

Wasserspeicherbecken in Sanem (Limpach)

Wahl des geplanten Dammkörpers zur Optimierung der Einbaumassen aus dem Aushub

Referenznr.	20232371-GC-ENGIN-R 01	
	Name	Datum
Verfasst von	Domenico NOLA	19.01.2024
	Stefanie ALLWICHER	19.01.2024
Verifiziert von	Domenico NOLA	19.01.2024
Modifikation		
Index	Beschreibung	Datum
a	Anpassung der Aushubmassen	23.01.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Kontext und Ziel dieser Analyse.....	3
1.1	Auftrag und Situation	3
1.2	Beschreibung des Projektgebiets	4
1.3	Bestimmung der einzelnen Schichthorizonte.....	6
2	Berechnung der theoretischen Aushub- und Verfüllmassen.....	7
3	Berechnung der Dammstabilität und - durchströmung	8
4	Empfehlungen und Schlussbemerkung.....	9

Liste der Abbildungen

Abbildung 1.	Lagepläne der durchgeführten Bohrpunkte - topographische Karte (li.) und aktuelles Orthophoto (re.).	5
Abbildung 2 :	Schnittführung und Schichthorizont des Bitumenschiefers	6
Abbildung 3	Längsschnitt durch das gepl. Becken	6
Abbildung 4	Querschnitt durch das gepl. Becken.....	6
Abbildung 5	Längsschnitt mit Gesamtaushub (-20cm unter UK <small>Beckensohle</small>)	7
Abbildung 6	Querschnitt Dammkörper Variante 1	9

Liste der Tabellen

Tabelle 1.	Details zu den durchgeführten Erkundungen.	4
------------	---	---

1 Kontext und Ziel dieser Analyse

1.1 Auftrag und Situation

Die Firma Rollrasen van de Sluis plant die Errichtung eines Wasserspeicherbeckens auf ihrem Gelände, um das gespeicherte Regenwasser zur Bewässerung der Rollrasenflächen zu nutzen. Für das Becken soll der vor Ort ausgehobene Boden zur Modellierung der Dämme wiederverwendet werden.

Im Rahmen der geotechnischen Studie 2018 wurden 11 Baggerschürfe mit einer Tiefe von 1,4 m bis 2,6 m im Bereich der Projektfläche erstellt, um die Eigenschaften des Bodens und des Ausgangsgesteins zu untersuchen. Ziel war es, Erkenntnisse über die Durchlässigkeit und die eventuelle Präsenz von Grundwasser zu gewinnen. Gemäß der geologischen Karte befindet sich das Gebiet auf den Falciferen-Schichten „lo1“, welche aus mergeligen Tonsteinen mit an der Basis fossilführenden Kalkbänken bestehen. Diese Tonsteine können kerogenhaltig sein und werden auch als „Bitumenschiefer“ bezeichnet. Es besteht demnach das Risiko, dass natürlich enthaltene organische Verbindungen wie Kohlenwasserstoffe ausgewaschen werden könnten.

Zur Bestimmung dieses Risikos wurden die erforderlichen Untersuchungen durchgeführt und analysiert. Die Ergebnisse sind im Bericht „20232371-GC-ENGIN Untersuchung des Auswaschungsrisikos lokal vorliegender Böden“ zusammengefasst. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Aushubmassen zur Verfüllung des Dammkörpers verwendet werden können, wobei der Bitumenschiefer (Einbau nur im Dammkern!) durch die bauseits vorhandenen Lehme abzudecken sind.

Das Ingenieurbüro Géoconseils wurde von LSC Environmental Engineering zusätzlich beauftragt, mit den gewonnenen Ergebnissen aus den Erkundungsbohrungen, die Wahl eines geeigneten Dammkörpers zu treffen, der neben der Stabilität und Undurchlässigkeit des Bauwerks auch die Wiederverwendung der anfallenden Aushubmassen berücksichtigt.

1.2 Beschreibung des Projektgebiets

Das Projektgebiet befindet sich an der Route de Soleuvre, am Brill in Limpach nordöstlich der Gebäude der Firma "Rollrasen van de Sluis". Es erstreckt sich über den mittleren Teil der Katasterparzelle 3009/5014, Sektion A von Sanem, Gemeinde Sanem. Aktuell wird die Fläche als Ackerland genutzt, genauer für den Anbau von Rollrasen.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Koordinaten der durchgeführten Sondierungen aufgeführt. Die Einmessung erfolgte mit einem Trimble GPS R2.

Tabelle 1. Details zu den durchgeführten Erkundungen.

Bohrpunkt	Typ	X (LUREF) (m)	Y (LUREF) (m)	Z (m)	Tiefe	Projektnummer
FC1 (2023)	Kernbohrung	65067,751	67753,156	306,99	4,0 m	20232371-GC-ENGIN
FC2 (2023)		67781,137	65295,394	305,93	4,0 m	
FC1 (2019)	Kernbohrung + Piezometer	65025,921	67729,295	304,72	8,0 m	20191425-GC-GEO
FC2 (2019)		65233,994	67751,115	306,00	8,0 m	
Fouille 1	Baggerschurf	64999,518	67725,396	306,38	1,7 m	20181548-GC-GEO
Fouille 2		65012,092	67762,989	306,16	1,4 m	
Fouille 3		65024,000	67807,281	305,56	1,6 m	
Fouille 4		65141,078	67814,715	303,58	2,4 m	
Fouille 5		65222,960	67854,405	302,91	2,6 m	
Fouille 6		65381,089	67868,509	302,36	2,5 m	
Fouille 7		65370,967	67836,485	302,68	1,7 m	
Fouille 8		65311,466	67790,184	304,36	1,9 m	
Fouille 9		65266,184	67826,695	303,66	2,1 m	
Fouille 10		65205,296	67780,754	305,09	2,3 m	
Fouille 11		65075,782	67767,791	305,14	2,5 m	

Abbildung 1 zeigt die Lage der einzelnen Probestellen auf der topographischen Karte Luxemburgs und dem Orthophoto von 2022. Das geplante Becken ist hierbei schematisch eingezeichnet.

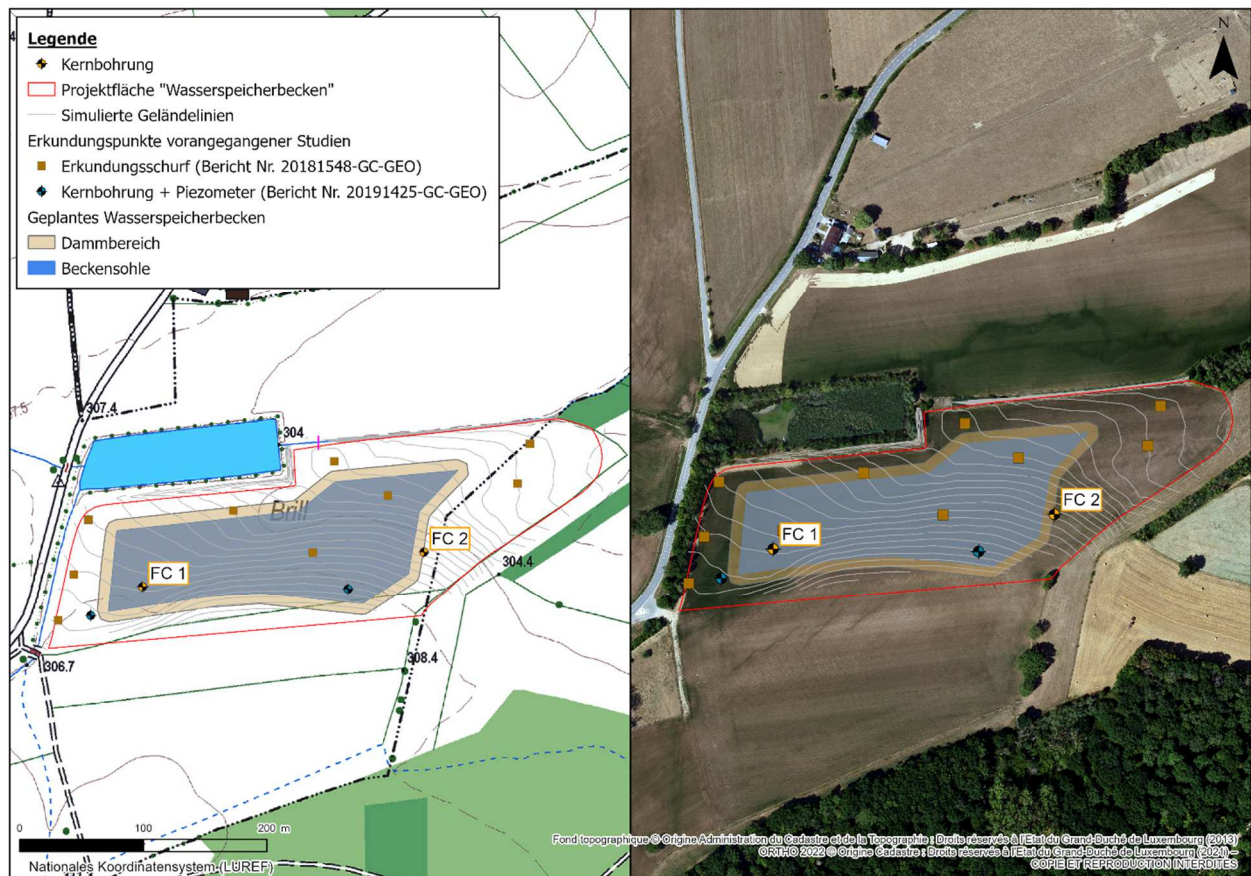


Abbildung 1. Lagepläne der durchgeführten Bohrpunkte - topographische Karte (li.) und aktuelles Orthophoto (re.).

