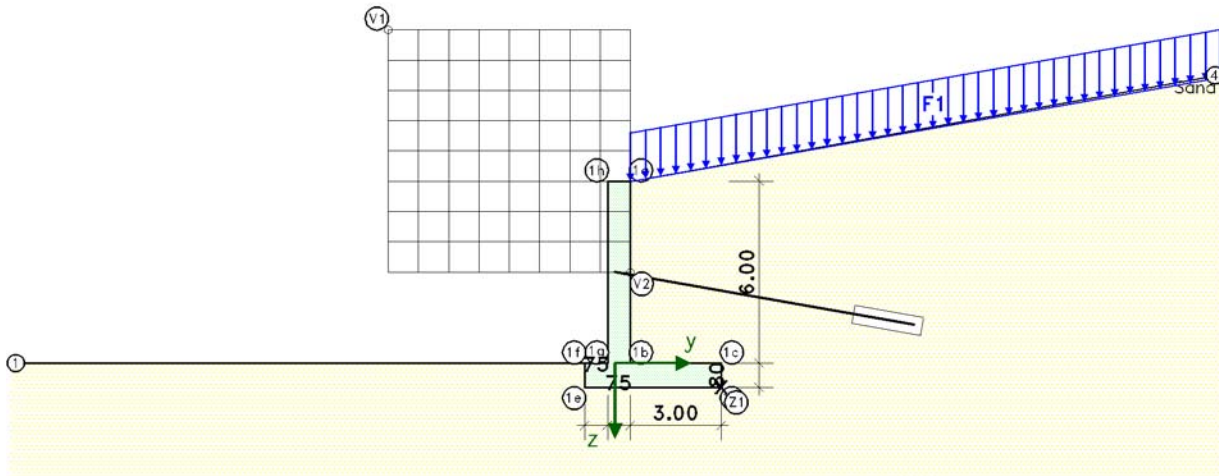


Geländebruchberechnung

Gesamtstandsicherheit nach DIN EN 1997-1:2009-09 mit NA-Deutschland

Ergänzende Regeln nach DIN 1054:2010-12 und DIN 4084:2009-01

Maßstab 1:250



1. System

1.1. Rechenwerte der Bodenschichten

Bezeichnung	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	ϕ °	c kN/m ²	q_{konso1} kN/m ²	$\psi_{A,\text{max}}$ °
Sand	19.50	10.00	27.00	---	---	85.00

γ - Wichte γ' - Wichte unter Auftrieb ϕ - Reibungswinkel c - Kohäsion

q_{konso1} - Auflast für die eine bindige Schicht vorkonsolidiert ist $\psi_{A,\text{max}}$ - max. Winkel für selbstspannendes Zugglied

1.2. Koordinaten der Schichtgrenzen

Nr.	y m	z m
1	-20.00	0.00
2	0.00	0.00
3	0.50	-6.00
4	20.00	-9.50

1.3. Koordinaten des Baukörpers

Nr.	y m	z m	Nr.	y m	z m
1a	0.50	-6.00	1e	-1.00	0.80
1b	0.50	0.00	1f	-1.00	0.00
1c	3.50	0.00	1g	-0.25	0.00
1d	3.50	0.80	1h	-0.25	-6.00

Wichte des Baukörpers: $\gamma_{b,1} = 25.00$ kN/m³

1.4. Verpressanker

Nr.	y _{Kopf} m	z _{Kopf} m	l m	α °	y _{Fuß} m	z _{Fuß} m	l _v m	a m	F _{A0,k} kN	F _{A,Ra,k} kN	F _{A,Rt,k} kN
1	0.00	-3.00	10.00	10.0	9.85	-1.26	2.00	2.00	100.00	200.00	300.00

l - Länge des Ankers von Kopfplatte bis Ende Verpreßkörper α - Neigungswinkel des Ankers gegen die Horizontale

l_v - Länge der Verpreßkörper a - Achsabstand senkrecht zur Betrachtungsebene F_{A0,k} - Festlegekraft

F_{A,Ra,k} - charakt. Herauszieh Widerstand F_{A,Rt,k} - charakt. Materialwiderstand

2. Belastung

Flächenlasten

Nr.	Bezeichnung	teilbar	y _a m	z _a m	y _e m	z _e m	l m	q _k kN/m ²	Lasttyp	Bem. sit. BS
F1	p	nein	0.50	-6.00	20.50	-9.50	20.00	35.00	ständig	P

