

Anlage 4

Standortsicherheitsnachweise

Deponie St. Augustin Erweiterung Bauabschnitt 5

Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen

**Erläuterungsbericht
Revision Nr. 1**

**Projekt Nr.
1873**

Erstellt im Auftrag von:
ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH
Auf der Breit 11
76227 Karlsruhe

23.08.2022
Stand: 06.02.2023

ICP Braunschweig GmbH

Berliner Straße 52 J
38104 Braunschweig
Telefon 0531 / 3540460-10
Telefax 0531 / 3540460-99

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Wolf-Dietrich Brunswig
Dipl.-Ing. Knut Wichmann

Bankverbindung
Commerzbank
IBAN DE19 2704 0080 0559 9949 00
BIC COBADEFFXXX

Amtsgericht Braunschweig
HRB 200803
St. Nr. 13/209/01759
USt.ID-Nr. DE25 4076 328

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	Veranlassung.....4
2	Verwendete Unterlagen.....4
3	Grundsätzliches Vorgehen5
4	System6
4.1	Aufbau/Geometrie6
4.2	Untergrund6
4.3	Oberflächenabdichtungssystem6
5	Gleitsicherheit7
5.1	Allgemeines.....7
5.2	Lastfälle und Belastungen8
5.3	Teilsicherheitsbeiwerte9
5.4	Nachweis9
5.5	Verformungen12
6	Böschungsbruchberechnung.....12
6.1	Allgemeines.....12
6.2	Lastfälle.....12
6.3	Nachweis des Abdichtungssystems13
6.4	Nachweis der Schüttkante14
7	Schlussbemerkung14

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Bestandsplan
Anlage 2:	Verfüllung OK KDB
Anlage 3.1:	Gleitsicherheitsnachweis, Endzustand
Anlage 3.2:	Gleitsicherheitsnachweis, Bauzustand, Schneelast
Anlage 3.3:	Gleitsicherheitsnachweis, Bauzustand, Baugerät
Anlage 3.4:	Gleitsicherheitsnachweis, Bauzustand, Wassereinstau
Anlage 4.1:	Böschungsbruchnachweis, Endzustand, LF 1 a), nach BISHOP
Anlage 4.2:	Böschungsbruchnachweis, Endzustand, LF 1 a), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll

- Anlage 4.3:** Böschungsbruchnachweis, Endzustand, LF 1 a), nach JANBU
- Anlage 4.4:** Böschungsbruchnachweis, Endzustand, LF 1 a), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 5.1:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 a), nach BISHOP
- Anlage 5.2:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 a), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll
- Anlage 5.3:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 a), nach JANBU
- Anlage 5.4:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 a), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 6.1:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 b), nach BISHOP
- Anlage 6.2:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 b), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll
- Anlage 6.3:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 b), nach JANBU
- Anlage 6.4:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 b), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 7.1:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 c), nach BISHOP
- Anlage 7.2:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 c), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll
- Anlage 7.3:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 c), nach JANBU
- Anlage 7.4:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 c), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 8.1:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 d), nach BISHOP
- Anlage 8.2:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 d), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll
- Anlage 8.3:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 d), nach JANBU
- Anlage 8.4:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 d), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 9.1:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 e), nach BISHOP
- Anlage 9.2:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 e), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll
- Anlage 9.3:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 e), nach JANBU
- Anlage 9.4:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 e), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 10.1:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 f), nach BISHOP
- Anlage 10.2:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 f), nach BISHOP, Ausdruckprotokoll
- Anlage 10.3:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 f), nach JANBU
- Anlage 10.4:** Böschungsbruchnachweis, Bauzustand, LF 2 f), nach JANBU, Ausdruckprotokoll
- Anlage 11.1:** Böschungsbruchnachweis Kippkante, Neigung 1 : 2, Bauzustand, Verkehrslast, nach BISHOP
- Anlage 11.2:** Böschungsbruchnachweis Kippkante, Neigung 1 : 2, Bauzustand, Verkehrslast, nach BISHOP, alternative Darstellung
- Anlage 11.3:** Böschungsbruchnachweis Kippkante, Neigung 1 : 2, Bauzustand, Verkehrslast, nach BISHOP, Ausdruckprotokoll

1 **Veranlassung**

Die ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP) plant im Auftrag der Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH (RSAG) die Erweiterung der Mineralstoffdeponie St. Augustin.

Der Bauabschnitt (BA) 5, auf dem derzeit der Ablagerungsbetrieb der Deponie stattfindet, soll vergrößert werden. Um die Flächenbelegung der Deponie zu optimieren, sollen die Betriebswege, die derzeit zwischen den Bauabschnitten 5, 4 und dem sog. Altbereich Ost (AO) verlaufen, mit einer Basisabdichtung versehen werden und mit Abfall überlagert werden. Der Bestandsplan vor der Erweiterung ist dem Bericht als **Anlage 1** beigelegt.

Der neue, erweiterte Bauabschnitt 5 lehnt sich mit der Erweiterung an die Böschungen des bereits endgültig abgedichteten Altbereich Ost und des mit einer temporären Oberflächenabdichtung versehenen BA 4. Die planmäßige Endkubatur der Erweiterung des BA 5 ist in **Anlage 2** dargestellt.

Die erforderlichen statischen Berechnungen für den Nachweis der Standsicherheit der Oberflächenabdichtung wurde intern an die ICP Braunschweig GmbH (ICP BS) vergeben. Im vorliegenden Bericht wird sowohl die Standsicherheit des Gesamtsystems nach DIN 4084 [7] wie auch die Gleitsicherheit des Oberflächenabdichtungssystems nach GDA-Empfehlung 2-7 [1] nachgewiesen. Zudem wird auch der Bauzustand im Ablagerungsbetrieb („Kippkante“) näher betrachtet.

2 **Verwendete Unterlagen**

- [1] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) e.V.:
Empfehlungen der Fachsektion 6 - AK6.1 (Geotechnik für Deponiebauwerke) („GDA.Empfehlungen“), E2-7: Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen, August 2015

- [2] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) e.V.:
Empfehlungen der Fachsektion 6 - AK6.1 (Geotechnik für Deponiebauwerke) („GDA.Empfehlungen“), E2-20: Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen, Mai 2015

- [3] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009, vom Dezember 2010
(DIN EN 1991-1-3:2010-12)

- [4] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung DIN EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013, vom März 2014
(DIN EN 1997-1:2014-03(D))

- [5] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, vom Dezember 2010 (DIN EN 1997-1/NA:2010-12 (D))
- [6] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
DIN 1054 „Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“, vom April 2021 (DIN 1054:2021-04)
- [7] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
DIN 4084: Baugrund - Geländebruchberechnungen, vom Januar 2009 (DIN 4084:2009-01)
- [8] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
DIN 4124: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, vom Januar 2012 (DIN 4124:2012-01)
- [9] CDM Smith Consult GmbH:
Zentraldeponie Sankt Augustin, Setzungsprognose Modul 2, Projektstudie Deponieerweiterung DK I, 06.07.2018

3 Grundsätzliches Vorgehen

Es liegen der ICP Braunschweig GmbH weder charakteristische Werte des Baugrundes noch des Deponieinventars vor. Für die Berechnung erforderliche bodenmechanische Kennwerte dieser Schichten - wie z.B. Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, etc. - wurden auf der Grundlage von Erfahrungswerten oder von Literatur sinnvoll abgeschätzt.

Im Zuge der Gleitsicherheitsberechnungen haben wir zunächst durch Parametervariationen die mindestens erforderlichen charakteristischen Reibungswinkel bzw. Reibungswerte ermittelt, die einen noch ausreichenden Ausnutzungsgrad des Systems liefern. Gewisse erwartbare Mindestscherfestigkeiten je nach Bauteil wurden jedoch nicht unterschritten.

Die sich daraus ergebenden Scherparameter haben wir bei der Berechnung des Böschungsbruchs nach DIN 4084 [7] angesetzt und auch hier eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen.

Wenn im Rahmen der Eignungsuntersuchungen die Laborversuche zur Bestimmung der wirksamen Scherparameter der Bodenmaterialien und der Festigkeiten in den Fugen des Abdichtungssystems vorliegen, sind sie gemäß GDA-Empfehlung 2-7 [1] abzumindern und mit den aus den vorliegenden Standsicherheitsberechnungen ermittelten charakteristischen Mindestwerten zu vergleichen. Die entsprechend abgeminderten Scherparameter müssen in jedem Falle gleich oder größer sein als die in der Berechnung angesetzten Scherparameter, um den Eignungsnachweis zu erfüllen.

4 System

4.1 Aufbau/Geometrie

Der planmäßige Endzustand des Deponiekörpers ist in **Anlage 2** dargestellt. Die Nordböschung des BA 5 stützt sich auf die Altablagerung Ost, die Erweiterung im Osten zwischen AO und BA 4 lehnt sich gar an beide angrenzenden Bauabschnitte.

Das Anlehnen des BA 5 an die bestehenden Deponieabschnitte begrenzt die Längen der entstehenden Böschungen im Norden und im Osten, zudem haben die Altkörper eine gewisse Stützwirkung auf die vorgenannten Böschungen.

Die für die Berechnung maßgeblichen Böschungen befinden sich im Süden und Westen des BA 5, da hier die Böschungslängen maximal werden. Die Böschungen fallen mit einer planmäßigen Neigung von 1 : 3 ab, der Böschungsfuß liegt bei ca. NHN + 75 m, die Böschungsschulter bei ca. NHN + 100 m. Demzufolge beträgt der Höhenunterschied ca. 25 m, der horizontale Abstand beträgt bei vorgenannter Neigung ca. 75 m.

An der Böschungsschulter flacht die Neigung auf ca. 15 % ab (3 m Höhendifferenz auf 20 m Länge).

