



ANLAGE 5.2

Vorbemessung des Tragsystems (Säulen und Lastverteilungsschicht)



ANLAGE 5.2-1

BERECHNUNGSPROFIL 1

Anlage 5.2-1.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-1.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-1.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht

Projekt-Nr.: **2011-196**
 Aufgestellt: **Wi/Le**
 Datum: **30. September 2016**

A 26, Hamburg

Berechnung der Inneren Tragfähigkeit - Berechnungsprofil 1



Betonfestigkeitsklasse C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c [-]$$

mit

$$\alpha = 0,85$$

als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton

$$\gamma_c = 1,8$$

für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2

Auflasten		
	Dammschüttung	27,55 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	44,8 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	52 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	52 kN/m²
Summe Gesamtlast ständig und veränderlich		96,8 kN/m²

$$\text{Wichte} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$h = 1,45 \text{ m}$$

$$\text{Wichte} = 23 \text{ kN/m}^3$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Rasterfläche} \quad a [m] = 1,5 \quad b [m] = 1,5 \quad A = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Grundfläche Pfahl} \quad D [m] = 0,4 \quad A_{\text{Pfahl}} = 0,126 \text{ m}^2$$

$$\text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} \quad \gamma_{G+Q} = 1,524$$

$$\text{Charakteristische Auflast} \quad V_k = 217,8 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 218 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungs Auflast} \quad V_d = 331,9505 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 332 \text{ kN} \quad = 0,33 \text{ MN}$$

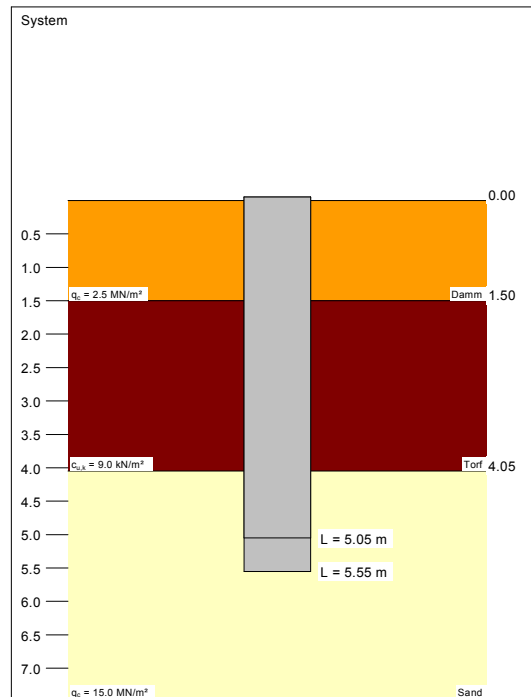
$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 2,64 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,22 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

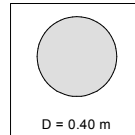
2011/196; A 26, Hamburg

Bemessung Verdrängungsbohrpfahl nach EA-Pfähle

Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 1



Boden	q _c [MN/m²]	c _{u,k} [kN/m²]	q _{b,k02} [MN/m²]	q _{b,k03} [MN/m²]	q _{b,k10} [MN/m²]	q _{s,k} [MN/m²]	Bezeichnung
Damm	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
Torf	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
Sand	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

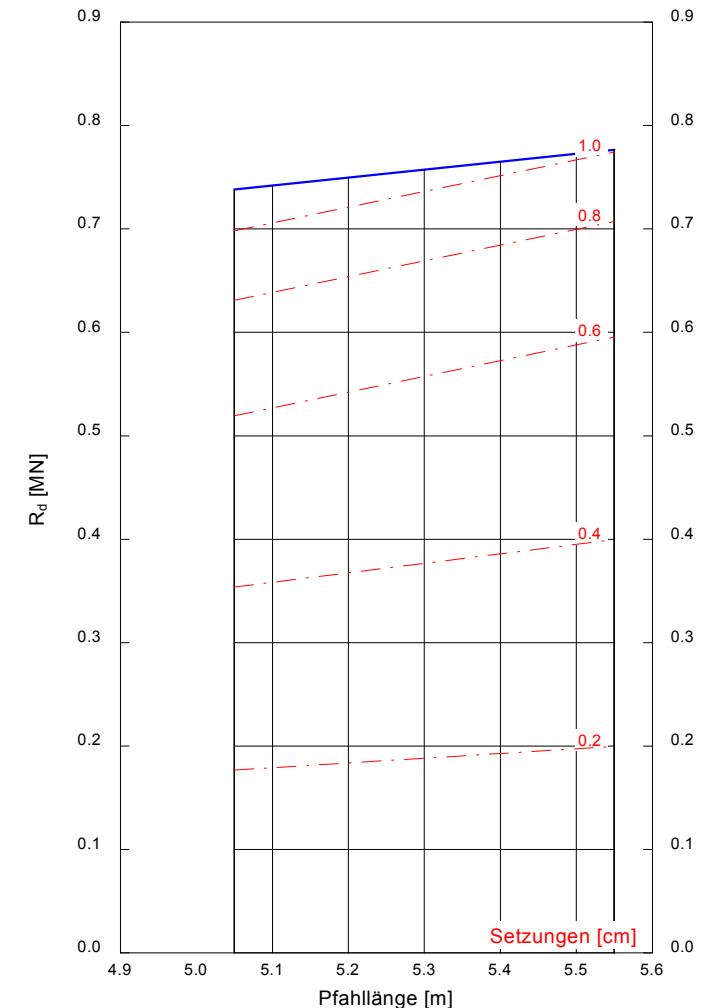
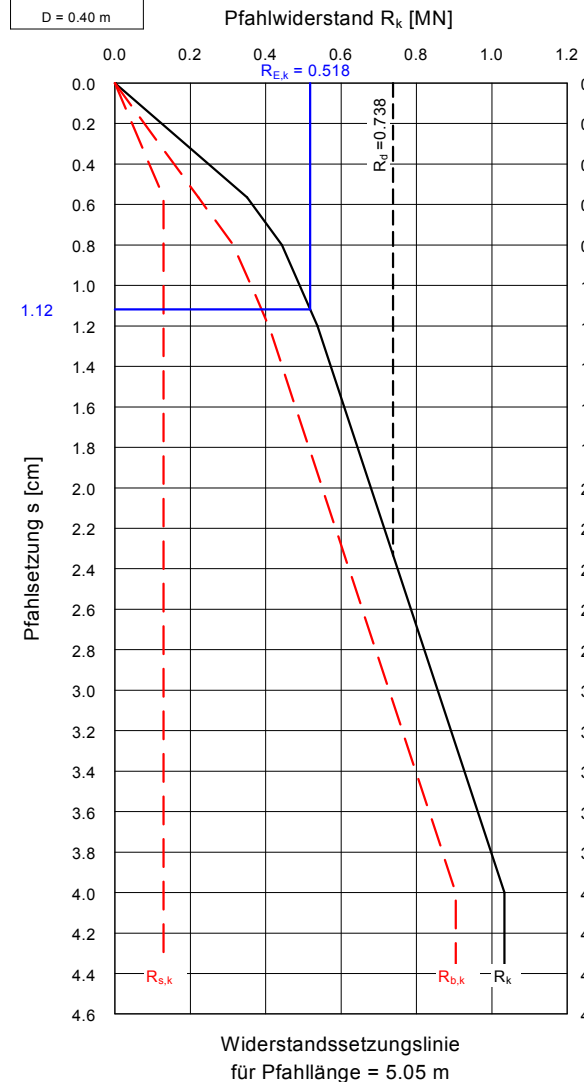


Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Fundexpfahl
Verhältniswert (min, max) = 0.00
Interpolation Mantelreibung:
bei q_c < 7.5 MN/m² aktiviert
bei c_{u,k} < 60 kN/m² deaktiviert
Pfahldurchmesser = 0.400 m
γ_P = 1.40

γ_G = 1.35
γ_Q = 1.50
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
γ_(G,Q) = 0.500 · γ_G + (1 - 0.500) · γ_Q
γ_(G,Q) = 1.425
— R_d
- - - - - Setzung

D [m]	Länge [m]	R _k [MN]	R _d [MN]	R _{E,k} [MN]	s [cm]
0.400	5.05	1.034	0.738	0.518	1.12
0.400	5.55	1.087	0.776	0.545	1.01

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$$





Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 1,45$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Straßenoberbau

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 5132,8	J_y [kN/m] = 5132,8
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 5248,5	J_y [kN/m] = 5248,5
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 700	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 700

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	4,42	Area C	4,42
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,78	Area C	4,78



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	32,41	Area C	32,41
Belastungsgrad inf. G	Area C	35,84	Area C	35,84

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

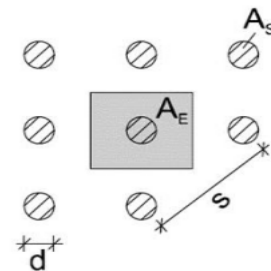
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 52$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,51



$s = 2,12$
 $h/s = 0,68$
 $d/s = 0,19$
 $A_E = 2,25$
 $A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 14,0505$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 40,6$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 255,8$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 738,5$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 14,9$	$F_{y,G,k} [kN] = 14,9$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 43,1$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 43,1$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen		HINWEIS: ohne Bettung
inf. G	0,008	1,50	0,008	1,50	
inf. G+Q	0,023	3,25	0,023	3,25	

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	11	Area C	11
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	22,25	Area C	22,25

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen $l_w [m] = 1,146$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,15$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,15$

3.5 Membrankräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 77,000$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 77,000$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 155,750$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 155,750$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 6,0	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 28,7	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 6,0	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 28,7	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 77,0	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 83,0
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 155,8	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 184,5



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EB GEO (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 104,0$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 112,1$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 92,4$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 99,6$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 84,7$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 91,3$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 222,1$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 264,2$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 194,8$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 231,5$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 171,3$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 202,9$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EB GEO (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 334,6$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 334,6$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 360,3$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 360,3$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 390,3$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 390,3$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,664 erfüllt	0,790 erfüllt
BS-T	0,541 erfüllt	0,642 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,439 erfüllt	0,520 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,52$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 61,9875$$

$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 178,9875$$

mit Bodenbettung

Exakt

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 32,14$$

$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 92,80$$



ANLAGE 5.2-2

BERECHNUNGSPROFIL 2

Anlage 5.2-2.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-2.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-2.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht
Anlage 5.2-2.4	Stand sicherheitsnachweise Damm

Projekt-Nr.: **2011-196**
 Aufgestellt: **Wi/Le**
 Datum: **30. September 2016**

A 26, Hamburg
 Berechnung der Inneren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 2



Betonfestigkeitsklasse **C25/30**

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha = 0,85 \quad \text{als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton}$$

$$\gamma_c = 1,8 \quad \text{für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden}$$

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2 \quad \text{Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2}$$

Auflasten		
	Dammschüttung	143,45 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	160,7 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	52 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	52 kN/m²

$$\text{Wichte} = 19 \text{ kN/m}^3 \quad h = 7,55 \text{ m}$$

$$\text{Wichte} = 23 \text{ kN/m}^3 \quad h = 0,75 \text{ m}$$

Summe Gesamtlast ständig und veränderlich **212,7 kN/m²**

$$\text{Rasterfläche} \quad a \text{ [m]} = 1,5 \quad b \text{ [m]} = 1,5 \quad A = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Grundfläche Pfahl} \quad D \text{ [m]} = 0,4 \quad A_{\text{Pfahl}} = 0,126 \text{ m}^2$$

$$\text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} \quad \gamma_{G+Q} = 1,399$$

$$\text{Charakteristische Auflast} \quad V_k = 478,575 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 479 \text{ kN}$$

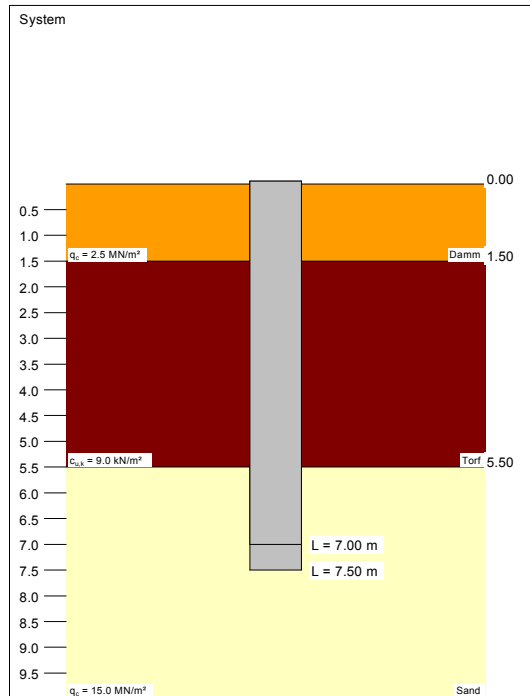
$$\text{Bemessungs Auflast} \quad V_d = 669,3052 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 669 \text{ kN} \quad = 0,67 \text{ MN}$$

$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 5,33 \text{ MN/m}^2$$

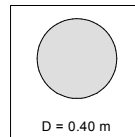
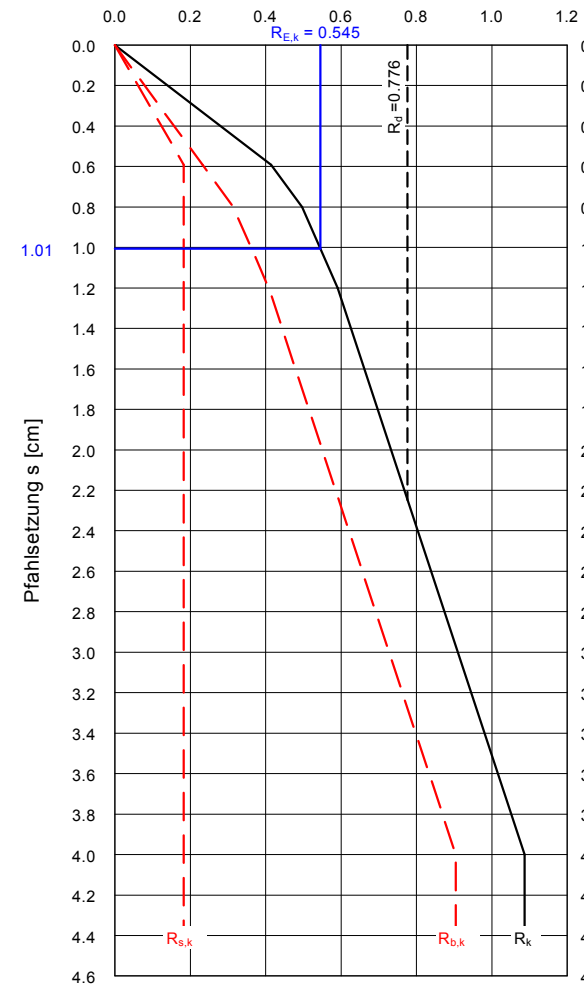
$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,45 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Bemessung Verdrängungsbohrpfahl nach EA-Pfähle

Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 2



Boden	q _c [MN/m²]	c _{u,k} [kN/m²]	q _{b,k02} [MN/m²]	q _{b,k03} [MN/m²]	q _{b,k10} [MN/m²]	q _{sk} [MN/m²]	Bezeichnung
Damm	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
Torf	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
Sand	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

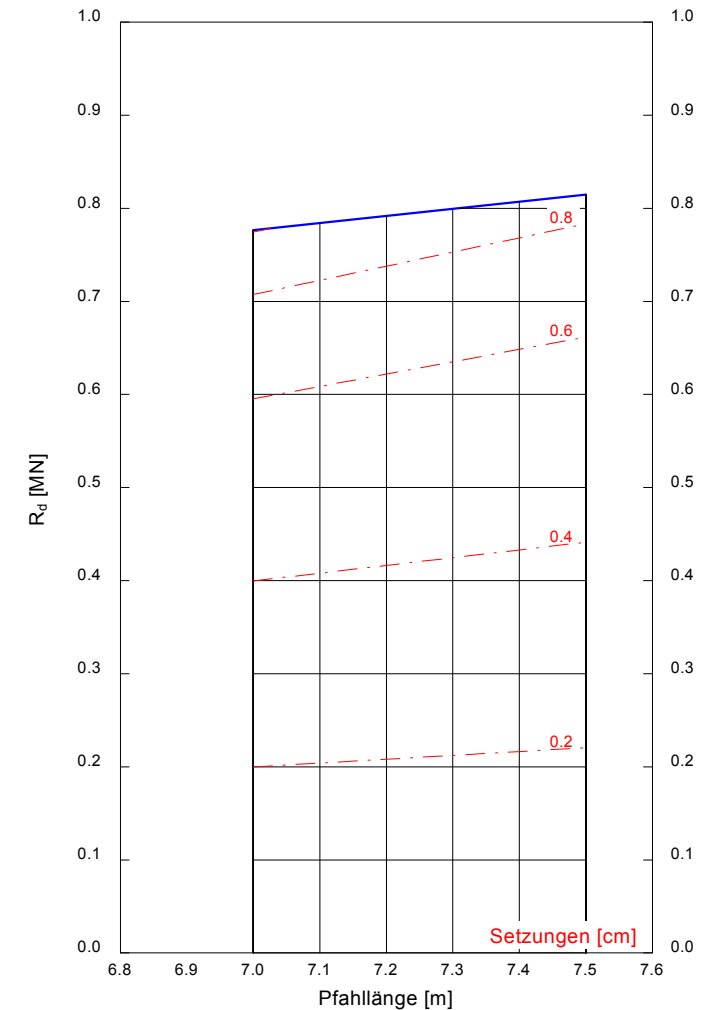
Pfahlwiderstand R_k [MN]

Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fundexpfahl
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei q_c < 7.5 MN/m² aktiviert
 bei c_{u,k} < 60 kN/m² deaktiviert
 Pfahldurchmesser = 0.400 m
 γ_P = 1.40

γ_G = 1.35
 γ_Q = 1.50
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 γ_(G,Q) = 0.500 · γ_G + (1 - 0.500) · γ_Q
 γ_(G,Q) = 1.425
 R_d
 - - - - - Setzung

D [m]	Länge [m]	R _k [MN]	R _d [MN]	R _{E,k} [MN]	s [cm]
0.400	7.00	1.087	0.776	0.545	1.01
0.400	7.50	1.140	0.815	0.572	0.89

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$$





Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 7,55$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Straßenoberbau

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 9078,8	J_y [kN/m] = 15369,8
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 9608,7	J_y [kN/m] = 16257,6
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 1300	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 2200

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	3,93	Area C	3,93
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,60	Area C	4,63



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	27,46	Area C	27,47
Belastungsgrad inf. G	Area C	34,00	Area C	34,20

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

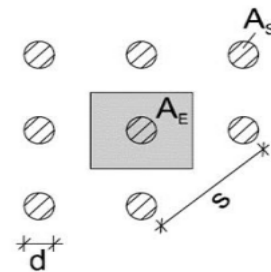
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 52$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,51



$s = 2,12$
 $h/s = 3,56$
 $d/s = 0,19$
 $A_E = 2,25$
 $A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 81,96$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 111,8$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 1491,8$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 1918,5$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 87,1$	$F_{y,G,k} [kN] = 87,1$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 118,7$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 118,7$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen		HINWEIS: ohne Bettung
inf. G	0,027	3,45	0,016	2,70	
inf. G+Q	0,035	4,50	0,021	3,00	

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	24,5	Area C	18,7
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	34,0	Area C	20,4

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen $l_w [m] = 1,146$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,14$	$\max f_y [m] = 0,14$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,15$

3.5 Membrankräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 318,500$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 411,400$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 442,000$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 448,800$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 163,0	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 281,2	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 163,0	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 281,2	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 318,5	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 574,4
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 442,0	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 730,0



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EB GEO (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 430,0$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 775,4$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 382,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 689,3$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 350,4$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 631,8$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 615,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 1008,8$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 542,8$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 891,5$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 486,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 803,0$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EB GEO (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 621,4$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1051,5$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 669,1$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1132,4$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 724,9$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1226,8$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,990 erfüllt	0,959 erfüllt
BS-T	0,811 erfüllt	0,787 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,671 erfüllt	0,655 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,58$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 322,7625$$

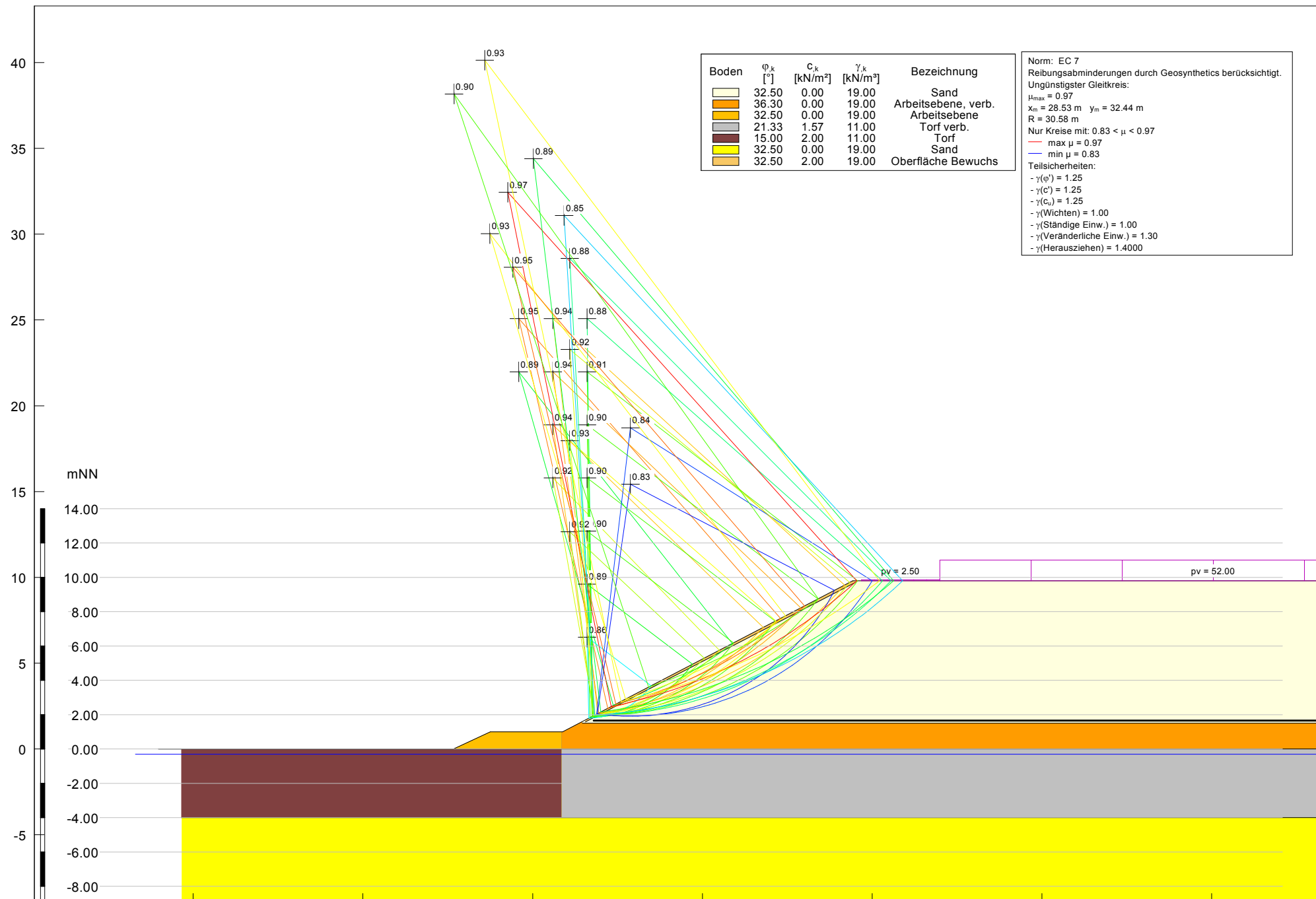
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 439,7625$$