3. Berechnungsparameter

Teilsicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungsseite

Die fettgedruckten Werte entsprechen nicht [1] Tabelle A 2.1

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formel	BS-P	BS-T	BS-A	BS-E
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlustes der Gesamtstan		---	---	---	---
Ständige Einwirkungen	γ_G	1.00	1.00	1.00	1.00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1.30	1.20	1.20	1.00

Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite

Entsprechend [1] Tabellen A 2.2 und A 2.3

Lamelleneinteilung

Mindestanzahl $\min n = 20$

zulässige Breite $\max b = 3.00$ m

Breite wird an Schichtgrenzen und Baukörper angepasst

maßgebende y-Koordinate im Schwerpunkt

Erdwiderstand am Austrittsende: y-Position wird automatisch ermittelt

Berechnung der Sicherheit: vorhandene Sicherheit wird iterativ ermittelt, Startwert $\mu_0 = 1.00$

Mindestabmessungen für einen gültigen Gleitkreis: $b/h = 1.00/0.20$ m

Hinweis:

Die Sicherheit der Gleitkreise wird nur für die Drehrichtung im Uhrzeigersinn ermittelt.

4. Bemessungswerte aus äußeren Lasten

4.1. Bemessungssituation BS-P

4.1.1. Flächenlasten

y _a m	z _a m	y _e m	z _e m	q _d kN/m ²	Lasttyp
0.50	-6.00	20.50	-9.50	35.00	ständig

5. Böschungsbruchsicherheit für Gleitkreisvariation

Variationsvorschrift für den Gleitkreismittelpunkt

innerhalb eines Rasters zwischen den Punkten V₁(-7.50/-11.00) und V₂(0.50/-3.00)

mit 9 Punkten in y-Richtung bei einem Abstand von 100.0 cm und

mit 9 Punkten in z-Richtung bei einem Abstand von 100.0 cm

Variationsvorschrift für den Radius

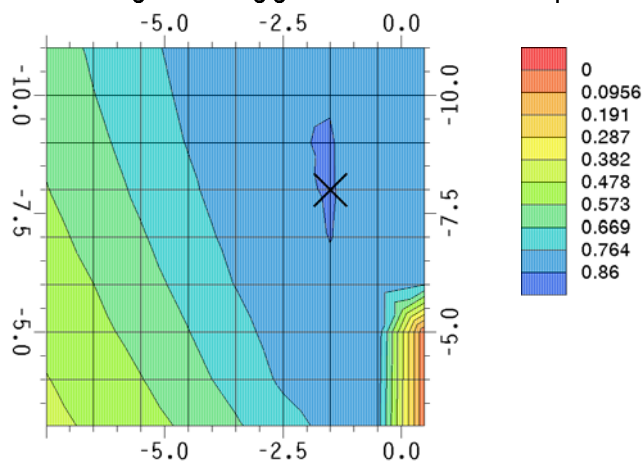
Zwangspunkt für den Gleitkreis Z₁(3.50/0.80) d.h. keinen Variation

