiderstand:

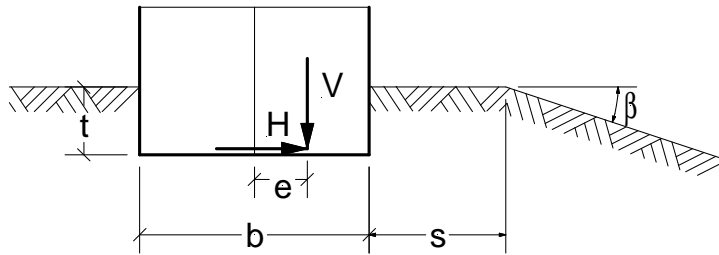
$$R_{n,k} = a' * b' * (c * N_c * v_c * i_c + \gamma * t * N_d * v_d * i_d + \gamma * b' * N_b * v_b * i_b) = 10475,20 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 8057,85 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,37 \leq 1}}$$

Grundbruch bei schräger ausmittiger Belastung



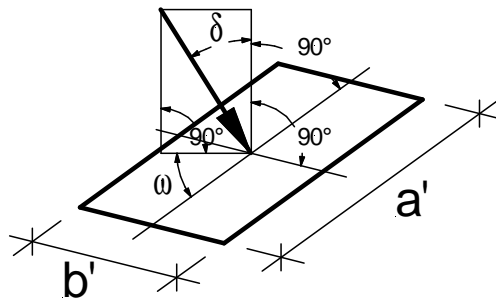
Für den dargestellte Fundament wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Reibungswinkel $\phi =$	27,50 °
Wichte $\gamma =$	20,50 kN/m ³
Kohäsion $c =$	2,00 kN/m ²

System:

Einbindetiefe $t =$	0,80 m
Breite $b =$	1,50 m
Tiefe $a =$	1,00 m
Geländeneigung $\beta =$	20,00 °
Bermenbreite $s =$	2,00 m
Ausmitte $e_L =$	0,00 m



Lastwinkel $\omega =$	90,00 °
-----------------------	---------

Belastung:

ständige Last $V_g =$	200,00 kN/m
ständige Last $H_g =$	0,00 kN/m
Verkehrslast $V_p =$	0,00 kN/m
Verkehrslast $H_p =$	0,00 kN/m

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35	
$\gamma_Q =$	1,50	
Bemessungssituation $n =$	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= vorübergehende
$\gamma_{Gr} =$	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,30
$V_d =$	$V_g * \gamma_G + V_p * \gamma_Q$	= 270,00 kN
$H_d =$	$H_g * \gamma_G + H_p * \gamma_Q$	= 0,00 kN
Eulersche Zahl $e =$	2,7183	

Berechnung:

Reduzierte Breite:

$$b' = b - 2 * e_L = 1,50 \text{ m}$$

$$a' = a = 1,00 \text{ m}$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 14,00$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 7,00$$

$$N_c = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 25,00$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b'}{a'} * \sin(\varphi) = 1,69$$

$$v_b = 1 - 0,3 * \frac{b'}{a'} = 0,55$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 + 0,2 * \frac{b'}{a'}; \frac{v_d * N_d - 1}{N_d - 1}) = 1,74$$

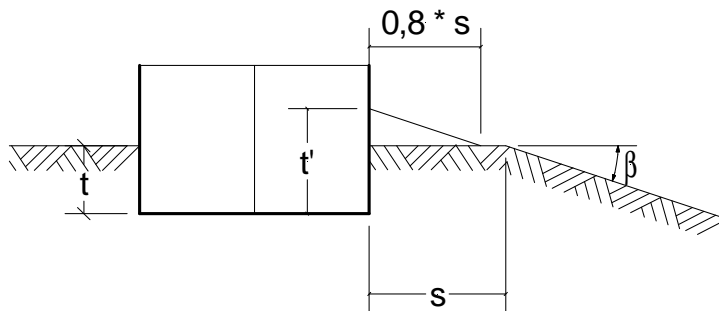
Geländeneigungsbeiwerte:

$$\lambda_d = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - \tan(\beta))^{1,9}; 1,0) = 0,423$$

$$\lambda_b = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - 0,5 * \tan(\beta))^6; 0) = 0,300$$

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_d * e^{-0,0349 * \beta * \tan(\varphi)} - 1}{N_d - 1}; 1 - 0,4 * \tan(\beta)) = 0,672$$

Die Breite der Berme wird über eine Ersatzeinbindetiefe berücksichtigt:



$$t' = t + 0,8 * s * \tan(\beta) = 1,38 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_g + H_p}{V_g + V_p}\right) = 0,00^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte:

Neigungsbeiwerte:

$$m_b = \frac{2 + \frac{b'}{a'}}{1 + \frac{b'}{a'}} = 1,40$$

$$m = m_b * \sin(\omega)^2 = 1,400$$

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 1,000$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 1,000$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 1) = 1,000$$

Grundbruchwiderstand:

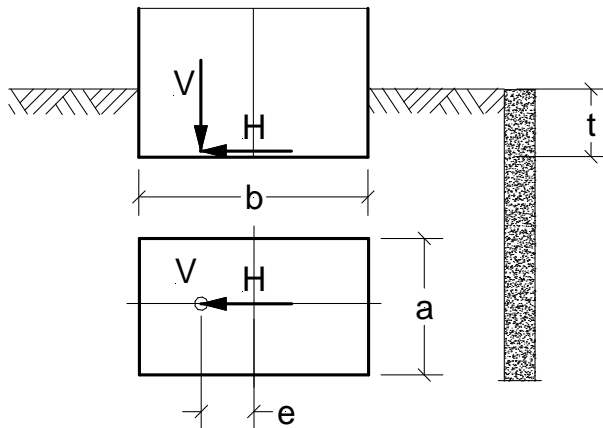
$$R_{n,k} = a' * b' * (c * N_c * v_c * i_c * \lambda_c + \gamma * t * N_d * v_d * i_d * \lambda_d + \gamma * b' * N_b * v_b * i_b * \lambda_b) = 565,67 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 435,13 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,62 \leq 1}}$$

Grundbruch bei schräger ausmittiger Belastung



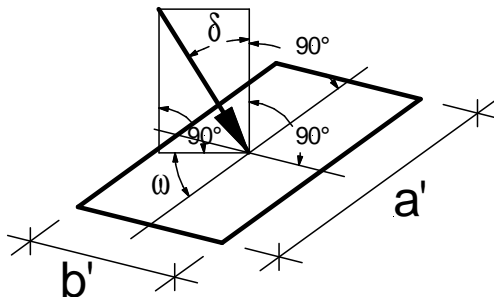
Für den dargestellten Gründungskörper wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Reibungswinkel $\varphi =$	22,50 °
Wichte $\gamma =$	19,50 kN/m ³
Kohäsion $c =$	5,00 kN/m ²

System:

Einbindetiefe $t =$	1,50 m
Tiefe $a =$	2,00 m
Breite $b =$	3,40 m
Ausmitte $e_L =$	0,70 m



Lastwinkel $\omega =$	90,00 °
-----------------------	---------

Belastung:

ständige Last $V_g =$	800,00 kN
ständige Last $H_g =$	100,00 kN
Verkehrslast $V_p =$	100,00 kN
Verkehrslast $H_p =$	10,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35	
$\gamma_Q =$	1,50	
Bemessungssituation $n =$	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= vorübergehende
$\gamma_{Gr} =$	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=)	= 1,30
$V_d =$	$V_g * \gamma_G + V_p * \gamma_Q$	= 1230,00 kN
$H_d =$	$H_g * \gamma_G + H_p * \gamma_Q$	= 150,00 kN

Berechnung:

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$a' = a = 2,00 \text{ m}$$

$$b' = b - 2 * e_L = 2,00 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_g + H_p}{V_g + V_p}\right) = 6,97^\circ$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 8,00$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 3,00$$

$$N_c = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 17,50$$

Formbeiwerte (Rechteck):

$$v_d = 1 + \frac{b'}{a'} * \sin(\varphi) = 1,38$$

$$v_b = 1 - 0,3 * \frac{b'}{a'} = 0,70$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 + 0,2 * \frac{b'}{a'} * \frac{v_d * N_d - 1}{N_d - 1}) = 1,43$$

Neigungsbeiwerte:

$$m_b = \frac{2 + \frac{b'}{a'}}{1 + \frac{b'}{a'}} = 1,50$$

$$m = m_b * \sin(\omega)^2 = 1,500$$

damit wird:

Lastneigungsbeiwerte:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,822$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,722$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left| 1 - \frac{H_g + H_p}{a' * b' * c'} \right|}) = 0,797$$

Grundbruchwiderstand:

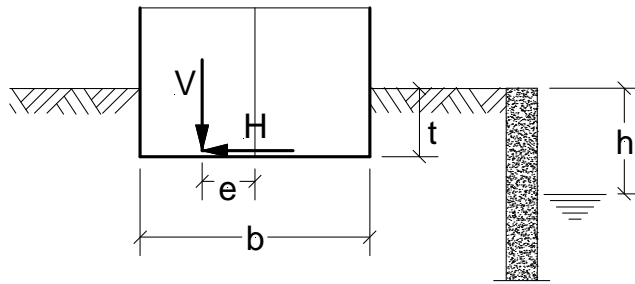
$$R_{n,k} = a' * b' * (c * N_c * v_c * i_c + \gamma * t * N_d * v_d * i_d + \gamma * b' * N_b * v_b * i_b) = 1697,19 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 1305,53 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Grundbruch bei schräger ausmittiger Belastung



Für den dargestellte Streifenfundament einer Stützmauer wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	35,00 °
Wichte γ =	19,00 kN/m ³
Wichte γ =	11,00 kN/m ³
Kohäsion c =	1,00 kN/m ²

System:

Einbindetiefe t =	0,90 m
Breite b =	2,50 m
Ausmitte e_L =	0,35 m
Tiefe des anstehenden Wassers h =	1,90 m

Belastung:

ständige Last V_g =	500,00 kN/m
ständige Last H_g =	80,00 kN/m
Verkehrslast V_p =	100,00 kN/m
Verkehrslast H_p =	25,00 kN/m

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35	
γ_Q =	1,50	
Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= ständige
γ_{Gr} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,40
V_d =	$V_g * \gamma_G + V_p * \gamma_Q$	= 825,00 kN
H_d =	$H_g * \gamma_G + H_p * \gamma_Q$	= 145,50 kN
Eulersche Zahl e =	2,7183	

Berechnung:

Reduzierte Breite:		
b' =	$b - 2 * e_L$	= 1,80 m

Tragfähigkeitsbeiwerte:

N_d =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; $\varphi=\varphi$)	= 33,00
N_b =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; $\varphi=\varphi$)	= 23,00
N_c =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; $\varphi=\varphi$)	= 46,00

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \operatorname{atan}\left(\frac{H_g + H_p}{V_g + V_p}\right) = 9,93^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \operatorname{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}; 1)) = 0,681$$

$$i_b = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \operatorname{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}; 1)) = 0,561$$

$$i_c = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 1) = 0,671$$

Einflußtiefe:

$$\vartheta = 45 - \frac{\varphi}{2} = 27,50^\circ$$

$$\alpha = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 2,08$$

$$\alpha_2 = \operatorname{atan}\left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - (\tan(\vartheta))^2}\right) = 76,27^\circ$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 48,77^\circ$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,851$$

$$d_s = b' * \sin(\vartheta_2) * e^{\vartheta_b * \tan(\varphi)} = 2,46 \text{ m}$$

$$\left| \frac{d_s}{h} \right| = 1,29 > 1$$

-> Grundwasser liegt in der Grundbruchscherle:

$$\gamma_2 = \frac{(h - t) * \gamma + (d_s - h + t) * \gamma}{d_s} = 14,25 \text{ kN/m}^3$$

Grundbruchwiderstand:

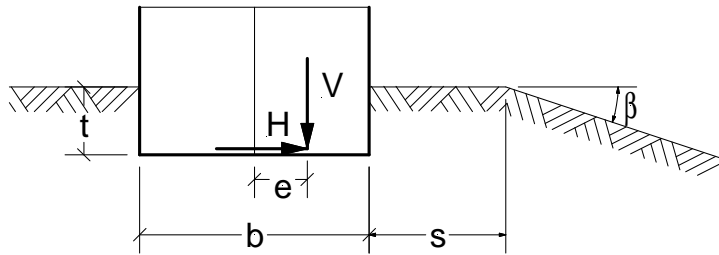
$$R_{n,k} = b' * (c * N_c * i_c + \gamma * t * N_d * i_d + \gamma_2 * b' * N_b * i_b) = 1343,01 \text{ kN/m}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 959,29 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

Grundbruch bei schräger ausmittiger Belastung



Für den dargestellte Streifenfundament wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	32,50 °
Wichte γ =	19,00 kN/m ³
Kohäsion c =	5,00 kN/m ²

System:

Einbindetiefe t =	1,60 m
Breite b =	3,50 m
Geländeneigung β =	20,00 °
Bermbreite s =	2,00 m
Ausmitte e_L =	0,20 m

Belastung:

ständige Last V_g =	680,00 kN/m
ständige Last H_g =	60,00 kN/m
Verkehrslast V_p =	155,00 kN/m
Verkehrslast H_p =	25,00 kN/m

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35	
γ_Q =	1,50	
Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= vorübergehende
γ_{Gr} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,30
V_d =	$V_g * \gamma_G + V_p * \gamma_Q$	= 1150,50 kN
H_d =	$H_g * \gamma_G + H_p * \gamma_Q$	= 118,50 kN
Eulersche Zahl e =	2,7183	

Berechnung:

Reduzierte Breite:		
$b' =$	$b - 2 * e_L$	= 3,10 m

Tragfähigkeitsbeiwerte:

N_d =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; $\varphi=\varphi$)	= 25,00
N_b =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; $\varphi=\varphi$)	= 15,00
N_c =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; $\varphi=\varphi$)	= 37,00

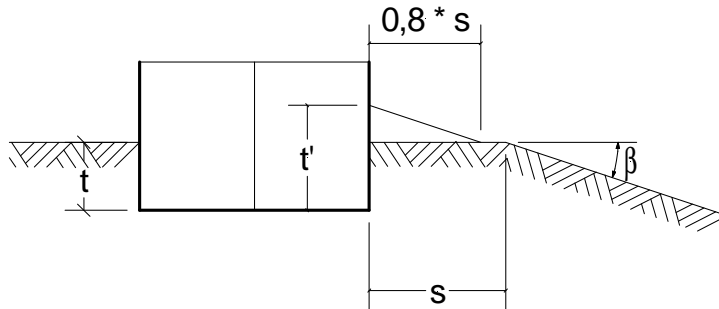
Geländeneigungsbeiwerte:

$$\lambda_d = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - \tan(\beta))^{1,9}; 1,0) = 0,423$$

$$\lambda_b = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - 0,5 * \tan(\beta))^6; 0) = 0,300$$

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_d * e^{-0,0349 * \beta * \tan(\varphi)} - 1}{N_d - 1}; 1 - 0,4 * \tan(\beta)) = 0,626$$

Die Breite der Berme wird über eine Ersatzeinbindetiefe berücksichtigt:



$$t' = t + 0,8 * s * \tan(\beta) = 2,18 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_g + H_p}{V_g + V_p}\right) = 5,81^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,807$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,725$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 1) = 0,799$$

Grundbruchwiderstand:

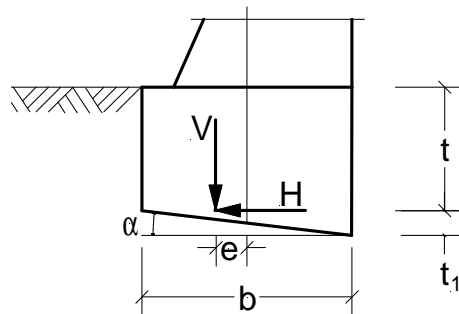
$$R_{n,k} = b' * (c * N_c * i_c * \lambda_c + \gamma * t' * N_d * i_d * \lambda_d + \gamma * b' * N_b * i_b * \lambda_b) = 1978,34 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 1521,80 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

Grundbruch einer Stützwand mit geneigter Sohle



Für die dargestellte Stützwand wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	32,50 °
Wichte γ =	18,00 kN/m ³
Kohäsion c =	0,00 kN/m ²

System:

Einbindetiefe t =	2,00 m
Anteil der Schräge t ₁ =	0,30 m
Breite b =	2,00 m
Ausmitte e _L =	0,20 m

Belastung:

ständige Last V _g =	147,00 kN
ständige Last H _g =	45,00 kN
Verkehrslast V _p =	15,00 kN
Verkehrslast H _p =	13,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35	
γ_Q =	1,50	
Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= vorübergehende
γ_{Gr} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,30
V _d =	V _g * γ_G + V _p * γ_Q	= 220,95 kN
H _d =	H _g * γ_G + H _p * γ_Q	= 80,25 kN
Eulersche Zahl e =	2,7183	

Berechnung:

Ermittlung der Ersatzfläche:		
b' =	b - 2 * e _L	= 1,60 m

Tragfähigkeitsbeiwerte:

N _d =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; $\varphi=\varphi$)	= 25,00
N _p =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; $\varphi=\varphi$)	= 15,00
N _c =	TAB("Grundbau/GbbeiWert"; Nc0; $\varphi=\varphi$)	= 37,00