4.2 Untergrund

Für den Untergrund im Bereich der Deponie St. Augustin wurden Kennwerte auf Basis der Setzungsberechnungen [9] angenommen. Für den zu führenden Gleitsicherheitsnachweis ist der Untergrund nicht weiter von Belang, für den Nachweis des Gesamtsystems kann im ungünstigsten Fall der maßgebende Gleitkreis auch durch den Untergrund verlaufen, wenn dieser wesentlich ungünstigere Scherparameter aufweist als das abgelagerte Deponat oder die Belastung einen Bruch durch den Untergrund erzwingt.

4.3 Oberflächenabdichtungssystem

Das auf dem Bauabschnitt 5 planmäßig zur Anwendung kommende Oberflächenabdichtungssystem (OFA) besteht von oben nach unten aus folgenden Komponenten:

- 1,20 m Rekultivierungsschicht, bestehend aus
 - o 30 cm Oberboden
 - o 90 cm Unterboden
- Trennvlies, filterstabil, mit BAM-Zulassung
- 30 cm Entwässerungsschicht, $k_f \geq 1 \times 10^{-3}$ m/s
- Schutzlage, mit BAM-Zulassung

- Kunststoffdichtungsbahn, d = 2,5 mm, mit BAM-Zulassung
- Bentonitmatte mit Eignungsbeurteilung der LAGA Ad-hoc-AG
- 30 cm Trag- und Ausgleichsschicht
- abgelagertes Deponat

Für jede Schichtgrenze der vorgenannten Komponenten muss ein Gleitsicherheitsnachweis gemäß GDA-Empfehlung 2-7 [1] geführt werden. Das abgelagerte Deponat stellt zwar im eigentlichen Sinne keine Komponente des Oberflächenabdichtungssystems dar, es ist an dieser Stelle dennoch mit aufgeführt, da die Schichtgrenze zwischen Deponat und Trag- und Ausgleichsschicht im Gleitsicherheitsnachweis zu betrachten ist.

Für den Nachweis der Standsicherheit des Gesamtsystems (Böschungsbruch nach BISHOP sowie Blockgleiten nach JANBU gem. DIN 4084 [7]) werden die geosynthetischen Komponenten nicht berücksichtigt, da diese, ähnlich wie eine Bewehrung, stabilisierend im Hinblick auf die vorgenannten Versagensmechanismen wirken.

5 Gleitsicherheit

5.1 Allgemeines

Neben dem Versagen des Gesamtsystems (untersucht mit Kreisgleitflächen, s.u.) können durch den Schichtaufbau auch Teilsysteme nicht ausreichend standsicher sein, die - dem Schichtaufbau folgend - gemäß den Fugen des Basisabdichtungssystems verlaufende Bruchkörper entstehen lassen. Dabei ist jede Fuge des Abdichtungssystems einzeln zu untersuchen und die maßgebliche Gleitfuge zu ermitteln.

Bei dem vorgesehenen Oberflächenabdichtungssystem sind folgende Scherfugen zu betrachten (von oben nach unten):

- F 1: Rekultivierungsschicht / Trennvlies
- F 2: Trennvlies / Entwässerungsschicht
- F 3: Entwässerungsschicht / Schutzlage
- F 4: Schutzlage / Kunststoffdichtungsbahn
- F 5: Kunststoffdichtungsbahn / Bentonitmatte
- F 6: Bentonitmatte / Trag- und Ausgleichsschicht
- F 7: Trag- und Ausgleichsschicht / Deponat

Für die Berechnungen zur Gleitsicherheit des Basisabdichtungssystems wird davon ausgegangen, dass die globale Standsicherheit gewährleistet ist (Nachweis s. Kapitel 6).

Es wird der Nachweis der Gleitsicherheit des Abdichtungssystems nach GDA E 2-7 [1] erbracht, mit dem nachgewiesen wird, dass unter den getroffenen Annahmen ein schichtparalleles

Abgleiten der einzelnen Komponenten des Abdichtungssystems ausgeschlossen ist. Das Gleitsicherheitsnachweis wird im Grenzzustand GEO-3 erbracht [1].

5.2 Lastfälle und Belastungen

Untersucht werden für die Böschungen die Lastfälle Endzustand und Bauzustand gemäß GDA-E 2-7 [1] wie folgt:

- 1.) Lastfall 1 (LF 1): Ständige Bemessungssituation (Endzustand), BS-P
- 2.) Lastfall 2 (LF 2): Vorübergehende Bemessungssituation (Bauzustand), BS-T

Für LF 1 gilt:

- Als Schneelast wird $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$ für Schneelastzone 2 angesetzt [3] (veränderliche Einwirkung).
- Der Wassereinstau in der Dränage berechnet sich gemäß GDA-E 2-20 [2] zu $d_w = 0,06 \text{ m}$:
 - Die maßgebliche Dränspende beträgt $q_s = 25 \text{ L/(m}^2 \times \text{d)}$ GDA E 2-20
 - Der Durchlässigkeitsbeiwert ist angesetzt mit $k = 10^{-3} \text{ m/s}$ GDA E 2-20 (Mindestwert)
 - Die Böschungsneigung beträgt $\alpha = 18,4^\circ$
 - Die maßgebende Böschungslänge beträgt $l = 75,0 \text{ m}$
 - $\Delta = 4 \times (q_s / k) - \tan^2 \alpha = 4 \times (0,025 \text{ m/d} / 86,4 \text{ m/d}) - 0,11$
 $= -0,11 \rightarrow \text{Fall C ist maßgebend}$ GDA E 2-20
 - Fall C: $d_w = a'_{\max} = \sqrt{(q_s/k) \times l \times [(-2 \times q_s + k \times \tan \alpha \times (\tan \alpha - \sqrt{-\Delta})) / -2 \times q_s + k \times \tan \alpha \times (\tan \alpha + \sqrt{-\Delta})) \times (\tan \alpha + \sqrt{-\Delta}) / \tan \alpha - \sqrt{-\Delta})]}^{(\tan \alpha / 2 \times \sqrt{-\Delta})} = \underline{\underline{0,06 \text{ m}}}$
- Flächenlasten sind nicht maßgebend.

Für LF 2 gilt:

- Der Wassereinstau in der Dränage berechnet sich gemäß GDA-E 2-20 [2] zu $d_w = 0,06 \text{ m}$ (s.o.):
- Annahmen für den Einbau (von unten nach oben):
 - Trag- und Ausgleichsschicht
Einbau: in 1 Lage mit $d = 0,30 \text{ m}$
Baugerät: Raupe (z. B. Caterpillar D6N XL/LGP, Betriebsgewicht 18 t, Einzel-Kettenbreite 0,84 m)
 - Bentonitmatte
Einbau: in 1 Lage
Einbau mit Traverse o.ä., keine Belastung durch Baugerät.
 - KDB
Einbau: in 1 Lage
Einbau mit Traverse o.ä., keine Belastung durch Baugerät
 - Schutzlage
Einbau: in 1 Lage
Einbau mit Traverse o.ä., keine Belastung durch Baugerät

- Dränageschicht

Einbau: in 1 Lage mit d = 0,30 m

Baugerät: Raupe (z. B. Caterpillar D6N XL/LGP, Betriebsgewicht 18 t, Einzel-Kettenbreite 0,84 m)

- Rekultivierungsschicht

Einbau: in 2 Lagen mit d = 0,9 m (1. Lage Unterboden) und d = 0,30 m (2. Lage Oberboden)

Baugerät: Raupe (z. B. Caterpillar D6N XL/LGP, Betriebsgewicht 18 t, Einzel-Kettenbreite 0,84 m)

Für die vorliegenden Berechnungen zur Gleitsicherheit im Bauzustand wird angenommen, dass bei Schnee wie auch bei Starkregenereignissen keine Bautätigkeit erfolgt. D.h. eine gleichzeitige Einwirkung von Schneelast und Belastung aus Baugerät bzw. Wassereinstau und Baugerät wird ausgeschlossen.

5.3 Teilsicherheitsbeiwerte

Gem. DIN 1054 [6] werden folgende Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt:

Bezeichnung		Symbol	Grenz-zustand	Lastfall	
				1	2
Einwirkungen E	Ständig	γ_G	GEO-3	1,00	1,00
	Ungünstig veränderlich	γ_Q	GEO-3	1,30	1,20
Widerstände R	Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \varphi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_\varphi, \gamma_{\varphi u}$	GEO-3	1,25	1,15
	Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	γ_c, γ_{cu}	GEO-3	1,25	1,15

Tabelle 1: Teilsicherheitsbeiwerte

5.4 Nachweis

Der Nachweis wird im Gleitsicherheits-Formblatt geführt, welches dem Bericht als **Anlage 3** beiliegt.

Maßgebend für den Gleitsicherheitsnachweis ist die Gleitfuge zwischen Deponat und Trag- und Ausgleichsschicht im Endzustand.

