

# Anhang H: Stand sicherheitsberechnungen

# Anhang H: Stand sicherheitsberechnungen

Beauftragt von:

Bremer Stadtreinigung AöR  
An der Reeperbahn4  
28217 Beremen

Projektnummer:

PN-2019-343

Auftrag vom:

30. August 2019

## Blocklanddeponie Bremen

*Standsicherheitsberechnungen  
für die Erweiterung DK-I im Canyonbereich*

08. November 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung.....	3
2. Unterlagen.....	3
3. Baugrundaufbau, charakteristische Bodenkenngößen und Wasserstände .....	4
4. Bemessungsquerschnitt .....	4
5. Nachweise gegen Geländebruch nach DIN 4084 .....	5
5.1. Allgemeines.....	5
5.2. Berechnungsergebnisse .....	5
6. Nachweis in der Grenzfläche Bewehrungslage und Deichkörper.....	6
7. Zusammenfassung .....	7

## 1. Veranlassung

Die Bremer Stadtreinigung betreibt am Standort der Blocklanddeponie neben einem Deponieabschnitt der Klasse I und des „Neue Schüttfläche“ genannten Deponieabschnitts der Klasse III auch eine Anlage zur biologischen Behandlung von Schredderleichtfraktion.

Der Altkörper der Blocklanddeponie ist seit dem 15.06.2009 für eine Ablagerung nicht mehr zugelassen. Auf dem nordwestlichen Altteilbereich soll ein neuer Deponieabschnitt der Klasse I errichtet werden, um eine Deponielaufzeit bis 2028 zu ermöglichen. Die Baumaßnahme wurde vom Verwaltungsrat der DBS beschlossen und der Umweltdeputation sowie dem Haushalts- und Finanzausschuss zur Kenntnis gegeben.

Die Blocklanddeponie liegt nördlich der Bundesautobahn (BAB) A 27 am südlichen Rand des Blocklandes, westlich der BAB-Anschlussstelle „Bremen-Überseestadt“.

Die Ingenieurgesellschaft UNDERyourfeet mbH wurde am 30.08.2019 durch die Bremer Stadtreinigung AöR beauftragt die erforderlichen Standsicherheitsberechnungen vorzunehmen.

Das Deponiegelände (einschließlich der Betriebseinrichtungen) wird im Süden durch den parallel zur BAB A 27 verlaufenden Fahrwiesendamm begrenzt, im Westen durch das Waller Fleet, im Norden und Nordosten durch die Kleine Wümme sowie im Osten durch die Autobahnanschlussstelle „Bremen-Überseestadt“ an die BAB A 27 (auch „Autobahnrohr“ genannt).

## 2. Unterlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden die nachfolgenden Unterlagen verwendet.

[U1] Blocklanddeponie DK I-Abschnitt im Canyonbereich, Genehmigungsplanung, Deponieschnitt für Standsicherheitsberechnung Schnitt 1, Anlage 6.4, Sweco, 03.07.2019

[U2] Blocklanddeponie DK I-Abschnitt im Canyonbereich, Genehmigungsplanung, Deponieschnitt für Standsicherheitsberechnung Schnitt 2, Anlage 6.5, Sweco, 03.07.2019

[U3] Blocklanddeponie DK I-Abschnitt im Canyonbereich, Genehmigungsplanung, Deponieschnitt für Standsicherheitsberechnung Schnitt 3, Anlage 6.5, Sweco, 03.07.2019

Sofern im Rahmen des Berichtes auf Normen, Empfehlungen und Regelwerke verwiesen wird, so gilt jeweils die letzte Ausgabe (aktuelle Fassung) des Dokumentes. In anderen Fällen wird auf die entsprechende Ausgabe bzw. deren Erscheinungsdatum im Verweis hingewiesen.

### 3. Baugrundaufbau, charakteristische Bodenkenngrößen und Wasserstände

Es liegen keine bodenmechanischen Parameter für die Standsicherheitsberechnungen vor. In Abstimmung mit dem Auftraggeber sollen konservative Annahmen getroffen werden. Die angenommenen Bodenkennwerte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Charakteristische Bodenkenngrößen für geotechnische Berechnungen

Schicht	Wichte $\gamma_k / \gamma_{r,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel $\phi_k$ [°]	Kohäsion $c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Füllmaterial	19,0	35,0	0,0
Verdichtungsfähiger Sand	19,0	32,5	0,0

Über die vorliegenden Wasserstände stehen keine Unterlagen zur Verfügung. In der Berechnung wird ein Grundwasserstand von 1,00 mNN angesetzt.

Die Belastung der Deponieauffahrt wird nach Absprache mit dem Auftraggeber entsprechend einem SLW 60 zu 33,3 kN/m<sup>2</sup> angesetzt.

Für die WEA wird eine Ersatzflächenlast von 250 kN/m<sup>2</sup> angesetzt. Die Angabe ist vor Ausführung der endgültigen Berechnung zu bestätigen.

Sämtliche Verbundreibungswinkel und Interaktionsbeiwerte zwischen Textilien und Boden wurden nach Rücksprache mit dem Auftraggeber angenommen.

### 4. Bemessungsquerschnitt

Es wurden seitens des Auftraggebers drei maßgebende Bemessungsquerschnitte festgelegt:

- Querschnitt 1: Fußpunkt Canyon (siehe Abbildung 2)
- Querschnitt 2: Fußpunkt Osterweiterung (siehe Abbildung 3)
- Querschnitt 3: Übergang zum Randwall an der WKA 3 (siehe Abbildung 4)