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{t_1}{t}\right) = 8,53^\circ$$

Sohlneigungsbeiwerte:

$$\xi_d = \text{WENN}(\varphi = 0; 1; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,78$$

$$\xi_b = \text{WENN}(\varphi = 0; 1; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,78$$

$$\xi_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 - 0,0068 * \alpha; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,78$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_g + H_p}{V_g + V_p}\right) = 19,70^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,412$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,265$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_d - 1}{N_d - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left|1 - \frac{H_g + H_p}{b' * c'}\right|}) = 0,388$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = b' * (c * N_c * i_c * \xi_c + \gamma * t * N_d * i_d * \xi_d + \gamma * b' * N_b * i_b * \xi_b) = 605,63 \text{ kN}$$

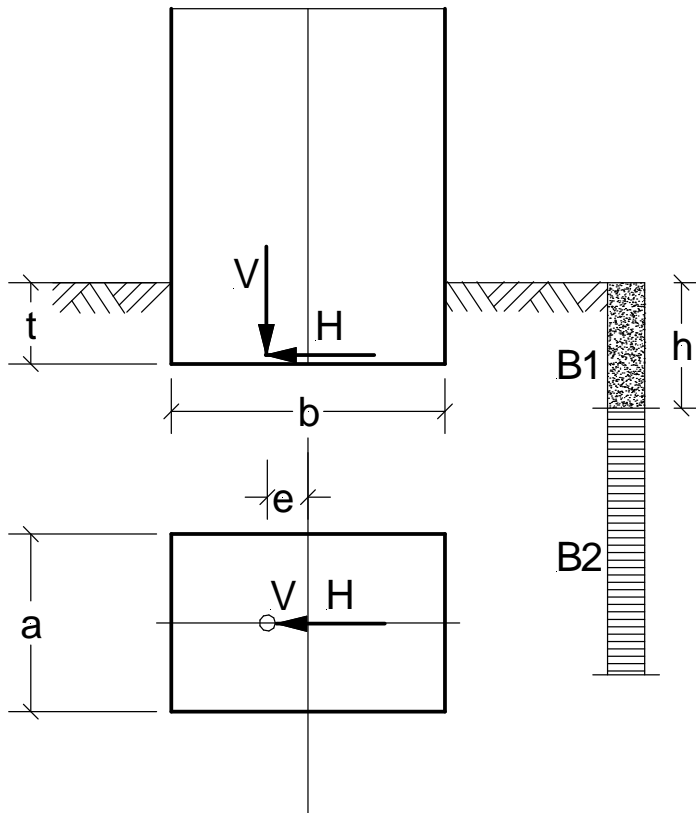
$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 465,87 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,47 \leq 1}}$$

Sicherheit gegen Gleiten

Für den dargestellten Gründungskörper ist die Sicherheit gegen Gleiten nachzuweisen.



Baugrund:

Baugrund 1:

Reibungswinkel $\phi_1 =$

32,50 °

Wichte $\gamma_1 =$

18,00 kN/m³

Kohäsion $c_1 =$

0,00 kN/m²

Baugrund 2:

Reibungswinkel $\phi_2 =$

27,50 °

Wichte $\gamma_2 =$

20,50 kN/m³

Kohäsion $c_2 =$

2,00 kN/m²

System:

Schichttiefe $h =$

1,60 m

Einbindetiefe $d =$

1,00 m

Breite $b =$

3,50 m

Tiefe $a =$

2,00 m

Ausmitte $e =$

0,60 m

Belastung:

ständige Last $V =$

2,40 MN

ständige Last $H =$

0,80 MN

Sicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} \gamma_G &= && 1,35 \\ \gamma_Q &= && 1,50 \\ \text{Bemessungssituation } n &= \text{GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)} &= & \text{ständige} \\ \gamma_{Ep} &= \text{TAB("Grundbau/Wider"; } \gamma_{Ep}; \text{ nLF=n)} &= & 1,40 \\ \gamma_{G1} &= \text{TAB("Grundbau/Wider"; } \gamma_{G1}; \text{ nLF=n)} &= & 1,10 \end{aligned}$$

Nachweis der Tragfähigkeit:

$$\delta_{s,k} = \text{WENN}(d < h; \varphi_1; \varphi_2) = 32,50^\circ$$

a) Untersuchung in der Sohlfuge:
Gleitwiderstand:

$$R_{t,k} = V * \text{TAN}(\delta_{s,k}) * 10^3 = 1528,97 \text{ kN/m}$$

Erdwiderstand:

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{1 + \sin(\varphi_1)}{1 - \sin(\varphi_1)} = 3,32 \\ E_{p,k} &= 0,5 * \gamma_1 * d^2 * K_p * a = 59,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bei der Erdwiderstandsberechnung vor Einzelfundamenten sollte vorläufig keine mitwirkende Breite angesetzt werden, da hier zu wenige gesicherte Erfahrungen vorliegen.

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$E_{p,d} = \frac{E_{p,k}}{\gamma_{Ep}} = 42,69 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$\begin{aligned} T_{d,k} &= 10^3 * H = 800,00 \text{ kN} \\ T_d &= T_{d,k} * \gamma_G = 1080,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bemessungswert des Gleitwiderstands:

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_{G1}} = 1389,97 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{T_d}{E_{p,d} + R_{t,d}} = \underline{\underline{0,75 \leq 1}}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Untersuchung in der Grenzschicht:

Da in unmittelbarer Nähe unter der Gründungssohle eine schlechtere Bodenschicht ansteht, ist die Möglichkeit des Gleitens entlang der Oberfläche dieser Schicht zu prüfen.

Dieser Grenzbereich wird durch die Baumaßnahme nicht beeinträchtigt, so daß die Kohäsion angesetzt werden kann.

In Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Grundbruchberechnung wird hier mit einer Ersatzfläche A' gerechnet:

$$\begin{aligned} b' &= b - 2 \cdot e &= & 2,30 \text{ m} \\ a' &= a &= & 2,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Gleitwiderstand:

Mit der Vertikalkraft, der Bodenauflast bis zur Schichtgrenze, der Kohäsionskraft in der Grenzschicht und dem Reibungswinkel des Bodens wird:

$$R_{t,k} = (V \cdot 10^3 + \gamma_1 \cdot (h-d) \cdot a' \cdot b') \cdot \text{TAN}(\phi_2) + c_2 \cdot a' \cdot b' = 1284,42 \text{ kN}$$

Erdwiderstand:

$$E_{p,k} = 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot h^2 \cdot K_p \cdot a = 152,99 \text{ kN}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$E_{p,d} = \frac{E_{p,k}}{\gamma_{Ep}} = 109,28 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Beanspruchung:

$$T_{d,k} = 10^3 \cdot H = 800,00 \text{ kN}$$

$$T_d = T_{d,k} \cdot \gamma_G = 1080,00 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Gleitwiderstands:

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_{GI}} = 1167,65 \text{ kN}$$

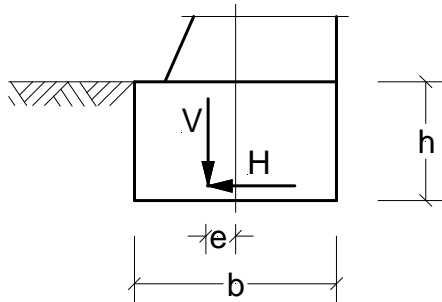
Nachweis:

$$\frac{T_d}{E_{p,d} + R_{t,d}} = \underline{\underline{0,85 \leq 1}}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Sicherheit gegen Gleiten

Für die dargestellte Stützwand ist die Sicherheit gegen Gleiten nachzuweisen.



Baugrund:

Reibungswinkel $\phi_k = 25,00^\circ$

Belastung:

ständige Last $V_g = 280,00 \text{ kN/m}$

ständige Last $H_g = 55,00 \text{ kN/m}$

Verkehrslast $V_p = 20,00 \text{ kN/m}$

Verkehrslast $H_p = 30,00 \text{ kN/m}$

Hinweis: Der Erdwiderstand wird aus Sicherheitsgründen nicht angesetzt.

$E_{p,d} = 0,00 \text{ kN/m}$

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,50$

Bemessungssituation $n = \text{GEW}(\text{"Grundbau/Sicher"; nLF; }) = \text{außergewöhnliche}$

$\gamma_{Ep} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Sicher"; } \gamma E0g; nLF=n) = 1,00$

Nachweis der Tragfähigkeit:

$T_d = H_g \cdot \gamma_G + H_p \cdot \gamma_Q = 119,25 \text{ kN/m}$

$R_{t,k} = (V_g + V_p) \cdot \text{TAN}(\phi_k) = 139,89 \text{ kN/m}$

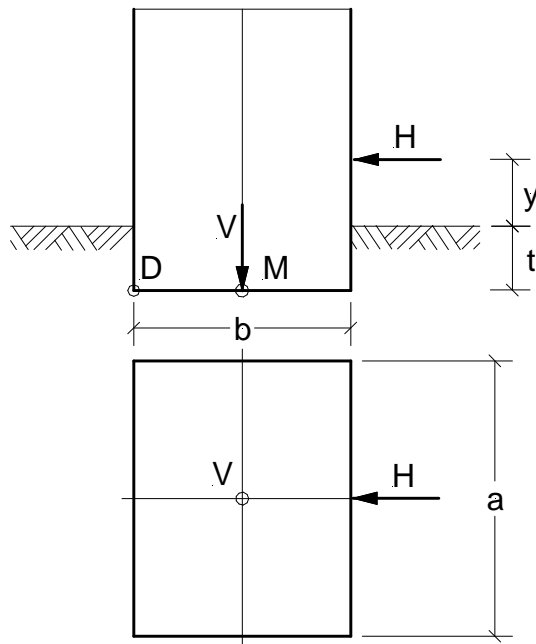
$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_{Ep}} = 139,89 \text{ kN/m}$

Nachweis: $\frac{T_d}{R_{t,d} + E_{p,d}} = \underline{0,85 \leq 1}$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Sicherheit gegen Kippen

Für den dargestellten Gründungskörper ist die Sicherheit gegen Kippen nachzuweisen.



Hinweis: Aktiver Erddruck und Erdwiderstand sollen unberücksichtigt bleiben.

System:

Breite $b =$	2,40 m
Länge $a =$	3,00 m
Tiefe $t =$	0,80 m
Abstand $y =$	0,80 m

Belastung:

Die angegebenen Belastungen sind als charakteristische Lasten zu betrachten.

ständige Last $V_g =$	2,00 MN
ständige Last $H_g =$	0,20 MN
Verkehrslast $V_p =$	0,40 MN
Verkehrslast $H_p =$	0,20 MN

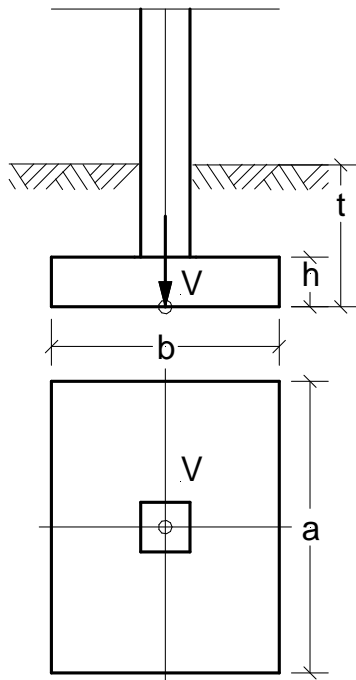
Nachweis der Tragfähigkeit:

$$\begin{aligned} \text{Zulässige Ausmitte } e_{\text{zul}} &= \frac{b}{3} &= & 0,80 \text{ m} \\ \text{Ausmittigkeit } e_{\text{vorh}} &= \frac{(H_g + H_p) \cdot (y + t)}{V_g + V_p} &= & 0,27 \text{ m} \\ \text{Nachweis:} & \frac{e_{\text{vorh}}}{e_{\text{zul}}} &= & 0,34 \leq 1 \end{aligned}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

$$\begin{aligned} \text{Zulässige Ausmitte } e_{\text{zul}} &= \frac{b}{6} &= & 0,40 \text{ m} \\ \text{Ausmittigkeit } e_{\text{vorh}} &= \frac{H_g \cdot (y + t)}{V_g} &= & 0,16 \text{ m} \\ \text{Nachweis:} & \frac{e_{\text{vorh}}}{e_{\text{zul}}} &= & 0,40 \leq 1 \end{aligned}$$

Setzungsberechnung eine Rechteckfundaments

**Baugrund:**

Wichte $\gamma_1 = 19,50 \text{ kN/m}^3$
 Zusammendrückungsmodul $E_m = 8,50 \text{ MN/m}^2$

System:

Fundamentdicke $h = 0,80 \text{ m}$
 Einbindetiefe $t = 3,00 \text{ m}$
 Tiefe $a = 2,50 \text{ m}$
 Breite $b = 2,50 \text{ m}$

Belastung:

Vertikallast $V = 1500,00 \text{ kN}$

Berechnung:

Sohldruck $\sigma_0 = \frac{V}{a \cdot b} = 240,00 \text{ kN/m}^2$
 Aushubentlastung $\sigma_a = t \cdot \gamma_1 = 58,50 \text{ kN/m}^2$
 Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 = \sigma_0 - \sigma_a = 181,50 \text{ kN/m}^2$

Grenztiefe:

Die Grenztiefe wird iterativ ermittelt, mit der Bedingung, daß die setzungserzeugende Spannung ungefähr 20 % der Überlagerungsspannung beträgt.

In der Regel befindet sich die Grenztiefe zwischen b und $2 \cdot b$.

$$\text{Grenztiefe } d_s = 3,75 \text{ m}$$

$$\text{Überlagerungsspannung } \sigma_{\ddot{u}} = (d_s + t) \cdot \gamma_1 = 131,63 \text{ kN/m}^2$$

$$20\% \text{ Anteile } \sigma_{\ddot{u}02} = 0,2 \cdot \sigma_{\ddot{u}} = 26,33 \text{ kN/m}^2$$

$$i = \text{TAB}(\text{"Grundbau/i_lot"; } i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,1438$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1i} = i \cdot \sigma_1 = 26,10 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\ddot{u}02}} = \underline{\underline{0,99 \approx 1}}$$

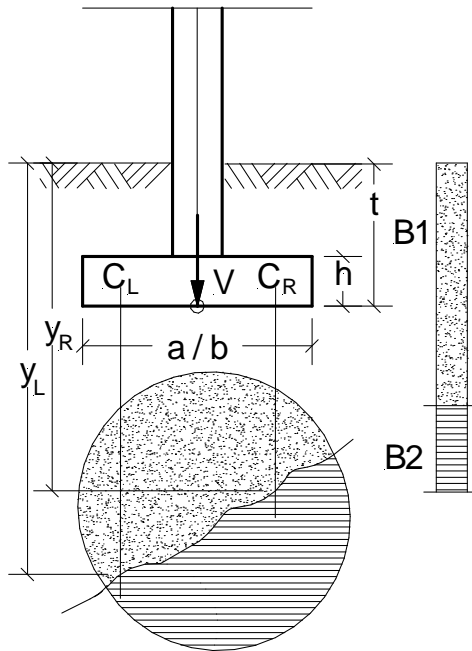
Setzungsbeiwert:

$$f = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5796$$

Setzung:

$$s = \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot f}{E_m \cdot 10} = \underline{\underline{3,09 \text{ cm}}}$$

Setzungsberechnung eine Rechteckfundaments

**Baugrund:**

Baugrund 1:

Wichte $\gamma_1 = 19,00 \text{ kN/m}^3$ Zusammendrückungsmodul $E_{m1} = 6,00 \text{ MN/m}^2$

Baugrund 2:

Wichte $\gamma_2 = 20,50 \text{ kN/m}^3$ Zusammendrückungsmodul $E_{m2} = 1000,00 \text{ MN/m}^2$ Schichttiefe links $y_L = 5,00 \text{ m}$ Schichttiefe rechts $y_R = 3,40 \text{ m}$ **System:**Fundamentdicke $h = 0,80 \text{ m}$ Einbindetiefe $t = 1,00 \text{ m}$ Tiefe $a = 3,00 \text{ m}$ Breite $b = 3,00 \text{ m}$ **Belastung:**Vertikallast $V = 1540,00 \text{ kN}$ **Berechnung:**Sohldruck $\sigma_0 = \frac{V}{a \cdot b} = 171,11 \text{ kN/m}^2$ Aushubentlastung $\sigma_a = t \cdot \gamma_1 = 19,00 \text{ kN/m}^2$ Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 = \sigma_0 - \sigma_a = 152,11 \text{ kN/m}^2$

Grenztiefe:

Die Grenztiefe wird iterativ ermittelt, mit der Bedingung, daß die setzungserzeugende Spannung ungefähr 20 % der Überlagerungsspannung beträgt.

In der Regel befindet sich die Grenztiefe zwischen b und $2 \cdot b$.