Bei den Berechnungen zur Gleitsicherheit wurden die in **Tabelle 2** angegebenen charakteristischen Kennwerte der Böden verwendet (Schichtung von oben nach unten). Diese müssen die verwendeten Baustoffe mindestens erfüllen, um die Gleitsicherheitsnachweise einzuhalten. Alle nachfolgend angegebenen Scherparameter - Materialkennwerte wie Fugenscherfestigkeiten - sind unsererseits getroffene Annahmen und müssen von den gewählten Baustoffen mindestens erreicht oder übertroffen werden:

Schicht	Feuchtwichte	Wichte unter Auftrieb	Innerer Reibungswinkel	Kohäsion
	γ_k kN/m ³	γ_k kN/m ³	φ'_k °	c'_k kN/m ²
Rekultivierungsschicht	19,0	10,5	27,5	0
Trennvlies	Geotextil, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Entwässerungsschicht	19,0	10,5	32,5	0
Schutzlage	Geotextil, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Kunststoffdichtungsbahn	KDB, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Bentonitmatte	Geotextil, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Trag- und Ausgleichsschicht	21,0	12,0	25,0	0
Deponat	20,0	10,0	23,2	0

Tabelle 2: Charakteristische Kennwerte des Bodenmaterials

Fuge Nr.	Fugen	Reibungswinkel bzw. Reibungswert	Kohäsion bzw. Adhäsion
		φ'_k bzw. δ'_k	c'_k bzw. a'_k
		°	kN/m²
F 1	Rekultivierungsschicht / Trennvlies	27,50	0,00
F 2	Trennvlies / Entwässerungsschicht	32,50	0,00
F 3	Entwässerungsschicht / Schutzlage	32,50	0,00
F 4	Schutzlage / Kunststoffdichtungsbahn	30,00	0,00
F 5	Kunststoffdichtungsbahn / Bentonitmatte	30,00	0,00
F 6	Bentonitmatte / Trag- und Ausgleichsschicht	25,00	0,00
F 7	Trag- und Ausgleichsschicht / Deponat	23,20	0,00

Tabelle 3: Für den Gleitsicherheitsnachweis angesetzte Fugenscherfestigkeit

Aus Sicht der ICP Braunschweig GmbH sind die angesetzten Materialkennwerte für die mineralischen Bauteile (Rekultivierungsschicht, Entwässerungsschicht und Trag- und Ausgleichsschicht) plausibel und über die für den Bau erforderlichen Eignungsnachweise ohne besondere Schwierigkeiten nachweisbar.

Auch die angesetzte Fugenscherfestigkeit der Geotextilien/ Geokunststoffe sind aus Sicht der ICP Braunschweig GmbH mit den üblichen Bauprodukten problemlos erreichbar.

In keiner Gleitfuge und für keinen Baustoff wurde eine Kohäsion bzw. Adhäsion angesetzt. Sollte sich in den Eignungsuntersuchungen der Baustoffe zeigen, dass einzelne Komponenten des Gleitsicherheitsnachweises (z.B. das Deponat) nicht die geforderten Reibungswinkel aufweisen, dafür jedoch über einen kohäsiven Anteil verfügen, so ist der Nachweis entsprechend zu überprüfen. Gegebenenfalls kann der Nachweis durch die Kohäsion auch bei unterschrittenem Reibungswinkel eingehalten werden. Hierbei ist zu beachten, dass gem. GDA-E 2-7 [1] in manchen Gleitfugen generell keine Adhäsion angesetzt werden darf.

5.5 Verformungen

Gem. GDA-E 2-7 [1] müssen die Scherparameter in den Trennflächen über der vorgesehenen KDB so abgestimmt werden, dass die Schubkraft im Grenzzustand dort kleiner ist als in Gleitflächen innerhalb und unterhalb der KDB. Insbesondere sollte an der Unterseite einer Kunststoffdichtungsbahnen im Grenzzustand ein größerer Schubwiderstand als an deren Oberseite übertragbar sein [1].

Ohne konkret gewählte Bauprodukte ist hierfür eine Nachweisführung nicht sinnvoll möglich. Der Nachweis der Spannungsfreiheit gem. GDA-E 2-7 [1] ist mit Wahl der Bauprodukte nachzuliefern.

6 Böschungsbruchberechnung

6.1 Allgemeines

Die Standsicherheitsberechnungen werden als Böschungsbruchberechnungen gem. DIN 4084: 2009-01 [7] unter Verwendung des Programms „Stability“ der GGU durchgeführt.

Für die Berechnung wurden verschiedene Zwangspunkte für die untersuchten Gleitkreise bzw. Gleitkörper vorgegeben (u.a. z.B. Böschungsfuß, Schichtgrenzen oder Lastangriffspunkte) um dem Baugrundaufbau und den Belastungssituationen gerecht zu werden.

Die sich durch Variation der Gleitkreise errechnenden Ausnutzungsgrade werden in Isolinien (Linien gleicher Ausnutzungsgrade) dargestellt. Der höchste ermittelte Ausnutzungsgrad in diesem Feld ist gekennzeichnet und samt zugehörigem Gleitkreis bzw. Gleitkörper dargestellt. Die Nachweisführung erfolgt im jeweiligen Ausdruckprotokoll.

Der Böschungsbruch ist als Nachweis der Gesamtstandsicherheit ebenfalls dem Grenzzustand GEO-3 zuzuordnen [6]. Es gelten daher dieselben Teilsicherheitsbeiwerte wie in Kapitel 5.3. Es werden die Bodenkennwerte angesetzt, die über den Gleitsicherheitsnachweis in **Tabelle 2** ermittelt wurden. Wie in Kapitel 4.3 erläutert, werden die Geokunststoffe hier nicht berücksichtigt.

6.2 Lastfälle

Untersucht werden für die Hauptböschung die Lastfälle Endzustand und Bauzustand wie folgt:

- 1.) Lastfall 1 (LF 1): Ständige Bemessungssituation (Endzustand), BS-P
 - a) unter Schneelast
- 2.) Lastfall 2 (LF 2): Vorübergehende Bemessungssituation (Bauzustand), BS-T
 - a) Rekultivierungsschicht (Unterboden) unter Schneelast
 - b) Rekultivierungsschicht (Unterboden) unter Verkehrslast

- c) Entwässerungsschicht unter Schneelast
- d) Entwässerungsschicht unter Verkehrslast
- e) Trag- und Ausgleichsschicht unter Schneelast
- f) Trag- und Ausgleichsschicht unter Verkehrslast

Für alle genannten Lastfälle wird die Standsicherheit im Gleitkreisverfahren nach BISHOP und im Blockgleitverfahren nach JANBU nachgewiesen [7]. Bei Betrachtung der Bauzustände wird jeweils der Zustand nach Einbau der jeweiligen kompletten Schicht betrachtet.

Als Verkehrslast in den Bauzuständen wird wie zuvor ein Raupenfahrzeug (z.B. Caterpillar D6N XL/LGP, Betriebsgewicht 18 t, Einzel-Kettenbreite 0,84 m) angesetzt. Der Lastangriffspunkt wird stets so gewählt, um die antreibenden Kräfte zu maximieren. Bei einer Gesamtlast von 18 t, einer Kettenbreite von 0,84 m und einer Kettenlänge von ca. 4,0 m ergibt sich die Flächenlast pro Kette zu: $(18 \text{ t}/2) / (0,84 \text{ m} \times 4,0 \text{ m}) = 26,8 \text{ kN/m}^2$.

Als Schneelast wird weiterhin $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$ für Schneelastzone 2 angesetzt [3]. Ein Befahren der Böschung bei Schnee wird ausgeschlossen, sodass Schnee und Verkehrslasten nicht kombiniert werden. Eine Befahrung des Oberbodens im Endzustand wird ebenfalls ausgeschlossen.

6.3 Nachweis des Abdichtungssystems

Alle Böschungsbruchnachweise konnten eingehalten werden. Das Versagen nach JANBU wird maximal ungünstig, wenn die Gleitfuge am Übergang Deponat/Trag- und Ausgleichsschicht liegt (vgl. z.B. **Anlage 4.3**). Dies ist insofern erwartbar, da die angesetzten Bodenkennwerte für diese Gleitfuge über Parametervariation aus dem Gleitsicherheitsnachweis ermittelt wurden. Die Gleitkreise nach BISHOP fallen aus diesem Grund verhältnismäßig flach aus.

LF 1 a): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,92$ (s. **Anlage 4.1** und **4.2**)
 - Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,96$ (s. **Anlage 4.3** und **4.4**)

LF 2 a): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,84$ (s. **Anlage 5.1** und **5.2**)
 - Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,88$ (s. **Anlage 5.3** und **5.4**)

LF 2 b): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,86$ (s. **Anlage 6.1** und **6.2**)
 - Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,90$ (s. **Anlage 6.3** und **6.4**)

LF 2 c): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,87$ (s. **Anlage 7.1** und **7.2**)
 - Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,88$ (s. **Anlage 7.3** und **7.4**)

LF 2 d): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,89$ (s. **Anlage 8.1** und **8.2**)
 - Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,90$ (s. **Anlage 8.3** und **8.4**)

LF 2 e): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,88$ (s. **Anlage 9.1** und **9.2**)
- Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,88$ (s. **Anlage 9.3** und **9.4**)

LF 2 f): - Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,92$ (s. **Anlage 10.1** und **10.2**)
- Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,91$ (s. **Anlage 10.3** und **10.4**)

6.4 Nachweis der Schüttkante

Zur Schaffung kurzfristiger Ablagerungskapazitäten soll während des Baus der Basisabdichtung der Erweiterung auf dem bestehenden BA 5 Abfall steiler eingebaut werden als mit einer Neigung von 1 : 3.

Gem. Informationen der ICP wurden auf dem BA 5 der Deponie St. Augustin im Wesentlichen die folgenden, das Deponieverhalten bestimmenden Abfälle abgelagert:

17 01 07 Gemisch aus Beton, Ziegeln, Fliesen etc. (Bauschutt)
17 05 04 Beton und Steine
10 01 01 Rost- und Kesselasche, Schlacken, Kesselstaub
10 12 01 Rohmischungen vor dem Brennen
16 11 06 Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen
17 06 03 KMF-Abfälle
17 06 04 Dämmmaterial, asbesthaltige Abfälle

Die Dichte der bisher abgelagerten Abfälle lag 2019 bei 18 kN/m^3 . Die KMF- und Asbestabfälle wurden in Bigpacks verpackt und abgelagert. Sie wurden mit einem Abstand von min. 5 bzw. 10 m von der Böschungsaußenkante abgelagert und werden aus diesem Grund nicht gesondert berücksichtigt. Nach Einschätzung der ICP Braunschweig GmbH sind die weiteren, gemischt abgelagerten Abfälle mit einem schluffigen Sand (SU) zu vergleichen und werden im Modell als homogener Körper mit einem Reibungswinkel von $\phi'_k = 30^\circ$ ohne Kohäsion berücksichtigt.