1.3 Bestimmung der einzelnen Schichthorizonte

Mittels der o.g. Erkundungen konnte ein Geländemodell generiert werden, das die einzelnen Schichthorizonte beinhaltet. Daraus lassen sich die zu erwartenden Aushubmassen je nach Bodenart annäherungsweise bestimmen.

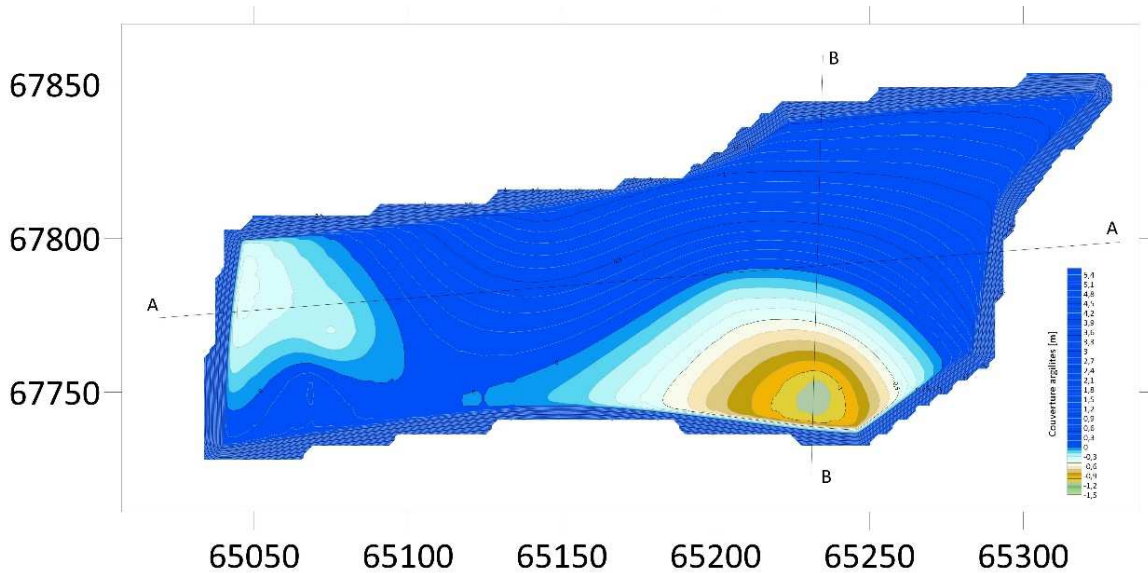


Abbildung 2 : Schnittführung und Schichthorizont des Bitumenschiefers

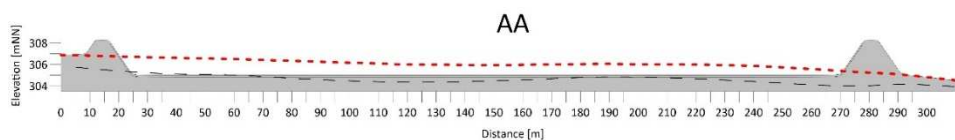


Abbildung 3 Längsschnitt durch das gepl. Becken

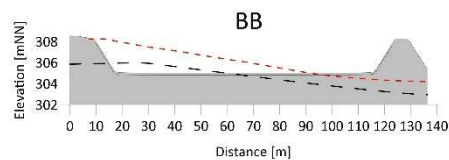


Abbildung 4 Querschnitt durch das gepl. Becken

Legende:

Die rot gestrichelte Linie zeigt die best. Geländeoberkante GOK.
Die schwarz gestrichelte Linie zeigt die Oberkante des Bitumenschiefers.
In grau ist das geplante Becken dargestellt.

2 Berechnung der theoretischen Aushub- und Verfüllmassen

Die Berechnung der Aushubmassen wird in mehreren Schritten durchgeführt. Die Volumenberechnung erfolgt mittels der Software „Surfer“.

Im ersten Schritt wird über die gesamte Fläche der Abtrag des Mutterbodens berechnet. Die mittlere Mächtigkeit des Oberbodens, der sich nicht für den Wiedereinbau im Dammkern eignet, liegt bei $\pm 40\text{cm}$.

Aus der Gesamtfläche der Maßnahme, die 32.245m^2 beträgt, errechnet sich ein Aushubvolumen an Mutterboden von $V_{A\text{Mu}} = 12.898\text{m}^3$.

Das Volumen zwischen dem bestehenden Gelände (GOK) und dem Niveau Oberkante Aushub (-20cm unter OK_{Beckensohle}) aus der geplanten Geländemodellierung des Beckens, berechnet sich zu $V_{A\text{Mu}} + V_{A\text{L}} + V_{A\text{BS}} = 30.153\text{m}^3$.

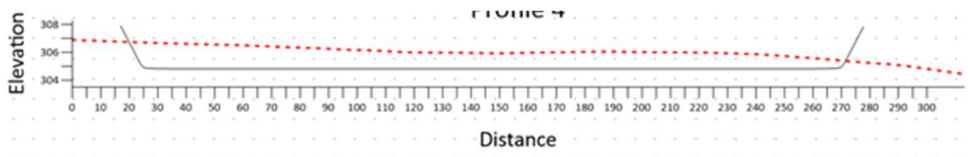


Abbildung 5 Längsschnitt mit Gesamtaushub (-20cm unter UK_{Beckensohle})

Der Anteil des Bitumenschiefers liegt hier bei $V_{A\text{BS}} = 2.513\text{m}^3$.

Somit stehen für die Verfüllung des gesamten Dammkern neben dem Bitumenschiefer (2.513m^3) die reinen Aushubmassen an Lehm $V_{A\text{L}} = 30.153\text{m}^3 - 12.898\text{m}^3 - 2.513\text{m}^3 = 14.742\text{m}^3$ zur Verfügung.

Für das Verfüllen des gesamten Dammkörpers wird ein Volumen von $V_{V\text{ges}} = 22.980\text{m}^3$ benötigt.

Laut Planung ist die Außenseite und die Krone des Damms mit einer 50cm dicken Mutterbodenschicht (Mutterboden) abzudecken, um eine Begrünung mit ausreichendem Nährwert zu ermöglichen. Dieses Einbauvolumen an Mutterboden berechnet sich zu ca. $V_{V\text{Mu}} = 3.721\text{m}^3$.

Außerdem wird über die gesamte Fläche eine Lehmschicht mit einer Stärke von 20cm benötigt, um den freiliegenden Bitumenschiefer vor Wasser- und Luftkontakt zu schützen und um den gesamten Dammkern gegen Durchnässung abzudichten. Dieses Volumen beläuft sich auch $V_{V\text{L},1} = 6.424\text{m}^3$.

Daraus ergibt sich:

- Ein Restvolumen an Mutterboden von $V_{R\text{Mu}} = 9.177\text{m}^3$ muss entsorgt werden;
- Der Bitumenschiefer (2.513m^3) wird vollständig im Dammkern verbaut;
- Mit dem Verwitterungslehm aus dem Aushub kann die Abdichtung gänzlich hergestellt werden \rightarrow es verbleiben somit $V_{V\text{L},2} = 14.742\text{m}^3 - 6.424\text{m}^3 = 8.318\text{m}^3$;
- Unter Berücksichtigung der Lehmmengen in Höhe von 5.720m^3 , die zum Abdichten der Innenflanke des Damms und der Sohlabdichtung verbaut werden müssen, benötigt man zur vollständigen Verfüllung des Dammkernes noch folgende Erdmassen:
 $V_{V\text{zus.}} = 22.980 - 2.513 - 3.721 - 8.318 = 8.428\text{m}^3$.



3 Berechnung der Dammstabilität und - durchströmung

Anhand der Ergebnisse der Baugrunderkundung konnten die Stabilitätsnachweise und die Berechnung der Durchströmung des Damms durchgeführt werden.

