



Statische Berechnung

Bauvorhaben: Martin Baur, Bauschuttdeponie
Riedlingen-Neufra

Auftraggeber: Martin Baur GmbH
Riedstraße 2
88521 Binzwangen

Teilprojekt: Böschungsbruchberechnung

Datum: 15. September 2021

Projektnummer: 21101

Aufsteller: Dipl.-Geol. Ralf Jechalik
B.-Eng. (Bau) Oliver Rotter
M.Sc. Ibrahim Nawar

Filderstadt, 15. September 2021



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung.....	2
2. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse.....	3
3. Lastansätze	3
4. Berechnung.....	3
5. Berechnungsergebnis:	4
Anlage 1	7
Übersicht der Bauphasen	7
<i>Bauzustand: 1 "Situation"</i>	7
Normen.....	8
<i>Sicherheitsbeiwerte:</i>	8
Erddruck auf die Wand: [GEO] A1+M1+R2.....	8
KE-Mechanismus: [GEO] A2+M2+R3	8
Schnittgrößen: [GEO] A1+M1+R2	8
Gleiten: [GEO] A1+M1+R2	8
Grundbruch: [GEO] A1+M1+R2	8
Gleitkreis: [GEO] A2+M2+R3.....	8
Hydraulischer Grundbruch: [HYD] A1+M1+R1	9
Versagen von Bauteilen: [STR] A1+M1+R2.....	9
Stabilität: [EQU] A1+M1+R1	9
Bauzustand Nr. 1 "Situation"	10
<i>Schichtsystem mit 7 Schichten</i>	10
<i>Streifenlasten:</i>	11
Lasten.....	11
<i>Gleitkreisnachweis</i>	11
Übersicht Ergebnisse Ausnutzungsgrade aller Phasen.....	12



1. Vorbemerkung

Die Martin Baur GmbH plant in Riedlingen-Neufra den Neubau einer Bauschuttdeponie. Die *Projektierungsgesellschaft für Geotechnik und Grundbau GmbH* wurde von der Martin Baur GmbH beauftragt, die Standsicherheit der fertiggestellten Deponie im Endzustand statisch zu überprüfen.

Hierzu standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Schnitt B2, B4, B6, B8 und B10 vom 09.07.2021, erstellt durch die Martin Baur GmbH in 88521 Binzwangen.
- Lageplan Oberfläche vom 05.05.2021, erstellt durch die Martin Baur GmbH in 88521 Binzwangen.
- Regelquerschnitt Deponieränder vom 14.04.2021, erstellt durch die Martin Baur GmbH in 88521 Binzwangen.
- Setzungspegel 2005-2016.
- Übersichtslageplan vom 10.01.2020, erstellt durch die Martin Baur GmbH in 88521 Binzwangen.



2. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Für die erdstatischen Nachweise wurden folgende bodenmechanische Kennwerte in Ansatz gebracht:

Schicht	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]
Boden	20	10	25	10
Recycling-Baustoff	21	11	35	0
Ton	20	10	25	10
Deponiekörper	19	9	17	0
Anstehender Boden	20	10	25	10

3. Lastansätze

Folgende Verkehrslasten wurden bei der Überprüfung der Böschungsstandsicherheit in Ansatz gebracht:

- Verkehrslast $p_k = 16,67$ kN/m² auf dem Betriebsweg
- Verkehrslast $p_k = 5,00$ kN/m² auf der Deponie

4. Berechnung

Die vorliegende Berechnung beinhaltet die Böschungsbruchberechnung wie folgt:

- statische Überprüfung der Standsicherheit der Deponie im Endzustand

Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms FIDES Geostability von FIDES DV PARTNER, unter Berücksichtigung des Eurocodes 7, durchgeführt. Die Geometrie wurde aus der Werkplanung entnommen. Die Berechnungen wurden für die Bemessungssituation BS-P durchgeführt.

