

Strobel Quarzsand GmbH
Freihungsdorf 3
92271 Freihung

- Geotechnisches Labor
- Baugrunduntersuchungen
- Bodenmechanik, Erdstatik
- Qualitätssicherung
im Erd- und Grundbau
- Altlastenerkundungen
- Bodenkundliche
Untersuchungen
- Consulting

Geotechnisches Gutachten

- Projekt:** Grube Sandholz - Ermittlung der zulässigen Böschungsgeometrie der Betriebsböschungen des geplanten Tagebaus, Standsicherheitsberechnungen
- Ort:** Grube Sandholz westlich Atzmansricht, Lkr. Amberg-Weizsach
- Auftraggeber:** Fa. Strobel Quarzsand GmbH
Freihungsdorf 3
92271 Freihung
- Auftrag:** Bestimmung von Scherparametern an Abraum- und Roherdeproben und Ermittlung der zulässigen Böschungsgeometrie durch Böschungsbruchberechnungen
- Bearbeiter:** Th. Gremer (Dipl.-Geogr.)
- Auftrags-Nr.:** 15036
- Ort und Datum:** Kulmbach, 26.06.2015

Eine Vervielfältigung oder Veröffentlichung dieses Gutachtens, auch auszugsweise, bedarf unserer vorherigen Zustimmung.



Strobel Quarzsand, Grube Sandholz

Standsicherheit Betriebsböschung

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorhaben	2
2.	Unterlagen	2
3.	Lage der Böschung	2
4.	Probenahme und durchgeführte Untersuchungen	2
4.1	Probenahme	2
4.2	Durchgeführte Untersuchungen	3
4.3	Versuchsergebnisse	3
5.	Untergrundverhältnisse	5
5.1	Geologie	5
5.2	Hydrogeologie	5
6.	Böschungsgeometrie	5
7.	Bodenkenngößen	5
8.	Böschungsbruchberechnungen	6
9.	Zusammenfassung	8

Anlagen

Anlage 1	Lageplan im Maßstab 1:10.000
Anlagen 2.1-2.6	Rahmenscherversuche
Anlage 3	Böschungsbruchberechnung mit optimiertem Böschungswinkel

1. Vorhaben

Das Ing.-Büro I.G.U. wurde von der Fa. Strobel Quarzsand GmbH mit der Ermittlung der zulässigen Böschungswinkel und Böschungsgeometrie im geplanten Tagebau Sandholz beauftragt. Hierbei waren die Scherparameter an verschiedenen Proben aus Abraum und Roherde zu bestimmen. Auf Grundlage der ermittelten Scherparameter waren die zulässigen Böschungswinkel und die Böschungsgeometrie für eine ausreichende Standsicherheit der Betriebsböschung zu berechnen. Berechnet wurde die Betriebsböschung im Norden des Tagebaus entlang des Postweges, da dies die höchste Böschung ist. Von der Fa. Strobel ist ein Abstand der Böschungskante zum Postweg von 5 Metern und eine Berme mit 6 Metern Breite auf halber Höhe der Betriebsböschung geplant. Dies wurde in den Standsicherheitsberechnungen berücksichtigt.

2. Unterlagen

Folgende Unterlagen standen zur Verfügung:

- [1] Ing.-Büro Auernheimer: Bohrprofil der Bohrung B 1/14 Postweg vom 10.12.2014
- [2] Ing.-Büro Auernheimer: Hydrogeologisches Modell Atzmansricht - Übersichtslageplan im Maßstab 1:25.000 vom 19.12.2014
- [3] Ergebnisse der in unserem Labor durchgeführten Scherversuche
- [4] Im Text zitierte Normen und technische Regelwerke

3. Lage der Böschung

Die berechnete Böschung liegt im Norden der geplanten Grube Sandholz südlich des Postweges. Die Lage des berechneten Geländeschnittes ist dem Lageplan in Anlage 1 zu entnehmen.

4. Probenahme und durchgeführte Untersuchungen

4.1 Probenahme

Am 29.04.2015 wurden aus der ca. 550 m östlich gelegenen Hirschgrube sechs ungestörte Blöcke Roherde und Abraumproben als Blockproben mit dem Tagebaubagger entnommen. Einen Überblick über die entnommenen Proben gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über Probenahme und Schichten (von oben nach unten)

Unters.-Nr.	Probenbezeichnung/Schicht
15076	Abraum oben
15075	Schlammschicht oben
15077	Abraum unten
15078	Schlammschicht unten
15079	Flamingosand
15080	Glassand

Die zwischen unterer Schlammschicht und den Flamingosanden gelegene Eisensandsteinschicht wurde nicht beprobt. Der Grund ist, dass dieser Limonitsandstein ist zwar sehr hart ist, jedoch eine starke Klüftung aufweist, so dass hier keine höheren Gebirgscherfestigkeiten zu erwarten sind.

4.2 Durchgeführte Untersuchungen

Aus den Blockproben wurden in unserem Labor ungestörte Proben für Rahmenscherversuche herausgearbeitet. An den ungestörten Proben wurden in unserem Labor Rahmenscherversuche nach DIN 18137-3 je nach Streuung der Versuchsergebnisse mit drei bis neun Einzelversuchen je Blockprobe durchgeführt.