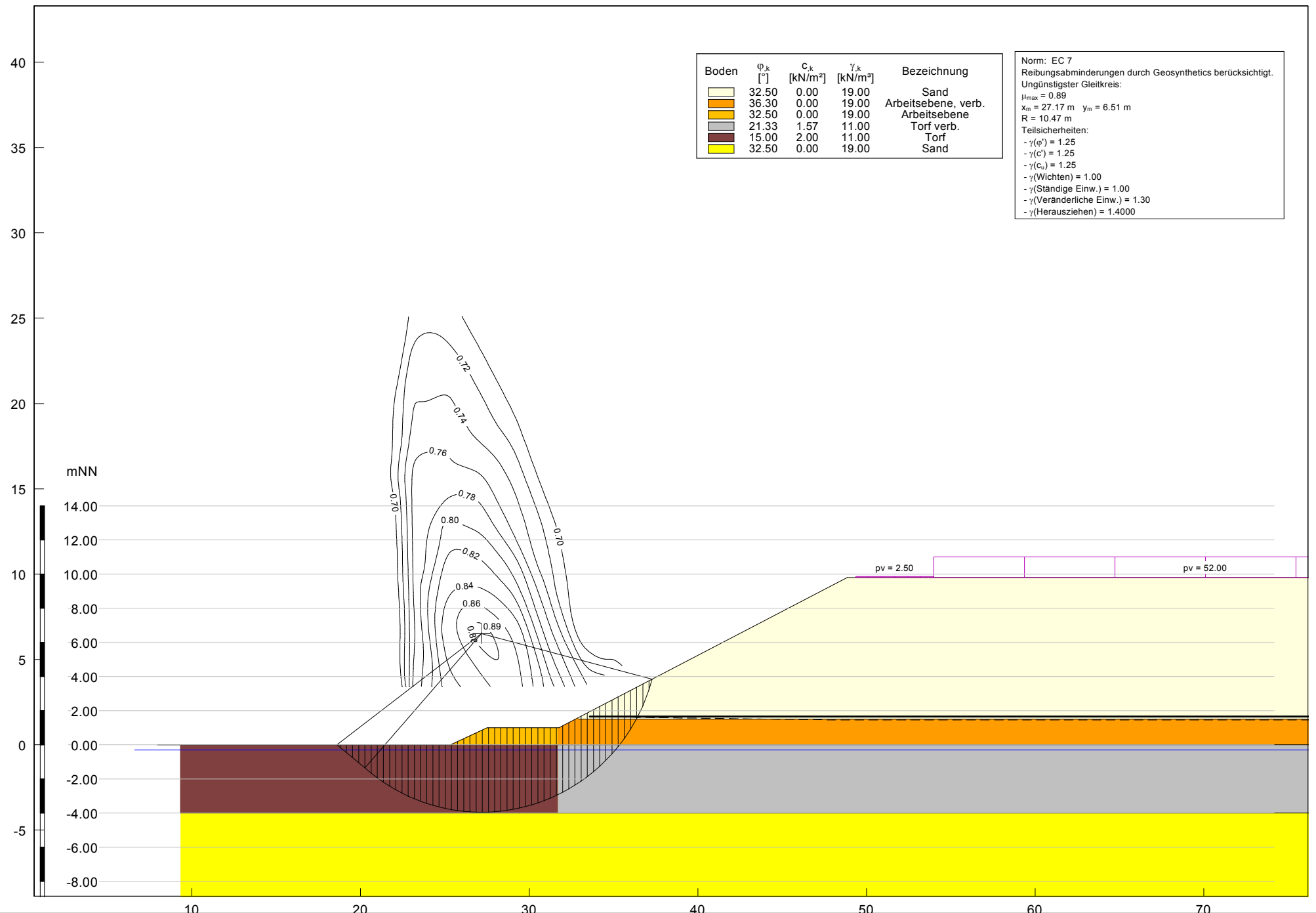
mit Bodenbettung

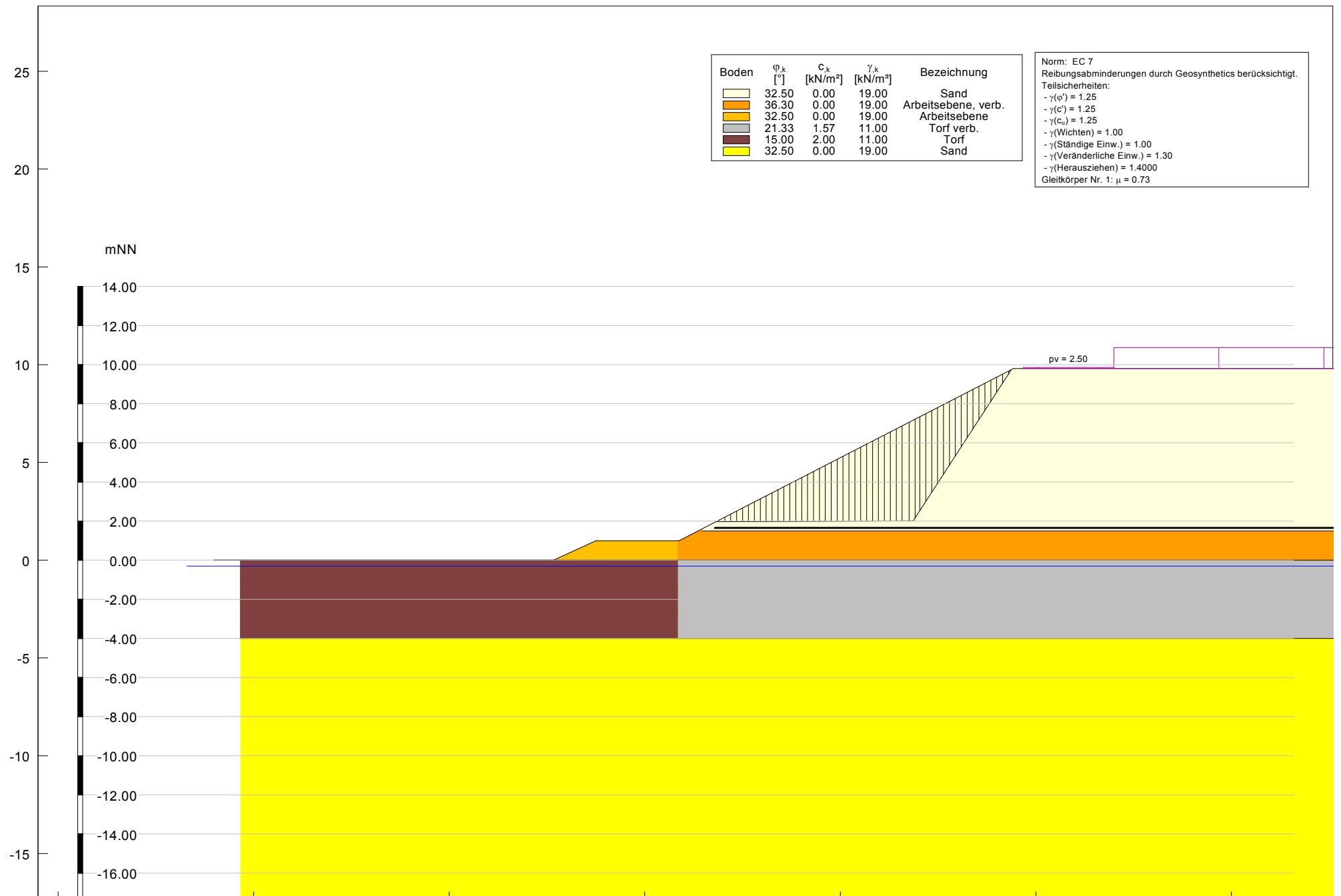
Exakt

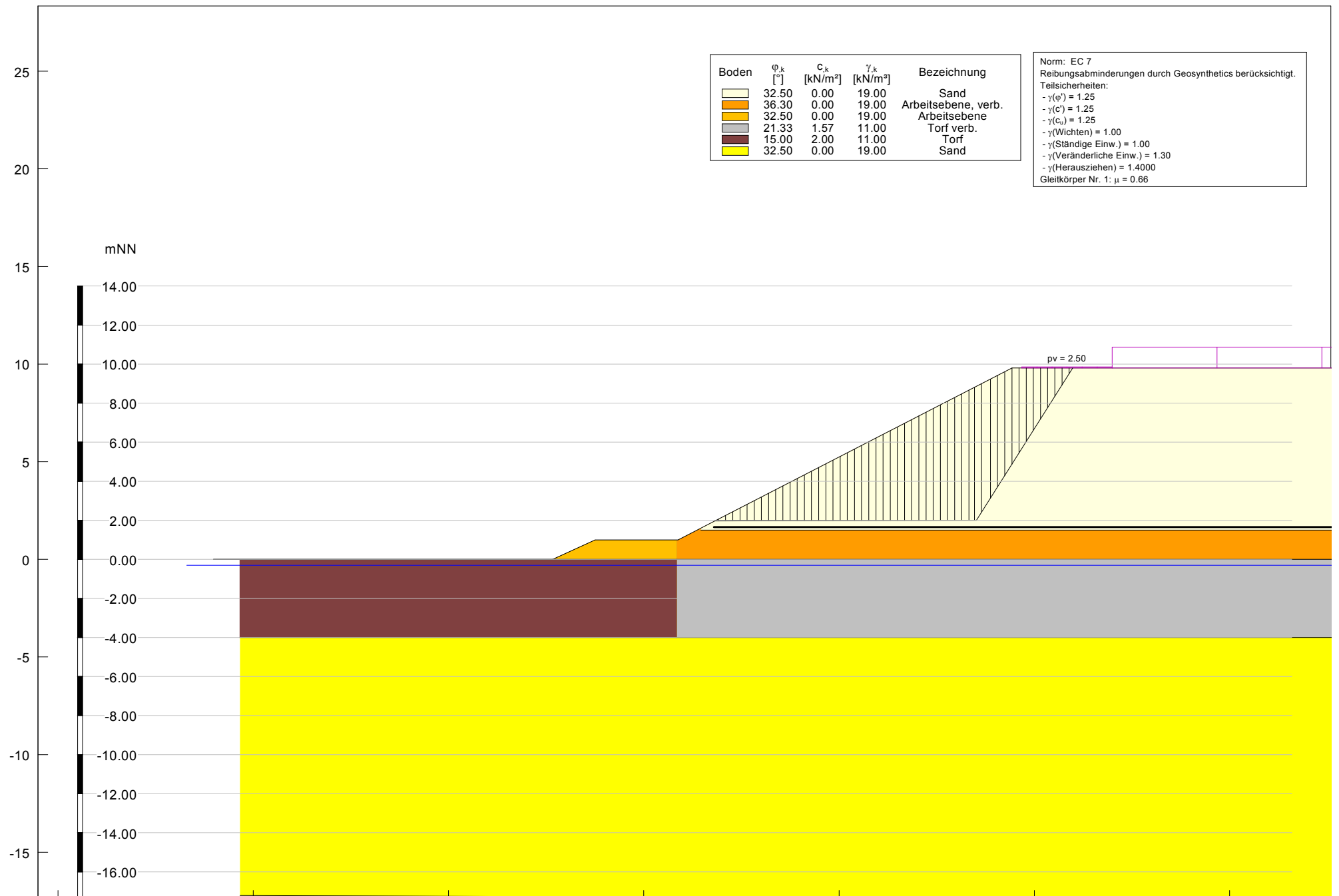
$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 187,47$$

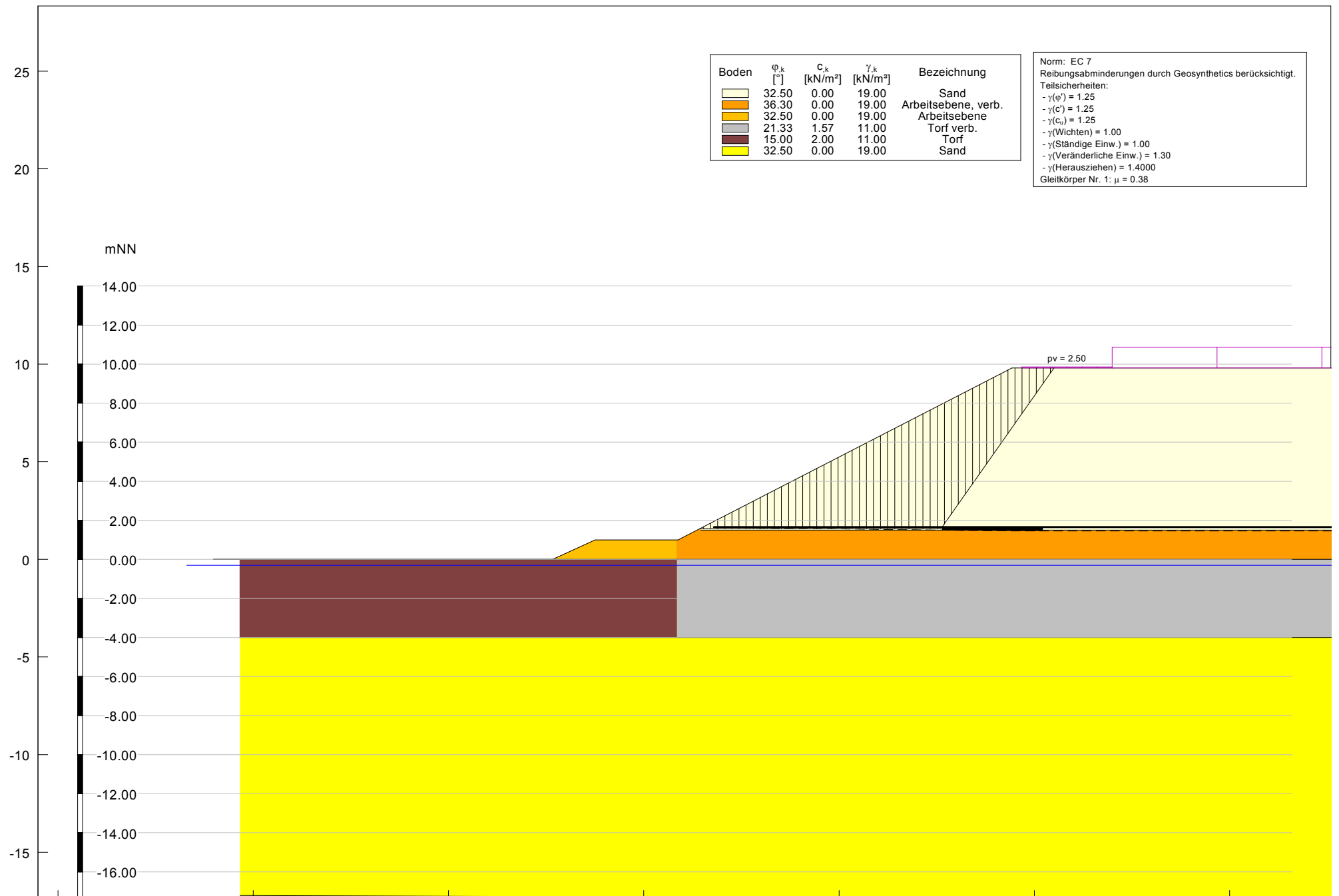
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 255,43$$



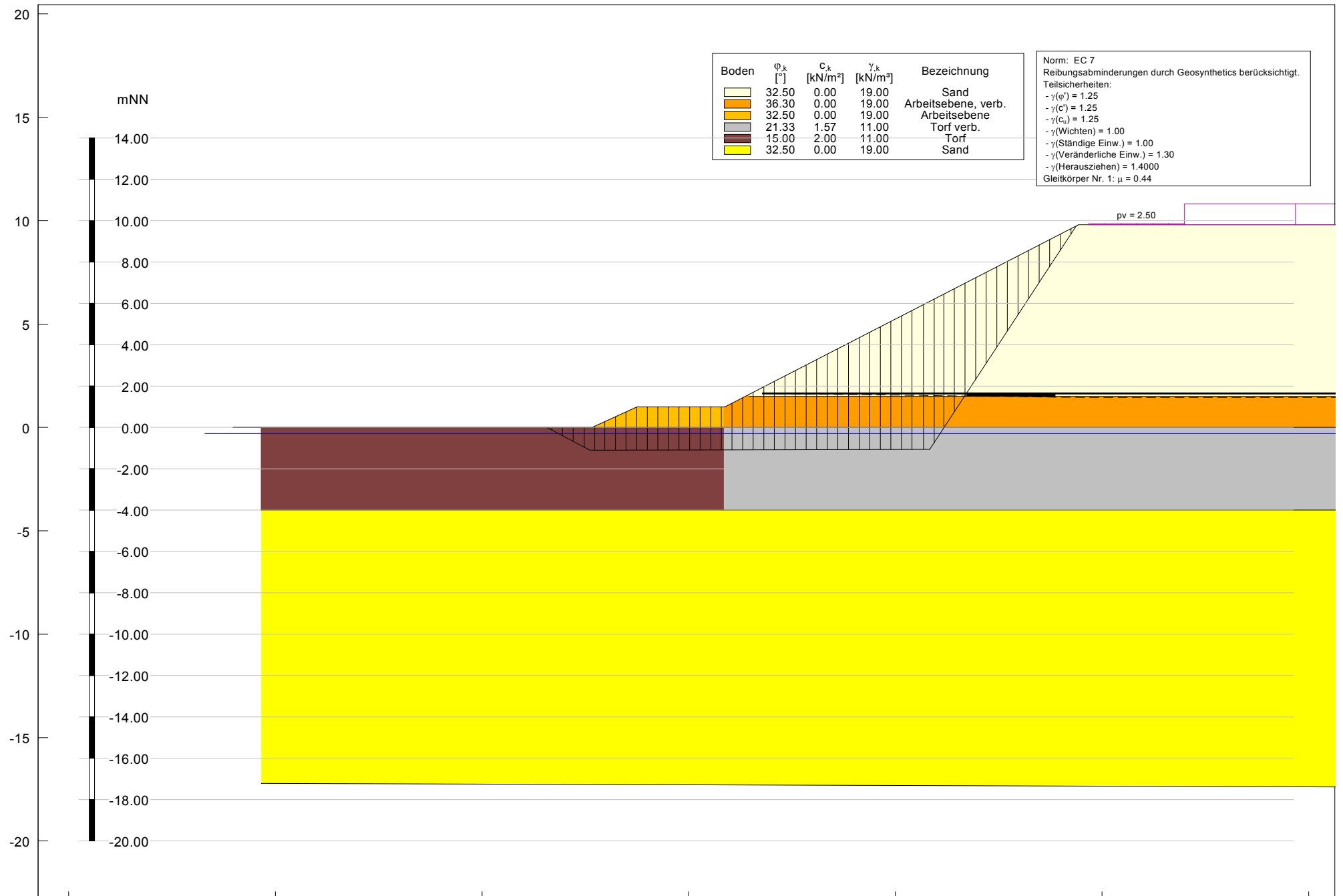








2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper innerhalb der Torfschicht
 Berechnungsprofil 2





ANLAGE 5.2-3

BERECHNUNGSPROFIL 3

Anlage 5.2-3.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-3.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-3.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht
Anlage 5.2-3.4	Stand sicherheitsnachweise Damm

Projekt-Nr.: 2011-196
 Aufgestellt: Wi/Le
 Datum: 30. September 2016

A 26, Hamburg
 Berechnung der Inneren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 3



Betonfestigkeitsklasse C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha = 0,85 \quad \text{als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton}$$

$$\gamma_c = 1,8 \quad \text{für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden}$$

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2 \quad \text{Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2}$$

Auflasten		
	Dammschüttung	177,65 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	194,9 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	52 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	52 kN/m²

$$\begin{aligned} \text{Wichte} &= 19 \text{ kN/m}^3 & h &= 9,35 \text{ m} \\ \text{Wichte} &= 23 \text{ kN/m}^3 & h &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

Summe Gesamtlast ständig und veränderlich **246,9 kN/m²**

$$\begin{aligned} \text{Rasterfläche} \quad a \text{ [m]} &= 1,5 & b \text{ [m]} &= 1,5 & A &= 2,25 \text{ m}^2 \\ \text{Grundfläche Pfahl} \quad D \text{ [m]} &= 0,4 & A_{\text{Pfahl}} &= 0,126 \text{ m}^2 \\ \text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} & & \gamma_{G+Q} &= 1,390 \end{aligned}$$

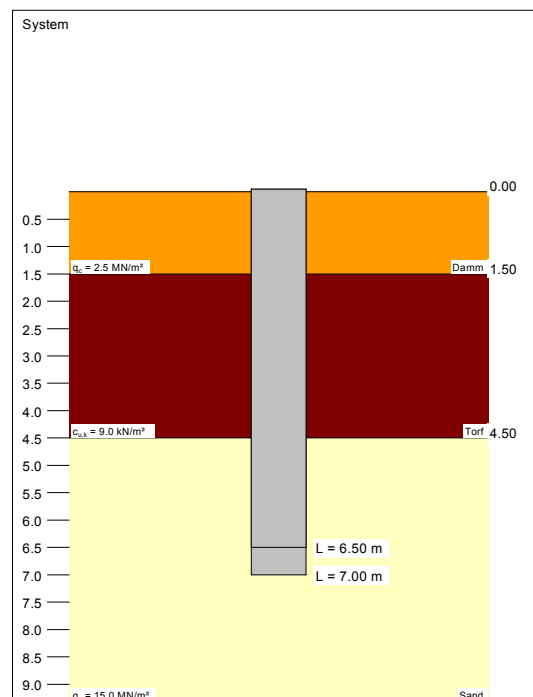
$$\begin{aligned} \text{Charakteristische Auflast} \quad V_k &= 555,525 \text{ kN} & \text{gerundet} &= 556 \text{ kN} \\ \text{Bemessungs Auflast} \quad V_d &= 772,1912 \text{ kN} & \text{gerundet} &= 772 \text{ kN} & &= 0,77 \text{ MN} \end{aligned}$$

$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 6,14 \text{ MN/m}^2$$

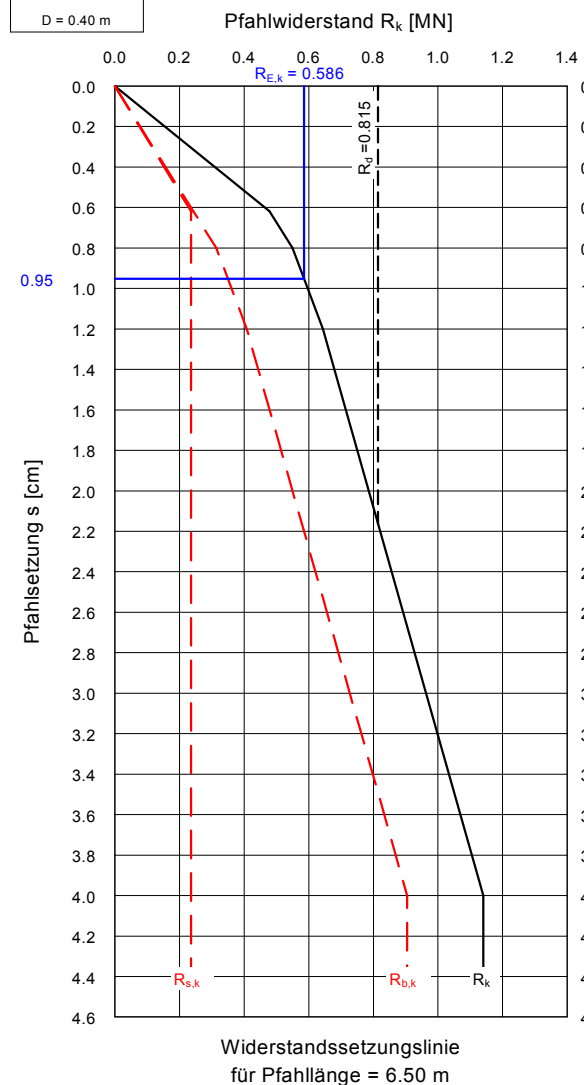
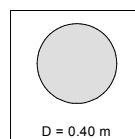
$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,52 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Bemessung Verdrängungsbohrpfahl nach EA-Pfähle

Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 3



Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k02}$ [MN/m²]	$q_{b,k03}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{b,k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
Damm	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
Torf	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
Sand	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

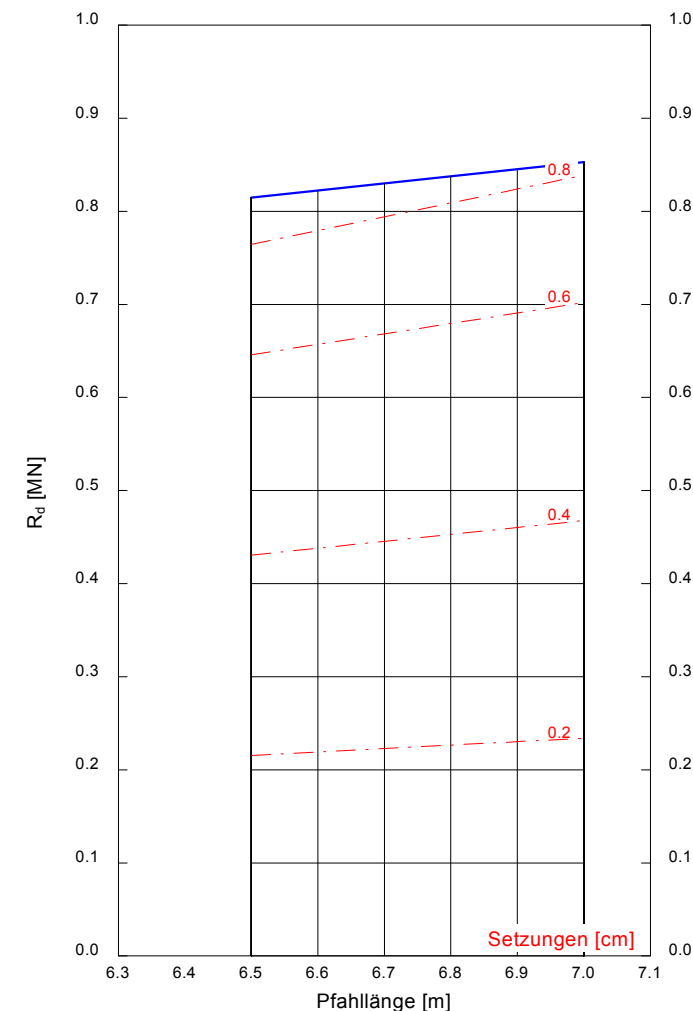


Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Fundexpfahl
Verhältniswert (min, max) = 0.00
Interpolation Mantelreibung:
bei $q_c < 7.5$ MN/m² aktiviert
bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
Pfahldurchmesser = 0.400 m
 $\gamma_P = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.270
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.270 \cdot \gamma_G + (1 - 0.270) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.391$
 R_d
Setzung