Folgende Nachweise wurden erbracht und können dem Anhang entnommen werden:

Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit:

- Sicherheit gegen Böschungsbruch
- Sicherheit gegen Böschungsgrundbruch
- Sicherheit gegen Abschieben des Dammkörpers
- Lokale Standsicherheit der wasser- und luftseitigen Böschungen
- Lokale Standsicherheit am Böschungsfuß (Spreizsicherheit)
- Auftriebssicherheit bzw. hydraulischer Grundbruch

4 Empfehlungen und Schlussbemerkung

Da der Dammkörper neben dem Decklehm auch aus dem Bitumenschiefer besteht, der sensibel mit Wasserkontakt reagiert und aufgrund der zusätzlichen Verfüllmassen, die zur Errichtung des Damms erforderlich werden, raten wir zur Variante 1, die durch das Aufbringen einer Oberflächendrainage auf der Innenflanke des Damms jegliches Eindringen von Wasser, auch bei längerer Standzeit, vermeidet. Hierfür wird ein Volumen von ca. 2.100m³ filterfähiges Material z.B. Kies benötigt. Dadurch reduziert sich das zusätzliche Verfüllmaterial für den Dammkern zu:

$$V_{V.zus.} = 22.980 - 2.513 - 3.721 - 8.318 - 2.100 = 6.328m^3.$$

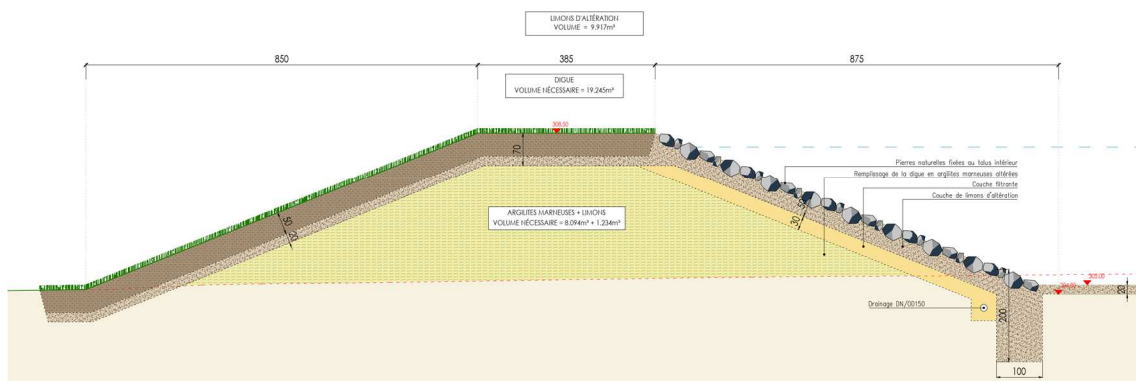


Abbildung 6 Querschnitt Dammkörper Variante 1

Um keine erforderlichen Massen an Verfüllmaterial für den Dammkern zu benötigen, müsste **unter Prüfung des Ablaufniveaus**, das Beckeninnere und die Dammkrone um eine zusätzliche Tiefe t abgesenkt werden. Dies kann für den Idealfall mit der folgenden Gleichung ermittelt werden:

$$V_{V.zus.} - A_{\text{Becken}} \times t - A_{\text{Dammkrone}} \times t = 0$$

Unter der Annahme einer Beckeninnenfläche von 32.245m² und einer Dammkrone von 754m x 4m ergäbe das eine zusätzliche Tiefe **t von 18cm**. Diese angepasste Geometrie ist vom Planer auf Machbarkeit zu prüfen.

