



Vorbemerkungen

Inhalt

Vorlagen für statische Nachweise im Grundbau nach DIN EN 1997

Hinweise zu Anwendung

Die rechenfähigen Vorlagen können mit VCmaster interaktiv genutzt werden.

Alle Vorlagen sind mit hinterlegten Tabellen verknüpft. Das erfolgt mit der TAB()- oder GEW()-Funktion. In diesem Dokument werden die Verknüpfungen dargestellt. Beim Anwenden einer Vorlage können diese Funktionen ausgeblendet werden.

Was kann VCmaster?

VCmaster wurde speziell als Dokumentationswerkzeug für Ingenieure entwickelt. In das einzigartige Softwarekonzept werden sämtliche Statik- und CAD-Programme nahtlos eingebunden. Universelle Schnittstellen gewährleisten die Datenübertragung, so dass die Ausgaben sämtlicher Programme übernommen werden können.

VCmaster bietet neben den Funktionen zur Dokumentation ein intuitives Konzept, das Ingenieuren ermöglicht, Berechnungen auszuführen. Die Eingabe von mathematischen Formeln erfolgt in natürlicher Schreibweise direkt im Dokument. Hunderte vorgefertigte Berechnungsvorlagen ergänzen das Programm. Die ausführlich kommentierten Rechenblätter automatisieren das Erstellen von Einzelnachweisen.

Diese PDF-Datei wurde komplett mit VCmaster erstellt.

Systemvoraussetzung

VCmaster ab Version 2016
Windows 7 oder höher

Entwicklung und Rechte

Entwickelt in Deutschland
VCmaster ist eine registrierte Marke
© Veit Christoph GmbH
www.VCmaster.com



Inhalt

Vorbemerkungen	1
Inhalt	2
Kapitel Grundbruch bei lotrechten Lasten	4
Grundbruch bei mittiger Last	4
Grundbruch bei homogenen Boden	7
Grundbruch bei homogenen Boden und Grundwasser	9
Grundbruch bei Schichtwechsel	11
Anfangs- und Endfestigkeit	15
Kapitel Grundbruch bei schrägen Lasten	18
Einzelfundament mit ausmittiger Belastung	18
Einzelfundament mit zweiachsiger ausmittiger Belastung	20
Einzelfundament neben einer Böschung	23
Anfangs- und Endstandfestigkeit	26
Streifenfundament mit ausmittiger Belastung	29
Streifenfundament neben einer Böschung	31
Streifenfundament neben einer Böschung (geschichteter Boden)	34
Stützwand mit geneigter Sohle	38
Kapitel Kippen und Gleiten	40
Sicherheit gegen Kippen	40
Sicherheit gegen Gleiten	42
Sicherheit gegen Gleiten an einer Grenzschicht	43
Kapitel Setzungen	45
Rechteckfundament	45
Ausmittig belastetes Rechteckfundament	47
Ausmittig belastetes Quadratfundament	49
Rechteckfundament im geschichteten Baugrund	51
Rechteckfundaments bei schrägem Schichtwechsel	53
Setzungsberechnung infolge einer Grundwasserabsenkung	55
Kapitel Stützwände	57
Schwergewichtsmauer	57
Schwergewichtsmauer mit Nachweis Grundbruch	61
Schwergewichtsmauer mit Schleppplatte	67
Winkelstützwand	71

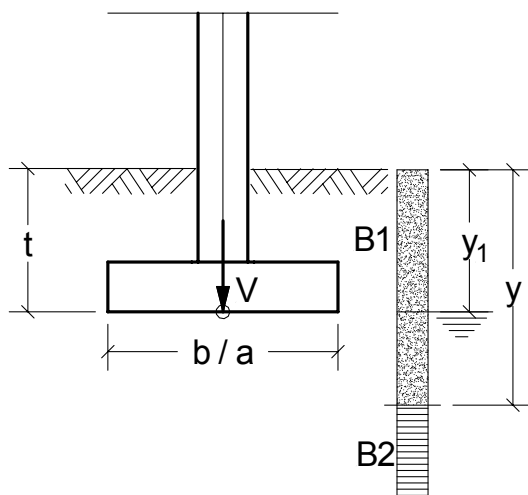


Winkelstützwand ohne Sporn	79
Kapitel Verbau	86
Trägerbohlwand	86
Trägerbohlwand eingespannt	93
Spundwand	99
Spundwand mit Verpressanker	102
Kapitel Brunnen	108
Einzelbrunnen	108
Mehrbrunnenanlage für eine Baugrube	110
Kapitel Sonstige Nachweise	113
Auftriebsnachweis Baugrube	113
Böschungsneigung	116
Kapitel Ausführliche Beispiele	117
Einzelfundament mit geneigter Sohlfuge	117
Streifenfundament mit Horizontallasten	125

Kapitel Grundbruch bei lotrechten Lasten

Grundbruch bei mittiger Last

Sicherheit gegen Grundbruch mit der "Methode des gewogenen Mittels" (DIN 4017, Beiblatt 1, Ausgabe 11.2006)



Baugrund

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\varphi_{1'}$ =	32,50 °
Wichte γ_1 =	19,00 kN/m ³
Wichte $\gamma_{1'}$ =	11,00 kN/m ³
Kohäsion $c_{1'}$ =	0,00 kN/m ²
Baugrund 2:	
Reibungswinkel $\varphi_{2'}$ =	27,50 °
Wichte $\gamma_{2'}$ =	10,50 kN/m ³
Kohäsion $c_{2'}$ =	2,00 kN/m ²
Tiefe des anstehenden Wassers y_1 =	1,80 m
Schichttiefe y =	2,70 m

System

Einbindetiefe t =	1,20 m
Tiefe a =	3,20 m
Breite b =	3,20 m

Belastung

ständige Last $V_{G,k}$ =	2,50 MN
veränderliche Last $V_{Q,k}$ =	1,30 MN

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40



Sicherheit gegen Grundbruch

Einflußtiefe:

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_1'}{2} = 61,25^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,07$$

In 1. Näherung wird die Einflußtiefe $d_{s,0}$ mit dem Reibungswinkel φ des direkt unter der Gründungssohle anstehenden Bodens berechnet

$$d_{s,0} = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_1')} = 5,55 \text{ m}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_0 = \frac{(y-t) * \varphi_1' + (d_{s,0} + t - y) * \varphi_2'}{d_{s,0}} = 28,9^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_1' - \varphi_0}{\varphi_1'} \right| * 100 = 11,1 \% > 3,0$$

Iteration:

Ist dieser Wert größer als die zulässige Abweichung von 3 % , muß er weiter iteriert werden.

gewählt $\varphi_m = 29,20^\circ$

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_m}{2} = 59,60^\circ$$

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

$$d_{si} = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_m)} = 4,94 \text{ m}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_{01} = \frac{(y-t) * \varphi_1' + (d_{si} - (y-t)) * \varphi_2'}{d_{si}} = 29,0^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta_i = \left| \frac{\varphi_m - \varphi_{01}}{\varphi_m} \right| * 100 = 0,7 \% < 3,0$$

Für die weitere Berechnung:

$$\varphi = \varphi_m = 29,20^\circ$$

$$d_s = d_{si} = 4,94 \text{ m}$$

werden die gewogenen Mittelwerte bestimmt.

$$c_m = \frac{(y-t) * c_1 + (d_s + t - y) * c_2}{d_s} = 1,39 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{2,m} = \frac{(y_1 - t) * \gamma_1 + (y - y_1) * \gamma_1 + (d_s + t - y) * \gamma_2}{d_s} = 11,62 \text{ kN/m}^3$$



Grundbruchwiderstand:

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 16,72$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 9,04$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 28,40$$



$$R_{V,k} = a * b * (c_m * N_{c0} * v_c + t * \gamma_1 * N_{d0} * v_d + \gamma_{2,m} * b * N_{b0} * v_b) = 8832,1 \text{ kN}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 6308,6 \text{ kN}$$

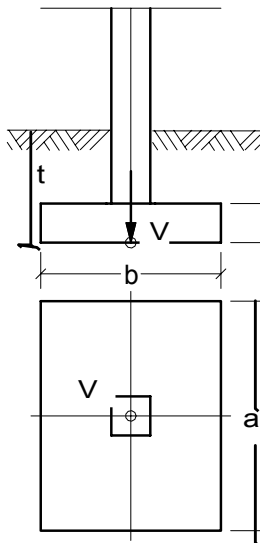
Nachweis:

$$V_d = (\gamma_G * V_{G,k} + \gamma_Q * V_{Q,k}) * 10^3 = 5325 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,84 \leq 1}}$$

Grundbruch bei homogenen Boden

Nachweis Grundbruch (GEO-2) ($e = 0$); $\delta = 0$) nach DIN 4017:2006-03
 homogener Boden; kein Schichtwechsel, keine Kohäsion, ohne Grundwassereinfluß



Baugrund

Reibungswinkel φ =	32,50 °
Wichte γ =	18,00 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers w =	5,00 m

System

Einbindetiefe t =	1,00 m
Fundamentlänge a =	3,00 m
Fundamentbreite b =	2,00 m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Belastung

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

Sicherheit gegen Grundbruch

Tiefe d_s der Grundbruchschohle:	
Eulersche Zahl e =	2,7183
α =	$45 + \frac{\varphi}{2}$ = 61,25 °
α_b =	$\alpha * \frac{\pi}{180}$ = 1,07
d_s =	$b * \sin(\alpha) * e^{\alpha_b * \tan(\varphi)}$ = 3,47 m



Prüfen auf Grundwassereinfluß:

$$\frac{d_s}{w-t} = \underline{0,87 \leq 1}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } N_{d0}; \varphi=\varphi) = 25,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } N_{b0}; \varphi=\varphi) = 15,0$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

master

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = a * b * (\gamma * t * N_{d0} * v_d + \gamma * b * N_{b0} * v_b) = 6258,6 \text{ kN}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = \mathbf{4470,4 \text{ kN}}$$

Bemessungsbeiwert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

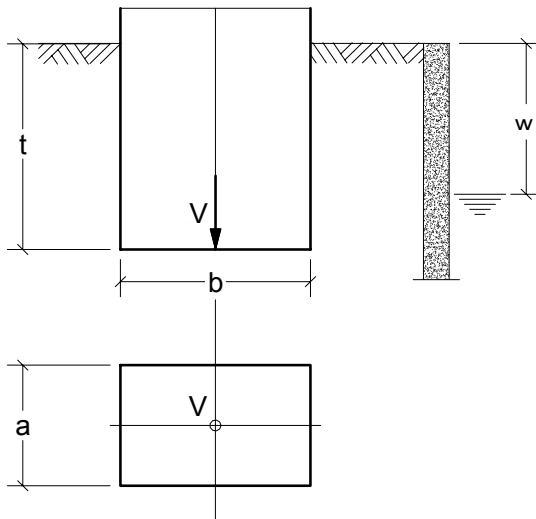
$$V_d = (V_{G,k} * \gamma_G + V_{Q,k} * \gamma_Q) * 10^3 = \mathbf{4440,0 \text{ kN}}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{0,99 \leq 1}$$

Grundbruch bei homogenen Boden und Grundwasser

Nachweis Grundbruch (GEO-2) ($e = 0$); $\delta = 0$) nach DIN 4017:2006-03
 homogener Boden mit Grundwassereinfluß; keine Kohäsion



Baugrund

Baugrund:	
Reibungswinkel $\varphi_1 =$	32,50 °
Wichte $\gamma_1 =$	18,00 kN/m ³
Wichte $\gamma_{11} =$	10,20 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers $w =$	0,60 m

System

Einbindetiefe $t =$	1,00 m
Fundamentbreite $b =$	2,00 m
Fundamenttiefe $a =$	3,00 m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	1,63 MN
veränderliche Last $V_{Q,k} =$	0,70 MN

Sicherheit gegen Grundbruch

Tiefe der Grundbruchscholle:

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

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

$$d_s = b * \sin(\alpha) * e^{\alpha_b * \tan(\varphi_1)} = 3,47 \text{ m}$$



Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi_0) = 25,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi_0) = 15,0$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

gemittelte Wichten (Grundwasser oberhalb der Fundamentsohle!)

$$\gamma_{1,m} = \frac{w \cdot \gamma_1 + (t-w) \cdot \gamma_1}{t} = 14,88 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = \gamma_1 = 10,20 \text{ kN/m}^3$$

Sohlwasserdruck (entlastend)

$$D = 10 \cdot (t-w) \cdot a \cdot b = 24,0 \text{ kN}$$

Grundbruchwiderstand

$$R_{V,k} = a \cdot b \cdot (\gamma_{1,m} \cdot t \cdot N_{d0} \cdot v_d + \gamma_2 \cdot b \cdot N_{b0} \cdot v_b) = 4504,3 \text{ kN}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 3217,4 \text{ kN}$$

Bemessungsbeiwert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

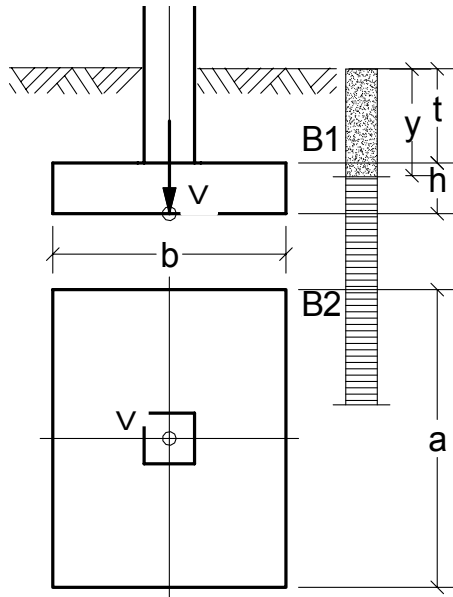
$$V_d = ((V_{G,k} - D \cdot 10^{-3}) \cdot \gamma_G + V_{Q,k} \cdot \gamma_Q) \cdot 10^3 = 3218,1 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{1,00 \leq 1}}$$

Grundbruch bei Schichtwechsel

Nachweis Grundbruch (GEO-2) ($e = 0$); $\delta = 0$) nach DIN 4017:2006-03
 Voraussetzungen: ein Schichtwechsel ; keine Kohäsion; kein Wasser



Baugrund

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\varphi_1 =$	32,50 °
Wichte $\gamma_1 =$	20,00 kN/m ³
Schichttiefe $y =$	0,50 m
Baugrund 2:	
Reibungswinkel $\varphi_2 =$	32,50 °
Wichte $\gamma_2 =$	18,00 kN/m ³

System

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

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	2,08 MN
veränderliche Last $V_{Q,k} =$	0,89 MN



Sicherheit gegen Grundbruch

Tiefe der Grundbruchscholle:

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_1}{2} = 61,25^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 \cdot \frac{\pi}{180} = 1,07$$

$$d_s = b \cdot \sin(\alpha_1) \cdot e^{\alpha_{b1} \cdot \tan(\varphi_1)} = 3,47 \text{ m}$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{d0}; \varphi=\varphi_1) = 25,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{b0}; \varphi=\varphi_1) = 15,0$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Grundbruchwiderstand:

$$\gamma_{11} = \frac{y \cdot \gamma_1 + (t + h - y) \cdot \gamma_2}{t + h} = 19,00 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{1,m} = \text{WENN}((t+h)>y; \gamma_{11}; \gamma_1) = 19,00 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{21} = \frac{(y - h - t) \cdot \gamma_1 + (d_s + h + t - y) \cdot \gamma_2}{d_s} = 17,71 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{2,m} = \text{WENN}((t+h)<y; \gamma_{21}; \gamma_2) = 18,00 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{V,k} = a \cdot b \cdot (\gamma_{1,m} \cdot (t+h) \cdot N_{d0} \cdot v_d + \gamma_{2,m} \cdot b \cdot N_{b0} \cdot v_b) = 6462,3 \text{ kN}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 4615,9 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

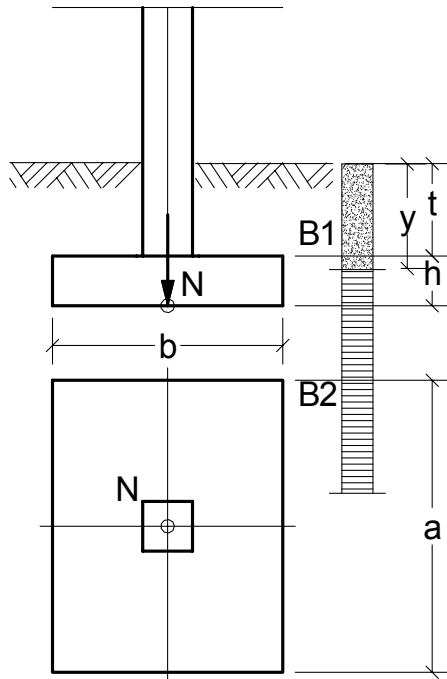
$$V_d = (V_{G,k} \cdot \gamma_G + V_{Q,k} \cdot \gamma_Q) \cdot 10^3 = 4143,0 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,90 \leq 1}}$$

Grundbruch bei Schichtwechsel und Grundwasser

Nachweis Grundbruch (GEO-2) ($e = 0$); $\delta = 0$) nach DIN 4017:2006-03
ein Schichtwechsel; Wasser unterhalb der Sohle ($w > h + t$), aber in der Grundbruchsolle.



Baugrund

Baugrund 1:	
Reibungswinkel φ_{11} =	32,50 °
Wichte γ_1 =	20,00 kN/m ³
Wichte γ'_{11} =	10,20 kN/m ³
Schichttiefe y =	0,80 m
Baugrund 2:	
Reibungswinkel φ_{22} =	32,50 °
Wichte γ_2 =	18,00 kN/m ³
Wichte γ'_{22} =	10,20 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers w =	2,00 m

System

Fundamentdicke h =	0,60 m
Überschüttung t =	0,40 m
Fundamentlänge a =	3,00 m
Fundamentbreite b =	2,00 m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Belastung

ständige Last $V_{G,k}$ =	2080,0 kN
veränderliche Last $V_{Q,k}$ =	890,0 kN



Sicherheit gegen Grundbruch

Tiefe der Grundbruchscholle:

$$\alpha_1 = 45 + \frac{\varphi_1}{2} = 61,25^\circ$$

$$\alpha_{b1} = \alpha_1 * \frac{\pi}{180} = 1,07$$

$$d_s = b * \sin(\alpha_1) * e^{\alpha_{b1} * \tan(\varphi_1)} = 3,47 \text{ m}$$

$$\frac{w-(h+t)}{d_s} = \underline{0,29 \leq 1}$$

⇒ Grundwasser liegt in der Grundbruchscholle.

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{d0}; \varphi=\varphi_1) = 25,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{b0}; \varphi=\varphi_1) = 15,0$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\gamma_{21} = \frac{(w-t-h) * \gamma_1 + (y-w) * \gamma_1 + (d_s + h + t - y) * \gamma_2}{d_s} = 13,02 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{22} = \frac{(y-t-h) * \gamma_1 + (w-y) * \gamma_2 + (d_s + h + t - w) * \gamma_2}{d_s} = 12,33 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{23} = \frac{(w-h-t) * \gamma_2 + (d_s + h + t - w) * \gamma_2}{d_s} = 12,45 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{2,m} = \text{WENN}((t+h) < y; \text{WENN}(w < y; \gamma_{21}; \gamma_{22}); \gamma_{23}) = 12,45 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{V,k} = a * b * (\gamma_{1,m} * (t+h) * N_{d0} * v_d + \gamma_{2,m} * b * N_{b0} * v_b) = 5785,3 \text{ kN}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 4132,4 \text{ kN}$$

Bemessungsbeiwert der Beanspruchung senkrecht zur Fundamentsohle:

$$V_d = (V_{G,k} * \gamma_G + V_{Q,k} * \gamma_Q) = 4143,0 \text{ kN}$$

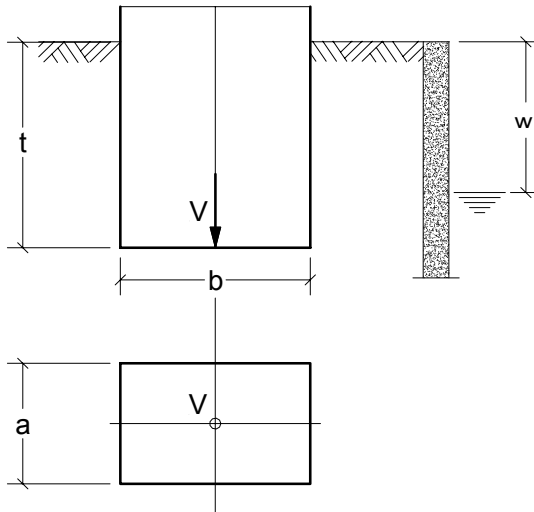
Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{1,00 \leq 1}$$



Anfangs- und Endfestigkeit

Nachweis Grundbruch (GEO-2) ($e = 0$); $\delta = 0$) nach DIN 4017:2006-03
für den Anfangs- und die Endfestigkeit; homogener Boden mit Grundwasser



Baugrund

Wichte γ =	19,50 kN/m ³
Wichte γ_s =	9,50 kN/m ³
Endfestigkeit	
Kohäsion c' =	5,00 kN/m ²
Reibungswinkel φ_s =	22,50 °
Anfangsfestigkeit	
Reibungswinkel φ_u =	0,00 °
Kohäsion c_u =	25,00 kN/m ²
Wasser γ_w =	10,00 kN/m ³
Tiefe des anstehenden Wassers w =	1,80 m

System

Einbindetiefe t =	2,50 m
Fundamentlänge a =	2,50 m
Fundamentbreite b =	2,00 m

Belastung

ständige Last $V_{G,k}$ =	500,0 kN
veränderliche Last $V_{Q,k}$ =	150,0 kN



Sicherheit gegen Grundbruch

Sohlwasserdruckkraft:

$$D = \text{MAX}(\gamma_w * (t - w) * a * b; 0) = 35,00 \text{ kN}$$

Grundbruchwiderstand für die Anfangsfestigkeit (φ_u, c_u)

Einwirkung:

$$\text{Zustand } Z = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE"; } Z;) \quad \text{S\#R. GEO-2}$$

$$\text{Bem.situation BS} = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE"; } BS;) \quad = \text{BS-T}$$

$$\gamma_G = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE"; } BW; Z=Z; BS=BS; E=\text{"\gamma G"}) \quad = 1,20$$

$$\gamma_Q = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE"; } BW; Z=Z; BS=BS; E=\text{"\gamma Q"}) \quad = 1,30$$

Widerstand:

$$\gamma_{R,v} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW"; } BW; Z=Z; BS=BS; W=\text{"\gamma Rv"}) \quad = 1,30$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } Nd0; \varphi=\varphi_u) \quad = 1,00$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } Nb0; \varphi=\varphi_u) \quad = 0,00$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } Nc0; \varphi=\varphi_u) \quad = 5,14$$

Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab .2:

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

$$v_b = \text{WENN}(a=b; 0,7; 1 - 0,3 * \frac{b}{a}) \quad = 0,76$$

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

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = a * b * (c_u * N_{c0} * v_c + (w * \gamma + (t-w) * \gamma_s) * N_{d0} * v_d + v_d * \gamma * b * N_{b0} * v_b) \quad = 959,0 \text{ kN}$$

$$R_{V,d,E} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} \quad = 737,7 \text{ kN}$$

Anfangsstandsicherheit (BS-T)

$$V_d = \gamma_G * (V_{G,k} - D) + \gamma_Q * V_{Q,k} \quad = 753,0 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d,E}} = \underline{\underline{1,02 \leq 1}}$$



Grundbruchwiderstand für die Endfestigkeit (φ' , c')

Einwirkung:

$$\text{Zustand Z} = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE";Z;}) \quad \text{S\#R. GEO-2}$$

$$\text{Bem.situation BS} = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE";BS;}) \quad = \text{BS-P}$$

$$\gamma_G = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="G"}) \quad = 1,35$$

$$\gamma_Q = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="Q"}) \quad = 1,50$$

Widerstand:

$$\gamma_{R,v} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="Rv"}) \quad = 1,40$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; \varphi=\varphi_0}) \quad = 8,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; \varphi=\varphi_0}) \quad = 3,0$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; \varphi=\varphi_0}) \quad = 17,50$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie
Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$v_c = \text{WENN}(\varphi_0 = 0; \text{WENN}(a=b; 1,2; 1 + 0,2 \cdot \frac{b \cdot v_d \cdot N_{d0}^{-1}}{a}); \frac{b \cdot v_d \cdot N_{d0}^{-1}}{N_{d0} - 1}) \quad = 1,35$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = a \cdot b \cdot (c' \cdot N_{c0} \cdot v_c + (w \cdot \gamma + \text{MAX}(t-w; 0) \cdot \gamma_0) \cdot N_{d0} \cdot v_d + \gamma' \cdot b \cdot N_{b0} \cdot v_b) \quad = 2994,9 \text{ kN}$$

$$R_{V,d,E} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} \quad = 2139,2 \text{ kN}$$

Endstandsicherheit (BS-P):

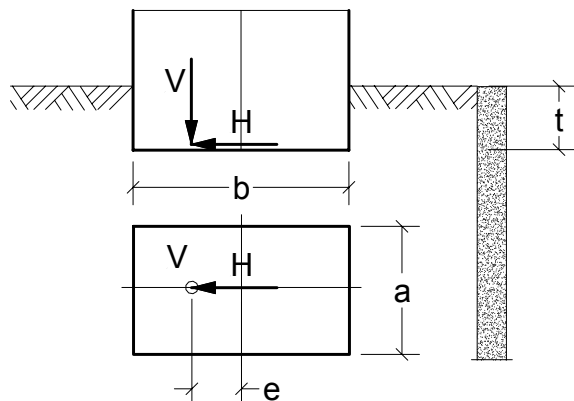
$$V_d = \gamma_G \cdot (V_{G,k} - D) + \gamma_Q \cdot V_{Q,k} \quad = 852,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d,E}} = \underline{\underline{0,40 \leq 1}}$$

Kapitel Grundbruch bei schrägen Lasten

Einzelfundament mit ausmittiger Belastung

Nachweis Grundbruch bei schräger, ausmittiger Belastung ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03
homogener Boden; kein Grundwasser



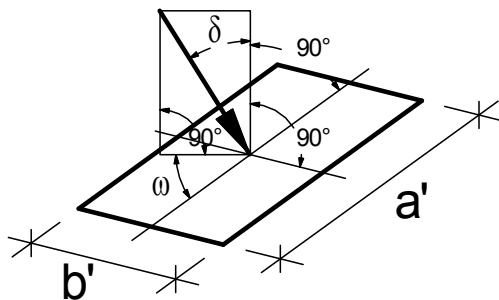
Für den dargestellten Gründungskörper wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund

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

System

Einbindetiefe $t =$	1,50 m
Länge $a =$	2,00 m
Breite $b =$	3,40 m
Ausmitte $e_L =$	0,80 m



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

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	1000,0 kN
ständige Last $H_{G,k} =$	100,0 kN
Verkehrslast $V_{Q,k} =$	0,0 kN
Verkehrslast $H_{Q,k} =$	0,0 kN

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40



Sicherheit gegen Grundbruch

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$\begin{aligned} a'' &= a &= & 2,00 \text{ m} \\ b'' &= b - 2 * e_L &= & 1,80 \text{ m} \\ a' &= \text{MAX}(a'' ; b'') &= & 2,00 \text{ m} \\ b' &= \text{MIN}(a'' ; b'') &= & 1,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{V_{G,k} + V_{Q,k}} \right) = 5,71^\circ$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} N_{d0} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) &= & 8,0 \\ N_{b0} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) &= & 3,0 \\ N_{c0} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) &= & 17,50 \end{aligned}$$

Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 2:



$$m = m_a * \cos(\omega)^2 + m_b * \sin(\omega)^2 = 1,526$$

⇒ Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 3:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,851$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,766$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left| 1 - \frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{a' * b' * c'} \right|}) = 0,830$$

Grundbruchwiderstand (BS-P):

$$V_d = V_{G,k} * \gamma_G + V_{Q,k} * \gamma_Q = 1350,0 \text{ kN}$$

$$H_d = H_{G,k} * \gamma_G + H_{Q,k} * \gamma_Q = 135,0 \text{ kN}$$

$$R_{V,k} = a' * b' * (c * N_{c0} * v_c * i_c + \gamma * t * N_{d0} * v_d * i_d + \gamma * b' * N_{b0} * v_b * i_b) = 1539,7 \text{ kN}$$

Nachweis:

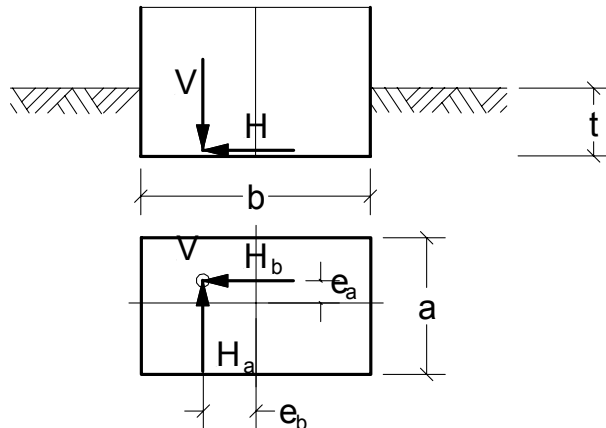
$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 1099,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{1,23 \leq 1}}$$