5.1. Berechnete Gleitkreise

Nr	y _m m	z _m m	r m	$\mu_{\max}$ -	Nr	y _m m	z _m m	r m	$\mu_{\max}$ -
1	-7.50	-11.00	16.13	0.63	23	-3.50	-9.00	12.04	0.82
2	-6.50	-11.00	15.47	0.68	24	-2.50	-9.00	11.49	0.86
3	-5.50	-11.00	14.84	0.74	25	-1.50	-9.00	11.00	0.86
4	-4.50	-11.00	14.26	0.79	26	-0.50	-9.00	10.58	0.83
5	-3.50	-11.00	13.72	0.84	27	0.50	-9.00	10.25	0.77
6	-2.50	-11.00	13.24	0.86	28	-7.50	-8.00	14.09	0.57
7	-1.50	-11.00	12.82	0.85	29	-6.50	-8.00	13.32	0.62
8	-0.50	-11.00	12.46	0.82	30	-5.50	-8.00	12.59	0.69
9	0.50	-11.00	12.18	0.79	31	-4.50	-8.00	11.89	0.75
10	-7.50	-10.00	15.42	0.61	32	-3.50	-8.00	11.24	0.81
11	-6.50	-10.00	14.72	0.67	33	-2.50	-8.00	10.65	0.85
12	-5.50	-10.00	14.06	0.72	34	-1.50	-8.00	10.12	0.86
13	-4.50	-10.00	13.44	0.78	35	-0.50	-8.00	9.67	0.84
14	-3.50	-10.00	12.87	0.83	36	0.50	-8.00	9.30	0.77
15	-2.50	-10.00	12.35	0.86	37	-7.50	-7.00	13.48	0.55
16	-1.50	-10.00	11.90	0.86	38	-6.50	-7.00	12.68	0.60
17	-0.50	-10.00	11.52	0.83	39	-5.50	-7.00	11.91	0.66
18	0.50	-10.00	11.21	0.78	40	-4.50	-7.00	11.17	0.73
19	-7.50	-9.00	14.73	0.59	41	-3.50	-7.00	10.48	0.79
20	-6.50	-9.00	14.00	0.65	42	-2.50	-7.00	9.84	0.84
21	-5.50	-9.00	13.31	0.71	43	-1.50	-7.00	9.26	0.86
22	-4.50	-9.00	12.65	0.77	44	-0.50	-7.00	8.77	0.84

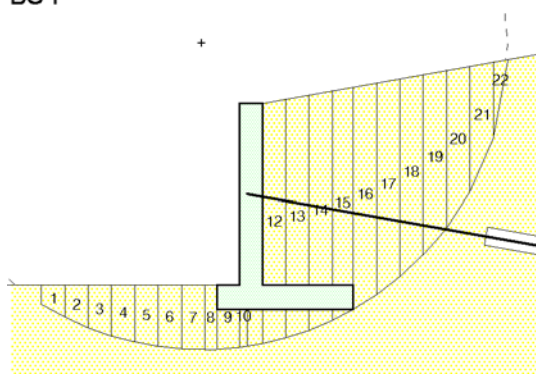
Nr	y _m m	z _m m	r m	μ _{max} -	Nr	y _m m	z _m m	r m	μ _{max} -
45	0.50	-7.00	8.36	0.77	64	-7.50	-4.00	12.00	0.47
46	-7.50	-6.00	12.93	0.53	65	-6.50	-4.00	11.09	0.52
47	-6.50	-6.00	12.09	0.57	66	-5.50	-4.00	10.20	0.57
48	-5.50	-6.00	11.28	0.63	67	-4.50	-4.00	9.33	0.63
49	-4.50	-6.00	10.50	0.70	68	-3.50	-4.00	8.49	0.70
50	-3.50	-6.00	9.76	0.77	69	-2.50	-4.00	7.68	0.78
51	-2.50	-6.00	9.07	0.82	70	-1.50	-4.00	6.93	0.82
52	-1.50	-6.00	8.44	0.85	71	-0.50	-4.00	6.25	0.82
53	-0.50	-6.00	7.89	0.84	72	0.50	-4.00	n.e.	0.00
54	0.50	-6.00	7.43	0.76	73	-7.50	-3.00	11.64	0.45
55	-7.50	-5.00	12.44	0.50	74	-6.50	-3.00	10.70	0.49
56	-6.50	-5.00	11.56	0.55	75	-5.50	-3.00	9.77	0.54
57	-5.50	-5.00	10.71	0.60	76	-4.50	-3.00	8.86	0.59
58	-4.50	-5.00	9.88	0.67	77	-3.50	-3.00	7.96	0.66
59	-3.50	-5.00	9.09	0.74	78	-2.50	-3.00	7.10	0.73
60	-2.50	-5.00	8.35	0.80	79	-1.50	-3.00	6.28	0.79
61	-1.50	-5.00	7.66	0.84	80	-0.50	-3.00	5.52	0.80
62	-0.50	-5.00	7.05	0.83	81	0.50	-3.00	n.e.	0.00
63	0.50	-5.00	n.e.	0.00					