D [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	6.50	1.140	0.815	0.586	0.95
0.400	7.00	1.194	0.853	0.613	0.84

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.391) = R_k / 1.95 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.391]$$





Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 9,35$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Straßenoberbau

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 10091,4	J_y [kN/m] = 20182,8
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 10459,9	J_y [kN/m] = 20919,7
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 1400	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 2800

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	4,18	Area C	4,18
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,71	Area C	4,71



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	30,13	Area C	30,13
Belastungsgrad inf. G	Area C	35,19	Area C	35,19

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

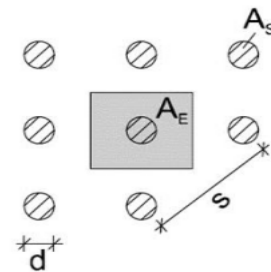
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 52$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,51



$s = 2,12$
 $h/s = 4,41$
 $d/s = 0,19$
 $A_E = 2,25$
 $A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 99,4$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 125,9$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 1809,3$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 2292,1$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 105,6$	$F_{y,G,k} [kN] = 105,6$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 133,7$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 133,7$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$

	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen	
inf. G	0,030	4,10	0,015	2,47
inf. G+Q	0,036	4,55	0,018	2,78

HINWEIS: ohne Bettung

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	27,0	Area C	17,5
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	33,2	Area C	18,1

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen

$$l_w [m] = 1,146$$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,14$	$\max f_y [m] = 0,14$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,15$

3.5 Membrankräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 378,000$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 490,000$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 464,800$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 506,800$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 250,0	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 396,3	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 250,0	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 396,3	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 378,0	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 740,0
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 464,8	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 903,1



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EB GEO (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 510,3$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 999,0$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 453,6$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 888,0$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 415,8$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 814,0$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 640,5$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 1243,7$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 566,4$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 1100,1$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 511,3$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 993,4$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EB GEO (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 669,1$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1338,3$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 720,6$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1441,2$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 780,7$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1561,3$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,957 erfüllt	0,929 erfüllt
BS-T	0,786 erfüllt	0,763 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,655 erfüllt	0,636 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,57$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 399,7125$$

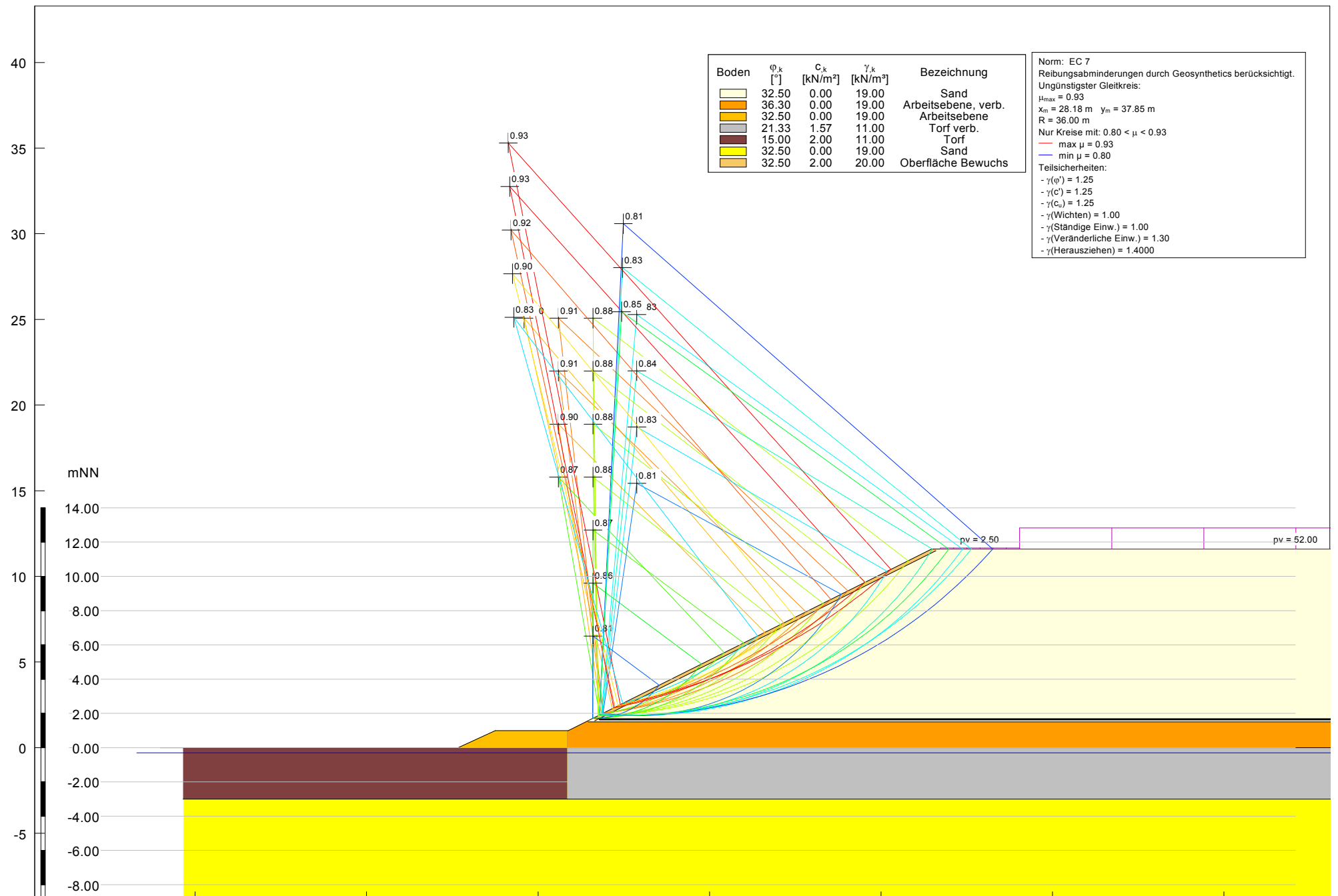
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 516,7125$$

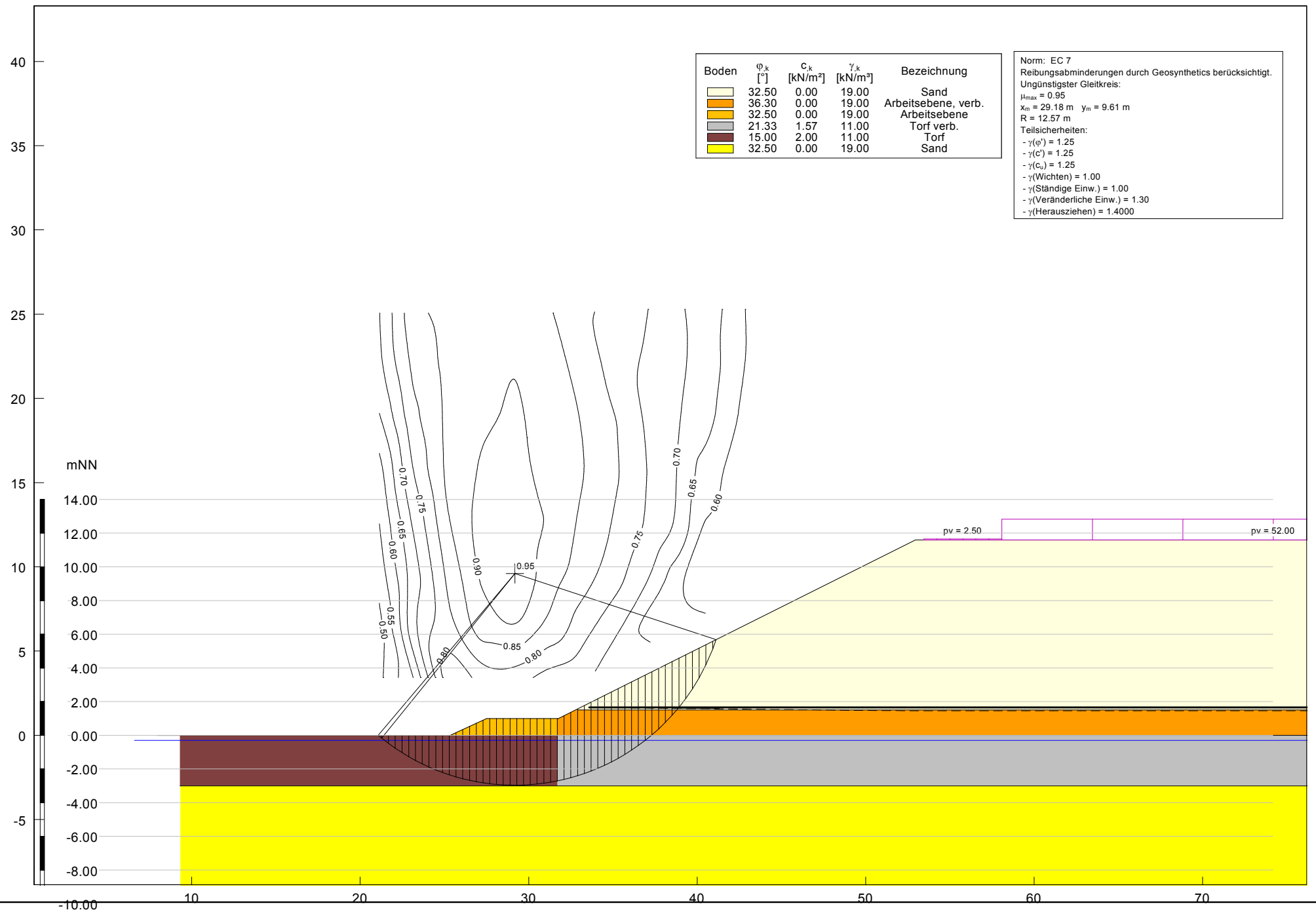
mit Bodenbettung

Exakt

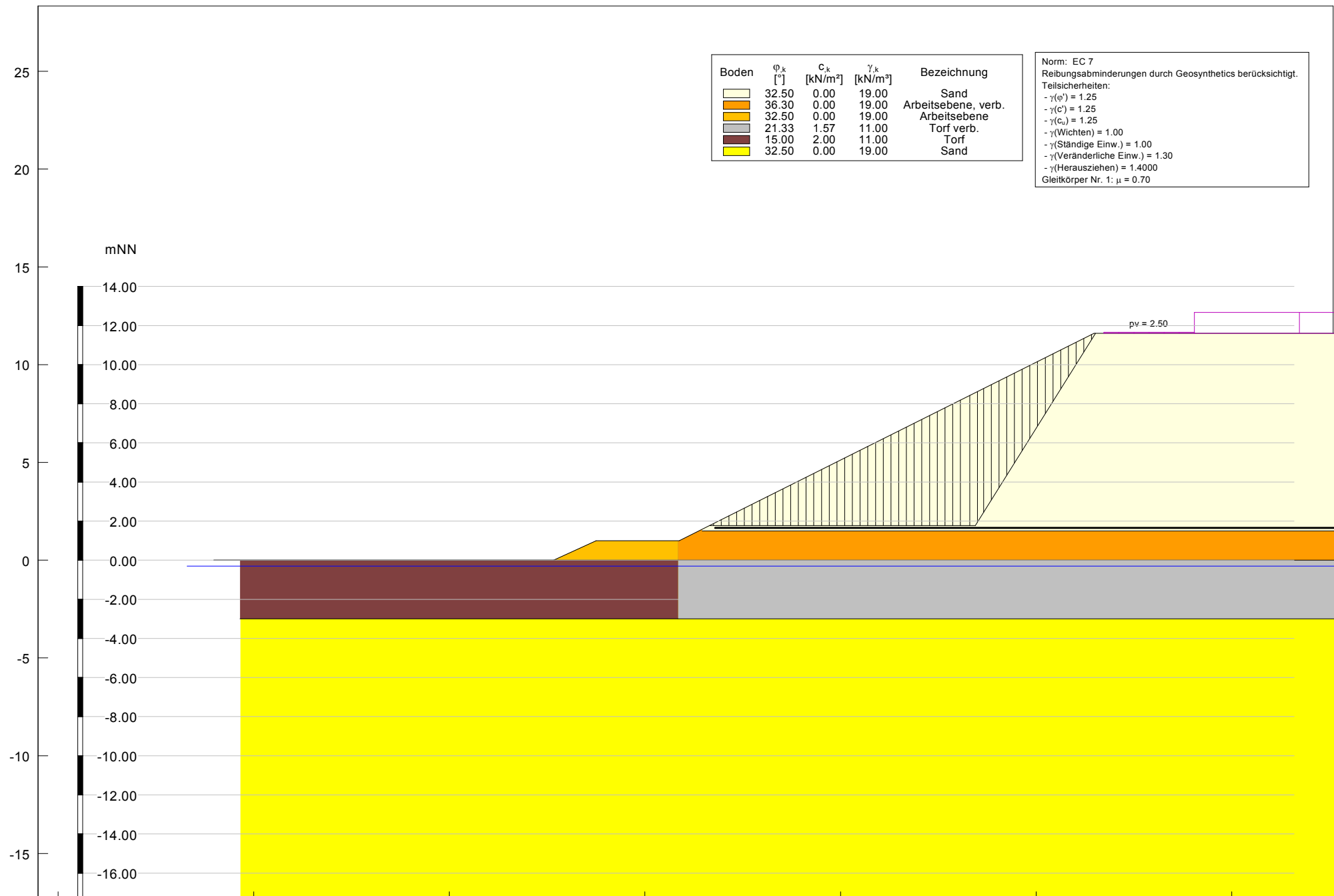
$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 227,37$$

$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 293,92$$

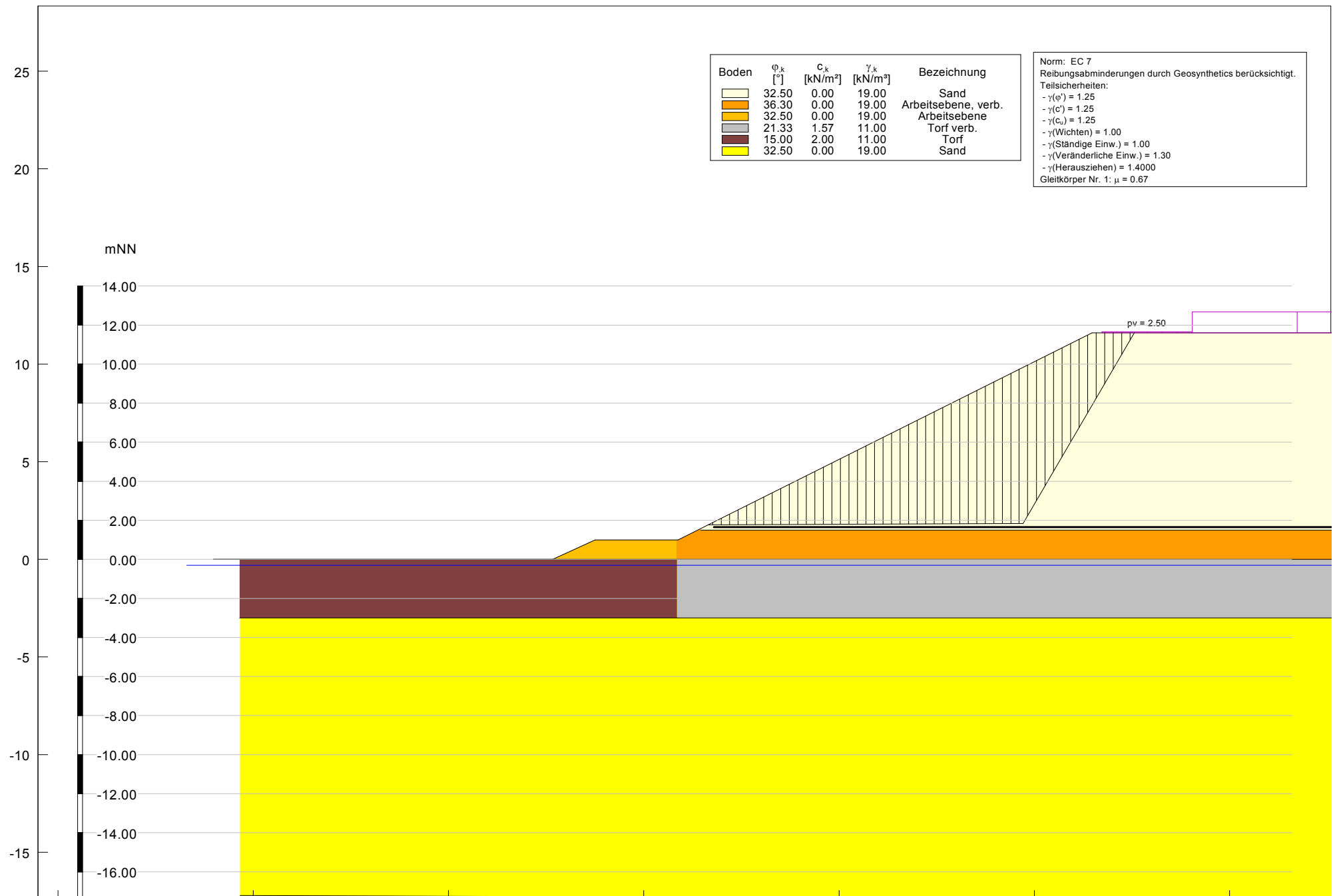


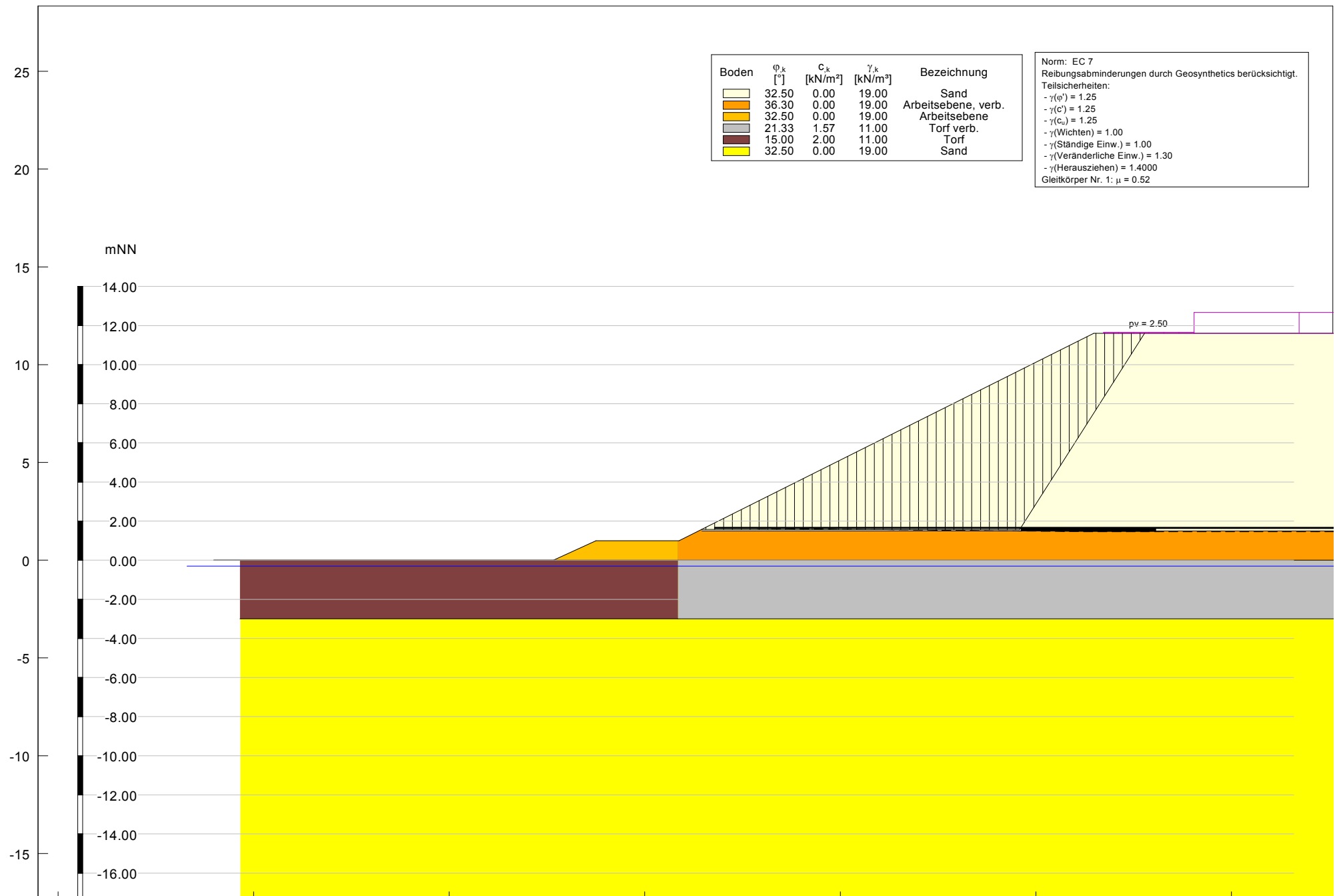


2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 3

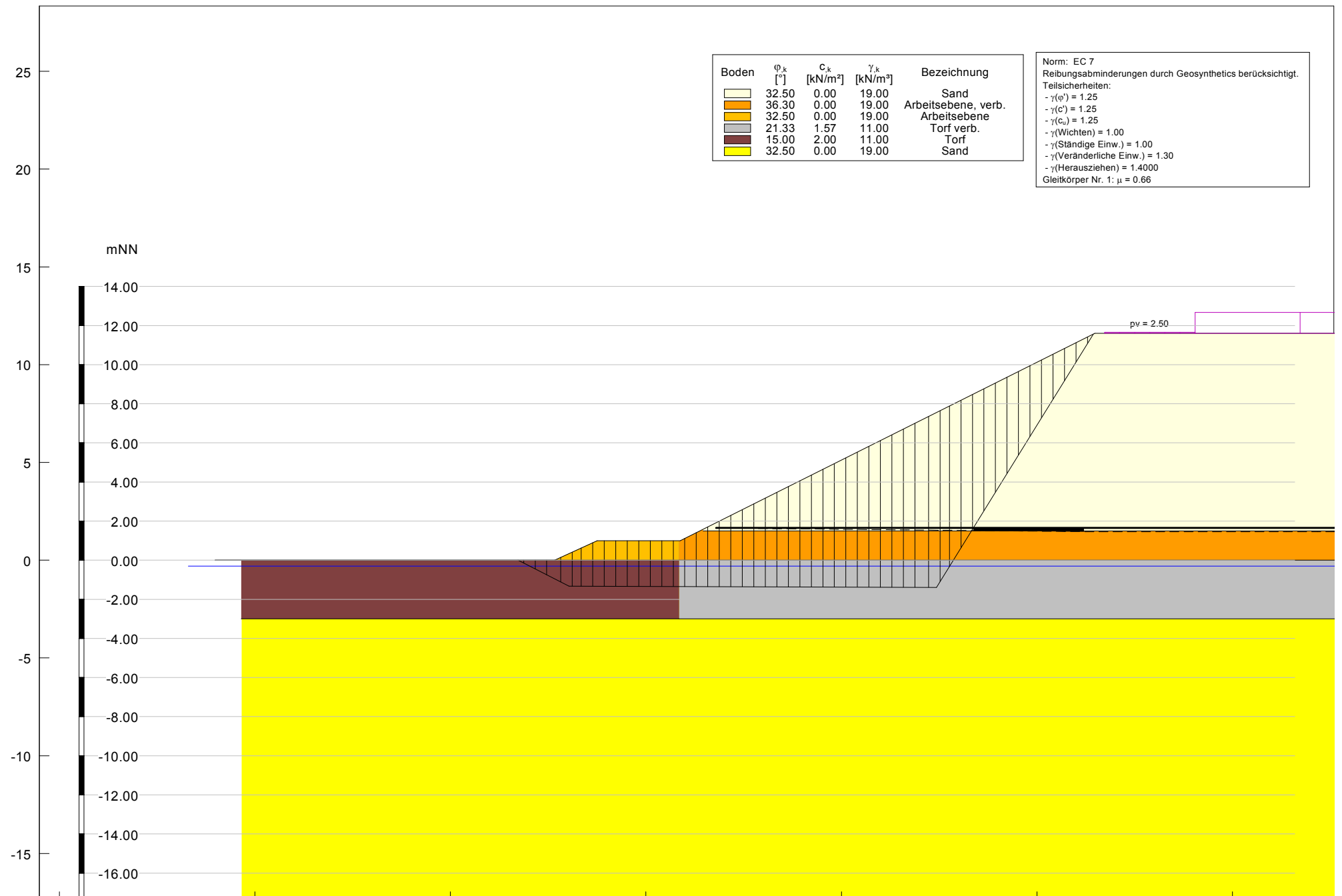


2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 3





2011/196; A 26, Hamburg
Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper innerhalb der Torfschicht
Berechnungsprofil 3