Einzelfundament mit zweiachsiger ausmittiger Belastung

DIN EN 1997-1/NA:2010-12 - NDP Zu Anhang D

Der Grundbruchwiderstand ist nach DIN 4017 (siehe DIN 1054:2010-12) zu ermitteln; homogener Boden, kein Grundwasser



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 $V_{G,k} =$	3000,0 kN
Vertikallast $V_{Q,k} =$	0,0 kN
Horizontallast $H_{Q,a,k} =$	210,0 kN
Horizontallast $H_{Q,b,k} =$	250,0 kN

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,20
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,30
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,30

Sicherheit gegen Grundbruch

Ermittlung der Ersatzfläche:		
$a'' =$	$a - 2 \cdot e_a$	= 2,50 m
$b'' =$	$b - 2 \cdot e_b$	= 3,00 m
$a' =$	MAX(a'' ; b'')	= 3,00 m
$b' =$	MIN(a'' ; b'')	= 2,50 m



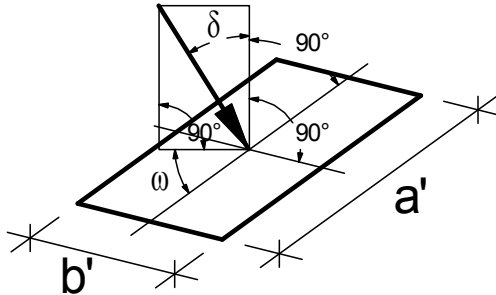
Resultierende Horizontallast:

$$H_R = \sqrt{H_{Q,a,k}^2 + H_{Q,b,k}^2} = 326,5 \text{ kN}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_R}{V_{G,k}}\right) = 6,2^\circ$$

Lastwinkel :



$$\omega_1 = \text{acos}\left(\frac{H_{Q,b,k}}{H_R}\right) = 40,0^\circ$$

$$\omega = \text{WENN}(b' \leq a'; \omega_1; 90 - \omega_1) = 50,0^\circ$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 33,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 23,0$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 46,00$$

Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 2:

Software zur Dokumentation und Berechnung

Cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$m = m_a * \cos(\omega)^2 + m_b * \sin(\omega)^2 = 1,508$$

⇒ Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 3:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,841$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,749$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left| 1 - \frac{H_R}{a' * b' * c'} \right|}) = 0,836$$



Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = a' \cdot b' \cdot (c \cdot N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c + \gamma \cdot t \cdot N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d + \gamma \cdot b' \cdot N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b) = 10448,0 \text{ kN}$$

Nachweis:

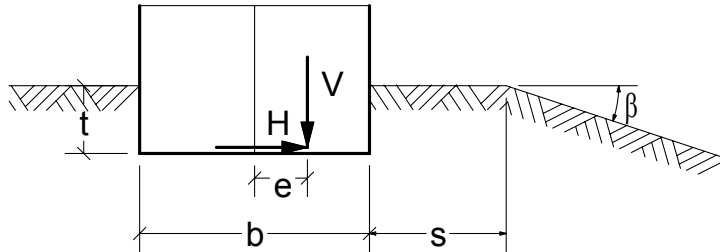
$$V_d = V_{G,k} \cdot \gamma_G + V_{Q,k} \cdot \gamma_Q = 3600,0 \text{ kN}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 8036,9 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,45 \leq 1}}$$

Einzelfundament neben einer Böschung

Nachweis Grundbruch bei schräger, ausmittiger Belastung ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03 homogener Boden, kein Grundwasser



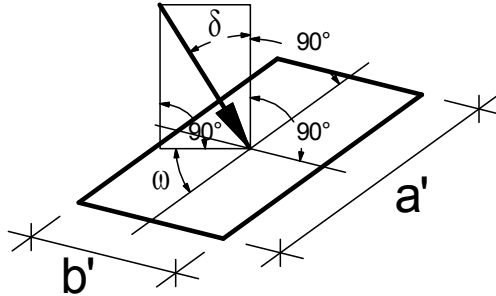
Für das dargestellte Einzelfundament wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	35,00 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³
Kohäsion $c =$	0,00 kN/m ²

System

Einbindetiefe $t =$	1,40 m
Breite $b =$	3,00 m
Länge $a =$	3,00 m
Geländeneigung $\beta =$	20,00 °
Bermenbreite $s =$	0,00 m
Ausmitte $e_L =$	0,00 m



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

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	2880,0 kN
ständige Last $H_{G,k} =$	0,0 kN
Verkehrslast $V_{Q,k} =$	1000,0 kN
Verkehrslast $H_{Q,k} =$	0,0 kN

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40



Sicherheit gegen Grundbruch

Reduzierte Breite:

$$\begin{aligned} a'' &= a &= & 3,00 \text{ m} \\ b'' &= b - 2 * e_L &= & 3,00 \text{ m} \\ a' &= \text{MAX}(a'' ; b'') &= & 3,00 \text{ m} \\ b' &= \text{MIN}(a'' ; b'') &= & 3,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} N_{d0} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } N_{d0}; \varphi=\varphi) &= & 33,0 \\ N_{b0} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } N_{b0}; \varphi=\varphi) &= & 23,0 \\ N_{c0} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; } N_{c0}; \varphi=\varphi) &= & 46,0 \end{aligned}$$



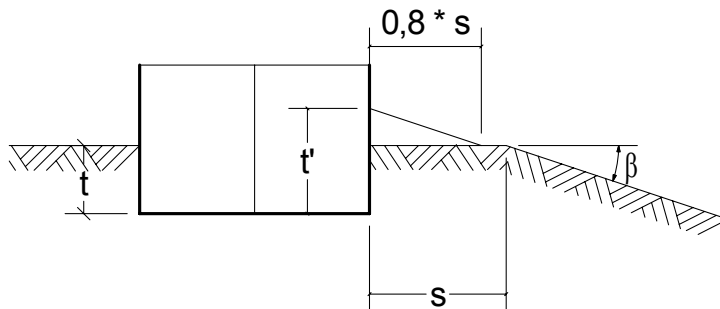
Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_{d0} * e^{-0,0349 * \beta * \tan(\varphi)} - 1}{N_{d0} - 1}; 1 - 0,4 * \tan(\beta)) = 0,601$$

Die Breite der Berme wird über eine Ersatzeinbindetiefe berücksichtigt:



$$t' = t + 0,8 * s * \tan(\beta) = 1,40 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{V_{G,k} + V_{Q,k}} \right) = 0,00^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 1,000$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 1,000$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 1) = 1,000$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k,1} = a' * b' * (c * N_{c0} * i_c * \lambda_c * v_c + \gamma * t' * N_{d0} * i_d * \lambda_d * v_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b * v_b * \lambda_b) = 7330,5 \text{ kN}$$



Vergleichsrechnung

Gemäß DIN 4017: 2006-03, Abschnitt 7.2.8 $\Rightarrow \beta = 0^\circ$ und $t' = t$:

Geländeneigungsbeiwerte aus DIN 4017, Tab. 4:

$$\lambda_d = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - \tan(\varphi))^{1,9}; 1,0) = 1,000$$

$$\lambda_b = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - 0,5 * \tan(\varphi))^6; 0) = 1,000$$

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_{d0} * e^{-0,0349 * \varphi * \tan(\varphi)} - 1}{N_{d0} - 1}; 1 - 0,4 * \tan(\varphi)) = 1,000$$

Grundbruchwiderstand:

$$V_d = V_{G,k} * \gamma_G + V_{Q,k} * \gamma_Q = 5388,0 \text{ kN}$$

$$H_d = H_{G,k} * \gamma_G + H_{Q,k} * \gamma_Q = 0,0 \text{ kN}$$

$$R_{V,k,2} = a' * b' * (c * N_{c0} * i_c * \lambda_c * v_c + \gamma * t * N_{d0} * i_d * \lambda_d * v_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b * \lambda_b * v_b) = 19605,0 \text{ kN}$$

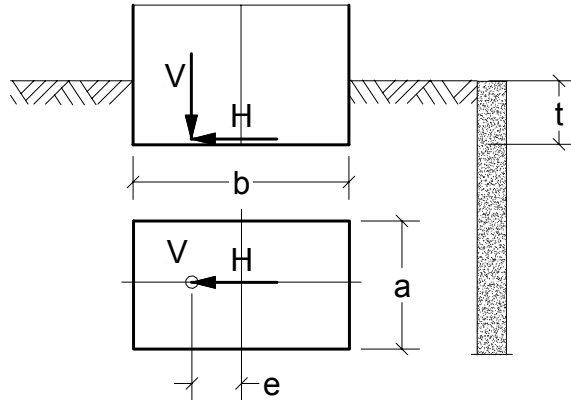
Nachweis:

$$R_{V,d} = \text{MIN}\left(\frac{R_{V,k,1}}{\gamma_{R,v}}; \frac{R_{V,k,2}}{\gamma_{R,v}}\right) = 5236,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{1,03 \leq 1}}$$

Anfangs- und Endstandfestigkeit

Nachweis Grundbruch bei schräger, ausmittiger Belastung ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03 für den Anfangs- und die Endfestigkeit; homogener Boden; kein Grundwasser



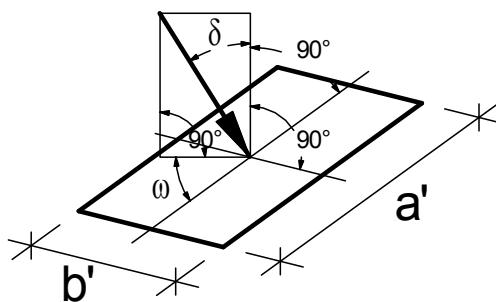
Für den dargestellten Gründungskörper wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund

Wichte $\gamma =$	19,50 kN/m ³
Endfestigkeit:	
Reibungswinkel $\varphi =$	22,50 °
Kohäsion $c =$	5,00 kN
Anfangsfestigkeit:	
Reibungswinkel $\varphi_u =$	0,00 °
Kohäsion $c_u =$	30,00 kN/m ²

System

Einbindetiefe $t =$	1,50 m
Länge $a =$	2,00 m
Breite $b =$	3,40 m
Ausmitte $e_L =$	0,30 m



Lastwinkel $\omega =$	0,00 °
-----------------------	--------

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	1000,0 kN
ständige Last $H_{G,k} =$	100,0 kN
Verkehrslast $V_{Q,k} =$	0,0 kN
Verkehrslast $H_{Q,k} =$	0,0 kN



Sicherheitsbeiwerte:

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	= STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,20
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,30
Widerstand:		
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,30

Sicherheit gegen Grundbruch

Ermittlung der Ersatzfläche:		
a'' =	a	= 2,00 m
b'' =	b - 2 * e _L	= 2,80 m
a' =	MAX(a'' ;b'')	= 2,80 m
b' =	MIN(a'' ;b'')	= 2,00 m

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{V_{G,k} + V_{Q,k}} \right) = 5,71^\circ$$

Grundbruchwiderstand für die Anfangsfestigkeit (φ_u, c_u)

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

N_{d0} =	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; $\varphi=\varphi_u$)	= 1,0
N_{b0} =	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; $\varphi=\varphi_u$)	= 0,0
N_{c0} =	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; $\varphi=\varphi_u$)	= 5,14



$$m = m_a * \cos(\omega)^2 + m_b * \sin(\omega)^2 = 1,417$$

⇒ Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 3:

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

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

$$i_c = \text{WENN}(\varphi_u > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{1 - \frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{a' * b' * c'}}) = 0,818$$



Grundbruchwiderstand:

$$V_d = V_{G,k} \cdot \gamma_G + V_{Q,k} \cdot \gamma_Q = 1200,0 \text{ kN}$$

$$H_d = H_{G,k} \cdot \gamma_G + H_{Q,k} \cdot \gamma_Q = 120,0 \text{ kN}$$

$$R_{V,k} = a' \cdot b' \cdot (c_u \cdot N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c + \gamma \cdot t \cdot N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d + \gamma \cdot b' \cdot N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b) = 971,2 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$R_{V,d,A} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 747,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d,A}} = \underline{1,61 \leq 1}$$

Grundbruchwiderstand für die Endfestigkeit (φ, c)

Einwirkung:

$$\text{Bem.situation BS} = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE";BS;}) = \text{BS-P}$$

$$\gamma_G = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="}\gamma\text{G"}) = 1,35$$

$$\gamma_Q = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="}\gamma\text{Q"}) = 1,50$$

Widerstand:

$$\gamma_{R,v} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma\text{Rv"}) = 1,40$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; }\varphi=\varphi) = 8,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; }\varphi=\varphi) = 3,0$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; }\varphi=\varphi) = 17,50$$

Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 2:

$$v_d = \text{WENN}(a'=b'; 1 + \sin(\varphi); 1 + b' / a' \cdot \sin(\varphi)) = 1,273$$

$$v_b = \text{WENN}(a'=b'; 0,7; 1 - 0,3 \cdot b' / a') = 0,786$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; \text{WENN}(a'=b'; 1,2; 1 + 0,2 \cdot b' / a'); \frac{v_d \cdot N_{d0}^{-1}}{N_{d0} - 1}) = 1,312$$

⇒ Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 3:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) \cdot (1 - 0,0244 \cdot \delta)^{0,03 + 0,04 \cdot \varphi}); 1) = 0,861$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) \cdot (1 - 0,04 \cdot \delta)^{0,64 + 0,028 \cdot \varphi}); 1) = 0,775$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d \cdot N_{d0}^{-1}}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{a' \cdot b' \cdot c'}}) = 0,841$$

Grundbruchwiderstand (BS-P):

$$V_d = V_{G,k} \cdot \gamma_G + V_{Q,k} \cdot \gamma_Q = 1350,0 \text{ kN}$$

$$H_d = H_{G,k} \cdot \gamma_G + H_{Q,k} \cdot \gamma_Q = 135,0 \text{ kN}$$

$$R_{V,k} = a' \cdot b' \cdot (c \cdot N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c + \gamma \cdot t \cdot N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d + \gamma \cdot b' \cdot N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b) = 2376,0 \text{ kN}$$

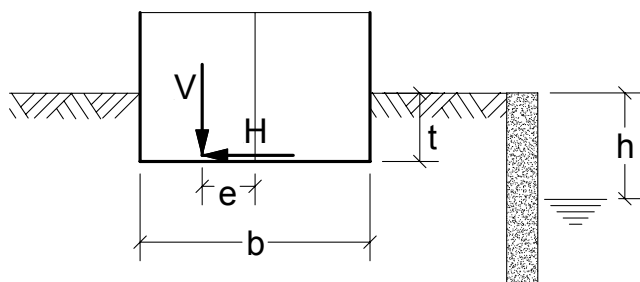
Nachweis:

$$R_{V,d,E} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 1697,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d,E}} = \underline{0,80 \leq 1}$$

Streifenfundament mit ausmittiger Belastung

Nachweis Grundbruch ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03; homogener Boden mit Grundwasser



Für das 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 =	0,00 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 $V_{G,k}$ =	500,0 kN
ständige Last $H_{G,k}$ =	80,0 kN
Verkehrslast $V_{Q,k}$ =	100,0 kN
Verkehrslast $H_{Q,k}$ =	25,0 kN

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Sicherheit gegen Grundbruch

Ausmittigkeit der Resultierenden:

$$e_L / (b/3) = \underline{\underline{0,42 \leq 1}}$$

Reduzierte Breite:

$$b' = b - 2 * e_L = 1,80 \text{ m}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

N_{d0} =	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; $\varphi=\varphi$)	= 33,0
N_{b0} =	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; $\varphi=\varphi$)	= 23,0
N_{c0} =	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; $\varphi=\varphi$)	= 46,0



Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 2 (Streifenfundament):



Tiefe der Grundbruchscholle:

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

$$\alpha = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 2,082$$

$$\alpha_2 = \text{atan}\left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - (\tan(\vartheta))^2}\right) = 76,29^\circ$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 48,79^\circ$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,852$$

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

$$\eta = (d_s + t) / h = 1,77$$

bei $\eta > 1 \Rightarrow$ Grundwasser liegt in der Grundbruchscholle:

$$\gamma_{21} = \frac{(h - t) * \gamma + (d_s - h + t) * \gamma_w}{d_s} = 14,25 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = \text{WENN}(\eta < 1; \gamma; \gamma_{21}) = 14,25 \text{ kN/m}^3$$

Grundbruchwiderstand:

$$V_d = V_{G,k} * \gamma_G + V_{Q,k} * \gamma_Q = 825,0 \text{ kN}$$

$$H_d = H_{G,k} * \gamma_G + H_{Q,k} * \gamma_Q = 145,5 \text{ kN}$$

$$R_{V,k} = b' * (c * N_{c0} * i_c + \gamma * t * N_{d0} * i_d + \gamma_2 * b' * N_{b0} * i_b) = 1287,5 \text{ kN/m}$$

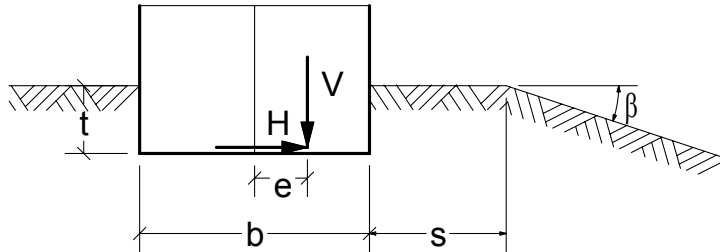
Nachweis:

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 919,6 \text{ kN/m}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,90 \leq 1}}$$

Streifenfundament neben einer Böschung

Nachweis Grundbruch bei schräger, ausmittiger Belastung ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03 homogener Boden ohne Grundwassereinfluß



Für das dargestellte Streifenfundament wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	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
Geländeneigung $\beta =$	20,00 °
Bermenbreite $s =$	2,00 m
Ausmitte $e_L =$	0,20 m

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	200,0 kN/m
ständige Last $H_{G,k} =$	10,00 kN/m
Verkehrslast $V_{Q,k} =$	0,0 kN/m
Verkehrslast $H_{Q,k} =$	0,0 kN/m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Sicherheit gegen Grundbruch

Reduzierte Breite:

$$b' = b - 2 * e_L = 1,10 \text{ m}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{d0}; \varphi=\varphi) = 14,0$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{b0}; \varphi=\varphi) = 7,0$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{c0}; \varphi=\varphi) = 25,0$$

→ bei einem Streifenfundament werden die Werte $v_{d'}$, $v_{b'}$, v_c alle zu 1,0!

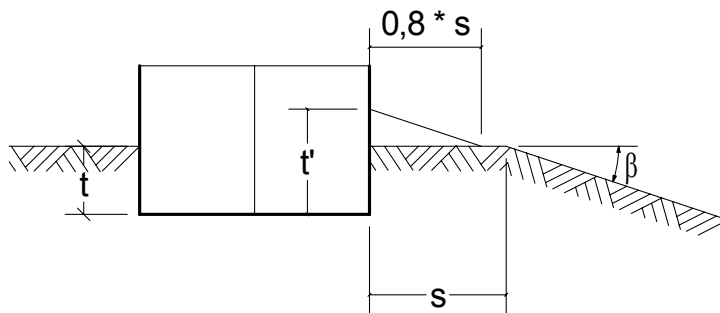
Geländeneigungsbeiwerte aus DIN 4017, Tab. 4:

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

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

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_{d0} * e^{-0,0349 * \beta * \tan(\varphi)} - 1}{N_{d0} - 1}; 1 - 0,4 * \tan(\beta)) = 0,672$$

Die Breite der Berme wird über eine Ersatzeinbindetiefe berücksichtigt:



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

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{V_{G,k} + V_{Q,k}}\right) = 2,86^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,903$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,857$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 1) = 0,896$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k,1} = b' * (c * N_{c0} * i_c * \lambda_c + \gamma * t' * N_{d0} * i_d * \lambda_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b * \lambda_b) = 244,2 \text{ kN}$$



Vergleichsrechnung

Gemäß DIN 4017: 2006-03, Abschnitt 7.2.8 $\Rightarrow \beta = 0^\circ$ und $t' = t$:

Geländeneigungsbeiwerte aus DIN 4017, Tab. 4:

$$\lambda_d = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - \tan(0))^{1,9}; 1,0) = 1,000$$

$$\lambda_b = \text{WENN}(\varphi > 0; (1 - 0,5 * \tan(0))^6; 0) = 1,000$$

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_{d0} * e^{-0,0349 * 0 * \tan(\varphi)} - 1}{N_{d0} - 1}; 1 - 0,4 * \tan(0)) = 1,000$$

Grundbruchwiderstand:



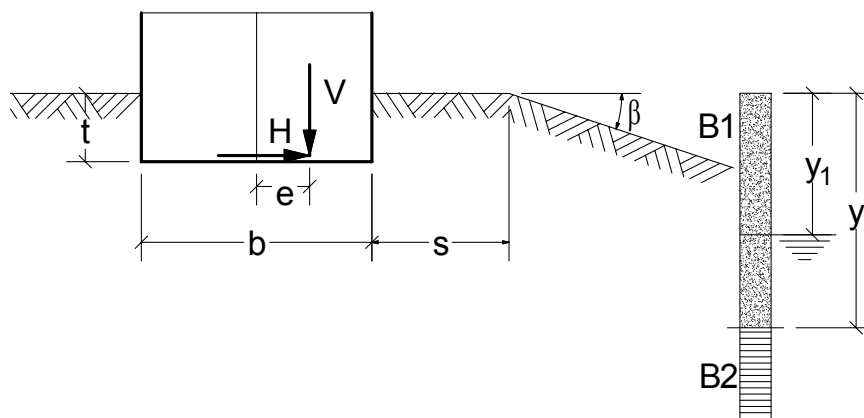
Nachweis:

$$R_{V,d} = \text{MIN}\left(\frac{R_{V,k,1}}{\gamma_{R,v}}; \frac{R_{V,k,2}}{\gamma_{R,v}}\right) = 174,4 \text{ kN}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{1,55 \leq 1}$$

Streifenfundament neben einer Böschung (geschichteter Boden)

Nachweis Grundbruch bei schräger, ausmittiger Belastung ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03 geschichteter Boden mit Grundwassereinfluß



Baugrund

Baugrund 1:	
Reibungswinkel $\varphi_1 =$	32,50 °
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 $\varphi_2 =$	22,50 °
Wichte $\gamma_2 =$	11,00 kN/m ³
Kohäsion $c_2 =$	2,50 kN/m ²

System

Einbindetiefe $t =$	1,50 m
Breite $b =$	3,20 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 $V_{G,k} =$	500,0 kN/m
ständige Last $H_{G,k} =$	80,00 kN/m
Verkehrslast $V_{Q,k} =$	100,0 kN/m
Verkehrslast $H_{Q,k} =$	25,0 kN/m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,20
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,30
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,30



Sicherheit gegen Grundbruch

Ausmittigkeit der Resultierenden:

$$e_L / (b/3) = \underline{0,19 \leq 1}$$

Reduzierte Breite:

$$b' = b - 2 * e_L = 2,80 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{V_{G,k} + V_{Q,k}} \right) = 9,93^\circ$$

Tiefe der Grundbruchscherle ($e \neq 0; 0 < \delta < \varphi$)

$$\vartheta = 45 - \frac{\varphi_1}{2} = 28,75^\circ$$

$$a = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 1,996$$

$$\alpha_2 = \text{atan} \left(a + \sqrt{a^2 - (\tan(\vartheta))^2} \right) = 75,67^\circ$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 46,92^\circ$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,819$$

In 1. Näherung wird die Einflußtiefe $d_{s,0}$ mit dem Reibungswinkel φ des direkt unter der Gründungssohle anstehenden Bodens berechnet:

$$d_{s,0} = b' * \sin(\vartheta_2) * e^{\vartheta_b * \tan(\varphi_1)} = 3,45 \text{ m}$$

$$\eta = (d_{s,0} + t) / y_1 = 2,91$$

bei $> 1 \Rightarrow$ Grundwasser liegt in der Grundbruchscherle:

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_0 = \frac{(y - t) * \varphi_1 + (d_{s,0} - (y - t)) * \varphi_2}{d_{s,0}} = 27,72^\circ$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{\varphi_1} \right| * 100 = 14,71 \%$$



Iteration:

Ist dieser Wert größer als die zulässige Abweichung von 3 % , muß er weiter iteriert werden.

gewählt $\varphi_m =$ **28,70 °**

$$\vartheta = 45 - \frac{\varphi_m}{2} = 30,65 °$$

$$a = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 1,853$$

$$\alpha_2 = \text{atan} \left(a + \sqrt{a^2 - (\tan(\vartheta))^2} \right) = 74,51 °$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 43,86 °$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,766$$

$$d_{si} = b * \sin(\vartheta_2) * e^{\vartheta_b * \tan(\varphi_m)} = \mathbf{2,95 \text{ m}}$$

Gemittelter Reibungswinkel für diese Einflußtiefe:

$$\varphi_{01} = \frac{(y-t) * \varphi_1 + (d_{si} - (y-t)) * \varphi_2}{d_{si}} = 28,60 °$$

Abweichung:

$$\Delta = \left| \frac{\varphi_m - \varphi_{01}}{\varphi_m} \right| * 100 = \mathbf{0,35 \% < 3,0}$$

Abbruch der Iteration. da die Abweichung $\Delta < 3 \% !$

Für die weitere Berechnung:

$$\varphi = \varphi_m = 28,70 °$$

$$d_s = d_{si} = 2,95 \text{ m}$$

Bestimmung der gewogenen Mittelwerte:

$$c_m = \frac{(y-t) * c_1 + (d_s + t - y) * c_2}{d_s} = \mathbf{1,58 \text{ kN/m}^2}$$

$$\gamma_{2,m} = \frac{(y_1 - t) * \gamma_1 + (y - y_1) * \gamma_1 + (d_s + t - y) * \gamma_2}{d_s} = \mathbf{11,88 \text{ kN/m}^3}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_{d0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{d0}; \varphi = \varphi) = 15,92$$

$$N_{b0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{b0}; \varphi = \varphi) = 8,44$$

$$N_{c0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"}; N_{c0}; \varphi = \varphi) = 27,40$$

⇒ bei einem Streifenfundament werden die Werte v_d, v_b, v_c alle zu 1,0!



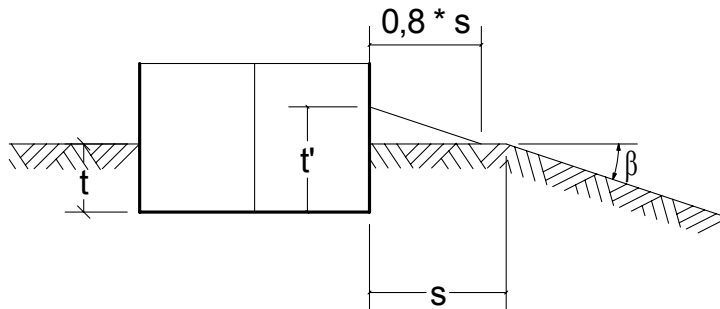
Geländeneigungsbeiwerte aus DIN 4017, Tab. 4:

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

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

$$\lambda_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{N_{d0} * e^{-0,0349 * \beta * \tan(\varphi)} - 1}{N_{d0} - 1}; 1 - 0,4 * \tan(\beta)) = 0,661$$

Die Breite der Berme wird über eine Ersatzeinbindetiefe berücksichtigt:



$$t' = t + 0,8 * s * \tan(\beta) = 2,08 \text{ m}$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

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

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

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 1) = 0,660$$

Grundbruchwiderstand:



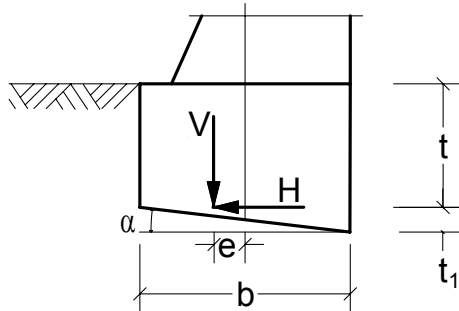
Nachweis:

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 553,4 \text{ kN/m}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{1,32 \leq 1}}$$

Stützwand mit geneigter Sohle

Nachweis Grundbruch bei schräger, ausmittiger Belastung ($e \neq 0$; $0 < \delta < \varphi$) nach DIN 4017:2006-03 homogener Boden ohne Grundwassereinfluß



Für die dargestellte Stützwand wird der Grundbruchnachweis geführt.

Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³
Kohäsion $c =$	0,00 kN/m ²

System

Einbindetiefe $t =$	1,00 m
Anteil der Schräge $t_1 =$	0,30 m
Breite $b =$	2,00 m
Ausmitte $e_L =$	0,20 m

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	220,0 kN/m
ständige Last $H_{G,k} =$	80,00 kN/m
Verkehrslast $V_{Q,k} =$	0,0 kN/m
Verkehrslast $H_{Q,k} =$	0,0 kN/m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. €GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40

Sicherheit gegen Grundbruch

Ermittlung der Ersatzbreite:

$$b' = b - 2 * e_L = 1,60 \text{ m}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$N_{d0} =$	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; $\varphi=\varphi$)	= 25,0
$N_{b0} =$	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; $\varphi=\varphi$)	= 15,0
$N_{c0} =$	TAB("EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; $\varphi=\varphi$)	= 37,0

⇒ bei einem Streifenfundament werden die Werte v_d, v_b, v_c alle zu 1,0!