5.2. Ausnutzung in Abhängigkeit vom Gleitkreismittelpunkt



5.3. Maßgebende Gleitkreise

5.3.1. BS-P



Mittelpunkt

y_m = -1.50 m

z_m = -8.00 m

Radius

r = 10.12 m

Anfang/Ende

y_a = -6.79 m

y_e = 8.61 m

Unterster Punkt

y_u = -1.40 m

z_u = 2.12 m

Rechenwerte der Lamellen aus Eigenlast

$$T_G = \frac{[(G_{\text{Boden}} + G_{\text{Bk}}) \cdot u \cdot b] \cdot \tan(\varphi) + c \cdot b}{(\cos(\vartheta) + \mu \cdot \tan \varphi \cdot \sin(\vartheta))}$$

Nr.	y m	z m	h _{Boden} m	b m	G _{Boden} kN/m	G _{Bk} kN/m	φ _{cal} °	C _{cal} kN/m ²	ϑ °	G · sin ϑ kN/m	T _G kN/m
1	-6.37	0.87	0.87	0.77	13.1	0.0	22.2	0.0	-28.8	-6.3	7.5
2	-5.62	1.25	1.25	0.77	18.7	0.0	22.2	0.0	-24.0	-7.6	9.9
3	-4.85	1.55	1.55	0.77	23.3	0.0	22.2	0.0	-19.3	-7.7	11.5
4	-4.09	1.79	1.79	0.77	26.8	0.0	22.2	0.0	-14.8	-6.8	12.5
5	-3.32	1.96	1.96	0.77	29.4	0.0	22.2	0.0	-10.4	-5.3	13.0
6	-2.55	2.07	2.07	0.77	31.0	0.0	22.2	0.0	-6.0	-3.2	13.2
7	-1.78	2.12	2.12	0.77	31.8	0.0	22.2	0.0	-1.6	-0.9	13.1
8	-1.20	2.12	2.12	0.40	16.5	0.0	22.2	0.0	1.7	0.5	6.7
9	-0.63	2.08	1.28	0.75	18.8	15.0	22.2	0.0	4.9	2.9	13.4
10	-0.13	2.03	1.23	0.25	6.0	42.5	22.2	0.0	7.8	6.6	19.0
11	0.30	1.96	1.76	0.50	11.3	85.0	22.2	0.0	10.2	17.1	37.5
12	0.88	1.84	1.04	0.77	106.7	15.4	22.2	0.0	13.6	28.8	47.2

Nr.	y m	z m	hBoden m	b m	GBoden kN/m	GBk kN/m	φ_{ca1} °	Cca1 kN/m ²	ϑ °	G · sin ϑ kN/m	T _G kN/m
13	1.65	1.62	0.82	0.77	105.4	15.4	22.2	0.0	18.2	37.7	46.5
14	2.42	1.33	0.53	0.77	103.2	15.4	22.2	0.0	22.8	46.0	45.7
15	3.15	0.99	0.19	0.69	89.8	13.8	22.2	0.0	27.4	47.6	40.2
16	3.88	0.57	7.18	0.77	107.8	0.0	22.2	0.0	32.1	57.3	42.5
17	4.65	0.04	6.78	0.77	101.8	0.0	22.2	0.0	37.4	61.9	41.2
18	5.42	-0.61	6.27	0.77	94.1	0.0	22.2	0.0	43.1	64.3	39.5
19	6.19	-1.41	5.61	0.77	84.2	0.0	22.2	0.0	49.4	63.9	37.3
20	6.95	-2.43	4.73	0.77	71.0	0.0	22.2	0.0	56.6	59.3	34.2
21	7.70	-3.79	3.51	0.77	52.6	0.0	22.2	0.0	65.4	47.9	29.1
22	8.28	-5.40	2.00	0.49	19.0	0.0	22.2	0.0	75.1	18.4	13.0
Σ				15.39	1162.2	202.5				522.1	573.6

Rechenwerte der Lamellen aus Auflast für 'BS-P'

$$Q_{Konsol} < Q \Rightarrow Q_R = 0$$

$$T_Q = Q_R \tan(\varphi) / (\cos(\vartheta) + \mu \cdot \tan(\varphi) \sin(\vartheta))$$