Unter den vorgenannten Annahmen ist, unter Annahme einer Flächenlast von $26,8 \text{ kN/m}^2$ für ein Raupenfahrzeug D6N und einem angesetzten Höhenunterschied zwischen Böschungsfuß und Böschungsschulter von 28,0 m, rechnerisch eine Böschungsneigung von max. 1 : 2 standsicher (s. **Anlagen 11.1** und **11.2**). Es wurde die vorübergehende Bemessungssituation BS-T angesetzt.

7 Schlussbemerkung

Insbesondere für das Abfallinventar sind die angesetzten Parameter zu verifizieren. Die Kippkante ist, sofern sie steiler als 1 : 3 hergestellt wird, aufmerksam zu beobachten, um eventuelle Anzeichen eines sich abzeichnenden Abrutschens frühzeitig erkennen zu können.

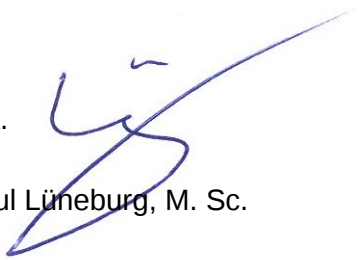
Sollte im Zuge der weiteren Bearbeitung festgestellt werden, dass im Rahmen unserer Berechnung getroffene Annahmen (Geometrie des Abfallkörpers, Fahrzeuglasten, usw.) nicht der Realität entsprechen (werden), so sind die Nachweise ggf. anzupassen. In diesem Falle ist Rücksprache mit dem Verfasser zu halten.

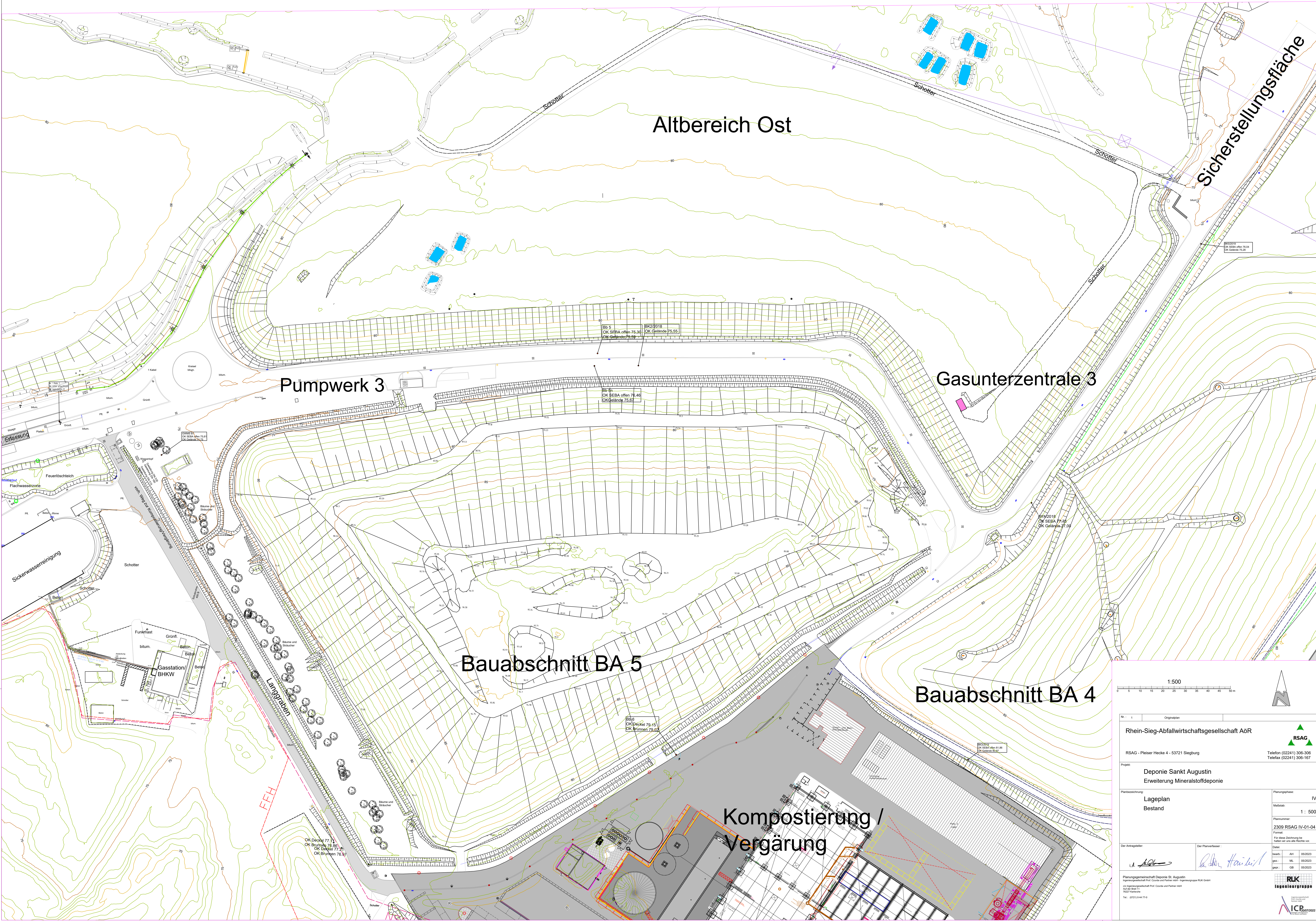
Braunschweig, den 23.08.2022

ICP Braunschweig GmbH

ppa. 
Dr.-Ing. Ulrich Sehrbrock

i. A.


Paul Lüneburg, M. Sc.

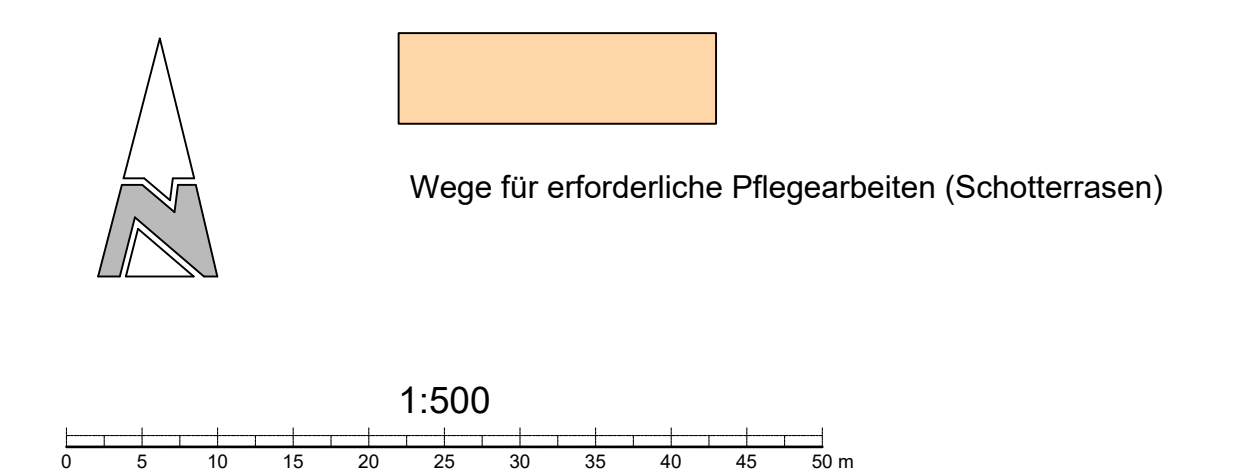
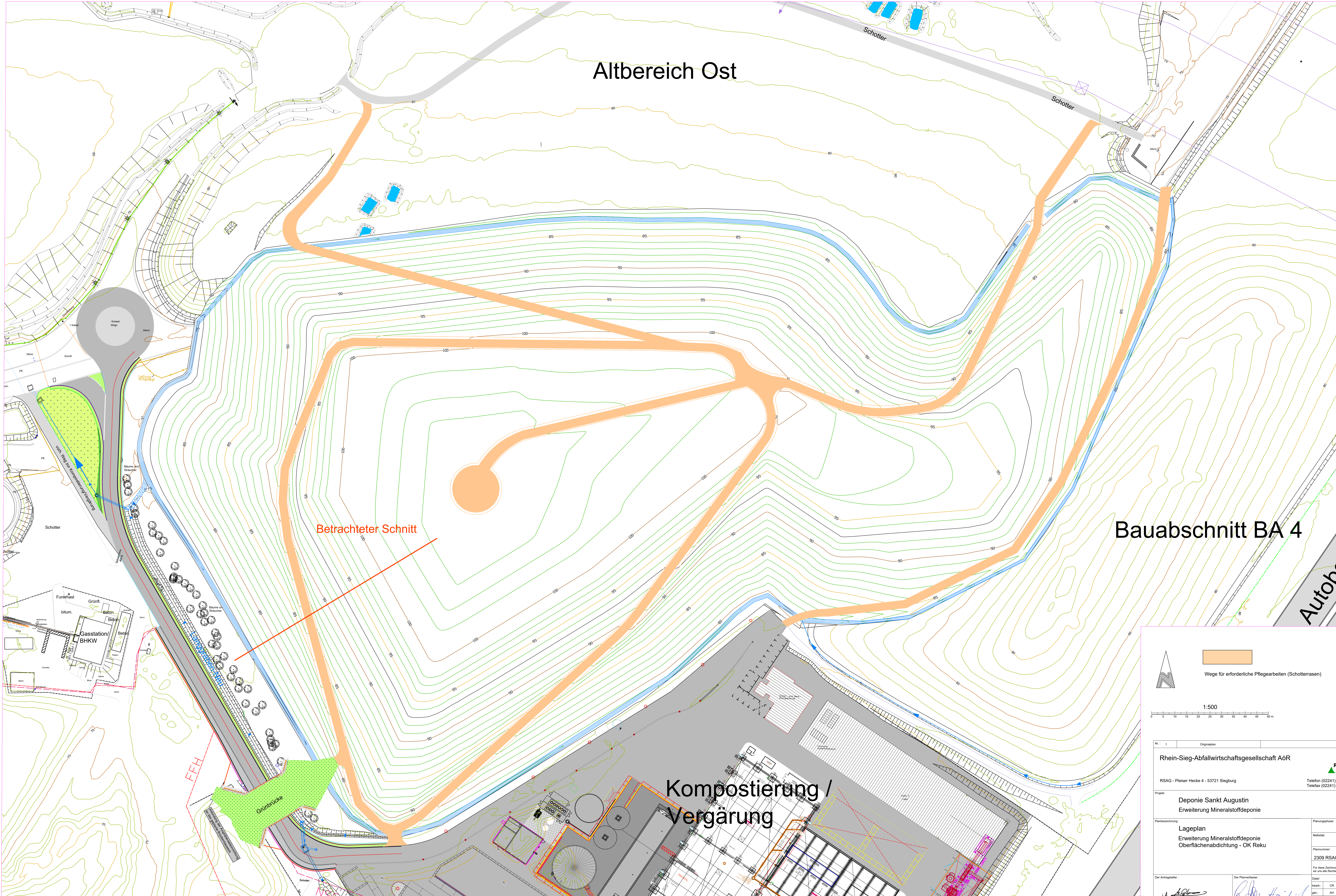