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



Sohlneigungsbeiwerte nach DIN 4017:2006-03, Tab. 5:

$$\xi_d = \text{WENN}(\varphi = 0; 1; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,783$$

$$\xi_b = \text{WENN}(\varphi = 0; 1; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,783$$

$$\xi_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 - 0,0068 * \alpha; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,783$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan}\left(\frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{V_{G,k} + V_{Q,k}}\right) = 19,98^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament), DIN 4017:2006-03, Tab. 3:

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,405$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,258$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left|1 - \frac{H_{G,k} + H_{Q,k}}{b' * c'}\right|}) = 0,380$$

Grundbruchwiderstand:



Nachweis:

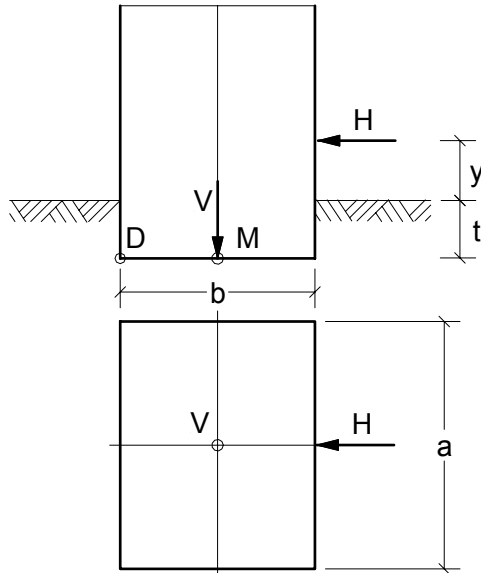
$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 262,9 \text{ kN/m}$$

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{1,13 \leq 1}$$

Kapitel Kippen und Gleiten

Sicherheit gegen Kippen

DIN EN 1997-1:2009-09 - 6.5.4; DIN 1054:2010-12 - 6.6.5



Für den dargestellten Gründungskörper ist die Sicherheit gegen Kippen nachzuweisen.

Hinweis: Aktiver Erddruck und Erdwiderstand bleiben unberücksichtigt. $V_{Q,k}$ und $H_{Q,k}$ entstehen aus der gleichen Ursache.

System

Breite $b =$	2,40 m	
Einbindetiefe $t =$	0,80 m	
Abstand $y =$	0,80 m	

Belastung

Die angegebenen Belastungen sind als charakteristische Lasten zu betrachten.

ständige Last $V_{G,k} =$	2,00 MN	
Horizontallast $H_{G,k} =$	0,20 MN	
Vertikallast $V_{Q,k} =$	0,40 MN	
Horizontallast $H_{Q,k} =$	0,20 MN	

Sicherheitsbeiwerte

Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	= EQU
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_{G,dst} =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG,dst")	= 1,10
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50



Nachweis der Tragfähigkeit (EQU)

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{E,k}$ um den Drehpunkt D

$$\begin{aligned}M_{G,k,dst} &= H_{G,k} * (y + t) &&= 0,32 \text{ MNm} \\M_{Q,k,dst} &= H_{Q,k} * (y + t) &&= 0,32 \text{ MNm} \\ \Rightarrow M_{E,d} &= M_{G,k,dst} * \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} * \gamma_Q &&= \mathbf{0,832 \text{ MNm}}\end{aligned}$$

widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{R,k}$ um den Drehpunkt D



Nachweis:

$$M_{E,d} / M_{R,d} = \mathbf{0,39 \leq 1}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Zustand Z = GEW("EC7_de/TsbE";Z;) = SLS

Bem.situation BS = GEW("EC7_de/TsbE";BS;) = BS-P

1. Bedingung (2. Kernweite):

$$e_{g,q} = \frac{(H_{G,k} + H_{Q,k}) * (y + t)}{V_{G,k} + V_{Q,k}} = 0,27 \text{ m}$$

$$e_{g,q} / (b/3) = \mathbf{0,34 \leq 1}$$

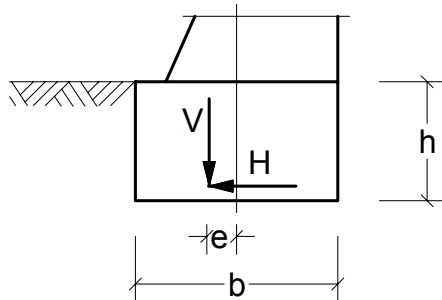
2. Bedingung (1. Kernweite)

$$e_g = \frac{H_{G,k} * (y + t)}{V_{G,k}} = 0,16 \text{ m}$$

$$e_g / (b/6) = \mathbf{0,40 \leq 1}$$

Sicherheit gegen Gleiten

DIN EN 1997-1:2009-09, DIN 1054:2010-12 6.5.3



Für die dargestellte Stützwand ist die Sicherheit gegen Gleiten nachzuweisen.

Baugrund

Sohlbewegungswinkel $\delta_k =$	25,00 °
Erdwiderstand $R_{p,k} =$	0,0 kN/m

Belastung

ständige Last $V_{G,k} =$	280,0 kN/m
Horizontallast $H_{G,k} =$	55,0 kN/m
Vertikallast $V_{Q,k} =$	20,0 kN/m
Horizontallast $H_{Q,k} =$	30,0 kN/m
Hinweis: Der Erdwiderstand wird aus Sicherheitsgründen nicht angesetzt.	
$E_{p,d} =$	0,00 kN/m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,h} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRh")	= 1,10
$\gamma_{R,e} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,40

Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2)

$H_d =$	$H_{G,k} * \gamma_G + H_{Q,k} * \gamma_Q$	= 119,3 kN/m
$R_{h,k} =$	$(V_{G,k} + V_{Q,k}) * \tan(\delta_k)$	= 139,9 kN/m
$R_{h,d} =$	$\frac{R_{h,k}}{\gamma_{R,h}}$	= 127,2 kN/m
$R_{p,d} =$	$\frac{R_{p,k}}{\gamma_{R,e}}$	= 0,0 kN/m

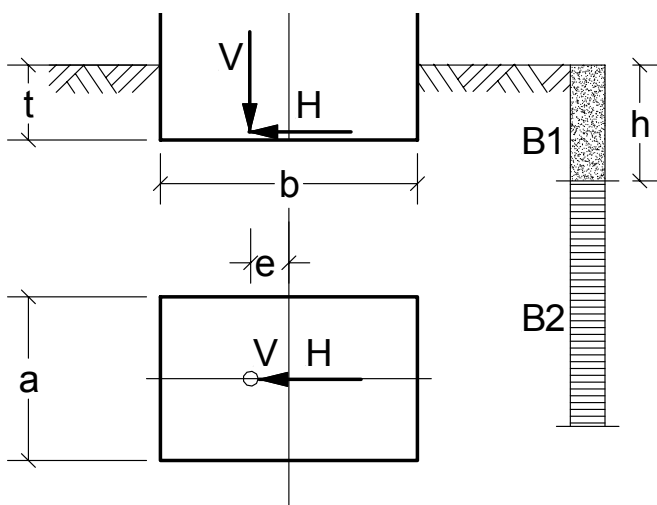
Nachweis

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{p,d}} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

Die Sicherheit gegen Gleiten ist gegeben.

Sicherheit gegen Gleiten an einer Grenzschicht

DIN EN 1997-1:2009-09, DIN 1054:2010-12 6.5.3



Für den dargestellten Gründungskörper ist die Sicherheit gegen Gleiten nachzuweisen.

Baugrund

Baugrund 1:
 Reibungswinkel $\varphi_{1'}$ = 32,50 °
 Wichte γ_1 = 18,00 kN/m³
 Kohäsion $c_{1'}$ = 0,00 kN/m²

Baugrund 2:
 Reibungswinkel $\varphi_{2'}$ = 27,50 °
 Wichte γ_2 = 20,50 kN/m³
 Kohäsion $c_{2'}$ = 2,00 kN/m²

System

Schichttiefe h = 1,60 m
 Einbindetiefe t = 1,00 m
 Breite b = 3,50 m
 Tiefe a = 2,00 m
 Ausmitte e = 0,60 m

Belastung

ständige Last $V_{G,k}$ = 2400,0 kN
 ständige Last $H_{G,k}$ = 800,0 kN
 Verkehrslast $V_{Q,k}$ = 0,0 kN
 Verkehrslast $H_{Q,k}$ = 0,0 kN

Sicherheitsbeiwerte

Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,h}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRh")	= 1,10
$\gamma_{R,e}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,40



Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2)

a) Untersuchung in der Sohlfuge:

$$\delta_k = \text{WENN}(t < h; \varphi_1; \varphi_2) = 32,50^\circ$$

Bemessungswert der Einwirkung

$$H_d = H_{G,k} * \gamma_G + H_{Q,k} * \gamma_Q = 1080,0 \text{ kN}$$

Gleitwiderstand:

$$R_{h,k} = (V_{G,k} + V_{Q,k}) * \text{TAN}(\delta_k) = 1529,0 \text{ kN}$$

Erdwiderstand:

$$K_p = \frac{1 + \sin(\varphi_1')}{1 - \sin(\varphi_1')} = 3,32$$

$$R_{p,k} = 0,5 * \gamma_1 * t^2 * K_p * a = 59,8 \text{ kN}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$R_{p,d} = \frac{R_{p,k}}{\gamma_{R,e}} = 42,7 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Gleitwiderstands:

$$R_{h,d} = \frac{R_{h,k}}{\gamma_{R,h}} = 1390,0 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{p,d}} = 0,75 \leq 1$$

b) 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 überprüfen. 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:

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

$$b'' = b - 2 * e = 2,30 \text{ m}$$

$$a' = \text{MAX}(a'' ; b'') = 2,30 \text{ m}$$

$$b' = \text{MIN}(a'' ; b'') = 2,00 \text{ m}$$

Gleitwiderstand:

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

$$R_{h,k} = (V_{G,k} + \gamma_1 * (h-t) * a' * b') * \text{TAN}(\varphi_2') + c_2' * a' * b' = 1284,4 \text{ kN}$$

Erdwiderstand:

$$R_{p,k} = 0,5 * \gamma_1 * h^2 * K_p * a = 153,0 \text{ kN}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$R_{p,d} = \frac{R_{p,k}}{\gamma_{R,e}} = 109,3 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Gleitwiderstands:

$$R_{h,d} = \frac{R_{h,k}}{\gamma_{R,h}} = 1167,6 \text{ kN}$$

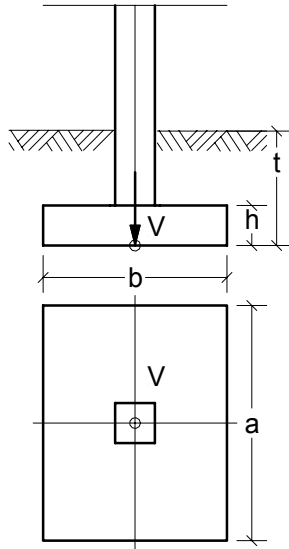
Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{p,d}} = 0,85 \leq 1$$

Kapitel Setzungen

Rechteckfundament

Nachweis nach DIN 4019-1 mit Hilfe geschlossener Formeln (homogener Baugrund); einfach verdichteter Boden,



Baugrund

Wichte $\gamma_1 =$	18,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_m =$	8,50 MN/m ²

System

Fundamentdicke $h =$	1,00 m
Einbindetiefe $t =$	3,00 m
Länge $a =$	2,50 m
Breite $b =$	2,50 m

Belastung

Vertikallast $V_k =$	1425,0 kN
----------------------	-----------

Setzungsberechnung

Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V_k}{a \cdot b}$	=	228,00 kN/m ²
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma_1$	=	54,00 kN/m ²
Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	174,00 kN/m ²
Grenztiefe (iteriert): Grenztiefe $d_s =$			<u>3,85 m</u>
Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}} =$	$(d_s + t) \cdot \gamma_1$	=	123,30 kN/m ²
20% Anteile $\sigma_{\bar{u}02} =$	$0,2 \cdot \sigma_{\bar{u}}$	=	24,66 kN/m ²



Einflußwert /Setzungsbeiwerte aus aus Tabellen (nach Kany):

$$i = \text{TAB}(\text{"EC7_de/i_lot"; } i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,1398$$

$$f = \text{TAB}(\text{"EC7_de/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5843$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

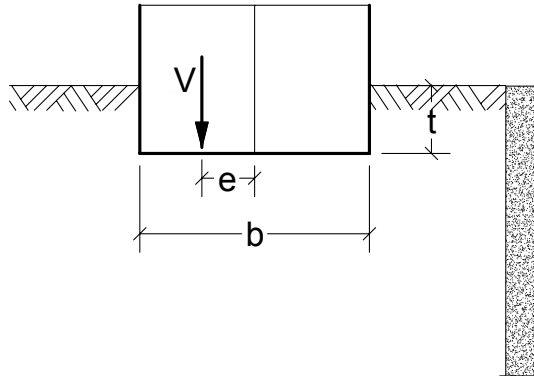
$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{\text{ü02}}} = \underline{\underline{0,99 \approx 1}}$$

Setzung:

$$s = \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot f}{E_m \cdot 10} = \underline{\underline{2,99 \text{ cm}}}$$

Ausmittig belastetes Rechteckfundament

nach DIN 4019-1 bzw. 4019-2: 1981; homogener Boden mit konstantem Steifemodul E_m
(elastisch-isotroper Halbraum, $\nu=0,3$)



Baugrund

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

System

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

Belastung

Vertikallast V_k =	1500,0 kN
----------------------	-----------

Setzungsberechnung

Kontrolle der Ausmittigkeit:

$$e / (b/6) = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

Baugrundspannungen:

$$\text{Sohldruck } \sigma_0 = V_k / (a * b) = 125,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Aushubentlastung } \sigma_a = t * \gamma = 50,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_1 = \sigma_0 - \sigma_a = 75,00 \text{ kN/m}^2$$

Grenztiefe (iteriert):

$$\text{Grenztiefe } d_s = \underline{\underline{3,00 \text{ m}}}$$

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

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

$$i = \text{TAB}(\text{"EC7_de/i_lot"}; i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,2877$$

$$\text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1i} = i * \sigma_1 = 21,58 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\bar{u}02}} = \underline{\underline{0,98 \approx 1}}$$



Gleichmäßiger Setzungsanteil:

Setzungsbeiwert nach Kany:

$$f = \text{TAB}(\text{"EC7_de/f_lot"}; f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5254$$

$$s_m = \frac{\sigma_1 * b * f}{E_m * 10^k} = 1,13 \text{ cm}$$

Schiefstellung infolge Moment:

$$M = V_k * e = 600,0 \text{ kNm}$$

$$f_y = \text{TAB}(\text{"EC7_de/f_schief"}; f_y; a/b \geq \frac{a}{b}) = 3,20$$

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:

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

Gesamtsetzung an den Fundamentkanten:

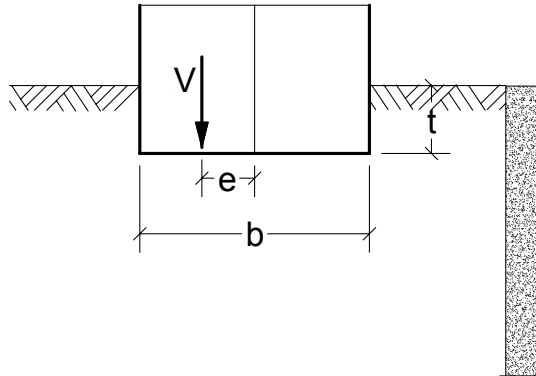
$$s_{\max} = s_m + \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = \underline{1,83 \text{ cm}}$$

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

Ausmittig belastetes Quadratfundament

nach DIN 4019-1 bzw. 4019-2: 1981

homogener Boden mit konstantem Steifemodul E_m (elastisch-isotroper Halbraum, $\nu = 0,3$)



Baugrund

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

System

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

Belastung

Vertikallast $V_k =$	1500,0 kN
----------------------	-----------

Setzungsberechnung

Kontrolle der Ausmittigkeit:
 $e / (b/6) = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$

Baugrundspannungen:

Sohldruck $\sigma_0 = V_k / (a * b) = 166,67 \text{ kN/m}^2$

Aushubentlastung $\sigma_a = t * \gamma = 50,00 \text{ kN/m}^2$

Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 = \sigma_0 - \sigma_a = 116,67 \text{ kN/m}^2$

Grenztiefe (iteriert):

Grenztiefe $d_s = \underline{\underline{3,50 \text{ m}}}$

Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}} = (d_s + t) * \gamma = 120,00 \text{ kN/m}^2$

20% Anteile $\sigma_{\bar{u}02} = 0,2 * \sigma_{\bar{u}} = 24,00 \text{ kN/m}^2$

$i = \text{TAB}(\text{"EC7_de/i_lot"}; i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,2041$

Setzungserzeugende Spannung $\sigma_{1i} = i * \sigma_1 = 23,81 \text{ kN/m}^2$

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



Gleichmäßiger Setzungsanteil:

Setzungsbeiwert nach Kany:

$$f = \text{TAB}(\text{"EC7_de/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5186$$

$$s_m = \frac{\sigma_1 * b * f}{E_m * 10^3} * \kappa = \mathbf{1,73 \text{ cm}}$$

Schiefstellung infolge Moment:

$$M = V_k * e = 600,0 \text{ kNm}$$

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

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

Es muß die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$e / (r_E / 3) = \mathbf{\underline{0,71 \leq 1}}$$

Schiefstellung:

$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{9 * M * \kappa}{16 * r_E^3 * E_m * 10^3} \right) = 0,382^\circ$$

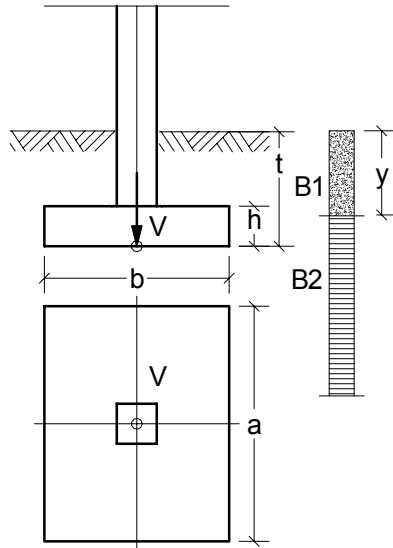
Gesamtsetzung an den Fundamentkanten:

$$s_{\max} = s_m + \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = \mathbf{\underline{2,73 \text{ cm}}}$$

$$s_{\min} = s_m - \frac{b * 100}{2} * \tan(\alpha) = \mathbf{\underline{0,73 \text{ cm}}}$$

Rechteckfundament im geschichteten Baugrund

Nachweis nach DIN 4019-1 mit Hilfe geschlossener Formeln (homogener Baugrund)
geschichteter Baugrund, einfach verdichtet



Baugrund

Baugrund 1:	
Wichte $\gamma_1 =$	18,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_{m1} =$	90,00 MN/m ²
Baugrund 2:	
Wichte $\gamma_2 =$	20,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_{m2} =$	8,00 MN/m ²
Schichttiefe $y =$	4,60 m

System

Fundamentdicke $h =$	1,00 m
Einbindetiefe $t =$	3,00 m
Tiefe $a =$	2,50 m
Breite $b =$	2,50 m

Belastung

Vertikallast $V_k =$	1556,00 kN
----------------------	------------

Setzungsberechnung

Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V_k}{a \cdot b}$	=	249,0 kN/m ²
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma_1$	=	54,0 kN/m ²
Setzungs erzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	195,0 kN/m ²

Grenztiefe (iteriert):

Grenztiefe $d_s =$	<u>4,00 m</u>		
Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}} =$	$y \cdot \gamma_1 + (d_s - (y - t)) \cdot \gamma_2$	=	130,8 kN/m ²
20% Anteile $\sigma_{\bar{u}02} =$	$0,2 \cdot \sigma_{\bar{u}}$	=	26,2 kN/m ²

Grenztiefe:

Grenztiefe $d_s =$	4,00 m
--------------------	--------



Einflußwert aus Tabelle (nach Kany):

$$i = \text{TAB}(\text{"EC7_de/i_lot"; } i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,1338$$

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

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\text{ü02}}} = \underline{\underline{1,00 \approx 1}}$$

Setzungsbeiwert Schicht 1 (Tab. nach Kany):



Setzungsbeiwert Schicht 2 (Tab. nach Kany):

$$f_2 = \text{TAB}(\text{"EC7_de/f_lot"; } f; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,5913$$

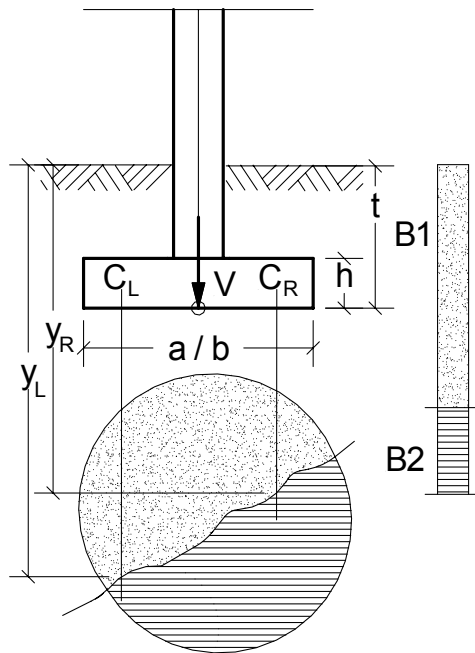
Setzung (SLS):

$$s = \frac{\sigma_1 * b * f_1}{E_{m1} * 10} + \frac{\sigma_1 * b * (f_2 - f_1)}{E_{m2} * 10} = \underline{\underline{1,47 \text{ cm}}}$$

Für andere Bodenarten (als einfach verdichtet \Rightarrow Korrekturbeiwert DIN 4019-1, Tab.1

Rechteckfundaments bei schrägem Schichtwechsel

Nachweis nach DIN 4019-1 mit Hilfe geschlossener Formeln (homogener Baugrund)
geneigt geschichteter Baugrund, einfach verdichtet, zentrisch belastet



Baugrund

Baugrund 1:	
Wichte $\gamma_1 =$	19,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_{m1} =$	6,00 MN/m ²
Baugrund 2:	
Wichte $\gamma_2 =$	20,50 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_{m2} =$	10000,00 MN/m ²
Schichttiefe links $y_L =$	4,80 m
Schichttiefe rechts $y_R =$	3,40 m

System

Fundamentdicke $h =$	1,00 m
Einbindetiefe $t =$	1,00 m
Länge $a =$	3,20 m
Breite $b =$	3,20 m

Belastung

Vertikallast $V_k =$	2500,0 kN
----------------------	-----------

Setzungsberechnung

Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V_k}{a \cdot b}$	=	244,1 kN/m ²
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma_1$	=	19,0 kN/m ²
Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	225,1 kN/m ²



Grenztiefe linke Seite (iteriert):

$$\begin{aligned} \text{Grenztiefe } d_{sL} &= \mathbf{5,70 \text{ m}} \\ \text{Überlagerungsspannung } \sigma_{\bar{u}} &= y_L \cdot \gamma_1 + (d_{sL} + t - y_L) \cdot \gamma_2 = 130,15 \text{ kN/m}^2 \\ 20\% \text{ Anteile } \sigma_{\bar{u}02} &= 0,2 \cdot \sigma_{\bar{u}} = 26,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Einflußwert aus Tabelle (nach Kany):} \\ i_L &= \text{TAB("EC7_de/i_lot"; i; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_{sL}}{b}) = 0,1157 \\ \text{Setzungserzeugende Spannung } \sigma_{1iL} &= i_L \cdot \sigma_1 = 26,0 \text{ kN/m}^2 \\ \frac{\sigma_{1iL}}{\sigma_{\bar{u}02}} &= \mathbf{1,00 \approx 1} \end{aligned}$$

Setzungsbeiwert Schicht 1 (Tab. nach Kany):

$$f_{1L} = \text{TAB("EC7_de/f_lot"; f; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{y_L - t}{b}) = 0,5224$$

Setzungsbeiwert Schicht 2 (Tab. nach Kany):

$$f_{2L} = \text{TAB("EC7_de/f_lot"; f; } a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_{sL}}{b}) = 0,6125$$

Grenztiefe rechte Seite (iteriert):



Setzungen:

Links:

$$s_L = \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot f_{1L}}{E_{m1} \cdot 10} + \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot (f_{2L} - f_{1L})}{E_{m2} \cdot 10} = \mathbf{6,27 \text{ cm}}$$

Rechts:

$$s_R = \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot f_{1R}}{E_{m1} \cdot 10} + \frac{\sigma_1 \cdot b \cdot (f_{2R} - f_{1R})}{E_{m2} \cdot 10} = \mathbf{5,04 \text{ cm}}$$

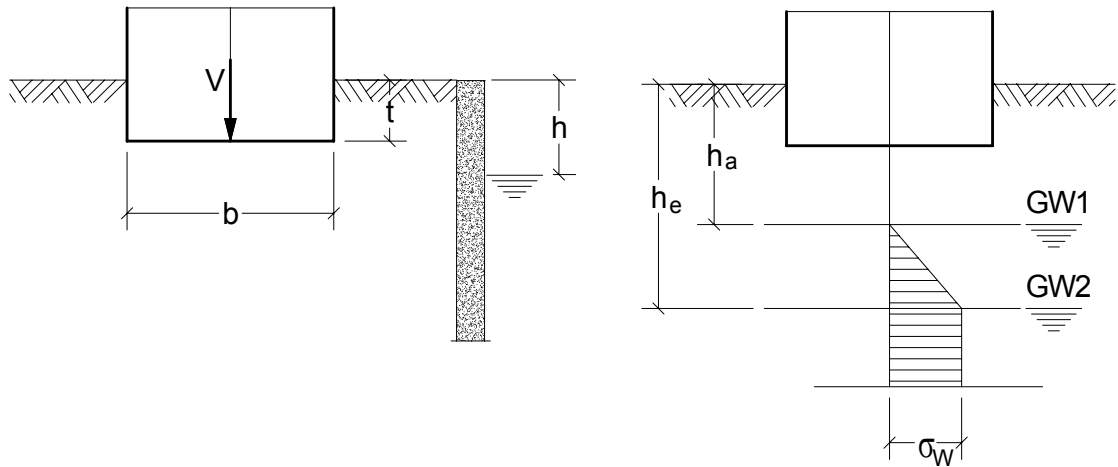
Schiefstellung:

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

$$\alpha = \text{ATAN}\left(\frac{|s_L - s_R|}{0,74 \cdot b}\right) \cdot 10^{-2} = 0,27^\circ$$

Setzungsberechnung infolge einer Grundwasserabsenkung

Einzelfundament



Baugrund

Wichte $\gamma =$	19,00 kN/m ³
Wichte mit Auftrieb $\gamma' =$	11,00 kN/m ³
Zusammendrückungsmodul $E_m =$	8,00 MN/m ²

System

Tiefe Fundamentunterkante $t =$	2,00 m
Breite $b =$	2,50 m
Länge $a =$	2,50 m
Wasserstand am Anfang $h_a =$	3,00 m
Wasserstand am Ende $h_e =$	5,00 m

Belastung

Vertikallast $V_k =$	1200,0 kN
----------------------	-----------

Setzungsberechnung

Setzungserzeugende Spannung infolge der Grundwasserabsenkung:

Sohldruck $\sigma_0 =$	$\frac{V_k}{a \cdot b}$	=	192,0 kN/m ²
Aushubentlastung $\sigma_a =$	$t \cdot \gamma$	=	38,0 kN/m ²
Setzungserzeugende Spannung $\sigma_1 =$	$\sigma_0 - \sigma_a$	=	154,0 kN/m ²
Spannung aus Wasser $\sigma_W =$	$(h_e - h_a) \cdot 10$	=	20,0 kN/m ²

Grenztiefe (iteriert):

 Grenztiefe $d_s =$ **7,50 m**

 Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}} = h_a \cdot \gamma + (d_s + t - h_a) \cdot \gamma' = 128,50 \text{ kN/m}^2$

 20% Anteile $\sigma_{\bar{u}02} = 0,2 \cdot \sigma_{\bar{u}} = 25,70 \text{ kN/m}^2$

Einflußwert aus Tabelle (nach Kany):

$$i = \text{TAB}(\text{"EC7_de/i_lot"}; i; a/b \geq \frac{a}{b}; z/b = \frac{d_s}{b}) = 0,0473$$

 Setzungserzeugende Spannung $\sigma_{1i} = i \cdot \sigma_1 + \sigma_W = 27,28 \text{ kN/m}^2$

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{\bar{u}02}} = \underline{\underline{1,06 \approx 1}}$$



Spannungsfläche infolge Grundwasserabsenkung:

$$A_{\sigma_W} = \frac{1}{2} \cdot (h_e - h_a) \cdot \sigma_W + (d_s - h_e + t) \cdot \sigma_W = 110,0 \text{ kN/m}$$