ANLAGE 5.2-4

BERECHNUNGSPROFIL 4

Anlage 5.2-4.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-4.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-4.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht
Anlage 5.2-4.4	Stand sicherheitsnachweise Damm

Projekt-Nr.: **2011-196**
 Aufgestellt: **Wi/Le**
 Datum: **30. September 2016**

A 26, Hamburg
 Berechnung der Inneren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 4



Betonfestigkeitsklasse **C25/30**

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha = 0,85 \quad \text{als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton}$$

$$\gamma_c = 1,8 \quad \text{für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden}$$

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2 \quad \text{Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2}$$

Auflasten		
	Dammschüttung	215,65 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	232,9 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	35 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	35 kN/m²
Summe Gesamtlast ständig und veränderlich		267,9 kN/m²

$$\text{Wichte} = 19 \text{ kN/m}^3 \quad h = 11,4 \text{ m}$$

$$\text{Wichte} = 23 \text{ kN/m}^3 \quad h = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Rasterfläche} \quad a \text{ [m]} = 1,5 \quad b \text{ [m]} = 1,5 \quad A = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Grundfläche Pfahl} \quad D \text{ [m]} = 0,4 \quad A_{\text{Pfahl}} = 0,126 \text{ m}^2$$

$$\text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} \quad \gamma_{G+Q} = 1,373$$

$$\text{Charakteristische Auflast} \quad V_k = 602,775 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 603 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungs Auflast} \quad V_d = 827,3339 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 827 \text{ kN} \quad = 0,83 \text{ MN}$$

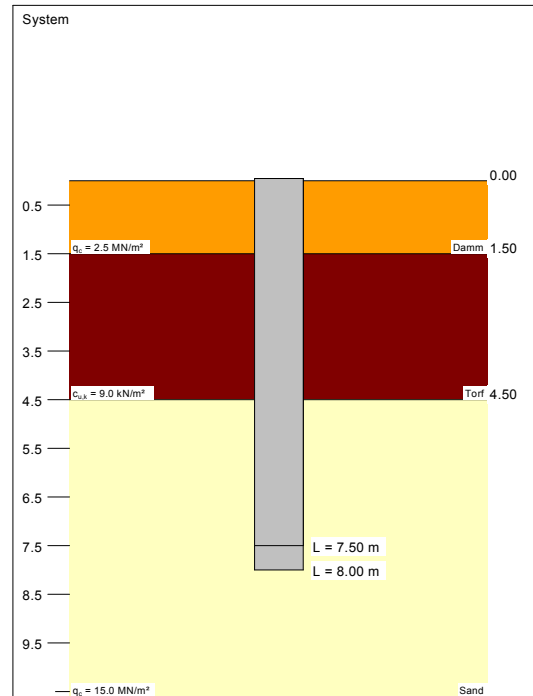
$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 6,58 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,56 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

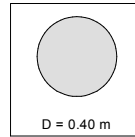
2011/196; A26, Hamburg

Bemessung Verdrängungsbohrpfahl nach EA-Pfähle

Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 4



Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k02}$ [MN/m²]	$q_{b,k03}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s,k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
Damm	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
Torf	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
Sand	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

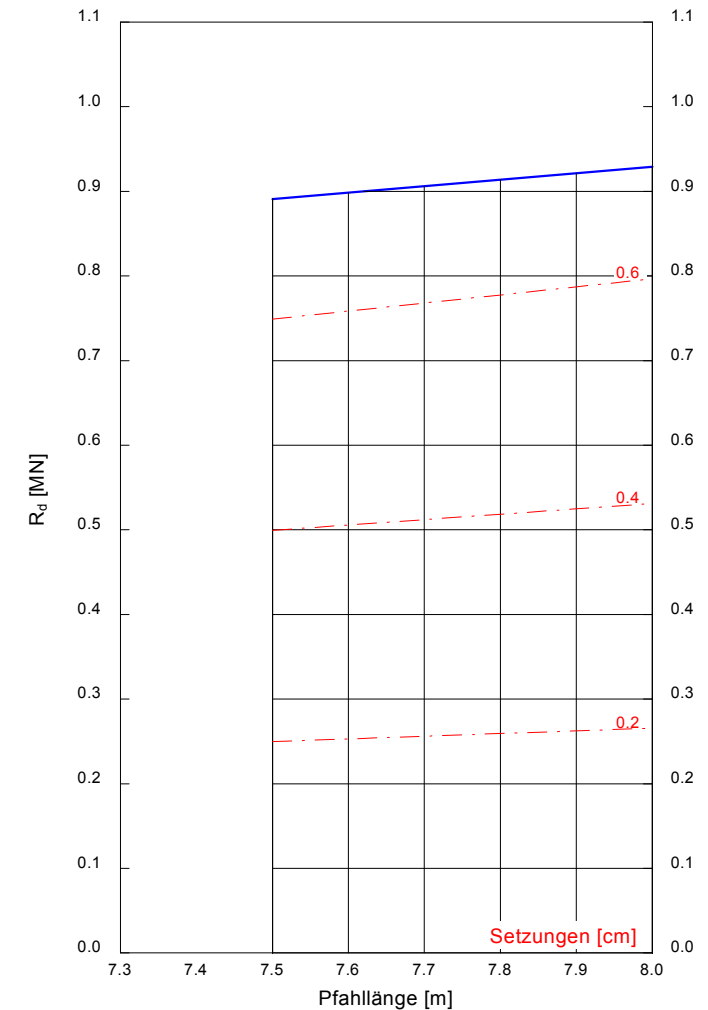
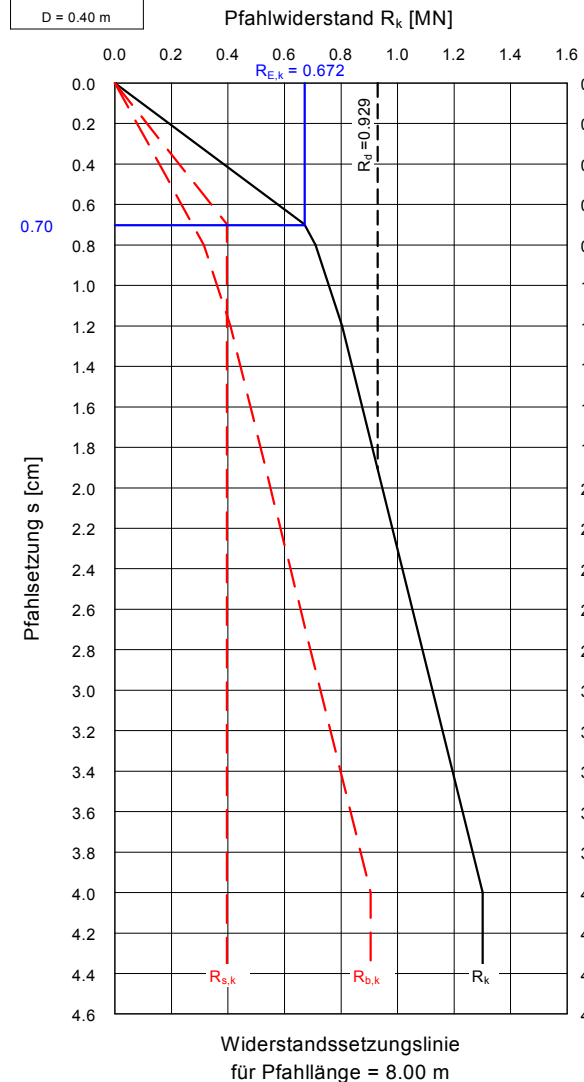


Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Fundexpfahl
Verhältniswert (min, max) = 0.00
Interpolation Mantelreibung:
bei $q_c < 7.5$ MN/m² aktiviert
bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
Pfahldurchmesser = 0.400 m
 $\gamma_P = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.220
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.220 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.220) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.383$
 R_d (blue line)
Setzung (red dashed line)

D [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	7.50	1.247	0.891	0.644	0.77
0.400	8.00	1.301	0.929	0.672	0.70

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.383) = R_k / 1.94 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.383]$$





Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 11,35$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 10501,1	J_y [kN/m] = 22402,4
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 11000,2	J_y [kN/m] = 23467,1
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 1500	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 3200

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	4,01	Area C	4,01
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,55	Area C	4,55



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	28,08	Area C	28,08
Belastungsgrad inf. G	Area C	33,36	Area C	33,36

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

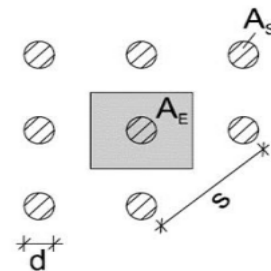
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 35$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,51



$s = 2,12$
 $h/s = 5,35$
 $d/s = 0,19$
 $A_E = 2,25$
 $A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 122,1$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 136,6$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 2106,1$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 2487,0$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 129,7$	$F_{y,G,k} [kN] = 129,7$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 145,1$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 145,1$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen		HINWEIS: ohne Bettung
inf. G	0,035	4,55	0,016	2,40	
inf. G+Q	0,037	4,62	0,017	2,70	

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	34	Area C	16,2
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	35	Area C	18

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen $l_w [m] = 1,146$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,14$	$\max f_y [m] = 0,14$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,15$

3.5 Membranzugkräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 510,000$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 518,400$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 525,000$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 576,000$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 368,4	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 487,9	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 368,4	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 487,9	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 510,0	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 886,8
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 525,0	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 1063,9



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EB GEO (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 688,5$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 1197,1$
BS-T	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 612,0$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 1064,1$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 561,0$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 975,4$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 711,0$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 1462,9$
BS-T	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 631,5$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 1294,4$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 577,5$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 1170,3$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EB GEO (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 716,9$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1529,5$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 772,1$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1647,1$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 836,4$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1784,4$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,992 erfüllt	0,956 erfüllt
BS-T	0,818 erfüllt	0,786 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,690 erfüllt	0,656 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,55$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 485,2125$$

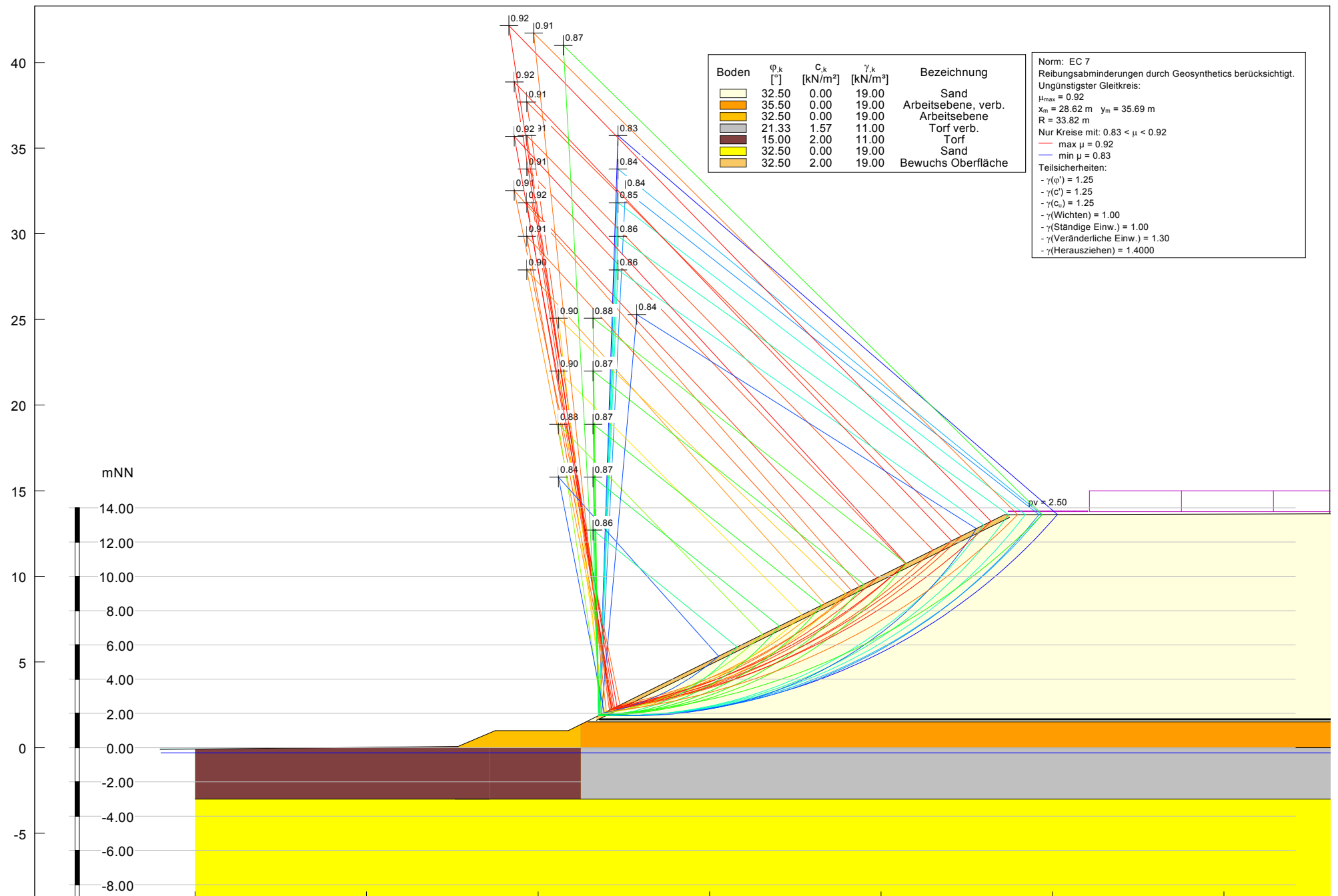
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 563,9625$$

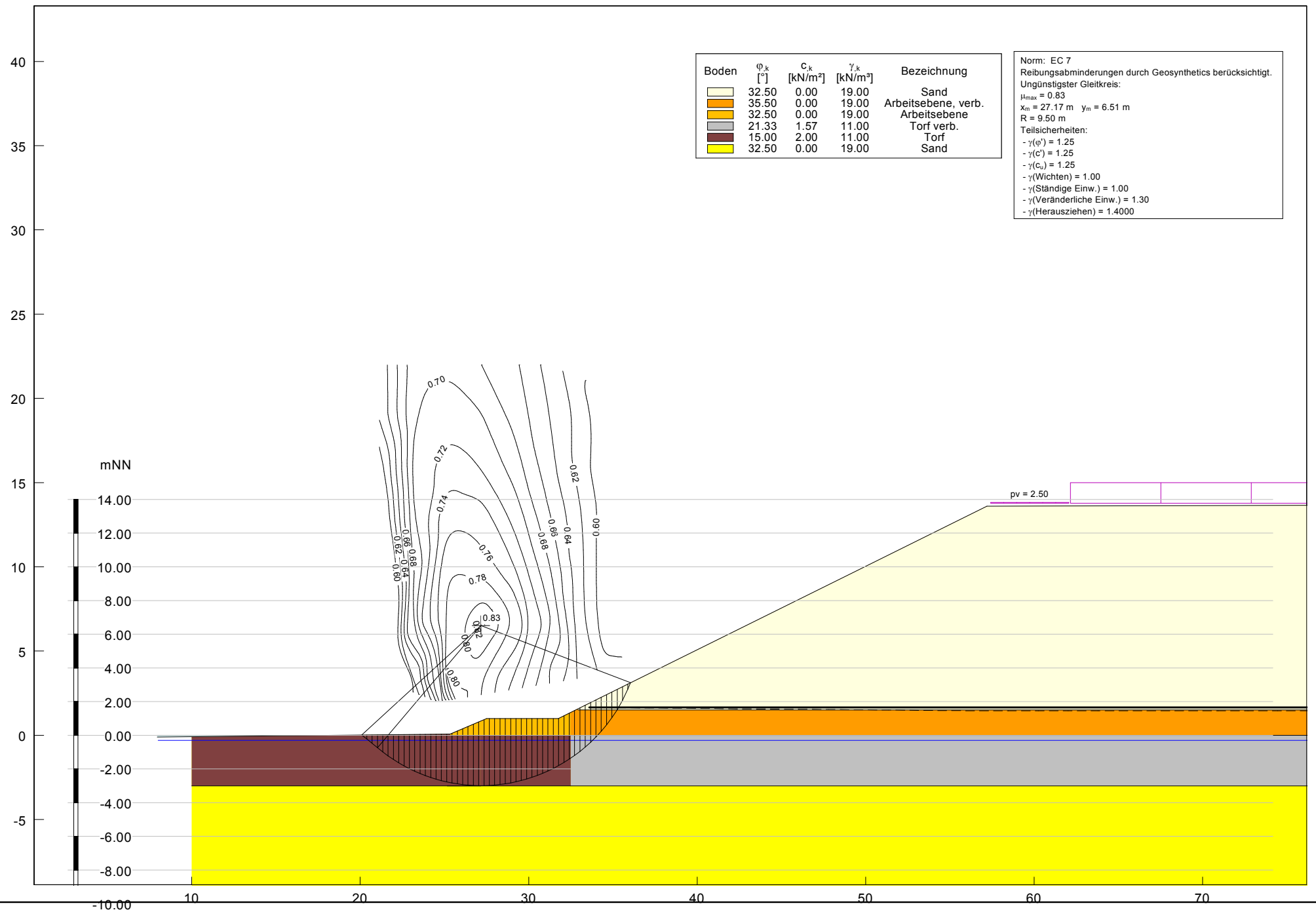
mit Bodenbettung

Exakt

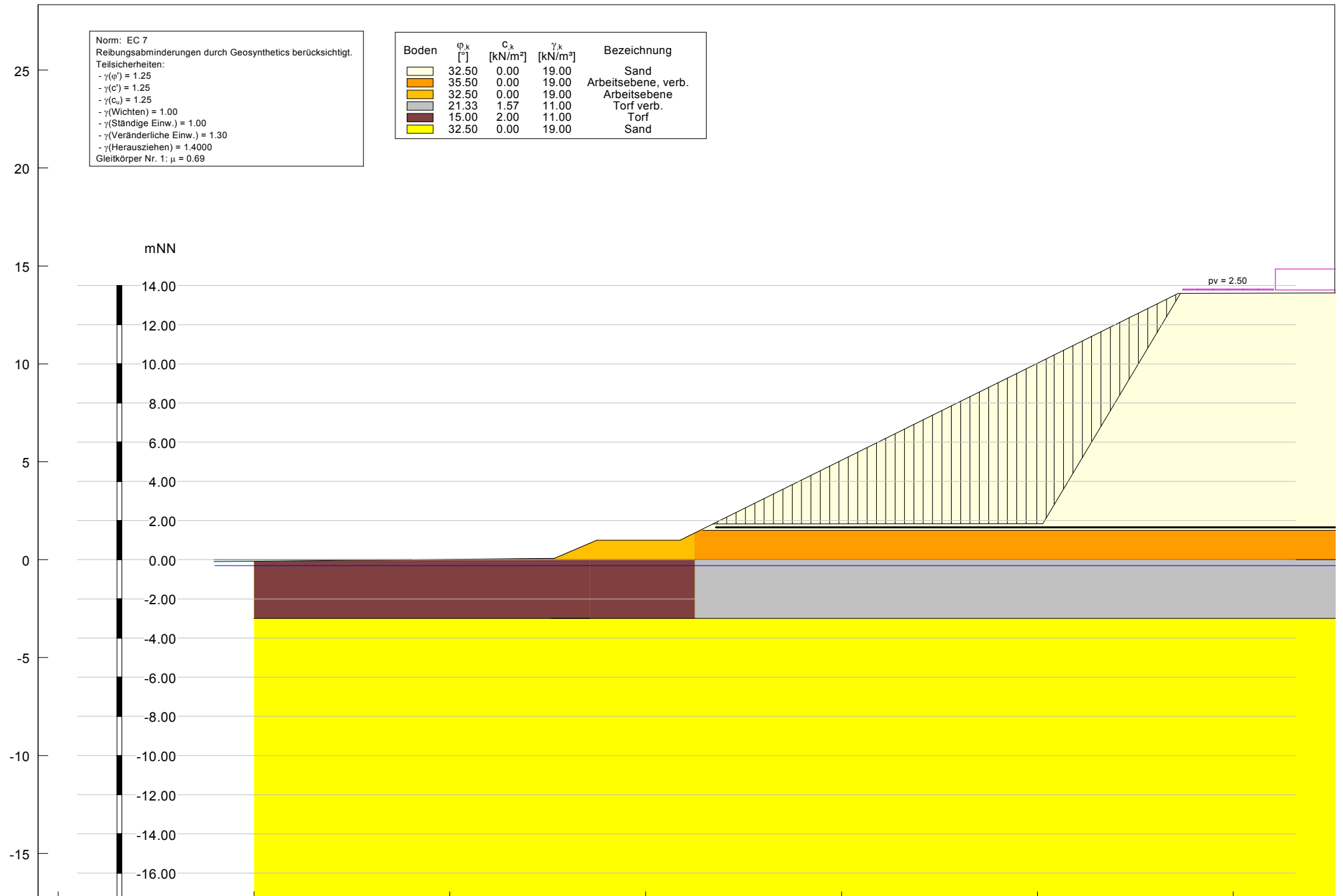
$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 264,66$$