Links:

$$\text{Grenztiefe } d_{sL} = 4,60 \text{ m}$$

$$\text{Überlagerungsspannung } \sigma_{\text{üL}} = \gamma_L \cdot \gamma_1 + (d_{sL} - (y_L - t)) \cdot \gamma_2 = 107,30 \text{ kN/m}^2$$

$$20\% \text{ Anteile } \sigma_{\text{üL02}} = 0,2 \cdot \sigma_{\text{üL}} = 21,46 \text{ kN/m}^2$$

$$i_L = \text{TAB}(\text{"Grundbau/i_lot"; i; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_{sL}}{b}) = 0,1405$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1iL} = i_L \cdot \sigma_1 = 21,37 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{1iL}}{\sigma_{\text{üL02}}} = \underline{\underline{1,00 \approx 1}}$$

Setzungsbeiwert Schicht 1:

$$f_{1L} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; f; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{y_L - t}{b}) = 0,5491$$

Setzungsbeiwert Schicht 2:

$$f_{2L} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; f; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_{sL}}{b}) = 0,5835$$

Rechts:

$$\text{Grenztiefe } d_{sR} = 4,55 \text{ m}$$

$$\text{Überlagerungsspannung } \sigma_{\text{üR}} = \gamma_R \cdot \gamma_1 + (d_{sR} - (y_R - t)) \cdot \gamma_2 = 108,68 \text{ kN/m}^2$$

$$20\% \text{ Anteile } \sigma_{\text{üR02}} = 0,2 \cdot \sigma_{\text{üR}} = 21,74 \text{ kN/m}^2$$

$$i_R = \text{TAB}(\text{"Grundbau/i_lot"; i; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_{sR}}{b}) = 0,1421$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1iR} = i_R \cdot \sigma_1 = 21,61 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{1iR}}{\sigma_{\text{üR02}}} = \underline{\underline{0,99 \approx 1}}$$

Setzungsbeiwert Schicht 1:

$$f_{1R} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; f; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{y_R - t}{b}) = 0,4361$$

Setzungsbeiwert Schicht 2:

$$f_{2R} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; f; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_{sR}}{b}) = 0,5816$$

Setzungen:

Links:

$$s_L = \frac{\sigma_1 * b * f_{1L}}{E_{m1} * 10} + \frac{\sigma_1 * b * (f_{2L} - f_{1L})}{E_{m2} * 10} = \underline{4,18 \text{ cm}}$$

Rechts:

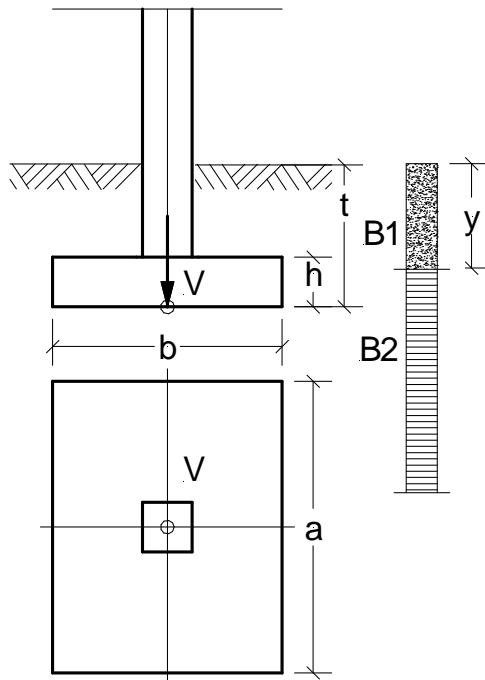
$$s_R = \frac{\sigma_1 * b * f_{1R}}{E_{m1} * 10} + \frac{\sigma_1 * b * (f_{2R} - f_{1R})}{E_{m2} * 10} = \underline{3,32 \text{ cm}}$$

Schiefstellung:

Die berechneten Setzungspunkte liegen jeweils bei $0,74 * b/2$. Damit wird die Schiefstellung:

$$\alpha = \frac{\text{atan}(|s_L - s_R|)}{0,74 * b * 100} = 0,18^\circ$$

Setzungsberechnung eines Rechteckfundaments

**Baugrund:**

Baugrund 1:	
Wichte $\gamma_1 =$	19,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_{m1} =$	110,00 MN/m ²
Baugrund 2:	
Wichte $\gamma_2 =$	20,50 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_{m2} =$	12,00 MN/m ²
Schichttiefe $y =$	4,20 m

System:

Fundamentdicke $h =$	1,10 m
Einbindetiefe $t =$	3,00 m
Tiefe $a =$	2,00 m
Breite $b =$	2,00 m

Belastung:

Vertikallast $V =$	1000,00 kN
--------------------	------------

Berechnung:

Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V}{a \cdot b}$	=	250,00 kN/m ²
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma_1$	=	57,00 kN/m ²
Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	193,00 kN/m ²

Grenztiefe:

Die Grenztiefe wird iterativ ermittelt, mit der Bedingung, daß die setzungserzeugende Spannung ungefähr 20 % der Überlagerungsspannung beträgt.

In der Regel befindet sich die Grenztiefe zwischen b und $2 \cdot b$.

$$\text{Grenztiefe } d_s = 3,30 \text{ m}$$

$$\text{Überlagerungsspannung } \sigma_{\ddot{u}} = y \cdot \gamma_1 + (d_s - (y - t)) \cdot \gamma_2 = 122,85 \text{ kN/m}^2$$

$$20\% \text{ Anteile } \sigma_{\ddot{u}02} = 0,2 \cdot \sigma_{\ddot{u}} = 24,57 \text{ kN/m}^2$$

$$i = \text{TAB}(\text{"Grundbau/i_lot"; } i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,1288$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1i} = i \cdot \sigma_1 = 24,86 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\ddot{u}02}} = \underline{\underline{1,01 \approx 1}}$$

Setzungsbeiwert Schicht 1:

$$f_1 = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{y-t}{b}) = 0,3711$$

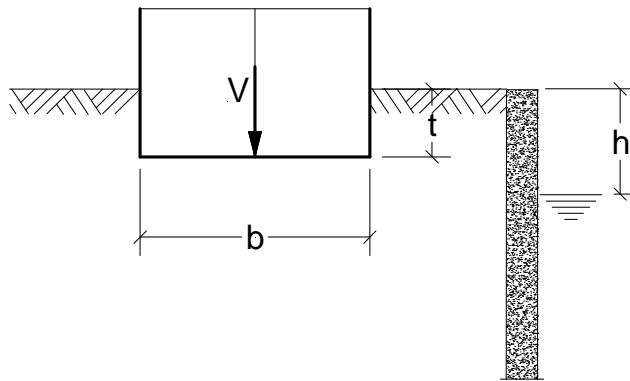
Setzungsbeiwert Schicht 2:

$$f_2 = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5971$$

Setzung:

$$s = \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot f_1}{E_{m1} \cdot 10} + \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot (f_2 - f_1)}{E_{m2} \cdot 10} = \underline{\underline{0,86 \text{ cm}}}$$

Setzungsberechnung infolge einer Grundwasserabsenkung

**Baugrund:**

Wichte $\gamma =$	20,50 kN/m ³
Wichte mit Auftrieb $\gamma' =$	11,50 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_s =$	7,00 MN/m ²
Wichte Wasser $\gamma_W =$	10,00 kN/m ³

System:

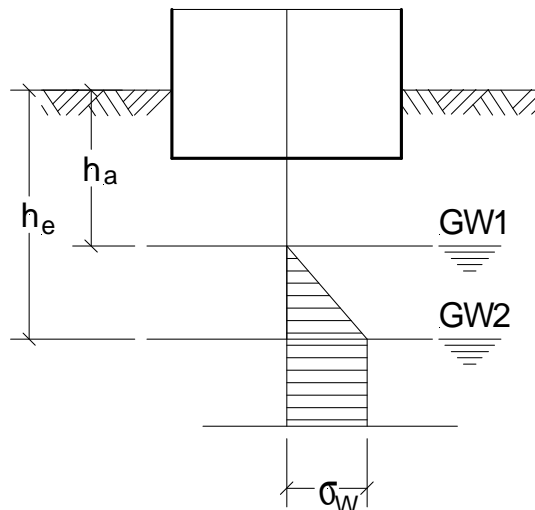
Tiefe Fundamentunterkante $t =$	2,50 m
Breite $b =$	2,00 m
Tiefe $a =$	2,00 m
Wasserstand am Anfang $h_a =$	3,00 m
Wasserstand am Ende $h_e =$	4,50 m

Belastung:

Vertikallast $V =$	1400,00 kN
--------------------	------------

Berechnung:

Setzungserzeugende Spannung infolge der Grundwasserabsenkung:



Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V}{a \cdot b}$	$= 350,00 \text{ kN/m}^2$
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma$	$= 51,25 \text{ kN/m}^2$
Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	$= 298,75 \text{ kN/m}^2$
Spannung aus Wasser $\sigma_W =$	$(h_e - h_a) \cdot \gamma_W$	$= 15,00 \text{ kN/m}^2$

Grenztiefe:

Die Grenztiefe wird iterativ ermittelt, mit der Bedingung, daß die setzungserzeugende Spannung ungefähr 20 % der Überlagerungsspannung beträgt.

In der Regel befindet sich die Grenztiefe zwischen b und $2 \cdot b$.

Links:

$$\text{Grenztiefe } d_s = 6,80 \text{ m}$$

$$\text{Überlagerungsspannung } \sigma_{\ddot{u}} = h_a \cdot \gamma + (d_s + t - h_a) \cdot \gamma = 133,95 \text{ kN/m}^2$$

$$20\% \text{ Anteile } \sigma_{\ddot{u}02} = 0,2 \cdot \sigma_{\ddot{u}} = 26,79 \text{ kN/m}^2$$

$$i = \text{TAB}(\text{"Grundbau/i_lot"; } i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,0415$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1i} = i \cdot \sigma_1 + \sigma_W = 27,40 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\ddot{u}02}} = \underline{\underline{1,02 \approx 1}}$$

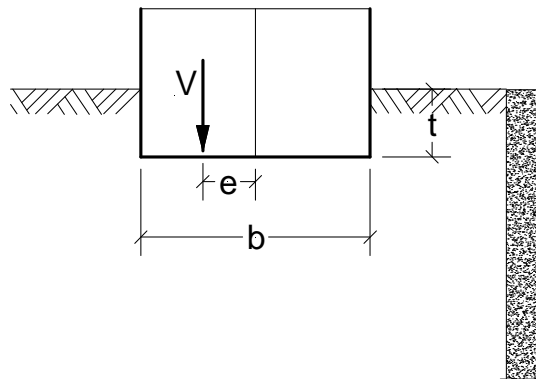
Spannungsfläche infolge Grundwasserabsenkung:

$$A_W = \frac{1}{2} \cdot (h_e - h_a) \cdot \sigma_W + (d_s - h_e + t) \cdot \sigma_W = 83,25 \text{ kN/m}$$

daraus folgende Setzung:

$$s = \frac{A_W}{E_s \cdot 10} = \underline{\underline{1,19 \text{ cm}}}$$

Setzungsberechnung eines ausmittig belasteten Fundaments

**Baugrund:**

Wichte γ =	20,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul E_s =	7,00 MN/m ²
Korrekturbeiwert κ =	0,667

System:

Tiefe Fundamentunterkante t =	2,50 m
Breite b =	3,00 m
Tiefe a =	b = 3,00 m
Ausmitte e =	0,40 m

Belastung:

Vertikallast V =	1500,00 kN
------------------	------------

Berechnung:

Sohldruck σ_0 =	$\frac{V}{a \cdot b}$	=	166,67 kN/m ²
Aushubentlastung σ_a =	$t \cdot \gamma$	=	50,00 kN/m ²
Setzungserzeugende Spannung σ_1 =	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	116,67 kN/m ²

Grenztiefe:

Die Grenztiefe wird iterativ ermittelt, mit der Bedingung, daß die setzungserzeugende Spannung ungefähr 20 % der Überlagerungsspannung beträgt.

In der Regel befindet sich die Grenztiefe zwischen b und 2*b.

Links:

Grenztiefe d_s =	3,00 m
--------------------	--------

Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}}$ =	$(d_s + t) \cdot \gamma$	=	110,00 kN/m ²
--	--------------------------	---	--------------------------

20% Anteile $\sigma_{\bar{u}02}$ =	$0,2 \cdot \sigma_{\bar{u}}$	=	22,00 kN/m ²
------------------------------------	------------------------------	---	-------------------------

i =	$TAB("Grundbau/i_lot"; i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b})$	=	0,2342
-----	--	---	--------

Setzungserzeugende Spannung σ_{1i} =	$i \cdot \sigma_1$	=	27,32 kN/m ²
---	--------------------	---	-------------------------

$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\bar{u}02}}$	=	<u>1,24 \approx 1</u>
--	---	------------------------------------

Gleichmäßiger Setzungsanteil:

Setzungsbeiwert:

$$f = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,4881$$

$$s_m = \frac{\sigma_1 * b * f}{E_s * 10} * \kappa = \underline{1,63 \text{ cm}}$$

Schiefstellung in folge Moment:

$$M = V * e = 600,00 \text{ kNm}$$

Das Quadrat wird in eine Ersatz-Kreisfläche mit dem umgerechnet:

$$r_E = \frac{b}{\sqrt{\pi}} = 1,69 \text{ m}$$

Es muß die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{r_E}{3} = 0,56 \geq e$$

Schiefstellung:

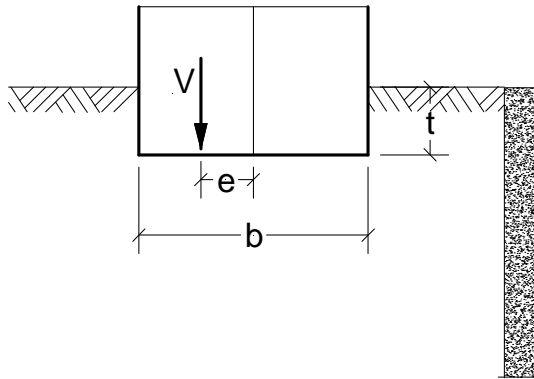
$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{9 * M * \kappa}{16 * r_E^3 * E_s * 10^3} \right) = 0,3817^\circ$$

Damit wird die Gesamtsetzung an den Fundamentkanten:

$$s_{\max} = s_m + \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = 2,63 \text{ cm}$$

$$s_{\min} = s_m - \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = 0,63 \text{ cm}$$

Setzungsberechnung eines ausmittig belasteten Fundaments

**Baugrund:**

Wichte $\gamma =$	20,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_s =$	7,00 MN/m ²
Korrekturbeiwert $\kappa =$	0,667

System:

Tiefe Fundamentunterkante $t =$	2,50 m
Breite $b =$	3,00 m
Tiefe $a =$	4,00 m
Ausmitte $e =$	0,40 m

Belastung:

Vertikallast $V =$	1500,00 kN
--------------------	------------

Berechnung:

Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V}{a \cdot b}$	=	125,00 kN/m ²
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma$	=	50,00 kN/m ²
Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	75,00 kN/m ²

Grenztiefe:

Die Grenztiefe wird iterativ ermittelt, mit der Bedingung, daß die setzungserzeugende Spannung ungefähr 20 % der Überlagerungsspannung beträgt.

In der Regel befindet sich die Grenztiefe zwischen b und $2 \cdot b$.