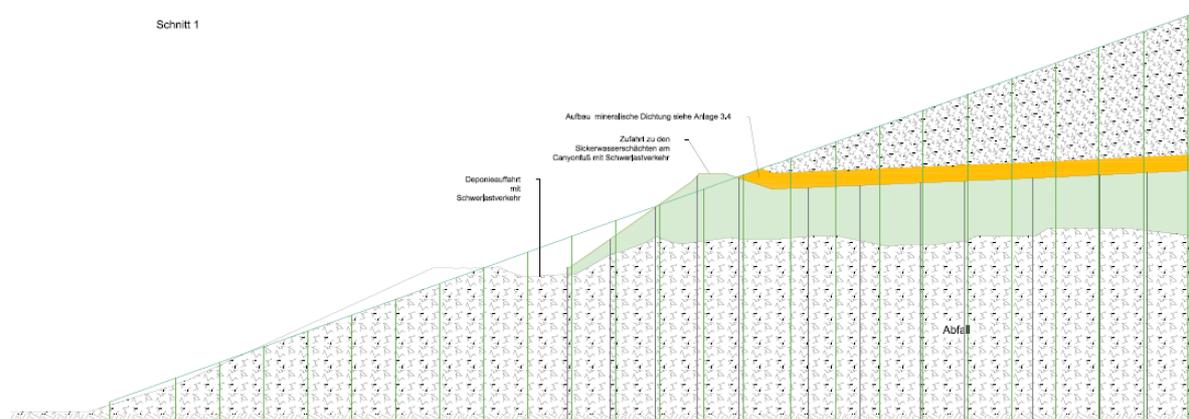


Abbildung 1 Ausschnitt aus dem Bemessungsquerschnitt 1

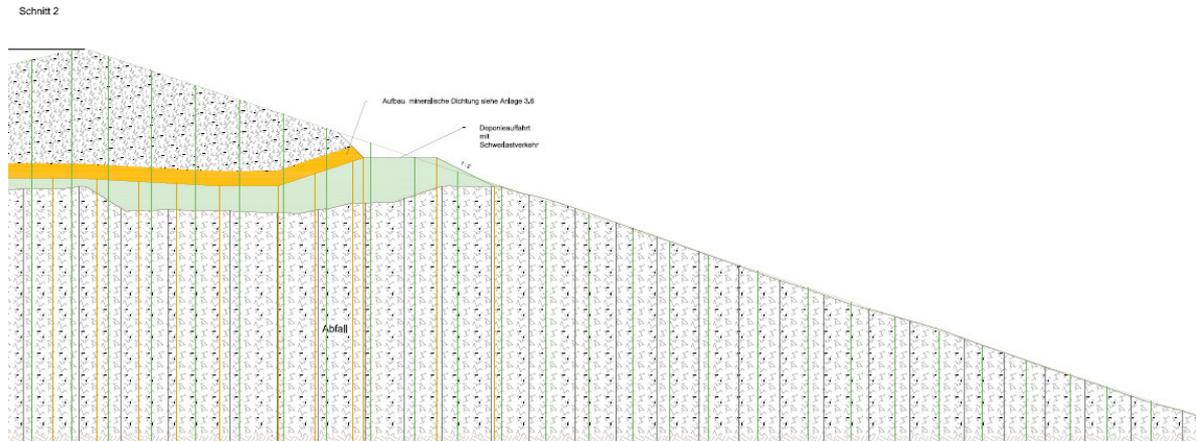


Abbildung 2 Ausschnitt aus dem Bemessungsquerschnitt 1

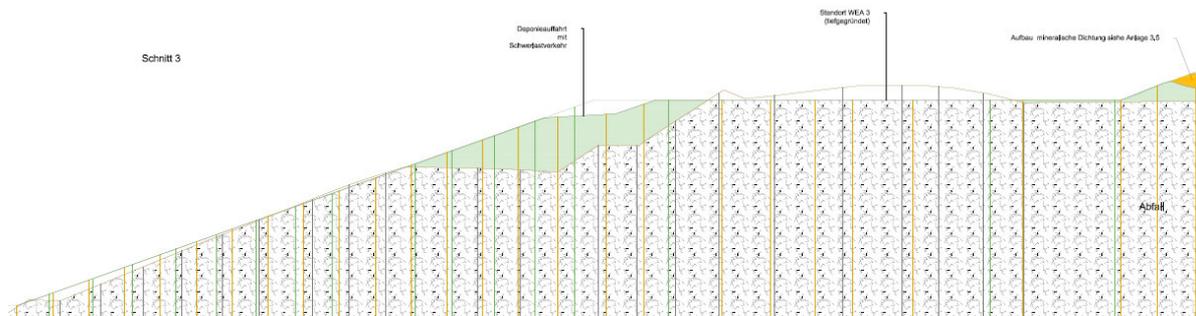


Abbildung 3 Ausschnitt aus dem Bemessungsquerschnitt 1

## 5. Nachweise gegen Geländebruch nach DIN 4084

### 5.1. Allgemeines

Die Geländebruchberechnungen wurden mit der Software GGU-Stability in der aktuellen Programmversion durchgeführt. Als Berechnungsverfahren wurde das Lamellenverfahren für kreisförmige Gleitflächen nach Bishop sowie für die innere Standsicherheit die Blockgleitmethode gewählt.

### 5.2. Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse der durchgeführten Geländebruchberechnungen mit kreisförmigen Gleitflächen nach Bishop für die in Kapitel 5.2 beschriebenen Bauzustände sind den Anlagen A bis D zu entnehmen. Eine zusammenfassende Übersicht der berechneten Ausnutzungsgrade ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Auslastungsgrade der Konstruktion

Globale Standsicherheit			
	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3
Böschungsneigung [°]	ca. 35°	ca. 35°	ca. 35°
Umschlaglänge [m]	1,00	0,65	-
Gitterlänge	5,00	3,04	-
Lagenabstand [m]	0,80	0,80	-
Gleiten	0,03	0,03	-
Kippen	$e < b/6$	$e < b/6$	-
Grundbruch	0,16	0,16	-
Gleitkreisberechnung	0,96	0,64	0,66
Bewehrungslagen geschnitten			
Zweikörperbruchmechanismus	0,69	0,71	-

## 6. Nachweis in der Grenzfläche Bewehrungslage und Deichkörper

Für die Standsicherheit der Konstruktion ist zusätzlich die Standsicherheit auf der Abdichtungsschicht nachzuweisen. Hierzu ist der Auslastungsgrad  $\mu$  in der Freiliegephase und im Bauzustand nachzuweisen.

Die ermittelten Ausnutzungsgrade sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Auslastungsgrade der Konstruktion in der Grenzfläche

Globale Standsicherheit			
	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3
	$\mu$	$\mu$	$\mu$
Bauzustand BS-T	0,48	0,81	0,48
Freiliegephase	0,34	0,58	0,34

## 7. Zusammenfassung

Die geotechnische Ingenieurgesellschaft UNDERyourfeet wurde beauftragt die Standsicherheit für die Blocklanddeponie in Bremen durchzuführen. Die Ergebnisse sollen für die Ausschreibung der Bauleistung verwendet werden.

Die Nachweise wurden für drei vom Auftraggeber vorgegebene Bemessungsquerschnitt unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Bauzuständen durchgeführt. Für die Bemessungsquerschnitte wurde eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen.

UNDERyourfeet

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH



Dr.-Ing. Florian Bussert

### Anlagen

- Anlage A: Standsicherheitsberechnungen Böschungsbereich 1 (Anlage 6.4)
  - Anlage B: Standsicherheitsberechnungen Böschungsbereich 2 (Anlage 6.5)
  - Anlage C: Standsicherheitsberechnungen Böschungsbereich 3 (Anlage 6.6)
  - Anlage D: Standsicherheitsberechnungen der Abdichtung (Anlage 6.4)
  - Anlage E: Standsicherheitsberechnungen der Abdichtung (Anlage 6.5)
  - Anlage F: Standsicherheitsberechnungen der Abdichtung (Anlage 6.6)
-



Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Starrkörperbruchmechanismen

Parameterliste

$\varphi$  [°] = Reibungswinkel

c [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte

$\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad

dTh [kN/m] = erforderliche horizontale Zusatzkraft, um für "eta bzw  $\mu = 1.0$ " das Krafteck zu schliessen

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.35
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	3.000	2	14.991	3.000	3	62.139	20.000	4	72.750	20.000	5	89.000	31.620
6	94.295	31.400	7	155.930	53.710	8	256.675	57.230						

Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien berücksichtigt.

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_k$	$c_k$	$\gamma_k$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	35.00	0.00	19.00	Füllmaterial
2	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_d$	$c_d$	$\gamma_d$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	29.26	0.00	19.00	Füllmaterial
2	27.01	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	72.000	20.000	79.500	20.000	1
2	79.500	20.000	94.295	31.400	1
3	-50.000	0.000	256.695	0.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.000	2	256.695	1.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	62.14	72.75	20.00
2	33.30	33.30	89.00	94.30	31.50

Geosynthetics

Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.

Haftspannung f berechnet mit:

$$f = \mu \cdot \tan(\varphi) \cdot \sigma'$$

$\mu$  [-] = Abminderungsfaktor der Reibung zwischen Boden und Geosynthetic

$\sigma'$  [kN/m<sup>2</sup>] = effektive Spannung

R0 [kN/m] = Bemessungskraft am Anschluss

R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Rückschlag oben [m]: 0.300

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	L0	R0	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[kN/m]	[kN/m]
1	72.75	20.00	79.25	20.00	0.800	1.00	5.44	16.20
2	73.87	20.80	80.37	20.80	0.800	1.00	5.44	16.20

3	74.99	21.60	81.49	21.60	0.800	1.00	5.44	16.20
4	76.11	22.40	81.11	22.40	0.800	1.00	5.44	16.20
5	77.23	23.20	82.23	23.20	0.800	1.00	5.44	16.20
6	78.34	24.00	83.34	24.00	0.800	1.00	5.44	16.20
7	79.46	24.80	84.46	24.80	0.800	1.00	5.44	16.20
8	80.58	25.60	85.58	25.60	0.800	1.00	5.44	16.20
9	81.70	26.40	86.70	26.40	0.800	1.00	5.44	16.20
10	82.82	27.20	87.82	27.20	0.800	1.00	5.44	16.20
11	83.94	28.00	88.94	28.00	0.800	1.00	5.44	16.20
12	85.06	28.80	90.06	28.80	0.800	1.00	5.44	16.20
13	86.18	29.60	91.18	29.60	0.800	1.00	5.44	16.20
14	87.29	30.40	92.29	30.40	0.800	1.00	4.46	16.20
15	88.41	31.20	93.41	31.20	0.800	1.00	3.50	16.20