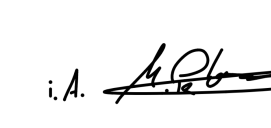
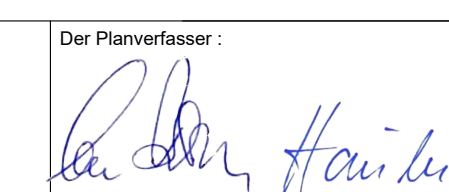
1:500

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 m

N

Nr.: 1		Originalplan	
Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft AöR			
RSAG - Pflaier Hecke 4 - 53721 Siegburg			
Telefon (02241) 306-306 Telefax (02241) 306-167			
Projekt: Deponie Sankt Augustin Erweiterung Mineralstoffdeponie			
Planbezeichnung: Lageplan Bestand		Planungsphase: IV Maßstab: 1 : 500 Plannummer: 2309 RSAG IV-01-04 Formel: Für diese Zeichnung be- halten wir uns alle Rechte vor.	
Der Auftraggeber: 		Der Planverfasser: 	
Planungsgemeinschaft Deponie St. Augustin Ingenieurgesellschaft Prof. Clausen und Partner mbH Auf der Heide 11 53227 Kallert Tel.: (0271) 944 17-0			
RLK Ingenieurgruppe ICB 00070022			



Nr.: 1 Originalplan			
Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft AöR			
RSAG - Fleiser Hecke 4 - 53721 Siegburg			
Telefon (02241) 306-306 Telefax (02241) 306-167			
Projekt: Deponie Sankt Augustin Erweiterung Mineralstoffdeponie			
Planbezeichnung: Lageplan Erweiterung Mineralstoffdeponie Oberflächenabdichtung - OK Reku		Planungsphase: IV Maßstab: 1 : 500 Plannummer: 2309 RSAG IV-01-07 Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.	
Der Auftraggeber: 		Der Planverfasser: 	
Planungsgemeinschaft Deponie St. Augustin Ingenieurgesellschaft Prof. Clausen und Partner mbH Auf der Baust. 11 53227 Kallrotte Tel.: 0271/3 94 77-0		 	

Gleitsicherheitsnachweis

nach EC 7 (DIN EN 1997-1:2014-03 und DIN EN 1997-1/NA:2010-12)

i.V. mit DIN 1054:2021-04

bzw. nach GDA-Empfehlungen E 2-7 (2015) und EBGeo (2010)

1 EINGABEDATEN

Eingabefelder =

1.1 Allgemeines

Anlage 3.1

Projekt: Deponie St. Augustin, BA V

Projekt-Nr. 1873

Bauteil: Oberflächenabdichtung, Bauabschnitt 5, Neigung 1 : 3

Bemessungssituation: Lastfall 1 = BS-P (Endzustand)

Grenzzustand: GEO-3

Systemaufbau:

Max. 9 Schichten, von oben nach unten eintragen, S 1 ist die oberste Schicht.

Nicht vorhandene Schichten müssen einen Querstrich (-) erhalten!

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Angaben zu den Lasten:

Ständige Lasten:

(Hier möglich: Eigengewicht,

Einstau Dränagewasser, Flächenlast)

- Eigengewicht Schichten
- Einstau Dränagewasser

Veränderliche Lasten:

(Hier möglich: Schneelast)

- Schneelast

Sonstiges:

Systemgeometrie:

Böschungsneigung:

1 : 3,0

$\beta = 18,43^\circ$

$i = 33,33\%$

Böschungslänge:

$L = 75,00\text{ m}$

Böschungsbreite:

$b = 1,00\text{ m}$ Einheitsbreite

Belastung:

Wichte des Wassers

$\gamma_w = 10,00\text{ kN/m}^3$

Flächenlast

$q = 0,00\text{ kN/m}^2$

nur auf oberster Schicht

Schneelast

$s = 0,85\text{ kN/m}^2$

nur auf oberster Schicht

Abminderungen bei Ermittlung der Widerstände

(1) Abminderung von Laborergebnissen der wirksamen Scherparameter (φ' , δ' , c' , a') auf charakteristische Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität und der Streuung der Versuchstechnik. Liegen mehrere abgesicherte Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Proben vor, darf auf eine Abminderung nach [1] und [2] verzichtet werden. Der charakteristische Wert wird dann im Sinne der DIN 1997-1 aus den Einzelergebnissen als vorsichtige Schätzung des Mittelwertes festgelegt.

Bei Reibungspartnern mit Geokunststoffen darf der Abminderungsfaktor zur Ermittlung der charakteristischen Adhäsion a'_k jedoch nicht kleiner als 1,5 sein.

$$\tan \varphi'_k = (\tan \varphi') / 1,1 \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_k = (\tan \delta') / 1,1 \quad [1]$$

$$c'_k = c' / 1,3 \quad \text{bzw.} \quad a'_k = a' / 2,0 \quad [2]$$

(2) Abminderung der charakteristischen Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (φ'_d , δ'_d , c'_d , a'_d)

Abminderung gem. DIN 1054:2010-12, Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 2.2

$$\tan \varphi'_d = (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_d = (\tan \delta'_k) / \gamma_\delta \quad [3]$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c \quad \text{bzw.} \quad a'_d = a'_k / \gamma_a \quad [4]$$

Teilsicherheitsbeiwerte (DIN 1054:2021-04, Tab. A 2.1 bis 2.3), GEO-3

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Tabelle sind in den Berechnungen Kap. 2 und 3 enthalten.

Bezeichnung		Symbol	Lastfall 1	Lastfall 2
Einwirkungen	ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
	ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20
Widerstände	Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$	$\gamma_{\varphi}, \gamma_{\delta}$	1,25	1,15
	Kohäsion c'	γ_c, γ_a	1,25	1,15

1.2 Systemaufbau, Abmessungen und charakteristische Materialkennwerte

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

d_w = Wasser-Einstauhöhe

Schicht Nr.	Bezeichnung	d m	d_w m	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	φ'_k °	c'_k kN/m ²
S1	Rekultivierungsschicht	1,20	0,00	19,00	10,50	27,50	0,00
S2	Trennvlies	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S3	Entwässerungsschicht	0,30	0,06	19,00	10,50	32,50	0,00
S4	Schuttlage	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S5	KDB	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S6	Bentonitmatte	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S7	Trag- und Ausgleichssc	0,30	0,00	21,00	12,00	25,00	0,00
S8	Deponat	10,00	0,00	20,00	10,00	23,20	0,00
S9	-	-	-	-	-	-	-

Für KDB und Vliese eintragen: $d = d_w = 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Für Dränagematten eintragen: $d \neq d_w \neq 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Nicht vorhandene Schichten und Materialkennwerte bei geosynthetischen Baustoffen mit einem Querstrich (-) versehen

1.3 Charakteristische Scherparameter in den Gleitfugen

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

Fuge Nr.	Bezeichnung		φ'_k bzw. δ'_k °	c'_k bzw. a'_k kN/m ²	Fuge oberhalb der obersten Dicht.-Schicht?
F1	Rekultivierungsschicht ↔ Trennvlies		27,50	0,00	j
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht		32,50	0,00	j
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage		32,50	0,00	j
F4	Schuttlage ↔ KDB		30,00	0,00	j
F5	KDB ↔ Bentonitmatte		30,00	0,00	n
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		25,00	0,00	n
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		23,20	0,00	n
F8	- ↔ -		-	-	-

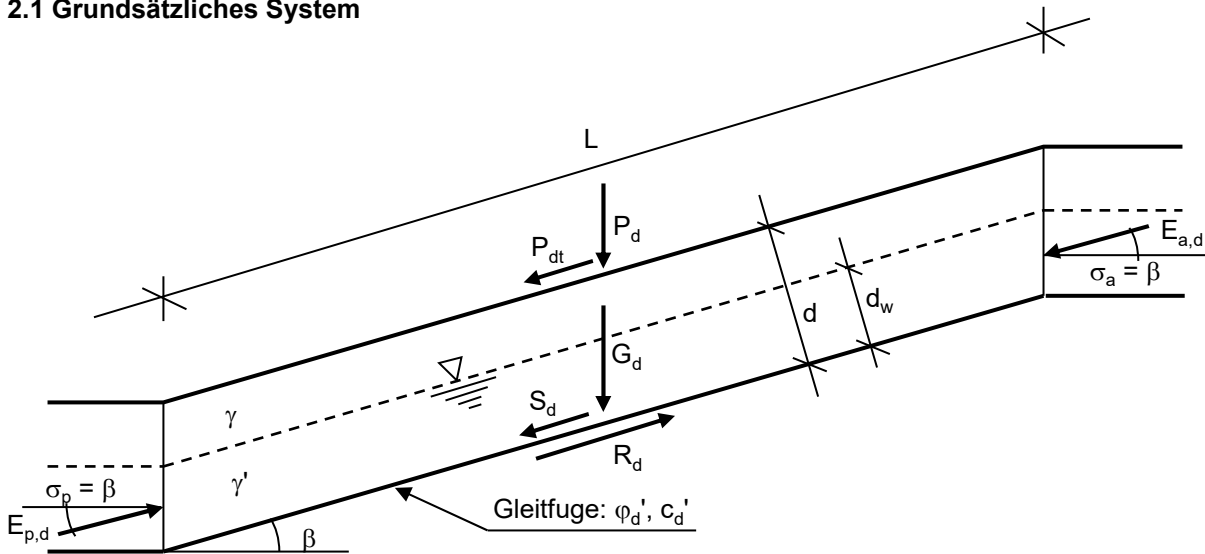
Bei nicht vorhandenen Gleitfugen als Scherparameter einen Querstrich (-) eintragen.