Durch die höhere Anzahl der Einzelversuche an den Blockproben ist es möglich, unvermeidliche Streuungen aufgrund unterschiedlicher Korngrößenverteilungen, Überkornanteile, Mikroklüfte und Dichten zu erkennen und ein statistisch verhältnismäßig gesichertes Ergebnis zu erhalten.

4.3 Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse der Rahmenscherversuche sind Tabelle 2 zu entnehmen (siehe auch Anlagen 2.1-2.6). Die Normalspannungen orientierten sich an der in situ vorhandenen Auflast. Versuchsergebnisse, die zu stark streuten, wurden nicht gewertet und nicht für die Festlegung der charakteristischen Werte herangezogen. Hiermit wurde eine Korrelation der Versuchsergebnisse aller sechs Scherversuche zwischen 0,98 und 1,00 erreicht.

Strobel Quarzsand, Grube Sandholz

Standsicherheit Betriebsböschung

Tabelle 2: Ergebnisse der Rahmenscherversuche

Entnahmestelle Versuch Nr.	Feuchtdichte [g/cm ³]	Normal- -spannung [kN/m ²]	Scher- -spannung [kN/m ²]	Bemerkung
Abraum oben	1,97	200	569,8	Schergerade aus den Mittelwerten der Scherspannungen der einzelnen Laststufen ermit- telt.
Abraum oben	1,96	200	621,5	
Abraum oben	1,94	200	226,3	
Abraum oben	2,00	300	536,7	
Abraum oben	2,03	300	382,5	
Abraum oben	2,00	300	659,3	
Abraum oben	1,97	400	516,0	
Abraum oben	2,03	400	664,1	
Abraum oben	2,06	400	480,4	
Schlamm-schicht oben	2,14	50	43,6	
Schlamm-schicht oben	2,17	100	72,1	
Schlamm-schicht oben	2,16	150	92,9	
Abraum unten	2,04	200	585,4	nicht gewertet
Abraum unten	1,99	200	185,4	nicht gewertet
Abraum unten	2,05	200	309,6	
Abraum unten	2,04	300	405,1	
Abraum unten	2,04	400	468,0	
Abraum unten	2,03	400	568,3	nicht gewertet
Abraum unten	2,02	500	448,7	nicht gewertet
Abraum unten	2,04	600	579,2	
Abraum unten	2,02	600	638,6	
Schlamm-schicht unten	2,06	200	138,9	
Schlamm-schicht unten	2,06	500	313,9	
Schlamm-schicht unten	2,06	800	479,0	
Flamingosand	1,87	200	160,1	
Flamingosand	1,91	600	482,8	
Flamingosand	1,91	1000	733,9	
Glassand	1,89	400	509,4	
Glassand	1,91	500	630,3	
Glassand	1,89	800	827,1	
Glassand	1,92	1100	1074,1	
Glassand	1,89	1200	> 1231	nicht gewertet

Tabelle 3: Bodenkenngrößen

Schicht	Versuchswerte			Charakteristische Werte		
	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Wichte γ [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Wichte γ_k [kN/m ³]
Abraum oben	22,1	395,9	20,0	20,2	304,5	20,0
Schlammsschicht oben	26,2	20,3	21,6	24,1	15,6	21,6
Abraum unten	36,0	174,6	20,4	33,4	134,3	20,4
Schlammsschicht unten	29,6	27,2	20,6	27,3	20,9	20,6
Eisensandsteinschicht	-	-	-	35,0	20,0	20,5
Flamingosand	35,7	28,5	19,0	33,2	21,9	19,0
Glassand	37,9	215,5	19,0	35,3	165,8	19,0

8. Böschungsbruchberechnungen

Die Böschungsbruchberechnungen erfolgten nach DIN 4084:2009-01 bzw. EC 7 im Lamellenverfahren mit Kreisgleitflächen nach Bishop mit dem Programm STABILITY für den Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit (GEO-3 nach DIN 1054:2010-12). Dabei wurden verschiedene Böschungsgeometrien solange berechnet, bis eine ausreichende Standsicherheit bei optimierter Böschungsgeometrie ermittelt wurde (Anlage 3).

Nach DIN 4084:2009-01, DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-12 werden bereits in den Rechenwerten Teilsicherheiten berücksichtigt. Diese sind der jeweiligen Bemessungssituation angepasst. Ob eine Böschung standsicher ist, bemisst sich nach dem Ausnutzungsgrad μ , dem Quotienten aus Widerständen und Einwirkungen. Eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen wird eingehalten, wenn die Bedingung $\mu \leq 1$ erfüllt ist. Hierbei werden vier Bemessungssituationen unterschieden: Die Bemessungssituation BS-P gilt für den Endzustand ("ständige Bemessungssituation"), die Bemessungssituation BS-T für eine "vorübergehende Bemessungssituation", die Bemessungssituation BS-A entspricht der "außergewöhnlichen Bemessungssituation" und die Bemessungssituation BS-E der Erdbebensituation.

Nach DIN 4149 liegt das Gebiet um Atzmansricht in der Erdbebenzone 0, daher kann auf den Ansatz einer Beschleunigung verzichtet werden.