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00  
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Wand

Abmessungen

unten: x = 72.750 y = 20.000 m

Länge = 19.977 m Neigung = 35.57 °

Grunddaten

H,k,g+q = Erddruck = 10.15 kN/m

H,k,g = Erddruck = 9.61 kN/m

Neigung Hinterkante Wand = 46.50 °

Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel  $\varphi$  = 0.667

Abmind. Erddruck wg. Neigung Hinterkante Wand und delta = 0.082

V,k,g+q = 982.45 kN/m

V,k,g = 922.66 kN/m

Momente um Mittelpunkt Wandsohle:

M,k,g+q (aus H-Kräften) = 15.73 kN\*m/m

M,k,g (aus H-Kräften) = 14.88 kN\*m/m

M,k,g+q (aus V-Kräften) = -6062.91 kN\*m/m

M,k,g (aus V-Kräften) = -5231.99 kN\*m/m

b = 6.50 m

$\varphi_k$  = 32.5 °

Gleitsicherheit

$\gamma$  (Gleit) = 1.10

$\mu$ ,g+q (Gleit) = 0.03

$\mu$ ,g (Gleit) = 0.03

$\varphi_k$  = 27.0 ° (Geosynthetic in Gleitfuge)

Kippsicherheit

Exzentrizität e,g+q / e,g = -6.155 / -5.654 m

zul e,g+q = 2.167 m = b/3 / zul e,g = 1.083 m = b/6

Exzentrizität e,g+q > b/3 aber Wand kippt nach hinten

Exzentrizität e,g > b/6 aber Wand kippt nach hinten

Grundbruchsicherheit

für ebenes Gelände

$\varphi_k$  = 32.5 °

$c_k$  = 0.0 kN/m<sup>2</sup>

$\gamma_{2,k}$  = 19.0 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma$  (Grundbruch) = 1.40

$\mu$ ,g+q (Grundbruch) = 0.16

$\mu$ ,g (Grundbruch) = 0.15

Maximale Kräfte: Geosynthetics

Nr	Tiefe	L	$\mu$	R0	E(N,d)	eta	GK-Nr	E(E,d)	max.E,d	R,d
[-]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
15	31.20	5.00	0.80	3.50	13.56	-	1466	-	13.56	16.20
14	30.40	5.00	0.80	4.46	16.20	-	1	-	16.20	16.20
13	29.60	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
12	28.80	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
11	28.00	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
10	27.20	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
9	26.40	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
8	25.60	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20

7	24.80	5.00	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
6	24.00	5.00	0.80	5.44	16.20	-	2	-	16.20	16.20
5	23.20	5.00	0.80	5.44	16.20	-	2	-	16.20	16.20
4	22.40	5.00	0.80	5.44	16.20	-	3	-	16.20	16.20
3	21.60	6.50	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
2	20.80	6.50	0.80	5.44	16.20	-	1	-	16.20	16.20
1	20.00	6.50	0.80	5.44	-	16.20				

E(N,d) = Kraft aus Bruchmechanismus

E(E,d) = Erddruck auf Außenhaut

RAi,d = Herauszieh Widerstand Außenhaut

eta.g = Anpassungsfaktor E(E,d)

Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel  $\varphi = 0.667$

E(E,d)/2 wegen Rückschlag

$$f = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

### Ergebnisse

Nr	$\mu$	dTh( $\mu = 1.0$ )	Lamellen
[-]	[-]	[kN/m]	[-]
49	0.693	119.190	28

Koordinaten (Gleitkörper 49)

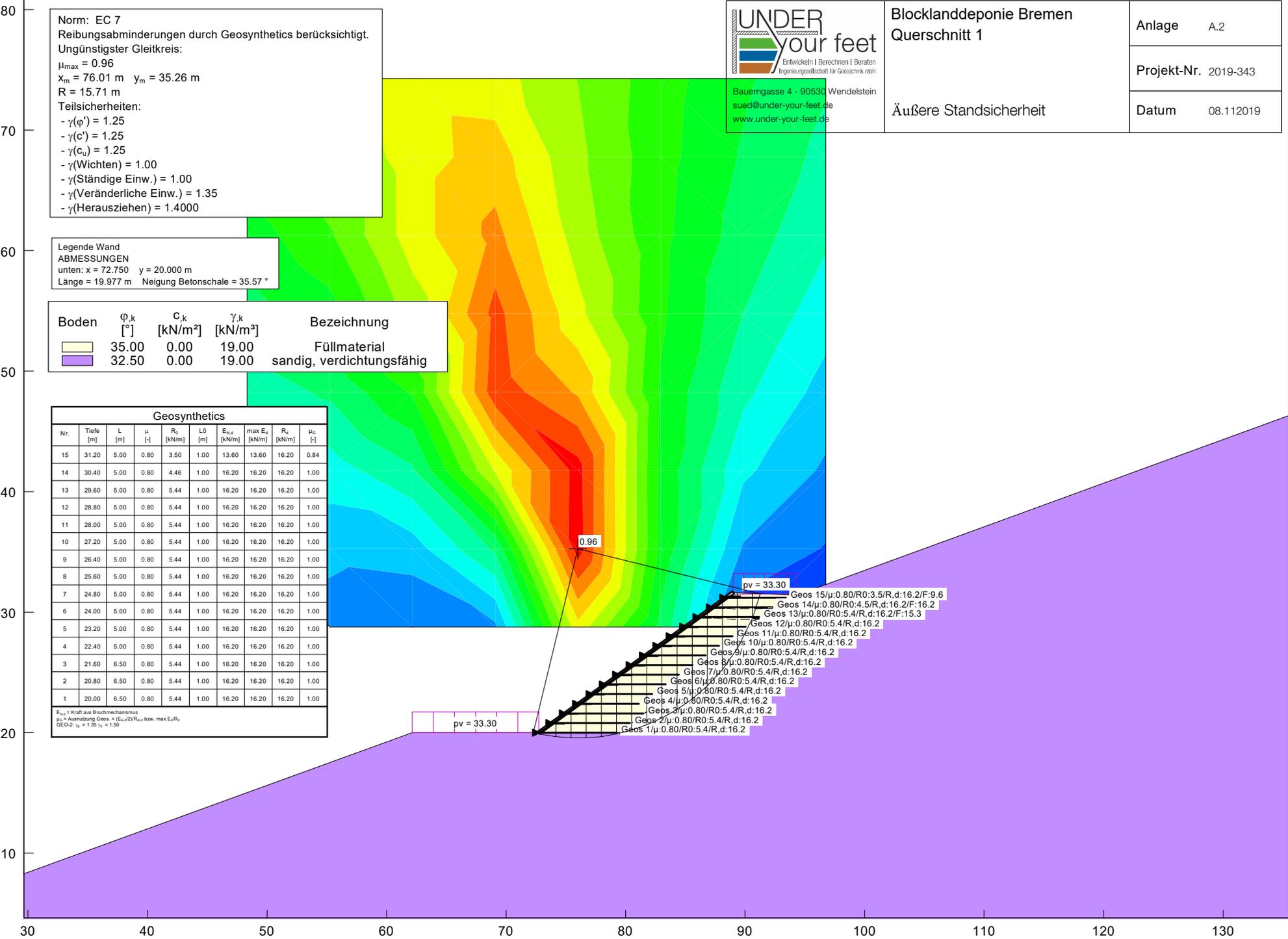
Nr.	x [m]	y [m]	xzw [m]	yzw [m]	Nr.	x [m]	y [m]	xzw [m]	yzw [m]
1	72.750	20.000	-	-	2	81.488	21.600	78.778	24.310
3	91.408	31.520	-	-					