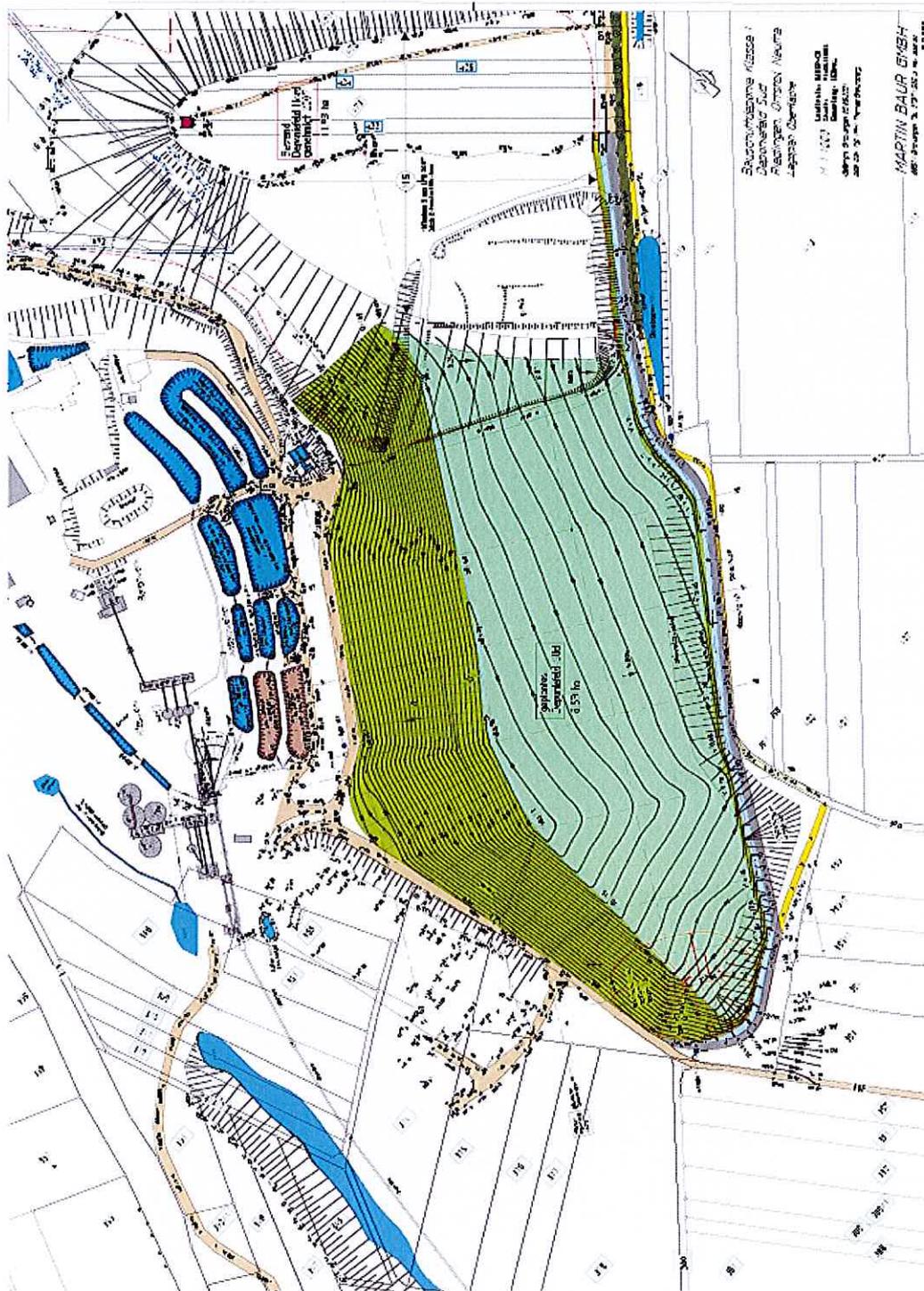


Abbildung 1: Lageplan Oberflächen

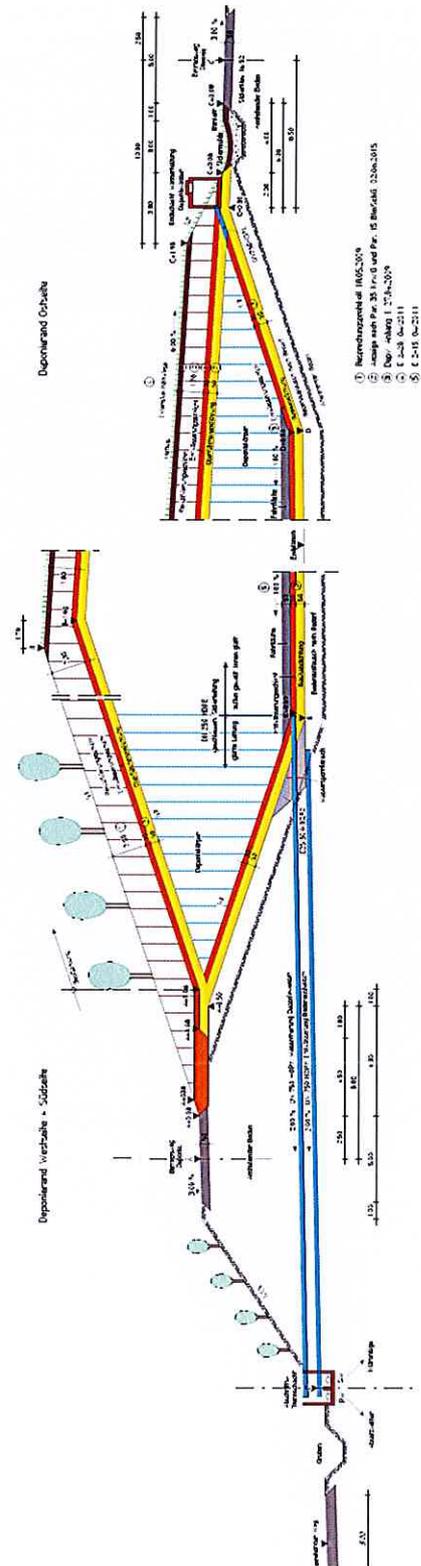


Abbildung 2: Regelquerschnitt Deponierände



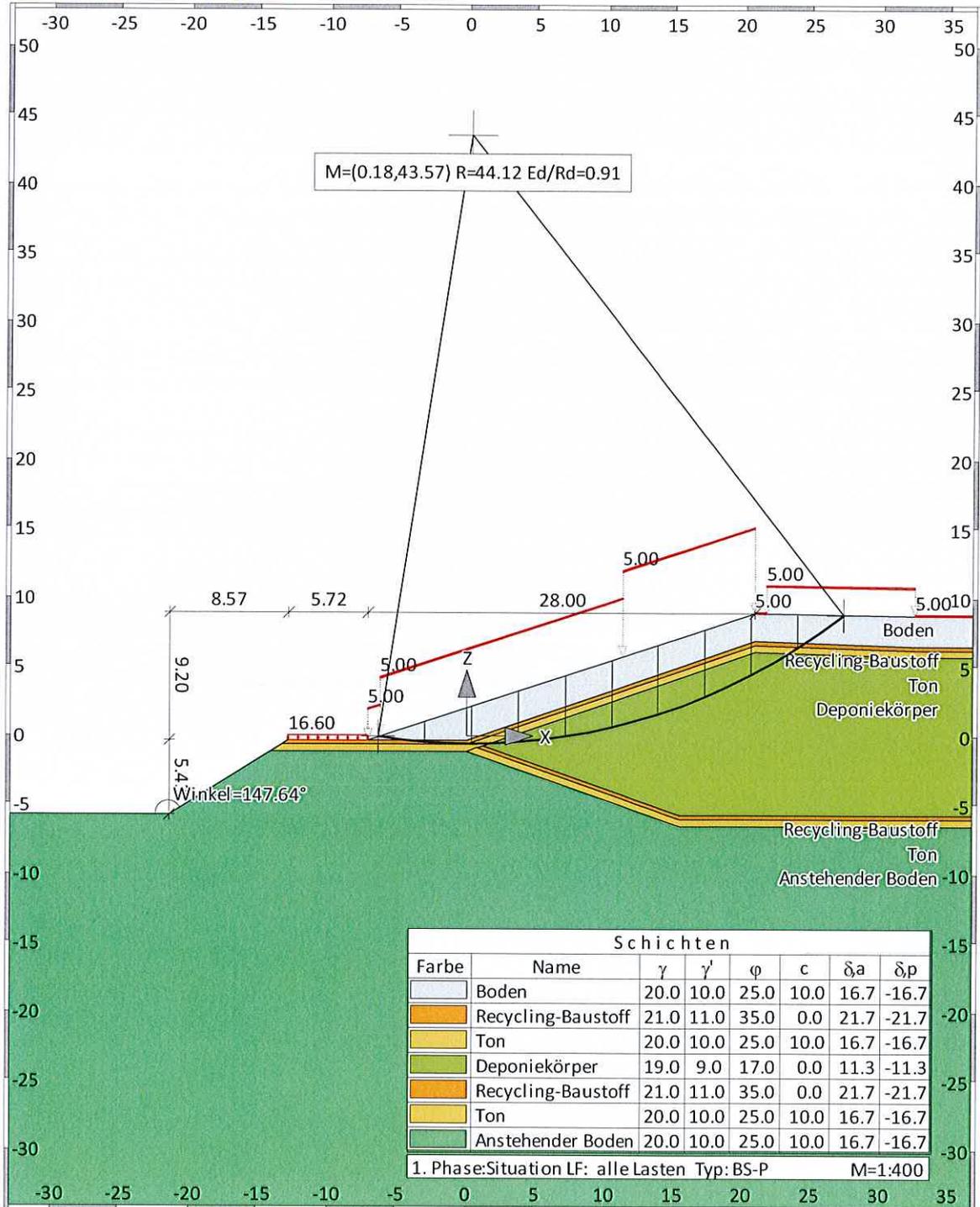
5. Berechnungsergebnis:

Gemäß den statischen Berechnungen in Anlage 1, ist die Standsicherheit der Deponie im Endzustand nachgewiesen. Der Ausnutzungsgrad wurde hierbei mit $\eta = 0,91$ rechnerisch ermittelt. Die geplante Deponie ist somit dauerhaft standsicher. Es ist zu beachten, dass das Deponiegut lageweise einzubauen und zu verdichten ist. Zudem ist davon auszugehen, dass bei der Erstellung der Oberflächenabdichtung, Entwässerungsschicht und Rekultivierungsschicht infolge der zusätzlichen Auflast und aufgrund der Inhomogenität des Deponiekörpers mit hohen Setzungen aus Sofortsetzung sowie einer zeitverzögerten Konsolidation des anstehenden Bodens als auch der Anschüttung zu rechnen ist. Der zu erwartende Setzungsbetrag ist abhängig vom eingebauten Material der Deponie und kann im Vorfeld nicht ermittelt werden. Zur Ermittlung des Setzungsverhalten der geplanten Deponie empfehlen wir Ihnen daher den Untergrund unter der geplanten Deponie genauer geotechnisch zu untersuchen sowie die Einbauarbeiten / Verdichtungsgrade zu überwachen bzw. zu überprüfen. In jedem Fall sind Setzungen bei der Planung der Entwässerungs- und Abdichtungsschicht sowie bei der Oberflächengestaltung zu berücksichtigen. Des Weiteren empfehlen wir eine Ausführung der Entwässerungs- und Abdichtungsschicht sowie bei der Oberflächengestaltung erst nach dem Abklingen der Setzungen des eingebauten Materials der Deponie durchzuführen.