Strobel Quarzsand, Grube Sandholz

Standsicherheit Betriebsböschung

Am Postweg wurde eine Verkehrslast von 60 t auf einer Fahrspur als Ersatzflächenlast mit $33,3 \text{ kN/m}^2$ angesetzt.

Berechnet wurde die Böschung für die ständige Bemessungssituation (BS-P), da aufgrund eines geplanten Nassabbaus in Streifen unterhalb der Grubensohle damit zu rechnen ist, dass die Betriebsböschung über mehrere Jahre bestehen bleibt.

Die Berechnung erfolgte, ausgehend von einer Böschung mit einem Böschungswinkel von 70° , mit immer flacheren Böschungswinkeln bis eine optimale Böschungsgeometrie hinsichtlich des Abbaus unter Einhaltung eines Ausnutzungsgrades von $\mu = 1,0$ erzielt wurde.

Mit einem Abstand von 5 m von der Böschungsoberkante bis zum Postweg errechnet sich ein zulässiger Böschungswinkel von $\beta = 55^\circ$ mit einer Berme von 6 Meter Breite auf halber Höhe der Böschung in 538,5 m NN bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu = 0,99$ (Anlage 3).

Aufgrund der söligen Lagerung der Schichten gilt dieser Böschungswinkel auch für die übrigen Betriebsböschungen.

Bei der Anlage der Böschung ist zu berücksichtigen, dass z. B. eventuelle Wasserzutritte oder Klüfte die Standsicherheit verringern können.

Strobel Quarzsand, Grube Sandholz

Standsicherheit Betriebsböschung

9. Zusammenfassung

Die Ing.-Ges. I.G.U. mbH wurde von der Fa. Strobel Quarzsand GmbH mit Scherversuchen und Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 für die künftigen Betriebsböschungen der geplanten Grube Sandholz beauftragt. Hierbei sollte der maximal mögliche zulässige Böschungswinkel ermittelt werden. Die Scherparameter wurden nach DIN 18137-3 an ungestörten Blockproben aus dem Abraum und der Roherde ermittelt.

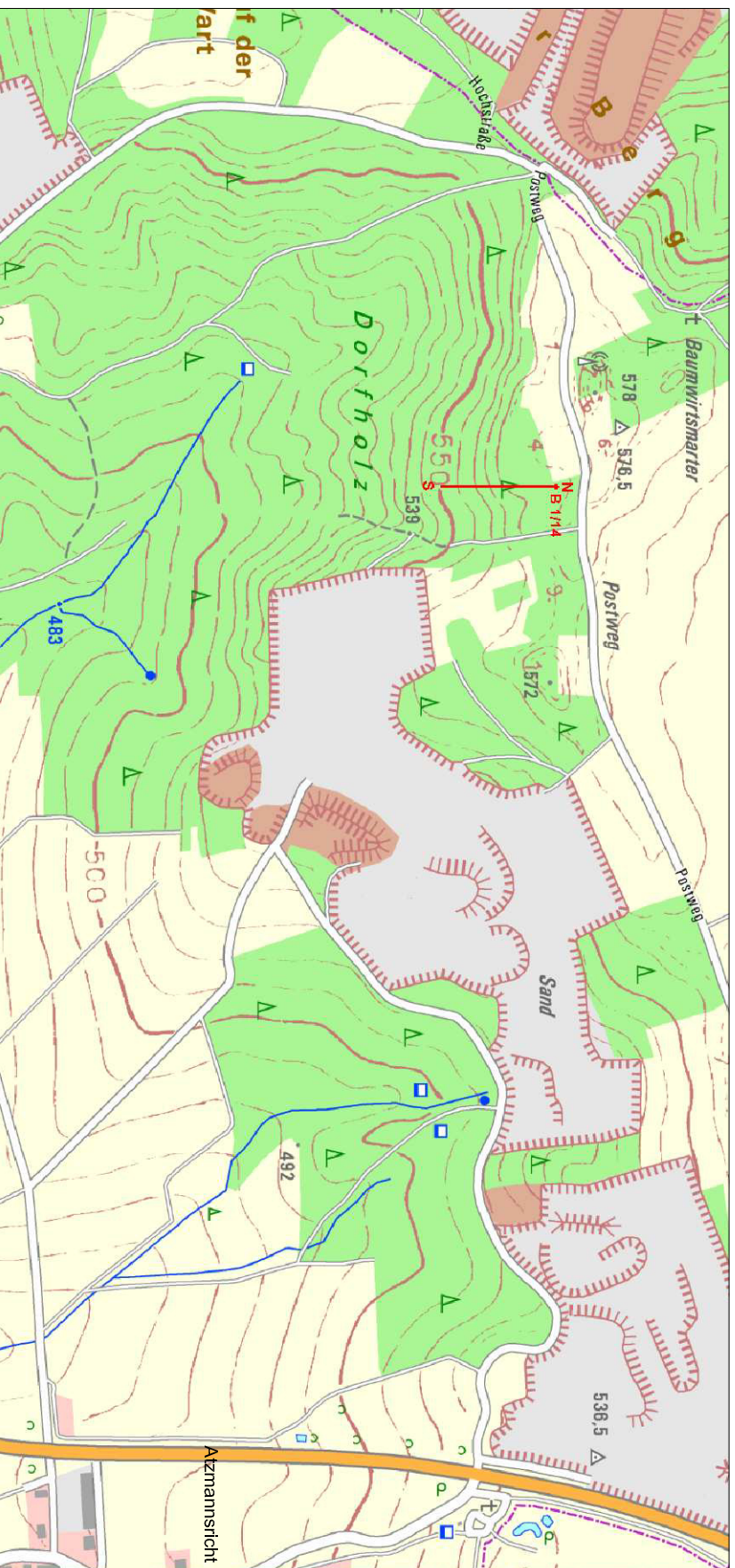
Eine ausreichende Standsicherheit für die Bemessungssituation BS-P mit $\mu=0,99$ ergibt sich bei einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 55^\circ$ oberhalb und unterhalb der Berme, die mit einer Breite von 6 Metern auf 538,5 m NN liegt, sowie einem Abstand der Böschungsoberkante von 5 Metern zum Postweg.