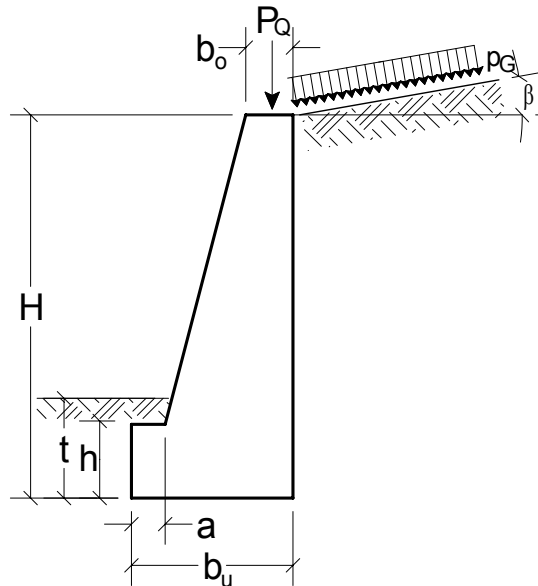
daraus folgende Setzung:



Kapitel Stützwände

Schwerkheitsmauer

Überprüfung der Standsicherheit nach DIN EN 1997-1:2009-09: DIN 1054:2010-12



Baugrund

Reibungswinkel φ =		35,00 °
Wichte γ =		18,00 kN/m ³
Geländeneigung β =		10,0 °
δ_a =	$2/3 * \varphi$	= 23,33 °
δ_p =		0,00 °

System

Dicke Sohle h =	1,50 m
Breite unten b_u =	3,00 m
Breite oben b_o =	1,00 m
Sporn a =	1,00 m
Wandhöhe H =	8,00 m
Einbindetiefe t =	1,50 m
Betonwichte γ_B =	24,0 kN/m ³

Belastung

ständige Last $p_{G,k}$ =	10,0 kN/m ²
Nutzlast oben $P_{Q,k}$ =	50,0 kN/m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50



Widerstand:

$$\begin{aligned}\gamma_{R,h} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma_{Rh}\text{"}) &= & 1,10 \\ \gamma_{R,e} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma_{Re}\text{"}) &= & 1,40 \\ \gamma_{R,v} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma_{Rv}\text{"}) &= & 1,40\end{aligned}$$

für Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):

$$\begin{aligned}\gamma_{G,dst} &= 1,10 \\ \gamma_{G,stab} &= 0,90\end{aligned}$$

Ermittlung der Erddrücke

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast und unbegrenzter Auflast

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

$$K_{ah} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) * \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,25$$

$$e_{aph,k} = p_{G,k} * K_{ah} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{agh,k} = \gamma * H * K_{ah} = 36,0 \text{ kN/m}^2$$

Horizontalkomponente:

$$E_{aph,k} = e_{aph,k} * H = 20,0 \text{ kN/m}$$

$$E_{agh,k} = 0,5 * e_{agh,k} * H = 144,0 \text{ kN/m}$$

Vertikalkomponente:

$$E_{agv,k} = (E_{agh,k} + E_{aph,k}) * \text{TAN}(\delta_a) = 70,7 \text{ kN/m}$$

Passiver Erddruck vor der Stützwand

$$K_{ph} = \frac{(\cos(0 - \varphi))^2}{\cos(0 - \delta_p) * \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) * \sin(\varphi)}{\cos(0 - \delta_p)}} \right)^2} = 3,69$$

$$e_{ph1,k} = \gamma * (t-h) * K_{ph} = 0,0 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ph2,k} = \gamma * t * K_{ph} = 99,6 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ph,k} = (e_{ph1,k} + e_{ph2,k}) * 0,5 * h = 74,7 \text{ kN/m}$$

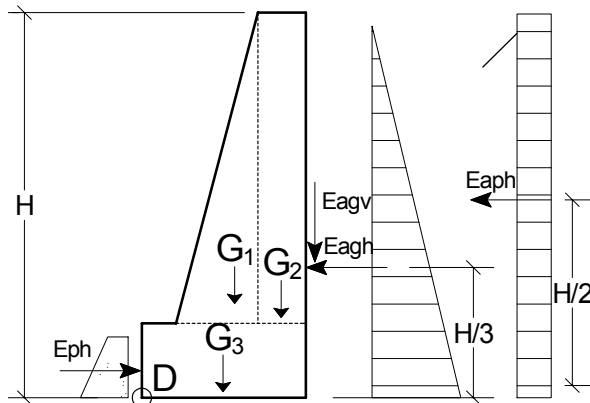
$$E_{pv,k} = E_{ph,k} * \text{TAN}(\delta_p) = 0,0 \text{ kN/m}$$

$$R_{Ph,k} = 0,5 * \gamma * h^2 * K_{ph} = 74,7 \text{ kN/m}$$

Ansetzbarer Bemessungswert des Erdwiderstandes:

$$R_{Ph,d} = \frac{R_{Ph,k}}{\gamma_{R,e}} = 53,4 \text{ kN/m}$$

Eigenlasten der Stützwand (charakteristische Werte):



$$\begin{aligned}
 G_1 &= (H-h) \cdot \frac{b_u - b_o - a}{2} \cdot \gamma_B &= & 78,00 \text{ kN/m} \\
 G_2 &= (H-h) \cdot b_o \cdot \gamma_B &= & 156,0 \text{ kN/m} \\
 G_3 &= \frac{h \cdot b_u}{3} \cdot \gamma_B &= & 108,00 \\
 G &= \sum_{i=1}^3 G_i &= & \mathbf{342,0 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$

Sicherheit gegen Kippen

1.) Nachweis der Tragfähigkeit (EQU / BS-P):

Auf der sicheren Seite liegend wird hier der Erdwiderstand nicht angesetzt, da die Entfernung des Bodens vor der Stützwand nicht ausgeschlossen werden kann. (ansonsten Summenformel bis $i = 5$)

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{d,dst}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,dst} = E_{agh,k} \cdot \frac{1}{3} \cdot H + E_{aph,k} \cdot \frac{H}{2} = 464,0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Q,k,dst} = 0,00 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{d,dst} = M_{G,k,dst} \cdot \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} \cdot \gamma_Q = \mathbf{510,4 \text{ kNm/m}}$$

widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{d,stb}$ um den Drehpunkt D

$$M_1 = G_1 \cdot (a + (b_u - a - b_o) \cdot \frac{2}{3}) = 130,00 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = G_2 \cdot (b_u - b_o + 0,5 \cdot b_o) = 390,00 \text{ kNm/m}$$

$$M_3 = G_3 \cdot \frac{b_u}{2} = 162,00 \text{ kNm/m}$$

$$M_4 = E_{agh,k} \cdot b_u = 212,10 \text{ kNm/m}$$

$$M_5 = E_{ph,k} \cdot \left(h - \frac{(e_{ph1,k} + 2 \cdot e_{ph2,k}) \cdot h}{3 \cdot (e_{ph1,k} + e_{ph2,k})} \right) = 37,35 \text{ kNm/m}$$

$$M_{G,k,stb} = \sum_{i=1}^4 M_i = 894,1 \text{ kNm/m}$$

$$M_{d,stb} = M_{G,k,stb} \cdot \gamma_{G,stb} = \mathbf{804,7 \text{ kNm/m}}$$

Nachweis:

$$\frac{M_{d,dst}}{M_{d,stb}} = \mathbf{0,63 \leq 1}$$



2.) Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS):

Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen (Moment um D)

$$M_{G,y,k} = \sum_{i=1}^4 M_i - E_{agh,k} * H * 1/3 - E_{aph,k} * H/2 = 430,1 \text{ kNm/m}$$

$$V_{G,k} = \sum_{i=1}^3 G_i + E_{agv,k} = 412,7 \text{ kN/m}$$

Damit ergibt sich der Randabstand der Resultierenden:

$$c_{G,k} = M_{G,y,k} / V_{G,k} = 1,04 \text{ m}$$

$$e_{x,G,k} = b_u / 2 - c_{G,k} = 0,46 \text{ m}$$

Nachweis:

$$e_{x,G,k} / (b_u/6) = \underline{0,92 \leq 1}$$

Beanspruchung aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen (Moment um D)



Nachweis:

$$e_{x,k} / (b_u/3) = \underline{0,30 \leq 1}$$

Sicherheit gegen Gleiten

Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2 / SLS):

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = (E_{agh,k} + E_{aph,k}) * \gamma_G = 221,4 \text{ kN/m}$$

$$R_{h,d} = V_{G,k} * \frac{\tan(\varphi)}{\gamma_{R,h}} = 262,7 \text{ kN/m}$$

Nachweis mit Ansatz des Erdwiderstand $R_{Ph,d}$

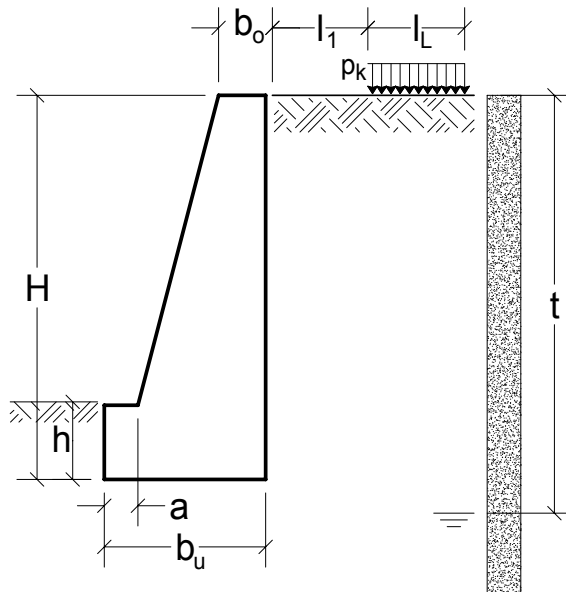
$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{Ph,d}} = \underline{0,70 \leq 1}$$

Nachweis ohne Ansatz des Erdwiderstand $R_{Ph,d}$

$$\frac{H_d}{R_{h,d}} = \underline{0,84 \leq 1}$$

Schwergewichtsmauer mit Nachweis Grundbruch

Bemessung nach DIN EN 1997-1:2009-09 DIN 1054:2010-12 A6.10 bzw. mit direkten Standsicherheitsnachweisen
Streifenlast im Abstand l_1 , Nachweis der Standsicherheit + Grundbruch



Baugrund

Reibungswinkel φ =		32,50 °
Wichte γ =		18,10 kN/m ³
Wichte γ' =		10,50 kN/m ³
Grundwasser bei t =		7,50 m
δ_a =	$2/3 * \varphi =$	21,67 °
δ_p =		0,00 °

System

Plattendicke h =	1,20 m
Breite unten b_u =	2,00 m
Breite oben b_o =	0,75 m
Sporn a =	0,50 m
Wandhöhe H =	5,00 m
Abstand l_1 =	1,00 m
Lastbreite l_L =	2,00 m

Belastung

Streifenlast p_k =	35,0 kN/m ²
----------------------	------------------------

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,h}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRh")	= 1,10
$\gamma_{R,e}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,40
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40
für Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):		
$\gamma_{G,dst}$ =	1,10	
$\gamma_{G,stb}$ =	0,90	

Ermittlung der Erddrücke

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

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

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

$$K_{agh} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,25$$

$$e_{agh} = \gamma \cdot H \cdot K_{agh} = 22,63 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ag} = 0,5 \cdot e_{agh} \cdot H = 56,58 \text{ kN/m}$$

$$E_{agh} = E_{ag} \cdot \cos(\delta_a) = 52,58 \text{ kN/m}$$

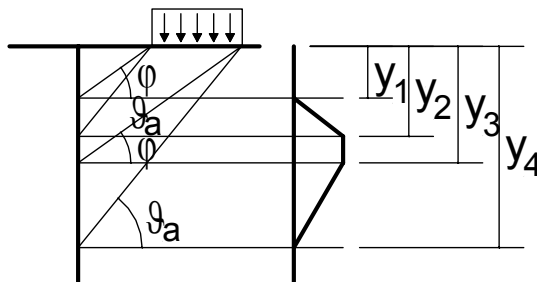
$$E_{agv} = E_{ag} \cdot \sin(\delta_a) = 20,89 \text{ kN/m}$$

Aktiver Erddruck infolge der Streifenlast p_k

Gleitflächenwinkel:

$$\vartheta_a = \operatorname{atan} \left(\frac{\sin(\varphi) + \sqrt{\frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi) + \tan(\delta_a)}}}{\cos(\varphi)} \right) = 57,47^\circ$$

⇒ Schnittpunkte mit der Wandrückseite



$$y_1 = l_1 \cdot \tan(\varphi) = 0,64 \text{ m}$$

$$y_2 = l_1 \cdot \tan(\vartheta_a) = 1,57 \text{ m}$$

$$y_3 = (l_1 + l_L) \cdot \tan(\varphi) = 1,91 \text{ m}$$

$$y_4 = (l_1 + l_L) \cdot \tan(\vartheta_a) = 4,70 \text{ m}$$

$$K_{ap} = \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta_a)} = 0,423$$

$$e_{ap} = p_k \cdot K_{agh} = 8,75 \text{ kNm}^2$$

$$E_{ap1} = (0,5 \cdot (y_2 - y_1)) \cdot e_{ap} = 4,07 \text{ kN/m}$$

$$E_{ap2} = (y_3 - y_2) \cdot e_{ap} = 2,98 \text{ kN/m}$$

$$E_{ap3} = (0,5 \cdot (y_4 - y_3)) \cdot e_{ap} = 12,21 \text{ kN/m}$$

$$E_{ap} = E_{ap1} + E_{ap2} + E_{ap3} = 19,26 \text{ kN/m}$$

$$E_{aph} = E_{ap} \cdot \cos(\delta_a) = 17,90 \text{ kN/m}$$

$$E_{apv} = E_{ap} \cdot \sin(\delta_a) = 7,11 \text{ kN/m}$$

Angriffspunkt von $E_{p,ah}$ bezogen auf die Fundamentsohle:

$$y_R = H \cdot \frac{E_{ap1} \cdot \left(y_1 + \frac{2}{3} \cdot (y_2 - y_1) \right) + E_{ap2} \cdot \left(y_2 + \frac{y_3 - y_2}{2} \right) + E_{ap3} \cdot \left(y_3 + \frac{y_4 - y_3}{3} \right)}{E_{ap}} = 2,66 \text{ m}$$



Erdwiderstand vor der Stützwand

Für die Ermittlung des vollmobilisierten charakteristischen Erdwiderstand sind die Nennwerte der Geländeneigung und der Wandneigung sowie die charakteristischen Werte des Reibungswinkels, der Kohäsion und der Wichte des Bodens maßgebend (DIN 1054:2010-12 A 9.5.6)

$$K_{pg} = \frac{(\cos(\theta - \varphi))^2}{\cos(\theta - \delta_p) * \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) * \sin(\varphi)}{\cos(\theta - \delta_p)}}\right)^2} = 3,322$$

$$R_{Ph,k} = 0,5 * \gamma * h^2 * K_{pg} = 43,29 \text{ kN/m}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$R_{Ph,d} = \frac{R_{Ph,k}}{\gamma_{R,e}} = 30,92 \text{ kN/m}$$

Eigenlasten der Stützwand (charakteristische Werte):

$$G_1 = (H - h) * b_o * 23 = 65,55 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = (H - h) * \frac{b_u - b_o - a}{2} * 23 = 32,77 \text{ kN/m}$$

$$G_3 = h * b_u * 23 = 55,20 \text{ kN/m}$$

$$G = \sum_{i=1}^3 G_i = 153,52 \text{ kN/m}$$

Voraussetzung für das Tabellenverfahren



Nachweis mit direkten Standsicherheitsnachweisen

Sicherheit gegen Kippen

Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{E,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,dst} = E_{agh} * \frac{H}{3} = 87,63 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Q,k,dst} = E_{aph} * \gamma_R = 47,61 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{E,d} = M_{G,k,dst} * \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} * \gamma_Q = 167,81 \text{ kNm/m}$$



widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{R,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_1 = G_1 * (b_u - b_o / 2) = 106,52 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = G_2 * (a + (b_u - a - b_o) * 2/3) = 32,77 \text{ kNm/m}$$

$$M_3 = G_3 * b_u / 2 = 55,20 \text{ kNm/m}$$

$$M_4 = E_{agv} * b_u = 41,78 \text{ kNm/m}$$

$$M_{R,k} = \sum_{i=1} M_i = 236,27 \text{ kNm/m}$$

$$M_{R,d} = M_{R,k} * \gamma_{G,stab} = 212,64 \text{ kNm/m}$$

Nachweis:

$$\frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} = \underline{\underline{0,79 \leq 1}}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Nachweis (Ausmitte innerhalb 2. Kernweite):

$$M_5 = -E_{agh} * H / 3 = -87,63 \text{ kNm/m}$$

$$M_6 = R_{Ph,d} * h / 3 = 12,37 \text{ '}$$

$$M_7 = -E_{aph} * y_R = -47,61 \text{ kNm/m}$$

$$M_8 = E_{apv} * b_u = 14,22 \text{ kNm/m}$$

$$M_{gp,k} = \sum_{i=1} M_i = 127,62 \text{ kNm/m}$$

$$V_{gp} = G + E_{apv} + E_{agv} = 181,52 \text{ kN/m}$$

Damit ergibt sich der Randabstand der Resultierenden:

$$c_{gp} = \frac{M_{gp,k}}{V_{gp}} = 0,70 \text{ m}$$

$$e_{gp} = \frac{b_u}{2} - c_{gp} = \underline{\underline{0,30 \text{ m}}}$$

Nachweis:

$$e_{gp} / (b_u / 3) = \underline{\underline{0,45 \leq 1}}$$

Nachweis (Ausmitte innerhalb 1. Kernweite):

Einwirkende Lasten ohne Verkehr:

$$M_{g,k} = \sum_{i=1} M_i = 161,01 \text{ kNm/m}$$

$$V_g = G + E_{agv} = 174,41 \text{ kN/m}$$

Damit ergibt sich der Randabstand der Resultierenden:

$$c_g = \frac{M_{g,k}}{V_g} = 0,92 \text{ m}$$

$$e_g = \frac{b_u}{2} - c_g = 0,08 \text{ m}$$

Nachweis:

$$e_g / (b_u / 6) = \underline{\underline{0,24 \leq 1}}$$



Nachweis gegen Gleiten:

Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2):

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = E_{agh} \cdot \gamma_G + E_{aph} \cdot \gamma_Q = 97,83 \text{ kN/m}$$

$$R_{h,d} = (G + E_{agv} + E_{apv}) \cdot \frac{\tan(\varphi)}{\gamma_{R,h}} = 105,13 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{Ph,d}} = \underline{\underline{0,72 \leq 1}}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

$$\frac{H_d}{R_{h,d}} = \underline{\underline{0,93 \leq 1}}$$

Nachweis gegen Grundbruch

Die ansetzbare Bodenreaktion auf der Stirnseite:

$$B_k = 0,5 \cdot R_{Ph,k} = 21,65 \text{ kN/m}$$

Reduzierte Breite:

$$M_6 = B_k \cdot h / 3 = 8,66 \text{ kNm/m}$$

$$M_{gp} = \sum_{i=1} M_i = 123,91 \text{ kNm/m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{gp} = \frac{M_{gp}}{V_{gp}} = 0,68 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

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

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 \cdot e_{gp} = 1,36 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden R:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph} - B_k}{V_{gp}} \right) = 15,06^\circ$$



Tiefe der Grundbruchscholle ($e \neq 0; 0 < \delta < \varphi$)

$$\vartheta = 45 - \frac{\varphi}{2} = 28,75^\circ$$

$$\alpha = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 1,30$$

$$\alpha_2 = \text{atan}\left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - (\tan(\vartheta))^2}\right) = 68,03^\circ$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 39,28^\circ$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,686$$

$$d_s = b' * \sin(\vartheta_2) * e^{\vartheta_b * \tan(\varphi)} = 1,33 \text{ m}$$

$$\left| \frac{d_s}{t - H} \right| = \underline{\underline{0,53 < 1}}$$

⇒ Grundwasser liegt nicht in der Grundbruchscholle:

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:



Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,534$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,391$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = b' * (\gamma * h * N_{d0} * i_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b) = 590,70 \text{ kN/m}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 421,93 \text{ kN/m}$$

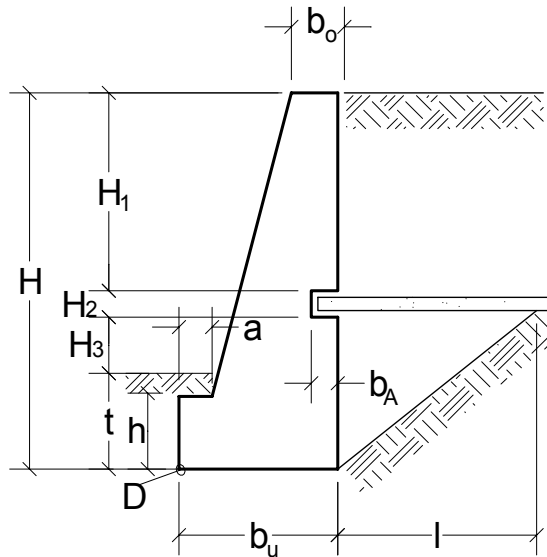
$$V_d = (G + E_{agv}) * \gamma_G + E_{apv} * \gamma_Q = 246,12 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,58 \leq 1}}$$

Schwergewichtsmauer mit Schleppplatte

Überprüfung der Standsicherheit nach DIN EN 1997-1:2009-09: DIN 1054:2010-12
 Auflagerkraft der Schlepp-Platte wird in den Standsicherheitsnachweis einbezogen



Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$		30,00 °
Wichte $\gamma =$		20,00 kN/m ³
$\delta_a =$	$2/3 * \varphi =$	20,00 °
$\delta_p =$		0,00 °

System

Dicke Sohle $h =$		0,80 m
Breite unten $b_u =$		1,50 m
Breite oben $b_o =$		0,80 m
Sporn $a =$		0,10 m
Wandhöhe $H =$		5,80 m
Abstand $H_1 =$		3,60 m
Abstand $H_2 =$		0,30 m
Abstand $H_3 =$		1,10 m
Einbindetiefe $t =$		0,80 m
Platte:		
Auflagertiefe $b_A =$		0,40 m
Länge Platte $l =$		4,00 m

Belastung

Bodenauflast $p_k =$		0,0 kN/m ²
----------------------	--	-----------------------

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50



Widerstand:

$$\begin{aligned} \gamma_{R,h} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma_{Rh}\text{"}) &= & 1,10 \\ \gamma_{R,e} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma_{Re}\text{"}) &= & 1,40 \\ \gamma_{R,v} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma_{Rv}\text{"}) &= & 1,40 \end{aligned}$$

für Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):

$$\begin{aligned} \gamma_{G,dst} &= 1,10 \\ \gamma_{G,stab} &= 0,90 \end{aligned}$$

Ermittlung der Erddrücke

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast über der Schlepp-Platte

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

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

$$\begin{aligned} e_{ah} &= \gamma * H_1 * K_{ah} &= & 20,2 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ag} &= 0,5 * e_{ah} * H_1 &= & 36,4 \text{ kN/m} \\ E_{agh} &= E_{ag} * \cos(\delta_a) &= & 34,2 \text{ kN/m} \\ E_{agv} &= E_{ag} * \sin(\delta_a) &= & 12,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Erddruck infolge Bodenauflast

$$\begin{aligned} e_{ap} &= p_k * K_{ah} &= & 0,00 \text{ kNm}^2 \\ E_{aph} &= e_{ap} * H_1 &= & 0,00 \text{ kN/m} \\ E_{apv} &= E_{aph} * \text{TAN}(\delta_a) &= & 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Erdwiderstand vor der Stützwand

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

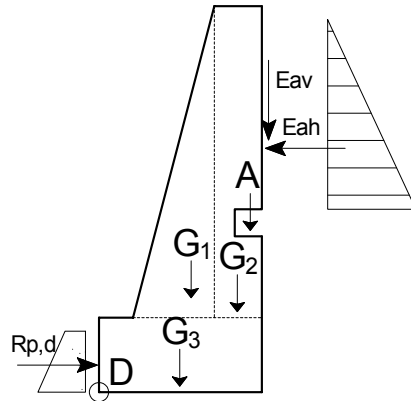
$$\begin{aligned} e_{ph1} &= \gamma * (t-h) * K_{ph} &= & 0,0 \text{ kN/m}^2 \\ e_{ph2} &= \gamma * t * K_{ph} &= & 48,0 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ph} &= (e_{ph1} + e_{ph2}) * 0,5 * h &= & 19,2 \text{ kN/m} \\ E_{phh} &= E_{ph} * \cos(\delta_p) &= & 19,2 \text{ kN/m} \\ E_{apv} &= E_{ph} * \sin(\delta_p) &= & 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$R_{Ph,k} = 0,5 * \gamma * h^2 * K_{ph} = 19,2 \text{ kN/m}$$

Ansetzbarer Bemessungswert des Erdwiderstandes:

$$R_{Ph,d} = \frac{R_{Ph,k}}{\gamma_{R,e}} = 13,7 \text{ kN/m}$$

Eigenlasten der Stützwand (charakteristische Werte):



$$G_1 = (H-h) \cdot \frac{b_u - b_o - a}{2} \cdot 23 = 34,50 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = (H-h) \cdot b_o \cdot 23 = 92,0 \text{ kN/m}$$

$$G_3 = \frac{h \cdot b_u}{3} \cdot 23 = 27,60$$

$$G = \sum_{i=1}^3 G_i = 154,10 \text{ kN/m}$$

Schlepp- Platte

Eigengewicht und Erdauflast:

$$g = 25 \cdot H_2 = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$p = \gamma \cdot H_1 = 72,0 \text{ kN/m}^2$$

Auflagerkraft:

$$A = 0,5 \cdot (g + p) \cdot l = 159,0 \text{ kN/m}$$

Sicherheit gegen Kippen

1.) Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{d,dst}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,dst} = E_{agh} \cdot (t + H_3 + H_2 + 1/3 \cdot H_1) + E_{aph} \cdot (t + H_3 + H_2 + H_1 / 2) = 116,3 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Q,k,dst} = 0,00 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{d,dst} = M_{G,k,dst} \cdot \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} \cdot \gamma_Q = 127,9 \text{ kNm/m}$$

widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{d,stb}$ um den Drehpunkt D

mit Berücksichtigung des Erdwiderstandes:

$$M_1 = G_1 \cdot (a + (b_u - a - b_o) \cdot 2/3) = 17,25 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = G_2 \cdot (b_u - b_o + 0,5 \cdot b_o) = 101,20 \text{ kNm/m}$$

$$M_3 = G_3 \cdot b_u / 2 = 20,70 \text{ kNm/m}$$

$$M_4 = A \cdot (b_u - 0,5 \cdot b_A) = 206,70 \text{ kNm/m}$$

$$M_5 = E_{agv} \cdot b_u = 18,60 \text{ kNm/m}$$

$$M_6 = E_{phh} \cdot \left(h - \frac{(e_{ph1} + 2 \cdot e_{ph2}) \cdot h}{3 \cdot (e_{ph1} + e_{ph2})} \right) = 5,12 \text{ kNm/m}$$

$$M_{G,k,stb} = \sum_{i=1}^6 M_i = 369,6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{d,stb} = M_{G,k,stb} \cdot \gamma_{G,stb} = 332,6 \text{ kNm/m}$$

Nachweis:

$$\frac{M_{d,dst}}{M_{d,stb}} = \underline{\underline{0,38 \leq 1}}$$



2.) Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS):

Beanspruchung aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen (Moment um D)



Nachweis:

$$\left| \frac{e}{b_u/3} \right| = \underline{\underline{0,06 \leq 1}}$$

Sicherheit gegen Gleiten

Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2 / SLS):

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = (E_{agh} + E_{aph}) * \gamma_G = 46,2 \text{ KN/m}$$

$$R_{h,d} = \frac{V_{G,k} * \tan(\varphi)}{\gamma_{R,h}} = 170,84 \text{ kN/m}$$

Nachweis mit Ansatz des Erdwiderstand $R_{Ph,d}$

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{Ph,d}} = \underline{\underline{0,25 \leq 1}}$$

Nachweis ohne Ansatz des Erdwiderstand $R_{Ph,d}$

$$\frac{H_d}{R_{h,d}} = \underline{\underline{0,27 \leq 1}}$$

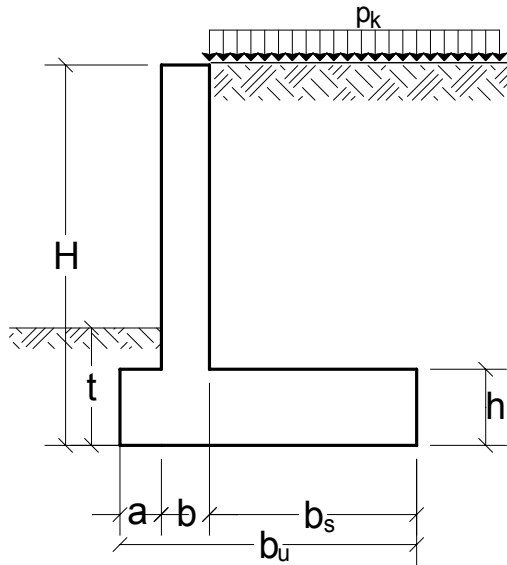
Nachweis der Aufnahme der Horizontalkraft am rechten Auflager:

$$R_{h,d} = \frac{A * \tan(\varphi)}{\gamma_{R,h}} = 83,5 \text{ kN/m}$$

$$\frac{H_d}{R_{h,d}} = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

Winkelstützwand

Verfahren mit fiktiver, lotrechter Gleitfläche (Näherung)



Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	30,00 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³
$\delta_a =$	0,00 °
Geländeneigung $\beta =$	0,00 °

System

Einbindetiefe $t =$	0,80 m
Breite Sohlplatte $b_u =$	3,60 m
Breite $b =$	0,40 m
Abstand $a =$	0,40 m
Wandhöhe $H =$	4,80 m
Bodenhöhe $h =$	0,40 m
fiktive Wandneigung $\alpha =$	0,00 °

Belastung

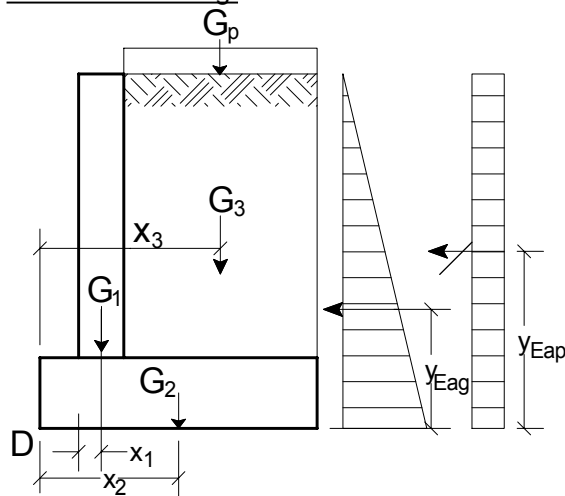
Bodenauflast $p_k =$	20,00 kN/m ²
----------------------	-------------------------

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,h} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRh")	= 1,10
$\gamma_{R,e} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,40
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40
für Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):		
$\gamma_{G,dst} =$		1,10
$\gamma_{G,stb} =$		0,90

Berechnung nach dem Näherungsverfahren

Erddruckermittlung:



$$K_{ag} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) * \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) * \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,33$$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$\begin{aligned} e_{ag} &= \gamma * H * K_{ag} &= & 28,51 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ag} &= 0,5 * e_{ag} * H &= & 68,42 \text{ kN/m} \\ E_{agh} &= E_{ag} * \cos(\delta_a) &= & 68,42 \text{ kN/m} \\ E_{agv} &= E_{ag} * \sin(\delta_a) &= & 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Hebelarm der Resultierenden bezogen auf D

$$y_{Ea} = \frac{H}{3} = 1,60 \text{ m}$$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$$\begin{aligned} K_{aph} &= \left(\frac{\cos(\alpha) * \cos(\beta)}{\cos(\alpha - \beta)} \right) * K_{ag} &= & 0,33 \text{ kN/m} \\ e_{ap} &= p_k * K_{aph} &= & 6,6 \text{ kN/m}^2 \\ E_{ap} &= e_{ap} * H &= & 31,7 \text{ kN/m} \\ E_{aph} &= E_{ap} * \cos(\delta_a) &= & 31,7 \text{ kN/m} \\ E_{apv} &= E_{ap} * \sin(\delta_a) &= & 0,0 \text{ kN/m} \\ y_{Eap} &= \frac{H}{2} &= & 2,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Erdwiderstand vor der Stützwand

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

$$\begin{aligned} K_{pgh} &= \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} &= & 3,00 \\ R_{Ph,k} &= 0,5 * \gamma * t^2 * K_{pgh} &= & 17,28 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Nachweis der Tragfähigkeit

Eigenlast der Stützwand

$$G_1 = (H-h) \cdot b \cdot 25 = 44,0 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = h \cdot b_u \cdot 25 = 36,0 \text{ kN/m}$$

Hebelarme (bezogen auf D):

$$x_1 = a + b/2 = 0,60 \text{ m}$$

$$x_2 = b_u / 2 = 1,80 \text{ m}$$

Erdauflast:

$$G_3 = (b_u - b - a) \cdot \left(H - h + \frac{\tan(\beta)}{2} \right) \cdot \gamma = 221,8 \text{ kN/m}$$

$$x_3 = a + b + \frac{b_u - a - b}{2} = 2,20 \text{ m}$$

Angriffspunkt der Resultierenden

$$M_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^3 G_i \cdot x_i + E_{\text{agv}} \cdot b_u - E_{\text{agh}} \cdot y_{\text{Ea}} = 469,7 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^3 G_i + E_{\text{agv}} + E_{\text{apv}} = 301,8 \text{ kN/m}$$

$$c = \frac{M_{\text{ges}}}{V_{\text{ges}}} = 1,56 \text{ m}$$

Größe und Neigung der Resultierenden

$$H_{\text{ges}} = E_{\text{agh}} + E_{\text{aph}} = 100,12 \text{ kN/m}$$

$$R = \sqrt{V_{\text{ges}}^2 + H_{\text{ges}}^2} = 317,97 \text{ kN/m}$$

$$\delta_E = \text{atan} \left(\frac{H_{\text{ges}}}{V_{\text{ges}}} \right) = 18,35^\circ$$

Sicherheit gegen Kippen

Nachweis der Tragfähigkeit (ULS: EQU)



Nachweis:

$$\frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} = \underline{\underline{0,45 \leq 1}}$$



Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Zulässige Ausmitte:

$$e_{\text{zulKG}} = b_u / 6 = 0,60 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{\text{KG}} = \frac{M_{\text{ges}}}{V_{\text{ges}}} = 1,56 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

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

Nachweis:

$$\frac{e_{\text{KG}}}{e_{\text{zulKG}}} = \underline{\underline{0,40 < 1}}$$

Für den Lastfall "Gesamtlast" ergibt sich der ungünstigste Zustand durch Vernachlässigen von der Auflast G^p und Ansatz des aktiven Erddrucks E_a^p :

Zulässige Ausmitte:

$$e_{\text{zulKG}} = \frac{b_u}{3} = 1,20 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{\text{KG}} = \frac{M_{\text{ges}} - E_{\text{aph}} \cdot \frac{H}{2}}{V_{\text{ges}}} = 1,30 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{\text{KG}} = \frac{b_u}{2} - c_{\text{KG}} = 0,50 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{\text{KG}}}{e_{\text{zulKG}}} = \underline{\underline{0,42 < 1}}$$

Sicherheit gegen Gleiten

Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2)

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = E_{\text{agh}} \cdot \gamma_G + E_{\text{aph}} \cdot \gamma_Q = 139,9 \text{ m}$$

Bemessungswert des Gleitwiderstands:

$$R_{h,d} = \frac{(V_{\text{ges}} + E_{\text{agv}} + E_{\text{apv}}) \cdot \tan(\varphi)}{\gamma_{R,h}} = 158,4 \text{ kN/m}$$

Bemessungswert des Erdwiderstandes parallel zur Sohlfläche an der Stirnseite:

$$R_{\text{Ph},d} = \frac{R_{\text{Ph},k}}{\gamma_{R,e}} = 12,3 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{\text{Ph},d}} = \underline{\underline{0,82 \leq 1}}$$



Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = E_{agh} + E_{aph} = 100,12 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d}} = \underline{\underline{0,63 \leq 1}}$$

Nachweis gegen Grundbruch

1. Maximale Ausmitte der Resultierenden
2. Größte Resultierende

1. Lastfall maximale Ausmitte:

$$e_{vorh} = e_{KG} = 0,50 \text{ m}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 * e_{vorh} = 2,60 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph}}{V_{ges}} \right) = 18,35^\circ$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:



Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = b' * (\gamma * t * N_{d0} * i_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b) = 663,8 \text{ kN/m}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 474,1 \text{ kN/m}$$

$$V_d = \left(\sum_{i=1}^3 G_i + E_{agv} \right) * \gamma_G + E_{apv} * \gamma_Q = 407,4 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

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



2. Lastfall größte Resultierende:

(Berücksichtigung des Auflastanteils G^p)

$$c_{GR} = \frac{M_{ges} - E_{aph} \cdot \gamma_{Eap} + p_k \cdot (b_u - a - b) \cdot \left(a + b + \frac{b_u - a - b}{2} \right)}{V_{ges} + p_k \cdot (b_u - a - b)} = 1,44 \text{ m}$$

$$e_{GR} = \frac{b_u}{2} - c_{GR} = 0,36 \text{ m}$$

$$e_{zulGR} = \frac{b_u}{3} = 1,20 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{GR}}{e_{zulGR}} = \underline{\underline{0,30 < 1}}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 \cdot e_{GR} = 2,88 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph}}{V_{ges} + p_k \cdot (b_u - a - b)} \right) = 15,63^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) \cdot (1 - 0,0244 \cdot \delta)^{0,03 + 0,04 \cdot \varphi}); 1) = 0,519$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) \cdot (1 - 0,04 \cdot \delta)^{0,64 + 0,028 \cdot \varphi}); 1) = 0,374$$

Grundbruchwiderstand:



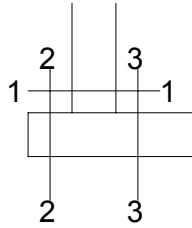
$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 675,6 \text{ kN}$$

$$V_{gesd} = (V_{ges} + E_{agv}) \cdot \gamma_G + (p_k \cdot (b_u - a - b) + E_{apv}) \cdot \gamma_Q = 491,4 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{V_{gesd}}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,73 \leq 1}}$$

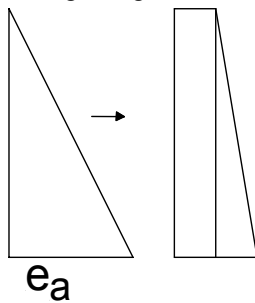
Ermittlung der Schnittgrößen



Schnitt 1-1:

$$e_a = \gamma * (H-h) * K_{ag} = 26,1 \text{ kN/m}^2$$

Umlagerung:



$$e_{a1} = \frac{2}{3} * e_a + e_{ap} = 24,0 \text{ kN/m}$$

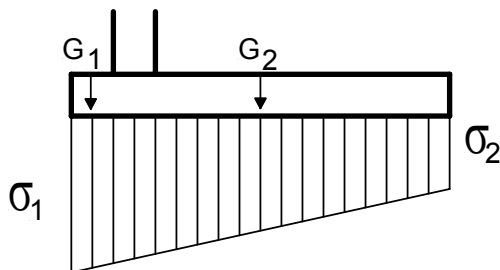
$$e_{a2} = \frac{1}{3} * e_a + e_{ap} = 15,3 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_1 = e_{a2} * (H-h) + \frac{1}{2} * e_{a2} * (H-h) = 101,0 \text{ kN/m}$$

$$M_1 = e_{a2} * (H-h) * \frac{3}{2} + \frac{1}{2} * e_{a2} * (H-h) * \frac{4}{3} = 196,4 \text{ kNm/m}$$

Schnitt 2-2:

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



$$e_s = e_{KG} = 0,50 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \frac{V_{ges}}{b_u} + \frac{V_{ges} * e_s * 6}{b_u^2} + p_k = 173,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{V_{ges}}{b_u} - \frac{V_{ges} * e_s * 6}{b_u^2} + p_k = 34,0 \text{ kN/m}^2$$



Spornlast:



$$Q_2 = \frac{1}{2} * (\sigma_1 + \sigma_{a2}) * a - G_S = 62,4 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = \sigma_{a2} * \frac{a^2}{2} + \frac{1}{2} * (\sigma_1 - \sigma_{a2}) * a^2 * \frac{2}{3} - G_S * \frac{a}{2} = 12,7 \text{ kNm/m}$$

Schnitt 3-3:

$$G_{3,3} = (b_u - a - b) * h * 25 = 28,0 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{a3} = \sigma_1 - (\sigma_1 - \sigma_2) * \frac{a+b}{b_u} = 142,7 \text{ kN/m}$$

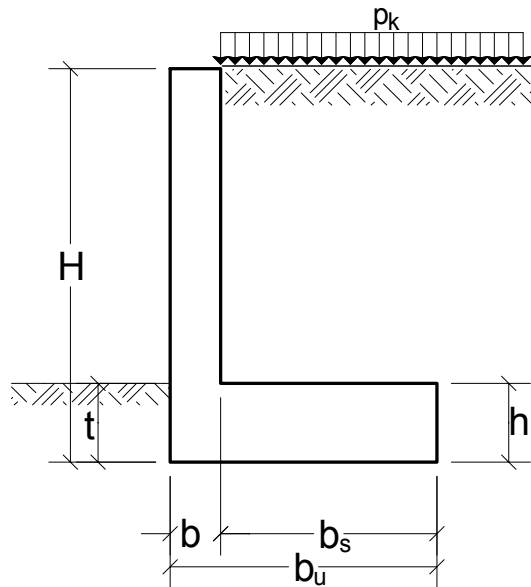
$$l = b_u - a - b = 2,8 \text{ m}$$

$$Q_3 = G_3 + G_{3,3} - \frac{1}{2} * (\sigma_{a3} + \sigma_2) * l = 2,4 \text{ kN/m}$$

$$M_3 = (G_3 + G_{3,3} - \sigma_2 * l) * \frac{l}{2} - \frac{1}{2} * (\sigma_{a3} - \sigma_2) * \frac{l^2}{3} = 74,4 \text{ kNm/m}$$

Winkelstützwand ohne Sporn

Näherungsverfahren nach Rankine (fiktive lotrechte Gleitfläche)



Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³

System

Wanddicke $b =$	0,50 m
Breite Sohlplatte $b_s =$	2,40 m
Wandhöhe $H =$	4,80 m
Dicke Sohlplatte $h =$	0,80 m
Einbindetiefe $t =$	0,80 m
fiktive Wandneigung $\alpha =$	0,00 °
Wichte Beton $\gamma_B =$	25,0 kN/m ³

$$\Rightarrow \text{Breite Sohlplatte } b_u = b + b_s = 2,90 \text{ m}$$

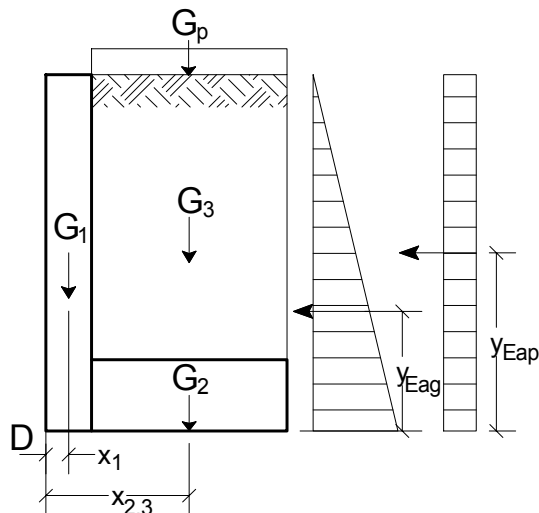
Belastung

Verkehrslast $p_k =$	15,00 kN/m ²
----------------------	-------------------------

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,h} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRh")	= 1,10
$\gamma_{R,e} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,40
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40
für Nachweis der Tragfähigkeit (EQU):		
$\gamma_{G,dst} =$		1,10
$\gamma_{G,stb} =$		0,90

Berechnung der Erddrücke



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

$$\text{Geländeneigung } \beta = 0,00^\circ$$

$$K_{ag} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,30$$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

$$e_{ag} = \gamma \cdot H \cdot K_{ag} = 25,92 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ag} = 0,5 \cdot e_{ag} \cdot H = 62,21 \text{ kN/m}$$

$$E_{agh} = E_{ag} \cdot \cos(\delta_a) = 62,21 \text{ kN/m}$$

$$E_{agv} = E_{ag} \cdot \sin(\delta_a) = 0,00 \text{ kN/m}$$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$$K_{aph} = (\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) / \cos(\alpha - \beta)) \cdot K_{ag} = 0,30 \text{ kN/m}$$

$$e_{ap} = p_k \cdot K_{aph} = 4,50 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ap} = e_{ap} \cdot H = 21,60 \text{ kN/m}$$

$$E_{aph} = E_{ap} \cdot \cos(\delta_a) = 21,60 \text{ kN/m}$$

$$E_{apv} = E_{ap} \cdot \sin(\delta_a) = 0,00 \text{ kN/m}$$

Hebelarm der Resultierenden bezogen auf D

$$y_{Eag} = H/3 = 1,60 \text{ m}$$

$$y_{Eap} = H/2 = 2,40 \text{ m}$$

Erdwiderstand vor der Stützwand

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

$$K_{pgh} = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} = 3,32$$

$$R_{Ph,k} = 0,5 \cdot \gamma \cdot t^2 \cdot K_{pgh} = 19,12 \text{ kN/m}$$

Ansetzbarer Bemessungswert:

$$R_{Ph,d} = \frac{R_{Ph,k}}{\gamma_{R,e}} = 13,7 \text{ kN/m}$$



Eigenlast der Stützwand

$$G_1 = H * b * \gamma_B = 60,0 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = h * b_s * \gamma_B = 48,0 \text{ kN/m}$$

Hebelarme (bezogen auf D):

$$x_1 = b / 2 = 0,25 \text{ m}$$

$$x_2 = b + b_s / 2 = 1,70 \text{ m}$$

Erdauflast:

$$G_3 = b_s * \left(H - h + \frac{\tan(\beta)}{2} \right) * \gamma = 172,8 \text{ kN/m}$$

$$x_3 = x_2 = 1,70 \text{ m}$$

Auflast auf Sohlplatte

$$G_p = p_k * b_s = 36,0 \text{ kN/m}$$

$$x_{Gp} = b + b_s / 2 = 1,70 \text{ m}$$

Angriffspunkt der Resultierenden

$$M_{ges} = \sum_{i=1}^3 G_i * x_i + E_{agv} * b_u - E_{agh} * y_{Eag} = 290,8 \text{ kNm/m}$$

$$V_{ges} = \sum_{i=1}^3 G_i + E_{agv} + E_{apv} = 280,8 \text{ kN/m}$$

$$c = \frac{M_{ges}}{V_{ges}} = 1,04 \text{ m}$$

Größe und Neigung der Resultierenden

$$H_{ges} = E_{agh} + E_{aph} = 83,81 \text{ kN/m}$$

$$R = \sqrt{V_{ges}^2 + H_{ges}^2} = 293,04 \text{ kN/m}$$

$$\delta_E = \text{atan} \left(\frac{H_{ges}}{V_{ges}} \right) = 16,62^\circ$$

Sicherheit gegen Kippen

Nachweis der Tragfähigkeit (ULS: EQU)

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{E,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,dst} = E_{agh} * \frac{H}{3} = 99,5 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Q,k,dst} = E_{aph} * y_{Eap} = 51,8 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{E,d} = M_{G,k,dst} * \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} * \gamma_Q = 187,2 \text{ kNm/m}$$

widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{R,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_{R,k} = \sum_{i=1}^3 G_i * x_i = 390,4 \text{ kNm/m}$$

$$M_{R,d} = M_{R,k} * \gamma_{G,stb} = 351,4 \text{ kNm/m}$$

Nachweis:

$$\frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} = \underline{\underline{0,53 \leq 1}}$$



Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)



Für den Lastfall "Gesamtlast" ergibt sich der ungünstigste Zustand durch Vernachlässigen von der Auflast G^P und Ansatz des aktiven Erddrucks E_a^P :

Zulässige Ausmitte:

$$e_{gp,zul} = \frac{b_u}{3} = 0,97 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Abstand der Resultierenden:

$$c_{gp} = \frac{M_{ges} - E_{aph} \cdot \frac{H}{2}}{V_{ges}} = 0,85 \text{ m}$$

Und eine Ausmittigkeit von:

$$e_{gp} = \frac{b_u}{2} - c_{gp} = 0,60 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{gp}}{e_{gp,zul}} = \underline{\underline{0,62 < 1}}$$

Sicherheit gegen Gleiten

Nachweis der Tragfähigkeit (GEO-2)

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = E_{agh} \cdot \gamma_G + E_{aph} \cdot \gamma_Q = 116,4 \text{ m}$$

$$R_{h,d} = (V_{ges} + E_{agv} + E_{apv}) \cdot \frac{\tan(\varphi)}{\gamma_{R,h}} = 162,6 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d} + R_{Ph,d}} = \underline{\underline{0,66 \leq 1}}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$H_d = E_{agh} + E_{aph} = 83,81 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{H_d}{R_{h,d}} = \underline{\underline{0,52 \leq 1}}$$



Nachweis gegen Grundbruch

1. Maximale Ausmitte der Resultierenden
2. Größte Resultierende

1. Lastfall maximale Ausmitte (e_{\max}):

$$e_{\text{vorh}} = e_{\text{gp}} = 0,60 \text{ m}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 * e_{\text{vorh}} = 1,70 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{\text{agh}} + E_{\text{aph}}}{V_{\text{ges}}} \right) = 16,62^\circ$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:



Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,492$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,345$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = b' * (\gamma * t * N_{d0} * i_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b) = 570,3 \text{ kN/m}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 407,4 \text{ kN/m}$$

$$V_d = \left(\sum_{i=1}^3 G_i + E_{\text{agv}} \right) * \gamma_G + E_{\text{apv}} * \gamma_Q = 379,1 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,93 \leq 1}}$$



2. Lastfall größte Resultierende:

(Berücksichtigung des Auflastanteils G^P)

$$c_{GR} = \frac{M_{ges} - E_{aph} * y_{Eap} + p_k * b_s * \left(b + \frac{b_s}{2}\right)}{V_{ges} + p_k * b_s} = 0,95 \text{ m}$$

$$e_{GR} = \frac{b_u}{2} - c_{GR} = 0,50 \text{ m}$$

$$e_{zulGR} = \frac{b_u}{3} = 0,97 \text{ m}$$

Nachweis:

$$\frac{e_{GR}}{e_{zulGR}} = \underline{\underline{0,52 < 1}}$$

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$b' = b_u - 2 * e_{GR} = 1,90 \text{ m}$$

Neigung der Resultierenden:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{E_{agh} + E_{aph}}{V_{ges} + p_k * b_s} \right) = 14,82^\circ$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^2; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,541$$

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^3; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,398$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{V,k} = b' * (\gamma * t * N_{d0} * i_d + \gamma * b' * N_{b0} * i_b) = 758,0 \text{ kN/m}$$

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k}}{\gamma_{R,v}} = 541,4 \text{ kN}$$

$$V_{gesd} = (V_{ges} + E_{agv}) * \gamma_G + (p_k * b_s + E_{apv}) * \gamma_Q = 433,1 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

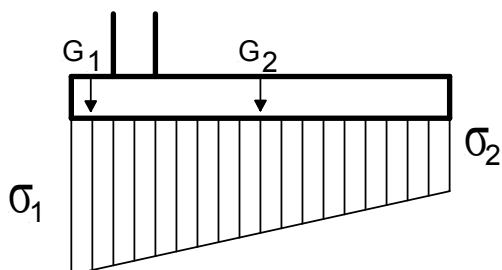
$$\frac{V_{gesd}}{R_{V,d}} = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

Ermittlung der Schnittgrößen



Schnitt 3-3:

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

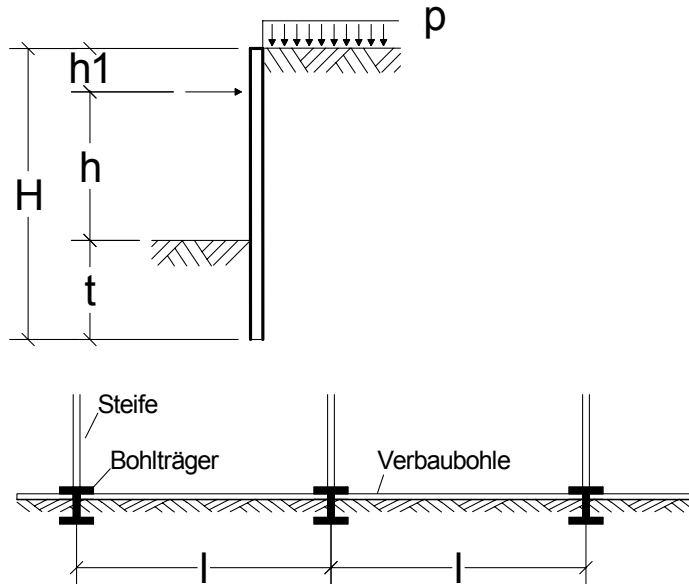


$$\begin{aligned}
 e_s &= &&= 0,60 \text{ m} \\
 \sigma_1 &= \frac{V_{ges}}{b_u} + \frac{V_{ges} \cdot e_s \cdot 6}{b_u^2} + p_k &&= 232,0 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_2 &= \frac{V_{ges}}{b_u} - \frac{V_{ges} \cdot e_s \cdot 6}{b_u^2} + p_k &&= -8,4 \text{ kN/m}^2 \\
 G_{3,3} &= b_s \cdot h \cdot 25 &&= 48,0 \text{ kN/m} \\
 \sigma_{a3} &= \sigma_1 - (\sigma_1 - \sigma_2) \cdot \frac{b}{b_u} &&= 190,6 \text{ kN/m} \\
 l &= b_u - b &&= 2,4 \text{ m} \\
 Q_3 &= G_3 + G_{3,3} - \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{a3} + \sigma_2) \cdot l &&= 2,2 \text{ kN/m} \\
 M_3 &= (G_3 + G_{3,3} - \sigma_2 \cdot l) \cdot \frac{l}{2} - \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{a3} - \sigma_2) \cdot \frac{l^2}{3} &&= 98,1 \text{ kNm/m}
 \end{aligned}$$

Kapitel Verbau

Trägerbohlwand

DIN EN 1054: 2010-12 und EAB; einmal gestützt, im Boden frei gelagert



Grundlage: Empfehlung des Arbeitskreises Baugrube

Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	19,00 kN/m ³
Wichte $\gamma' =$	11,00 kN/m ³
Kohäsion $c =$	0,00 kN/m ²

für den Nachweis der Vertikalkräfte (Ramppfahl):

zulässige Druckspannung $\sigma_0 =$	750,0 kN/m ²
mittlerer Mantelreibungswert $\tau_m =$	70,0 kN/m ²
Lagerungsdichte $D =$	0,68
Ungleichförmigkeitszahl $U =$	5,00

System

Abstand der Bohlträger $l =$	2,40 m
Höhe $h =$	3,80 m
Höhe $h_1 =$	1,20 m

Bohlträger:

Profilreihe Typ =	GEW("EC3_de/Profile"; ID;)	=	HEB
Gew. Profil ID =	GEW("EC3_de/Typ; ID;)	=	HEB 180
Stahl =	GEW("EC3_de/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k} =$	TAB("EC3_de/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,5 kN/cm ²

Verbaubohlen:

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	=	C24
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("EC3_de/Profile"; ID;)	=	HEB
Profil ID _A =	GEW("EC3_de/Typ; ID;)	=	HEB 160
Länge $L =$		=	4,50 m



Belastung

Auflast $q = 15,00 \text{ kN/m}^2$

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.

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

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:

Zustand Z = GEW("EC7_de/TsbE";Z;) STR. GEO-2

Bem.situation BS = GEW("EC7_de/TsbE";BS;) = BS-T

$\gamma_G = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="}\gamma\text{G"}) = 1,20$

$\gamma_Q = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="}\gamma\text{Q"}) = 1,30$

Widerstand:

$\gamma_{R,e} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma\text{Re"}) = 1,30$

$\gamma_{R,v} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma\text{Rv"}) = 1,30$

$\gamma_t = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma\text{sP"}) = 1,40$

Sicherheit gewählt $\eta_p = 1,00$

Berechnung

Nicht zu verändernde Vorwerte:

$\alpha = 0,00^\circ$

$\beta = 0,00^\circ$

$$K_{agh} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,25$$

Flächenlasten bis 10 kN/m^2 werden nach DIN 1054 als ständige Lasten angenommen. Darüber liegende Anteile werden als veränderliche Lasten angesetzt.