Bei Fugenlage (letzte Spalte) j oder n eintragen.

Die Abminderungen der charakteristischen Scherparameter auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (Index "d") werden über die Teilsicherheitsbeiwerte gem. o.g. Tabelle in den folgenden Berechnungen Kap. 2 und 3 berücksichtigt!

2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Grundsätzliches System



Alles bezogen auf die gesamte Böschungslänge und auf 1 m (Einheits-)Breite.
Erddruck an der Böschungskrone und Erdwiderstand am Böschungsfuß werden nicht angesetzt.

2.2 Eingangswerte

Teilsicherheitsbeiwerte für Bemessungswerte siehe Tab. 1.

2.2.1 Charakteristisches Eigengewicht (vertikal)

für Fugen **oberhalb** der obersten Dichtungsschicht:

$$G_{k1} = (\gamma_{k1} * d_1 - \gamma_{k1} * d_{w1} + \gamma'_{k1} * d_{w1}) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [5a]$$

$$G_{k2} = (\gamma_{k2} * d_2 - \gamma_{k2} * d_{w2} + \gamma'_{k2} * d_{w2}) * L \quad [\text{kN/m}]$$

usw.

für Fugen **unterhalb** der obersten Dichtungsschicht:

Hier kommt das Wasser-Eigengewicht hinzu.

$$G_{k1} = (\gamma_{k1} * d_1 - \gamma_{k1} * d_{w1} + \gamma'_{k1} * d_{w1} + \gamma_w * d_{w1}) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [5b]$$

$$G_{k2} = (\gamma_{k2} * d_2 - \gamma_{k2} * d_{w2} + \gamma'_{k2} * d_{w2} + \gamma_w * d_{w2}) * L \quad [\text{kN/m}]$$

usw.

2.2.2 Bemessungswert Eigengewicht (vertikal)

(ständige Einwirkung)

$$G_{d1} = G_{k1} * \gamma_G \quad [\text{kN/m}] \quad [6]$$

$$G_{d2} = G_{k2} * \gamma_G \quad [\text{kN/m}]$$

usw.

2.2.3 Charakteristische Flächenlast (vertikal)

$$P_{kq} = q * L \quad [kN/m] \quad [7]$$

mit

q = Flächenlast $[kN/m^2]$

2.2.4 Bemessungswert Flächenlast (vertikal)

(ständige Einwirkung)

$$P_{dq} = P_{kq} * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [8]$$

2.2.5 Charakteristische Schneelast (vertikal)

$$P_{ks} = s * L \quad [kN/m] \quad [9]$$

mit

s = Schneelast $[kN/m^2]$ nach DIN 1055

2.2.6 Bemessungswert Schneelast (vertikal)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{ds} = P_{ks} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [10]$$

2.2.7 Charakteristische Strömungskraft (tangential)

$$S_k = \gamma_w * d_w * \sin \beta * L \quad [kN/m] \quad [11]$$

2.2.8 Bemessungswert Strömungskraft (tangential)

(ständige Einwirkung)

$$S_d = S_k * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [12]$$

2.3 Einwirkung (Bemessungswert, tangential)

$$E_d = G_d * \sin \beta + P_{dq} * \sin \beta + P_{ds} * \sin \beta + S_d$$

$$= (G_d + P_{dq} + P_{ds}) * \sin \beta + S_d \quad [kN/m] \quad [13]$$

2.4 Widerstand (Bemessungswert, tangential)

Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände siehe Tab. 1.

$$R_d = (G_k + P_{kq} + P_{ks}) * \cos \beta * (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi + (c'_k / \gamma_c) * L \quad [kN/m] \quad [14]$$

sinngemäß δ_d bzw. a'_d bei geosynthetischen Reibungspartnern

2.5 Ausnutzungsgrad

$$\mu = E_d / R_d \leq 1,0 \quad [15]$$

3 ERGEBNISSE

3.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [11]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Schneelast P_{ks}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	63,75	0,00
F2	1.710,00	0,00	63,75	0,00
F3	2.099,25	0,00	63,75	14,23
F4	2.099,25	0,00	63,75	14,23
F5	2.099,25	0,00	63,75	14,23
F6	2.099,25	0,00	63,75	14,23
F7	2.571,75	0,00	63,75	14,23
F8	-	-	-	-

3.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [10]	Gl. [12]	Gl. [13]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Schneelast P_{ds}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	82,88	0,00	566,96
F2	1.710,00	0,00	82,88	0,00	566,96
F3	2.099,25	0,00	82,88	14,23	704,28
F4	2.099,25	0,00	82,88	14,23	704,28
F5	2.099,25	0,00	82,88	14,23	704,28
F6	2.099,25	0,00	82,88	14,23	704,28
F7	2.571,75	0,00	82,88	14,23	853,70
F8	-	-	-	-	-

3.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [14]	Gl. [14]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Schneelast P_{ks}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	63,75	0,00	700,78
F2	1.710,00	0,00	63,75	0,00	857,61
F3	2.099,25	0,00	63,75	0,00	1.045,82
F4	2.099,25	0,00	63,75	0,00	947,78
F5	2.099,25	0,00	63,75	0,00	947,78
F6	2.099,25	0,00	63,75	0,00	765,49
F7	2.571,75	0,00	63,75	0,00	857,29
F8	-	-	-	-	-

3.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung			Gl. [13]	Gl. [14]	Gl. [15]
				Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
				kN/m	kN/m	-
F1	Rekultivierungsschicht ↔ Trennvlies			566,96	700,78	0,81
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht			566,96	857,61	0,66
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schutzlage			704,28	1.045,82	0,67
F4	Schutzlage ↔ KDB			704,28	947,78	0,74
F5	KDB ↔ Bentonitmatte			704,28	947,78	0,74
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc			704,28	765,49	0,92
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat			853,70	857,29	1,00
F8	- ↔ -			-	-	-

Gleitsicherheitsnachweis
nach EC 7 (DIN EN 1997-1:2014-03 und DIN EN 1997-1/NA:2010-12)
i.V. mit DIN 1054:2021-04
bzw. nach GDA-Empfehlungen E 2-7 (2015) und EBGeo (2010)

1 EINGABEDATEN

Eingabefelder =

1.1 Allgemeines

Anlage 3.2

Projekt: Deponie St. Augustin, BA V

Projekt-Nr. 1873

Bauteil: Oberflächenabdichtung, Bauabschnitt 5, Neigung 1 : 3

Bemessungssituation: Lastfall 2 = BS-T (Bauzustand, vorübergehend)

Grenzzustand: GEO-3

Systemaufbau:

Max. 9 Schichten, von oben nach unten eintragen, S 1 ist die oberste Schicht.

Nicht vorhandene Schichten müssen einen Querstrich (-) erhalten!

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichsschicht
S8	Deponat
S9	-

Angaben zu den Lasten:

Ständige Lasten:

(Hier möglich: Eigengewicht,

Einstau Dränagewasser, Flächenlast)

- Eigengewicht Schichten

-

-

Veränderliche Lasten:

(Hier möglich: Verkehrslast)

- Schneelast

-

Hinweise: Es wird im Rahmen der hier vorliegenden Berechnung angenommen, dass bei Schneefall keine Bautätigkeit erfolgt. Das heißt, dass entweder Schneelasten oder eine Verkehrslast aus Baugerät angesetzt wird, jedoch nicht gleichzeitig! Flächenlasten können nicht gleichzeitig mit Verkehrslast aus Baugerät wirken bzw. angesetzt werden!

Sonstiges:

Systemgeometrie:

Böschungsneigung:

1 : 3,0

$\beta = 18,43^\circ$

$i = 33,33\%$

Böschungslänge:

$L = 75,00\text{ m}$

Böschungsbreite:

$b = 1,00\text{ m}$ Einheitsbreite

Belastung:

Wichte des Wassers

$\gamma_w = 10,00\text{ kN/m}^3$

Abminderungen bei Ermittlung der Widerstände

(1) Abminderung von Laborergebnissen der wirksamen Scherparameter (φ' , δ' , c' , a') auf charakteristische Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität und der Streuung der Versuchstechnik.

Liegen mehrere abgesicherte Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Proben vor, darf auf eine Abminderung nach [1] und [2] verzichtet werden. Der charakteristische Wert wird dann im Sinne der DIN 1997-1 aus den Einzelergebnissen als vorsichtige Schätzung des Mittelwertes festgelegt.