Ungünstigster Gleitkörper 49

Nr	$\mu$	dTh( $\mu = 1.0$ )	Lamellen
[-]	[-]	[kN*m/m]	[-]
49	0.693	119.190	28

Koordinaten (Gleitkörper 49)

Nr	x[m]	y[m]	xzw[m]	yzw[m]	Nr	x[m]	y[m]	xzw[m]	yzw[m]
1	72.750	20.000	-	-	2	81.488	21.600	78.778	24.310
3	91.408	31.520	-	-					



Norm: EC 7  
 Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.96$   
 $x_m = 76.01\text{ m}$   $y_m = 35.26\text{ m}$   
 $R = 15.71\text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.35$   
 -  $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.4000$

Legende Wand  
 ABMESSUNGEN  
 unten:  $x = 72.750$   $y = 20.000\text{ m}$   
 Länge = 19.977 m Neigung Betonschale = 35.57°

Boden	$\phi, k$ [°]	$C, k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma, k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	35.00	0.00	19.00	Füllmaterial
	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Geosynthetics									
Nr.	Tiefe [m]	L [m]	$\mu$ [-]	$R_k$ [kN/m]	$L_0$ [m]	$E_{s,1}$ [kN/m]	max $E_2$ [kN/m]	$R_k$ [kN/m]	$\mu_k$ [-]
15	31.20	5.00	0.80	3.50	1.00	13.60	13.60	16.20	0.84
14	30.40	5.00	0.80	4.46	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
13	29.60	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
12	28.80	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
11	28.00	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
10	27.20	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
9	26.40	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
8	25.60	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
7	24.80	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
6	24.00	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
5	23.20	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
4	22.40	5.00	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
3	21.60	6.50	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
2	20.80	6.50	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
1	20.00	6.50	0.80	5.44	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00

$E_{s,1}$  = Kraft aus Bruchmechanismus  
 $\mu_k$  = Ausnutzung Geos =  $(E_{s,1}/R_k) \cdot \mu$  bzw. max  $E_2/R_k$   
 GEO-2:  $\mu_1 = 1.35$   $\mu_2 = 1.50$

**UNDER your feet**  
 Entwickeln | Berechnen | Beraten  
 Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH  
 Bauerngasse 4 - 90530 Wendelstein  
 sued@under-your-feet.de  
 www.under-your-feet.de

Blocklanddeponie Bremen  
 Querschnitt 1  
 Anlage A.2  
 Projekt-Nr. 2019-343  
 Datum 08.11.2019  
 Äußere Standsicherheit



Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

$\varphi$  [°] = Reibungswinkel  
 $c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion  
 $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte  
 $\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad  
 $x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes  
 $rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.35$
- $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.4000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	3.000	2	14.991	3.000	3	62.139	20.000	4	72.750	20.000	5	89.000	31.620
6	94.295	31.400	7	155.930	53.710	8	256.675	57.230						

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_k$	$c_k$	$\gamma_k$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	35.00	0.00	19.00	Füllmaterial
2	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_d$	$c_d$	$\gamma_d$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	29.26	0.00	19.00	Füllmaterial
2	27.01	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	72.000	20.000	79.500	20.000	1
2	79.500	20.000	94.295	31.400	1
3	-50.000	0.000	256.695	0.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.000	2	256.695	1.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	62.14	72.75	20.00
2	33.30	33.30	89.00	94.30	31.50

Geosynthetics

Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.

Haftspannung  $f$  berechnet mit:

$$f = \mu \cdot \tan(\varphi) \cdot \sigma'$$

$\mu$  [-] = Abminderungsfaktor der Reibung zwischen Boden und Geosynthetic

$\sigma'$  [kN/m<sup>2</sup>] = effektive Spannung

$R_0$  [kN/m] = Bemessungskraft am Anschluss

$R_d$  [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Rückschlag oben [m]: 0.300

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	L0	R0	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[kN/m]	[kN/m]
1	72.75	20.00	79.25	20.00	0.800	1.00	5.44	16.20
2	73.87	20.80	80.37	20.80	0.800	1.00	5.44	16.20
3	74.99	21.60	81.49	21.60	0.800	1.00	5.44	16.20

4	76.11	22.40	81.11	22.40	0.800	1.00	5.44	16.20
5	77.23	23.20	82.23	23.20	0.800	1.00	5.44	16.20
6	78.34	24.00	83.34	24.00	0.800	1.00	5.44	16.20
7	79.46	24.80	84.46	24.80	0.800	1.00	5.44	16.20
8	80.58	25.60	85.58	25.60	0.800	1.00	5.44	16.20
9	81.70	26.40	86.70	26.40	0.800	1.00	5.44	16.20
10	82.82	27.20	87.82	27.20	0.800	1.00	5.44	16.20
11	83.94	28.00	88.94	28.00	0.800	1.00	5.44	16.20
12	85.06	28.80	90.06	28.80	0.800	1.00	5.44	16.20
13	86.18	29.60	91.18	29.60	0.800	1.00	5.44	16.20
14	87.29	30.40	92.29	30.40	0.800	1.00	4.46	16.20
15	88.41	31.20	93.41	31.20	0.800	1.00	3.50	16.20

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00  
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Wand

Abmessungen

unten: x = 72.750 y = 20.000 m

Länge = 19.977 m Neigung = 35.57 °

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 78.3618 20.8268

x / y (Ende ): 81.0034 17.3781

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	$\mu$	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
34	76.0052	35.2592	15.7079	15	0.9607	12560.399	13074.354	13074.4	0.0	12560.4	0.0



Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Starrkörperbruchmechanismen

Parameterliste

$\varphi$  [°] = Reibungswinkel

c [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte

$\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad

dTh [kN/m] = erforderliche horizontale Zusatzkraft, um für "eta bzw  $\mu = 1.0$ " das Krafteck zu schliessen

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.35
- gam(Herausziehen) = 1.4000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y												
[-]	[m]	[m]												
1	-50.000	3.000	2	0.000	3.000	3	99.800	36.000	4	107.800	40.000	5	117.800	40.000
6	121.000	43.500	7	166.400	54.600	8	170.000	52.000						

Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien berücksichtigt.

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_k$	$c_k$	$\gamma_k$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	35.00	0.00	19.00	Füllmaterial
2	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_d$	$c_d$	$\gamma_d$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	29.26	0.00	19.00	Füllmaterial
2	27.01	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	99.800	36.000	108.000	36.000	1
2	108.000	36.000	117.800	40.000	1
3	117.800	40.000	122.300	40.000	1
4	122.300	40.000	126.960	44.957	1
5	-50.000	0.000	170.000	0.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.000	2	170.000	1.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	107.80	117.80	40.00

Geosynthetics

Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.

Haftspannung f berechnet mit:

$$f = \mu \cdot \tan(\varphi) \cdot \sigma'$$

$\mu$  [-] = Abminderungsfaktor der Reibung zwischen Boden und Geosynthetic

$\sigma'$  [kN/m<sup>2</sup>] = effektive Spannung

R0 [kN/m] = Bemessungskraft am Anschluss

R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Rückschlag oben [m]: 0.300

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	L0	R0	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[kN/m]	[kN/m]
1	99.80	36.00	104.80	36.00	0.800	1.00	3.80	16.20

2	101.40	36.80	106.40	36.80	0.800	1.00	3.80	16.20
3	103.00	37.60	108.00	37.60	0.800	1.00	3.80	16.20
4	104.60	38.40	109.60	38.40	0.800	1.00	3.80	16.20
5	106.20	39.20	111.20	39.20	0.800	1.00	3.19	16.20
6	117.80	40.00	120.80	40.00	0.800	1.00	8.32	16.20
7	118.53	40.80	121.53	40.80	0.800	1.00	8.32	16.20
8	119.26	41.60	122.26	41.60	0.800	0.87	6.28	16.20
9	119.99	42.40	122.99	42.40	0.800	0.27	0.63	16.20
10	120.73	43.20	123.73	43.20	0.800	0.14	0.16	16.20