$p_1 = \text{WENN}(q > 10 ; 10 ; q) = 10,00 \text{ kN/m}^2$

$p_2 = \text{WENN}(q > 10 ; q - 10 ; 0) = 5,00 \text{ kN/m}^2$

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast (+ evtl. großflächige Last $< 10 \text{ kN/m}^2$)

$e_{agp1,d} = \gamma_G \cdot p_1 \cdot K_{agh} = 3,00 \text{ kN/m}^2$

$e_{agg,d} = \gamma_G \cdot \gamma \cdot (h + h_1) \cdot K_{agh} = 28,50 \text{ kN/m}^2$

$e_{ag,d} = e_{agg,d} + e_{agp1,d} = 31,50 \text{ kN/m}^2$

$E_{ag,d} = 0,5 \cdot e_{ag,d} \cdot (h + h_1) = 78,75 \text{ kN/m}$

$E_{agh,d} = E_{ag,d} \cdot \cos(\delta_a) = 73,18 \text{ kN/m}$

$E_{agv,d} = E_{ag,d} \cdot \sin(\delta_a) = 29,08 \text{ kN/m}$

Aktiver Erddruck infolge der Auflast

$e_{ap,d} = \gamma_Q \cdot p_2 \cdot K_{agh} = 1,63 \text{ kN/m}^2$

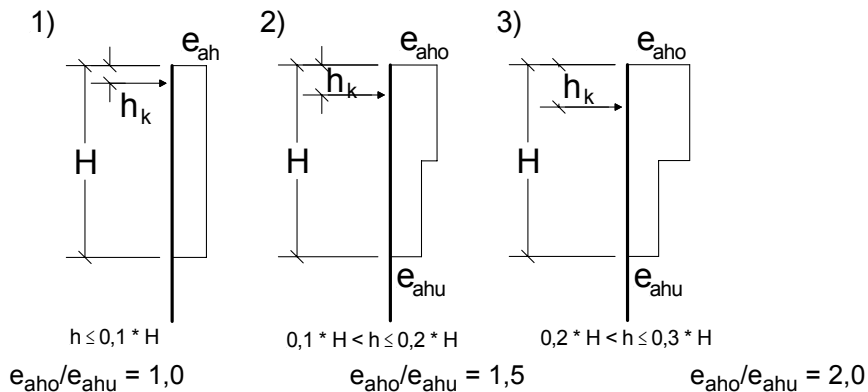
$E_{ap,d} = e_{ap,d} \cdot (h + h_1) = 8,15 \text{ kN/m}$

$E_{aph,d} = E_{ap,d} \cdot \cos(\delta_a) = 7,57 \text{ kN/m}$

$E_{apv,d} = E_{ap,d} \cdot \sin(\delta_a) = 3,01 \text{ kN/m}$

Wirklichkeitsnaher Erddruckansatz nach EB 69

Ermittlung des anzusetzenden Erddrucks:



$$H = \frac{h + h_1}{v} = 5,00 \text{ m}$$

$$v = \frac{h_1}{H} = 0,24$$

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



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Auflagerung der Bohlen

$$h_t = \text{TAB}(\text{"EC3_de"/"Typ"; h; ID=ID})/10^3 = 0,18 \text{ m}$$

$$b_t = \text{TAB}(\text{"EC3_de"/"Typ"; b; ID=ID})/10^3 = 0,18 \text{ m}$$

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 kleinergleich dem Erdwiderstand vor dem Träger wird.

$$t = 1,28 \text{ m}$$

a) Keine Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$\omega_R = \text{TAB}(\text{"EC7_de"/"Erdwider"; } \omega_R; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 2,87$$

$$\omega_K = \text{TAB}(\text{"EC7_de"/"Erdwider"; } \omega_K; \varphi=\varphi; b_t/t=b_t/t) = 3,58$$

$$\omega_{ph,kü} = \frac{t * \omega_R}{l} + \frac{4 * c * \omega_K}{\gamma * l} = 1,531$$

b) Mit Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$K_{ph0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de"/"Kp"; } K_{pgh}; \varphi=\varphi; \delta_p=0) = 3,32$$

Nach DIN 4085 ist der Winkel δ_p bei Bohlträgern:

$$\begin{aligned} \delta_p &= -\text{WENN}(\varphi < 30; \varphi - 2,5; 27,5) &= -27,50^\circ \\ K_{ph1} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/Kp"}; K_{pgh}; \varphi = \varphi; \delta_p = \delta_p) &= 6,70 \\ \omega_{ph,m\ddot{u}} &= \frac{b_t}{l} * K_{ph1} + \frac{l - b_t}{l} * K_{ph0} + \frac{4 * c}{\gamma * t} * \sqrt{K_{ph1}} &= 3,574 \\ \omega_{ph} &= \text{MIN}(\omega_{ph,k\ddot{u}}; \omega_{ph,m\ddot{u}}) &= 1,531 \end{aligned}$$

Der Erdwiderstand vor dem Träger wird zu:

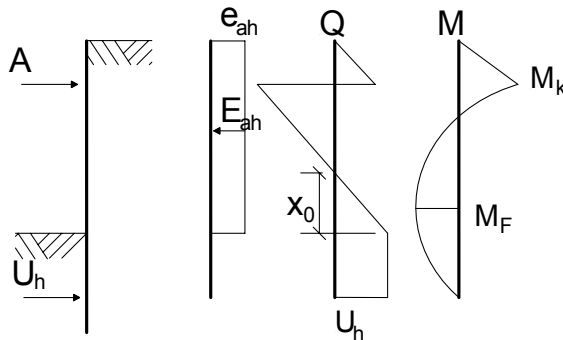
$$E_{ph,d} = \frac{1}{2} * \gamma * t^2 * \omega_{ph} * \frac{1}{\gamma_{R,e}} * \eta_p = 18,33 \text{ kN/m}$$

Die Auflagerkraft im Erdreich wird zu:

$$U_{h,d} = \frac{\left(e_{ah0,d} * \left(\frac{H}{4} - h1 \right) + e_{ahu,d} * \left(\frac{H * 3}{4} - h1 \right) \right) * \frac{H}{2}}{h + 0,6 * t} = 18,26 \text{ kN/m}$$

$$U_{h,d} - E_{ph,d} = \underline{\underline{-0,07 \approx 0}}$$

Schnittgrößen und Auflagerkräfte



$$A = \frac{H}{2} * (e_{ah0,d} + e_{ahu,d}) - U_{h,d} = 76,14 \text{ kN/m}$$

Das maximale Feldmoment liegt bei:

$$x_0 = \frac{U_{h,d}}{e_{ahu,d}} = 1,45 \text{ m}$$

$$M_{F,max,d} = U_{h,d} * \left(0,6 * t + \frac{1}{2} * x_0 \right) = 27,26 \text{ kNm/m}$$

Kragmoment bei A:

$$M_{A,d} = e_{ah0,d} * \frac{h1^2}{2} = 18,12 \text{ kNm/m}$$

Bemessungsschnittgrößen auf den Trägerabstand umgerechnet:

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

$$A'_d = A * l = 182,74 \text{ kN}$$

$$M'_{F,d} = M_{F,max,d} * l = 65,42 \text{ kNm}$$

Das Kragmoment darf nicht abgemindert werden:

$$M'_{A,d} = M_{A,d} * l = 43,49 \text{ kNm}$$

$$M_{max,d} = \text{MAX}(M'_{F,d}; M'_{A,d}) = 65,42 \text{ kNm}$$



Nachweis des Trägerprofils

$$W_{ely} = \text{TAB}(\text{"EC3_de"/"Typ; Wy; ID=ID"}) = 426,00 \text{ cm}^3$$
$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{1,1} = 21,36 \text{ kN/cm}^2$$
$$\sigma_d = 100 \cdot \frac{M_{max,d}}{W_{ely}} = 15,36 \text{ kN/cm}^2$$
$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{R,d}} = \underline{\underline{0,72 < 1}}$$

Verbaubohlen

Bemessung nach DIN EN 1995 (einachsige Biegung)

$$M_d = \frac{e_{aho,d} \cdot l^2}{8} = 18,12 \text{ kNm/m}$$
$$k_{mod} = 1,00$$
$$f_{m,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";fmk;FK=FK}) = 24,00 \text{ N/mm}^2$$
$$f_{v,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat";fvk;FK=FK}) \cdot 10^{-1} = 0,40 \text{ kN/cm}^2$$

Bemessungswerte der Festigkeiten:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / 1,3 = 1,85 \text{ kN/cm}^2$$
$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / 1,3 = 0,308 \text{ kN/cm}^2$$

Biegespannung:

$$W_{y,vorh} = \frac{d_{gew}^2 \cdot 100}{6} = 1666,67 \text{ cm}^3$$
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d \cdot 100}{W_{y,vorh}} = 1,09 \text{ kN/cm}^2$$
$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \underline{\underline{0,59 \leq 1}}$$

Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot \frac{e_{aho,d} \cdot l}{2}}{1 \cdot d_{gew} \cdot 100} = 0,045 \text{ kN/cm}^2$$
$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{\underline{0,15 < 1}}$$

Aussteifung

$$N_d = A'_d = 182,7 \text{ kN}$$

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

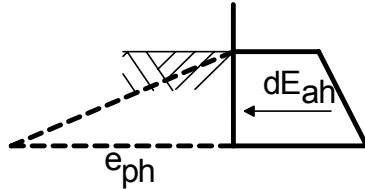
$$M_{y,d} = \frac{1 \cdot L^2}{8} \cdot 1,5 = 3,80 \text{ kN}$$

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

⇒ Nachweis nach DIN EN 1993 6.3.3 (Biegedrillknicken)

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 Bemessungswert $\Delta E_{ah,d}$ der Erddruckkraft unterhalb der Baugrundsohle zusammen mit der Auflagerkraft $U_{h,d}$ aus dem Bohlträger vom Bemessungswert des gesamten zur Verfügung stehenden Erdwiderstandes aufgenommen wird. Der Erdwiderstand kann mit dem Wandreibungswinkel $\delta_p = -\varphi$ ermittelt werden.



$$\begin{aligned} \delta_p &= -\varphi &= & -32,50^\circ \\ K_{ph} &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/KpKreis"; } K_{ph}; \varphi=\varphi; \delta \leq \delta_p) &= & 6,77 \\ dE_{ah,d} &= \frac{1}{2} * ((e_{ag,d} + e_{ap,d}) * 2 + t * \gamma * K_{agh}) * t &= & 46,3 \text{ kN/m} \\ E_{ph,d} &= \frac{1}{2} * \gamma * K_{ph} * t^2 * \frac{1}{\gamma_{R,e}} * \eta_p &= & 81,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Sicherheit:

$$\eta_H = \frac{dE_{ah,d} + U_{h,d}}{E_{ph,d}} = \underline{\underline{0,80 \leq 1}}$$

Gleichgewicht der Vertikalkräfte



Software zur Dokumentation und Berechnung

Cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Mantelreibung:

$$\begin{aligned} A_r &= (2 * h_t + 3 * b_t) * t_n &= & 0,70 \text{ m}^2 \\ Q_r &= \tau_m * A_r &= & \mathbf{49,00 \text{ kN}} \\ f_a &= \text{WENN}(l < 1,2; \frac{l}{1 + b_t}; 1) &= & 1,00 \\ f_D &= \text{TAB}(\text{"EC7_de/fD"; } f_D; U \leq U; D > D) &= & 1,25 \\ R_k &= f_D * f_a * (Q_s + Q_r) &= & \mathbf{79,58 \text{ kN}} \end{aligned}$$



Einwirkende Vertikallasten:

$$\begin{aligned} g &= \text{TAB}(\text{"EC3_de"/"Typ"; g; ID=ID}) &= & 0,51 \text{ kg/m} \\ g_A &= \text{TAB}(\text{"EC3_de"/"Typ"; g; ID=ID_A}) &= & 0,43 \text{ kg/m} \\ \rho &= \text{TAB}(\text{"EC5_de/mat"; rhok; FK=FK}) &= & 350 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Bohltrager: } g * (h_1 + h + t) = 3,20 \text{ kN}$$

$$\text{Steife: } g_A * L/2 = 0,97 \text{ kN}$$

$$\text{Verbaubohlen: } l * \rho * (h + h_1) * d_{\text{gew}} / 10000 = 4,20 \text{ kN}$$

$$\text{Eigenlast } G = \underline{\underline{8,37 \text{ kN}}}$$

Vertikaler Erddruck:

$$E_{\text{av,d}} = \left(e_{\text{aho,d}} * \frac{H}{2} + e_{\text{ahu,d}} * \frac{H}{2} \right) * \tan\left(\frac{2}{3} * \varphi\right) * l = 90,01 \text{ kN}$$

$$E_{\text{apv,d}} = e_{\text{ap,d}} * H * l = 19,56 \text{ kN}$$

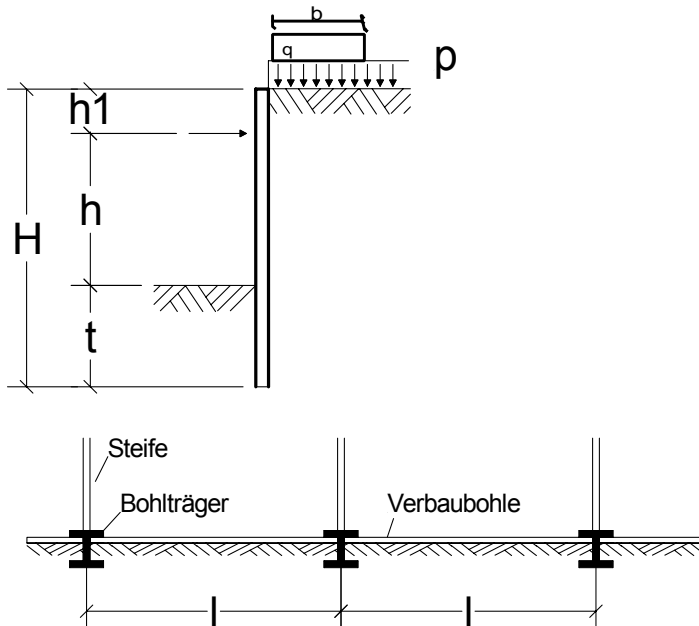
Nachweis der Sicherheit:

$$\Sigma V_{\text{d,i}} = \gamma_G * G + E_{\text{av,d}} + E_{\text{apv,d}} = 119,6 \text{ kN}$$

$$\Sigma V_{\text{d,i}} / (R_k / \gamma_t) = \underline{\underline{2,10 \leq 1}}$$

Trägerbohlwand eingespannt

DIN EN 1054: 2010-12 und EAB; einmal gestützt, im Boden eingespannt



Grundlage: Empfehlung des Arbeitskreises Baugrube; Hilpert, Seitz (2005)

Baugrund

Reibungswinkel φ =	30,00 °
Wichte γ =	17,00 kN/m ³
Wichte γ' =	9,50 kN/m ³
Kohäsion c =	0,00 kN/m ²

für den Nachweis der Vertikalkräfte (Ramppfahl):

zulässige Druckspannung σ_0 =	600,0 kN/m ²
mittlerer Mantelreibungswert τ_m =	60,0 kN/m ²
Lagerungsdichte D =	0,55
Ungleichförmigkeitszahl U =	3,00

System

Abstand der Bohlträger l =	2,20 m
Höhe h =	4,00 m
Höhe h_1 =	1,00 m

Bohlträger:

Profilreihe Typ =	GEW("EC3_de/Profile"; ID;)	=	HEB
Gew. Profil ID =	GEW("EC3_de/"Typ; ID;)	=	HEB 180
Stahl =	GEW("EC3_de/mat"; ID;)	=	S 235
$f_{y,k}$ =	TAB("EC3_de/mat"; f_{yk} ; ID=Stahl)/10	=	23,5 kN/cm ²

Verbaubohlen:

Material Mat:	GEW("EC5_de/mat";B;)	=	Nadelholz
Festigkeitsklasse FK:	GEW("EC5_de/mat";FK;B=Mat)	=	C24
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("EC3_de/Profile"; ID;)	=	HEB
Profil ID _A =	GEW("EC3_de/"Typ; ID;)	=	HEB 160
Länge L =		=	5,00 m



Belastung

großflächige Auflast p =	10,00 kN/m ²
Streifenlast q =	30,00 kN/m ²
zug. Einflußbreite b =	3,00 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.

$$\delta_a = \frac{2}{3} \cdot \varphi = 20,00^\circ$$

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,20
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,30
Widerstand:		
$\gamma_{R,e}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,30
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,30
γ_t =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γsP")	= 1,40
Sicherheit gewählt η_p =	1,00	

Berechnung

Nicht zu verändernde Vorwerte:

α =	0,00 °
β =	0,00 °

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

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

p1 =	WENN(p > 10 ; 10 ; p)	= 10,00 kN/m ²
p2 =	WENN(p > 10 ; p-10 ; 0)	= 0,00 kN/m ²

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast (+ evtl. großflächige Last < 10 kN/m²)

e_{agp1} =	p1 * K_{agh}	= 2,80 kN/m²
e_{agg} =	$\gamma \cdot (h + h1) \cdot K_{agh}$	= 23,80 kN/m ²
e_{ag} =	$e_{agg} + e_{agp1}$	= 26,60 kN/m²
E_{ag} =	0,5 * $e_{ag} \cdot (h + h1)$	= 66,50 kN/m
E_{agh} =	$E_{ag} \cdot \cos(\delta_a)$	= 62,49 kN/m
E_{agv} =	$E_{ag} \cdot \sin(\delta_a)$	= 22,74 kN/m



Aktiver Erddruck infolge der Auflast / Streifenlast



Gleitflächenwinkel (Streifenlast q):

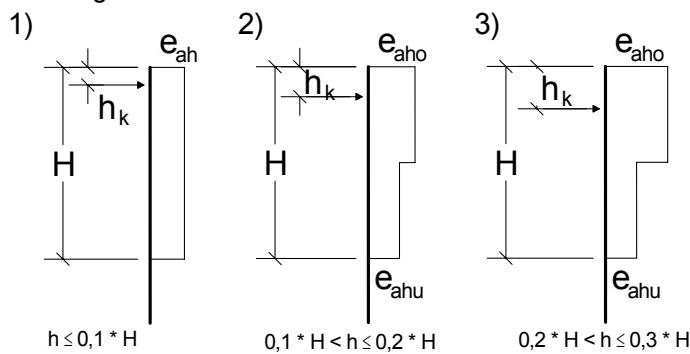
$$\vartheta_a = \operatorname{atan} \left(\frac{\sin(\varphi) + \sqrt{\frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi) + \tan(\delta_a)}}}{\cos(\varphi)} \right) = 56,0^\circ$$

Wirkungshöhe der Streifenlast:

$$h_q = b \cdot \operatorname{TAN}(\vartheta_a) = 4,45 \text{ m}$$

Wirklichkeitsnaher Erddruckansatz nach EB 69

Ermittlung des anzusetzenden Erddrucks:



$$e_{aho}/e_{ahu} = 1,0 \qquad e_{aho}/e_{ahu} = 1,5 \qquad e_{aho}/e_{ahu} = 2,0$$

$$H = \frac{h + h_1}{H} = 5,00 \text{ m}$$

$$v = \frac{h_1}{H} = 0,20$$

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

$$e_{a1} = e_{agp1} + e_{ap2} = 2,80 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{a2} = e_{agg} + e_{agp1} + e_{ap2} = 26,60 \text{ kN/m}^2$$

$$e_a = \frac{1}{2} \cdot (e_{a1} + e_{a2}) = 14,70 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{aho} = \text{WENN}(\text{Fall}=1; e_a; \text{WENN}(\text{Fall}=2; e_a \cdot \frac{6}{5}; e_a \cdot \frac{8}{6})) = 17,64 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ahu} = \text{WENN}(\text{Fall}=1; e_a; \text{WENN}(\text{Fall}=2; e_a \cdot \frac{4}{5}; e_a \cdot \frac{4}{6})) = 11,76 \text{ kN/m}^2$$

$$E_o = e_{aho} \cdot H/2 = 44,10 \text{ kN/m}$$

$$E_u = e_{ahu} \cdot H/2 = 29,40 \text{ kN/m}$$



Ermittlung der erforderlichen Einbindetiefe

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

$$t = 1,92 \text{ m}$$

Die charakteristische Erdauflagerkraft $B_{h,k}$ ergibt sich als Funktion der Einbindetiefe t aus dem Momentengleichgewicht um den Angriffspunkt A der Ankerkraft:



Software zur Dokumentation und Berechnung

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$\omega_{ph,k\ddot{u}} = \frac{t \cdot \omega_R}{l} + \frac{4 \cdot c \cdot \omega_K}{\gamma \cdot l} = 1,719$$

b) Mit Überschneidung der Erdwiderstandskräfte:

$$K_{ph0} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/Kp"}; K_{pgh}; \varphi=\varphi; \delta_p=0) = 3,00$$

Nach DIN 4085 ist der Winkel δ_p bei Bohlträgern:

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

$$K_{ph1} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/Kp"}; K_{pgh}; \varphi=\varphi; \delta_p=-\delta_p) = 5,71$$

$$\omega_{ph,m\ddot{u}} = \frac{b_t}{l} \cdot K_{ph1} + \frac{l - b_t}{l} \cdot K_{ph0} + \frac{4 \cdot c}{\gamma \cdot t} \cdot \sqrt{K_{ph1}} = 3,222$$

kleinere Wert maßgebend:

$$\omega_{ph} = \text{MIN}(\omega_{ph,k\ddot{u}}; \omega_{ph,m\ddot{u}}) = 1,719$$

Der Erdwiderstand vor dem Träger wird zu:

$$f_w = \text{WENN}(\omega_{ph} = \omega_{ph,k\ddot{u}}; 0,8; 1,0) = 0,80$$

$$\text{spa}E_{ph,k} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 \cdot \omega_{ph} \cdot f_w \cdot \eta_p = 43,09 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_G \cdot B_{hg,k} + \gamma_Q \cdot B_{hq,k} - \text{spa}E_{ph,k} / \gamma_{R,e} = \underline{\underline{-0,19 \approx 0!}}$$

Mit $\Sigma H = 0$ wird die Auflagerkraft zu:

$$A_{hg,k} = E_o + E_u - B_{hg,k} = 55,67 \text{ kN}$$

$$A_{hq,k} = e_{apq} \cdot h_q - B_{hq,k} = 28,49 \text{ kN}$$

$$A_{h,k} = A_{hq,k} + A_{hg,k} = \underline{\underline{84,16 \text{ kN}}}$$

Statisch äquivalente Bodenreaktionen:

$$\sigma_{hg,k} = -B_{hg,k} \cdot 2 / t = -18,57 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{hq,k} = -B_{hq,k} \cdot 2 / t = -9,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{h,k} = -B_{h,k} \cdot 2 / t = -27,83 \text{ kN/m}^2$$

Nachweis der Sicherheit gegen Versagen des Erdwiderlagers ($\Sigma H = 0$)

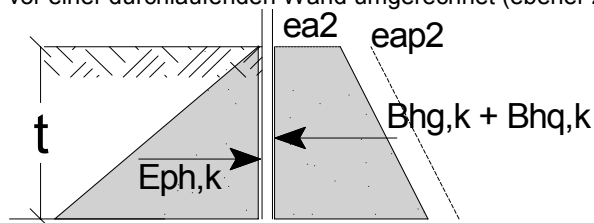
1. Nachweis des Trägerfußes

entpricht dem ursprünglichen "Hauptnachweis $\Sigma H = 0$ nach EB 15"



2. Nachweis des ebenen Zustands "durchlaufende Wand"

Hierbei wird der räumliche Erdwiderstand vor den einzelnen Bohlträgern in einen Erdwiderstand vor einer durchlaufenden Wand umgerechnet (ebener Zustand).



Bei Zuggrundelegung gekrümmter Gleitflächen wird der Wandreibungswinkel

$$\delta_p = -\varphi = -30,00^\circ$$

Resultierende des aktiven Erddrucks unterhalb der Baugrubensohle:

$$\Delta E_{ahg,k} = (2 * e_{a2} + K_{agh} * \gamma * t) * t / 2 = 59,85 \text{ kN/m}$$

$$\Delta E_{ahq,k} = e_{ap2} * t = 0,00 \text{ kN/m}$$

Erdwiderstand auf die durchlaufende Wand:

$$\delta_p = -2/3 * \varphi = -20,00^\circ$$

$$K_{pgh} = \frac{(\cos(\varphi))^2}{\left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) * \sin(\varphi)}{\cos(\delta_p)}}\right)^2} = 5,74$$

$$E_{ph,k} = \frac{1}{2} * \gamma * t^2 * K_{pgh} = 179,86 \text{ kN/m}$$

$$(\gamma_G * (B_{hg,k} + \Delta E_{ahg,k}) + \gamma_Q * (B_{hq,k} + \Delta E_{ahq,k})) / (E_{ph,k} / \gamma_{R,e}) = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

Nachweis des Wandreibungswinkels auf der passiven Seite ($\Sigma V_{k,i} \geq B_{v,k}$)

$$\text{Eigenlast Verbauteile } G_k = 11,00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = (e_{aho} * H/2 + e_{ahu} * H/2 + e_{apq} * h_q + e_{ap2} * H) * \text{TAN}(2/3 * \varphi) = 40,36 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = B_{h,k} * \text{TAN}(2/3 * \varphi) = 9,73 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma V_{k,i} = G_k + B_{v,k} = 20,73 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} / \Sigma V_{k,i} = \underline{\underline{0,47 \leq 1}}$$



Nachweis der Sicherheit gegen Versinken der Verbauwand ($\Sigma V = 0$)

$$E_{\text{avg,k}} = (e_{\text{aho}} \cdot H/2 + e_{\text{ahu}} \cdot H/2) \cdot \text{TAN}(2/3 \cdot \varphi) = 26,75 \text{ kN/m}$$

$$E_{\text{avq,k}} = (e_{\text{apq}} \cdot h_q + e_{\text{ap2}} \cdot H) \cdot \text{TAN}(2/3 \cdot \varphi) = 13,61 \text{ kN/m}$$

Netto - Einbindetiefe:

$$t_n = t - 0,5 = 1,42 \text{ m}$$

Spitzenwiderstandsbeiwert:

$$\sigma_s = \sigma_0 + 120 \cdot t_n = 770,4 \text{ kN/m}^2$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Die Spitzenwiderstandskraft ist somit:

$$Q_s = f_t \cdot f_\gamma \cdot \sigma_s \cdot b_t \cdot h_t = 25,47 \text{ kN}$$

Mantelreibung:

$$A_r = (2 \cdot h_t + 3 \cdot b_t) \cdot t_n = 1,28 \text{ m}^2$$

$$Q_r = \tau_m \cdot A_r = 76,80 \text{ kN}$$

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

$$f_D = \text{TAB}(\text{"EC7_de/fD"}; fD; U \leq U; D > D) = 1,25$$

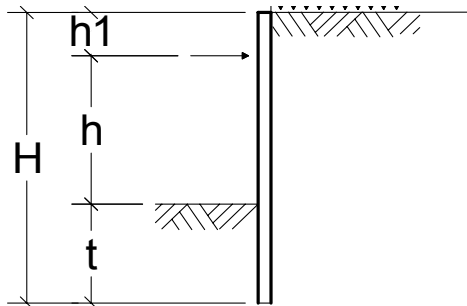
$$R_k = f_D \cdot f_a \cdot (Q_s + Q_r) = 127,84 \text{ kN}$$

$$\Sigma V_{d,i} = \gamma_G \cdot (G_k + E_{\text{avg,k}}) + \gamma_Q \cdot E_{\text{avq,k}} = 63,0 \text{ kN}$$

$$\Sigma V_{d,i} / (R_k / \gamma_t) = \underline{\underline{0,69 \leq 1}}$$

Spundwand

Nachweis des Erdaufagers; Umlagerung nach EAB für $h_1 \leq 0,1 H$



Baugrund

Reibungswinkel $\varphi = 32,50^\circ$
 Wichte $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$

System

Höhe $h = 8,10 \text{ m}$
 Höhe $h_1 = 0,90 \text{ m}$
 Einbindetiefe $t = 2,50 \text{ m}$

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:
 Zustand $Z = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE";Z;})$ STR. GEO-2
 Bem.situation $BS = \text{GEW}(\text{"EC7_de/TsbE";BS;})$ = BS-T
 $\gamma_G = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="}\gamma\text{G"})$ = 1,20
 $\gamma_Q = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="}\gamma\text{Q"})$ = 1,30
 Widerstand:
 $\gamma_{R,h} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma\text{Rh"})$ = 1,10
 $\gamma_{R,e} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="}\gamma\text{Re"})$ = 1,30

Berechnung

Nicht zu verändernde Vorwerte:

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

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

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

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

Vorgabe Erddruckbeiwert für Kreisförmige Bruchfuge

$$K_{pgh} = 7,296$$

Prüfung der Anwendbarkeit nachfolgender Berechnung

$$h_B = h_1 + h = 9,00 \text{ m}$$

$$h_1 / (0,1 * h_B) = \underline{\underline{1,00 \leq 1}}$$



Erdrückumlagerung bis in Höhe Baugrubensohle



Lage der Resultierenden (vgl. Bild)

$$a_1 = h_1 / 2 = 0,45 \text{ m}$$

$$a_2 = h / 2 = 4,05 \text{ m}$$

$$a'_3 = \frac{(e_{agh,s} + 2 * e_{agh,u}) * 0,6 * t}{3 * (e_{agh,s} + e_{agh,u})} = 0,77 \text{ m}$$

$$a_3 = 0,6 * t - a'_3 = 0,73 \text{ m}$$

$$a_4 = \frac{(e_{agh,u} + 2 * e_{agh,t}) * 0,4 * t}{3 * (e_{agh,u} + e_{agh,t})} = 0,51 \text{ m}$$