Contern, den 23.01.2024



Domenico NOLA

Directeur de département | Engineering



Stefanie ALLWICHER

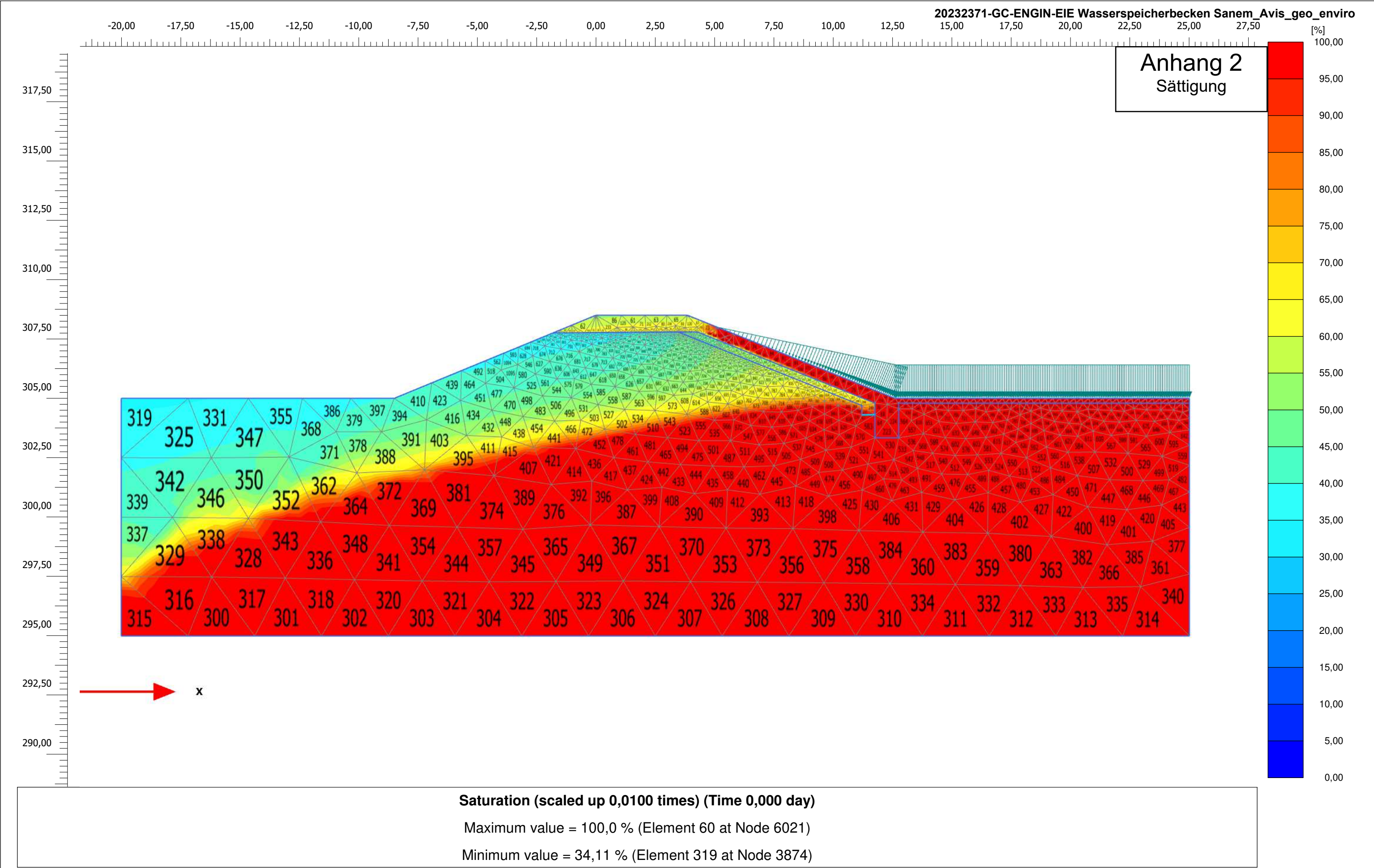
Chef de projet | Engineering

Anhang 20232371-GC-ENGIN-R 01

Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

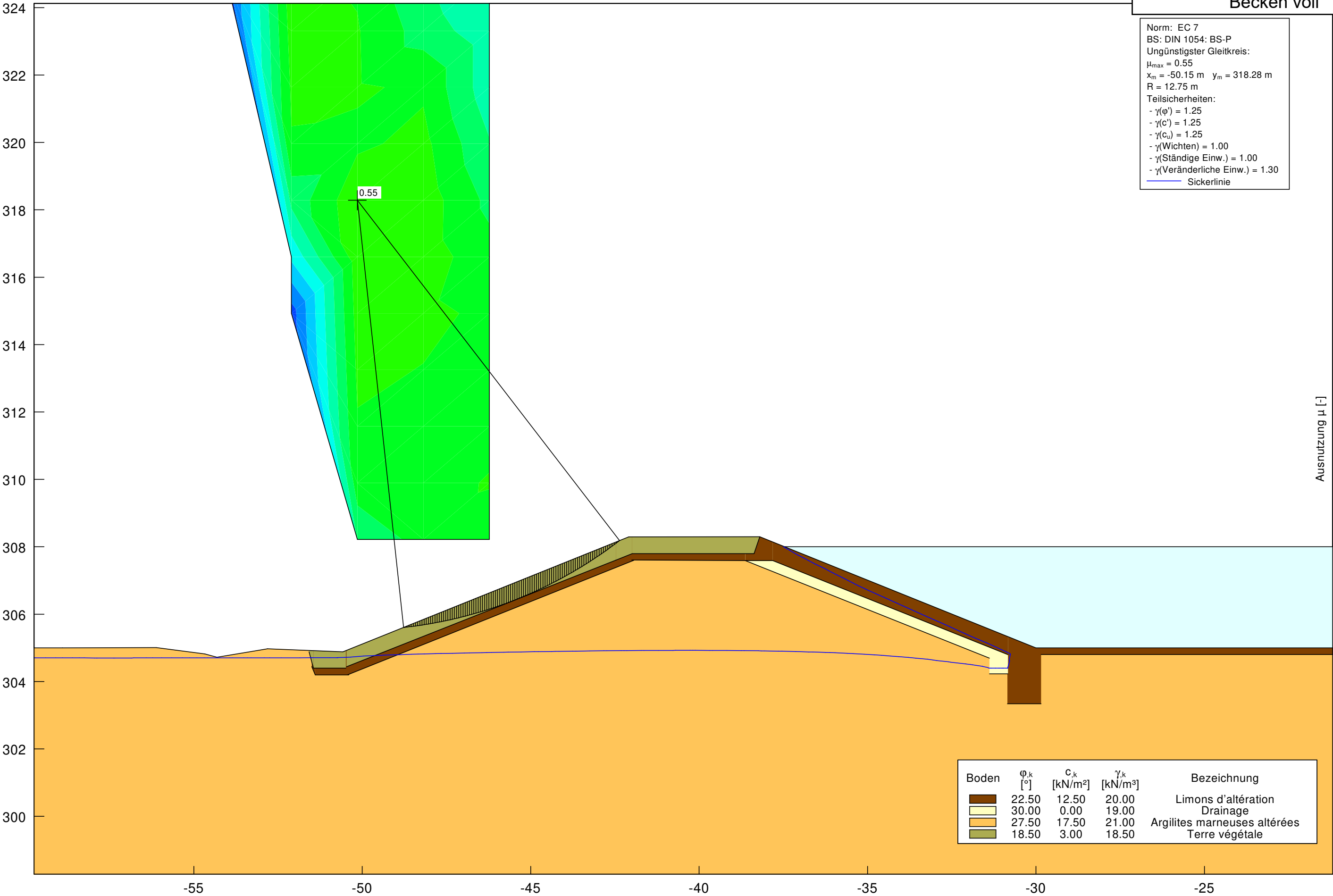
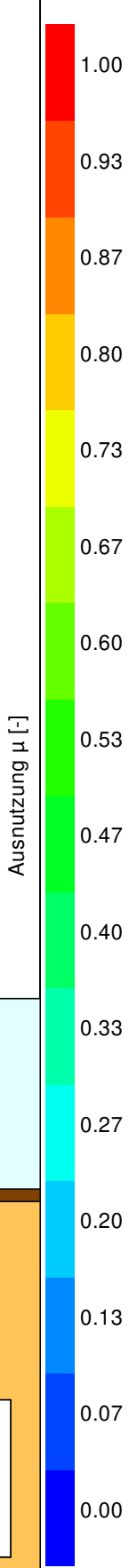


Minimum value = 295,2 m (Element 315 at Node 3923)



Anhang 3
Böschungsbruch
luftseitige Böschung
Becken voll

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.55$
 $x_m = -50.15 \text{ m}$ $y_m = 318.28 \text{ m}$
 $R = 12.75 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie



Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
	30.00	0.00	19.00	Drainage
	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(Wichten) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-80.000	305.000	2	-62.600	305.000	3	-58.900	305.000	4	-56.114	305.006	5	-54.672	304.821
6	-54.315	304.723	7	-52.814	304.972	8	-50.576	304.881	9	-42.090	308.294	10	-38.200	308.297
11	-30.000	305.000	12	0.000	305.000	13	0.000	305.000						

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-29.850	304.800	0.000	304.800	1
2	-37.813	307.590	-30.831	304.798	1
3	-38.370	307.797	-38.200	308.297	4
4	-31.381	304.226	-30.831	304.226	2
5	-30.850	303.340	-29.850	303.340	1
6	-41.985	307.797	-38.370	307.797	4
7	-42.470	307.605	-41.985	307.797	4
8	-38.628	307.591	-37.813	307.590	1
9	-38.628	307.591	-31.381	304.694	2
10	-42.000	307.608	-38.628	307.591	1
11	-50.470	304.440	-42.471	307.605	4
12	-51.451	304.398	-50.484	304.398	4
13	-51.580	304.882	-51.451	304.398	4
14	-50.433	304.203	-41.937	307.598	1
15	-51.396	304.197	-50.400	304.197	1
16	-51.497	304.441	-51.396	304.197	1
17	-80.000	295.000	0.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 304.40
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 308.00

γ_{Wasser} [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): -43.6453 309.2584

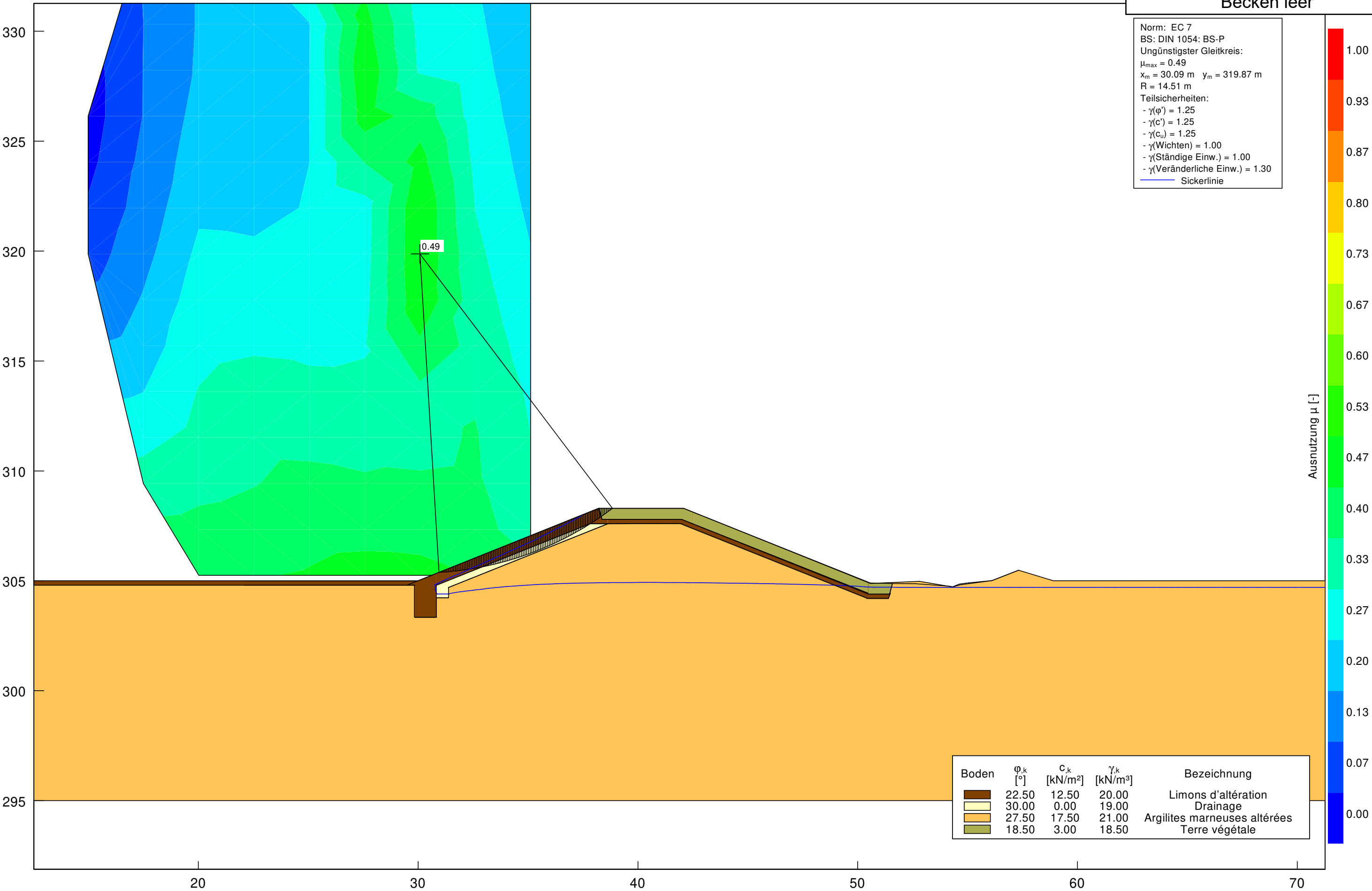
x / y (Ende): -43.7571 305.0000

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	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]
187	-50.1465	318.2821	12.7498	100	0.5508	189.800	344.614	344.6	0.0	189.8	0.0