Für eventuelle Fragen und weitere Beratung stehen wir gerne zur Verfügung.


I.G.U. - Ingenieurgesellschaft für
Geowissenschaften und Umwelttechnik mbH
Kulmbach, 26.06.2015



Th. Gremer (Dipl.-Geogr.)



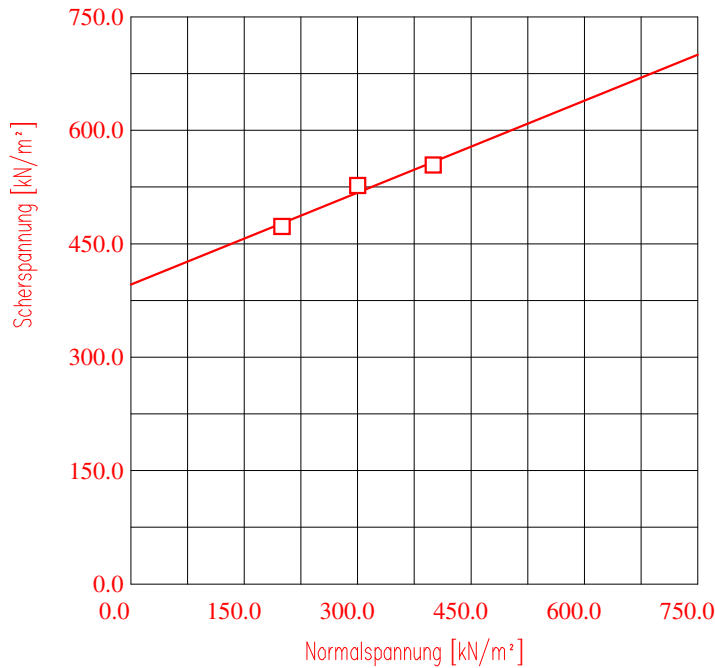
Legende:
B 1/14 Kernbohrung
N Schnittlinie der
S Standsicherheitsberechnung

Strobel Quarzsand GmbH Grube Sandholz Standardsicherheitsberechnung der Betriebsböschung		Anlage 01 Plan-Nr. 01 Auftr.-Nr. 15036								
Maßstab: 1 : 10.000	Lageplan mit Schnittlinie der Böschung	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Datum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>gez. gr</td> <td>24.06.2015</td> </tr> <tr> <td>geä.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>geä.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Datum	gez. gr	24.06.2015	geä.		geä.	
Name	Datum									
gez. gr	24.06.2015									
geä.										
geä.										
I.G.U. - Ingenieurgesellschaft für Geowissenschaften & Umweltechnik mbH Bergstraße 20, 95326 Kulmbach Tel. 092221/83449 Fax 092221/84174		Kulmbach, den 24.06.2015  (Unterschrift)								



DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle Abraum oben
 Entnahmetiefe
 Entnahmetag 29.04.2015
 Bodenart Sandstein, feinsandig
 Einbau ungestört eingebaut, Feuchtdichte 2,00
 ausgeführt am 21.05.-03.06.2015
 Bemerkung:



Bruchparameter

Reibungswinkel	22.05 [°]
Kohäsion	395.89 [kN/m²]
Korrelation	0.98

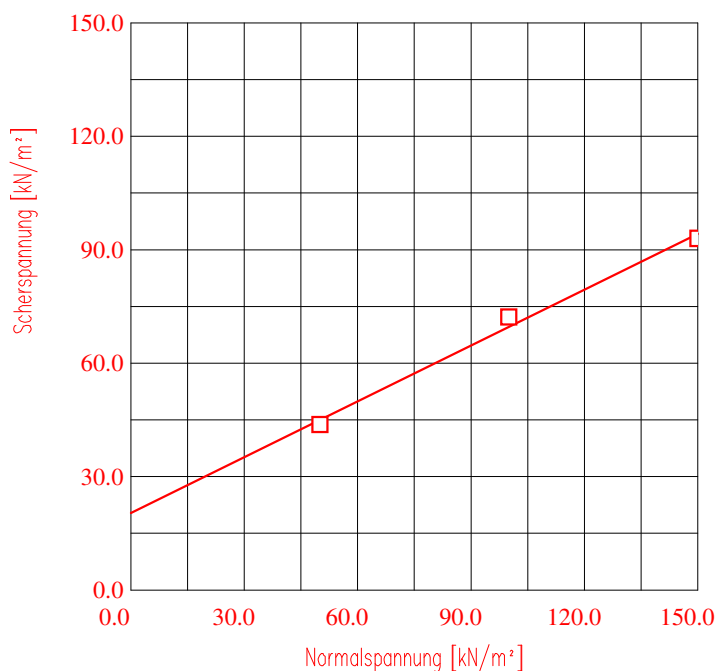
Gleitparameter

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Gleitspannung kN/m²	Gleitweg mm
	Bruch	Gleiten				
6	400.0	400.0	553.51	2.32	----	----
5	300.0	300.0	526.14	2.54	----	----
1	200.0	200.0	472.51	3.40	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle Schlammsschicht oben
 Entnahmetiefe
 Entnahmetag 29.04.2015
 Bodenart Ton, schluffig, feinsandig
 Einbau ungestört eingebaut, Feuchtdichte 2,16
 ausgeführt am 18.-21.05.2015
 Bemerkung:



Bruchparameter

Reibungswinkel	26.23 [°]
Kohäsion	20.28 [kN/m²]
Korrelation	1.00

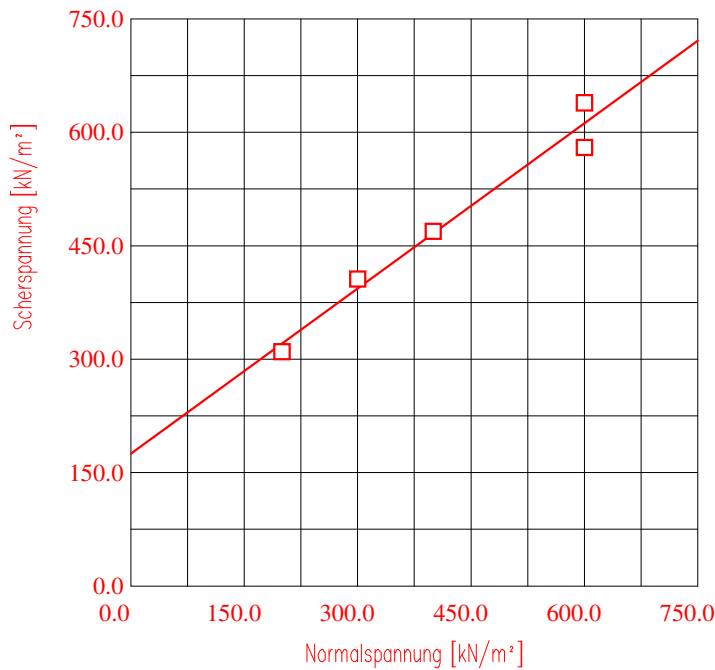
Gleitparameter

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Gleitspannung kN/m²	Gleitweg mm
	Bruch	Gleiten				
3	150.0	150.0	92.89	9.47	----	----
2	100.0	100.0	72.14	5.57	----	----
1	50.0	50.0	43.62	9.78	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle Abraum unten
 Entnahmetiefe
 Entnahmetag 29.04.2015
 Bodenart Sandstein, feinsandig
 Einbau ungestört eingebaut, Feuchtdichte 2,04
 ausgeführt am 04.-11.05.2015
 Bemerkung:



Bruchparameter

Reibungswinkel	36.04 [°]
Kohäsion	174.56 [kN/m²]
Korrelation	0.99

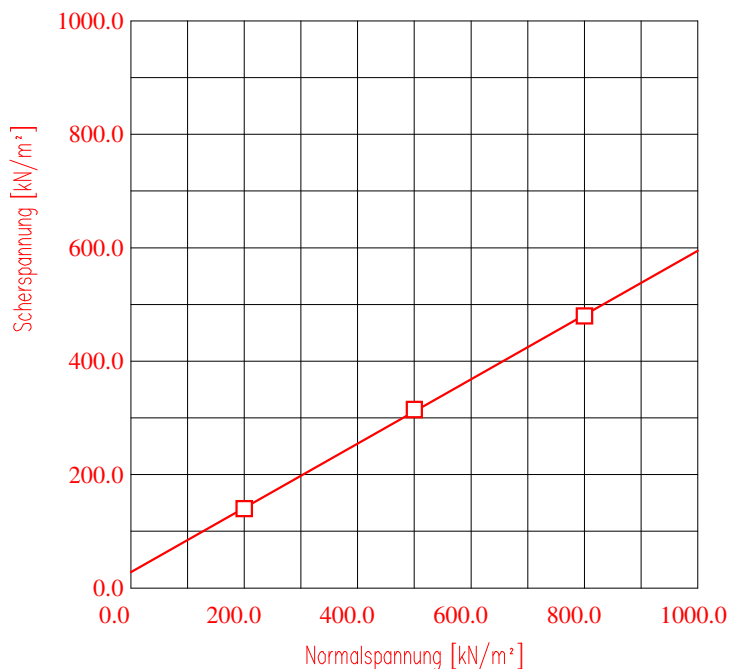
Gleitparameter

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Gleitspannung kN/m²	Gleitweg mm
	Bruch	Gleiten				
8	600.0	600.0	638.63	3.37	----	----
3	600.0	600.0	579.21	1.75	----	----
4	300.0	300.0	405.09	2.19	----	----
7	200.0	200.0	309.63	1.69	----	----
2	400.0	400.0	468.02	2.23	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle Schlammsschicht unten
 Entnahmetiefe
 Entnahmetag 29.04.2015
 Bodenart Sandstein feinsandig, stark schluffig
 Einbau gestört eingebaut, Feuchtdichte 2,06
 ausgeführt am 12.-15.05.2015
 Bemerkung: mit Proctorenergie verdichtet eingebaut