Verfahren I nach Bautechnik 84 (2007), S. 760

$$K_{rh,d} = K_{pgh} / \gamma_{R,e} - K_{agh} * \gamma_G = 5,31$$

Ermittlung des Belastungsnullpunkts:

$$u_d = \gamma_G * e_{agh,s} / (\gamma * K_{rh,d}) = 0,51 \text{ m}$$

$$E_{hn,k} = 0,5 * e_{agh,s} * u_d = 10,37 \text{ kN/m}$$

$$l = h + u_d = 8,61 \text{ m}$$

$$E_{h1,k} = E_{ah1} * a_1 = 8,23 \text{ kN}$$

$$E_{h2,k} = E_{ah2} * a_2 = 666,91 \text{ kN}$$

$$m = 6 * \gamma_G / (\gamma * K_{rh,d} * l^3) * (E_{h1,k} + E_{h2,k} + E_{hn,k} * (h + 1/3 * u_d)) = 0,090$$

in Abhängigkeit des Angriffspunktes von $B_{h,k}$ gilt für $F_1 =$

$$F_1 = 1,80$$

$$v = 0,163 \text{ m}$$

$$v^3 * F_1 + 3 * v^2 - m = -0,002 \approx 0$$

$$x = v * l = 1,40 \text{ m}$$

erforderliche Einbindetiefe (bei 100% Ausnutzung)

$$t_1 = u_d + x = 1,91 \text{ m}$$

$$t_1 / t = 0,76 \leq 1$$

Nachweis Erdauflager im GEO-2

$$B_{h,k} = K_{pgh} * \gamma * t_1^2 / (2 * \gamma_G * \gamma_{R,e}) = 153,56 \text{ kN/m}$$

$$E_{ph,d} = (t_1^2 * K_{pgh} * \gamma * 0,5) / \gamma_{R,e} = 184,27 \text{ kN/m}$$

$$B_{h,d} = B_{h,k} * \gamma_G = 184,27 \text{ kN/m}$$

Ankerkraft

$$E_{ah3} = (e_{agh,s} + e_{agh,u}) / 2 * 0,6 * t_1 = 50,48 \text{ kN/m}$$

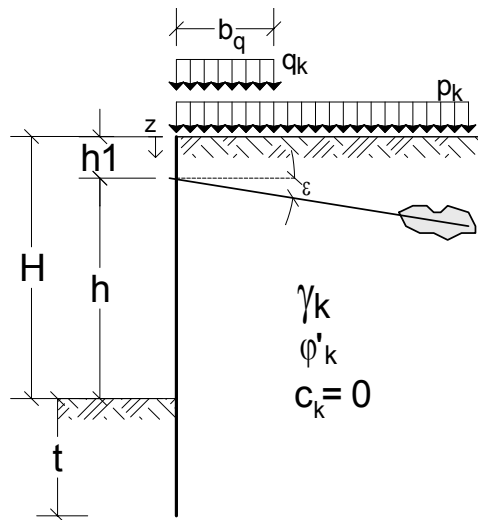
$$E_{ah4} = (e_{agh,t} + e_{agh,u}) / 2 * 0,4 * t_1 = 37,97 \text{ kN/m}$$



$$S_{h,k} = E_{ah1} + E_{ah2} + E_{ah3} + E_{ah4} - B_{h,k} = 117,86 \text{ kN/m}$$

Spundwand mit Verpressanker

DIN EN 1054: 2010-12 und EAB; einmal gestützt, im Boden eingespannt; vorgespannte Verpressanker



Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	20,00 kN/m ³

Anker + Spundwand

Ankerneigung $\varepsilon =$	15,0 °
Ankerabstand $a =$	2,80 m
Herauszieh Widerstand $R_{a,k} =$	730 kN
Widerstand Stahlzugglied $R_{i,k} =$	840 kN
Spundwandstahl $f_{y,k} =$	240 N/mm ²
wirksame Aufstandsfläche $A_b =$	0,294 m ² /m

System

Höhe $h =$	5,00 m
Höhe $h1 =$	1,00 m

Die Einbindetiefe t muß iterativ ermittelt werden, so dass die Auflagerkraft im Erdreich kleiner gleich dem Erdwiderstand vor dem Träger wird $\Rightarrow B_{h,d} \leq E_{ph,d}$ · (siehe weiter unten)

Einbindetiefe $t =$ 1,60 m

Belastung

großflächige Auflast $p =$	10,0 kN/m ²
Streifenlast $q =$	110,0 kN/m ²
zug. Einflußbreite $b_q =$	2,00 m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand $Z =$	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation $BS =$	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,20
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,30
Widerstand:		
$\gamma_{R,e} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,30
$\gamma_b =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γbP")	= 1,40

charakt. Erddruck unter Annahme ebener Gleitflächen

Nicht zu verändernde Vorwerte:

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

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

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

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

Gleitflächenwinkel (Streifenlast q):

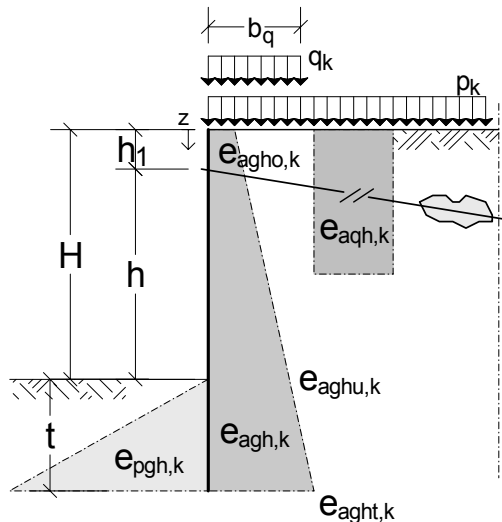
$$\vartheta_{ag} = \operatorname{atan} \left(\frac{\sin(\varphi) + \sqrt{\frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi) + \tan(\delta_a)}}}{\cos(\varphi)} \right) = 57,5^\circ$$

Erddruck aus ständigen Einwirkungen:

$$e_{agho,k} = p \cdot K_{agh} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{aghu,k} = (\gamma \cdot (h + h_1) + p) \cdot K_{agh} = 32,6 \text{ kN/m}$$

$$e_{aght,k} = e_{aghu,k} + \gamma \cdot t \cdot K_{agh} = 40,6 \text{ kN/m}$$



Erddruck aus Streifenlast:

$$V = b_q \cdot q = 220,0 \text{ kN/m}$$

Horizontalkomponente der zusätzlichen Erddruckkraft:

Ermittlung zunächst als ob die Erddruckgleitfläche nicht verändert wird!

$$E_{avh} = V \cdot \frac{\sin(\vartheta_{ag} - \varphi) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{\cos(\vartheta_{ag} - \alpha - \delta_a - \varphi)} = 86,6 \text{ kN/m}$$

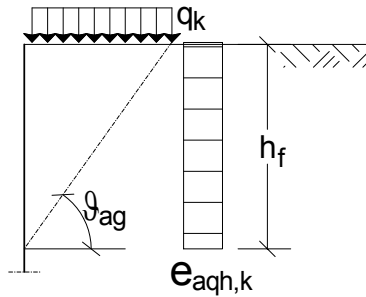
Wirkungshöhe der Streifenlast:

$$h_f = b_q \cdot \tan(\vartheta_{ag})$$

$$= 3,14 \text{ m}$$

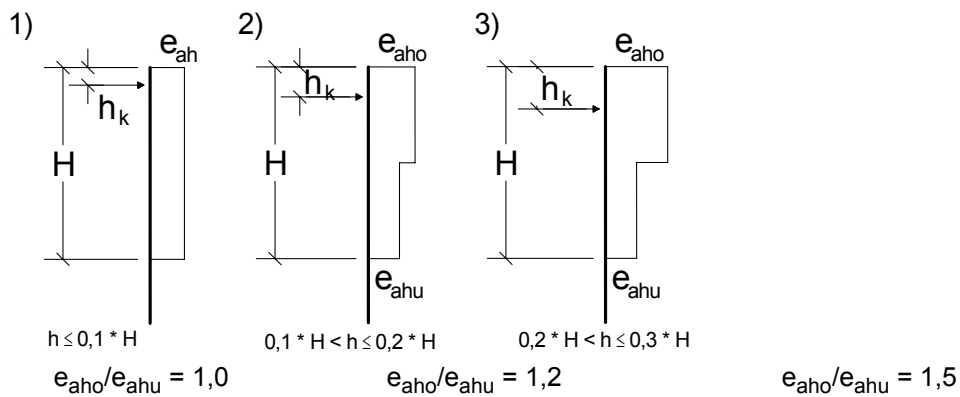
$$e_{aqh,k} = E_{avh} / h_f$$

$$= 27,6 \text{ kN/m}^2$$



Erddruckumlagerung nach EB 70

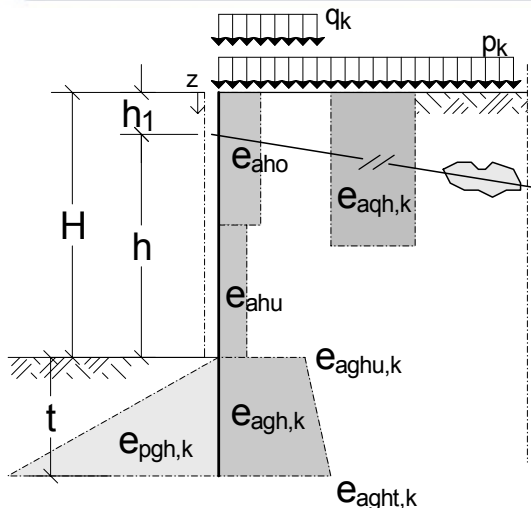
Resultierender Erddruck aus Eigengewicht bis zur Baugrubensohle



Software zur Dokumentation und Berechnung

Cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.



Charakteristische Widerstände

Erdwiderstand

Bei Zugrundelegung gekrümmter Gleitflächen wird der Wandreibungswinkel:

$$\delta_p = -\varphi = -32,50^\circ$$

$$K_{pg,0} = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} = 3,322$$

Näherungsberechnung nach Pregl (DIN 4085:2011-05, Anhang C):

$$\varphi_r = \varphi \cdot \pi / 180 = 0,567 \text{ rad}$$

$$\delta_{prad} = -\varphi_r = -0,567 \text{ rad}$$

$$K_{pg} = K_{pg,0} \cdot (1 - 0,53 \cdot \delta_{prad})^{(0,26 + 5,96 \cdot \varphi_r)} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 8,644$$

$$K_{pgh} = K_{pg} \cdot \cos(\alpha + \delta_p) = 7,290$$

Annahme: Parallelverschiebung der Wand

⇒ dreieckförmige Spannungsverteilung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

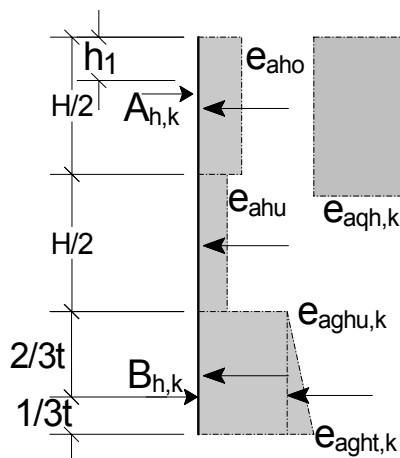
$$e_{pght,k} = \gamma \cdot t \cdot K_{pgh} = 233,28 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{pght,k} = e_{pght,k} \cdot t \cdot 0,5 = 186,62 \text{ kN/m}$$

Bodenreaktion - Fußauflagerkraft $B_{h,k}$

Die unbekanntenen Auflagerkräfte $B_{Gh,k}$ und $B_{Qh,k}$ hängen von der ebenfalls unbekanntenen Einbindetiefe t ab. Zur Lösung wird zusätzlich der Nachweis gegen Versagen bodengestützter Wände durch Drehung (früher: Nachweis gegen Versagen des Erdwiderlagers) als Zusatzbedingung herangezogen.

Die Einbindetiefe t muß iterativ ermittelt werden, so daß die Auflagerkraft im Erdreich kleiner gleich dem Erdwiderstand vor dem Träger wird ⇒ $B_{h,d} \leq E_{ph,d}$.



ständig (infolge g+ p):

Hilfswerte

$$E_o = e_{aho} \cdot H/2 = 57,60 \text{ kN/m}$$

$$E_u = e_{ahu} \cdot H/2 = 48,00 \text{ kN/m}$$

$$E_{to} = e_{aghu,k} \cdot t = 52,16 \text{ kN/m}$$

$$E_{tu} = (e_{aght,k} - e_{aghu,k}) \cdot t \cdot 0,5 = 6,40 \text{ kN/m}$$

$$B_{Gh,k} = (E_o \cdot (H/4 - h_1) + E_u \cdot (3/4 \cdot H - h_1) + E_{to} \cdot (h + 1/2 \cdot t) + E_{tu} \cdot (h + 2/3 \cdot t)) / (h + 2/3 \cdot t) = 88,7 \text{ kN/m}$$

veränderlich (infolge q):

$$B_{Qh,k} = e_{aqh,k} \cdot h_f \cdot (h_f / 2 - h_1) / (h + 2/3 \cdot t) = 8,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{Anpassungsfaktor } \eta_p = 1,00$$



erforderliche Einbindetiefe bei $\sim 1,0!$

$$(\gamma_G * B_{Gh,k} + \gamma_Q * B_{Qh,k}) / (\eta_p * E_{pght,k} / \gamma_{R,e}) = \underline{0,81 \leq 1}$$

$$B_{h,k} = B_{Gh,k} + B_{Qh,k} = \underline{96,8 \text{ kN/m}}$$

Überprüfung ob Oberflächenlast größer als 1/10 der Eigenlast des Gleitkeils ist:

$$G_g = \frac{1}{2} * \frac{(H+t)}{\tan(\vartheta_{ag})} * (H+t) * \gamma + p * \frac{(H+t)}{\tan(\vartheta_{ag})} = 416,4 \text{ kN/m}$$

$$V / (G_g * 0,1) = \underline{5,28 \leq 1}$$

Auflagerkraft der oberen Abstützung

Mit $\Sigma H = 0$ wird die Auflagerkraft zu:

$$A_{Gh,k} = E_o + E_u + 0,5 * (E_{to} + E_{tu}) - B_{h,k} = 38,08 \text{ kN}$$

$$A_{Qh,k} = e_{aqh,k} * h_f - B_{Qh,k} = 78,56 \text{ kN}$$

$$A_{h,k} = A_{Gh,k} + A_{Qh,k} = \underline{116,6 \text{ kN}}$$

Schnittgrößenermittlung



Nachweis der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstand

$(\delta_p = -\varphi)$... aus der Überprüfung der Randbedingung $\Sigma V_k \geq B_{v,k}$

nur ständige Anteile:

$$\Sigma V_{G,k} = E_{agh,k} * \text{TAN}(\delta_a) + A_{Gh,k} * \text{TAN}(\varepsilon) = 52,04 \text{ kN/m}$$

$$B_{Gv,k} = \text{ABS}(B_{Gh,k} * \text{TAN}(\delta_p)) = 56,51 \text{ kN/m}$$

$$B_{Gv,k} / \Sigma V_{G,k} = \underline{1,09 \leq 1}$$

ständig und veränderlich:

$$\Sigma V_k = (E_{agh,k} + e_{aqh,k} * h_f) * \text{TAN}(\delta_a) + A_{h,k} * \text{TAN}(\varepsilon) = 107,52 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = \text{ABS}(B_{h,k} * \text{TAN}(\delta_p)) = 61,67 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} / \Sigma V_k = \underline{0,57 \leq 1}$$

Versagen bodengestützter Wände durch Drehung (GEO-2)

⇒ durch den Ansatz als Zusatzbedingung bei der Ermittlung der Einbindetiefe erfüllt!



Versagen bodengestützter Wände durch Vertikalbewegung (GEO-2)

(vgl. Nachweis Mobilisierung)

$$\Sigma V_{d,i} = \gamma_G \cdot \Sigma V_{G,k} + \gamma_Q \cdot (\Sigma V_k - B_{Gv,k}) = 128,76 \text{ kN/m}$$

wirksame Einbindetiefe:

$$t_n = t - 0,5 = 1,10 \text{ m}$$

hier gew.: Erfahrungswert nach EAB

$$q_{b,k} = 600 + 120 \cdot t_n = 732 \text{ kN/m}^2$$

Spitzenwiderstand der Wand

$$R_{b,k} = q_{b,k} \cdot A_b = 215,2 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

$$\delta_{B,k} = \varphi = 32,5^\circ$$

$$R_{B,k} = B_{h,k} \cdot \text{TAN}(\delta_{B,k}) = 61,7 \text{ kN/m}$$

Bemessungswert

$$R_d = 1/\gamma_b \cdot R_{b,k} + 1/\gamma_{R,e} \cdot R_{B,k} = 201,18 \text{ kN/m}$$

Nachweis:

$$\Sigma V_{d,i} / R_d = \underline{\underline{0,64 \leq 1}}$$

Versagen von Verankerungen (GEO-2 und STR)

Nachweis der Sicherheit gegen Herausziehen von Verpressankern

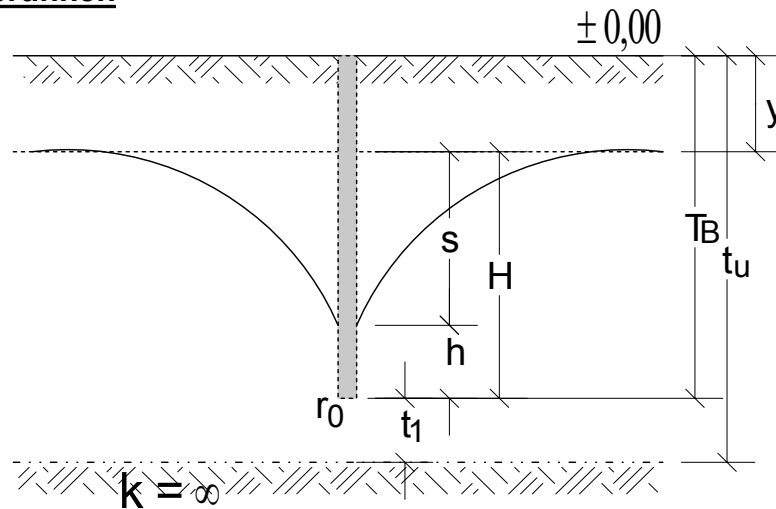
$$E_d = a \cdot (1,35 \cdot A_{Gh,k} / \text{COS}(\varepsilon) + 1,5 \cdot A_{Qh,k} / \text{COS}(\varepsilon)) = 490,6 \text{ kN}$$

$$R_{a,d} = \text{MIN}(R_{a,k} / 1,1; R_{i,k} / 1,15) = 663,6 \text{ kN}$$

$$E_d / R_{a,d} = \underline{\underline{0,74 \leq 1}}$$

Kapitel Brunnen

Einzelbrunnen



Brunnen

Brunnentiefe T_B =	16,00 m
Brunnenradius r_0 =	0,25 m

Abstand Sohle des Sickergrabens zum abgesenkten GW-Spiegel am Rand des Sickergrabens benetzte Filterlänge h = 10,56 m

Boden

Wasserstand von GOK y =	4,00 m
Tiefe der undurchlässigen Schicht t_u =	22,00 m
Durchlässigkeit k =	$5,0 \cdot 10^{-3}$ m/s

Zufließende Wassermenge Q

Abstand Brunnensohle bis Felsschicht (undurchlässig):
 $t_1 = t_u - T_B = 6,00$ m

Abstand ursprüngliche GW-Oberfläche zur Sohle des Sickergrabens:
 $H = T_B - y = 12,00$ m

abgesenkter GW-Spiegel am Rand des Sickerschlitzes
 $s = H - h = 1,44$ m

Abschätzen der Reichweite nach SICHARDT:

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k} = 305 \text{ m}$$

$$Q_{\text{vollkommen}} = k \cdot \pi \cdot \frac{H^2 - h^2}{\ln(R) - \ln(r_0)} \cdot 10^3 = 71,8 \text{ l/s}$$

Da beim unvollkommenen Brunnen zusätzlich noch Wasser von unten in den Brunnen einfließen kann, muss der Zufluss zum vollkommenen Brunnen noch um den Faktor $(1 + \varepsilon_b)$ erhöht werden.

$$\varepsilon_b = \text{WENN}(t_1 \leq H; 0,1; \text{WENN}(t_1 \leq 2 \cdot H; 0,2; 0,3)) = 0,10$$

$$Q = Q_{\text{vollkommen}} \cdot (1 + \varepsilon_b) = 79,0 \text{ l/s}$$

$$Q = Q \cdot 10^{-3} = 0,0790 \text{ m}^3/\text{s}$$



Fassungsvermögen des Brunnens



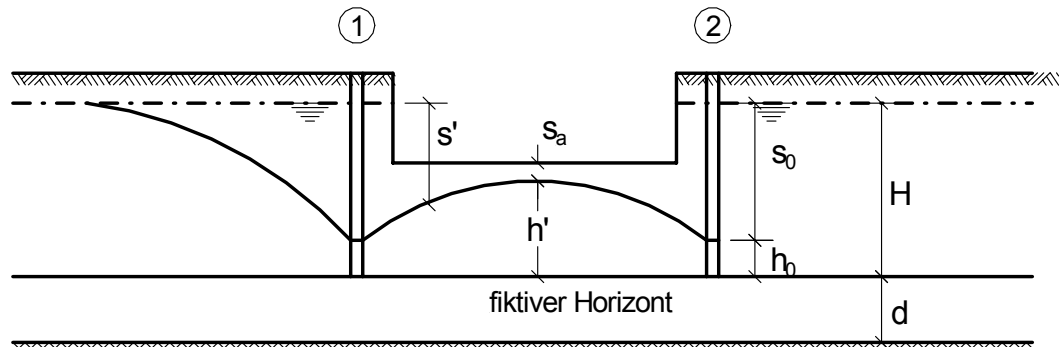
Optimale Wassermenge und zugehörige benetzte Filterlänge

Iterativ:

Die Variable h so variieren, dass folgende Summe ca. 0 wird, dann ist $Q_{opt} = Q$ bzw. $h_{opt} = h$!

$$\text{ABS}(Q - q) = \underline{\underline{0,0008 \cong 0!}}$$

Mehrbrunnenanlage für eine 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 nach SICHARDT

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:

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

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

Korrektur der Reichweite nach WEBER:

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



Abschätzen der Gesamtfördermenge

Anfallende Wassermenge im stationären Zustand, d.h. bei konstantem Absenktrichter:

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

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

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

Bemessung der Einzelbrunnen

Fassungsvermögen (Ergiebigkeit) des Einzelbrunnens:

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

Brunnenanzahl und Brunnenanordnung:

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

wegen symmetrischer Anordnung wird

$$n_{\text{gew}} = 8 \text{ Stück}$$

Zu überprüfender Mindestabstand:

$$e_{\text{min}} = 10 \cdot \pi \cdot r_0 = 12,6 \text{ m}$$

Die maximale Entnahme wird zu

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

Kontrolle der Absenkung



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

Für die unvollkommenen Brunnen also

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

Nachweis

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

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:



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

$k \cdot \pi$

Nachweis

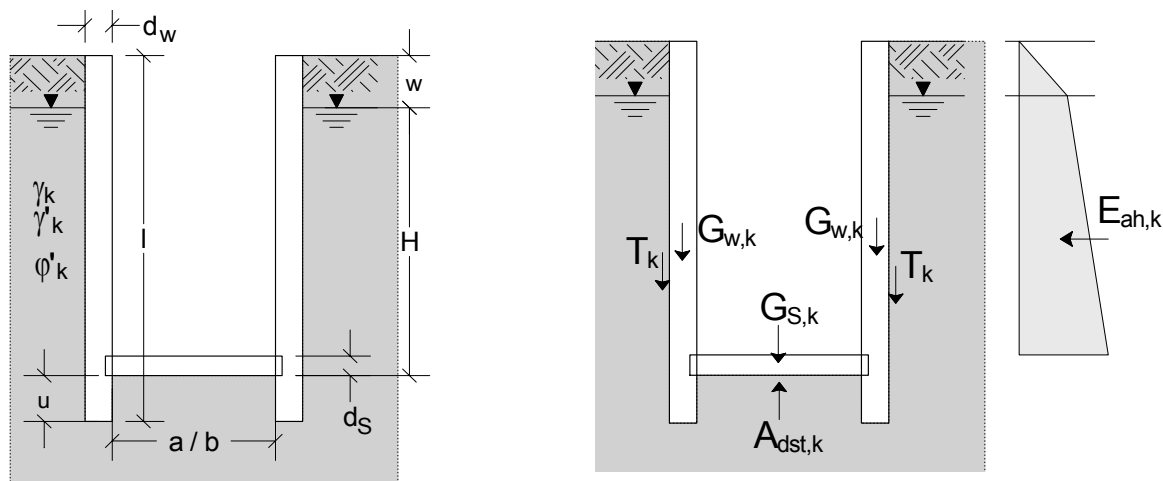
$$\frac{h_0}{y} = \underline{\underline{0,78 \leq 1}}$$

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

Kapitel Sonstige Nachweise

Auftriebsnachweis Baugrube

DIN EN 1997-1:2009-09, und DIN 1054:2010-12 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen
Nachweise für Eigengewicht, Mitwirkung Scherkräfte, Zugpfähle



Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	33,00 °
Wichte $\gamma =$	18,00 kN/m ³
Wichte $\gamma' =$	10,00 kN/m ³
Betonwichte $\gamma_{Stb} =$	24,00 kN/m ³

System

Länge a =	20,00 m
Breite b =	10,00 m
Einbindetiefe l =	10,00 m
Wanddicke $d_w =$	0,60 m
Plattendicke $d_s =$	1,00 m
GW max. bei w =	1,00 m
Wandüberstand unten u =	1,00 m

Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung:		
Zustand Z1 =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	= HYD. UPL
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
$\gamma_{G,dst} =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS;E="γG,dst")	= 1,05
$\gamma_{G,stb} =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS;E="γG,stb")	= 0,95

günstige Einwirkung aus Eigengewicht

hier: Kraftübertragung zwischen Sohlplatte und Wände gewährleistet!

$G_{Sohle} =$	$a * b * d_s * \gamma_{Stb}$	= 4800 kN
$G_{Wand} =$	$l * ((a + 2*d_w) * (b + 2*d_w) - a * b) * \gamma_{Stb}$	= 8986 kN
Summe der Gewichte (charakteristisch):		
$G_{stb,k} =$	$G_{Wand} + G_{Sohle}$	= 13786 kN
Abstand GW zu UK Sohle:		
H =	$l - u - w$	= 8,0 m



destabilisierende Auftriebskraft:



Bemessungswerte:

$$G_{\text{stb,d}} = \gamma_{\text{G,stb}} \cdot G_{\text{stb,k}} = 13097 \text{ kN}$$

$$A_{\text{dst,d}} = \gamma_{\text{G,dst}} \cdot A_{\text{dst,k}} = 20339 \text{ kN}$$

a) Sicherheitsniveau allein unter Berücksichtigung der Eigengewichte

$$A_{\text{dst,d}} / G_{\text{stb,d}} = \underline{\underline{1,55 \leq 1}}$$

Berücksichtigung der Wandreibung

Wandreibungswinkel in Abhängigkeit der Rauigkeit, hier wegen geringer Rauigkeit zu $1/3 \varphi'_k$ angesetzt

$$\delta_a = 1/3 \cdot \varphi = 11,0^\circ$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$K_{\text{agh}} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,268$$

äußere Umfangslänge der Wand

$$U = 2 \cdot ((a + 2 \cdot d_w) + (b + 2 \cdot d_w)) = 64,8 \text{ m}$$

horizontale Komponente des aktiven Erddrucks unter Berücksichtigung des GW
wird auf der sicheren Seite nur bis UK Baugrubensohle angesetzt!

$$E_{\text{ah,k}} = K_{\text{agh}} \cdot U \cdot (w^2/2 \cdot \gamma + w \cdot \gamma' \cdot H + H^2/2 \cdot \gamma') = 8214 \text{ kN}$$

charakt. Einwirkung aus der Reibung zw. Wand u. Boden

$$\eta_z = \text{WENN}(\text{BS}=\text{"BS-A"}; 0,90; 0,80) = 0,80$$

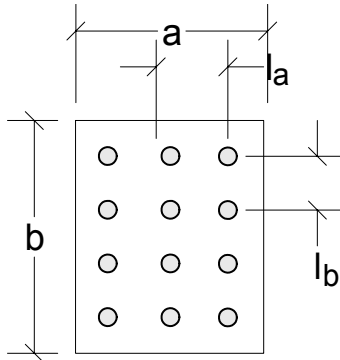
$$T_k = \eta_z \cdot 0,5 \cdot E_{\text{ah,k}} \cdot \text{TAN}(\delta_a) = 639 \text{ kN}$$

b) Nachweis bei Mitwirkung von Scherkräften

$$A_{\text{dst,d}} / (G_{\text{stb,d}} + T_k \cdot \gamma_{\text{G,stb}}) = \underline{\underline{1,48 \leq 1}}$$



Berücksichtigung von Zugpfählen



Notwendige Angaben:

Pfahlanzahl n =	50
Pfahldurchmesser D =	0,30 m
Pfahlabstand l_a =	2,00 m
Pfahlabstand l_b =	2,00 m
Mantelreibung (charakt.) $q_{s,k}$ =	25 kN/m ²

Einwirkung:

Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-T
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,20
$\gamma_{G,inf}$ =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG,inf")	= 1,00

Widerstand:



Software zur Dokumentation und Berechnung

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Ermittlung der Zugpfahllänge aus der Grenzzustandsbedingung:

$$L = \frac{F_{t,d} \cdot \gamma_{s,t}}{(n \cdot q_{s,k} \cdot \pi \cdot D)} = 8,6 \text{ m}$$
$$\text{Pfahllänge gew. } L = L + 0,49 = 9 \text{ m}$$

Sicherheit gegen Abheben

Prüfung ob das Gewichts des an den Pfählen angehängten Erdkörpers bei der gewählten Anzahl und Länge der Zugelemente ist.

$$G_{E,k} = n \cdot (l_a \cdot l_b \cdot (L - 1/3 \cdot \sqrt{(l_a^2 + l_b^2)} \cdot 1/\text{TAN}(\varphi))) \cdot \eta_z \cdot (\gamma' - 0,5) = 11473 \text{ kN}$$

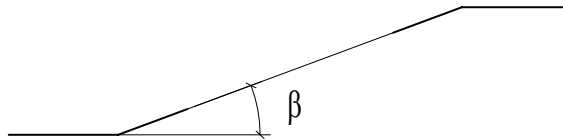
c) Nachweis bei rückverankerter Konstruktion

$$A_{dst,d} / (G_{stb,d} + (T_k + G_{E,k}) \cdot \gamma_{G,stb}) = \underline{0,83} \leq 1$$



Böschungsneigung

Böschung in einem homogenen Boden ohne Kohäsion



Baugrund:
Reibungswinkel $\varphi = 35,00^\circ$

Böschung:
Böschungswinkel $\beta = 25,00^\circ$

Sicherheitsbeiwerte:
Sicherheit gewählt $\eta_r = 1,30$

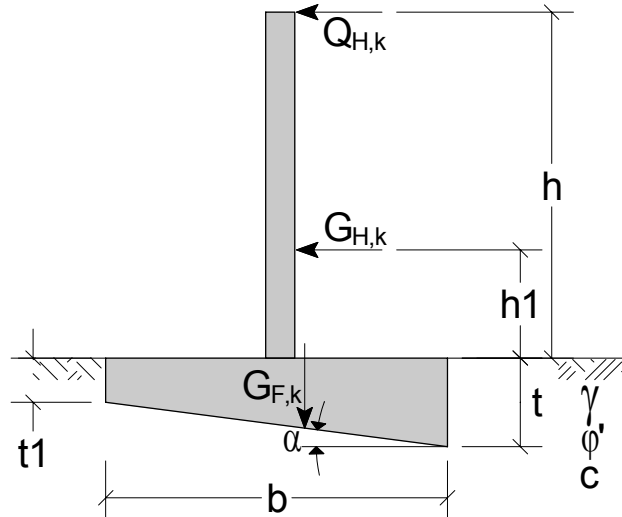
Berechnung:
$$\beta_{zul} = \operatorname{atan}\left(\frac{\tan(\varphi)}{\eta_r}\right) = 28,31^\circ$$

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

Kapitel Ausführliche Beispiele

Einzelfundament mit geneigter Sohlfluge

geotechnische Nachweise nach DIN EN 1997-1:2009-09; DIN 1054:2010-12



Für den dargestellten Gründungskörper aus Ortbeton werden die geotechnischen Nachweise geführt.
 Hinweis: $G_{V,k}$ enthält das Eigengewicht der Stütze samt darüber liegender Konstruktion, Fundamenteigengewicht wird ermittelt; $V_{Q,k}$ hier in den Nachweisen NICHT berücksichtigt; auskonsolidierter Boden, waagrechte Geländeoberkante!