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00  
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Wand

Abmessungen

Kante 1:

unten: x = 99.800 y = 36.000 m

Länge = 8.944 m Neigung = 26.57 °

Kante 2:

unten: x = 117.800 y = 40.000 m

Länge = 4.742 m Neigung = 47.56 °

Maximale Kräfte: Geosynthetics

Nr	Tiefe	L	$\mu$	R0	E(N,d)	eta	GK-Nr	E(E,d)	max.E,d	R,d
[-]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
10	43.20	3.00	0.80	0.16	13.38	-	260	-	13.38	16.20
9	42.40	3.00	0.80	0.63	16.20	-	243	-	16.20	16.20
8	41.60	3.00	0.80	6.28	16.20	-	244	-	16.20	16.20
7	40.80	3.00	0.80	8.32	16.20	-	245	-	16.20	16.20
6	40.00	3.00	0.80	8.32	16.20	-	241	-	16.20	16.20
5	39.20	5.00	0.80	3.19	16.20	-	17	-	16.20	16.20
4	38.40	5.00	0.80	3.80	16.20	-	1	-	16.20	16.20
3	37.60	5.00	0.80	3.80	16.20	-	1	-	16.20	16.20
2	36.80	5.00	0.80	3.80	16.20	-	1	-	16.20	16.20
1	36.00	5.00	0.80	3.80	-	16.20				

E(N,d) = Kraft aus Bruchmechanismus

E(E,d) = Erddruck auf Außenhaut

RAi,d = Herauszieh Widerstand Außenhaut

eta,g = Anpassungsfaktor E(E,d)

Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel  $\phi$  = 0.667

E(E,d)/2 wegen Rückschlag

$$f = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Ergebnisse

Nr	$\mu$	dTh( $\mu = 1.0$ )	Lamellen
[-]	[-]	[kN/m]	[-]
273	0.710	30.222	27

Koordinaten (Gleitkörper 273)

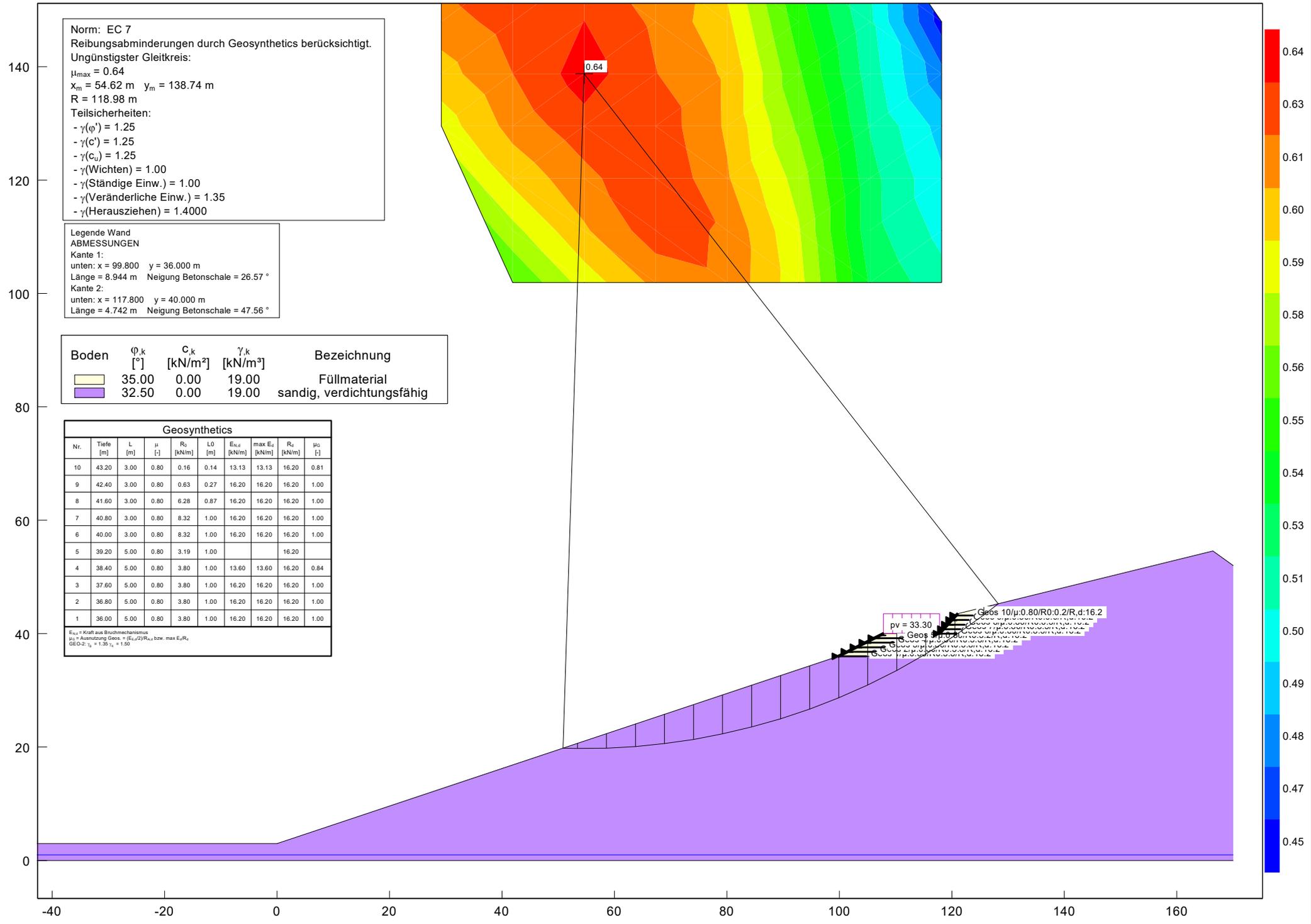
Nr.	x [m]	y [m]	xzw [m]	yzw [m]	Nr.	x [m]	y [m]	xzw [m]	yzw [m]
1	118.074	40.300	-	-	2	121.531	40.800	119.964	42.367
3	125.277	44.546	-	-					

Ungünstigster Gleitkörper 273

Nr	$\mu$	dTh( $\mu = 1.0$ )	Lamellen
[-]	[-]	[kN*m/m]	[-]
273	0.710	30.222	27

Koordinaten (Gleitkörper 273)

Nr	x[m]	y[m]	xzw[m]	yzw[m]	Nr	x[m]	y[m]	xzw[m]	yzw[m]
1	118.074	40.300	-	-	2	121.531	40.800	119.964	42.367
3	125.277	44.546	-	-					



Norm: EC 7  
 Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.64$   
 $x_m = 54.62 \text{ m}$   $y_m = 138.74 \text{ m}$   
 $R = 118.98 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.35$   
 -  $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.4000$

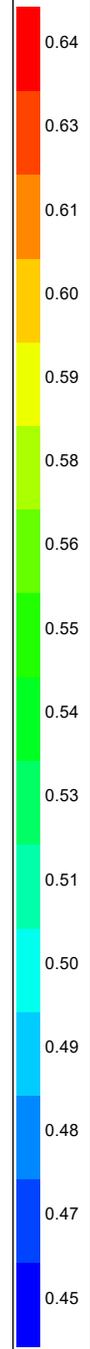
Legende Wand  
 ABMESSUNGEN  
 Kante 1:  
 unten:  $x = 99.800$   $y = 36.000 \text{ m}$   
 Länge = 8.944 m Neigung Betonschale = 26.57°  
 Kante 2:  
 unten:  $x = 117.800$   $y = 40.000 \text{ m}$   
 Länge = 4.742 m Neigung Betonschale = 47.56°