Anhang 4
Böschungsbruch
wasserseitige Böschung
Becken leer



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

ϕ [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = 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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	ϕ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	ϕ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	295.000	80.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 304.40
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 30.0627 305.8355

x / y (Ende): 38.3012 305.2500

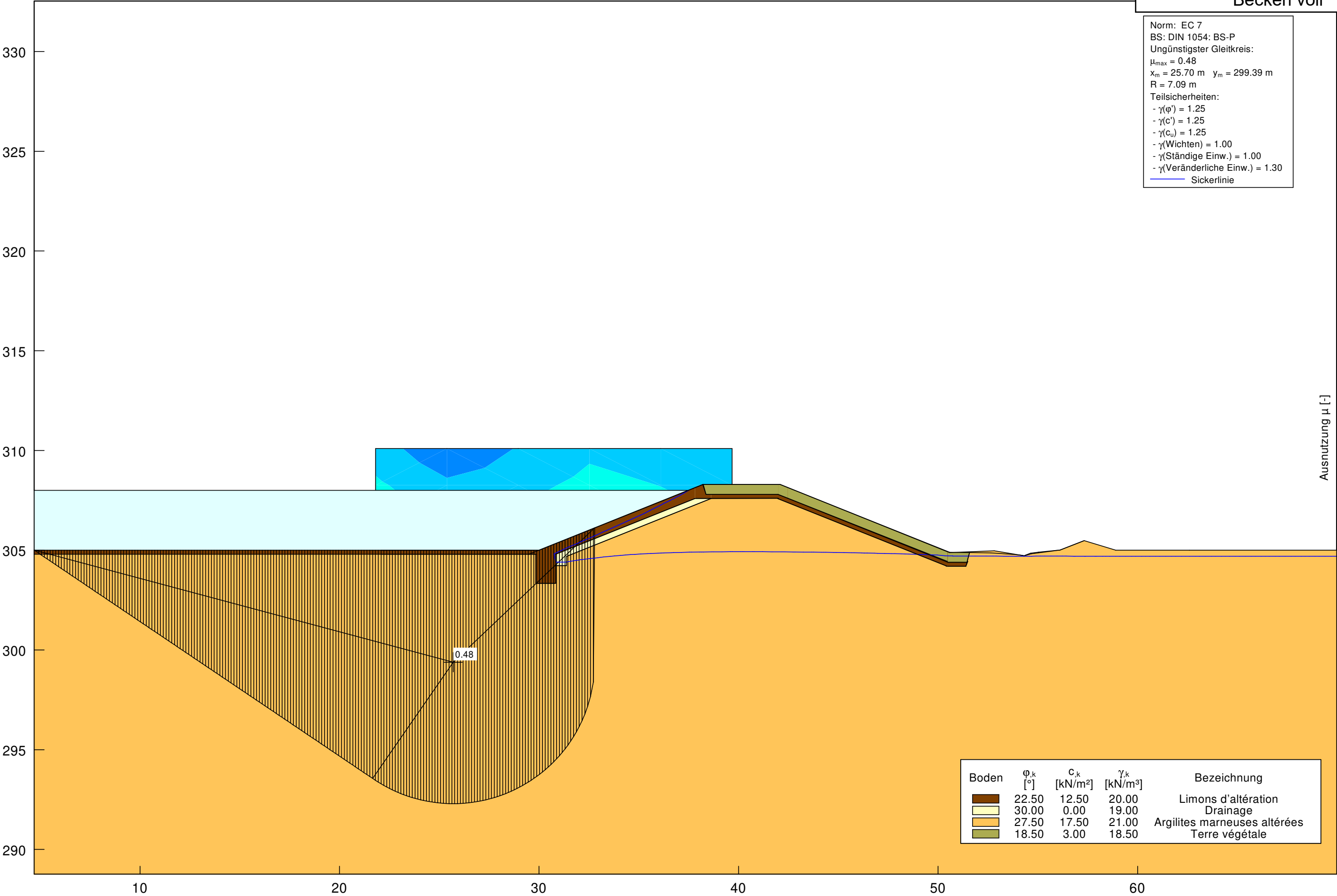
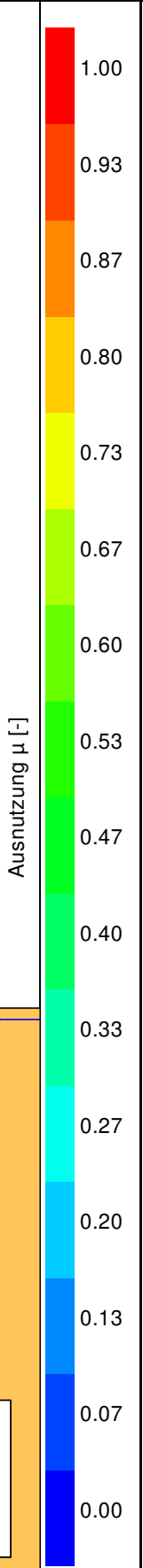
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	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]
188	30.0867	319.8702	14.5133	100	0.4935	448.560	908.857	908.9	0.0	448.6	0.0

Anhang 5
Böschungsgrundbruch
wasserseitige Böschung
Becken voll

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.48$
 $x_m = 25.70\text{ m}$ $y_m = 299.39\text{ m}$
 $R = 7.09\text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
	30.00	0.00	19.00	Drainage
	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	270.000	80.000	270.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 308.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): 18.6095 305.4350

x / y (Ende): 35.6048 304.5000

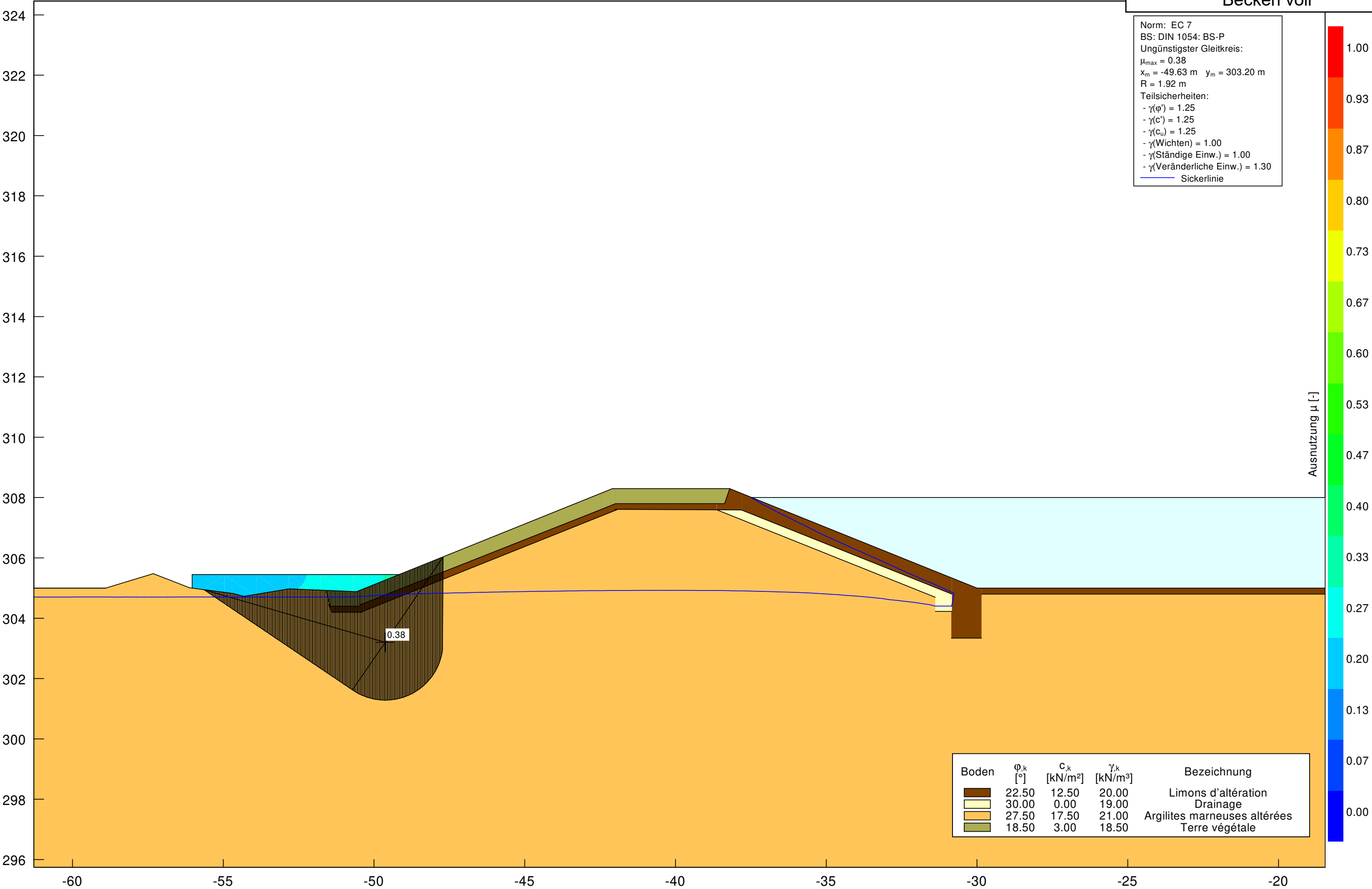
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	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]
37	25.7008	299.3865	7.0913	198	0.4766	1052.142	2207.495	2207.5	0.0	884.3	167.9