System

Breite $b =$	5,50 m
Länge $a =$	3,00 m
Einbindetiefe $t =$	1,50 m
Einbindetiefe $t_1 =$	1,00 m
Abstand $h =$	5,30 m
Abstand $h_1 =$	1,80 m

Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	32,50 °
Wichte $\gamma =$	19,00 kN/m ³
Kohäsion $c =$	7,00 kN/m ²
$\delta_a =$	$2/3 * \varphi = 21,67 °$
$\delta_p =$	0,00 °

Belastung

Die angegebenen Belastungen sind als charakteristische Lasten zu betrachten.

ständige Last $G_{V,k} =$	1500,0 kN
Horizontallast $G_{H,k} =$	370,0 kN
Horizontallast $Q_{H,k} =$	300,0 kN

zusätzliche Belastung aus Eigengewicht Fundament:

$$G_{F,k} = (t + t_1) * 0,5 * b * a * 25 = 515,63 \text{ kN/m}$$

Sicherheitsbeiwerte

Zustand Z1 =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	= EQU
Situation BS1 =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_{G,dst} =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS1;E="γG,dst")	= 1,10
$\gamma_{G,stb} =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS1;E="γG,stb")	= 0,90
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS1;E="γQ")	= 1,50



Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
γ_G =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
γ_Q =	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40
$\gamma_{R,h}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRh")	= 1,10
$\gamma_{R,e}$ =	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRe")	= 1,40

Ermittlung der Erddrücke

Aktiver Erddruck infolge der Bodeneigenlast

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

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

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

$$K_{ach} = \frac{2 * \cos(\alpha - \beta) * \cos(\varphi) * \cos(\alpha + \delta_a)}{(1 + \sin(\varphi + \alpha + \delta_a - \beta)) * \cos(\alpha)} = 0,866$$

Erddruckbeiwert für den Mindesterddruck ($\varphi_- = 40^\circ$):

$$\varphi_- = 40,0^\circ$$

$$K_{agh_-} = \left(\frac{\cos(\varphi_- - \alpha)}{\cos(\alpha) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_- + \delta_a) * \sin(\varphi_- - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) * \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right)^2 = 0,185$$

Überprüfung ob Mindesterddruck über gesamte Einbindetiefe maßgebend:



maßgebender aktiver Erddruck:

$$e_a = \text{WENN}(c=0; e_{ah}; \text{MAX}(e_{agh_-}; e_{ah})) = 5,27 \text{ kN/m}^2$$

resultierende horizontale und vertikale Komponente:

$$E_{ah} = e_a * 0,5 * t * a = 11,86 \text{ kN}$$

$$E_{av} = E_{ah} * \text{TAN}(\text{WENN}(c=0; \delta_a; \text{WENN}(e_{agh_-} > e_{ah}; 2/3 * \varphi_-; \delta_a))) = 5,96 \text{ kN}$$

Passiver Erddruck

unter Annahme gekrümmter Gleitflächen

$$K_{pgh} = \frac{(\cos(0 - \varphi))^2}{\cos(0 - \delta_p) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta_p) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(0 - \delta_p)}}\right)^2} = 3,32$$

$$K_{pch} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/Kp"; Kpch; } \varphi = \varphi; \delta_p = \delta_p) = 3,65$$

$$e_{ph1} = \gamma \cdot t_1 \cdot K_{pgh} + c \cdot K_{pch} = 88,63 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ph1} = e_{ph1} \cdot 0,5 \cdot t_1 \cdot a = 132,94 \text{ kN}$$

$$e_{ph2} = \gamma \cdot t \cdot K_{pgh} + c \cdot K_{pch} = 120,17 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{ph2} = e_{ph2} \cdot 0,5 \cdot t \cdot a = 270,38 \text{ kN}$$

Berücksichtigung einer Bodenreaktion B_k an der Stirnseite:

$$R_{p,k} = E_{ph1} = 132,94 \text{ kN}$$

$$B_k = 0,5 \cdot R_{p,k} = 66,47 \text{ kN}$$

Charakteristische Beanspruchungen der Sohlfläche

$$\alpha = \text{ATAN}((t - t_1)/b) = 5,19^\circ$$



Bemessungswerte der Beanspruchungen

maßgebende Lastfälle geneigt Sohlfuge (Fall (II)):

$$V_{d,II} = (V_{1,k} + V_{2,k} + V_{3,k} + V_{5,k} + V_{6,k}) \cdot 1,35 + V_{4,k} \cdot 1,5 = 2805,31 \text{ kN}$$

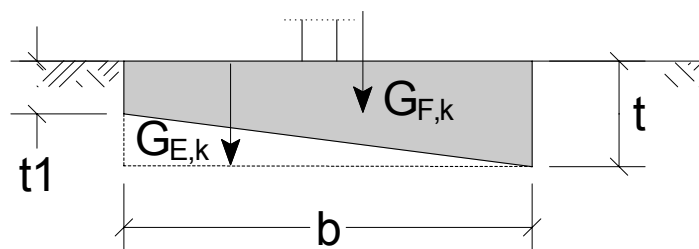
$$H_{d,II} = (H_{1,k} + H_{2,k} + H_{3,k} + H_{5,k} + H_{6,k}) \cdot 1,35 + H_{4,k} \cdot 1,5 = 714,67 \text{ kN}$$

horizontale Gleitfuge mit Berücksichtigung des Eigengewichts des Erdkeils $G_{E,k}$ (Fall (I))

$$G_{E,k} = (t - t_1) \cdot 0,5 \cdot b \cdot a \cdot \gamma = 78,38 \text{ kN}$$

$$V_d = (G_{V,k} + G_{F,k} + G_{E,k} + E_{av}) \cdot 1,35 = 2834,96 \text{ kN}$$

$$H_d = (G_{H,k} + E_{ah}) \cdot 1,35 + Q_{H,k} \cdot 1,5 = 965,51 \text{ kN}$$





Gleitsicherheitsnachweis (ULS / GEO-2)

Gleitzustand für den Endzustand;
aufgrund der geneigten Sohle sowohl für Gleiten entlang der geneigten Fundamentsohle (II),
als auch für ein mögliches Gleiten entlang einer horizontalen Bruchfläche (I)

Ansatz für Sohlreibungswinkel:

$$\delta_{S,k} = \varphi = 32,50^\circ$$

Fall (I) horizontal:

$$V_{k,I} = G_{V,k} + G_{F,k} + G_{E,k} + E_{av} = 2099,97 \text{ kN}$$

Gleitwiderstand entlang horizontaler Bruchfläche:

$$R_{k,I} = V_{k,I} \cdot \text{TAN}(\delta_{S,k}) + a \cdot b \cdot c = 1453,33 \text{ kN}$$

$$R_d = R_{k,I} / \gamma_{R,h} = 1321,21 \text{ kN}$$

Erdwiderstand an der Stirnseite (passiver Erddruck berücksichtigt!!)

$$R_{p,k} = E_{ph2} = 270,38 \text{ kN}$$

$$R_{p,d} = R_{p,k} / \gamma_{R,e} = 193,13 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$H_d / R_d = \underline{\underline{0,73 \leq 1}}$$

bzw.

$$H_d / (R_d + R_{p,d}) = \underline{\underline{0,64 \leq 1}}$$

Fall (II) geneigt:

$$V_{k,II} = \sum_{i=1}^6 V_{i,k} = 2074,99 \text{ kN}$$

$$R_{k,II} = V_{k,II} \cdot \text{TAN}(\delta_{S,k}) = 1321,91 \text{ kN}$$

Bei Berücksichtigung des passiven Erddrucks ergeben sich parallele und normale Komponenten in der Sohlfläche, wobei die Normalkomponente für den Gleitwiderstand ungünstig wirkt (V_k reduziert).

$$E_{ph,0} = E_{ph1} \cdot \text{COS}(\alpha) = 132,39 \text{ kN}$$

$$E_{ph,90} = E_{ph1} \cdot \text{SIN}(\alpha) = 12,03 \text{ kN}$$

$$R_{k,II,p} = (V_{k,II} - E_{ph,90}) \cdot \text{TAN}(\delta_{S,k}) = 1314,25 \text{ kN}$$

ohne Berücksichtigung Erdwiderstand

$$R_d = R_{k,II} / \gamma_{R,h} = 1201,74 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$H_{d,II} / R_d = \underline{\underline{0,59 \leq 1}}$$

mit Berücksichtigung Erdwiderstand

$$R_d = R_{k,II,p} / \gamma_{R,h} = 1194,77 \text{ kN}$$

$$R_{p,d} = E_{ph,0} / \gamma_{R,e} = 94,56 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$H_{d,II} / R_d = \underline{\underline{0,60 \leq 1}}$$

bzw.

$$H_{d,II} / (R_d + R_{p,d}) = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

Kippnachweis (ULS / EQU)

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{E,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,dst} = G_{H,k} * (h_1 + t_1) = 1036,0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Q,k,dst} = Q_{H,k} * (h + t_1) = 1890,0 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{E,d} = M_{G,k,dst} * \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} * \gamma_Q = \mathbf{3974,6 \text{ kNm/m}}$$

widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{R,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,st} = G_{V,k} * e_1 + G_{F,k} * e_2 + E_{av} * e_6 = 5668,6 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{R,d} = M_{G,k,st} * \gamma_{G,stab} = \mathbf{5101,7 \text{ kNm/m}}$$

$$M_{E,d} / M_{R,d} = \mathbf{0,78 \leq 1}$$

Grundbruchnachweis (ULS / GEO-2)

Ermittlung der Ersatzbreite:

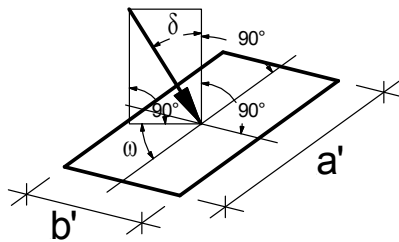
$$e_b = (G_{H,k} * e_{3m} - G_{F,k} * e_{2m} + H_{7,k} * e_{7m} + Q_{H,k} * e_{4m}) / (G_{V,k} + G_{F,k}) = 1,47 \text{ m}$$

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

$$b' = b - 2 * e_b = 2,56 \text{ m}$$

Neigung der tangentialen Beanspruchung T_k

$$\omega = 90,0^\circ$$



Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

Cmaster

Software zur Dokumentation und Berechnung

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

Sohlneigungsbeiwerte nach DIN 4017:2006-03, Tab. 5:

$$\xi_d = \text{WENN}(\varphi = 0; 1; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,862$$

$$\xi_b = \text{WENN}(\varphi = 0; 1; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,862$$

$$\xi_c = \text{WENN}(\varphi = 0; 1 - 0,0068 * \alpha; e^{-0,045 * \alpha * \tan(\varphi)}) = 0,862$$



MIT Berücksichtigung von B_k :

Lastneigung der Sohlfuge:

$$H_k = \sum_{i=1}^6 H_{i,k} = 496,19 \text{ kN}$$

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{H_k - B_k}{\sum_{i=1}^6 v_{i,k}} \right) = 11,700^\circ$$

Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 2:

$$v_b = \text{WENN}(a=b; 0,7; 1 - 0,3 * b' / a') = 0,744$$

$$v_d = \text{WENN}(a=b; 1 + \text{SIN}(\varphi); 1 + b' / a' * \text{SIN}(\varphi)) = 1,458$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; \text{WENN}(a'=b'; 1,2; 1 + 0,2 * b' / a'); \frac{v_d * N_{d0}^{-1}}{N_{d0} - 1}) = 1,477$$



Software zur Dokumentation und Berechnung

cmaster

Urheberrechtlich geschütztes Material. Für die kostenfreie Ansicht wurde an dieser Stelle ein Bereich entfernt.

$$m = m_a * \cos(\omega)^2 + m_b * \sin(\omega)^2 = 1,540$$

⇒ Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 3:

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,555$$

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,700$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0}^{-1}}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 * \sqrt{\left| 1 - \frac{H_k}{a' * b' * c'} \right|}) = 0,687$$

Grundbruchwiderstand:

Es liegt eine waagrechte Geländeoberkante vor, somit $\lambda_b = \lambda_d = \lambda_c = 1,0$:

$$N_b = N_{b0} * v_b * i_b * 1,0 * \xi_b = 5,350 \text{ kN}$$

$$N_d = N_{d0} * v_d * i_d * 1,0 * \xi_d = 21,624 \text{ kN}$$

$$N_c = N_{c0} * v_c * i_c * 1,0 * \xi_c = 32,380 \text{ kN}$$

$$R_{n,k} = a' * b' * (\gamma * b' * N_b + \gamma * t_1 * N_d + c' * N_c) = 6894,6 \text{ kN}$$



Nachweis:

mit B_k (die sohlflächennormale Komponente von B_k wirkt bei V_d günstig)

$$V_d = V_{d,II} - \gamma_G \cdot V_{7,k} = 2813,4 \text{ kN/m}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{R,v}} = 4924,7 \text{ kN/m}$$

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{0,57 \leq 1}$$

OHNE Berücksichtigung von B_k :

Lastneigung:

$$\delta = \text{atan} \left(\frac{H_k}{\sum_{i=1}^6 V_{i,k}} \right) = 13,449^\circ$$

Ausmitte Richtung b:

$$e_b = (G_{H,k} \cdot e_{3m} - G_{F,k} \cdot e_{2m} + Q_{H,k} \cdot e_{4m}) / (G_{V,k} + G_{F,k}) = 1,49 \text{ m}$$

$$b' = b - 2 \cdot e_b = 2,52 \text{ m}$$

Exponent m:

$$m_a = (2 + a' / b') / (1 + a' / b') = 1,457$$

$$m_b = (2 + b' / a) / (1 + b' / a) = 1,543$$

$$m = m_a \cdot \cos(\omega)^2 + m_b \cdot \sin(\omega)^2 = 1,543$$

Lastneigungsbeiwerte:

$$i_b = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) \cdot (1 - 0,04 \cdot \delta)^{0,64 + 0,028 \cdot \varphi}); 1) = 0,499$$

$$i_d = \text{WENN}(\varphi > 0; \text{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{m+1}; \cos(\delta) \cdot (1 - 0,0244 \cdot \delta)^{0,03 + 0,04 \cdot \varphi}); 1) = 0,656$$

$$i_c = \text{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d \cdot N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{\left| 1 - \frac{H_k}{a' \cdot b' \cdot c'} \right|}) = 0,641$$

Formbeiwerte:

$$v_b = \text{WENN}(a=b; 0,7; 1 - 0,3 \cdot b' / a') = 0,748$$

$$v_d = \text{WENN}(a=b; 1 + \text{SIN}(\varphi); 1 + b' / a' \cdot \text{SIN}(\varphi)) = 1,451$$

$$v_c = \text{WENN}(\varphi = 0; \text{WENN}(a'=b'; 1,2; 1 + 0,2 \cdot b' / a'); \frac{v_d \cdot N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}) = 1,470$$

Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$N_b = N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b \cdot 1,0 \cdot \xi_b = 4,836 \text{ kN}$$

$$N_d = N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d \cdot 1,0 \cdot \xi_d = 20,168 \text{ kN}$$

$$N_c = N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c \cdot 1,0 \cdot \xi_c = 30,069 \text{ kN}$$

Grundbruchwiderstand:

$$R_{n,k} = a' \cdot b' \cdot (\gamma \cdot b' \cdot N_b + \gamma \cdot t_1 \cdot N_d + c' \cdot N_c) = 6238,7 \text{ kN}$$

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{R,v}} = 4456,2 \text{ kN/m}$$

$$V_d = V_{d,II} = 2805,3 \text{ kN/m}$$

$$\frac{V_d}{R_{n,d}} = \underline{0,63 \leq 1}$$



Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Begrenzung einer klaffenden Fuge

$$\Sigma M_{BG} = -G_{F,k} * e_{2m} + G_{H,k} * e_{3m} - E_{av} * e_{6m} + E_{ah} * e_{5m} - E_{ph1} * e_{7m} = 945,16 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_{BQ} = Q_{H,k} * e_{4m} = 1965,00 \text{ kNm}$$

$$\Sigma V_{90} = \sum_{i=1} V_{i,k} + E_{ph,90} = 2087,02 \text{ kN}$$

$$\Sigma V_{G,90} = \Sigma V_{90} - V_{4,k} = 2059,88 \text{ kN}$$

1. Bedingung (2. Kernweite):

Ausmitte aus ständigen+ veränderlichen Lasten (Bezug ist geneigter Sohlflächenmittelpunkt):

$$e_{B'} = (\Sigma M_{BG} + \Sigma M_{BQ}) / \Sigma V_{90} = 1,39 \text{ m}$$

$$b_{\perp} = b / \cos(\alpha) = 5,52 \text{ m}$$

$$b_{\perp} / 3 = 1,84 \text{ m}$$

$$e_{B'} / (b_{\perp} / 3) = \underline{\underline{0,76 \leq 1}}$$

2. Bedingung (1. Kernweite)

Ausmitte aus ständigen Lasten (Bezug ist geneigter Sohlflächenmittelpunkt):

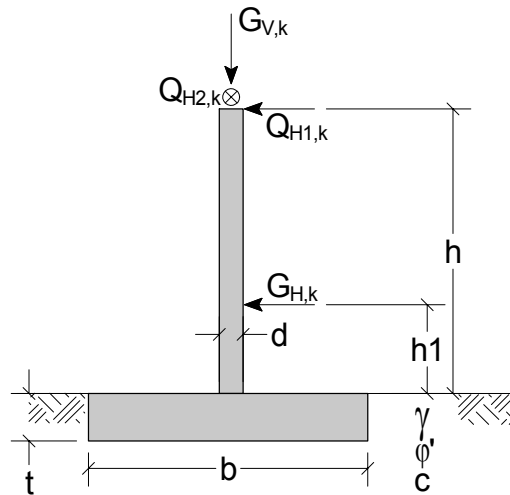
$$e_{B',G} = \Sigma M_{BG} / \Sigma V_{G,90} = 0,46 \text{ m}$$

$$b_{\perp} / 6 = 0,92 \text{ m}$$

$$e_{B',G} / (b_{\perp} / 6) = \underline{\underline{0,50 \leq 1}}$$

Streifenfundament mit Horizontallasten

geotechnische Nachweise nach DIN EN 1997-1:2009-09; DIN 1054:2010-12



Für den dargestellten Gründungskörper werden die geotechnischen Nachweise geführt. Hinweis: Aktiver Erddruck und Erdwiderstand bleiben unberücksichtigt. $V_{Q,k}$ und $H_{Q,k}$ entstehen aus der gleichen Ursache; auskonsolidierter Boden, waagrechte Geländeoberkante!

System

Breite $b =$	6,50 m
Wand $d =$	0,40 m
Einbindetiefe $t =$	0,80 m
Abstand $h =$	6,00 m
Abstand $h_1 =$	2,00 m

Baugrund

Reibungswinkel $\varphi =$	27,50 °
Wichte $\gamma =$	20,00 kN/m ³
Kohäsion $c =$	15,00 kN/m ²

Belastung

Die angegebenen Belastungen sind als charakteristische Lasten zu betrachten.

ständige Last $G_{V,k} =$	400,0 kN
Horizontallast $G_{H,k} =$	125,0 kN
Horizontallast $Q_{H1,k} =$	60,0 kN
Horizontallast $Q_{H2,k} =$	60,0 kN

Sicherheitsbeiwerte

Zustand Z1 =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	= EQU
Situation BS1 =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_{G,dst} =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS1;E="γG,dst")	= 1,10
Zustand Z =	GEW("EC7_de/TsbE";Z;)	STR. €GEO-2
Bem.situation BS =	GEW("EC7_de/TsbE";BS;)	= BS-P
$\gamma_G =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γG")	= 1,35
$\gamma_Q =$	TAB("EC7_de/TsbE";BW; Z=Z;BS=BS;E="γQ")	= 1,50
Widerstand:		
$\gamma_{R,v} =$	TAB("EC7_de/TsbW";BW; Z=Z;BS=BS;W="γRv")	= 1,40



Charakteristische Beanspruchung der Sohlfläche

zusätzliche Belastung aus Eigengewicht:

$$G_{F,k} = (d \cdot h + t \cdot b) \cdot 25 = 190 \text{ kN/m}$$

Q-Lasten wirken für alle Nachweise ungünstig

$$V_{G,k} = G_{V,k} + G_{F,k} = 590 \text{ kN/m}$$
$$V_k = G_{V,k} + G_{F,k} = 590 \text{ kN/m}$$
$$H_{G,k,x} = G_{H,k} = 125 \text{ kN/m}$$
$$H_{Q,k,x} = Q_{H1,k} = 60 \text{ kN/m}$$
$$H_{Q,k,y} = Q_{H2,k} = 60 \text{ kN/m}$$
$$H_k = \sqrt{(H_{G,k,x} + H_{Q,k,x})^2 + (H_{Q,k,y})^2} = 194,5 \text{ kN/m}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Begrenzung einer klaffenden Fuge



Bemessungswerte der Beanspruchung

$$V_d = 1,35 \cdot V_{G,k} = 796,5 \text{ kN/m}$$
$$H_{d,x} = 1,35 \cdot H_{G,k,x} + 1,5 \cdot H_{Q,k,x} = 258,8 \text{ kN/m}$$
$$H_{d,y} = 1,5 \cdot H_{Q,k,y} = 90,0 \text{ kN/m}$$
$$H_d = \sqrt{H_{d,x}^2 + H_{d,y}^2} = 274,0 \text{ kN/m}$$

Nachweise der Tragfähigkeit (ULS)

Gleitsicherheitsnachweis (GEO-2)

Ansatz für Sohlreibungswinkel:

$$\delta_{S,k} = \varphi = 27,50^\circ$$
$$R_k = V_k \cdot \tan(\delta_{S,k}) = 307,1 \text{ kN/m}$$

Für alle Bemessungssituationen gilt für den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,h} = 1,1$:

$$R_{h,d} = R_k / 1,1 = 279,2 \text{ kN/m}$$

$$H_d / R_{h,d} = \underline{\underline{0,98 \leq 1}}$$

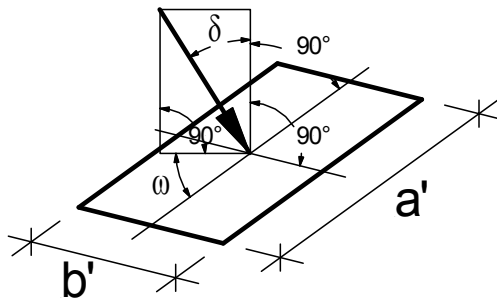
Grundbruchnachweis (GEO-2)

Ermittlung der Ersatzfläche:

$$e_{\text{vorh}} = e_{B,GQ} = 1,28 \text{ m}$$

$$b' = b - 2 \cdot e_{\text{vorh}} = 3,94 \text{ m}$$

Lastwinkel:



$$\omega = \operatorname{atan} \left(\frac{G_{H,k} + Q_{H1,k}}{Q_{H2,k}} \right) = 72,0^\circ$$

Formbeiwerte nach DIN 4017, Tab. 2 (Streifenfundament):

$$\begin{aligned} v_d &= 1,0 \\ v_b &= 1,0 \\ v_c &= 1,0 \end{aligned}$$

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} N_{d0} &= \operatorname{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nd0; } \varphi = \varphi) = 13,94 \\ N_{b0} &= \operatorname{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nb0; } \varphi = \varphi) = 6,73 \\ N_{c0} &= \operatorname{TAB}(\text{"EC7_de/GbbeiWert"; Nc0; } \varphi = \varphi) = 24,85 \end{aligned}$$

Lastneigungsbeiwerte für $m = 2$ (Streifenfundament):

$$\tan \delta = H_k / V_k = 0,33$$

$$\delta = \operatorname{ATAN}(H_k / V_k) = 18,2^\circ$$

$$m = \frac{\cos(\omega)^2}{\cos(\omega)^2 + 2 \cdot \sin(\omega)^2} = 1,905$$

$$i_b = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \operatorname{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^{(m+1)}; \cos(\delta) * (1 - 0,04 * \delta)^{0,64 + 0,028 * \varphi}); 1) = 0,314$$

$$i_d = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \operatorname{WENN}(\delta > 0; (1 - \tan(\delta))^m; \cos(\delta) * (1 - 0,0244 * \delta)^{0,03 + 0,04 * \varphi}); 1) = 0,468$$

$$i_c = \operatorname{WENN}(\varphi > 0; \frac{i_d * N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}; 1) = 0,427$$

Tiefe d_s der Grundbruchscholle:

$$\vartheta = 45 - \frac{\varphi}{2} = 31,25^\circ$$

$$\alpha = \frac{1 - (\tan(\vartheta))^2}{2 * \tan(\delta)} = 0,961$$

$$\alpha_2 = \operatorname{atan} \left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - (\tan(\vartheta))^2} \right) = 59,63^\circ$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta = 28,38^\circ$$

$$\vartheta_b = \vartheta_2 * \frac{\pi}{180} = 0,495$$

$$d_s = b' * \sin(\vartheta_2) * e^{\vartheta_b * \tan(\varphi)} = 2,42 \text{ m}$$



Grundbruchwiderstand:



Nachweis:

$$\frac{V_d}{R_d} = \underline{0,66 \leq 1}$$

Kippnachweis (EQU)

einwirkendes ungünstiges ("treibendes") Moment $M_{E,k}$ um den Drehpunkt D

$$M_{G,k,dst} = G_{H,k} \cdot (h_1 + t) = 350,0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Q,k,dst} = Q_{H1,k} \cdot (h + t) = 408,0 \text{ kNm/m}$$

$$\Rightarrow M_{E,d} = M_{G,k,dst} \cdot \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} \cdot \gamma_Q = \mathbf{997,0 \text{ kNm/m}}$$

widerstehendes günstiges ("haltendes") Moment $M_{R,k}$ um den Drehpunkt D

$$\gamma_{G,stab} = \text{TAB}(\text{"EC7_de/TsbE";BW; Z=Z1;BS=BS1;E="}\gamma_{G,stab}\text{"}) = 0,90$$

$$\Rightarrow M_{R,d} = V_{G,k} \cdot b / 2 \cdot \gamma_{G,stab} = \mathbf{1725,8 \text{ kNm/m}}$$

$$M_{E,d} / M_{R,d} = \underline{0,58 \leq 1}$$