Bruchparameter

Reibungswinkel	29.55 [°]
Kohäsion	27.21 [kN/m²]
Korrelation	1.00

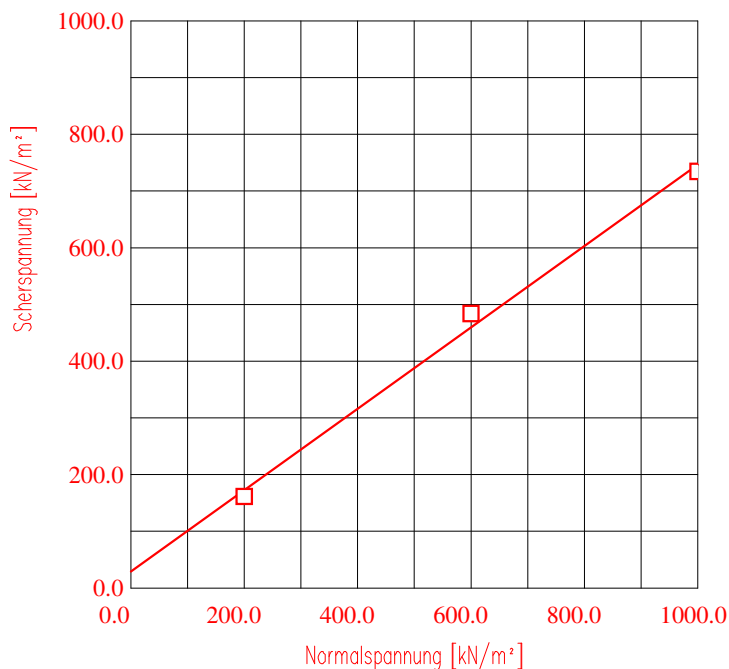
Gleitparameter

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Gleitspannung kN/m²	Gleitweg mm
	Bruch	Gleiten				
3	800.0	800.0	479.03	9.87	----	----
2	500.0	500.0	313.90	9.29	----	----
1	200.0	200.0	138.94	6.14	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle Flamingosand
 Entnahmetiefe
 Entnahmetag 29.04.2015
 Bodenart Sandstein feinsandig
 Einbau ungestört eingebaut, Feuchtdichte 1,90
 ausgeführt am 12.-13.05.2015
 Bemerkung:



Bruchparameter

Reibungswinkel	35.65 [°]
Kohäsion	28.54 [kN/m²]
Korrelation	1.00

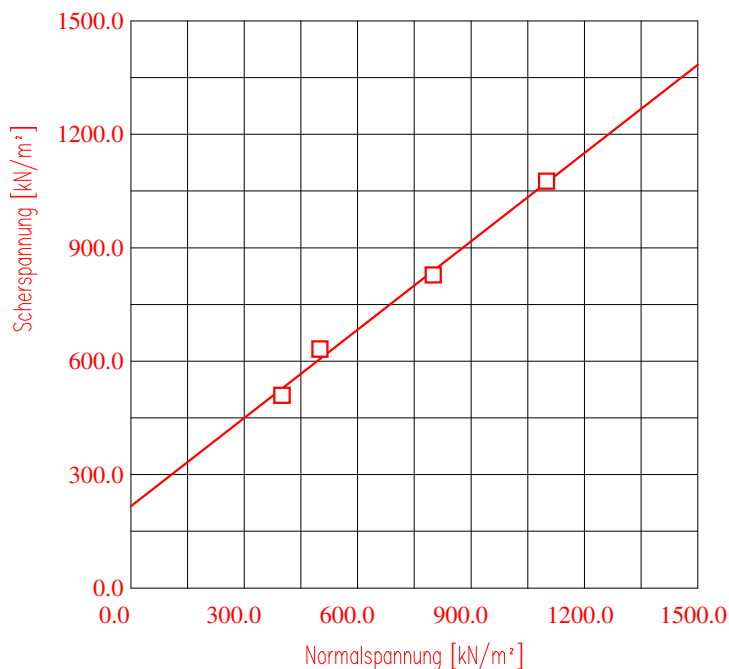
Gleitparameter

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Gleitspannung kN/m²	Gleitweg mm
	Bruch	Gleiten				
3	1000.0	1000.0	733.94	4.18	----	----
2	600.0	600.0	482.82	1.83	----	----
1	200.0	200.0	160.07	2.71	----	----