Anhang 6
Böschungsgrundbruch
luftseitige Böschung
Becken voll

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.38$
 $x_m = -49.63\text{ m}$ $y_m = 303.20\text{ m}$
 $R = 1.92\text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(Wichten) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-80.000	305.000	2	-62.600	305.000	3	-58.900	305.000	4	-57.323	305.478	5	-56.114	305.006
6	-54.672	304.821	7	-54.315	304.723	8	-52.814	304.972	9	-50.576	304.881	10	-42.090	308.294
11	-38.200	308.297	12	-30.000	305.000	13	0.000	305.000	14	0.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-29.850	304.800	0.000	304.800	1
2	-37.813	307.590	-30.831	304.798	1
3	-38.370	307.797	-38.200	308.297	4
4	-31.381	304.226	-30.831	304.226	2
5	-30.850	303.340	-29.850	303.340	1
6	-41.985	307.797	-38.370	307.797	4
7	-42.470	307.605	-41.985	307.797	4
8	-38.628	307.591	-37.813	307.590	1
9	-38.628	307.591	-31.381	304.694	2
10	-42.000	307.608	-38.628	307.591	1
11	-50.470	304.440	-42.471	307.605	4
12	-51.451	304.398	-50.484	304.398	4
13	-51.580	304.882	-51.451	304.398	4
14	-50.433	304.203	-41.937	307.598	1
15	-51.396	304.197	-50.400	304.197	1
16	-51.497	304.441	-51.396	304.197	1
17	-80.000	295.000	0.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 305.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 308.00

γ_{Wasser} [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): -52.9000 303.5000

x / y (Ende): -52.9000 301.0000

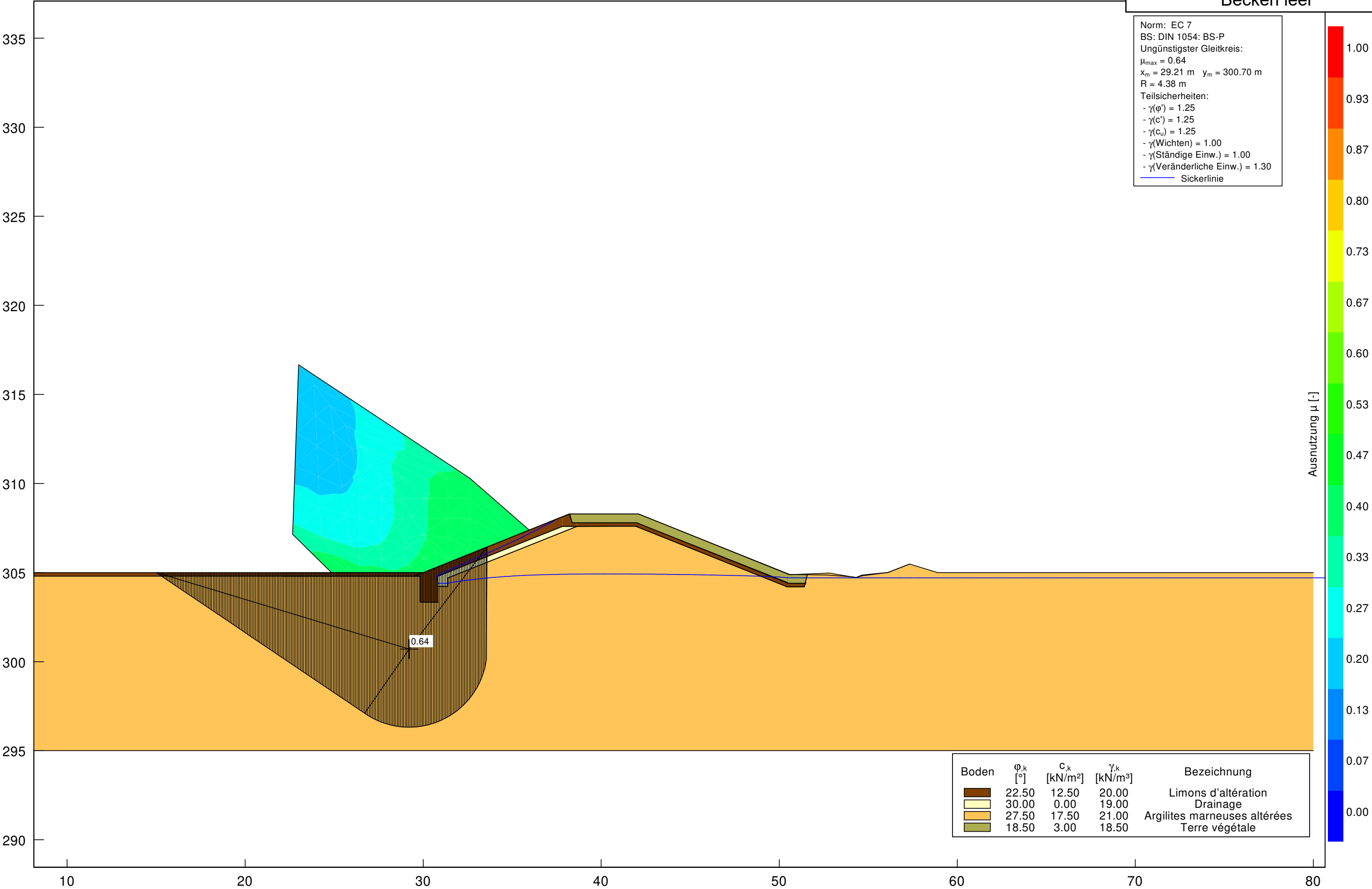
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	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]
64	-49.6255	303.2003	1.9152	207	0.3782	97.716	258.401	258.4	0.0	97.7	0.0

Anhang 9
Böschungsgrundbruch
wasserseitige Böschung
Becken leer

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{\max} = 0.64$
 $x_m = 29.21 \text{ m}$ $y_m = 300.70 \text{ m}$
 $R = 4.38 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	295.000	80.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 304.40

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ_{Wasser} [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 27.0000 305.0000

x / y (Ende): 28.0000 301.0000

Anzahl Radien = 40

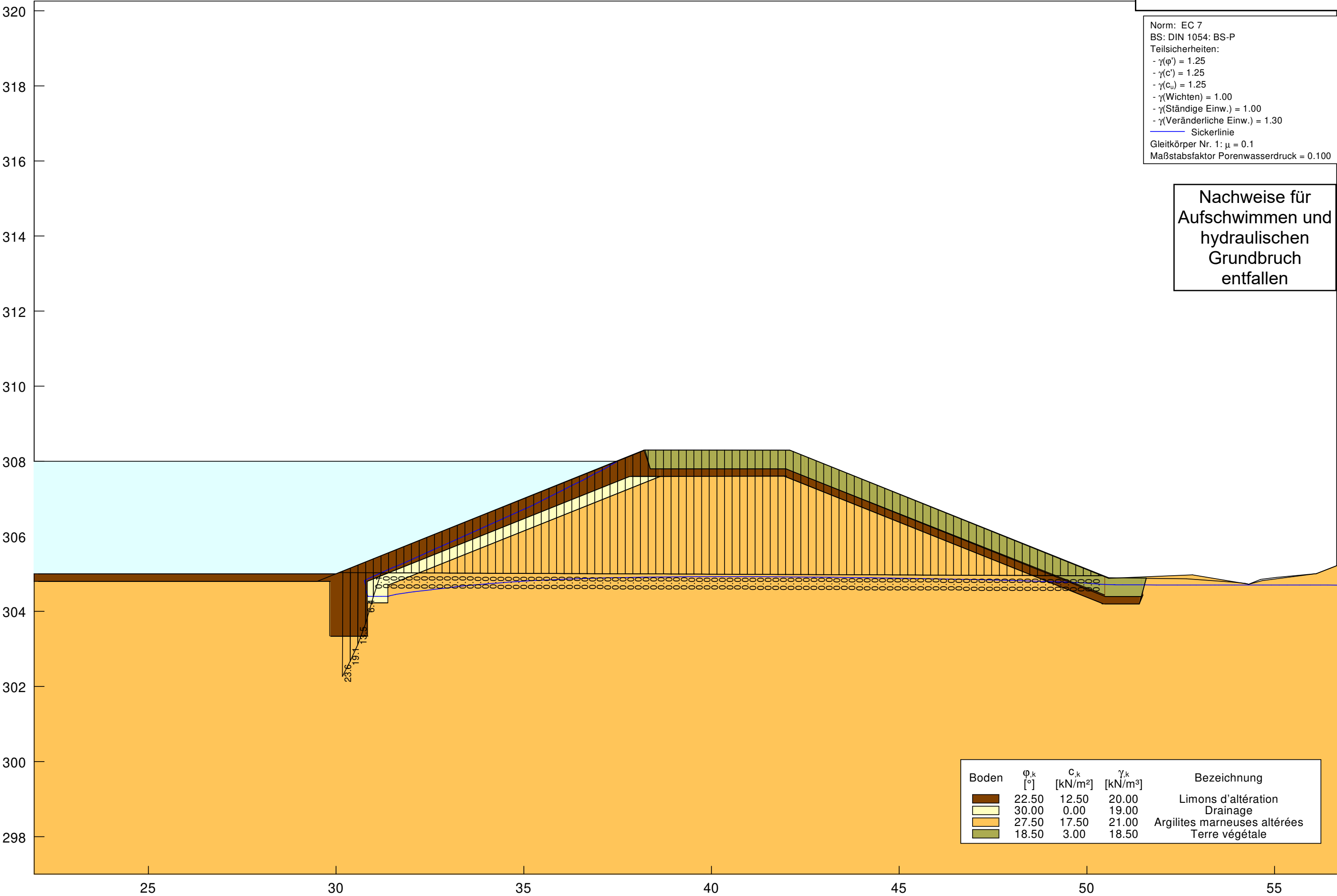
Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	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]
78	29.2063	300.7034	4.3815	212	0.6365	1254.984	1971.708	1971.7	0.0	1255.0	0.0