$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 307,61$$

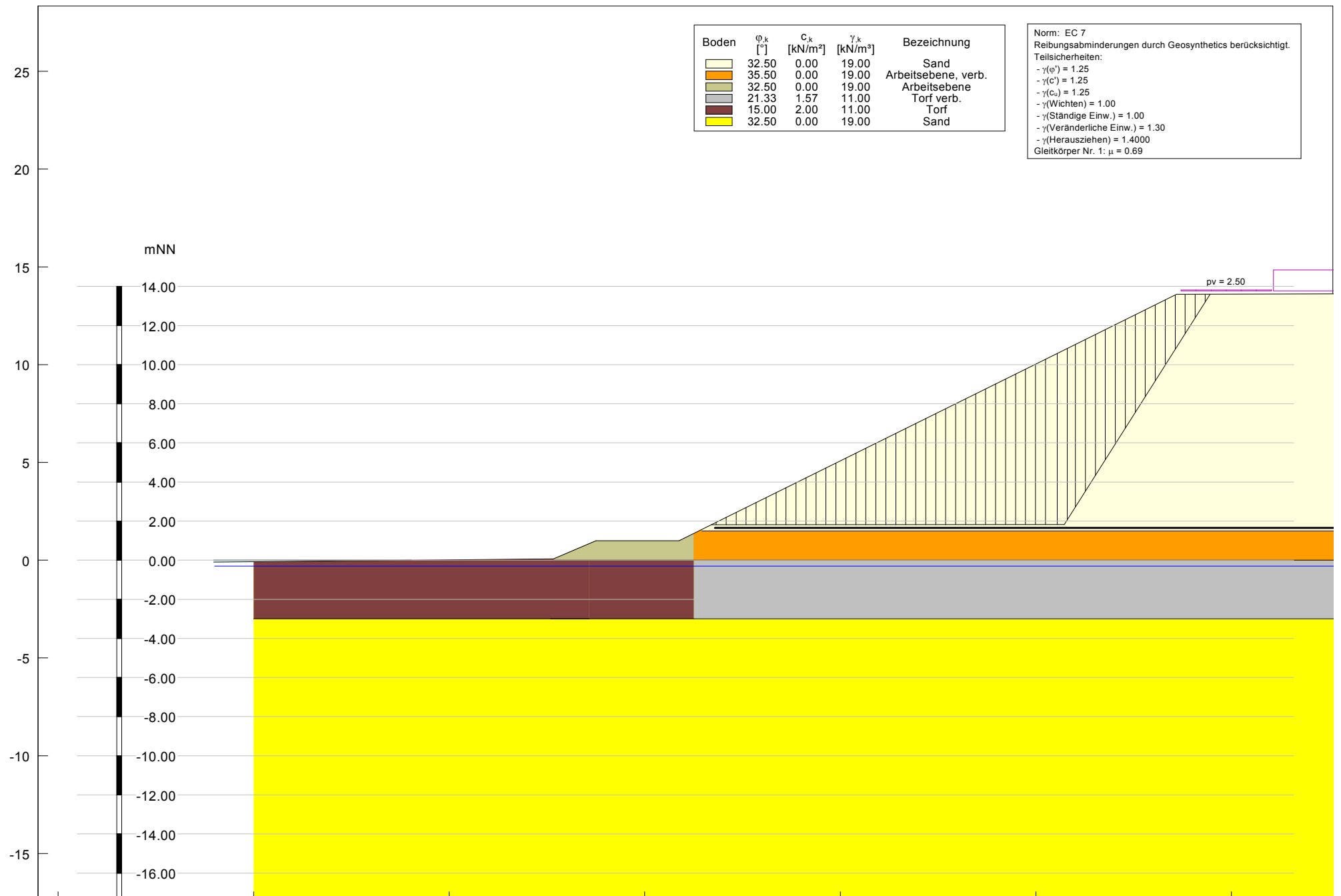




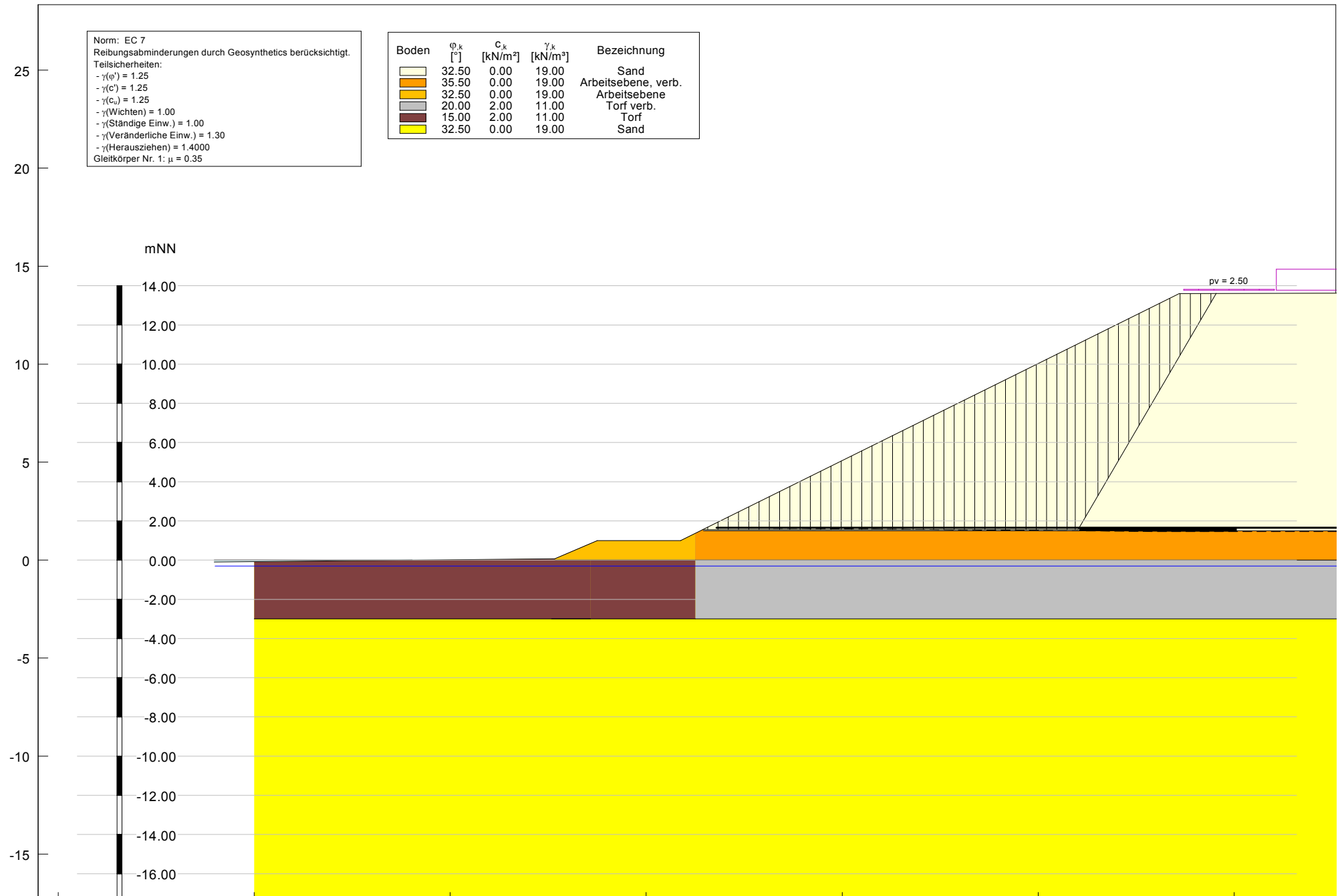
2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 4



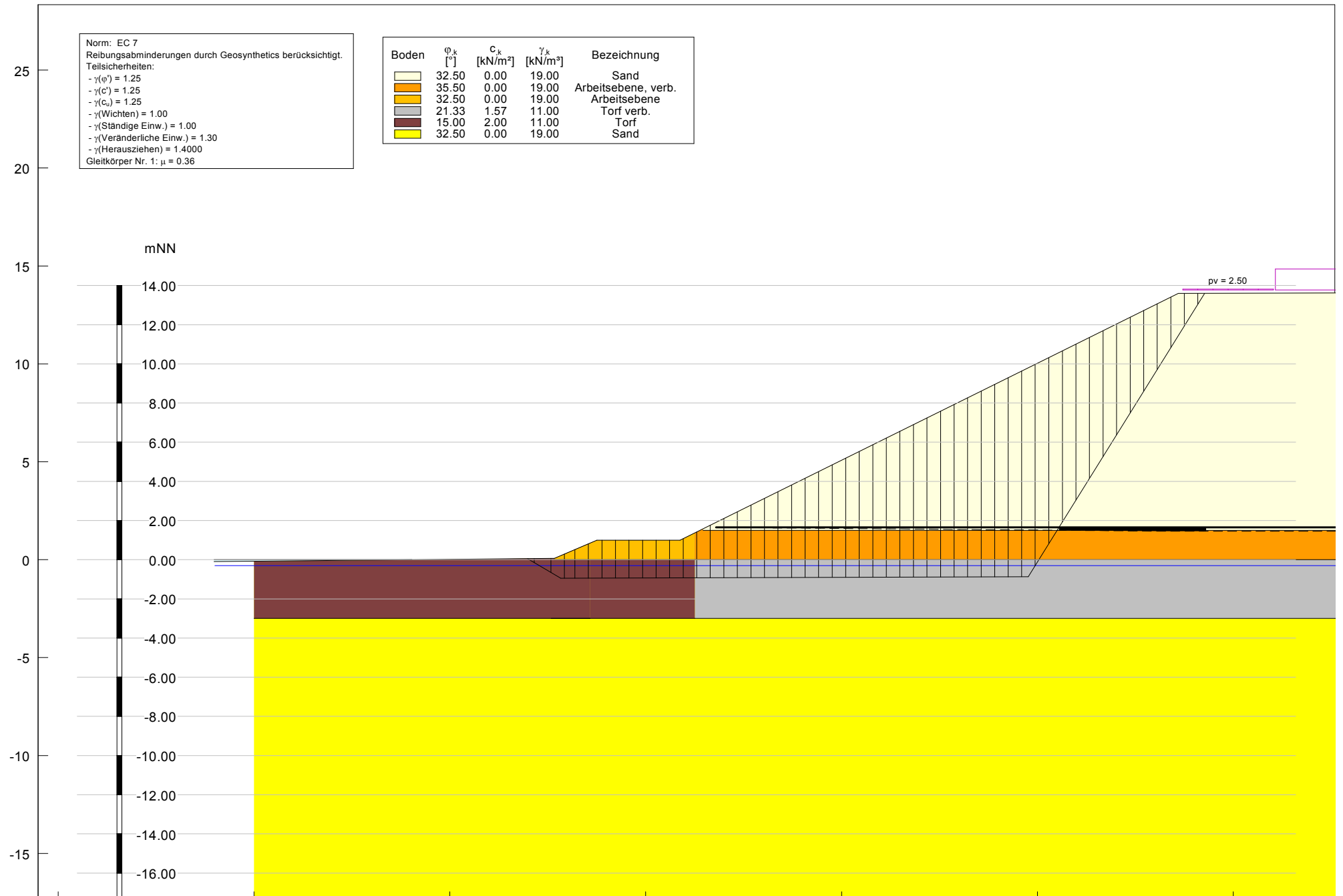
2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 4



2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten unterhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 4



2011/196; A 26, Hamburg
Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten innerhalb der Torfschicht
Berechnungsprofil 4





ANLAGE 5.2-5

BERECHNUNGSPROFIL 5

Anlage 5.2-5.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-5.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-5.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht
Anlage 5.2-5.4	Stand sicherheitsnachweise Damm

Projekt-Nr.: 2011-196
 Aufgestellt: Wi/Le
 Datum: 30. September 2016

A 26, Hamburg
 Berechnung der Inneren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 5



Betonfestigkeitsklasse C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha = 0,85 \quad \text{als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton}$$

$$\gamma_c = 1,8 \quad \text{für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden}$$

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2 \quad \text{Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2}$$

Auflasten		
	Dammschüttung	124,45 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	141,7 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	52 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	52 kN/m²
Summe Gesamtlast ständig und veränderlich		193,7 kN/m²

$$\text{Wichte} = 19 \text{ kN/m}^3 \quad h = 6,55 \text{ m}$$

$$\text{Wichte} = 23 \text{ kN/m}^3 \quad h = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Rasterfläche} \quad a \text{ [m]} = 1,5 \quad b \text{ [m]} = 1,5 \quad A = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Grundfläche Pfahl} \quad D \text{ [m]} = 0,4 \quad A_{\text{Pfahl}} = 0,126 \text{ m}^2$$

$$\text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} \quad \gamma_{G+Q} = 1,405$$

$$\text{Charakteristische Auflast} \quad V_k = 435,825 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 436 \text{ kN}$$

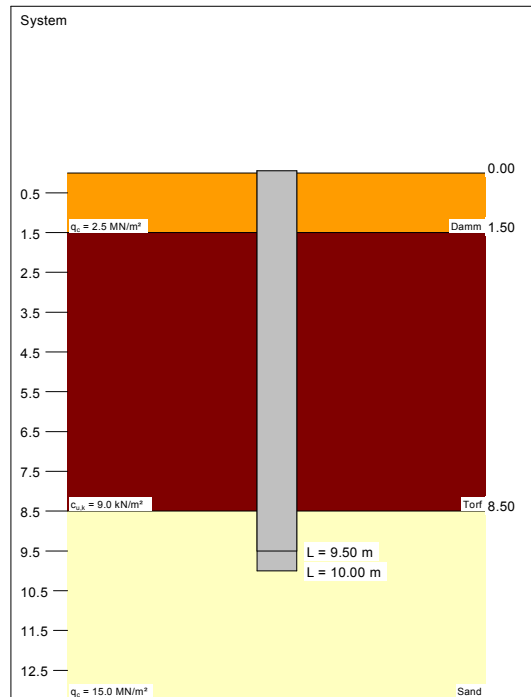
$$\text{Bemessungs Auflast} \quad V_d = 612,3541 \text{ kN} \quad \text{gerundet} \quad 612 \text{ kN} \quad = 0,61 \text{ MN}$$

$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 4,87 \text{ MN/m}^2$$

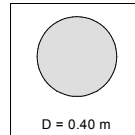
$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,41 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Bemessung Verdrängungsbohrpfahl nach EA-Pfähle

Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 5



Boden	q_c [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$q_{b,k02}$ [MN/m ²]	$q_{b,k03}$ [MN/m ²]	$q_{b,k10}$ [MN/m ²]	$q_{s,k}$ [MN/m ²]	Bezeichnung
	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

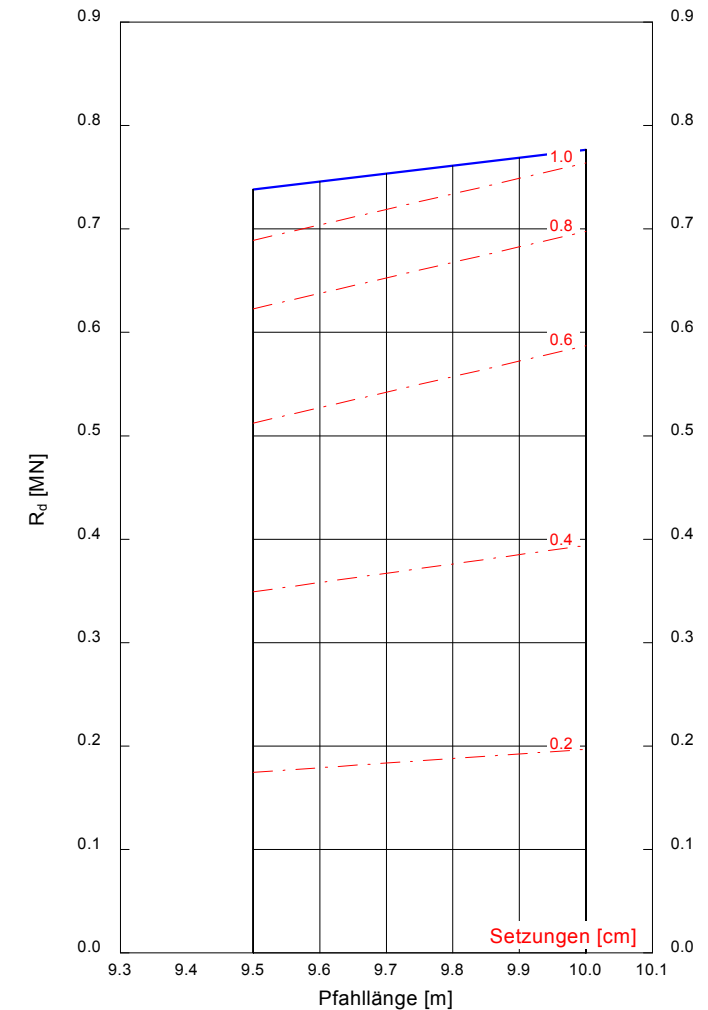
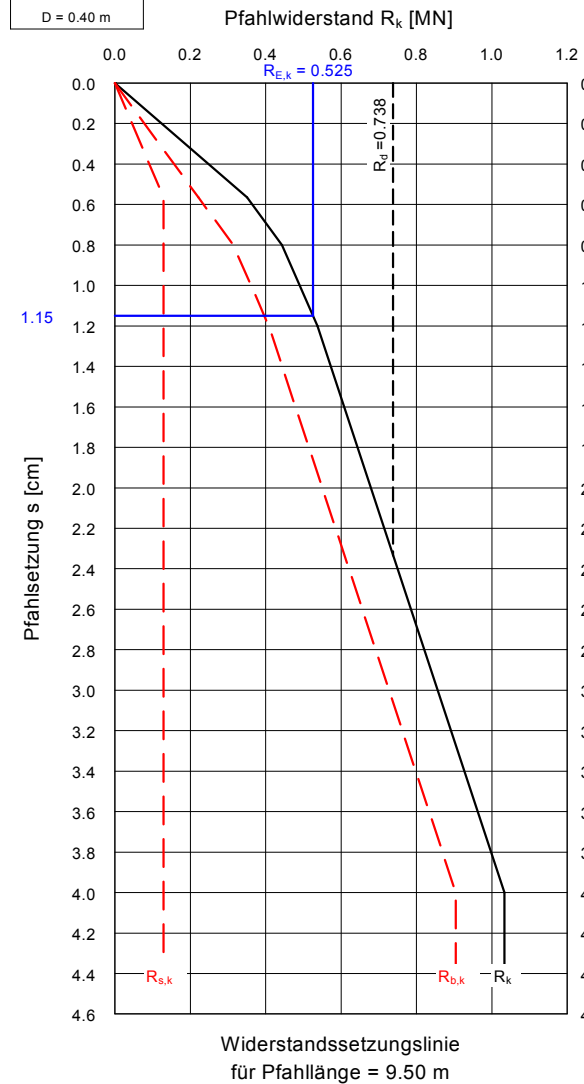


Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Fundexpfahl
Verhältniswert (min, max) = 0.00
Interpolation Mantelreibung:
bei $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$ aktiviert
bei $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ deaktiviert
Pfahldurchmesser = 0.400 m
 $\gamma_P = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.370
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.370 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.370) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.405$
 R_d — — — — — **Setzung**

D [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	9.50	1.034	0.738	0.525	1.15
0.400	10.00	1.087	0.776	0.552	1.04

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.405) = R_k / 1.97 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.405]$$





Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 6,55$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Straßenoberbau

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 8380,5	J_y [kN/m] = 13775,1
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 8867,8	J_y [kN/m] = 14130,2
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 1200	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 2000

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	3,93	Area C	3,38
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,63	Area C	3,84



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	27,46	Area C	23,28
Belastungsgrad inf. G	Area C	34,20	Area C	27,13

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

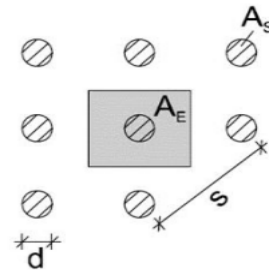
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 52$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,52



$s = 2,12$
 $h/s = 3,09$
 $d/s = 0,19$
 $A_E = 2,25$
 $A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 73,68$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 104,1$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 1291,5$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 1708,3$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 78,3$	$F_{y,G,k} [kN] = 78,3$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 110,6$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 110,6$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$

	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen	
inf. G	0,026	3,65	0,016	2,40
inf. G+Q	0,035	4,50	0,022	3,15

HINWEIS: ohne Bettung

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	26,0	Area C	16,2
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	34,0	Area C	21,0

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen

$$l_w [m] = 1,146$$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,14$	$\max f_y [m] = 0,13$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,14$

3.5 Membranzugkräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 312,000$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 324,000$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 408,000$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 420,000$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 122,7	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 225,2	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 122,7	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 225,2	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 312,0	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 446,7
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 408,0	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 645,2



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EB GEO (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 421,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 603,0$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 374,4$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 536,0$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 343,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 491,3$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 565,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 900,8$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 499,2$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 794,1$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 448,8$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 709,7$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EB GEO (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 573,6$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 955,9$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 617,7$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1029,5$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 669,1$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1115,2$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,985 erfüllt	0,942 erfüllt
BS-T	0,808 erfüllt	0,771 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,671 erfüllt	0,636 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,58$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 280,0125$$

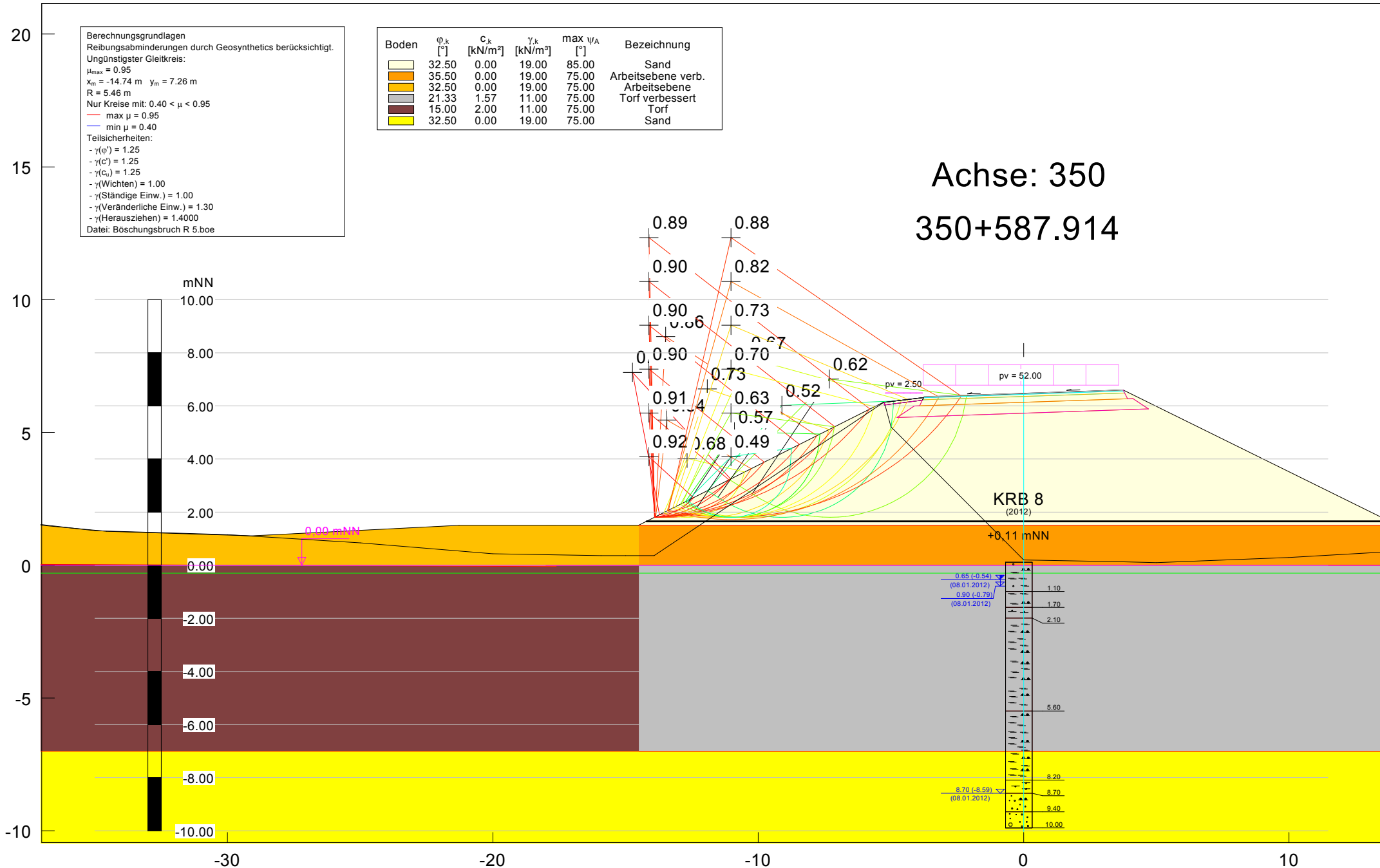
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 397,0125$$