Links:

Grenztiefe $d_s =$	3,00 m
--------------------	--------

Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}} =$	$(d_s + t) \cdot \gamma$	=	110,00 kN/m ²
--	--------------------------	---	--------------------------

20% Anteile $\sigma_{\bar{u}02} =$	$0,2 \cdot \sigma_{\bar{u}}$	=	22,00 kN/m ²
------------------------------------	------------------------------	---	-------------------------

$i =$	$\text{TAB}(\text{"Grundbau/i_lot"; } i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b})$	=	0,2877
-------	---	---	--------

Setzungserzeugende Spannung $\sigma_{1i} =$	$i \cdot \sigma_1$	=	21,58 kN/m ²
---	--------------------	---	-------------------------

$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\bar{u}02}}$	=	<u>0,98 \approx 1</u>
--	---	------------------------------------

Gleichmäßiger Setzungsanteil:

Setzungsbeiwert:

$$f = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_lot"}; f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5254$$

$$s_m = \frac{\sigma_1 * b * f}{E_s * 10} * \kappa = \underline{\underline{1,13 \text{ cm}}}$$

Schiefstellung in folge Moment:

$$M = V * e = 600,00 \text{ kNm}$$

$$f_y = \text{TAB}(\text{"Grundbau/f_schief"}; f_y; a/b \geq \frac{a}{b}) = 3,20$$

Um damit den Verdrehungswinkel zu ermitteln, muss zunächst die Breite des Rechteckfundament in die Breite einer flächengleichen Ellipse umgerechnet werden:

$$b_E = \frac{2}{\sqrt{\pi}} * b = 3,39 \text{ m}$$

Schiefstellung:

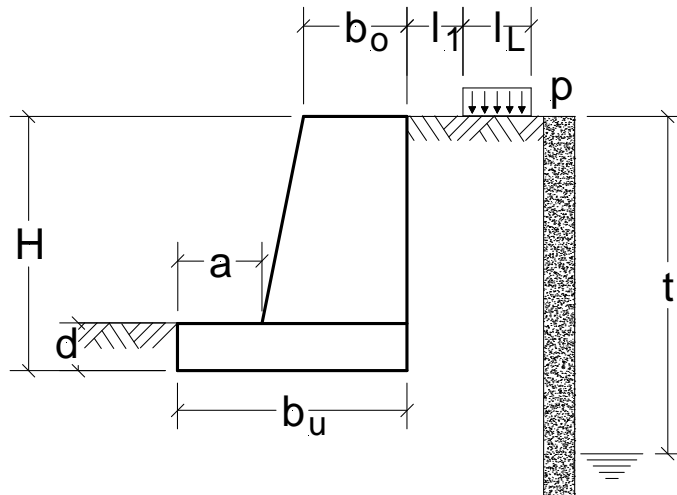
$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{M * f_y * \kappa}{b_E^3 * E_s * 10^3} \right) = 0,2691^\circ$$

Damit wird die Gesamtsetzung an den Fundamentkanten:

$$s_{\max} = s_m + \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = 1,83 \text{ cm}$$

$$s_{\min} = s_m - \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = 0,43 \text{ cm}$$

Gewichtsstützwand



Baugrund:

Reibungswinkel φ =	30,00 °
Wichte γ =	19,30 kN/m ³
Wichte γ' =	10,50 kN/m ³
δ_a =	$\frac{2}{3} * \varphi = 20,00 °$
δ_p =	0,00 °
Grundwasser bei t =	7,50 m

System:

Plattendicke d =	1,10 m
Breite unten b_u =	2,20 m
Breite oben b_o =	0,90 m
Abstand a =	0,50 m
Wandhöhe H =	5,00 m
Abstand l_1 =	1,00 m
Lastbreite l_L =	1,80 m

Belastung:

Streifenlast p =	30,00 kN/m
------------------	------------

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =		1,35
γ_Q =		1,50
Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= ständige
γ_{Ep} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Ep} ; nLF=n)	= 1,40
γ_{G1} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{G1} ; nLF=n)	= 1,10
γ_{Gr} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,40
Eulersche Zahl e =	2,7183	

Berechnung:

$$K_{ag} = \frac{(\cos(\varphi))^2}{\cos(0 - \delta_a) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(0 - \delta_a)}}\right)^2} = 0,297$$

Erddruckermittlung:

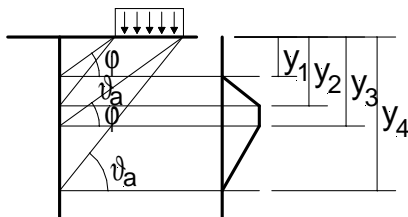
Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$\begin{aligned} e_{ag} &= \gamma \cdot H \cdot K_{ag} &= & 28,66 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ag} &= 0,5 \cdot e_{ag} \cdot H &= & 71,65 \text{ kN/m} \\ E_{agh} &= E_{ag} \cdot \cos(\delta_a) &= & 67,33 \text{ kN/m} \\ E_{agv} &= E_{ag} \cdot \sin(\delta_a) &= & 24,51 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Aktiver Erddruck infolge der Streifenlast

Gleitflächenwinkel:

$$\vartheta_a = \operatorname{atan} \left(\frac{\sin(\varphi) + \sqrt{\frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi) + \tan(\delta_a)}}}{\cos(\varphi)} \right) = 55,98^\circ$$



$$\begin{aligned} y_1 &= l_1 \cdot \tan(\varphi) &= & 0,58 \text{ m} \\ y_2 &= l_1 \cdot \tan(\vartheta_a) &= & 1,48 \text{ m} \\ y_3 &= (l_1 + l_L) \cdot \tan(\varphi) &= & 1,62 \text{ m} \\ y_4 &= (l_1 + l_L) \cdot \tan(\vartheta_a) &= & 4,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{ap} &= \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta_a)} &= & 0,440 \\ e_{ap} &= \rho \cdot K_{ag} &= & 8,91 \text{ kNm}^2 \\ E_{ap1} &= (0,5 \cdot (y_2 - y_1)) \cdot e_{ap} &= & 4,01 \text{ kN/m} \\ E_{ap2} &= (y_3 - y_2) \cdot e_{ap} &= & 1,25 \text{ kN/m} \\ E_{ap3} &= (0,5 \cdot (y_4 - y_3)) \cdot e_{ap} &= & 11,27 \text{ kN/m} \\ E_{ap} &= E_{ap1} + E_{ap2} + E_{ap3} &= & 16,53 \text{ kN/m} \\ E_{aph} &= E_{ap} \cdot \cos(\delta_a) &= & 15,53 \text{ kN/m} \\ E_{apv} &= E_{ap} \cdot \sin(\delta_a) &= & 5,65 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Angriffspunkt von der Fundamentsohle aus:

$$y_R = H \cdot \frac{E_{ap1} \cdot \left(y_1 + \frac{2}{3} \cdot (y_2 - y_1) \right) + E_{ap2} \cdot \left(y_2 + \frac{y_3 - y_2}{2} \right) + E_{ap3} \cdot \left(y_3 + \frac{y_4 - y_3}{3} \right)}{E_{ap}} = 2,92 \text{ m}$$

Erdwiderstand vor der Stützwand

Für die Ermittlung des charakteristischen Erdwiderstand sind die Nennwerte des Geländes und der Bodens maßgebend.

$$K_{pg} = \frac{(\cos(0 - \varphi))^2}{\cos(0 - \delta_p) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(0 - \delta_p)}} \right)^2} = 3,000$$

$$E_{p,k} = 0,5 \cdot \gamma \cdot d^2 \cdot K_{pg} = 35,03 \text{ kN}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$E_{p,d} = \frac{E_{p,k}}{\gamma_{Ep}} = 25,02 \text{ kN}$$

Eigenlasten:

$$G_1 = (H - d) \cdot b_o \cdot 23 = 80,73 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = (H - d) \cdot \frac{b_u - b_o - a}{2} \cdot 23 = 35,88 \text{ kN/m}$$

$$G_3 = d \cdot b_u \cdot 23 = 55,66 \text{ kN/m}$$

$$G = \sum_{i=1}^3 G_i = 172,27 \text{ kN/m}$$

Nachweis gegen Kippen:

Nachweis der Tragfähigkeit:

Zulässige Ausmitte:

$$e_{zulT} = \frac{b_u}{3} = 0,73 \text{ m}$$

$$M_1 = G_1 \cdot (b_u - b_o / 2) = 141,28 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = G_2 \cdot (a + (b_u - a - b_o) \cdot 2/3) = 37,08 \text{ kNm/m}$$

$$M_3 = G_3 \cdot b_u / 2 = 61,23 \text{ kNm/m}$$

$$M_4 = E_{p,d} \cdot d / 3 = 9,17 \text{ kNm/m}$$

$$M_5 = -E_{agh} \cdot H / 3 = -112,22 \text{ kNm/m}$$

$$M_6 = E_{agv} \cdot b_u = 53,92 \text{ kNm/m}$$

$$M_7 = -E_{aph} \cdot y_R = -45,35 \text{ kNm/m}$$

$$M_8 = E_{apv} \cdot b_u = 12,43 \text{ kNm/m}$$

$$M_{gesT} = \sum_{i=1}^8 M_i = 157,54 \text{ kNm/m}$$

$$V_{gesT} = G + E_{apv} + E_{agv} = 202,43 \text{ kN/m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{\text{vorhT}} = \frac{M_{\text{gesT}}}{V_{\text{gesT}}} = 0,78 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{\text{vorhT}} = \frac{b_u}{2} - c_{\text{vorhT}} = 0,32 \text{ m}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{e_{\text{vorhT}}}{e_{\text{zulT}}} = \underline{0,44 \leq 1}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Zulässige Ausmitte:

$$e_{\text{zulG}} = \frac{b_u}{6} = 0,37 \text{ m}$$

Einwirkende Lasten ohne Verkehr:

$$M_{\text{gesG}} = \sum_{i=1}^6 M_i = 190,46 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{gesG}} = G + E_{\text{agv}} = 196,78 \text{ kN/m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{\text{vorhG}} = \frac{M_{\text{gesG}}}{V_{\text{gesG}}} = 0,97 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{\text{vorhG}} = \frac{b_u}{2} - c_{\text{vorhG}} = 0,13 \text{ m}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{e_{\text{vorhG}}}{e_{\text{zulG}}} = \underline{0,35 \leq 1}$$

Die Sicherheit gegen Kippen ist damit gegeben.

Nachweis gegen Gleiten:

Nachweis der Tragfähigkeit:

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$T_{\text{dT}} = E_{\text{agh}} * \gamma_G + E_{\text{aph}} * \gamma_Q = 114,19 \text{ kN/m}$$

$$R_{\text{t,d}} = (G + E_{\text{agv}} + E_{\text{apv}}) * \frac{\tan(\varphi)}{\gamma_{\text{Gl}}} = 106,25 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{T_{\text{dT}}}{E_{\text{p,d}} + R_{\text{t,d}}} = \underline{0,87 \leq 1}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$T_{dG} = E_{agh} + E_{aph} = 82,86 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{T_{dG}}{R_{t,d}} = \underline{0,78 \leq 1}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Nachweis gegen Grundbruch:

Die ansetzbare Bodenreaktion auf der Stirnseite:

$$B_k = 0,5 * E_{p,k} = 17,52 \text{ kN/m}$$

$$\varphi_E = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph} - B_k}{G + E_{agv} + E_{apv}} \right) = 17,89^\circ$$

Reduzierte Breite:

$$M_4 = \frac{B_k * d}{8} = 6,42 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ges} = \sum_{i=1} M_i = 154,79 \text{ kNm/m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{vorh} = \frac{M_{ges}}{V_{gesT}} = 0,76 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{vorh} = \frac{b_u}{2} - c_{vorh} = 0,34 \text{ m}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 * e_{vorh} = 1,52 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph} - B_k}{V_{gesT}} \right) = 17,89^\circ$$

Ermittlung der Einflußtiefe:

$$\vartheta = 45 - \frac{\varphi}{2} = 30,00^\circ$$

$$\alpha = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 1,03$$

$$\alpha_2 = \operatorname{atan}\left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - (\tan(\vartheta))^2}\right) = 62,03^\circ$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 32,03^\circ$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,559$$

$$d_s = b' * \sin(\vartheta_2) * e^{\vartheta_b * \tan(\varphi)} = 1,11 \text{ m}$$

$$\left| \frac{d_s}{t - H} \right| = \underline{0,44 < 1}$$

-> Grundwasser liegt nicht in der Grundbruchscholle:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 18,00$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 10,00$$

Lastneigungsbeiwerte für m = 2 (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,459$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,311$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = b' * (\gamma * d * N_d * i_d + \gamma * b' * N_b * i_b) = 405,29 \text{ kN/m}$$

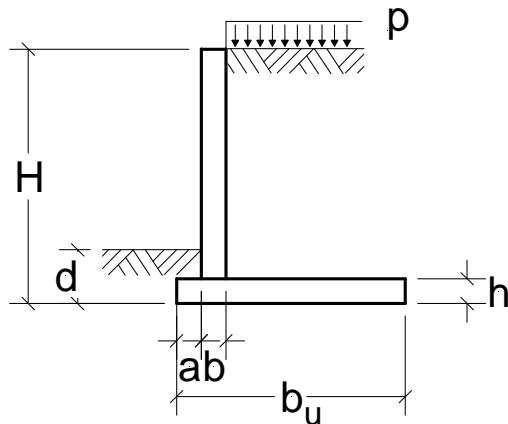
$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 289,49 \text{ kN}$$

$$V_{gesd} = (G + E_{agv}) * \gamma_G + E_{apv} * \gamma_Q = 274,13 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{V_{gesd}}{R_{n,d}} = \underline{0,95 \leq 1}$$

Winkelstützwand



Die Berechnung erfolgt mit dem Näherungsverfahren einer fiktiven lotrechten Gleitfläche:
Dieses Verfahren sollte nach DIN 4085 nicht angewendet werden, wenn die Hinterfüllung aus verschiedenen Bodenschichten besteht, bei begrenzten Auflasten und bei gebrochenem Gelände.

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	32,00 °
Wichte γ =	19,50 kN/m ³
δ_a =	0,00 °
Geländeneigung β =	0,00 °

System:

Einbindetiefe d =	1,00 m
Breite Sohlplatte b_u =	3,50 m
Breite b =	0,50 m
Abstand a =	0,50 m
Wandhöhe H =	4,50 m
Bodenhöhe h =	0,50 m

Belastung:

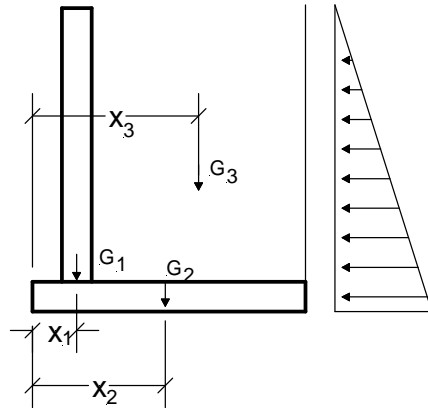
Streifenlast p =	20,00 kN/m
------------------	------------

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35	
γ_Q =	1,50	
Bemessungssituation n =	GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)	= ständige
γ_{Ep} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Ep} ; nLF=n)	= 1,40
γ_{G1} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{G1} ; nLF=n)	= 1,10
γ_{Gr} =	TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)	= 1,40
Eulersche Zahl e =	2,7183	

Berechnung:

Erddruckermittlung:

fiktive Wandneigung $\alpha =$

0,00 °

$$K_{ag} = \frac{(\cos(\alpha + \varphi))^2}{(\cos(\alpha))^2 * \cos(\alpha - \delta_a) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2} = 0,307$$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$\begin{aligned} e_{ag} &= \gamma * H * K_{ag} &= & 26,94 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ag} &= 0,5 * e_{ag} * H &= & 60,62 \text{ kN/m} \\ E_{agh} &= E_{ag} * \cos(\delta_a) &= & 60,62 \text{ kN/m} \\ E_{agv} &= E_{ag} * \sin(\delta_a) &= & 0,00 \text{ kN/m} \\ y_{Ea} &= \frac{H}{3} &= & 1,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$$\begin{aligned} e_{ap} &= p * K_{ag} &= & 6,14 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ap} &= e_{ap} * H &= & 27,63 \text{ kN/m} \\ E_{aph} &= E_{ap} * \cos(\delta_a) &= & 27,63 \text{ kN/m} \\ E_{apv} &= E_{ap} * \sin(\delta_a) &= & 0,00 \text{ kN/m} \\ y_{Eap} &= \frac{H}{2} &= & 2,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Erdwiderstand vor der Stützwand

Für die Ermittlung des charakteristischen Erdwiderstand sind die Nennwerte des Geländes und der Bodens maßgebend.

$$\begin{aligned} K_{pg} &= \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} &= & 3,255 \\ E_{p,k} &= 0,5 * \gamma * d^2 * K_{pg} &= & 31,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$E_{p,d} = \frac{E_{p,k}}{\gamma_{Ep}} = 22,67 \text{ kN}$$

Eigenlast der Stützwand:

$$G_1 = (H-h) \cdot b \cdot 25 = 50,00 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = h \cdot b_u \cdot 25 = 43,75 \text{ kN/m}$$

Erdauflast:

$$G_3 = (b_u - b - a) \cdot \left(H - h + \frac{\tan(\beta)}{2} \right) \cdot \gamma = 195,00 \text{ kN/m}$$

Hebelarme:

$$x_1 = a + \frac{b}{2} = 0,75 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{b_u}{2} = 1,75 \text{ m}$$

Erdauflast (der Anteil aus der Geländeneigung wird vernachlässigt):

$$x_3 = a + b + \frac{b_u - a - b}{2} = 2,25 \text{ m}$$

$$M_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^3 G_i \cdot x_i + E_{\text{agv}} \cdot b_u - E_{\text{agh}} \cdot y_{\text{Ea}} = 461,88 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^3 G_i + E_{\text{agv}} + E_{\text{apv}} = 288,75 \text{ kN/m}$$

Nachweis gegen Kippen:**Nachweis der Tragfähigkeit:**

Zulässige Ausmitte:

$$e_{\text{zulKT}} = \frac{b_u}{3} = 1,17 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{\text{KT}} = \frac{M_{\text{ges}} - E_{\text{aph}} \cdot y_{\text{Eap}}}{V_{\text{ges}}} = 1,38 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{\text{KT}} = \frac{b_u}{2} - c_{\text{KT}} = 0,37 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{\text{KT}}}{e_{\text{zulKT}}} = \underline{\underline{0,32 < 1}}$$

Die Sicherheit gegen Kippen ist damit gegeben.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Zulässige Ausmitte:

$$e_{\text{zulKG}} = \frac{b_u}{6} = 0,58 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{\text{KG}} = \frac{M_{\text{ges}}}{V_{\text{ges}}} = 1,60 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{\text{KG}} = \frac{b_u}{2} - c_{\text{KG}} = 0,15 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{\text{KG}}}{e_{\text{zulKG}}} = \underline{0,26 < 1}$$

Die Sicherheit gegen Kippen ist damit gegeben.