Bei Reibungspartnern mit Geokunststoffen darf der Abminderungsfaktor zur Ermittlung der charakteristischen Adhäsion a'_k jedoch nicht kleiner als 1,5 sein.

$$\tan \varphi'_k = (\tan \varphi') / 1,1 \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_k = (\tan \delta') / 1,1 \quad [1]$$

$$c'_k = c' / 1,3 \quad \text{bzw.} \quad a'_k = a' / 2,0 \quad [2]$$

(2) Abminderung der charakteristischen Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (φ'_d , δ'_d , c'_d , a'_d)

Abminderung gem. DIN 1054:2010-12, Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 2.2

$$\tan \varphi'_d = (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_d = (\tan \delta'_k) / \gamma_\delta \quad [3]$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c \quad \text{bzw.} \quad a'_d = a'_k / \gamma_a \quad [4]$$

Teilsicherheitsbeiwerte (DIN 1054:2021-04, Tab. A 2.1 bis 2.3), GEO-3

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Tabelle sind in den Berechnungen Kap. 2 und 3 enthalten.

Bezeichnung		Symbol	Lastfall 1	Lastfall 2
Einwirkungen	ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
	ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20
Widerstände	Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$	$\gamma_\varphi, \gamma_\delta$	1,25	1,15
	Kohäsion c'	γ_c, γ_a	1,25	1,15

1.2 Systemaufbau, Abmessungen und charakteristische Materialkennwerte

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

d_w = Wasser-Einstauhöhe

Schicht Nr.	Bezeichnung	d m	d_w m	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	ϕ'_k °	c'_k kN/m ²
S1	Rekultivierungsschicht	1,20	0,00	19,00	10,50	27,50	0,00
S2	Trennvlies	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S3	Entwässerungsschicht	0,30	0,00	19,00	10,50	32,50	0,00
S4	Schuttlage	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S5	KDB	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S6	Bentonitmatte	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S7	Trag- und Ausgleichssc	0,30	0,00	21,00	12,00	25,00	0,00
S8	Deponat	10,00	0,00	20,00	10,00	23,20	0,00
S9	-	-	-	-	-	-	-

Für KDB und Vliese eintragen: $d = d_w = 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Für Dränagematten eintragen: $d \neq d_w \neq 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Nicht vorhandene Schichten und Materialkennwerte bei geosynthetischen Baustoffen mit einem Querstrich (-) versehen

1.3 Charakteristische Scherparameter in den Gleitfugen

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

Fuge Nr.	Bezeichnung		ϕ'_k bzw. δ'_k °	c'_k bzw. a'_k kN/m ²	Fuge oberhalb der obersten Dicht.-Schicht?
F1	Rekultivierungsschicht	↔ Trennvlies	27,50	0,00	j
F2	Trennvlies	↔ Entwässerungsschicht	32,50	0,00	j
F3	Entwässerungsschicht	↔ Schuttlage	32,50	0,00	j
F4	Schuttlage	↔ KDB	30,00	0,00	j
F5	KDB	↔ Bentonitmatte	30,00	0,00	n
F6	Bentonitmatte	↔ Trag- und Ausgleichssc	25,00	0,00	n
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔ Deponat	23,20	0,00	n
F8	-	↔ -	-	-	-

Bei nicht vorhandenen Gleitfugen als Scherparameter einen Querstrich (-) eintragen.

Bei Fugenlage (letzte Spalte) j oder n eintragen.

Die Abminderungen der charakteristischen Scherparameter auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (Index "d") werden über die Teilsicherheitsbeiwerte gem. o.g. Tabelle in den folgenden Berechnungen Kap. 2 und 3 berücksichtigt!

2.2.3 Charakteristische Flächenlast (vertikal)

$$P_{kq} = q * L \quad [kN/m] \quad [7]$$

mit

q = Flächenlast $[kN/m^2]$

2.2.4 Bemessungswert Flächenlast (vertikal)

(ständige Einwirkung)

$$P_{dq} = P_{kq} * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [8]$$

2.2.5 Charakteristische Verkehrslast (vertikal)

$$P_{kp} = G_R / b_i \quad [kN/m] \quad [9]$$

mit

G_R = Betriebsgewicht Baugerät $[kN]$

b_i = ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_1

$$b_i = 2 * (b_R + 2 * d_i * \tan \alpha_1) \quad [m] \quad [10]$$

mit

b_R = Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $[m]$

d_i = Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $[m]$

α_1 = Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $[^\circ]$

2.2.6 Bemessungswert Verkehrslast (vertikal)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{dp} = P_{kp} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [11]$$

2.2.7 Charakteristische Brems- und Beschleunigungskraft (tangential)

$$P_{kt} = P_{kp} * (\Phi - 1) * \sin \beta \quad [kN/m] \quad [12]$$

mit

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,4 - 0,1 * d_i \quad [-] \quad [gem. EBGEO] \quad [13]$$

2.2.8 Bemessungswert Brems- und Beschleunigungskraft (tangential)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{dt} = P_{kt} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [14]$$

2.2.9 Charakteristische Strömungskraft (tangential)

$$S_k = \gamma_w * d_w * \sin \beta * L \quad [kN/m] \quad [15]$$

2.2.10 Bemessungswert Strömungskraft (tangential)

(ständige Einwirkung)

$$S_d = S_k * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [16]$$

2.3 Einwirkung (Bemessungswert, tangential)

$$E_d = G_d * \sin \beta + P_{dq} * \sin \beta + P_{dp} * \sin \beta + P_{dt} + S_d$$

$$= (G_d + P_{dq} + P_{dp}) * \sin \beta + P_{dt} + S_d \quad [\text{kN/m}] \quad [17]$$

2.4 Widerstand (Bemessungswert, tangential)

Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände siehe Tab. 1.

$$R_d = (G_k + P_{kq} + P_{kp}) * \cos \beta * (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi + (c'_k / \gamma_c) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [18]$$

sinngemäß δ_d bzw. a'_d bei geosynthetischen Reibungspartnern

2.5 Ausnutzungsgrad

$$\mu = E_d / R_d \leq 1,0 \quad [19]$$

3 ERGEBNISSE

Zur Berechnung wird der Systemaufbau umgekehrt, wobei die Gleitsicherheit von jedem Zustand bei der Herstellung der Schichten errechnet wird. Die Berechnung beginnt daher mit der untersten Fuge. Bei z.B. 9 Schichten ergeben sich 8 Fugen und somit 8 Zustände, die berechnet werden.

Vor jeder Berechnung des jeweiligen Zustandes wird abgefragt, welche Auflast auf der obersten Schicht zu berücksichtigen ist oder ob Dränagewasser angesetzt werden soll.

Es kann für jeden Zustand eine der folgenden Belastungen gewählt werden, die über eine Kennziffer (0, 1, 2, 3 oder 4) eingegeben wird:

- 0 = keine zusätzliche Belastung
- 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
- 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
- 3 = Wassereinstau
- 4 = Flächenlast + Wassereinstau

3.1 Zustand 1

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	-
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

- wobei
- 0 = keine zusätzliche Belastung
 - 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 - 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 - 3 = Wassereinstau
 - 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 = 30,0^\circ$ [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i = 0,00 \text{ m}$ nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi = 1,40$ nach Gl. [13]

3.1.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-

3.1.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-	-

3.1.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-

3.1.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
		-	-	-
F8	- ↔ -	-	-	-

3.2 Zustand 2

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.2.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.2.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00	169,58
F8	-	-	-	-	-	-

3.2.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	189,60
F8	-	-	-	-	-

3.2.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	169,58	189,60	0,89
F8	- ↔ -	-	-	-

3.3 Zustand 3

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.3.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.3.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00	169,58
F8	-	-	-	-	-	-

3.3.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	24,52
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	189,60
F8	-	-	-	-	-

3.3.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		20,16	24,52	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		169,58	189,60	0,89
F8	- ↔ -		-	-	-

3.4 Zustand 4

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.4.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.4.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00	169,58
F8	-	-	-	-	-	-

3.4.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	63,75	0,00	0,00	30,36
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	24,52
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	189,60
F8	-	-	-	-	-

3.4.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E _d	Widerstand R _d	μ
		kN/m	kN/m	-
F5	KDB ↔ Bentonitmatte	20,16	30,36	0,66
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc	20,16	24,52	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	169,58	189,60	0,89
F8	- ↔ -	-	-	

3.5 Zustand 5

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.5.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.5.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F5	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	0,00	169,58
F8	-	-	-	-	-	-

3.5.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	63,75	0,00	0,00	30,36
F5	0,00	63,75	0,00	0,00	30,36
F6	0,00	63,75	0,00	0,00	24,52
F7	472,50	63,75	0,00	0,00	189,60
F8	-	-	-	-	-

3.5.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E _d	Widerstand R _d	μ
		kN/m	kN/m	-
F4	Schuttlage ↔ KDB	20,16	30,36	0,66
F5	KDB ↔ Bentonitmatte	20,16	30,36	0,66
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc	20,16	24,52	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	169,58	189,60	0,89
F8	- ↔ -	-	-	

3.6 Zustand 6

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$$q = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$$G_R = 0,0 \text{ kN}$$

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$$b_R = 0,00 \text{ m}$$

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$$d_i = 0,00 \text{ m}$$

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$$\alpha_1 = 30,0^\circ \quad [\text{gem. EBGEO}]$$

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2

$$b_i = 0,00 \text{ m} \quad \text{nach Gl. [10]}$$

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,40 \quad \text{nach Gl. [13]}$$

3.6.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F4	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F5	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F6	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F7	900,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.6.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F4	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F5	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F6	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F7	900,00	63,75	0,00	0,00	0,00	304,76
F8	-	-	-	-	-	-

3.6.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	427,50	63,75	0,00	0,00	258,17
F4	427,50	63,75	0,00	0,00	233,97
F5	427,50	63,75	0,00	0,00	233,97
F6	427,50	63,75	0,00	0,00	188,97
F7	900,00	63,75	0,00	0,00	340,75
F8	-	-	-	-	-