Anhang 8
Dammgleiten
Becken voll

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi^*) = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.1$
Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100

Nachweise für
Aufschwimmen und
hydraulischen
Grundbruch
entfallen



Böschungsberechnung nach EC 7
mit polygonalen Gleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad

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

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	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	295.000	80.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 308.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
----	-------	--------	--------	-------	------	-------	------	----------

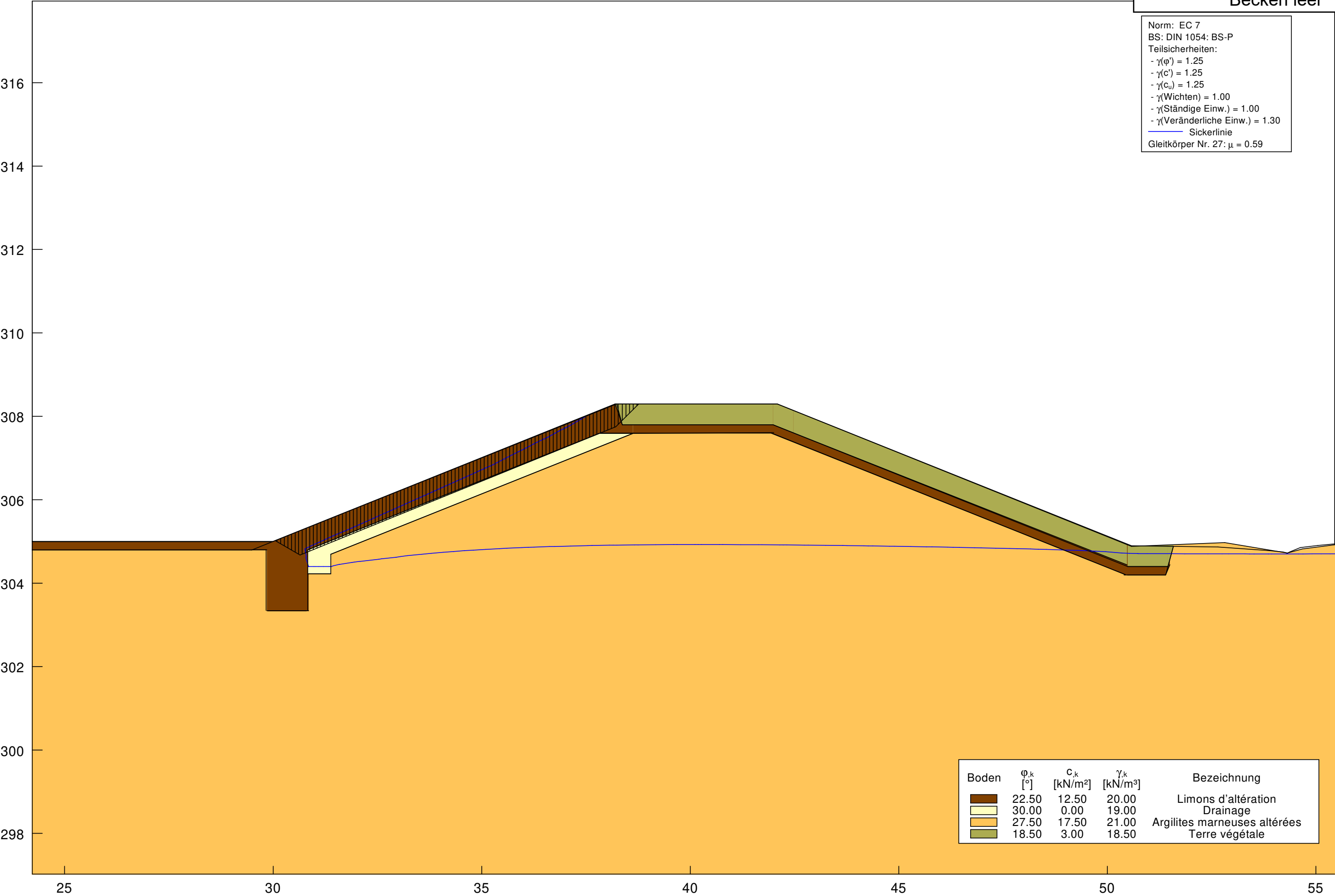
[-]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]
1	0.076	47.909	628.627	628.627	0.000	3.848	-44.060	100
Koordinaten (Gleitkörper 1)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]			
1	30.078	305.031	2	50.412	304.947			

Ungünstigster Gleitkörper 1

Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[-]
1	0.076	47.909	628.627	628.627	0.000	3.848	-44.060	100
Koordinaten (Gleitkörper 1)								
Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]			
1	30.078	305.031	2	50.412	304.947			

Anhang 11
Lokale Standsicherheit
wasserseitige Böschung
Becken leer

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Sickerlinie
Gleitkörper Nr. 27: $\mu = 0.59$



Böschungsberechnung nach EC 7
mit polygonalen Gleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad

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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	295.000	80.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 304.40

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

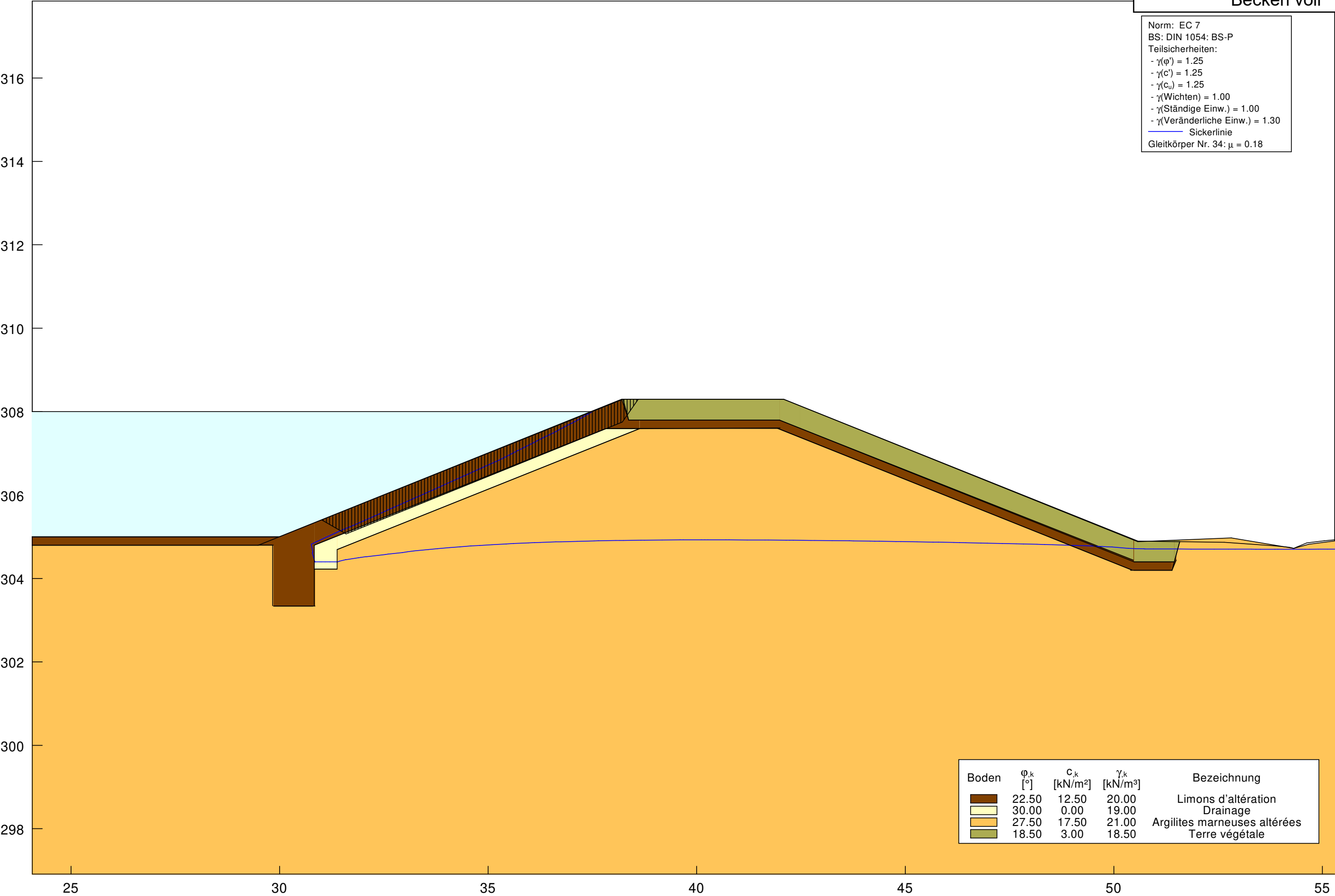
Ergebnisse

Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
----	-------	--------	--------	-------	------	-------	------	----------