DIREKTER SCHERVERSUCH Rahmenscherversuch Schergeraden

Entnahmestelle Glassand
 Entnahmetiefe
 Entnahmetag 29.04.2015
 Bodenart Sandstein, feinsandig
 Einbau ungestört eingebaut, Feuchtdichte 1,90
 ausgeführt am 18.-20.05.2015
 Bemerkung:



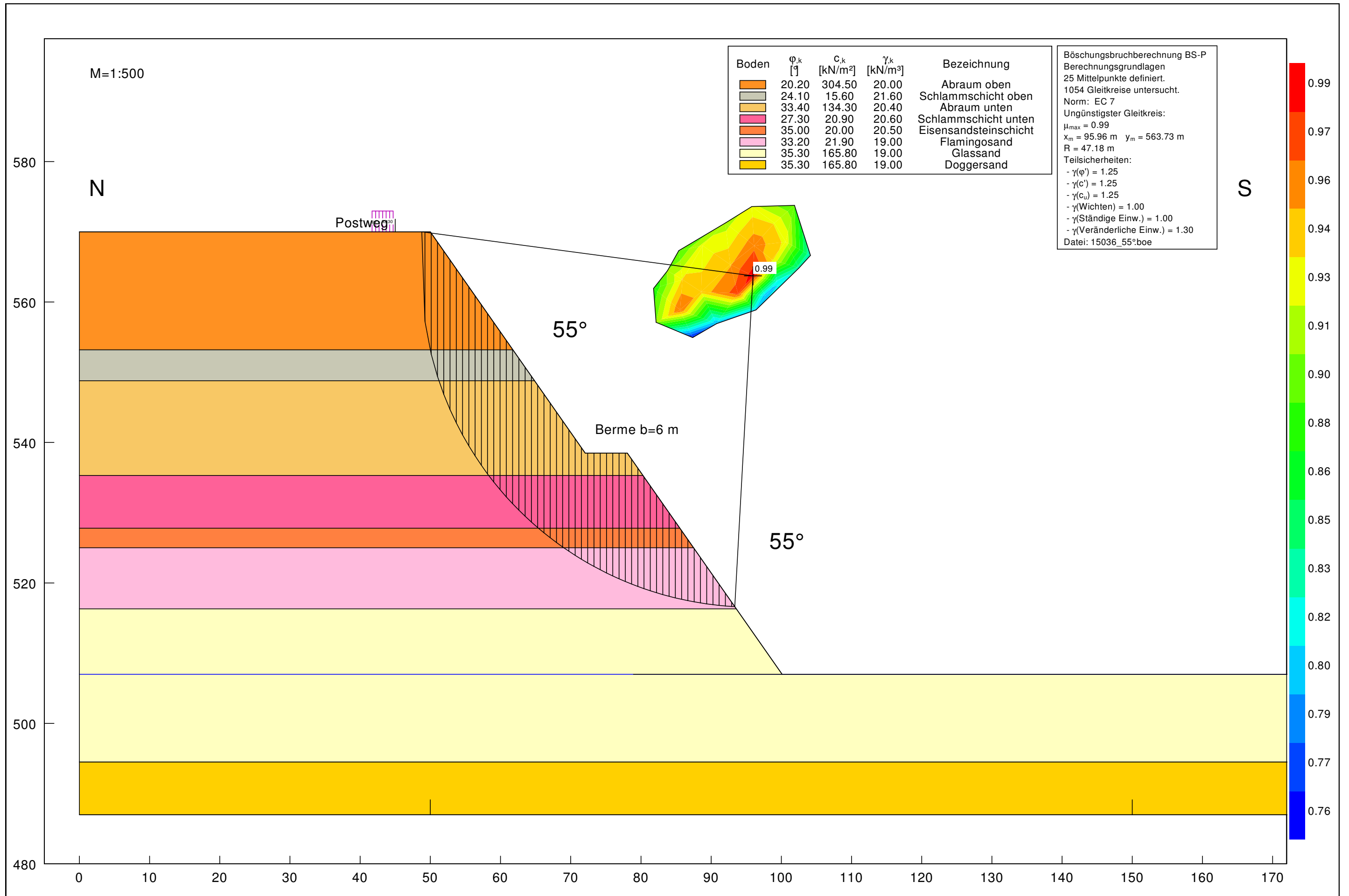
Bruchparameter

Reibungswinkel	37.89 [°]
Kohäsion	215.48 [kN/m²]
Korrelation	1.00

Gleitparameter

Reibungswinkel	---- [°]
Kohäsion	---- [kN/m²]
Korrelation	----

Nr.	Normalspannung kN/m²		Bruchspannung kN/m²	Bruchweg mm	Gleitspannung kN/m²	Gleitweg mm
	Bruch	Gleiten				
5	500.0	500.0	630.30	1.70	----	----
2	800.0	800.0	827.10	4.14	----	----
4	1100.0	1100.0	1074.08	2.84	----	----
1	400.0	400.0	509.41	1.75	----	----



Böschungsberechnung nach EC 7
 mit Kreisgleitflächen

Böschungsbruchberechnung BS-P
 Datei: 15036_55°.boe

Parameterliste

phi [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 gamma [kN/m³] = Wichte
 mue [-] = Ausnutzungsgrad
 xm,ym [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