Anlage 1

Übersicht der Bauphasen

Bauzustand: 1 "Situation"



Normen

Nationales Anwendungsdokument: DIN EN 1997 (rev.14)

Geotechnische Nachweise : DIN EN 1997-1

Stahlbetonbemessung : DIN EN 1992-1-1

Sicherheitsbeiwerte:

Erddruck auf die Wand: [GEO] A1+M1+R2

γ -	G,dst	E0G	G, stb	Q,dst	Q, stb	phi	coe	cu	g
BS-P	1.350	1.200	1	1.500	0	1	1	1	1
BS-T	1.200	1.100	1	1.300	0	1	1	1	1

KE-Mechanismus: [GEO] A2+M2+R3

γ -	G,dst	G, stb	W	Q,dst	Q, stb	phi	coe	cu
		g	a, t	a, p	Gt	N	Stbl	
BS-P	1	1	1	1.300	0	1.250	1.250	1.250
		1	1.100	1.100	1.400	1.400	1	
BS-T	1	1	1	1.200	0	1.150	1.150	1.150
		1	1.100	1.100	1.300	1.300	1	

Schnittgrößen: [GEO] A1+M1+R2

γ -	G,dst	E0G	W	G, stb	Q,dst	Q, stb	phi	coe
		cu	g	Re	P			
BS-P	1.350	1.200	1.350	1	1.500	0	1	1
		1	1	1.400	1.400			
BS-T	1.200	1.100	1.200	1	1.300	0	1	1
		1	1	1.300	1.400			

Gleiten: [GEO] A1+M1+R2

γ -	G,dst	E0G	W	G, stb	Q,dst	Q, stb	phi	coe
		cu	g	Rh				
BS-P	1.350	1.200	1.350	1	1.500	0	1	1
		1	1	1.100				
BS-T	1.200	1.100	1.200	1	1.300	0	1	1
		1	1	1.100				

Grundbruch: [GEO] A1+M1+R2

γ -	G,dst	E0G	W	G, stb	Q,dst	Q, stb	phi	coe
		cu	g	Rv				
BS-P	1.350	1.200	1.350	1	1.500	0	1	1
		1	1	1.400				
BS-T	1.200	1.100	1.200	1	1.300	0	1	1
		1	1	1.300				

Gleitkreis: [GEO] A2+M2+R3

γ -	G,dst	G, stb	Q,dst	Q, stb	W	phi	coe	cu
		g	Re	a, t	a, p	Gt	N	Stbl
BS-P	1	1	1.300	0	1	1.250	1.250	1.250
		1	1	1.100	1.100	1.400	1.400	1
BS-T	1	1	1.200	0	1	1.150	1.150	1.150
		1	1	1.100	1.100	1.300	1.300	1



Hydraulischer Grundbruch: [HYD] A1+M1+R1

γ -	G,dst	G,stb	Q,dst	H
BS-P	1.050	0.950	1.500	1.900
BS-T	1.050	0.950	1.300	1.900

Versagen von Bauteilen: [STR] A1+M1+R2

γ -	M	Gtf	cd	N
BS-P	1.150	1.400	1.400	1.150
BS-T	1.150	1.300	1.300	1.150

Stabilität: [EQU] A1+M1+R1

γ -	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	phi	coe	cu	g
BS-P	1.100	0.900	1.500	0	1	1	1	1
BS-T	1.050	0.900	1.250	0	1	1	1	1

Bauzustand Nr. 1 "Situation"