Nachweis gegen Gleiten:**Nachweis der Tragfähigkeit:**

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$T_{\text{GTd}} = E_{\text{agh}} \cdot \gamma_G + E_{\text{aph}} \cdot \gamma_Q = 123,28 \text{ kN/m}$$

$$R_{\text{t,d}} = (V_{\text{ges}} + E_{\text{agv}} + E_{\text{apv}}) \cdot \frac{\tan(\varphi)}{\gamma_{\text{Gl}}} = 164,03 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{T_{\text{GTd}}}{R_{\text{t,d}} + E_{\text{p,d}}} = \underline{0,66 \leq 1}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$T_{\text{GGd}} = E_{\text{agh}} + E_{\text{aph}} = 88,25 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{T_{\text{GGd}}}{R_{\text{t,d}}} = \underline{0,54 \leq 1}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Nachweis gegen Grundbruch:

Es werden zwei Lastfälle untersucht:

1. Maximale Ausmitte der Resultierenden
2. Größte Resultierende

Lastfall maximale Ausmitte:

$$e_{\text{vorh}} = e_{\text{KT}} = 0,37 \text{ m}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 * e_{\text{vorh}} = 2,76 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{E_{\text{agh}} + E_{\text{aph}}}{V_{\text{ges}}}\right) = 16,99^\circ$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 23,60$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 14,00$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,482$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,335$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = b' * (\gamma * d * N_d * i_d + \gamma * b' * N_b * i_b) = 1308,88 \text{ kN/m}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{\text{Gr}}} = 934,91 \text{ kN}$$

$$V_{\text{gesd}} = (V_{\text{ges}} + E_{\text{agv}}) * \gamma_{\text{G}} + E_{\text{apv}} * \gamma_{\text{Q}} = 389,81 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{V_{\text{gesd}}}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,42 \leq 1}}$$

Die Sicherheit gegen Grundbruch ist gegeben.

Lastfall größte Resultierende:

$$c_{\text{GR}} = \frac{M_{\text{ges}} - E_{\text{aph}} * y_{\text{Eap}} + p * (b_u - a - b) * \left(a + b + \frac{b_u - a - b}{2}\right)}{V_{\text{ges}} + p * (b_u - a - b)} = 1,51 \text{ m}$$

$$e_{\text{GR}} = \frac{b_u}{2} - c_{\text{GR}} = 0,24 \text{ m}$$

$$e_{\text{zulGR}} = \frac{b_u}{3} = 1,17 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{\text{GR}}}{e_{\text{zulGR}}} = \underline{\underline{0,21 < 1}}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 * e_{GR} = 3,02 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph}}{V_{ges} + p * (b_u - a - b)} \right) = 14,60^\circ$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_d = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Gbbeiwert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 23,60$$

$$N_b = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Gbbeiwert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 14,00$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,547$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,404$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = b' * (\gamma * d * N_d * i_d + \gamma * b' * N_b * i_b) = 1766,13 \text{ kN/m}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}} = 1261,52 \text{ kN}$$

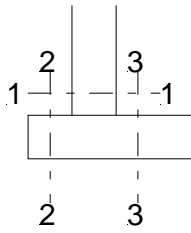
$$V_{gesd} = (V_{ges} + E_{agv}) * \gamma_G + (p * (b_u - a - b) + E_{apv}) * \gamma_Q = 464,81 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{V_{gesd}}{R_{n,d}} = \underline{\underline{0,37 \leq 1}}$$

Die Sicherheit gegen Grundbruch ist gegeben.

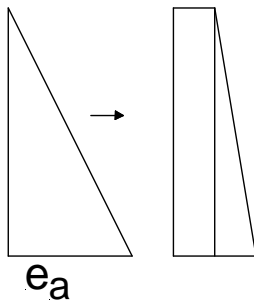
Ermittlung der Schnittgrößen



Schnitt 1-1:

$$e_a = \gamma * (H-h) * K_{ag} = 23,95 \text{ kN/m}^2$$

Umlagerung:



$$e_{a1} = \frac{2}{3} * e_a + e_{ap} = 22,11 \text{ kN/m}^2$$

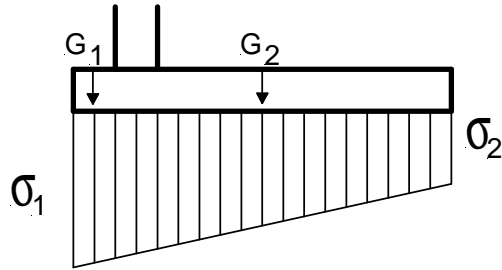
$$e_{a2} = \frac{1}{3} * e_a + e_{ap} = 14,12 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_1 = e_{a2} * (H-h) + \frac{1}{2} * e_{a2} * (H-h) = 84,72 \text{ kN/m}$$

$$M_1 = e_{a2} * (H-h) * \frac{3}{2} + \frac{1}{2} * e_{a2} * (H-h) * \frac{4}{3} = 157,79 \text{ kNm/m}$$

Schnitt 2-2:

Der Sohldruck wird vereinfacht geradlinig angenommen:
Lasten auf dem Sporn werden vernachlässigt.



$$e_S = e_{KG} = 0,15 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \frac{V_{\text{ges}}}{b_u} + \frac{V_{\text{ges}} * e_S * 6}{b_u^2} + p = 123,71 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{V_{\text{ges}}}{b_u} - \frac{V_{\text{ges}} * e_S * 6}{b_u^2} + p = 81,29 \text{ kN/m}^2$$

Spornlast:

$$G_S = a * h * 25 = 6,25 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{a2} = \sigma_1 - (\sigma_1 - \sigma_2) * \frac{a}{b_u} = 117,65 \text{ kN/m}$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} * (\sigma_1 + \sigma_{a2}) * a - G_S = 54,09 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = \sigma_{a2} * \frac{a^2}{2} + \frac{1}{2} * (\sigma_1 - \sigma_{a2}) * a^2 * \frac{2}{3} - G_S * \frac{a}{2} = 13,65 \text{ kNm/m}$$

Schnitt 3-3:

$$G_{3,3} = (b_u - a - b) * h * 25 = 31,25 \text{ kN/m}$$

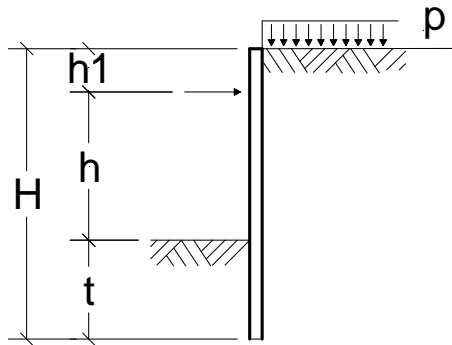
$$\sigma_{a3} = \sigma_1 - (\sigma_1 - \sigma_2) * \frac{a+b}{b_u} = 111,59 \text{ kN/m}$$

$$l = b_u - a - b = 2,50 \text{ m}$$

$$Q_3 = G_3 + G_{3,3} - \frac{1}{2} * (\sigma_{a3} + \sigma_2) * l = -14,85 \text{ kN/m}$$

$$M_3 = (G_3 + G_{3,3} - \sigma_2 * l) * \frac{l}{2} - \frac{1}{2} * (\sigma_{a3} - \sigma_2) * \frac{l^2}{3} = -2,78 \text{ kNm/m}$$

Spundwand



Baugrund:

Reibungswinkel $\varphi =$	30,00 °
Wichte $\gamma =$	19,00 kN/m ³

System:

Höhe h =	5,00 m
Höhe h1 =	1,80 m
Anker:	
Ankerneigung $\alpha_A =$	10,00 °
Ankerlänge L =	15,00 m

Belastung:

Auflast p =	20,00 kN/m
-------------	------------

Sicherheitsbeiwerte:

Sicherheit gewählt $\eta_p =$	1,50
-------------------------------	------

Berechnung:

Anmerkung:

Die Erddrucklast wird durch die Stützenkraft und das Erdauflager aufgenommen (teilweise mobilisierter Erdwiderstand)

Nicht zu verändernde Vorwerte:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,00^\circ \\ \beta &= 0,00^\circ \\ \delta_a &= \frac{2}{3} * \varphi = 20,00^\circ \end{aligned}$$

$$K_{agh} = \frac{(\cos(\alpha + \varphi))^2 * \cos(\delta_a)}{(\cos(\alpha))^2 * \cos(\alpha - \delta_a) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2} = 0,28$$

$$\delta_p = -\frac{2}{3} * \varphi = -20,00^\circ$$

$$K_{ph} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/KpKreis"; Kph; } \varphi = \varphi; \delta \leq \delta_p) = 5,74$$

$$K'_{ph} = \frac{K_{ph}}{\eta_p} = 3,83$$

$$K'_{rh} = K'_{ph} - K_{agh} = 3,55$$

$$e_{ah0} = p * K_{agh} = 5,60 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ah1} = (h + h1) * \gamma * K_{agh} = 36,18 \text{ kN/m}^2$$

Ermittlung des Belastungsnullpunkts:

Die Tiefe u muß iterativ ermittelt werden, daß die nachfolgende Gleichung erfüllt ist:

$$u = 0,30 \text{ m}$$

$$\gamma * u * K'_{ph} - (e_{ah1} + \gamma * u * K_{agh}) = -15,95 \approx 0$$

$$h' = h + h1 + u = 7,10 \text{ m}$$

$$h'_A = h + u = 5,30 \text{ m}$$

Der Erddruck darf vereinfacht als Gleichlast angenommen werden, wenn

$$\frac{h'_A}{h' * 0,7} = \underline{1,07 > 1}$$

Der Erddruck wird vereinfacht rechteckig angenommen:

$$e_{ah} = \frac{\frac{h+h1}{2} * (e_{ah0} + e_{ah1}) + \frac{1}{2} * e_{ah1} * u}{h'} = 20,77 \text{ kN/m}^2$$

Ermittlung der Einbindetiefe:

$$E_{ah} = e_{ah} * h' = 147,47 \text{ kN/m}$$

$$P_S = e_{ah} * h' * \left(h'_A - \frac{h'}{2} \right) = 258,07 \text{ kNm/m}$$

Nach EB 19 kann für steifplastische bis feste bindige Böden die Resultierende des Erdwiderstands bei $0,5 * x$ angenommen werden.

$$f = \frac{GEW(\text{"Grundbau/Xi"; f;})}{6 * P_S} = 0,500$$

$$m' = \frac{\gamma * K'_{rh} * h'_A}{6 * P_S} = 0,154$$

$$\xi = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Xi"; } \xi; f=f; m'=m') = 0,215$$

Rechnerische Einbindetiefe:

$$t_0 = \xi * h'_A = 1,14 \text{ m}$$

Erforderliche Einbindetiefe

$$t_{\text{erf}} = u + t_0 = 1,44 \text{ m}$$

Stützkräfte und Bemessungsmomente:

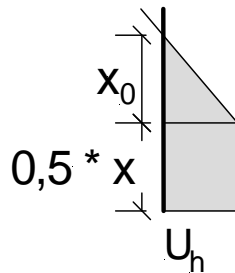
Unteres Erdauflager:

$$U_h = \frac{1}{2} * \gamma * K'_{rh} * t_0^2 = 43,83 \text{ kN/m}$$

$$A = E_{ah} - U_h = 103,64 \text{ kN/m}$$

$$x_0 = \frac{U_h}{e_{ah}} = 2,11 \text{ m}$$

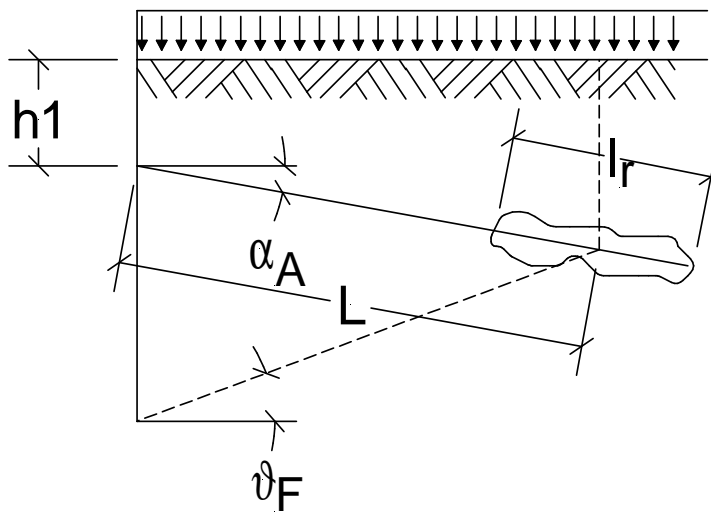
$$M_{\max} = U_h * 0,5 * (t_0 + x_0) = 71,22 \text{ kNm/m}$$



Korrekturen nach EB 17:

$$A' = A * \sqrt{\frac{h'}{h'_A}} = 119,96 \text{ kN/m}$$

$$M'_{\max} = M_{\max} * \sqrt{\frac{h'_A}{h'}} = 61,53 \text{ kNm/m}$$

Standicherheit in der tiefen Fuge:

$$\text{erforderliche Verpresslänge } l_r = 5,00 \text{ m}$$

$$L_c = L - l_r / 2 = 12,50 \text{ m}$$

$$L_H = L_c * \text{COS}(\alpha_A) = 12,31 \text{ m}$$

$$L_V = L_c * \text{TAN}(\alpha_A) = 2,20 \text{ m}$$

$$\vartheta_F = \text{atan}\left(\frac{t_{\text{erf}} + h - L_V}{L_H}\right) = 19,01^\circ$$

Erddruck an der Spundwand:

$$e_{ahSW} = (h + h_1 + t_{erf}) * \gamma * K_{agh} = 43,84 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ahSW} = \frac{1}{2} * (e_{ah0} + e_{ahSW}) * (h_1 + h + t_{erf}) = 203,69 \text{ kN/m}$$

Erddruck an der Ersatzankerwand:

$$e_{ahEW} = (h_1 + L_V) * \gamma * K_{agh} = 21,28 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ahEW} = \frac{1}{2} * (e_{ah0} + e_{ahEW}) * (h_1 + L_V) = 53,76 \text{ kN/m}$$

$$G_1 = \frac{1}{2} * (h_1 + L_V + h_1 + h + t_{erf}) * \gamma * L_H = 1431,41 \text{ kN/m}$$

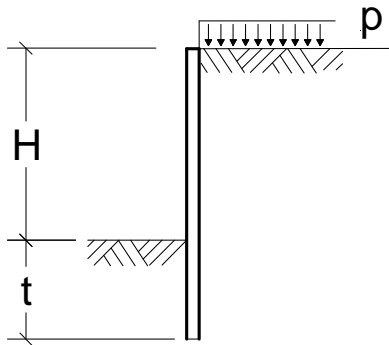
$$G = G_1 + \text{WENN}(\varphi < \varphi_F; L_H * p; 0) = 1431,41 \text{ kN/m}$$

$$Q_H = G * \tan(\varphi_F - \varphi) = -277,98 \text{ kN/m}$$

Damit wird die Sicherheit gegen Bruch in der tiefen Fuge:

$$\frac{E_{ahSW} - (Q_H + E_{ah})}{A'} = 2,79 \geq \eta_p$$

Spundwand



Baugrund:

Reibungswinkel $\varphi =$	27,50 °
Wichte $\gamma =$	18,50 kN/m ³
Korrekturbeiwert für die Einbindetiefe $\alpha_{ET} =$	1,20

System:

Höhe H =	4,30 m
----------	--------

Belastung:

Auflast p =	20,00 kN/m
-------------	------------

Sicherheitsbeiwerte:

Sicherheit gewählt $\eta_p =$	1,50
-------------------------------	------

Berechnung:

Nicht zu verändernde Vorwerte:

$\alpha =$	0,00 °
$\beta =$	0,00 °
$\delta_a = \frac{2}{3} * \varphi$	= 18,33 °

$$K_{agh} = \frac{(\cos(\alpha + \varphi))^2 * \cos(\delta_a)}{(\cos(\alpha))^2 * \cos(\alpha - \delta_a) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2} = 0,311$$

$$\delta_p = -\frac{2}{3} * \varphi = -18,33 °$$

$$K_{ph} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/KpKreis"; } K_{ph}; \varphi = \varphi; \delta \leq \delta_p) = 4,70$$

$$K_{rh} = K_{ph} - K_{agh} = 4,39$$

$$e_{ahp} = p * K_{agh} = 6,22 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ahg} = H * \gamma * K_{agh} = 24,74 \text{ kN/m}^2$$