mit Bodenbettung

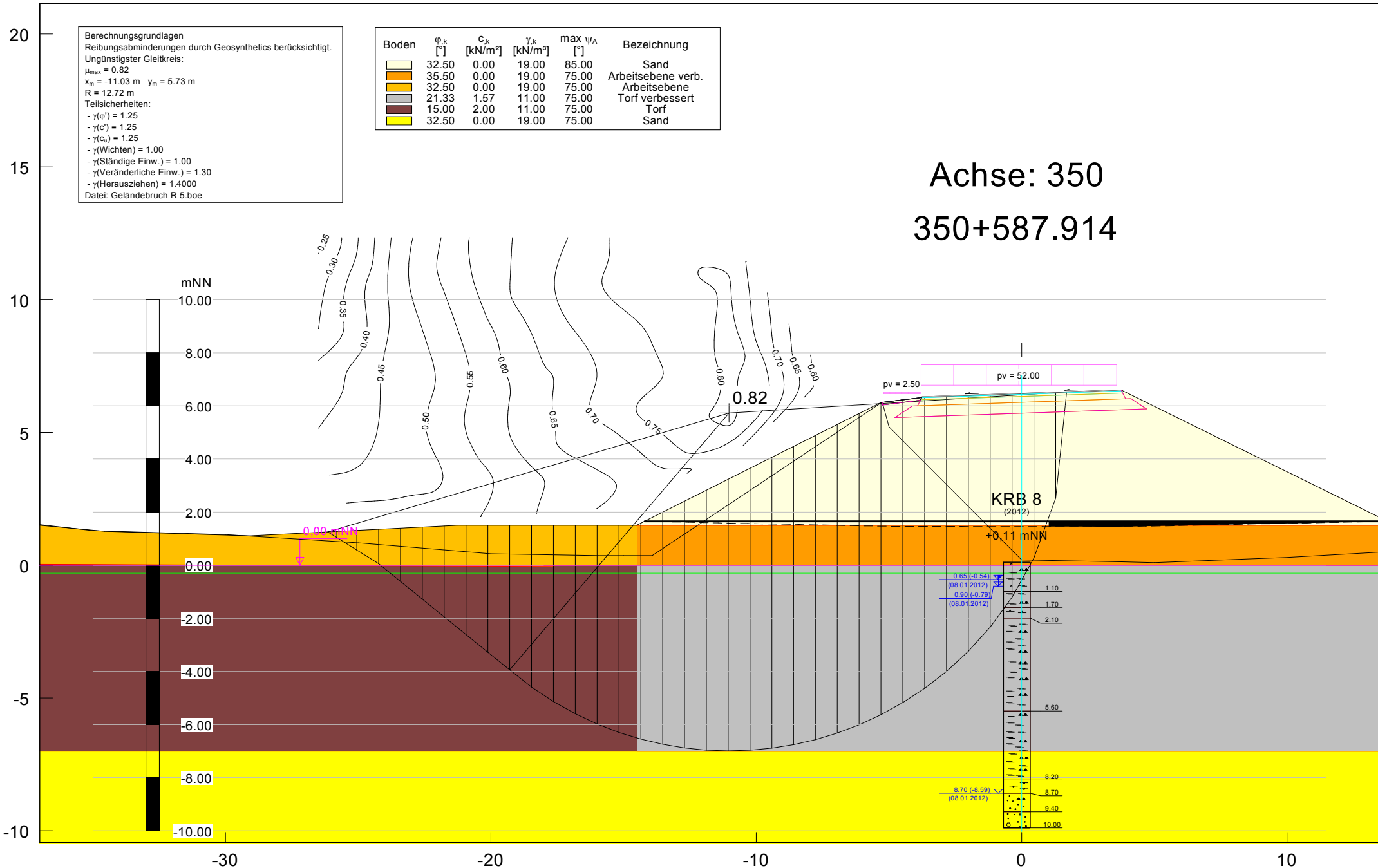
Exakt

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 162,30$$

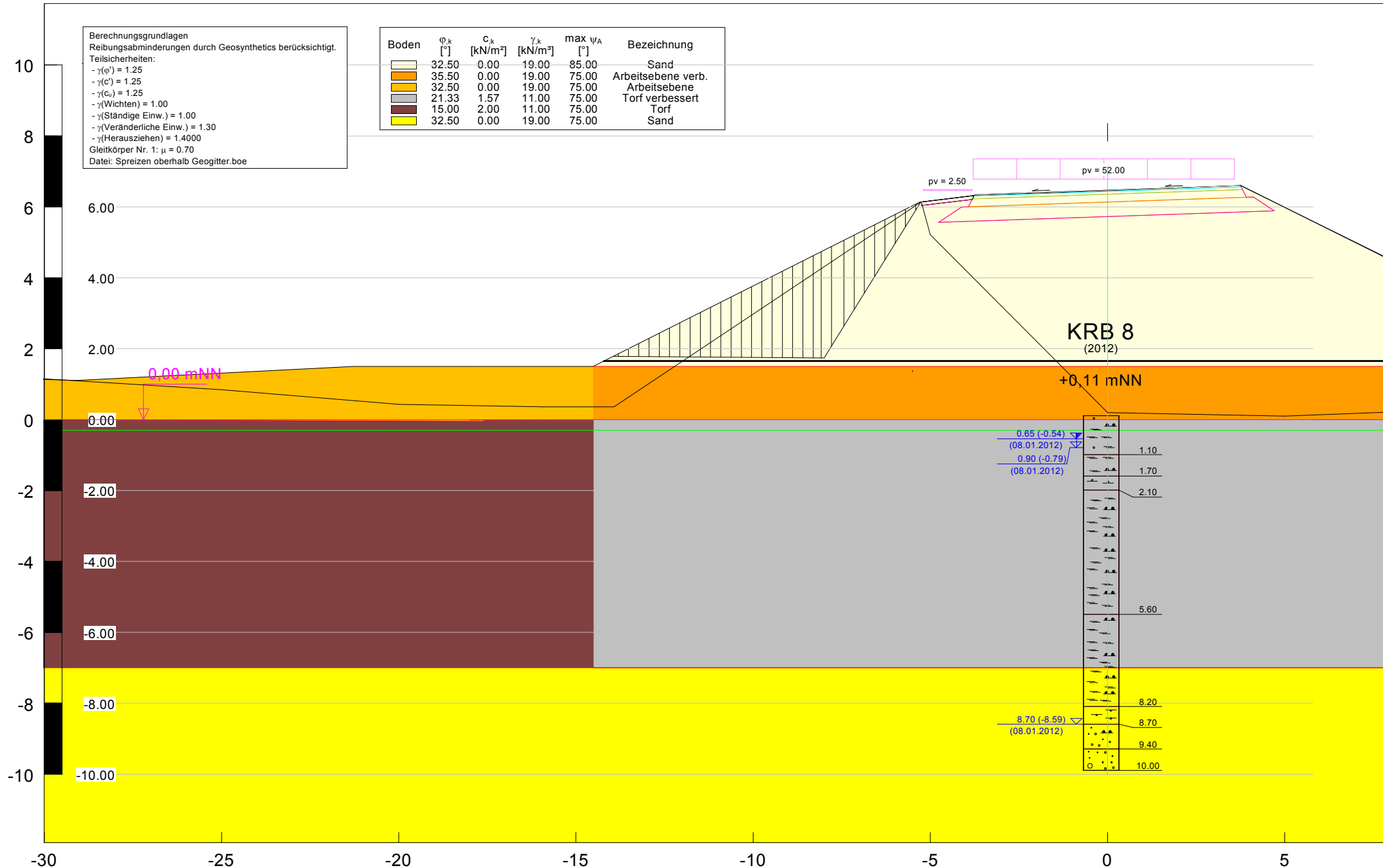
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 230,11$$



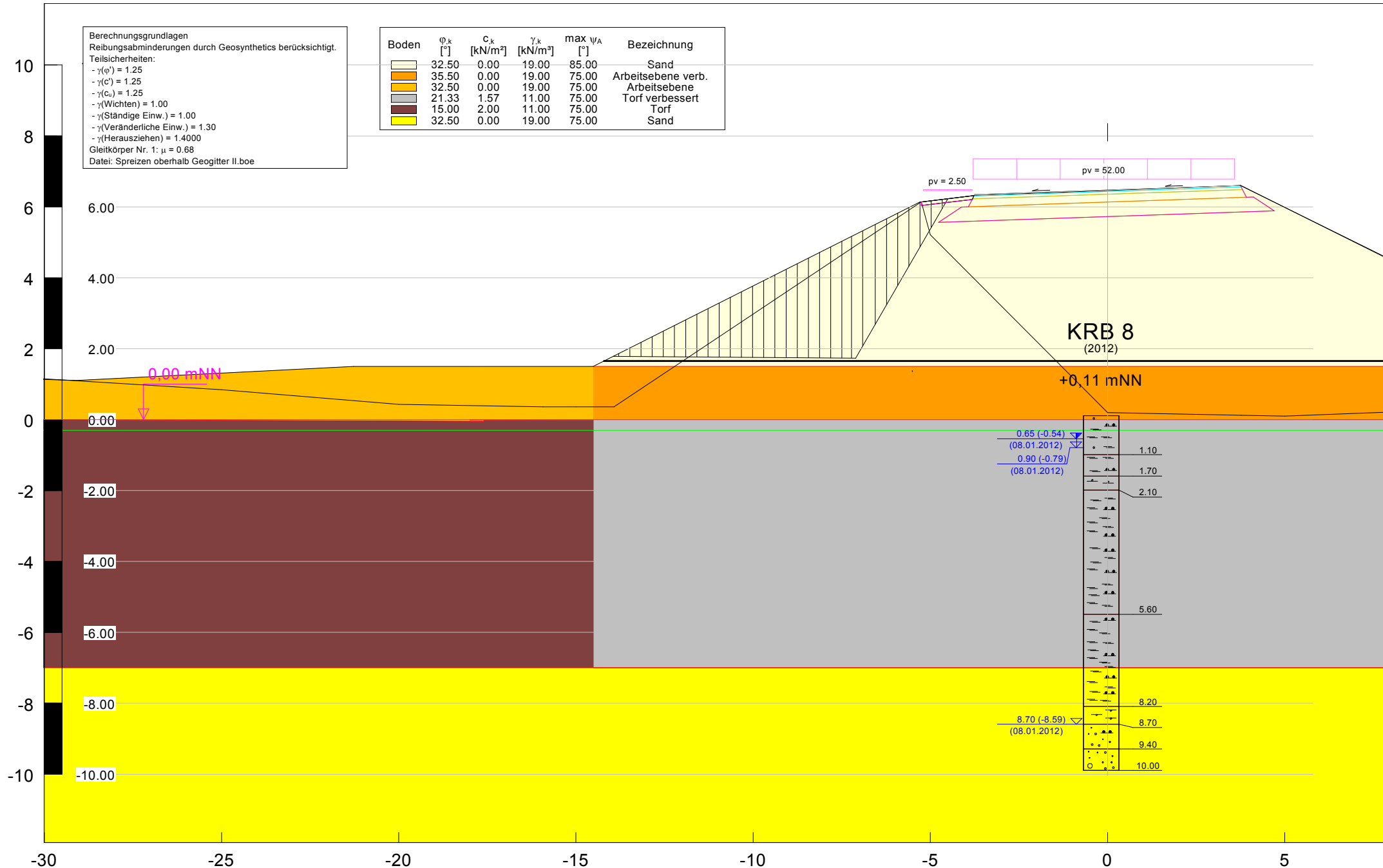
2011/196; A 26, Hamburg
Nachweis der Standsicherheit, Geländebruch
Berechnungsprofil 5, Rampe 330 und 350



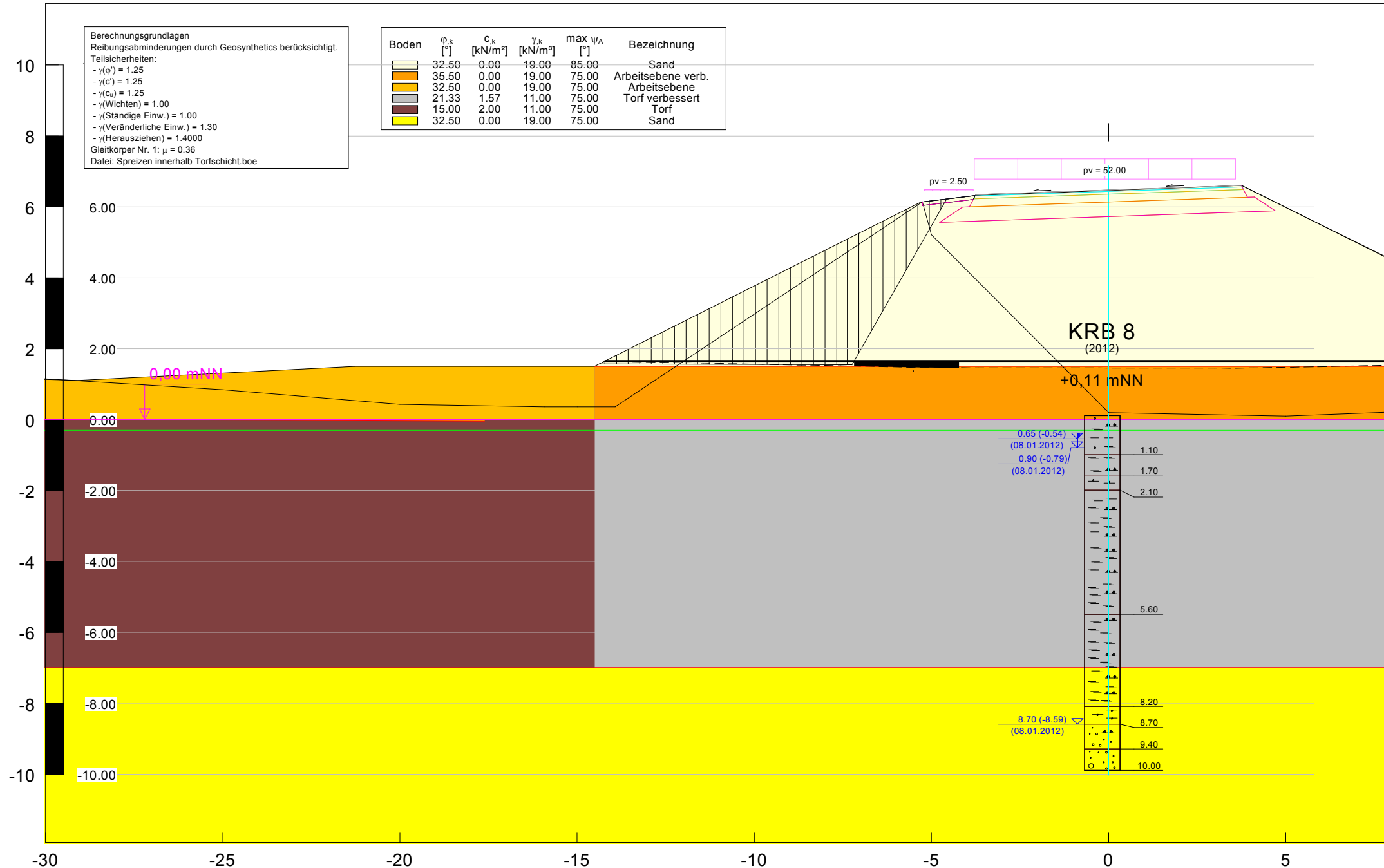
2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 5, Rampe 330 und 350



2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 5, Rampe 330 und 350



2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleiten unterhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 5, Rampe 330 und 350





ANLAGE 5.2-6

BERECHNUNGSPROFIL 6

Anlage 5.2-6.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-6.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-6.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht
Anlage 5.2-6.4	Stand sicherheitsnachweise Damm

Projekt-Nr.: 2011-196
 Aufgestellt: Wi/Le
 Datum: 30. September 2016

A 26, Hamburg
 Berechnung der Inneren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 6



Betonfestigkeitsklasse C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha = 0,85 \quad \text{als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton}$$

$$\gamma_c = 1,8 \quad \text{für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden}$$

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2 \quad \text{Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2}$$

Auflasten		
	Dammschüttung	109,25 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	126,5 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	52 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	52 kN/m²
Summe Gesamtlast ständig und veränderlich		178,5 kN/m²

$$\begin{aligned} \text{Wichte} &= 19 \text{ kN/m}^3 & h &= 5,75 \text{ m} \\ \text{Wichte} &= 23 \text{ kN/m}^3 & h &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasterfläche} & \quad a \text{ [m]} = 1,5 & b \text{ [m]} = 1,5 & \quad A = 2,25 \text{ m}^2 \\ \text{Grundfläche Pfahl} & \quad D \text{ [m]} = 0,4 & & \quad A_{\text{Pfahl}} = 0,126 \text{ m}^2 \\ \text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} & & & \quad \gamma_{G+Q} = 1,412 \end{aligned}$$

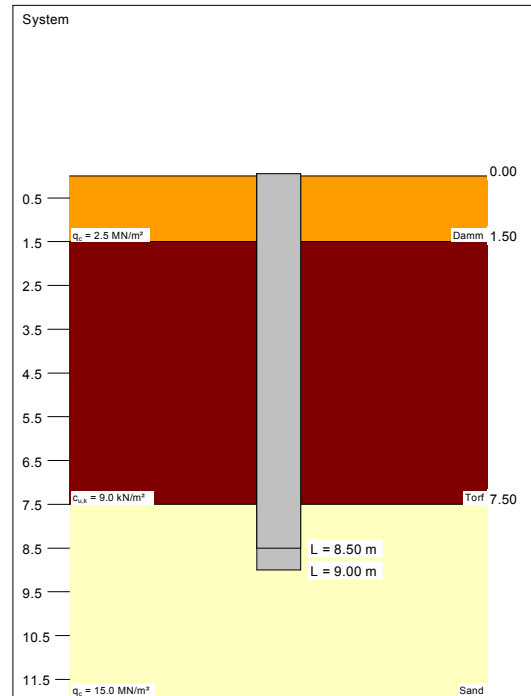
$$\begin{aligned} \text{Charakteristische Auflast} & \quad V_k = 401,625 \text{ kN} & \text{gerundet} & \quad 402 \text{ kN} \\ \text{Bemessungs Auflast} & \quad V_d = 566,9580 \text{ kN} & \text{gerundet} & \quad 567 \text{ kN} & = 0,57 \text{ MN} \end{aligned}$$

$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 4,51 \text{ MN/m}^2$$

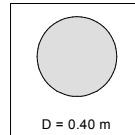
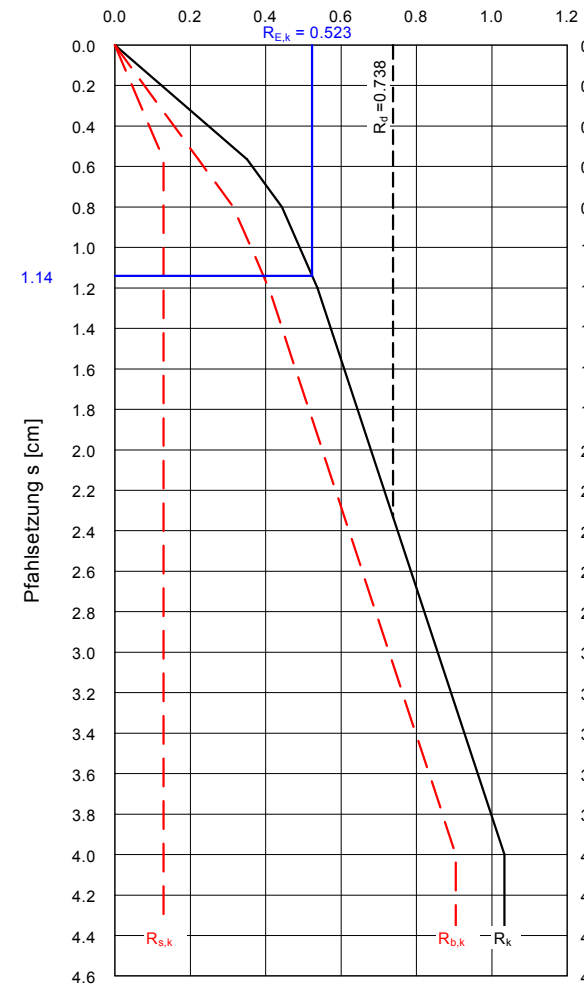
$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,38 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Bemessung Verdrängungsbohrpfahl nach EA-Pfähle

Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 6

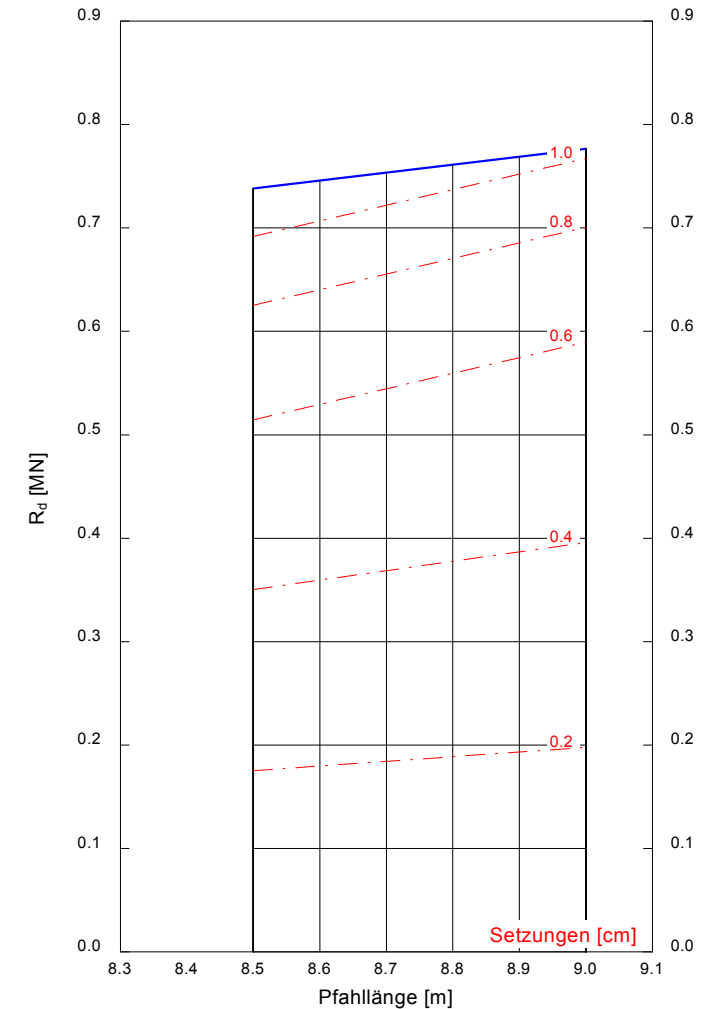


Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k02}$ [MN/m²]	$q_{b,k03}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s,k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

Pfahlwiderstand R_k [MN]Widerstandssetzungslinie
für Pfahlänge = 8.50 m

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Fundexpfahl
Verhältnisswert (min, max) = 0.00
Interpolation Mantelreibung:
bei $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$ aktiviert
bei $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ deaktiviert
Pfahldurchmesser = 0.400 m
 $\gamma_P = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.410
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.410 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.410) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.411$
 R_d
Setzung



D [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	8.50	1.034	0.738	0.523	1.14
0.400	9.00	1.087	0.776	0.550	1.03

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.411) = R_k / 1.98 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.411]$$



Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 5,75$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Straßenoberbau

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 8384,7	J_y [kN/m] = 12397,6
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 8863,9	J_y [kN/m] = 12717,2
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 1200	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 1800

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	3,93	Area C	3,38
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,63	Area C	3,84



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	27,46	Area C	23,28
Belastungsgrad inf. G	Area C	34,20	Area C	27,13

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

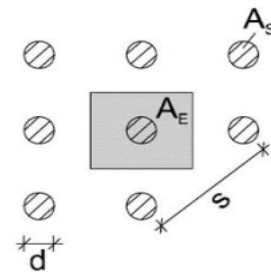
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 52$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,53



$s = 2,12$

$h/s = 2,71$

$d/s = 0,19$

$A_E = 2,25$

$A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 67,05$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 98,1$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 1131,6$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 1538,5$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 71,2$	$F_{y,G,k} [kN] = 71,2$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 104,1$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 104,1$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$

	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen	
inf. G	0,024	3,40	0,016	2,40
inf. G+Q	0,033	4,45	0,023	3,25

HINWEIS: ohne Bettung

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	23,5	Area C	16,2
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	33,0	Area C	22,3

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen

$$l_w [m] = 1,146$$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,14$	$\max f_y [m] = 0,13$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,14$

3.5 Membrankräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 282,000$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 291,600$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 396,000$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 400,500$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 94,5	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 184,5	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 94,5	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 184,5	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 282,0	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 386,1
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 396,0	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 585,0



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EB GEO (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 380,7$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 521,3$
BS-T	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 338,4$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 463,4$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 310,2$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 424,8$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 551,7$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 819,6$
BS-T	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 486,6$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 721,9$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} [\text{kN/m}] = 435,6$	$E_{y,d} [\text{kN/m}] = 643,5$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EB GEO (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 573,6$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 860,3$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 617,7$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 926,5$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 669,1$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 1003,7$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,962 erfüllt	0,953 erfüllt
BS-T	0,788 erfüllt	0,779 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,651 erfüllt	0,641 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,58$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 245,8125$$