LF: alle Lasten Typ: BS-P

Schichtsystem mit 7 Schichten

Name		Boden	Recycling-Baustoff	Ton	Deponiekörper
γ	[kN/m ³]	20	21	20	19
γ, R	[kN/m ³]	20	21	20	19
γ'	[kN/m ³]	10	11	10	9
φ	[°]	25	35	25	17
c	[kN/m ²]	10	0	10	0
c, u	[kN/m ²]	10	10	10	10
δ, a	[°]	16.66667	21.66667	16.66667	11.33333
δ, p	[°]	-16.66667	-21.66667	-16.66667	-11.33333
δ, ew	[°]	0	0	0	0
Kluft aktiv	[1/0]	0	0	0	0
τ, gr	[kN/m ²]	110	110	110	110
ψ, A, max	[°]	90	90	90	90
k	[cm/s]	10e-06	10e-06	10e-06	10e-06
Nsp	[%]	15	15	15	15
S	[1/m]	15e-06	15e-06	15e-06	15e-06

Name		Recycling-Baustoff	Ton	Anstehender Boden
γ	[kN/m ³]	21	20	20
γ, R	[kN/m ³]	21	20	20
γ'	[kN/m ³]	11	10	10
φ	[°]	35	25	25
c	[kN/m ²]	0	10	10
c, u	[kN/m ²]	10	10	10
δ, a	[°]	21.66667	16.66667	16.66667
δ, p	[°]	-21.66667	-16.66667	-16.66667
δ, ew	[°]	0	0	0
Kluft aktiv	[1/0]	0	0	0
τ, gr	[kN/m ²]	110	110	110
ψ, A, max	[°]	90	90	90
k	[cm/s]	10e-06	10e-06	10e-06
Nsp	[%]	15	15	15
S	[1/m]	15e-06	15e-06	15e-06

Geländeverlauf:

x [m]	-21.43	-12.86	-7.14	11.25	20.86	32.50
z [m]	-5.73	-0.30	-0.30	5.75	8.90	8.75

Verlauf Oberkante der 2. Schicht Recycling-Baustoff:

x [m]	-21.43	-12.86	0.00	20.86	32.50
z [m]	-5.73	-0.30	-0.30	6.90	6.50

Verlauf Oberkante der 3. Schicht Ton:

x [m]	-21.43	-13.33	0.00	20.86	32.75
z [m]	-5.73	-0.60	-0.60	6.60	6.25

Verlauf Oberkante der 4. Schicht Deponiekörper:

x [m]	-21.43	-14.12	0.00	20.86	33.00
z [m]	-5.73	-1.10	-1.10	6.10	5.75

Verlauf Oberkante der 5. Schicht Recycling-Baustoff:

x [m]	-21.43	-14.12	0.00	1.15	15.43
z [m]	-5.73	-1.10	-1.10	-0.70	-5.71

Verlauf Oberkante der 6. Schicht Ton:

x [m]	-21.43	-14.12	0.00	0.72	15.43
z [m]	-5.73	-1.10	-1.10	-0.85	-6.01

Verlauf Oberkante der 7. Schicht Anstehender Boden:

x [m]	-21.43	-14.12	0.00	15.43
z [m]	-5.73	-1.10	-1.10	-6.51

Streifenlasten:

Lasten

xA [m]	zA [m]	xE [m]	zE [m]	PxA [kN/m ²]	PzA [kN/m ²]	PxE [kN/m ²]	PzE [kN/m ²]	Art	LF-Bezeichnung Name
-12.86	-0.30	-7.14	-0.30	0.00	16.60	0.00	16.60	q	1
-7.14	-0.30	-6.27	-0.01	0.00	5.00	0.00	5.00	q	1
-6.27	-0.01	11.25	5.75	0.00	5.00	0.00	5.00	q	1
11.25	5.75	20.86	8.90	0.00	5.00	0.00	5.00	q	1
32.50	8.75	9999.99	8.75	0.00	5.00	0.00	5.00	q	1
21.75	8.89	32.50	8.75	0.00	5.00	0.00	5.00	q	1
20.86	8.90	21.75	8.89	0.00	5.00	0.00	5.00	q	1

Gleitkreisnachweis

LF: alle Lasten Typ: BS-P (Kombination: [GEO] A2+M2+R3, BS-P)

γ,G_dst	γ,E0G	γ,W	γ,G_stb	γ,Q_dst	γ,Q_stb	γ,phi	γ,coe	γ,cu
γ,g	γ,Rv	γ,Rh	γ,Re	γ,a_t	γ,a_p	γ,N	γ,Gt	γ,P
γ,Gap	γ,Tilt	γ,Stbl						
1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	0.000	1.250	1.250	1.250
1.000	1.000	1.000	1.000	1.100	1.100	1.400	1.400	1.000
1.000	1.000	1.000						

Vertikale veränderliche Lasten wirken nur, falls sie ausserhalb $R \cdot \sin(\phi)$ liegen.