[-]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]			
27	0.592	35.693	60.329	60.329	0.000	35.693	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 27)											
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	30.048	305.019	2	30.645	304.675	3	38.215	307.750	4	38.761	308.296
Ungünstigster Gleitkörper 27											
Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen			
[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[-]			
27	0.592	35.693	60.329	60.329	0.000	35.693	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 27)											
Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	30.048	305.019	2	30.645	304.675	3	38.215	307.750	4	38.761	308.296

Anhang 10
Lokale Standsicherheit
wasserseitige Böschung
Becken voll

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie
Gleitkörper Nr. 34: $\mu = 0.18$



Böschungsberechnung nach EC 7
mit polygonalen Gleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad

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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	295.000	80.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 308.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

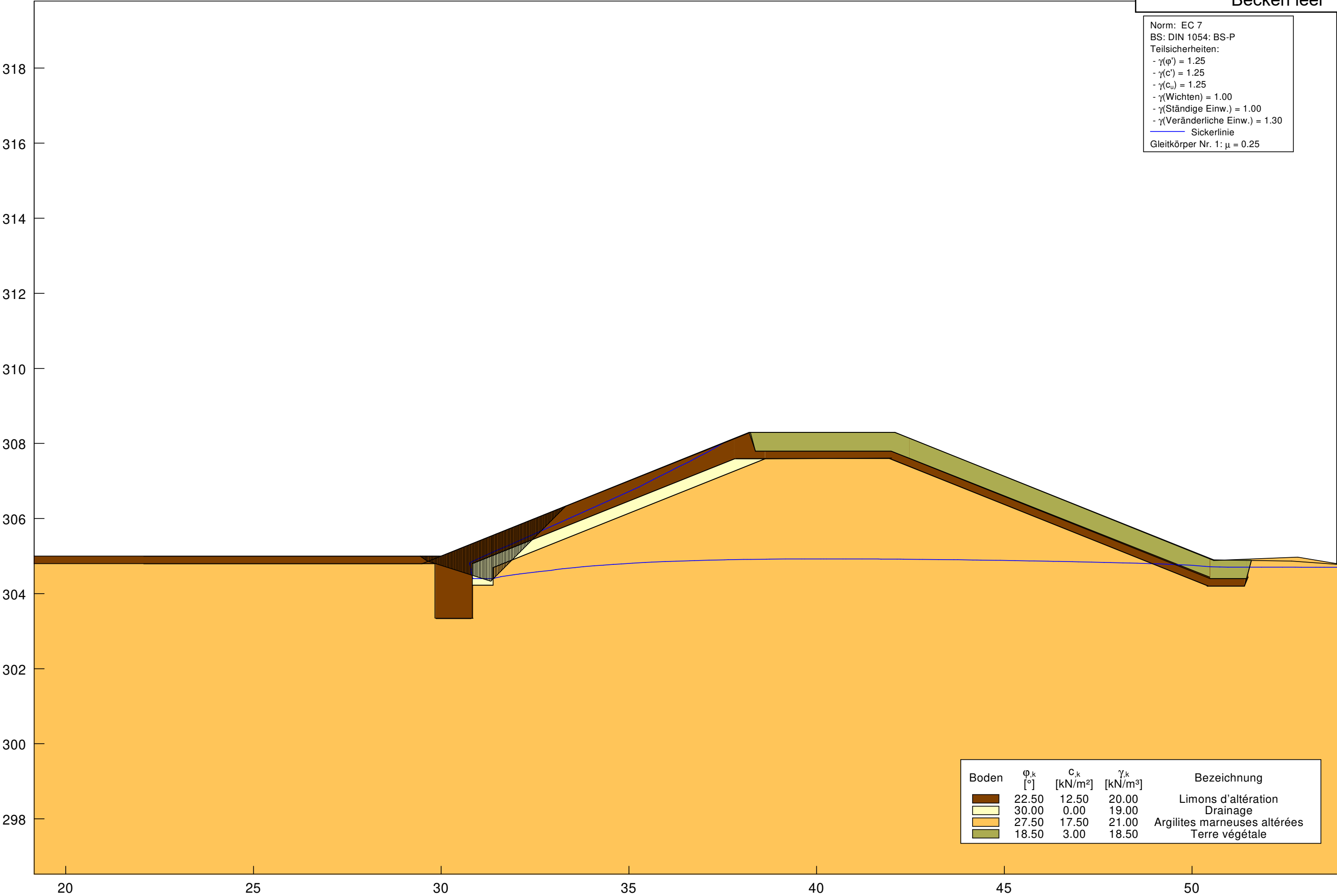
Nr.	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
-----	-------	--------	--------	-------	------	-------	------	----------

[-]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]
34	0.175	17.053	97.286	97.286	0.000	50.709	-33.656	100
Koordinaten (Gleitkörper 34)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	31.009	305.406	2	31.594	305.068	3	38.215	307.750
			4	38.598	308.296			
Ungünstigster Gleitkörper 34								
Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[-]
34	0.175	17.053	97.286	97.286	0.000	50.709	-33.656	100
Koordinaten (Gleitkörper 34)								
Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	31.009	305.406	2	31.594	305.068	3	38.215	307.750
			4	38.598	308.296			

Anhang 11

Lokale Standsicherheit am Fuß
wasserseitige Böschung
Becken leer

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
— Sickerlinie
Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.25$



Böschungsberechnung nach EC 7
mit polygonalen Gleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad

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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	305.000	2	0.000	305.000	3	30.000	305.000	4	38.200	308.297	5	42.090	308.294
6	50.576	304.881	7	52.814	304.972	8	54.315	304.723	9	54.672	304.821	10	56.114	305.006
11	57.323	305.478	12	58.900	305.000	13	62.600	305.000	14	80.000	305.000			

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	12.50	20.00	Limons d'altération
2	30.00	0.00	19.00	Drainage
3	27.50	17.50	21.00	Argilites marneuses altérées
4	18.50	3.00	18.50	Terre végétale

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	10.00	20.00	Limons d'altération
2	24.79	0.00	19.00	Drainage
3	22.61	14.00	21.00	Argilites marneuses altérées
4	14.99	2.40	18.50	Terre végétale

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	304.800	29.850	304.800	1
2	30.831	304.798	37.813	307.590	1
3	38.200	308.297	38.370	307.797	4
4	30.831	304.226	31.381	304.226	2
5	29.850	303.340	30.850	303.340	1
6	38.370	307.797	41.985	307.797	4
7	41.985	307.797	42.470	307.605	4
8	37.813	307.590	38.628	307.591	1
9	31.381	304.694	38.628	307.591	2
10	38.628	307.591	42.000	307.608	1
11	42.471	307.605	50.470	304.440	4
12	50.484	304.398	51.451	304.398	4
13	51.451	304.398	51.580	304.882	4
14	41.937	307.598	50.433	304.203	1
15	50.400	304.197	51.396	304.197	1
16	51.396	304.197	51.497	304.441	1
17	0.000	295.000	80.000	295.000	3

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 304.40

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 304.40

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Nr.	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
-----	-------	--------	--------	-------	------	-------	------	----------

[-]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]
1	0.248	17.226	69.360	69.360	0.000	17.226	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 1)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	29.440	305.000	2	29.622	304.872	3	31.322	304.332
			4	33.328	306.338			
Ungünstigster Gleitkörper 1								
Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[-]
1	0.248	17.226	69.360	69.360	0.000	17.226	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 1)								
Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	29.440	305.000	2	29.622	304.872	3	31.322	304.332
			4	33.328	306.338			

Anhang 12:

Die Spreizsicherheit wird nach Brauns (1980) berechnet.

Der erforderliche Sohlreibungswinkel δ_{erf} beträgt im Grenzzustand ($\eta = 1,5$):

$$\tan \delta_{\text{erf}} = \frac{\tau_{\varepsilon}}{\sigma_{\varepsilon}} = \frac{\sin \varphi * \sin \left[\arcsin \left(\frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \right) - \beta + 2\varepsilon \right]}{1 + \sin \varphi * \cos \left[\arcsin \left(\frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \right) - \beta + 2\varepsilon \right]}$$

Der Gleitreibungswinkel δ in der Dammaufstandsfläche beträgt im Mittel $27,5^\circ$. Der Winkel β der Böschung beträgt $22,9^\circ$. Unter Zugrundelegung des gemittelten Rechenwertes in der Dammaufstandsfläche und der Vernachlässigung des Kohäsionsanteils (zusätzliche Sicherheit!) wird der erforderliche Sohlreibungswinkel wie folgt ermittelt:

$$\delta_{\text{erf}} = 10,7^\circ$$

Die Neigung der Dammaufstandsfläche beträgt 0° . Die Berechnung der Spreizsicherheit am landseitigen Böschungsfuß wird wie folgt vorgenommen:

$$\eta_{\text{vorh}} = \frac{\tan \varphi}{\tan \delta} \geq \frac{\tan 27,5^\circ}{\tan 10,7^\circ} = 2,75 \geq 1,5 = \eta_{\text{zul}}$$

Der Nachweis der Spreizsicherheit am landseitigen Böschungsfuß ist damit problemlos erbracht.