$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 362,8125$$

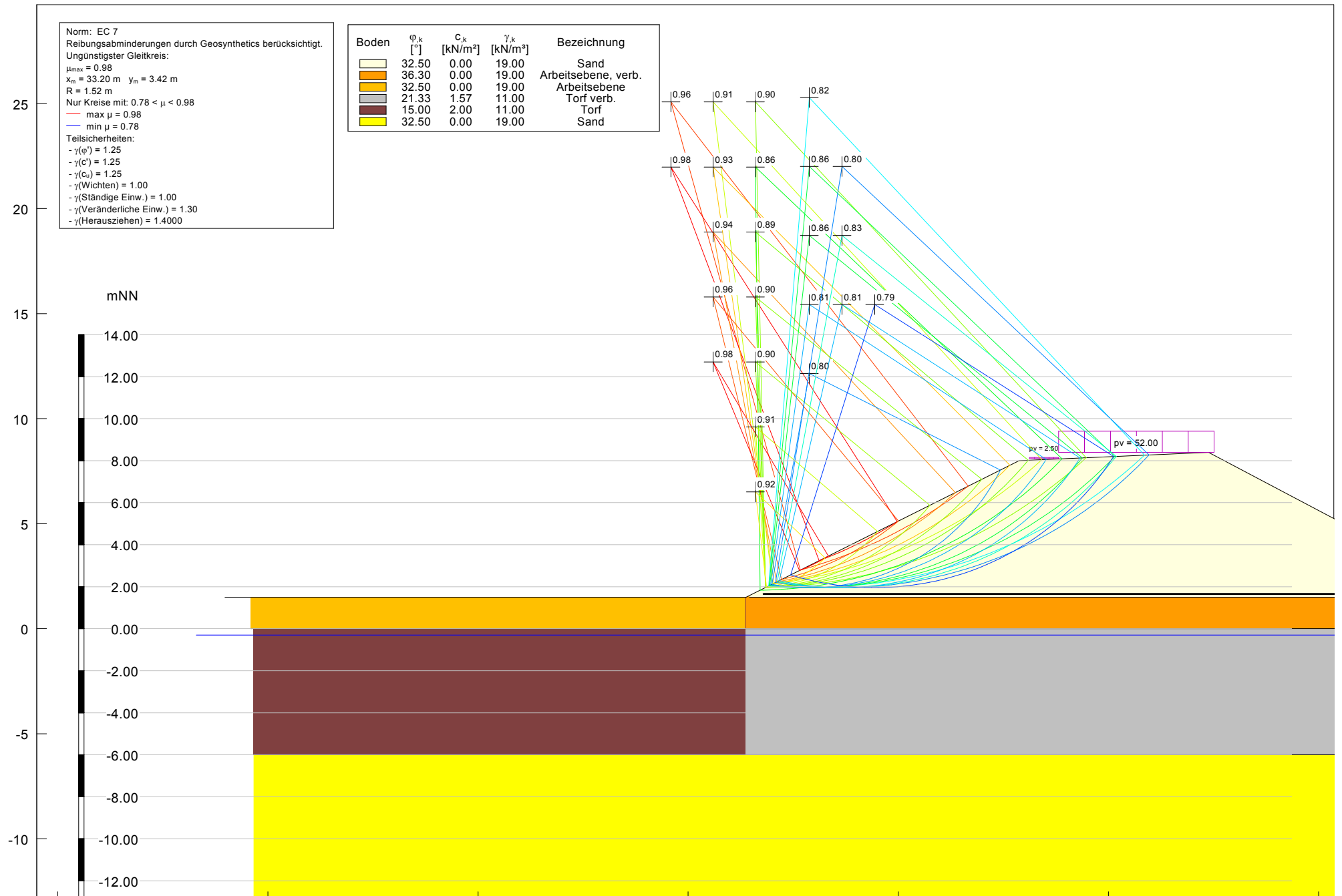
mit Bodenbettung

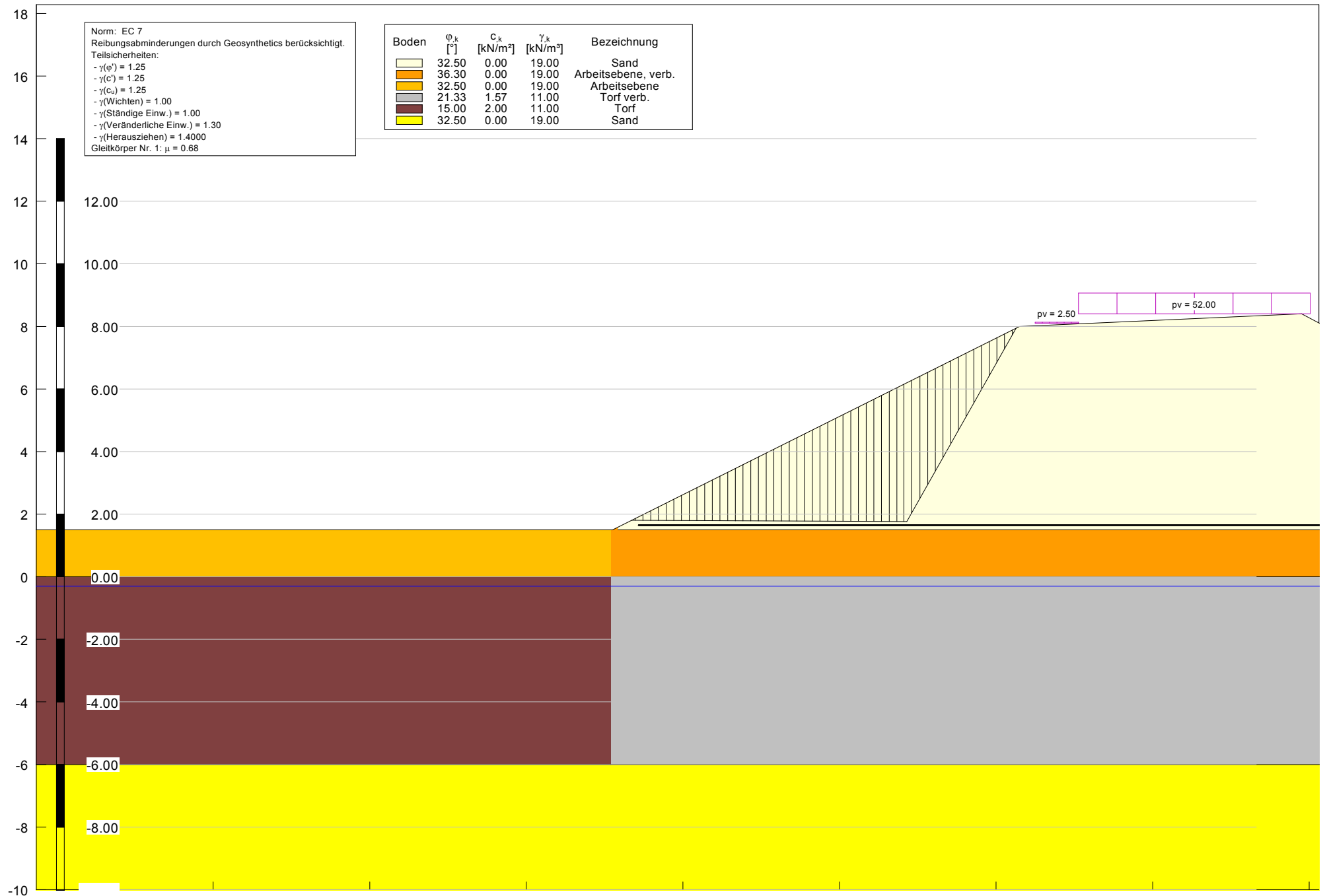
Exakt

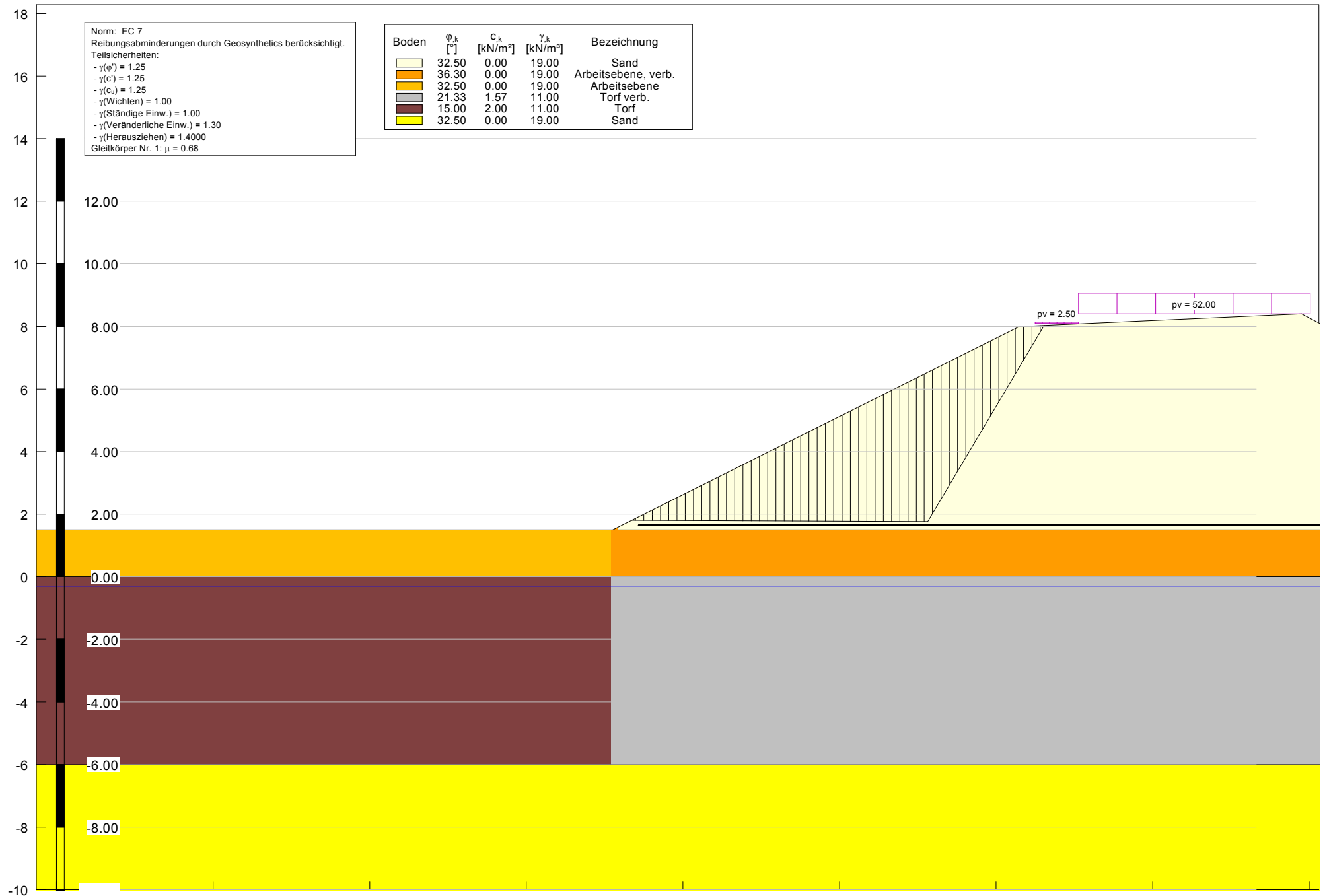
$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 142,20$$

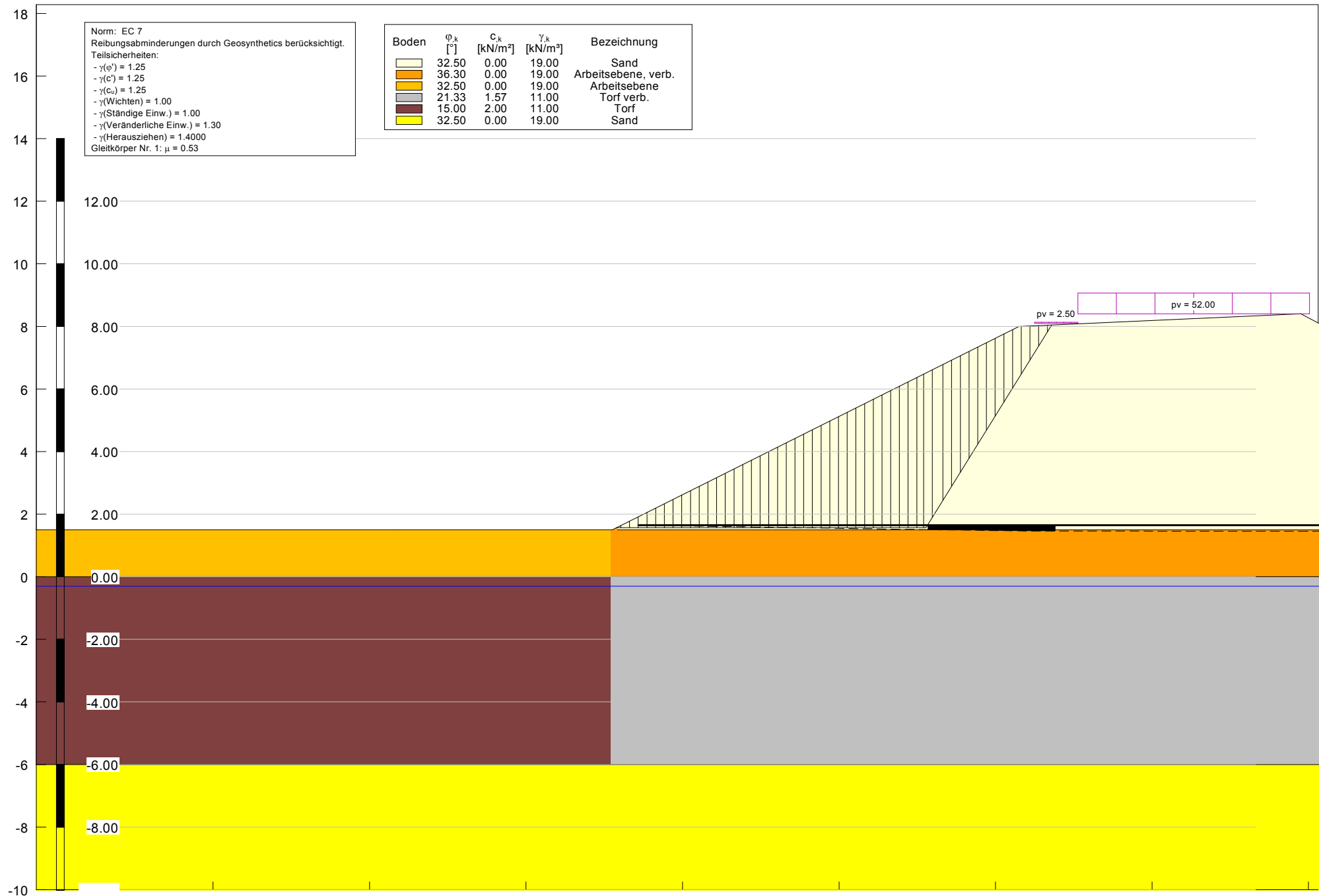
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 209,88$$

2011/196; A 26, Hamburg
Nachweis der Standsicherheit, Böschungsbruch
Berechnungsprofil 6, Rampe 370











ANLAGE 5.2-7

BERECHNUNGSPROFIL 7

Anlage 5.2-7.1	Nachweis der Innen Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-7.2	Nachweis der Äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen
Anlage 5.2-7.3	Bemessung der Lastverteilungsschicht
Anlage 5.2-7.4	Stand sicherheitsnachweise Damm

Projekt-Nr.: 2011-196
 Aufgestellt: Wi/Le
 Datum: 30. September 2016

A 26, Hamburg
 Berechnung der Inneren Tragfähigkeit, Berechnungsprofil 7



Betonfestigkeitsklasse C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im unbewehrten Bauteil

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha = 0,85 \quad \text{als Berücksichtigung für Langzeitwirkungen für Normalbeton}$$

$$\gamma_c = 1,8 \quad \text{für unbewehrten Beton bei ständigen und vorübergehenden}$$

$$f_{cd} = 11,81 \text{ MN/m}^2 \quad \text{Bemessungssituationen DIN 1045 Tab.2}$$

Auflasten		
	Dammschüttung	67,45 kN/m ²
	Straßenbelag	17,25 kN/m ²
	Gesamtlast ständig	84,7 kN/m²
veränderlich	Verkehrslast	52 kN/m ²
	Gesamtlast veränderlich	52 kN/m²
Summe Gesamtlast ständig und veränderlich		136,7 kN/m²

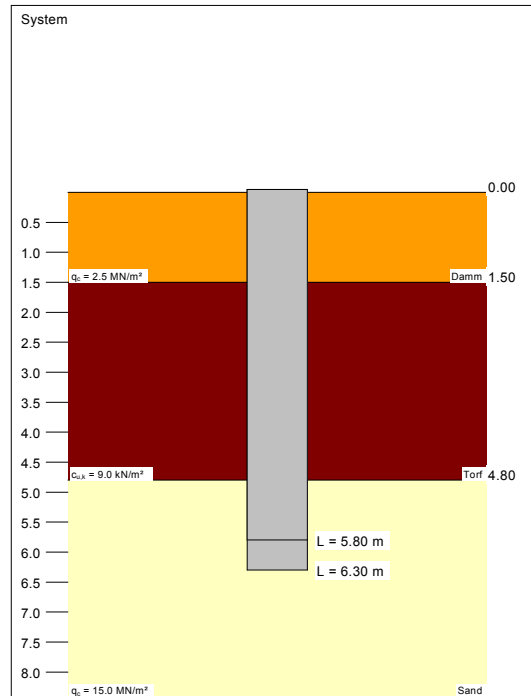
$$\begin{aligned} \text{Wichte} &= 19 \text{ kN/m}^3 & h &= 3,55 \text{ m} \\ \text{Wichte} &= 23 \text{ kN/m}^3 & h &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasterfläche} & \quad a \text{ [m]} = 1,5 & b \text{ [m]} = 1,5 & \quad A = 2,25 \text{ m}^2 \\ \text{Grundfläche Pfahl} & \quad D \text{ [m]} = 0,4 & & \quad A_{\text{Pfahl}} = 0,126 \text{ m}^2 \\ \text{Abminderungsbeiwert prozentual angerechnet} & & & \quad \gamma_{G+Q} = 1,442 \end{aligned}$$

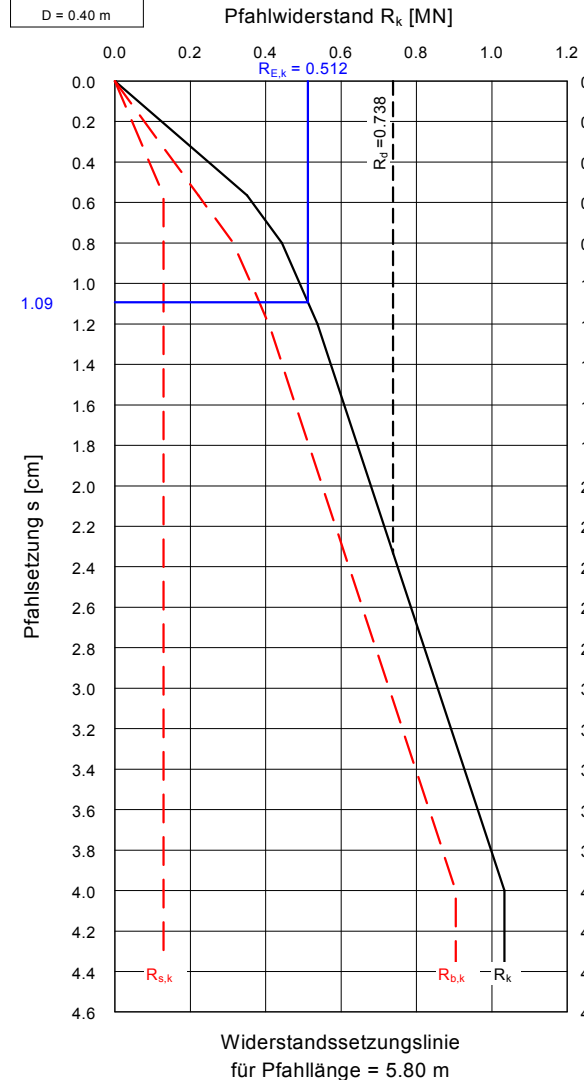
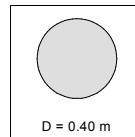
$$\begin{aligned} \text{Charakteristische Auflast} & \quad V_k = 307,575 \text{ kN} & \text{gerundet} & \quad 308 \text{ kN} \\ \text{Bemessungs Auflast} & \quad V_d = 443,5507 \text{ kN} & \text{gerundet} & \quad 444 \text{ kN} & = 0,44 \text{ MN} \end{aligned}$$

$$\text{Betonnormalspannung} \quad \sigma_{cd} = V_d / A_{\text{Pfahl}} = 3,53 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{NW} \quad \sigma_{cd} / f_{cd} = 0,30 < 1 \quad \text{erfüllt}$$



Boden	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$q_{b,k02}$ [MN/m²]	$q_{b,k03}$ [MN/m²]	$q_{b,k10}$ [MN/m²]	$q_{s,k}$ [MN/m²]	Bezeichnung
Damm	2.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0117	Damm
Torf	0.0	9.0	0.000	0.000	0.000	0.0000	Torf
Sand	15.0	0.0	2.500	3.250	7.200	0.0850	Sand

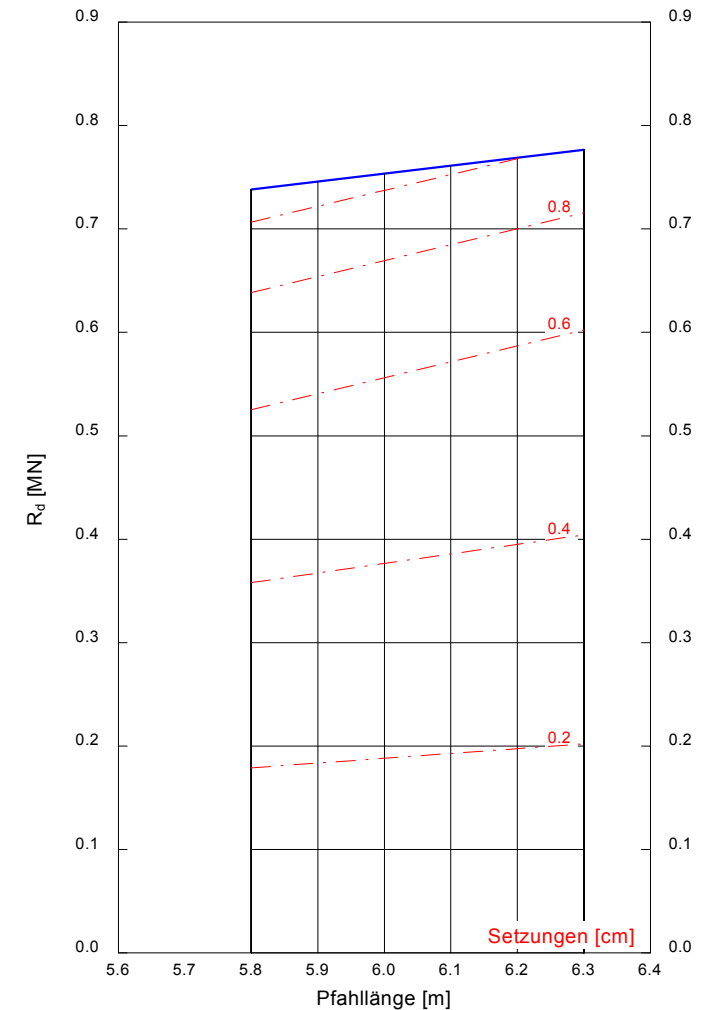


Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fundexpfahl
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_c < 7.5$ MN/m² aktiviert
 bei $c_{u,k} < 60$ kN/m² deaktiviert
 Pfahldurchmesser = 0.400 m
 $\gamma_P = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.610
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.610 \cdot \gamma_G + (1 - 0.610) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.442$
 R_d
 - - - - - Setzung

D [m]	Länge [m]	R_k [MN]	R_d [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	5.80	1.034	0.738	0.512	1.09
0.400	6.30	1.087	0.776	0.539	0.98

$$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.442) = R_k / 2.02 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.442]$$





Geogitter Berechnung nach EBGeo - Bemessung für Rechteckraster

1. Eingangsdaten

<u>Pfähle</u>	s_x [m]	s_y [m]
Achsabstand der Pfähle	1,5	1,5
	d [m]	d_{ers} [m]
Pfahldurchmesser: rund	0,4	0,4
	b_{ers} [m]	
rechteckig	0,354	

Füllboden Erddamm

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 19$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 32,5$
Höhe des Dammes [m]	$h = 3,55$
	$z = 0$
Erddruckbeiwert [-]	$k_{agh} = 0,301$

Straßenoberbau

Wichte [kN/m ³]	$\gamma_k = 23$
Reibungswinkel [°]	$\rho'_k = 0$
Höhe des Dammes [m]	$h = 0,75$
	nach DIN 4085

Geokunststoffbewehrung

Dehnsteifigkeit		
inf. G [kN/m]	J_x [kN/m] = 7332,6	J_y [kN/m] = 8384,7
inf. G+Q [kN/m]	J_x [kN/m] = 7497,9	J_y [kN/m] = 8863,9
Kurzzeitzugfestigkeit	$F_{k0,x}$ [kN/m] = 1000	$F_{k0,y}$ [kN/m] = 1200

Auswertung der Polynomfunktion

festgelegt

	Bereich x	ϵ [%]	Bereich y	ϵ [%]
Dehnung inf. G	Area C	4,42	Area C	3,93
Dehnung inf. G+Q	Area C	4,78	Area C	4,63



Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	32,41	Area C	27,46
Belastungsgrad inf. G	Area C	35,84	Area C	34,20

Einwirkung auf GOK

Eigengewicht (zusätzlich zum Dammmaterial) [kN/m²]

$p_{G,k} = 0$

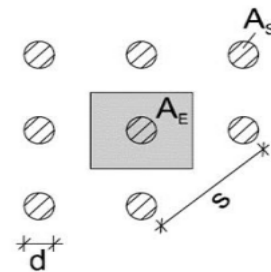
Verkehrslast [kN/m²]

$p_{Q,k} = 52$

2. Verteilung der vertikalen Spannungen

Grafik 4.9, S. 168

abgelesen: 0,58



$s = 2,12$
 $h/s = 1,67$
 $d/s = 0,19$
 $A_E = 2,25$
 $A_S = 0,13$

2.1 Vertikale Spannungen auf den Untergrund (σ_{z0} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{z0,G,k} = 49,13$

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{z0,G+Q,k} = 83,1$

2.2 Vertikale Spannungen auf den Säulen (σ_{zs} [kN/m²])

Spannungen inf. G $\sigma_{zs,G,k} = 686,1$

Gl. 9.11/9.12 S. 171/172

Spannungen inf. G+Q $\sigma_{zs,G+Q,k} = 1043,5$



3. Ermittlung der Membranzugkräfte

3.1 Resultierende Einwirkung F_k

$L_{wx} [m] = 1,1$	$L_{wy} [m] = 1,1$	
$A_{Lx} [m] = 1,1$	$A_{Ly} [m] = 1,1$	Gl. 9.18/9.19 S. 173
$F_{x,G,k} [kN] = 52,2$	$F_{y,G,k} [kN] = 52,2$	Gl. 9.20-9.23, S173/174
$F_{x,G+Q,k} [kN] = 88,2$	$F_{y,G+Q,k} [kN] = 88,2$	