Die autom. Gleitkreissuche berücksichtigt nur Kreise, die mit dem Gelände eine Schnittfläche von mindestens 0.25 m² haben.

Die Gleitkreisberechnung erlaubt nur kreisförmige Gleitlinien (keine Übergänge in vertikale Tangenten).

Kreisgeometrie (alle Längen- und Koordinatenangaben in [m])

Mittelpunkt = (0.18, 43.57), Radius = 44.12

Startpunkt = (-6.41, -0.06), Endpunkt = (27.37, 8.82)

Lamellengeometrie:

Nr	x [m]	Breite b [m]	dxM [m]	Gewicht [kN/m]	Auflast z-Ri. [kN/m]	Wasser- auflast [kN/m]	u*b [kN/m]	φ [°]	c [kN/m ²]	θ [°]
1	-4.72	3.38	-4.90	52.5	0.0	0.0	0.0	20.46	8.00	-6.38
2	-1.34	3.38	-1.52	145.0	0.0	0.0	0.0	29.26	0.00	-1.98
3	2.04	3.38	1.85	219.0	0.0	0.0	0.0	13.74	0.00	2.41
4	5.41	3.38	5.23	272.7	0.0	0.0	0.0	13.74	0.00	6.81

Nr	x	Breite b	dxM	Gewicht	Auflast z-Ri.	Wasser- auflast	u*b	φ	c	θ
[m]	[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[°]	[kN/m ²]	[°]	
5	8.79	3.38	8.61	309.4	0.0	0.0	0.0	13.74	0.00	11.25
6	12.17	3.38	11.99	328.3	23.1	0.0	0.0	13.74	0.00	15.76
7	15.55	3.38	15.36	328.5	23.1	0.0	0.0	13.74	0.00	20.38
8	18.92	3.38	18.74	308.4	23.1	0.0	0.0	13.74	0.00	25.14
9	22.30	3.38	22.12	234.3	22.0	0.0	0.0	13.74	0.00	30.09
10	25.68	3.38	25.50	86.4	22.0	0.0	0.0	20.46	8.00	35.30

Anteile vertikale Lasten:

Nr	Gewicht	$G*\sin(\theta)$	$(G-u*b)*\tan(\varphi) + c*b$	$\mu*\sin(\theta)*\tan(\varphi)+\cos(\theta)$	T
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
1	52.51	-5.83	46.61	0.956106	48.75
2	145.02	-5.01	81.23	0.981802	82.74
3	219.04	9.20	53.57	1.008467	53.12
4	272.68	32.33	66.69	1.019331	65.43
5	309.35	60.36	75.66	1.024200	73.88
6	351.43	95.47	85.95	1.022847	84.03
7	351.56	122.42	85.99	1.014904	84.72
8	331.49	140.81	81.08	0.999827	81.09
9	256.33	128.51	62.70	0.976823	64.18
10	108.35	62.61	67.44	1.012266	66.62
		-----			-----
		640.87			704.57

Einwirkung $E_d = (640.9*44.12)$
 Widerstand $R_d = (704.6*44.12 + 0.0)$

GLEITKREIS $\mu = E_d/R_d = 0.91 < 1.0$: Nachweis erbracht.

Übersicht Ergebnisse Ausnutzungsgrade aller Phasen

Nr	Phase	Gleit- kreis	KEM
1	"Situation"	0.91	-