Boden	$\phi, k$ [°]	$c, k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma, k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	35.00	0.00	19.00	Füllmaterial
	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Geosynthetics									
Nr.	Tiefe [m]	L [m]	$\mu$ [-]	$R_0$ [kN/m]	$L_0$ [m]	$E_{t,k}$ [kN/m]	max $E_s$ [kN/m]	$R_d$ [kN/m]	$\mu_0$ [-]
10	43.20	3.00	0.80	0.16	0.14	13.13	13.13	16.20	0.81
9	42.40	3.00	0.80	0.63	0.27	16.20	16.20	16.20	1.00
8	41.60	3.00	0.80	6.28	0.87	16.20	16.20	16.20	1.00
7	40.80	3.00	0.80	8.32	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
6	40.00	3.00	0.80	8.32	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
5	39.20	5.00	0.80	3.19	1.00			16.20	
4	38.40	5.00	0.80	3.80	1.00	13.60	13.60	16.20	0.84
3	37.60	5.00	0.80	3.80	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
2	36.80	5.00	0.80	3.80	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00
1	36.00	5.00	0.80	3.80	1.00	16.20	16.20	16.20	1.00

$E_{t,k}$  = Kraft aus Bruchmechanismus  
 $\mu_0$  = Anhaftung Geotextil =  $(E_{t,k}/R_d)/R_{d,0}$  bzw. max  $E_t/R_d$   
 GEO-2:  $\mu_0 = 1.35$   $\mu_0 = 1.50$

pv = 33.30  
 Geos 10/ $\mu:0.80/R_0:0.2/R_d:16.2$   
 Geos 5/ $\mu:0.80/R_0:0.2/R_d:16.2$



Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

$\varphi$  [°] = Reibungswinkel  
 $c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion  
 $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte  
 $\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad  
 $x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes  
 $rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.35$
- $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.4000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y												
[-]	[m]	[m]												
1	-50.000	3.000	2	0.000	3.000	3	99.800	36.000	4	107.800	40.000	5	117.800	40.000
6	121.000	43.500	7	166.400	54.600	8	170.000	52.000						

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_k$	$c_k$	$\gamma_k$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	35.00	0.00	19.00	Füllmaterial
2	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_d$	$c_d$	$\gamma_d$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	29.26	0.00	19.00	Füllmaterial
2	27.01	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	99.800	36.000	108.000	36.000	1
2	108.000	36.000	117.800	40.000	1
3	117.800	40.000	122.300	40.000	1
4	122.300	40.000	126.960	44.957	1
5	-50.000	0.000	170.000	0.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.000	2	170.000	1.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	107.80	117.80	40.00

Geosynthetics

Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.

Haftspannung  $f$  berechnet mit:

$$f = \mu \cdot \tan(\varphi) \cdot \sigma'$$

$\mu$  [-] = Abminderungsfaktor der Reibung zwischen Boden und Geosynthetic

$\sigma'$  [kN/m<sup>2</sup>] = effektive Spannung

$R_0$  [kN/m] = Bemessungskraft am Anschluss

$R_d$  [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Rückschlag oben [m]: 0.300

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	L0	R0	R,d
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[kN/m]	[kN/m]
1	99.80	36.00	104.80	36.00	0.800	1.00	3.80	16.20
2	101.40	36.80	106.40	36.80	0.800	1.00	3.80	16.20

3	103.00	37.60	108.00	37.60	0.800	1.00	3.80	16.20
4	104.60	38.40	109.60	38.40	0.800	1.00	3.80	16.20
5	106.20	39.20	111.20	39.20	0.800	1.00	3.19	16.20
6	117.80	40.00	120.80	40.00	0.800	1.00	8.32	16.20
7	118.53	40.80	121.53	40.80	0.800	1.00	8.32	16.20
8	119.26	41.60	122.26	41.60	0.800	0.87	6.28	16.20
9	119.99	42.40	122.99	42.40	0.800	0.27	0.63	16.20
10	120.73	43.20	123.73	43.20	0.800	0.14	0.16	16.20

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Wand

Abmessungen

Kante 1:

unten: x = 99.800 y = 36.000 m

Länge = 8.944 m Neigung = 26.57 °

Kante 2:

unten: x = 117.800 y = 40.000 m

Länge = 4.742 m Neigung = 47.56 °

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

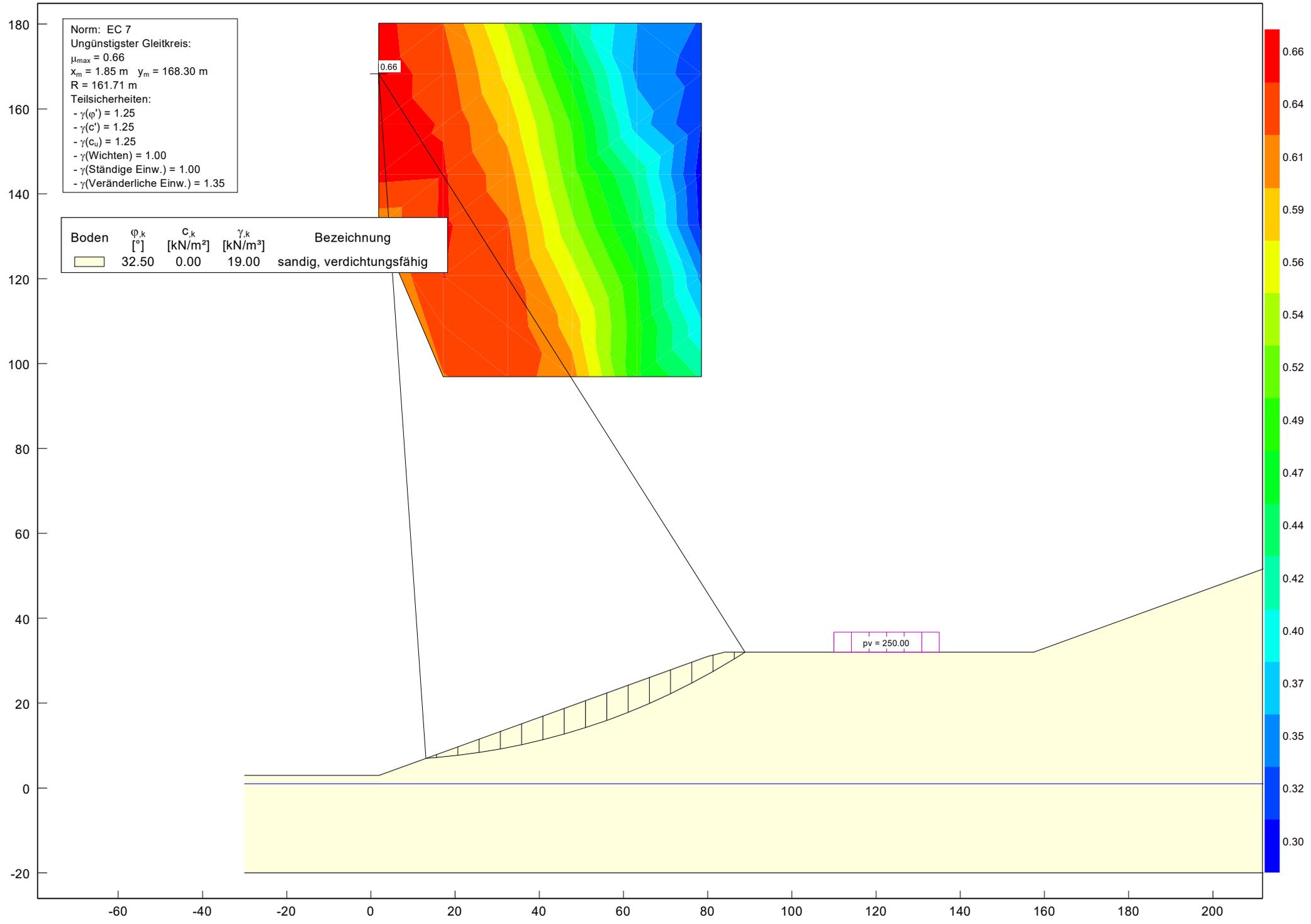
x / y (Anfang): 118.5594 39.0708

x / y (Ende ): 124.0145 33.5354

Anzahl Radien = 40

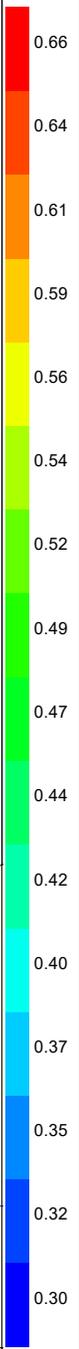
Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	$\mu$	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
21	54.6190	138.7358	118.9834	15	0.6378	301319.557	472400.076	472400.1	0.0	301319.6	0.0



Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.66$   
 $x_m = 1.85 \text{ m}$   $y_m = 168.30 \text{ m}$   
 $R = 161.71 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\varphi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.35$

Boden	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig



0.66

pv = 250.00

Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

$\varphi$  [°] = Reibungswinkel  
 $c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion  
 $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte  
 $\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad  
 $x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes  
 $rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.35$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-30.000	3.000	2	2.000	3.000	3	80.000	31.000	4	84.000	32.000	5	157.400	32.000
6	220.000	54.500	7	263.910	57.210									

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_k$	$c_k$	$\gamma_k$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	32.50	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_d$	$c_d$	$\gamma_d$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	
1	27.01	0.00	19.00	sandig, verdichtungsfähig

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-30.000	-20.000	263.910	-20.000	1

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-30.000	1.000	2	263.910	1.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]
1	250.00	250.00	110.00	135.00	32.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 83.7714 28.8745

x / y (Ende): 107.0088 -7.6414

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	$x_m$	$y_m$	Radius	Lamellen	$\mu$	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
23	1.8477	168.2989	161.7117	15	0.6604	338615.282	512779.361	512779.4	0.0	338615.3	0.0

Standsicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

## Bemessung der Standsicherheit im Bauzustand BS-T (GEO-3)

### Grunddaten:

Böschungsneigung:	$\beta =$	2,60 °	1 : n = 1 : 22
Böschungslänge:	$l =$	186,00 m	
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	0,30 m	
	$d_2 =$	0,70 m	
	$d_{ges.} =$	1,00 m	
	Bodenwichte:	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Aufstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m	
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>	
Gewicht des Baggers:	$G_R =$	273,00 kN	
Länge der Baggerkette:	$l_R =$	3,65 m	
Breite der Baggerkette	$b_R =$	0,6 m	
Baggergeschwindigkeit:	$v =$	0,5 m/s	
Zeit bis zum Stillstand:	$t =$	2,5 s	
Lastausbreitungswinkel:		30,00 °	
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	10,00 °	
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen	$\gamma_G =$	1,00 (ständig BS-T)
	Einwirkungen	$\gamma_Q =$	1,20 (vorübergehend BS-T)
	Widerstände	$\gamma_\delta / \gamma_a =$	1,15 (Scherfestigkeiten BS-T)

### a. Berechnung $\mu$ für den Einbau der min. Entwässerungsschicht

#### ● treibende Kräfte:

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = \gamma * \gamma_G * d_1 * \sin \beta = 0,259 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w * \gamma_Q * h_w * \sin \beta = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung des Baggers:

$$t_{Rd,s} = (G_R / A) * \gamma_Q * \sin \beta = 2,031 \text{ kN/m}^2$$

mit:  $A = (2 * l_R * b_R) + [4 * d_1 * \tan 30^\circ * (l_R + b_R)] =$ 

$$7,324 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung des Baggers:

$$t_{Rd,d} = ((G_R / g) * a_v) * \gamma_Q / A = 0,895 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit: } a_v = v / t = 0,200 \text{ m/s}^2$$

#### ● Widerstände:

Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = \gamma * d_1 * \cos \beta * \tan \delta_k / \gamma_\delta + a_k / \gamma_a = 0,873 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus der stat. Belast. des Baggers:

$$t_{Rd,h} = (G_R / A) * \cos \beta * \tan \delta_k / \gamma_\delta = 5,709 \text{ kN/m}^2$$

Anlage [D] - 1:n = 1:22

Standssicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

● **Berechnung des Verhältnisses  $\kappa$  :**

$$\kappa = ((t_{B,d} + s_{w,d}) * l) / (t_{f,d} * l) = 0,296$$

$$\kappa < 1,0$$

● **Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$  für d<sub>1</sub> :**

$$\mu = ((t_{B,d} + s_{w,d}) * l_R + (t_{Rd,s} + t_{Rd,d}) * l_R) / (t_{f,d} * l_R + t_{Rd,h} * l_R) = 0,48$$

$$\mu < 1,0$$

Die Auslastung für d<sub>1</sub> wird eingehalten!



## ***Bemessung der Standsicherheit, Freiliegephase BS-T (GEO-3)***

### **Grunddaten zur Bemessung nach GEO-3**

Böschungneigung:	$\beta =$	2,60 °	1 : n = 1 : 22
Böschungslänge:	$l =$	186,00 m	
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	0,30 m	
	$d_2 =$	0,70 m	
	$d_{ges.} =$	0,70 m	
Schneelast:	$s =$	0,85 kN/m <sup>2</sup>	
Bodenwichte:	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>	
Aufstauhöhe:	$h_w =$	0,15 m	
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>	
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	10,00 °	
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G =$	1,00 (ständig BS-T)	
	Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q =$	1,20 (vorübergehend BS-T)	
	Widerstände $\gamma_\delta / \gamma_a =$	1,15 (Scherfestigkeiten BS-T)	

### **Berechnung $\mu$ für die Freiliegephase**

#### ● **Einwirkungen:**

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = \gamma * \gamma_G * d_{ges.} * \sin \beta = 0,604 \text{ kN/m}^2$$

Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s * \gamma_Q * \sin \beta = 0,046 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w * \gamma_Q * h_w * \sin \beta = 0,082 \text{ kN/m}^2$$

#### ● **Widerstände:**

Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = \gamma * d_{ges.} * \cos \beta * (\tan \delta_k / \gamma_\delta + a_k / \gamma_a) = 2,037 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = s * \cos \beta * (\tan \delta_k) / \gamma_\delta = 0,130 \text{ kN/m}^2$$

#### ● **Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :**

$$\mu = ((t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) * l) / ((t_{f,d} + t_{S,h,d}) * l) = 0,34 < 1,0$$

Der zulässige Auslastungsgrad wird eingehalten!

✓

Anlage [E] - 1:n = 1:3

Seite 1 / 3

Standsicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

## ***Bemessung der Standsicherheit im Bauzustand BS-T (GEO-3)***

### **Grunddaten:**

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °	1 : n = 1 : 3
Böschungslänge:	$l =$	13,00 m	
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	0,30 m	
	$d_2 =$	0,70 m	
	$d_{ges.} =$	1,00 m	
	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>	
Bodenwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>	
Aufstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m	
Wasserwichte:	$G_R =$	273,00 kN	
Gewicht des Baggers:	$l_R =$	3,65 m	
Länge der Baggerkette:	$b_R =$	0,6 m	
Breite der Baggerkette:	$v =$	0,5 m/s	
Baggergeschwindigkeit:	$t =$	2,5 s	
Zeit bis zum Stillstand:		30,00 °	
Lastausbreitungswinkel:	$\delta_k =$	25,00 °	
Kontaktreibungswinkel:	$a_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>	
Adhäsion:	$\gamma_G =$	1,00 (ständig BS-T)	
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen	$\gamma_Q =$	1,20 (vorübergehend BS-T)
	Einwirkungen	$\gamma_\delta / \gamma_a =$	1,15 (Scherfestigkeiten BS-T)
	Widerstände		

### **a. Berechnung $\mu$ für den Einbau der min. Entwässerungsschicht**

#### ● **treibende Kräfte:**

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = \gamma * \gamma_G * d_1 * \sin \beta = 1,802 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w * \gamma_Q * h_w * \sin \beta = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung des Baggers:

$$t_{Rd,s} = (G_R / A) * \gamma_Q * \sin \beta = 14,144 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit: } A = (2 * l_R * b_R) + [4 * d_1 * \tan 30^\circ * (l_R + b_R)] = 7,324 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung des Baggers:

$$t_{Rd,d} = ((G_R / g) * a_v) * \gamma_Q / A = 0,895 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit: } a_v = v / t = 0,200 \text{ m/s}^2$$