3.2 Dehnung

zu Diagramm S. 174

$(F_k/b_{ers})/J_k =$	x ϵ [%] abgelesen		y ϵ [%] abgelesen		HINWEIS: ohne Bettung
inf. G	0,020	3,22	0,018	2,78	
inf. G+Q	0,033	4,45	0,028	3,78	

3.3 Belastungsgrad der Kurzzeitzugfestigkeit

abgelesen aus Isochronen des Produktes für das jeweilig ϵ

	Bereich x	[%]	Bereich y	[%]
Belastungsgrad inf. G	Area C	22,5	Area C	18,1
Belastungsgrad inf. G+Q	Area C	33,0	Area C	26,0

3.4 Maximaler Durchhang des Geogitters

Lichte Weite zwischen den Stützen $l_w [m] = 1,146$

maximaler Durchhang inf. G	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,14$
maximaler Durchhang inf. G+Q	$\max f_x [m] = 0,15$	$\max f_y [m] = 0,15$

3.5 Membrankräfte

Zugkraft inf. G	$E_{G,k,x} [kN/m] = 225,000$	$E_{G,k,y} [kN/m] = 217,200$
Zugkraft inf. G+Q	$E_{G+Q,k,x} [kN/m] = 330,000$	$E_{G+Q,k,y} [kN/m] = 312,000$



3.6 Passiver Erddruck aus Einbindung

HINWEIS: Beachte Kriterien für den Ansatz auf S. 178 (EBGEO)

Wichte der Einbindungsschicht	γ [kN/m ³] = 18
Höhe der Einbindungsschicht	h [m] = 1,5
Erddruckbeiwert	k_{pgh} = 12,33
Passiver Erddruck	$E_{ph,k}$ = 0

3.8 Spreizkräfte im Böschungsbereich ohne Abminderung

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 36,0	Gl.9.28 S.178
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 91,6	Gl.9.29 S.178

3.9 Spreizkräfte im Böschungsbereich mit Abminderung

HINWEIS: Bedingungen zur Abminderung beachten (S.178)

Spreizkraft inf. G	$\Delta E_{G,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G,k,y}$ [kN/m] = 36,0	Gl.9.30 S.179
Spreizkraft inf. G+Q	$\Delta E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 0	$\Delta E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 91,6	Gl.9.31 S.179

3.10 nötige Gesamtzugkraft des Geogitters

Gesamtzugkraft inf.G	$E_{G,k,x}$ [kN/m] = 225,0	$E_{G,k,y}$ [kN/m] = 253,2
Gesamtzugkraft inf.G+Q	$E_{G+Q,k,x}$ [kN/m] = 330,0	$E_{G+Q,k,y}$ [kN/m] = 403,6



4. Nachweisführung $E_d < R_d$

Bemessung nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-2012 sowie EBGE0 (2010)

Einwirkungen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen (DIN 1054:2010-2012)			
GEO2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
ständige γ_G	1,35	1,20	1,10
veränderliche γ_Q	1,50	1,30	1,10

4.1 Bemessungswerte der Beanspruchung in der Geokunststoffbewehrung

Ständige Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 303,8$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 341,9$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 270,0$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 303,9$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 247,5$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 278,6$

Ständige und veränderliche Lasten:

BS-P	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 461,3$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 567,4$
BS-T	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 406,5$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 499,4$
BS-A bzw. BS-E	$E_{x,d} \text{ [kN/m]} = 363,0$	$E_{y,d} \text{ [kN/m]} = 444,0$

Widerstände

Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände (DIN 1054:2010-2012)			
GEO 2	BS-P	BS-T	BS-A bzw. BS-E
Material γ_M	1,40	1,30	1,20
Anpassungsfaktor nach EBGE0 (2010)			
Anpassungsfaktor	1,10		



Abminderungsfaktoren für Geokunststoffe				Produktspezifische Werte variieren mit jeweiligem Geogitter
	x-Richtung	y-Richtung		
A1	1,52	1,52	Kriechen	
A2	1,05	1,05	Einbaubeschädigung	
A3	1,00	1,00	Überlappung	
A4	1,03	1,03	Chemische Beständigkeit	
A5	1,00	1,00	Dynamische Einwirkungen	

4.2 Bemessungswerte der Widerstände

BS-P	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 478,0$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 573,6$
BS-T	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 514,7$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 617,7$
BS-A bzw. BS-E	$R_{x,B,d} \text{ [kN/m]} = 557,6$	$R_{y,B,d} \text{ [kN/m]} = 669,1$

4.3 Nachweis für ständige und veränderliche Lasten mit Auslastungsgraden

	$\mu_x = E_d/R_d < 1$	$\mu_y = E_d/R_d < 1$
BS-P	0,965 erfüllt	0,989 erfüllt
BS-T	0,790 erfüllt	0,808 erfüllt
BS-A bzw. BS-E	0,651 erfüllt	0,663 erfüllt

Säulenkräfte in Kopfebene

Einflussfläche	$A_E \text{ [m}^2\text{]} = 2,25$	
Stützfläche	$A_S \text{ [m}^2\text{]} = 0,13$	
Lastumlagerungsfaktor	$E_L = 0,57$	Das bedeutet, 52 % des Dammgewichtes werden direkt in die Pfähle eingeleitet

$$E_L = \frac{\sigma_{zs,G,k} * A_S}{\gamma_k * h * A_E}$$

ohne Bodenbettung

sichere Seite

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 151,7625$$

$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 268,7625$$

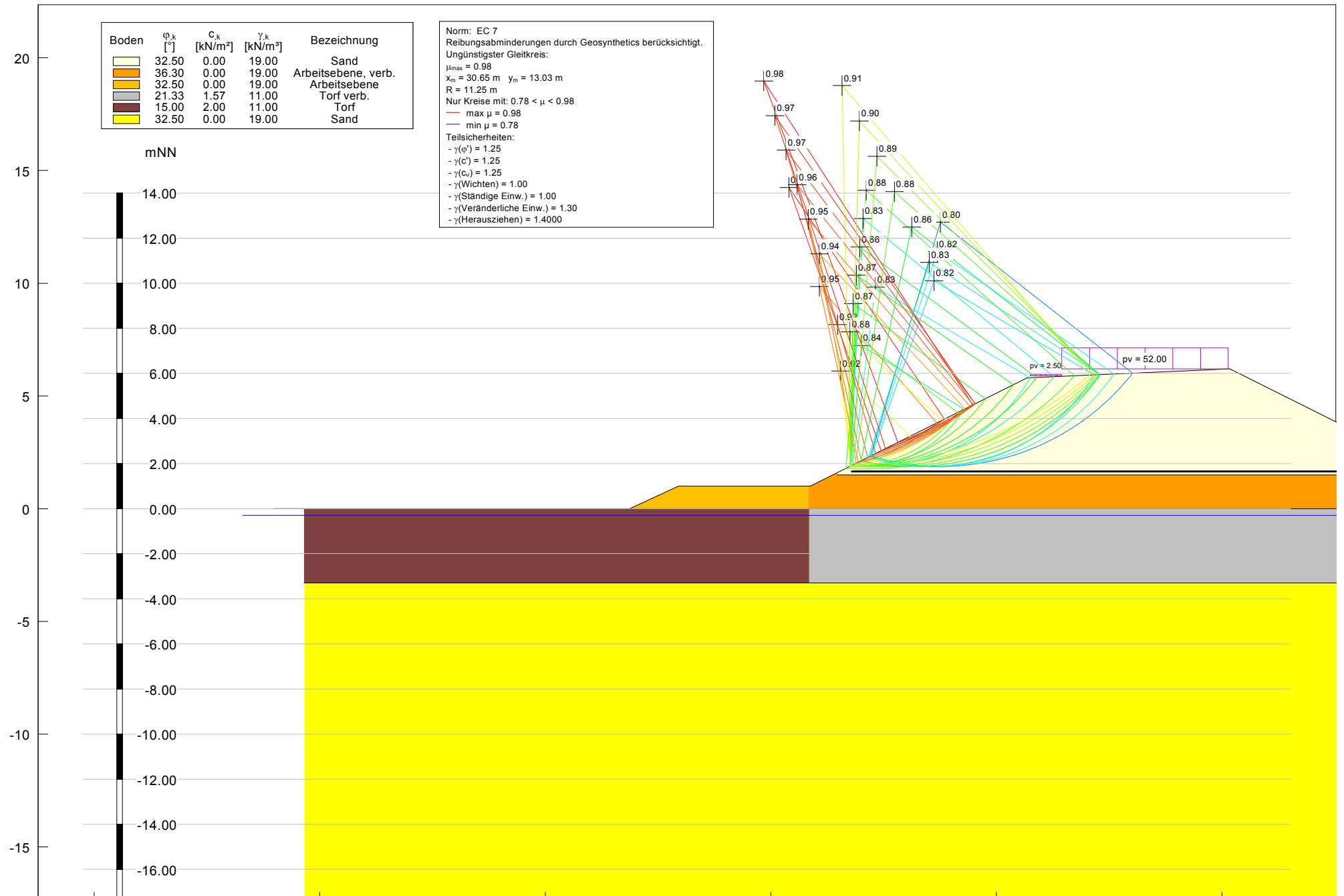
mit Bodenbettung

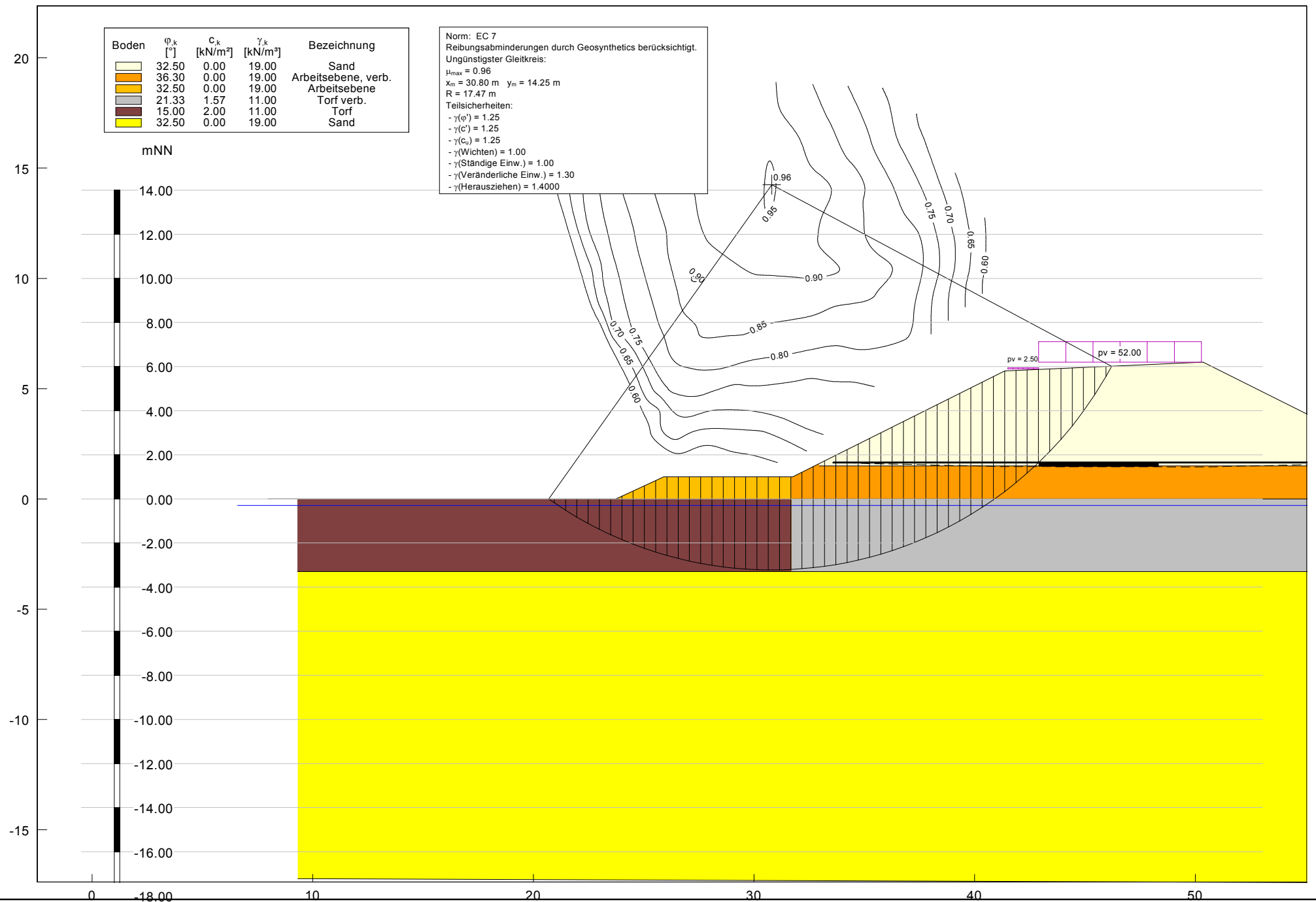
Exakt

$$F_{s,G,k} \text{ [kN]} = 86,21$$

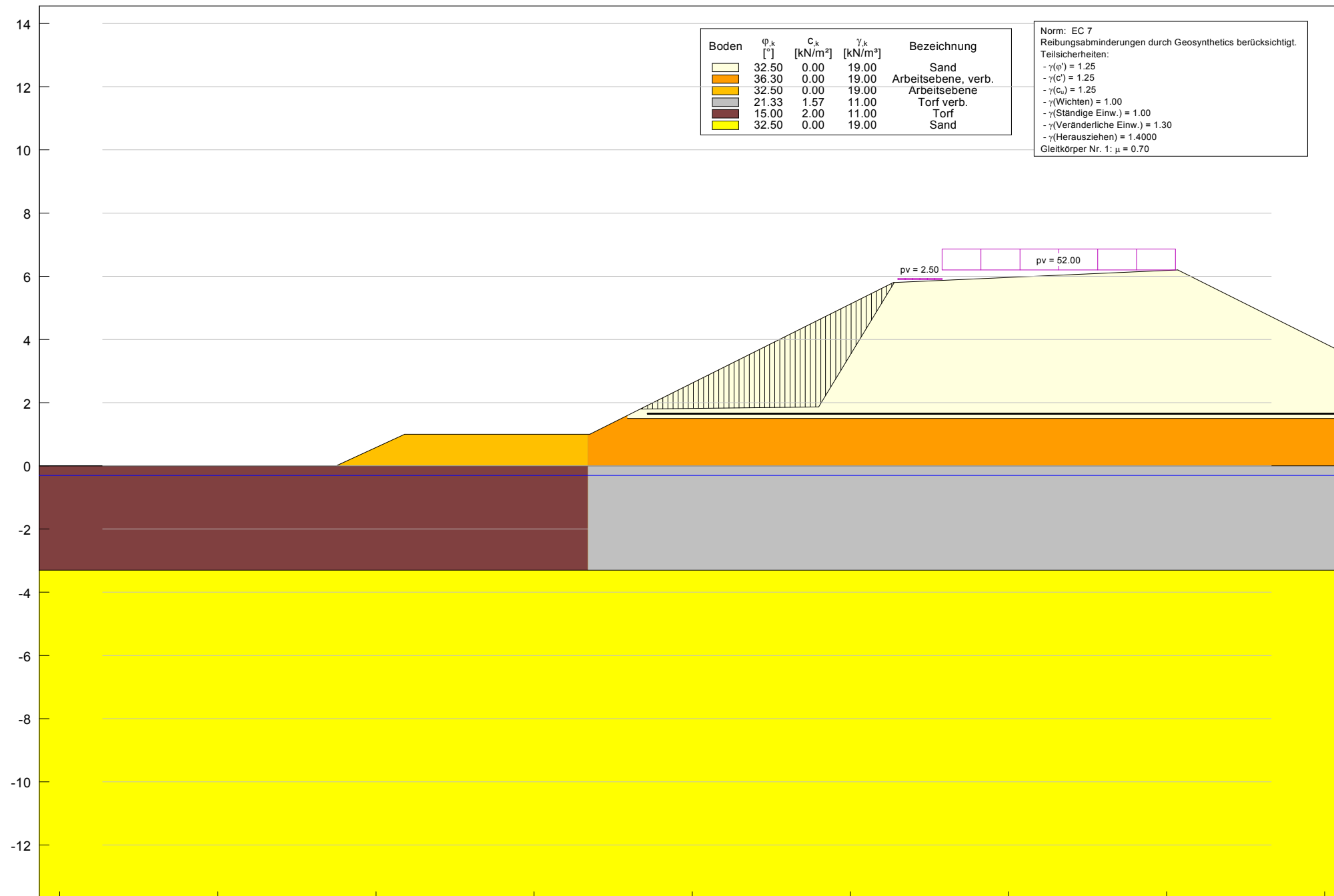
$$F_{s,G+Q,k} \text{ [kN]} = 152,68$$

2011/196; A 26, Hamburg
Nachweis der Standsicherheit, Böschungsbruch
Berechnungsprofil 7

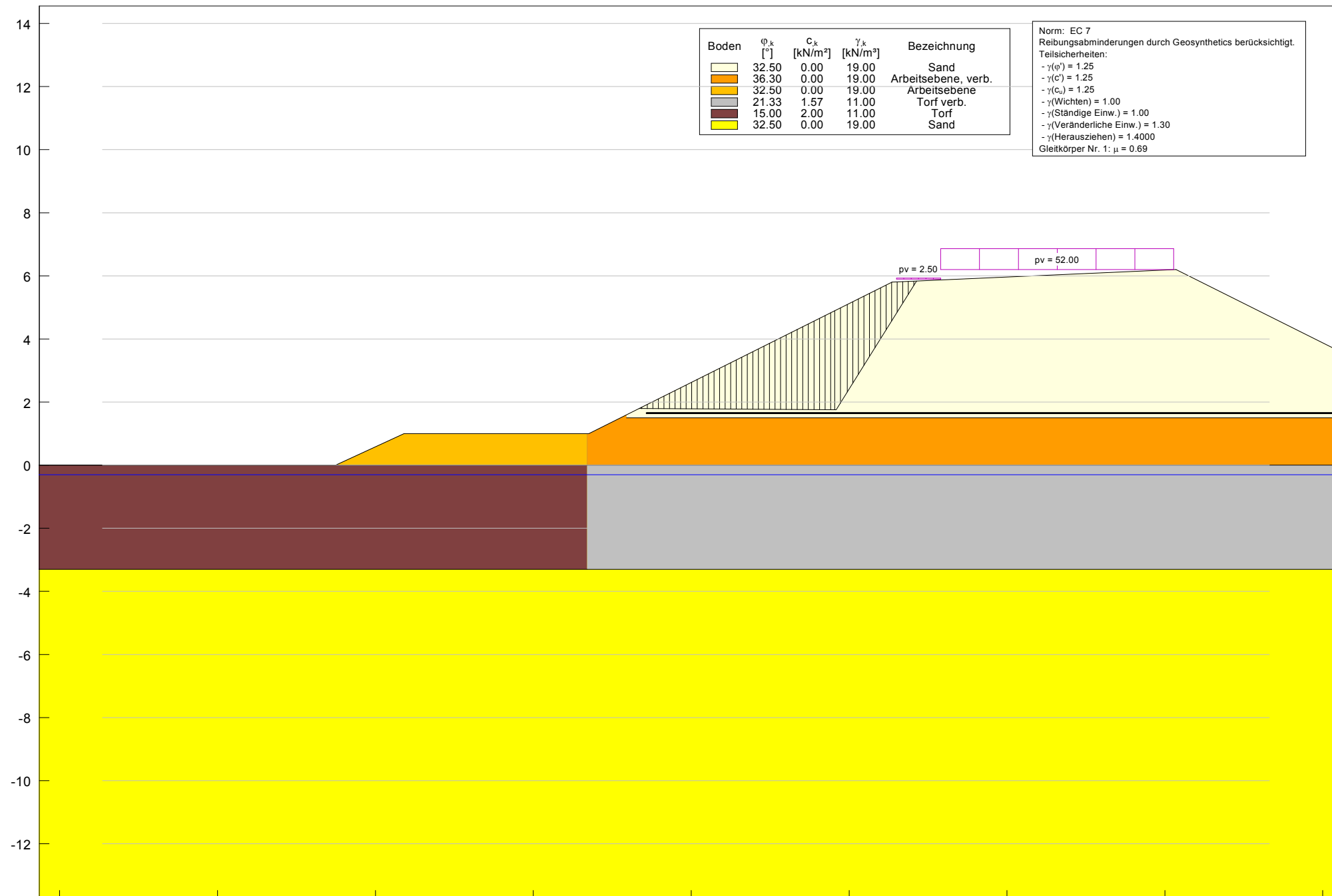


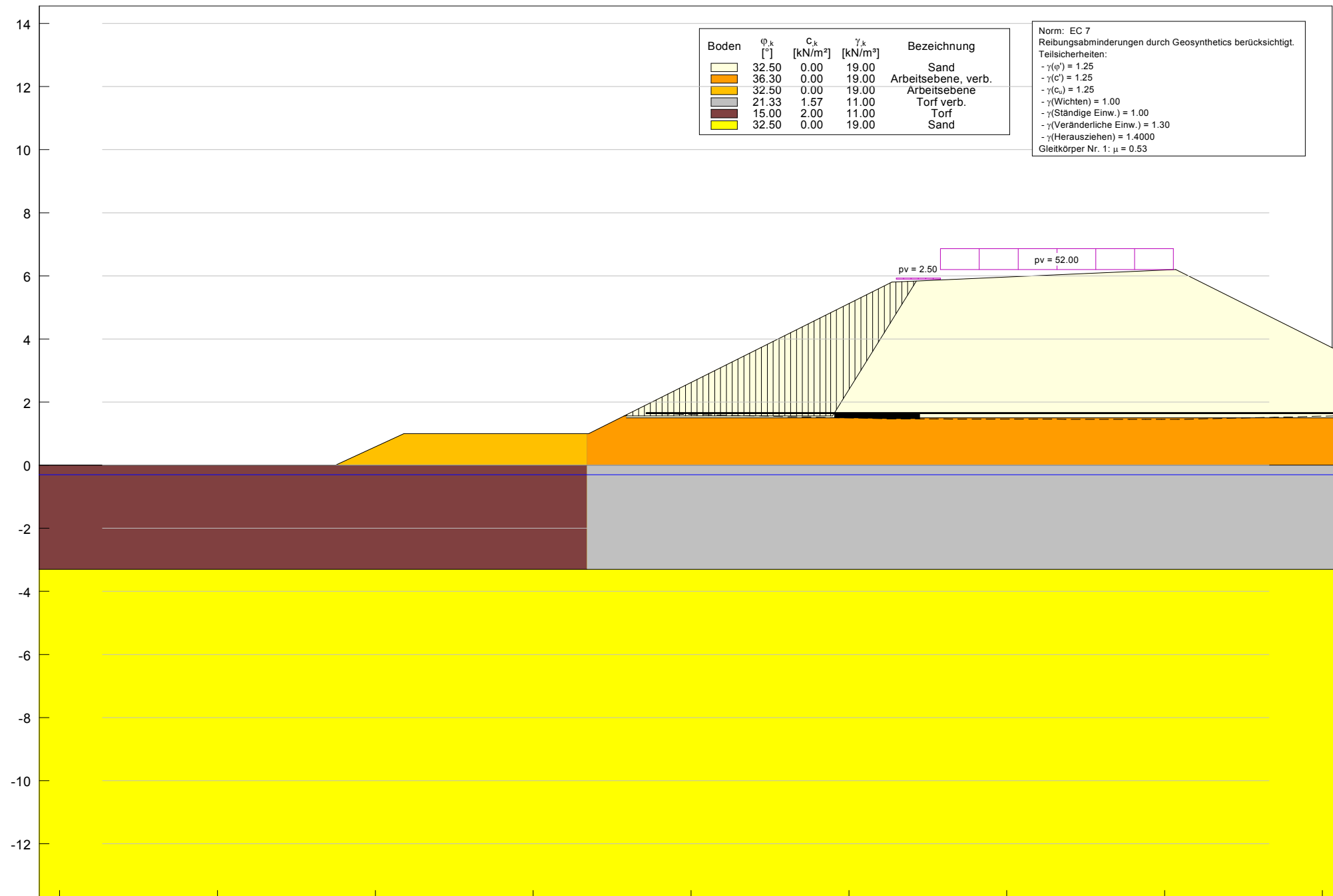


2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 7



2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper oberhalb der Geogitter
 Berechnungsprofil 7





2011/196; A 26, Hamburg
 Nachweis der Spreizkräfte, Gleitkörper innerhalb der Torfschicht
 Berechnungsprofil 7