Lamelle	Q kN/m	Q _A kN/m	Q _A · sin ϑ kN/m	Q _{Konsol} kN/m	Q _R kN/m	T _Q kN/m
12	26.9	26.9	6.3	---	26.9	10.4
13	26.9	26.9	8.4	---	26.9	10.4
14	26.9	26.9	10.4	---	26.9	10.4
15	24.2	24.2	11.1	---	24.2	9.4
16	26.9	26.9	14.3	---	26.9	10.6
17	26.9	26.9	16.4	---	26.9	10.9
18	26.9	26.9	18.4	---	26.9	11.3
19	26.9	26.9	20.5	---	26.9	12.0
20	26.9	26.9	22.5	---	26.9	13.0
21	26.9	26.9	24.5	---	26.9	14.9
22	17.0	17.0	16.4	---	17.0	11.6
Σ	283.7	283.7	169.3		283.7	124.8

Rechenwerte der Verpressanker

$$\psi_A = \alpha_A + \vartheta_A$$

$$F_{A,d} = \min \{ F_{A,Ra,k} / \gamma_A ; F_{A,Rt,k} / \gamma_M \}$$

$$F_{A0,d} = F_{A0,k}$$

$$M_{A,d} = r F_{A,d} \cos(\psi_A)$$

$$M_{A0,d} = r F_{A0,d} \cos(\psi_A)$$

$$T_{A,d} = (\mu \cdot F_{A,d} \sin(\alpha) \tan(\varphi)) / (\cos(\vartheta) + \mu \cdot \tan(\varphi) \sin(\vartheta))$$

$$T_{A0,d} = (F_{A0,d} \sin(\alpha) \tan(\varphi)) / (\cos(\vartheta) + \mu \cdot \tan(\varphi) \sin(\vartheta))$$

Nr.	y _A m	z _A m	φ_{ca1} °	ϑ_A °	ψ_A °	max ψ_A °	selbstspannend
1	6.54	-1.85	22.2	52.6	62.6	85.0	ja

Nr.	F _{A,d} kN/m	F _{A0,d} kN/m	M _{A,d} kNm/m	M _{A0,d} kNm/m	T _{A,d} kN/m	T _{A0,d} kN/m
1	181.8	---	847.9	---	12.5	---

Erdwiderstand und Wasserdruck auf die erste Lamelle am Austrittsende

bei $y_{ep} = -6.79$ m

z m	k _{pgh} -	e _{pgh} kN/m ²
0.00	2.00	0.00
0.63	2.00	24.52

5.4. Wirksame Kräfte und Momente

Bemsit.	T _G +T _Q +T _{A,d} +T _{A0,d} kN/m	(G+Q _A) · sin ϑ kN/m	M _{Ep} kNm/m	M _{W,Ep} kNm/m	M _{A,d} kNm/m	M _{A0,d} kNm/m
BS-P	710.9	691.4	65.0	0.0	847.9	0.0

5.5. Ausnutzung

$$\mu = E_{M,d} / R_{M,d}$$

$$E_{M,d} = r \cdot ((G+Q) \sin(\vartheta)) - M_{A0,d} - M_{W,Ep}$$

$$R_{M,d} = r \cdot (T_G + T_Q + T_{A,d} + T_{A0,d} (G+Q)) + M_{A,d} + M_{Ep}$$

Bemsit.	E _{M,d} kNm/m	R _{M,d} kNm/m	μ -
BS-P	6998.18	8108.38	0.863

$\mu_{\max} = 0.863 < 1.0 \Rightarrow$ Maximale Ausnutzung der Böschungsstabilität eingehalten

GBoden - Eigenlast aus Bodengewicht GBk - Eigenlast aus Baukörper G - Eigenlast gesamt ϑ - Tangentenwinkel

T_G - haltende Tangentialkraft infolge Eigengewicht und Kohäsion Q - Summe der Auflast je Lamelle

Q_A - antreibender Anteil aus Auflast Q_{Konsol} - maßgeb. Vorkonsolidierung in der Lamelle

Q_R - haltender Anteil aus Auflast T_Q - haltende Tangentialkraft infolge Auflast
 y_A/z_A - Schnittpunkt von Anker und Gleitkreis $\max \psi_A$ - max. Winkel ψ_A für selbstspannende Zugglieder
 M_{Ep} - haltendes Moment aus Erdwiderstand am Austrittsende
 $M_{W,Ep}$ - Moment aus Wasserdruck auf Erdwiderstandsfläche am Austrittsende

6. Zusammenfassung

Der Nachweis konnte für alle Bemessungssituationen erfüllt werden.

Literatur und Normen:

[1] DIN 1054: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regeln zu DIN EN 1997-1, Dezember 2010