Ermittlung des Belastungsnullpunkts:

$$u = \frac{e_{ahg} + e_{ahp}}{\gamma * K_{rh}} = 0,38 \text{ m}$$

Unverankerte Spundwand

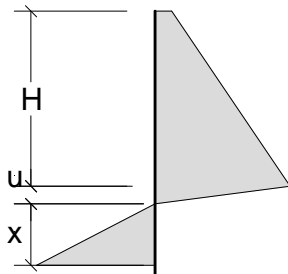
$$e_{ah0} = (H + u) * \gamma * K_{agh} = 26,93 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_0 = e_{ahp} * H + \frac{1}{2} * e_{ahg} * H + \frac{1}{2} * (e_{ahg} + e_{ahp}) * u = 85,82 \text{ kN/m}$$

$$M_0 = e_{ahp} * H * \left(\frac{H}{2} + u\right) + e_{ahg} * \frac{H}{2} * \left(\frac{H}{3} + u\right) + e_{ah0} * \frac{2}{3} * u^2 = 166,71 \text{ kNm/m}$$

$$m = \frac{6}{\gamma * K_{rh}} * Q_0 = 6,340$$

$$n = \frac{6}{\gamma * K_{rh}} * M_0 = 12,316$$



Die Tiefe x ist zu wählen, daß die Folgleichung gegen 0 geht:

$$x^3 - n - m * x = 0 \quad x = 3,20 \text{ m}$$

$$x^3 - n - m * x = 0 \quad x = 0,16 \approx 0$$

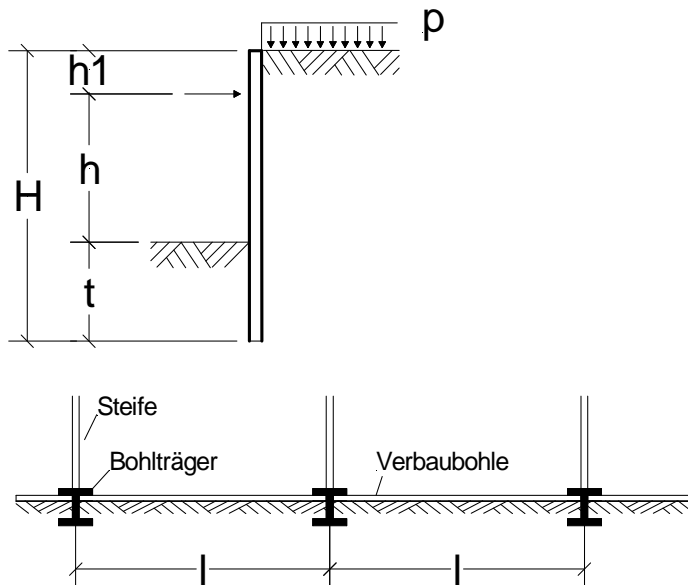
Damit wird die erforderliche Einbindetiefe:

$$t_{\text{erf}} = \alpha_{\text{ET}} * (x + u) = 4,30 \text{ m}$$

Maximalmoment:

$$M_{\text{max}} = M_0 + 0,385 * Q_0 * \sqrt{m} = 249,90 \text{ kNm/m}$$

Trägerbohlwand



Grundlage: Empfehlung des Arbeitskreises Baugrube

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	32,50 °
Wichte γ =	17,00 kN/m ³
Wichte γ =	9,50 kN/m ³
Kohäsion c =	0,00 kN/m ²
zulässige Druckspannung σ_0 =	750,00 kN/m ²
mittlerer Mantelreibungswert τ_m =	70,00 kN/m ²
Lagerungsdichte D =	0,67
Ungleichförmigkeitszahl U =	5,00

System:

Abstand der Bohlträger l =	2,00 m
Höhe h =	3,00 m
Höhe h1 =	0,80 m
Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;) = 180
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10 = 24,00 kN/cm ²

Verbaubohlen:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;) = Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS) = C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS) = 1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;) = mittel
Bohlendicke d_{gew} =	8,00 cm

Aussteifung:

Die Auflagerkraft wird mit einem I-Profil aufgenommen und auf der gegenüberliegenden Seite abgestützt:

Träger Typ _A =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
Nennhöhe NH _A =	GEW("Stahl"/Typ _A ; NH;) = 160
Länge L =	4,50 m

Belastung:

$$\text{Auflast } p = 12,50 \text{ kN/m}$$

Vorbemerkungen:

Der Ansatz von aktivem Erddruck bei Trägerbohlwänden ist aufgrund der Verwendungsmöglichkeit erlaubt. Gemäß Empfehlung EB 15(1) darf der Erddruck unterhalb der Baugrubensohle vernachlässigt werden, wenn sichergestellt ist, dass dies unschädlich ist.

Gemäß Empfehlung EB 4(2) darf der Wandreibungswinkel bei Trägerbohlwänden wie folgt angenommen werden, wenn die Vertikalkräfte ordnungsgemäß in den Boden abgeleitet werden.

$$\delta_a = \frac{2}{3} * \varphi = 21,67^\circ$$

Sicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} \text{Sicherheit gewählt } \eta_p &= 2,00 \\ \gamma_G &= 1,20 \\ \gamma_Q &= 1,30 \\ \text{Bemessungssituation } n &= \text{GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)} = \text{vorübergehende} \\ \gamma_{Ep} &= \text{TAB("Grundbau/Wider"; } \gamma_{Ep}; \text{ nLF=n)} = 1,30 \end{aligned}$$

Berechnung:

Nicht zu verändernde Vorwerte:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,00^\circ \\ \beta &= 0,00^\circ \end{aligned}$$

$$K_{agh} = \frac{(\cos(\alpha + \varphi))^2 * \cos(\delta_a)}{(\cos(\alpha))^2 * \cos(\alpha - \delta_a) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2} = 0,251$$

Der Erddruck darf vereinfacht als Gleichlast angenommen werden, wenn

$$\frac{h}{(h + h_1) * 0,7} = \underline{1,13 > 1}$$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$\begin{aligned} e_{ag} &= \gamma_G * \gamma * (h + h_1) * K_{agh} = 19,46 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ag} &= 0,5 * e_{ag} * (h + h_1) = 36,97 \text{ kN/m} \\ E_{agh} &= E_{ag} * \cos(\delta_a) = 34,36 \text{ kN/m} \\ E_{agv} &= E_{ag} * \sin(\delta_a) = 13,65 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$$\begin{aligned} e_{ap} &= \gamma_Q * p * K_{agh} = 4,08 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ap} &= e_{ap} * (h + h_1) = 15,50 \text{ kN/m} \\ E_{aph} &= E_{ap} * \cos(\delta_a) = 14,40 \text{ kN/m} \\ E_{apv} &= E_{ap} * \sin(\delta_a) = 5,72 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$e_{ah} = \frac{e_{ag} + 2 * e_{ap}}{2} = 13,81 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ah} = (h + h_1) * e_{ah} = 52,48 \text{ kN/m}$$

Auflagerung der Bohlen:

$$b_t = \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ}; b; \text{NH=NH})/1000 = 0,18 \text{ m}$$

$$h_t = \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ}; h; \text{NH=NH})/1000 = 0,18 \text{ m}$$

Es wird angenommen, daß die Resultierende des Erdwiderstands bei $0,6 * t$ angreift.

Die Einbindetiefe t muß iterativ ermittelt werden, so daß die Auflagerkraft im Erdreich gleich dem Erdwiderstand vor dem Träger wird.

$$t = 1,20 \text{ m}$$

Keine Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$\omega_R = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Erdwider"; } \omega_R; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 2,97$$

$$\omega_K = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Erdwider"; } \omega_K; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 3,71$$

$$\omega_{\text{ph,kü}} = \frac{t * \omega_R}{l} + \frac{4 * c * \omega_K}{\gamma * l} = 1,782$$

Mit Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$K_{\text{ph0}} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/ErdwiderK"; } K_{\text{ph}}; \varphi=\varphi; \delta_p=0) = 3,32$$

Nach DIN 4085 ist der Winkel δ_p bei Bohlträgern:

$$\delta_p = \text{WENN}(\varphi < 30; \varphi - 2,5; 27,5) = 27,50^\circ$$

$$K_{\text{ph1}} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/ErdwiderK"; } K_{\text{ph}}; \varphi=\varphi; \delta_p=\delta_p) = 6,15$$

$$\omega_{\text{ph,mü}} = \frac{b_t}{l} * K_{\text{ph1}} + \frac{l - b_t}{l} * K_{\text{ph0}} + \frac{4 * c}{\gamma * t} * \sqrt{K_{\text{ph1}}} = 3,575$$

$$\omega_{\text{ph}} = \text{MIN}(\omega_{\text{ph,kü}}; \omega_{\text{ph,mü}}) = 1,782$$

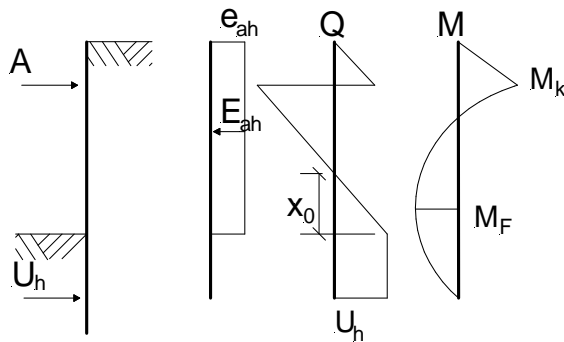
Der Erdwiderstand vor den Träger wird zu:

$$E_{\text{ph}} = \frac{1}{2} * \gamma * t^2 * \omega_{\text{ph}} * \frac{1}{\gamma_{\text{Ep}}} = 16,78 \text{ kN/m}$$

Die Auflagerkraft im Erdreich wird zu:

$$U_h = \frac{E_{\text{ah}} * \left(\frac{1}{2} * (h + h_1) - h_1 \right)}{h + 0,6 * t} = 15,52 \text{ kN/m}$$

$$U_h - E_{\text{ph}} = \underline{\underline{-1,26 = 0}}$$

Schnittgrößen und Auflagerkräfte:

$$A = E_{ah} - U_h = 36,96 \text{ kN/m}$$

Das maximale Feldmoment liegt bei:

$$x_0 = \frac{U_h}{e_{ah}} = 1,12 \text{ m}$$

$$M_{F,max} = U_h \cdot \left(0,6 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot x_0 \right) = 19,87 \text{ kNm/m}$$

$$M_k = e_{ah} \cdot \frac{h_1^2}{2} = 4,42 \text{ kNm/m}$$

Korrekturen gemäß EB 13(1):

Die endgültigen Bemessungswerte werden auf den Träger-, Steifenabstand umgerechnet.

$$A' = A \cdot \frac{h + h_1}{h} \cdot l = 93,63 \text{ kN}$$

$$E_{aH} = E_{ah} \cdot l = 104,96 \text{ kN}$$

Die Auflagerkraft darf durch die Korrektur nicht größer als der Gesamtdruck werden.

$$\frac{E_{ah}}{A'} = \underline{0,56 \leq 1}$$

$$M'_F = M_{F,max} \cdot \frac{h}{h + h_1} \cdot l = 31,37 \text{ kNm}$$

Das Kragmoment darf nicht abgemindert werden:

$$M_K = M_k \cdot l = 8,84 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = \text{MAX}(M'_F; M_K) = 31,37 \text{ kNm}$$

Nachweis des Trägerprofils:

$$W_y = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } W_y; \text{NH=NH}) = 426,0 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{1,1} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_d = 100 \cdot \frac{M_k}{W_y} = 1,04 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}} = \underline{0,048 < 1}$$

Verbaubohlen:

Das Moment entsteht aus Eigen- und Verkehrslasten. Der Sicherheitsfaktor wird hier, auf der sicheren Seite liegend, zu 1,5 angenommen.

$$M_B = \frac{e_{ah} \cdot l^2}{8} \cdot 1,5 = 10,36 \text{ kNm/m}$$

$$k_{mod} = \text{TAB}("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED; N=NK) = 0,80$$

$$f_{m,k} = \text{TAB}("1052/Holz"; f_{mk}; FK=FK) \cdot 10 = 24,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = \text{TAB}("1052/Holz"; f_{vk}; FK=FK) = 0,200 \text{ kN/cm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{13} = 1,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{1,3} = 0,123 \text{ kN/cm}^2$$

Biegespannung:

$$W_{y,vorh} = \frac{d_{gew}^2 \cdot 100}{6} = 1066,67 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_B \cdot 100}{W_{y,vorh}} = 0,97 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,66 \leq 1}}$$

Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot \frac{e_{ah} \cdot l}{2}}{1 \cdot d_{gew} \cdot 100} = 0,026 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,21 < 1}}$$

Aussteifung:

$$N_{pl,d} = \text{TAB}("Stahl"/"Typ_A"; N_{pl,d}; NH=NH_A) = 1180,00 \text{ kN}$$

$$V_{pl,z,d} = \text{TAB}("Stahl"/"Typ_A"; V_{pl,z,d}; NH=NH_A) = 148,00 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,d} = \text{TAB}("Stahl"/"Typ_A"; M_{pl,y,d}; NH=NH_A) = 77,40 \text{ kNm}$$

Beanspruchung:

$$N_d = A \cdot 1,50 = 140,44 \text{ kN}$$

Nach DIN 4124 sind mindestens 1 KN/m Nutzlast anzusetzen:

$$M_{y,d} = \frac{1 \cdot L^2}{8} \cdot 1,5 = 3,80 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = \frac{1 \cdot L}{2} \cdot 1,5 = 3,38 \text{ kNm}$$

Spannungsnachweis:

$$k_N = \text{TAB}("Beiwerte/NwMy"; k_N; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) = 1,00$$

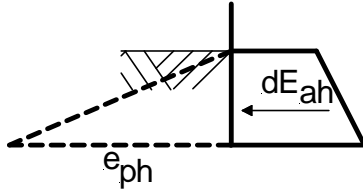
$$k_V = \text{TAB}("Beiwerte/NwMy"; k_V; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) = 0,00$$

$$k_M = \text{TAB}("Beiwerte/NwMy"; k_M; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) = 0,90$$

$$k_N \cdot \frac{N_d}{N_{pl,d}} + k_M \cdot \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} + k_V \cdot \frac{V_{z,d}}{V_{pl,z,d}} = \underline{\underline{0,163 < 1}}$$

Gleichgewicht der Horizontalkräfte:

EB 15(1): Für die Ermittlung der Schnittkräfte an Bohlträgern darf der Erddruck unterhalb der Baugrundsohle im allgemeinen vernachlässigt werden, sofern nachgewiesen wird, dass der in der Berechnung vernachlässigte Erddruck unterhalb der Baugrundsohle zusammen mit der Auflagerkraft aus dem Bohlträger von dem gesamten zur Verfügung stehenden Erdwiderstand mit einer Sicherheit von 1,5 aufgenommen wird. Der Erdwiderstand kann mit dem Wandreibungswinkel $\delta_p = -\varphi$ ermittelt werden.



$$\begin{aligned} \delta_p &= -\varphi &= & -32,50^\circ \\ K_{ph} &= \text{TAB("Grundbau/KpKreis"; Kph; } \varphi=\varphi; \delta\leq\delta_p) &= & 6,77 \\ dE_{ah} &= \frac{1}{2} * ((e_{ag} + e_{ap}) * 2 + t * \gamma * K_{agh}) * t &= & 31,320 \text{ kN/m} \\ E_{ph} &= \frac{1}{2} * \gamma * K_{ph} * t^2 &= & 82,865 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Sicherheit:

$$\eta_H = \frac{E_{ph}}{dE_{ah} + U_h} = \underline{\underline{1,77 > 1,5}}$$

Gleichgewicht der Vertikalkräfte:

Aus Sicherheitsgründen wird die Einbindetiefe reduziert:

$$t_n = t - 0,5 = 0,70 \text{ m}$$

Spitzenwiderstand:

$$\sigma_s = \sigma_0 + 120 * t_n = 834,00 \text{ kN/m}^2$$

Beiwerte:

$$f_t = \text{MIN}(1; \frac{t_n}{2,5}) = 0,28$$

Das Grundwasser steht in Höhe des Bohlträgerfußes:

$$f_y = 1,00$$

sonst:

$$f_y = \frac{\gamma}{\gamma} = 1,79$$

Die Spitzenwiderstandskraft ist somit:

$$Q_s = f_t * f_y * \sigma_s * b_t * h_t = 13,54 \text{ kN}$$

Mantelreibung:

Eine Mantelreibung darf nur angesetzt werden, wenn der aktive Erddruck nicht mit positivem Wandreibungswinkel ermittelt wurde.

$$A_r = (2 * h_t + 3 * b_t) * t_n = 0,63 \text{ m}^2$$

$$Q_r = \tau_m * A_r = 44,10 \text{ kN}$$

$$f_a = \text{WENN}(l < 1,2; \frac{l}{1 + b_t}; 1) = 1,00$$

$$f_D = \text{TAB("Grundbau/fD"; fD; U<U; D>D) = 1,25$$

$$Q_g = f_D * f_a * (Q_s + Q_r) = 72,05 \text{ kN}$$

Einwirkende Vertikallasten:

$$\begin{aligned}
 g &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } g; \text{ NH=NH}) &= & 0,51 \text{ kg/m} \\
 g_A &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ}_A; } g; \text{ NH=NH}_A) &= & 0,43 \text{ kg/m} \\
 \rho &= \text{GEW}(\text{"1052/Holz"; } \rho_k; \text{ FK=FK}) &= & 350,00 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bohlträger: } & g * (h_1 + h + t) &= & 2,55 \text{ kN} \\
 \text{Steife: } & g_A * L/2 &= & 0,97 \text{ kN} \\
 \text{Verbaubohlen: } & l * \rho * (h + h_1) * d_{\text{gew}} / 10000 &= & 2,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Eigenlast } G = \underline{\underline{5,65 \text{ kN}}}$$

Vertikaler Erddruck:

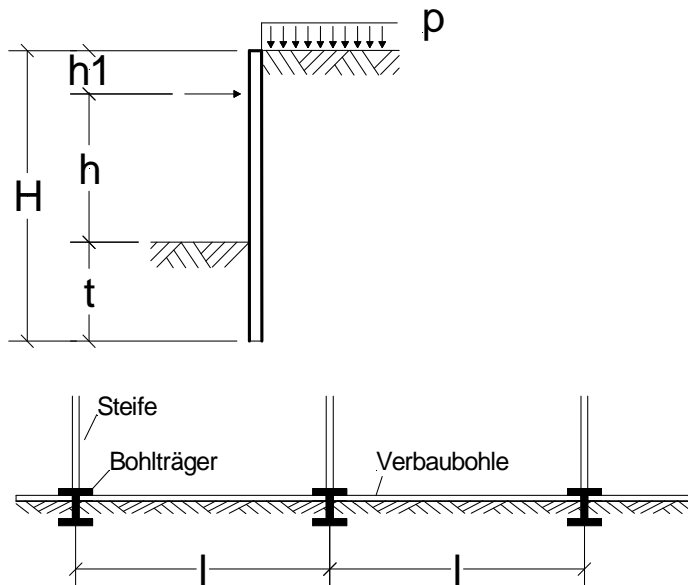
$$E_{av} = e_{ah} * (h + h_1) * \tan\left(\frac{2}{3} * \phi\right) * l = 41,70 \text{ kN}$$

Nachweis der Sicherheit:

$$\eta_v = \frac{Q_g}{E_{av} + G} = \underline{\underline{1,52 > 1,30}}$$

Ist die Sicherheit nicht ausreichend, so muß die Einbindetiefe oder die Aufstandsfläche vergrößert werden. Oder die Kräfte werden anderweitig abgeleitet.