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.) = 1.30 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

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	0.000	570.000	2	50.000	570.000	3	72.057	538.500	4	78.057	538.500	5	100.113	507.000
6	257.554	507.000												

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ _k	c _k	γ _k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	20.20	304.50	20.00	Abraum oben
2	24.10	15.60	21.60	Schlammsschicht oben
3	33.40	134.30	20.40	Abraum unten
4	27.30	20.90	20.60	Schlammsschicht unten
5	35.00	20.00	20.50	Eisensandsteinschicht
6	33.20	21.90	19.00	Flamingosand
7	35.30	165.80	19.00	Glassand
8	35.30	165.80	19.00	Doggersand

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ _d	c _d	γ _d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	16.40	243.60	20.00	Abraum oben
2	19.69	12.48	21.60	Schlammsschicht oben
3	27.81	107.44	20.40	Abraum unten
4	22.44	16.72	20.60	Schlammsschicht unten
5	29.26	16.00	20.50	Eisensandsteinschicht
6	27.63	17.52	19.00	Flamingosand
7	29.53	132.64	19.00	Glassand
8	29.53	132.64	19.00	Doggersand

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	553.200	61.763	553.200	1
2	0.000	548.800	64.844	548.800	2
3	0.000	535.300	80.297	535.300	3
4	0.000	527.800	85.549	527.800	4
5	0.000	525.000	87.509	525.000	5
6	0.000	516.300	93.601	516.300	6
7	0.000	494.500	257.554	494.500	7

8 0.000 487.000 257.554 487.000 8

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	507.000	2	257.000	507.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	41.70	44.70	570.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 507.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 507.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 50.0000 570.0000

x / y (Ende): 100.1131 507.0000

Anzahl Radien = 40

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	mue	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]
1	87.3613	554.9480	40.2794	50	0.7550	451224.436	597616.785	597616.8	0.0	451224.4	0.0
2	90.7665	556.9194	42.8137	50	0.7933	469540.156	591906.472	591906.5	0.0	469540.2	0.0
3	93.8134	561.2208	44.6843	50	0.9734	408085.966	419238.803	419238.8	0.0	408086.0	0.0
4	95.9641	563.7300	47.1766	50	0.9890	423353.570	428052.062	428052.1	0.0	423353.6	0.0
5	98.6524	566.0599	49.5817	50	0.9389	418125.616	445346.323	445346.3	0.0	418125.6	0.0
6	100.6239	568.5690	52.8295	50	0.9303	471952.271	507296.889	507296.9	0.0	471952.3	0.0
7	85.3898	567.3145	46.7940	50	0.8858	556175.174	627857.321	627857.3	0.0	556175.2	0.0
8	95.7848	573.5873	57.3666	50	0.9246	740653.227	801062.251	801062.3	0.0	740653.2	0.0
9	101.8785	573.7665	57.9250	50	0.8876	581370.105	654959.859	654959.9	0.0	581370.1	0.0
10	99.0109	571.2574	55.1229	50	0.9331	580672.050	622284.836	622284.8	0.0	580672.1	0.0
11	88.5872	561.4574	43.5570	50	0.9416	464351.684	493145.640	493145.6	0.0	464351.7	0.0
12	104.1424	566.6288	58.6613	50	0.8272	788610.991	953354.806	953354.8	0.0	788611.0	0.0
13	88.7951	568.0314	49.8778	50	0.9248	632448.497	683874.901	683874.9	0.0	632448.5	0.0
14	92.0211	571.2574	52.8343	50	0.9118	638243.175	699994.575	699994.6	0.0	638243.2	0.0
15	99.3876	562.9608	49.8867	50	0.8200	488675.328	595958.207	595958.2	0.0	488675.3	0.0
16	92.7380	565.3430	48.9221	50	0.9485	559626.169	590024.028	590024.0	0.0	559626.2	0.0
17	96.1433	568.0314	51.4265	50	0.9612	539769.740	561556.283	561556.3	0.0	539769.7	0.0
18	102.5122	564.8628	53.4066	50	0.8333	546582.251	655921.344	655921.3	0.0	546582.3	0.0
19	82.1638	557.0987	37.9032	50	0.9041	400177.054	442618.549	442618.5	0.0	400177.1	0.0
20	85.5690	558.8909	38.9262	50	0.9659	364228.361	377085.189	377085.2	0.0	364228.4	0.0
21	85.9275	563.1923	43.5180	50	0.9363	481251.698	513966.607	513966.6	0.0	481251.7	0.0
22	81.8053	561.9377	38.4580	50	0.8741	358109.039	409697.844	409697.8	0.0	358109.0	0.0
23	83.7768	564.4469	46.3400	50	0.9046	620486.280	685932.949	685932.9	0.0	620486.3	0.0
24	96.3989	558.8853	47.9269	50	0.8036	560951.116	698049.336	698049.3	0.0	560951.1	0.0
25	97.7574	560.9231	49.1485	50	0.7949	544848.840	685419.567	685419.6	0.0	544848.8	0.0

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	mue	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]
4	95.9641	563.7300	47.1766	50	0.9890	423353.570	428052.062	428052.1	0.0	423353.6	0.0