#### ● **Widerstände:**

Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = \gamma * d_1 * \cos \beta * \tan \delta_k / \gamma_\delta + a_k / \gamma_a = 6,540 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus der stat. Belast. des Baggers:

$$t_{Rd,h} = (G_R / A) * \cos \beta * \tan \delta_k / \gamma_\delta = 14,338 \text{ kN/m}^2$$

Anlage [E] - 1:n = 1:3

Standsicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

● **Berechnung des Verhältnisses  $\kappa$  :**

$$\kappa = ((t_{B,d} + s_{w,d}) * l) / (t_{f,d} * l) = 0,276$$

$$\kappa < 1,0$$

● **Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$  für d<sub>1</sub> :**

$$\mu = ((t_{B,d} + s_{w,d}) * l_R + (t_{Rd,s} + t_{Rd,d}) * l_R) / (t_{f,d} * l_R + t_{Rd,h} * l_R) = 0,81$$

$$\mu < 1,0$$

Die Auslastung für d<sub>1</sub> wird eingehalten!



## Bemessung der Standsicherheit, Freiliegephase BS-T (GEO-3)

### Grunddaten zur Bemessung nach GEO-3

Böschungneigung:	$\beta =$	18,43 °	1 : n = 1 : 3
Böschungslänge:	$l =$	13,00 m	
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,00 m	
	$d_2 =$	0,70 m	
	$d_{ges.} =$	1,00 m	
Schneelast:	$s =$	0,85 kN/m <sup>2</sup>	
Bodenwichte:	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>	
Aufstauhöhe:	$h_w =$	0,15 m	
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>	
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	25,00 °	
Adhäsion:	$a_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G =$	1,00 (ständig BS-T)	
	Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q =$	1,20 (vorübergehend BS-T)	
	Widerstände $\gamma_\delta / \gamma_a =$	1,15 (Scherfestigkeiten BS-T)	

### Berechnung $\mu$ für die Freiliegephase

#### ● Einwirkungen:

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = \gamma * \gamma_G * d_{ges.} * \sin \beta = 6,008 \text{ kN/m}^2$$

Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s * \gamma_Q * \sin \beta = 0,323 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w * \gamma_Q * h_w * \sin \beta = 0,569 \text{ kN/m}^2$$

#### ● Widerstände:

Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = \gamma * d_{ges.} * \cos \beta * (\tan \delta_k / \gamma_\delta + a_k / \gamma_a) = 11,657 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = s * \cos \beta * (\tan \delta_k) / \gamma_\delta = 0,327 \text{ kN/m}^2$$

#### ● Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = ((t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) * l) / ((t_{f,d} + t_{S,h,d}) * l) = 0,58 < 1,0$$

Der zulässige Auslastungsgrad wird eingehalten!



Anlage [F] - 1:n = 1:22

Seite 1 / 3

Standsicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

## ***Bemessung der Standsicherheit im Bauzustand BS-T (GEO-3)***

### **Grunddaten:**

Böschungsneigung:	$\beta =$	2,60 °	1 : n = 1 : 22
Böschungslänge:	$l =$	150,00 m	
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	0,30 m	
	$d_2 =$	0,70 m	
	$d_{ges.} =$	1,00 m	
	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>	
Bodenwichte:	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>	
Aufstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m	
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>	
Gewicht des Baggers:	$G_R =$	273,00 kN	
Länge der Baggerkette:	$l_R =$	3,65 m	
Breite der Baggerkette	$b_R =$	0,6 m	
Baggergeschwindigkeit:	$v =$	0,5 m/s	
Zeit bis zum Stillstand:	$t =$	2,5 s	
Lastausbreitungswinkel:		30,00 °	
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	10,00 °	
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen	$\gamma_G =$	1,00 (ständig BS-T)
	Einwirkungen	$\gamma_Q =$	1,20 (vorübergehend BS-T)
	Widerstände	$\gamma_\delta / \gamma_a =$	1,15 (Scherfestigkeiten BS-T)

### **a. Berechnung $\mu$ für den Einbau der min. Entwässerungsschicht**

#### ● **treibende Kräfte:**

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = \gamma * \gamma_G * d_1 * \sin \beta = 0,259 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w * \gamma_Q * h_w * \sin \beta = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung des Baggers:

$$t_{Rd,s} = (G_R / A) * \gamma_Q * \sin \beta = 2,031 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit: } A = (2 * l_R * b_R) + [4 * d_1 * \tan 30^\circ * (l_R + b_R)] = 7,324 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung des Baggers:

$$t_{Rd,d} = ((G_R / g) * a_v) * \gamma_Q / A = 0,895 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit: } a_v = v / t = 0,200 \text{ m/s}^2$$

#### ● **Widerstände:**

Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = \gamma * d_1 * \cos \beta * \tan \delta_k / \gamma_\delta + a_k / \gamma_a = 0,873 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus der stat. Belast. des Baggers:

$$t_{Rd,h} = (G_R / A) * \cos \beta * \tan \delta_k / \gamma_\delta = 5,709 \text{ kN/m}^2$$

Standsicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

● **Berechnung des Verhältnisses  $\kappa$  :**

$$\kappa = ((t_{B,d} + s_{w,d}) * l) / (t_{f,d} * l) = 0,296$$

$$\kappa < 1,0$$

● **Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$  für  $d_1$  :**

$$\mu = ((t_{B,d} + s_{w,d}) * l_R + (t_{Rd,s} + t_{Rd,d}) * l_R) / (t_{f,d} * l_R + t_{Rd,h} * l_R) = 0,48$$

$$\mu < 1,0$$

Die Auslastung für  $d_1$  wird eingehalten!

Standsicherheit (BS-T)

Einbau min. Entwässerungsschicht (d = 0,30 m), Filterschicht (d = 0,20 m) und FSS (d = 0,50 m)

Deponie Blockland, Bremen

## ***Bemessung der Standsicherheit, Freiliegephase BS-T (GEO-3)***

### **Grunddaten zur Bemessung nach GEO-3**

Böschungneigung:	$\beta =$	2,60 °	1 : n = 1 : 22
Böschungslänge:	$l =$	150,00 m	
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	0,30 m	
	$d_2 =$	0,70 m	
	$d_{ges.} =$	0,70 m	
Schneelast:	$s =$	0,85 kN/m <sup>2</sup>	
Bodenwichte:	$\gamma =$	19,00 kN/m <sup>3</sup>	
Aufstauhöhe:	$h_w =$	0,15 m	
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>	
Kontaktreibungswinkel:	$\tilde{\delta}_k =$	10,00 °	
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G =$	1,00 (ständig BS-T)	
	Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q =$	1,20 (vorübergehend BS-T)	
	Widerstände $\gamma_\delta / \gamma_a =$	1,15 (Scherfestigkeiten BS-T)	

### **Berechnung $\mu$ für die Freiliegephase**

#### ● **Einwirkungen:**

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = \gamma * \gamma_G * d_{ges.} * \sin \beta = 0,604 \text{ kN/m}^2$$

Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s * \gamma_Q * \sin \beta = 0,046 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w * \gamma_Q * h_w * \sin \beta = 0,082 \text{ kN/m}^2$$

#### ● **Widerstände:**

Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = \gamma * d_{ges.} * \cos \beta * (\tan \tilde{\delta}_k / \gamma_\delta + a_k / \gamma_a) = 2,037 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = s * \cos \beta * (\tan \tilde{\delta}_k) / \gamma_\delta = 0,130 \text{ kN/m}^2$$

#### ● **Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :**

$$\mu = ((t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) * l) / ((t_{f,d} + t_{S,h,d}) * l) = 0,34 < 1,0$$

Der zulässige Auslastungsgrad wird eingehalten!