Trägerbohlwand



Grundlage: Empfehlung des Arbeitskreises Baugrube

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	32,50 °
Wichte γ =	17,00 kN/m ³
Wichte γ =	9,50 kN/m ³
Kohäsion c =	0,00 kN/m ²
zulässige Druckspannung σ_0 =	750,00 kN/m ²
mittlerer Mantelreibungswert τ_m =	70,00 kN/m ²
Lagerungsdichte D =	0,67
Ungleichförmigkeitszahl U =	5,00

System:

Abstand der Bohlträger l =	2,00 m
Höhe h =	3,00 m
Höhe h1 =	0,80 m
Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl"/Typ; NH;) = 180
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10 = 24,00 kN/cm ²

Verbaubohlen:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;) = Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS) = C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS) = 1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;) = mittel
Bohlendicke d_{gew} =	8,00 cm

Aussteifung:

Die Auflagerkraft wird mit einem I-Profil aufgenommen und auf der gegenüberliegenden Seite abgestützt:

Träger Typ _A =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
Nennhöhe NH _A =	GEW("Stahl"/Typ _A ; NH;) = 160
Länge L =	4,50 m

Belastung:

$$\text{Auflast } p = 12,50 \text{ kN/m}$$

Vorbemerkungen:

Der Ansatz von aktivem Erddruck bei Trägerbohlwänden ist aufgrund der Verformungsmöglichkeit erlaubt. Gemäß Empfehlung EB 15(1) darf der Erddruck unterhalb der Baugrubensohle vernachlässigt werden, wenn sichergestellt ist, dass dies unschädlich ist.

Gemäß Empfehlung EB 4(2) darf der Wandreibungswinkel bei Trägerbohlwänden wie folgt angenommen werden, wenn die Vertikalkräfte ordnungsgemäß in den Boden abgeleitet werden.

$$\delta_a = \frac{2}{3} * \varphi = 21,67^\circ$$

Sicherheitsbeiwerte:

Sicherheit gewählt η_p =	2,00	
γ_G =	1,20	
γ_Q =	1,30	
Bemessungssituation n = GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)		= vorübergehende
γ_{Ep} = TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Ep} ; nLF=n)		= 1,30

Berechnung:

Nicht zu verändernde Vorwerte:

$$\alpha = 0,00^\circ$$

$$\beta = 0,00^\circ$$

$$K_{agh} = \frac{(\cos(\alpha + \varphi))^2 * \cos(\delta_a)}{(\cos(\alpha))^2 * \cos(\alpha - \delta_a) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2} = 0,251$$

Flächenlasten bis 10 kN/m² werden nach DIN 1054 als ständige Lasten angenommen. Darüber liegende Anteile werden als veränderliche Lasten angesetzt.

$$p1 = \text{WENN}(p > 10 ; 10 ; p) = 10,00 \text{ kN/m}^2$$

$$p2 = \text{WENN}(p > 10 ; p-10 ; 0) = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$e_{agp1} = \gamma_G * p1 * K_{agh} = 3,01 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{agg} = \gamma_G * \gamma * (h + h1) * K_{agh} = 19,46 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ag} = e_{agg} + e_{agp1} = 22,47 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ag} = 0,5 * e_{ag} * (h + h1) = 42,69 \text{ kN/m}$$

$$E_{agh} = E_{ag} * \cos(\delta_a) = 39,67 \text{ kN/m}$$

$$E_{agv} = E_{ag} * \sin(\delta_a) = 15,76 \text{ kN/m}$$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$$e_{ap} = \gamma_Q * p2 * K_{agh} = 0,82 \text{ kN/m}^2$$

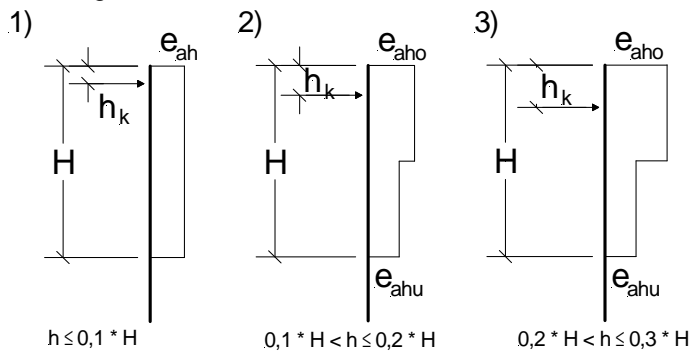
$$E_{ap} = e_{ap} * (h + h1) = 3,12 \text{ kN/m}$$

$$E_{aph} = E_{ap} * \cos(\delta_a) = 2,90 \text{ kN/m}$$

$$E_{apv} = E_{ap} * \sin(\delta_a) = 1,15 \text{ kN/m}$$

Wirklichkeitsnaher Erddruckansatz nach EB 69:

Ermittlung der anzusetzenden Erddrucks:



$$v = \frac{h_1}{h + h_1} = 0,21$$

$$H = h + h_1 = 3,80 \text{ m}$$

$$\text{Fall} = \text{WENN}(v \leq 0,1; 1; \text{WENN}(v \leq 0,2; 2; \text{WENN}(v \leq 0,3; 3;))) = 3$$

$$e_{a1} = e_{agp1} + e_{ap} = 3,83 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{a2} = e_{agg} + e_{agp1} + e_{ap} = 23,29 \text{ kN/m}^2$$

$$e_a = \frac{1}{2} * (e_{a1} + e_{a2}) = 13,56 \text{ kN/m}$$

$$e_{aho} = \text{WENN}(\text{Fall}=1; e_a; \text{WENN}(\text{Fall}=2; e_a * \frac{6}{5}; e_a * \frac{8}{6})) = 18,08 \text{ kN/m}$$

$$e_{ahu} = \text{WENN}(\text{Fall}=1; e_a; \text{WENN}(\text{Fall}=2; e_a * \frac{4}{5}; e_a * \frac{4}{6})) = 9,04 \text{ kN/m}$$

Auflagerung der Bohlen:

$$b_t = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } b; \text{NH=NH})/1000 = 0,18 \text{ m}$$

$$h_t = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } h; \text{NH=NH})/1000 = 0,18 \text{ m}$$

Es wird angenommen, daß die Resultierende des Erdwiderstands bei $0,6 * t$ angreift.Die Einbindetiefe t muß iterativ ermittelt werden, so daß die Auflagerkraft im Erdreich gleich dem Erdwiderstand vor dem Träger wird.

$$t = 1,10 \text{ m}$$

Keine Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$\omega_R = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Erdwider"; } \omega_R; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 3,10$$

$$\omega_K = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Erdwider"; } \omega_K; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 3,87$$

$$\omega_{ph,kü} = \frac{t * \omega_R}{l} + \frac{4 * c * \omega_K}{\gamma * l} = 1,705$$

Mit Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$K_{ph0} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/ErdwiderK"; } K_{ph}; \varphi=\varphi; \delta_p=0) = 3,32$$

Nach DIN 4085 ist der Winkel δ_p bei Bohlträgern:

$$\delta_p = \text{WENN}(\varphi < 30; \varphi - 2,5; 27,5) = 27,50^\circ$$

$$K_{ph1} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/ErdwiderK"; } K_{ph}; \varphi=\varphi; \delta_p=\delta_p) = 6,15$$

$$\omega_{ph,mü} = \frac{b_t}{l} * K_{ph1} + \frac{l - b_t}{l} * K_{ph0} + \frac{4 * c}{\gamma * t} * \sqrt{K_{ph1}} = 3,575$$

$$\omega_{ph} = \text{MIN}(\omega_{ph,kü}; \omega_{ph,mü}) = 1,705$$

Der Erdwiderstand vor den Träger wird zu:

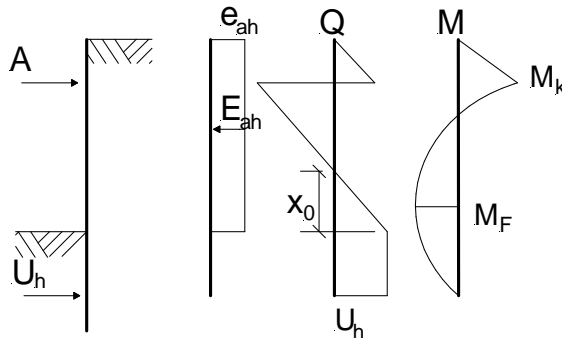
$$E_{ph} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 \cdot \omega_{ph} \cdot \frac{1}{\gamma_{Ep}} = 13,49 \text{ kN/m}$$

Die Auflagerkraft im Erdreich wird zu:

$$U_h = \frac{\left(e_{aho} \cdot \left(\frac{H}{4} - h_1 \right) + e_{ahu} \cdot \left(\frac{H \cdot 3}{4} - h_1 \right) \right) \cdot \frac{H}{2}}{h + 0,6 \cdot t} = 11,03 \text{ kN/m}$$

$$U_h - E_{ph} = \underline{\underline{-2,46 = 0}}$$

Schnittgrößen und Auflagerkräfte:



$$A = \frac{H}{2} \cdot (e_{aho} + e_{ahu}) - U_h = 40,50 \text{ kN/m}$$

Das maximale Feldmoment liegt bei:

$$x_0 = \frac{U_h}{e_{ahu}} = 1,22 \text{ m}$$

$$M_{F,max} = U_h \cdot \left(0,6 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot x_0 \right) = 14,01 \text{ kNm/m}$$

$$M_k = e_{aho} \cdot \frac{h_1^2}{2} = 5,79 \text{ kNm/m}$$

Bemessungsschnittgrößen auf den Trägerabstand umgerechnet:

Die endgültigen Bemessungswerte werden auf den Träger-, Steifenabstand umgerechnet.

$$A' = A \cdot I = 81,00 \text{ kN}$$

$$M'_{F,max} = M_{F,max} \cdot I = 28,02 \text{ kNm}$$

Das Kragmoment darf nicht abgemindert werden:

$$M_k = M_k \cdot I = 11,58 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = \text{MAX}(M'_{F,max}; M_k) = 28,02 \text{ kNm}$$

Nachweis des Trägerprofils:

$$W_y = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } W_y; \text{NH=NH}) = 426,0 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{1,1} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_d = 100 \cdot \frac{M_k}{W_y} = 1,36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,062 < 1}}$$

Verbaubohlen:

Das Moment entsteht aus Eigen- und Verkehrslasten. Der Sicherheitsfaktor wird hier, auf der sicheren Seite liegend, zu 1,5 angenommen.

$$M_B = \frac{e_{\text{aho}} * l^2}{8} * 1,5 = 13,56 \text{ kNm/m}$$

$$k_{\text{mod}} = \text{TAB}("1052/F1"; k; B=BS; K=KLED; N=NK) = 0,80$$

$$f_{m,k} = \text{TAB}("1052/Holz"; f_{mk}; FK=FK) * 10 = 24,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = \text{TAB}("1052/Holz"; f_{vk}; FK=FK) = 0,200 \text{ kN/cm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} * f_{m,k}}{13} = 1,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} * k_{\text{mod}}}{1,3} = 0,123 \text{ kN/cm}^2$$

Biegespannung:

$$W_{y,\text{vorh}} = \frac{d_{\text{gew}}^2 * 100}{6} = 1066,67 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_B * 100}{W_{y,\text{vorh}}} = 1,27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{1,5 * \frac{e_{\text{aho}} * l}{2}}{1 * d_{\text{gew}} * 100} = 0,034 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,28 < 1}}$$

Aussteifung:

$$N_{pl,d} = \text{TAB}("Stahl"/"Typ_A"; N_{pl,d}; NH=NH_A) = 1180,00 \text{ kN}$$

$$V_{pl,z,d} = \text{TAB}("Stahl"/"Typ_A"; V_{pl,z,d}; NH=NH_A) = 148,00 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,d} = \text{TAB}("Stahl"/"Typ_A"; M_{pl,y,d}; NH=NH_A) = 77,40 \text{ kNm}$$

Beanspruchung:

$$N_d = A * 1,50 = 121,50 \text{ kN}$$

Nach DIN 4124 sind mindestens 1 KN/m Nutzlast anzusetzen:

$$M_{y,d} = \frac{1 * L^2}{8} * 1,5 = 3,80 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = \frac{1 * L}{2} * 1,5 = 3,38 \text{ kNm}$$

Spannungsnachweis:

$$k_N = \text{TAB}("Beiwerte/NwMy"; k_N; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) = 1,00$$

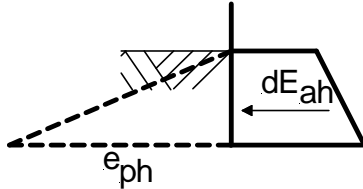
$$k_V = \text{TAB}("Beiwerte/NwMy"; k_V; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) = 0,00$$

$$k_M = \text{TAB}("Beiwerte/NwMy"; k_M; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) = 0,90$$

$$k_N * \frac{N_d}{N_{pl,d}} + k_M * \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} + k_V * \frac{V_{z,d}}{V_{pl,z,d}} = \underline{\underline{0,147 < 1}}$$

Gleichgewicht der Horizontalkräfte:

EB 15(1): Für die Ermittlung der Schnittkräfte an Bohlträgern darf der Erddruck unterhalb der Baugrundsohle im allgemeinen vernachlässigt werden, sofern nachgewiesen wird, dass der in der Berechnung vernachlässigte Erddruck unterhalb der Baugrundsohle zusammen mit der Auflagerkraft aus dem Bohlträger von dem gesamten zur Verfügung stehenden Erdwiderstand mit einer Sicherheit von 1,5 aufgenommen wird. Der Erdwiderstand kann mit dem Wandreibungswinkel $\delta_p = -\varphi$ ermittelt werden.



$$\begin{aligned}\delta_p &= -\varphi &= -32,50^\circ \\ K_{ph} &= \text{TAB}(\text{"Grundbau/KpKreis"}; K_{ph}; \varphi=\varphi; \delta\leq\delta_p) &= 6,77 \\ dE_{ah} &= \frac{1}{2} * ((e_{ag} + e_{ap}) * 2 + t * \gamma * K_{agh}) * t &= 28,201 \text{ kN/m} \\ E_{ph} &= \frac{1}{2} * \gamma * K_{ph} * t^2 &= 69,629 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Sicherheit:

$$\eta_H = \frac{E_{ph}}{dE_{ah} + U_h} = \underline{\underline{1,77 > 1,5}}$$

Wenn dieser Nachweis nicht erfüllt ist kann die Sicherheit für den Erdwiderstand erhöht werden.

Gleichgewicht der Vertikalkräfte:

Aus Sicherheitsgründen wird die Einbindetiefe reduziert:

$$t_n = t - 0,5 = 0,60 \text{ m}$$

Spitzenwiderstand:

$$\sigma_s = \sigma_0 + 120 * t_n = 822,00 \text{ kN/m}^2$$

Beiwerte:

$$f_t = \text{MIN}\left(1; \frac{t_n}{2,5}\right) = 0,24$$

Das Grundwasser steht in Höhe des Bohlträgerfußes:

$$f_y = 1,00$$

sonst:

$$f_y = \frac{\gamma}{\gamma'} = 1,79$$

Die Spitzenwiderstandskraft ist somit:

$$Q_s = f_t * f_y * \sigma_s * b_t * h_t = 11,44 \text{ kN}$$

Mantelreibung:

Eine Mantelreibung darf nur angesetzt werden, wenn der aktive Erddruck nicht mit positivem Wandreibungswinkel ermittelt wurde.

$$A_r = (2 * h_t + 3 * b_t) * t_n = 0,54 \text{ m}^2$$

$$Q_r = \tau_m * A_r = 37,80 \text{ kN}$$

$$f_a = \text{WENN}\left(l < 1,2; \frac{l}{1 + b_t}; 1\right) = 1,00$$

$$f_D = \text{TAB}(\text{"Grundbau/fD"}; f_D; U < U; D > D) = 1,25$$

$$Q_D = f_D * f_a * (Q_s + Q_r) = 61,55 \text{ kN}$$

Einwirkende Vertikallasten:

$$\begin{aligned}
 g &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } g; \text{ NH=NH}) &= & 0,51 \text{ kg/m} \\
 g_A &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ}_A; } g; \text{ NH=NH}_A) &= & 0,43 \text{ kg/m} \\
 \rho &= \text{GEW}(\text{"1052/Holz"; } \rho_k; \text{ FK=FK}) &= & 350,00 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bohlträger: } & g * (h1 + h + t) &= & 2,50 \text{ kN} \\
 \text{Steife: } & g_A * L/2 &= & 0,97 \text{ kN} \\
 \text{Verbaubohlen: } & l * \rho * (h + h1) * d_{\text{gew}} / 10000 &= & 2,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Eigenlast } G = \underline{\underline{5,60 \text{ kN}}}$$

Vertikaler Erddruck:

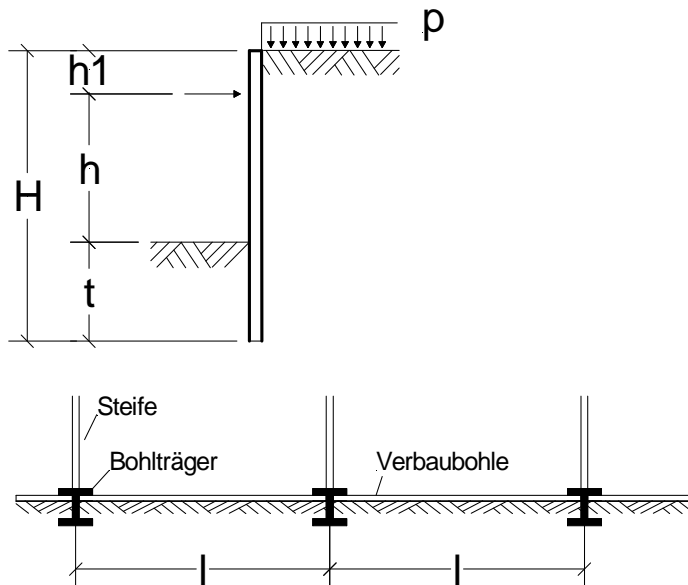
$$E_{av} = \left(e_{\text{aho}} * \frac{H}{2} + e_{\text{ahu}} * \frac{H}{2} \right) * \tan\left(\frac{2}{3} * \varphi\right) * l = 40,94 \text{ kN}$$

Nachweis der Sicherheit:

$$\eta_v = \frac{Q_g}{E_{av} + G} = \underline{\underline{1,32 > 1,30}}$$

Ist die Sicherheit nicht ausreichend, so muß die Einbindetiefe oder die Aufstandsfläche vergrößert werden. Oder die Kräfte werden anderweitig abgeleitet.

Trägerbohlwand mit Einspannung im Boden



Grundlage: Empfehlung des Arbeitskreises Baugrube

Baugrund:

Reibungswinkel φ =	30,00 °
Wichte γ =	20,00 kN/m ³
Wichte γ =	11,40 kN/m ³
Kohäsion c =	0,00 kN/m ²
zulässige Druckspannung σ_0 =	550,00 kN/m ²
mittlerer Mantelreibungswert τ_m =	60,00 kN/m ²
Lagerungsdichte D =	0,67
Ungleichförmigkeitszahl U =	5,00

System:

Abstand der Bohlträger l =	2,20 m
Höhe h =	4,00 m
Höhe h1 =	1,20 m
Träger Typ =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
Nennhöhe NH =	GEW("Stahl/Typ; NH;) = 180
Stahl =	GEW("Stahl/DIN"; Bez;) = St 37-2
$f_{y,k}$ =	TAB("Stahl/DIN"; $f_{y,k}$; Bez=Stahl)/10 = 24,00 kN/cm ²

Verbaubohlen:

Baustoff BS =	GEW("1052/F1"; B;) = Nadelholz
Festigkeitsklasse FK =	GEW("1052/Holz";FK; B=BS) = C24
Nutzungsstufe NK =	GEW("1052/F1"; N; B=BS) = 1
KLED =	GEW("1052/F1"; K;) = mittel
Bohlendicke d_{gew} =	10,00 cm

Aussteifung:

Die Auflagerkraft wird mit einem I-Profil aufgenommen und auf der gegenüberliegenden Seite abgestützt:

Träger Typ _A =	GEW("Stahl/Profile"; Bez;) = HEB
Nennhöhe NH _A =	GEW("Stahl/Typ _A ; NH;) = 160
Länge L =	5,00 m

Belastung:

$$\text{Auflast } p = 25,00 \text{ kN/m}$$

Vorbemerkungen:

Der Ansatz von aktivem Erddruck bei Trägerbohlwänden ist aufgrund der Verformungsmöglichkeit erlaubt. Gemäß Empfehlung EB 15(1) darf der Erddruck unterhalb der Baugrubensohle vernachlässigt werden, wenn sichergestellt ist, dass dies unschädlich ist.

Gemäß Empfehlung EB 4(2) darf der Wandreibungswinkel bei Trägerbohlwänden wie folgt angenommen werden, wenn die Vertikalkräfte ordnungsgemäß in den Boden abgeleitet werden.

$$\delta_a = \frac{2}{3} * \varphi = 20,00^\circ$$

Sicherheitsbeiwerte:

Sicherheit gewählt η_p =	2,00	
γ_G =	1,35	
γ_Q =	1,50	
Bemessungssituation n = GEW("Grundbau/Wider"; nLF;)		= ständige
γ_{Ep} = TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Ep} ; nLF=n)		= 1,40
γ_{Gl} = TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gl} ; nLF=n)		= 1,10
γ_{Gr} = TAB("Grundbau/Wider"; γ_{Gr} ; nLF=n)		= 1,40

Berechnung:

Nicht zu verändernde Vorwerte:

$$\alpha = 0,00^\circ$$

$$\beta = 0,00^\circ$$

$$K_{agh} = \frac{(\cos(\alpha + \varphi))^2 * \cos(\delta_a)}{(\cos(\alpha))^2 * \cos(\alpha - \delta_a) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) * \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2} = 0,279$$

Der Erddruck darf vereinfacht als Gleichlast angenommen werden, wenn

$$\frac{h}{(h + h1) * 0,7} = \underline{1,10 > 1}$$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$e_{ag} = \gamma * (h + h1) * K_{agh} = 29,02 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ag} = 0,5 * e_{ag} * (h + h1) = 75,45 \text{ kN/m}$$

$$E_{agh} = E_{ag} * \cos(\delta_a) = 70,90 \text{ kN/m}$$

$$E_{agv} = E_{ag} * \sin(\delta_a) = 25,81 \text{ kN/m}$$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$$e_{ap} = p * K_{agh} = 6,97 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ap} = e_{ap} * (h + h1) = 36,24 \text{ kN/m}$$

$$E_{aph} = E_{ap} * \cos(\delta_a) = 34,05 \text{ kN/m}$$

$$E_{apv} = E_{ap} * \sin(\delta_a) = 12,39 \text{ kN/m}$$

$$e_{ah} = \frac{e_{ag} + 2 * e_{ap}}{2} = 21,48 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ah} = (h + h1) * e_{ah} = 111,70 \text{ kN/m}$$

Auflagerung der Bohlen:

$$b_t = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } b; \text{NH=NH})/1000 = 0,18 \text{ m}$$

$$h_t = \text{TAB}(\text{"Stahl"/"Typ"; } h; \text{NH=NH})/1000 = 0,18 \text{ m}$$

Die Einbindetiefe t muß iterativ ermittelt werden, so daß die rechnerische Einbindetiefe ungefähr gleich der Vorgabe wird.

$$t = 3,40 \text{ m}$$

Keine Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$\omega_R = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Erdwider"; } \omega_R; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 1,48$$

$$\omega_K = \text{TAB}(\text{"Grundbau/Erdwider"; } \omega_K; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 1,99$$

$$\omega_{\text{ph,kü}} = \frac{t * \omega_R}{l} + \frac{4 * c * \omega_K}{\gamma * l} = 2,287$$

Keine Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$K_{\text{ph0}} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/ErdwiderK"; } K_{\text{ph}}; \varphi=\varphi; \delta_p=0) = 3,00$$

Nach DIN 4085 ist der Winkel δ_p bei Bohlträgern:

$$\delta_p = \text{WENN}(\varphi < 30; \varphi - 2,5; 27,5) = 27,50^\circ$$

$$K_{\text{ph1}} = \text{TAB}(\text{"Grundbau/ErdwiderK"; } K_{\text{ph}}; \varphi=\varphi; \delta_p=\delta_p) = 5,46$$

$$\omega_{\text{ph,mü}} = \frac{b_t}{l} * K_{\text{ph1}} + \frac{l - b_t}{l} * K_{\text{ph0}} + \frac{4 * c}{\gamma * t} * \sqrt{K_{\text{ph1}}} = 3,201$$

$$\omega_{\text{ph}} = \text{MIN}(\omega_{\text{ph,kü}}; \omega_{\text{ph,mü}}) = 2,287$$

$$K'_{\text{rh}} = \text{WENN}(\omega_{\text{ph,kü}} < \omega_{\text{ph,mü}}; 0,8; 1) * \frac{\omega_{\text{ph}}}{\eta_p} = 0,91$$

Schnittgrößen und Auflagerkräfte:

$$M_e = E_{\text{ah}} * (h - 0,5 * (h + h_1)) = 156,38 \text{ kNm/m}$$

$$N_e = 0,25 * e_{\text{ah}} * h^4 = 1374,72 \text{ kN/m}$$

$$m_e = \frac{6 * M_e}{\gamma * K'_{\text{rh}} * h^3} = 0,81$$

$$n_e = \frac{6 * N_e}{\gamma * K'_{\text{rh}} * h^5} = 0,44$$

ξ muß so gewählt werden, daß die folgende Gleichung Null ist.

$$\xi = 0,880$$

$$\xi^3 * (0,8 * \xi^2 + 2,5 * \xi + 2) - (1 + \xi)^2 * m_e - n_e = -0,02 = 0$$

Rechnerische Einbindetiefe:

$$t_0 = \xi * h = 3,52 \text{ m}$$

$$\frac{t}{t_0} = 0,97 \approx 1$$

Erforderliche Einbindetiefe

$$t_{\text{erf}} = 1,2 * t = 4,08 \text{ m}$$

Stützenkraft:

$$A = E_{\text{ah}} * \frac{M_e}{h + t} - \frac{\gamma * K'_{\text{rh}} * t^3}{6 * (h + t)} = 74,46 \text{ kN/m}$$

Feldmoment:

$$M_F = A * \left(\frac{A}{2 * e_{ah}} - h_1 \right) = 39,71 \text{ kNm/m}$$

$$M_K = e_{ah} * \frac{h_1^2}{2} = 15,47 \text{ kNm/m}$$

Korrekturen gemäß EB 13(1):

Die endgültigen Bemessungswerte werden auf den Träger-, Steifenabstand umgerechnet.

$$A' = A * \frac{h + h_1}{h} * l = 212,96 \text{ kN}$$

$$E_{aH} = E_{ah} * l = 245,74 \text{ kN}$$

Die Auflagerkraft darf durch die Korrektur nicht größer als der Gesamtdruck werden.

$$\frac{E_{ah}}{A'} = \underline{\underline{0,52 \leq 1}}$$

$$M'_F = M_F * \frac{h}{h + h_1} * l = 67,20 \text{ kNm}$$

Das Kragmoment darf nicht abgemindert werden:

$$M_K = M_k * l = 34,03 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = \text{MAX}(M'_F; M_K) = 67,20 \text{ kNm}$$

Nachweis des Trägerprofils:

$$W_y = \text{TAB}(\text{"Stahl/"Typ}; W_y; \text{NH=NH}) = 426,0 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{1,1} = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_d = 100 * \frac{M_k}{W_y} = 3,63 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,166 < 1}}$$

Verbaubohlen:

Das Moment entsteht aus Eigen- und Verkehrslasten. Der Sicherheitsfaktor wird hier, auf der sicheren Seite liegend, zu 1,5 angenommen.

$$M_B = \frac{e_{ah} * l^2}{8} * 1,5 = 19,49 \text{ kNm/m}$$

$$k_{\text{mod}} = \text{TAB}(\text{"1052/F1"}; k; \text{B=BS; K=KLED;N=NK}) = 0,80$$

$$f_{m,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; f_{m,k}; \text{FK=FK}) * 10 = 24,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = \text{TAB}(\text{"1052/Holz"}; f_{v,k}; \text{FK=FK}) = 0,200 \text{ kN/cm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,k} / 1,3 = 1,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{\text{mod}} / 1,3 = 0,123 \text{ kN/cm}^2$$

Biegespannung:

$$W_{y,vorh} = \frac{d_{gew}^2 * 100}{6} = 1666,67 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_B * 100}{W_{y,vorh}} = 1,17 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \underline{0,79 \leq 1}$$

Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{1,5 * \frac{e_{ah} * l}{2}}{1 * d_{gew} * 100} = 0,035 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{0,28 < 1}$$

Aussteifung:

$$\begin{aligned} N_{pl,d} &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"TypA"; } N_{pl,d}; \text{NH=NH}_A) &= 1180,00 \text{ kN} \\ V_{pl,z,d} &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"TypA"; } V_{pl,z,d}; \text{NH=NH}_A) &= 148,00 \text{ kN} \\ M_{pl,y,d} &= \text{TAB}(\text{"Stahl"/"TypA"; } M_{pl,y,d}; \text{NH=NH}_A) &= 77,40 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Beanspruchung:

$$N_d = A * 1,50 = 319,44 \text{ kN}$$

Nach DIN 4124 sind mindestens 1 KN/m Nutzlast anzusetzen:

$$M_{y,d} = \frac{1 * L^2}{8} * 1,5 = 4,69 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = \frac{1 * L}{2} * 1,5 = 3,75 \text{ kNm}$$

Spannungsnachweis:

$$\begin{aligned} k_N &= \text{TAB}(\text{"Beiwerte/NwMy"; } k_N; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) &= 1,00 \\ k_V &= \text{TAB}(\text{"Beiwerte/NwMy"; } k_V; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) &= 0,00 \\ k_M &= \text{TAB}(\text{"Beiwerte/NwMy"; } k_M; N/N_{pl} > N_d/N_{pl,d}; V/V_{pl} > V_{z,d}/V_{pl,z,d}) &= 0,90 \end{aligned}$$

$$k_N * \frac{N_d}{N_{pl,d}} + k_M * \frac{M_{y,d}}{M_{pl,y,d}} + k_V * \frac{V_{z,d}}{V_{pl,z,d}} = \underline{0,325 < 1}$$

Gleichgewicht der Vertikalkräfte (Versinken der Wand):

Aus Sicherheitsgründen wird die Einbindetiefe reduziert:

$$t_n = t - 0,5 = 2,90 \text{ m}$$

Spitzenwiderstand:

$$\sigma_s = \sigma_0 + 120 * t_n = 898,00 \text{ kN/m}^2$$

Beiwerte:

$$f_t = \text{MIN} \left(1 ; \frac{t_n}{2,5} \right) = 1,00$$

Das Grundwasser steht in Höhe des Bohlträgerfußes:

$$f_y = 1,00$$

sonst:

$$f_y = \frac{\gamma}{\gamma'} = 1,75$$

Die Spitzenwiderstandskraft ist somit:

$$Q_s = f_t * f_y * \sigma_s * b_t * h_t = 50,92 \text{ kN}$$

Mantelreibung:

Eine Mantelreibung darf nur angesetzt werden, wenn der aktive Erddruck nicht mit positivem Wandreibungswinkel ermittelt wurde.

$$A_r = (2 * h_t + 3 * b_t) * t_n = 2,61 \text{ m}^2$$

$$Q_r = \tau_m * A_r = 156,60 \text{ kN}$$

$$f_a = \text{WENN}(l < 1,2; \frac{l}{1 + b_t}; 1) = 1,00$$

$$f_D = \text{TAB}(\text{"Grundbau/fD"; fD; U<U; D>D}) = 1,25$$

$$Q_g = f_D * f_a * (Q_s + Q_r) = 259,40 \text{ kN}$$

Einwirkende Vertikallasten:

$$g = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ; g; NH=NH}) = 0,51 \text{ kg/m}$$

$$g_A = \text{TAB}(\text{"Stahl/Typ}_A; g; NH=NH_A}) = 0,43 \text{ kg/m}$$

$$\rho = \text{GEW}(\text{"1052/Holz"; } \rho_k; \text{FK=FK}) = 350,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Bohlträger: } g * (h_1 + h + t) = 4,39 \text{ kN}$$

$$\text{Steife: } g_A * L/2 = 1,08 \text{ kN}$$

$$\text{Verbaubohlen: } l * \rho * (h + h_1) * d_{\text{gew}} / 10000 = 4,00 \text{ kN}$$

$$\text{Eigenlast } G = \underline{\underline{9,47 \text{ kN}}}$$

Vertikaler Erddruck:

$$E_{av} = e_{ah} * (h + h_1) * \tan\left(\frac{2}{3} * \varphi\right) * l = 89,44 \text{ kN}$$

Nachweis der Sicherheit:

$$\eta_V = \frac{Q_g}{E_{av} + G} = \underline{\underline{2,62 > 1,30}}$$

Ist die Sicherheit nicht ausreichend, so muß die Einbindetiefe oder die Aufstandsfläche vergrößert werden. Oder die Kräfte werden anderweitig abgeleitet.