3.6.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung			Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
				Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
				kN/m	kN/m	-
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage	155,35	258,17	0,60
F4	Schuttlage	↔	KDB	155,35	233,97	0,66
F5	KDB	↔	Bentonitmatte	155,35	233,97	0,66
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc	155,35	188,97	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat	304,76	340,75	0,89
F8	-	↔	-	-	-	-

3.7 Zustand 7

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$$q = \text{0,85 kN/m}^2$$

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$$G_R = \text{0,0 kN}$$

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$$b_R = \text{0,00 m}$$

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$$d_i = \text{0,00 m}$$

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$$\alpha_1 = 30,0^\circ \quad [\text{gem. EBGEO}]$$

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$$b_i = 0,00 \text{ m} \quad \text{nach Gl. [10]}$$

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,40 \quad \text{nach Gl. [13]}$$

3.7.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F3	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F4	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F5	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F6	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F7	900,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.7.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	63,75	0,00	0,00	0,00	20,16
F3	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F4	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F5	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F6	427,50	63,75	0,00	0,00	0,00	155,35
F7	900,00	63,75	0,00	0,00	0,00	304,76
F8	-	-	-	-	-	-

3.7.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	63,75	0,00	0,00	33,50
F3	427,50	63,75	0,00	0,00	258,17
F4	427,50	63,75	0,00	0,00	233,97
F5	427,50	63,75	0,00	0,00	233,97
F6	427,50	63,75	0,00	0,00	188,97
F7	900,00	63,75	0,00	0,00	340,75
F8	-	-	-	-	-

3.7.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung			Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
				Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
				kN/m	kN/m	-
F2	Trennvlies	↔	Entwässerungsschicht	20,16	33,50	0,60
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage	155,35	258,17	0,60
F4	Schuttlage	↔	KDB	155,35	233,97	0,66
F5	KDB	↔	Bentonitmatte	155,35	233,97	0,66
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc	155,35	188,97	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat	304,76	340,75	0,89
F8	-	↔	-	-	-	-

3.8 Zustand 8

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung		
F1	Rekultivierungsschicht	↔	Trennvlies
F2	Trennvlies	↔	Entwässerungsschicht
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage
F4	Schuttlage	↔	KDB
F5	KDB	↔	Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat
F8	-	↔	-

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine Auflast
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

q = kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$$G_R = 0,0 \text{ kN}$$

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$$b_R = 0,00 \text{ m}$$

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$$d_i = 0,00 \text{ m}$$

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$$\alpha_1 = 30,0^\circ \quad [\text{gem. EBGEO}]$$

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_1

$$b_i = 0,00 \text{ m} \quad \text{nach Gl. [10]}$$

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,40 - \quad \text{nach Gl. [13]}$$

3.8.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F2	1.710,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F3	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F4	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F5	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F6	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00
F7	2.610,00	63,75	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.8.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	63,75	0,00	0,00	0,00	560,91
F2	1.710,00	63,75	0,00	0,00	0,00	560,91
F3	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00	696,10
F4	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00	696,10
F5	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00	696,10
F6	2.137,50	63,75	0,00	0,00	0,00	696,10
F7	2.610,00	63,75	0,00	0,00	0,00	845,51
F8	-	-	-	-	-	-

3.8.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	63,75	0,00	0,00	761,71
F2	1.710,00	63,75	0,00	0,00	932,19
F3	2.137,50	63,75	0,00	0,00	1.156,86
F4	2.137,50	63,75	0,00	0,00	1.048,41
F5	2.137,50	63,75	0,00	0,00	1.048,41
F6	2.137,50	63,75	0,00	0,00	846,77
F7	2.610,00	63,75	0,00	0,00	945,36
F8	-	-	-	-	-

3.8.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F1	Rekultivierungsschicht ↔ Trennvlies		560,91	761,71	0,74
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht		560,91	932,19	0,60
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schutzlage		696,10	1.156,86	0,60
F4	Schutzlage ↔ KDB		696,10	1.048,41	0,66
F5	KDB ↔ Bentonitmatte		696,10	1.048,41	0,66
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		696,10	846,77	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		845,51	945,36	0,89
F8	- ↔ -		-	-	-

Gleitsicherheitsnachweis

nach EC 7 (DIN EN 1997-1:2014-03 und DIN EN 1997-1/NA:2010-12)

i.V. mit DIN 1054:2021-04

bzw. nach GDA-Empfehlungen E 2-7 (2015) und EBGeo (2010)

1 EINGABEDATEN

Eingabefelder =

1.1 Allgemeines

Anlage 3.3

Projekt: Deponie St. Augustin, BA V

Projekt-Nr. 1873

Bauteil: Oberflächenabdichtung, Bauabschnitt 5, Neigung 1 : 3

Bemessungssituation: Lastfall 2 = BS-T (Bauzustand, vorübergehend)

Grenzzustand: GEO-3

Systemaufbau:

Max. 9 Schichten, von oben nach unten eintragen, S 1 ist die oberste Schicht.

Nicht vorhandene Schichten müssen einen Querstrich (-) erhalten!

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichsschicht
S8	Deponat
S9	-

Angaben zu den Lasten:

Ständige Lasten:

(Hier möglich: Eigengewicht,

Einstau Dränagewasser, Flächenlast)

- Eigengewicht Schichten

-

-

Veränderliche Lasten:

(Hier möglich: Verkehrslast)

- Caterpillar D6N XL/LGP (18 t)

-

Hinweise: Es wird im Rahmen der hier vorliegenden Berechnung angenommen, dass bei Schneefall keine Bautätigkeit erfolgt. Das heißt, dass entweder Schneelasten oder eine Verkehrslast aus Baugerät angesetzt wird, jedoch nicht gleichzeitig! Flächenlasten können nicht gleichzeitig mit Verkehrslast aus Baugerät wirken bzw. angesetzt werden!

Sonstiges:

Systemgeometrie:

Böschungsneigung:

1 : 3,0

$\beta = 18,43^\circ$

$i = 33,33\%$

Böschungslänge:

$L = 75,00\text{ m}$

Böschungsbreite:

$b = 1,00\text{ m}$ Einheitsbreite

Belastung:

Wichte des Wassers

$\gamma_w = 10,00\text{ kN/m}^3$

Abminderungen bei Ermittlung der Widerstände

(1) Abminderung von Laborergebnissen der wirksamen Scherparameter (φ' , δ' , c' , a') auf charakteristische Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität und der Streuung der Versuchstechnik.

Liegen mehrere abgesicherte Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Proben vor, darf auf eine Abminderung nach [1] und [2] verzichtet werden. Der charakteristische Wert wird dann im Sinne der DIN 1997-1 aus den Einzelergebnissen als vorsichtige Schätzung des Mittelwertes festgelegt.

Bei Reibungspartnern mit Geokunststoffen darf der Abminderungsfaktor zur Ermittlung der charakteristischen Adhäsion a'_k jedoch nicht kleiner als 1,5 sein.

$$\tan \varphi'_k = (\tan \varphi') / 1,1 \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_k = (\tan \delta') / 1,1 \quad [1]$$

$$c'_k = c' / 1,3 \quad \text{bzw.} \quad a'_k = a' / 2,0 \quad [2]$$

(2) Abminderung der charakteristischen Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (φ'_d , δ'_d , c'_d , a'_d)

Abminderung gem. DIN 1054:2010-12, Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 2.2

$$\tan \varphi'_d = (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_d = (\tan \delta'_k) / \gamma_\delta \quad [3]$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c \quad \text{bzw.} \quad a'_d = a'_k / \gamma_a \quad [4]$$

Teilsicherheitsbeiwerte (DIN 1054:2021-04, Tab. A 2.1 bis 2.3), GEO-3

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Tabelle sind in den Berechnungen Kap. 2 und 3 enthalten.

Bezeichnung		Symbol	Lastfall 1	Lastfall 2
Einwirkungen	ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
	ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20
Widerstände	Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$	$\gamma_\varphi, \gamma_\delta$	1,25	1,15
	Kohäsion c'	γ_c, γ_a	1,25	1,15

1.2 Systemaufbau, Abmessungen und charakteristische Materialkennwerte

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

d_w = Wasser-Einstauhöhe

Schicht Nr.	Bezeichnung	d m	d_w m	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	ϕ'_k °	c'_k kN/m ²
S1	Rekultivierungsschicht	1,20	0,00	19,00	10,50	27,50	0,00
S2	Trennvlies	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S3	Entwässerungsschicht	0,30	0,00	19,00	10,50	32,50	0,00
S4	Schuttlage	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S5	KDB	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S6	Bentonitmatte	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S7	Trag- und Ausgleichssc	0,30	0,00	21,00	12,00	25,00	0,00
S8	Deponat	1,00	0,00	20,00	10,00	23,20	0,00
S9	-	-	-	-	-	-	-

Für KDB und Vliese eintragen: $d = d_w = 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Für Dränagematten eintragen: $d \neq d_w \neq 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Nicht vorhandene Schichten und Materialkennwerte bei geosynthetischen Baustoffen mit einem Querstrich (-) versehen

1.3 Charakteristische Scherparameter in den Gleitfugen

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

Fuge Nr.	Bezeichnung		ϕ'_k bzw. δ'_k °	c'_k bzw. a'_k kN/m ²	Fuge oberhalb der obersten Dicht.-Schicht?
F1	Rekultivierungsschicht	↔ Trennvlies	27,50	0,00	j
F2	Trennvlies	↔ Entwässerungsschicht	32,50	0,00	j
F3	Entwässerungsschicht	↔ Schuttlage	32,50	0,00	j
F4	Schuttlage	↔ KDB	30,00	0,00	j
F5	KDB	↔ Bentonitmatte	30,00	0,00	n
F6	Bentonitmatte	↔ Trag- und Ausgleichssc	25,00	0,00	n
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔ Deponat	23,20	0,00	n
F8	-	↔ -	-	-	-

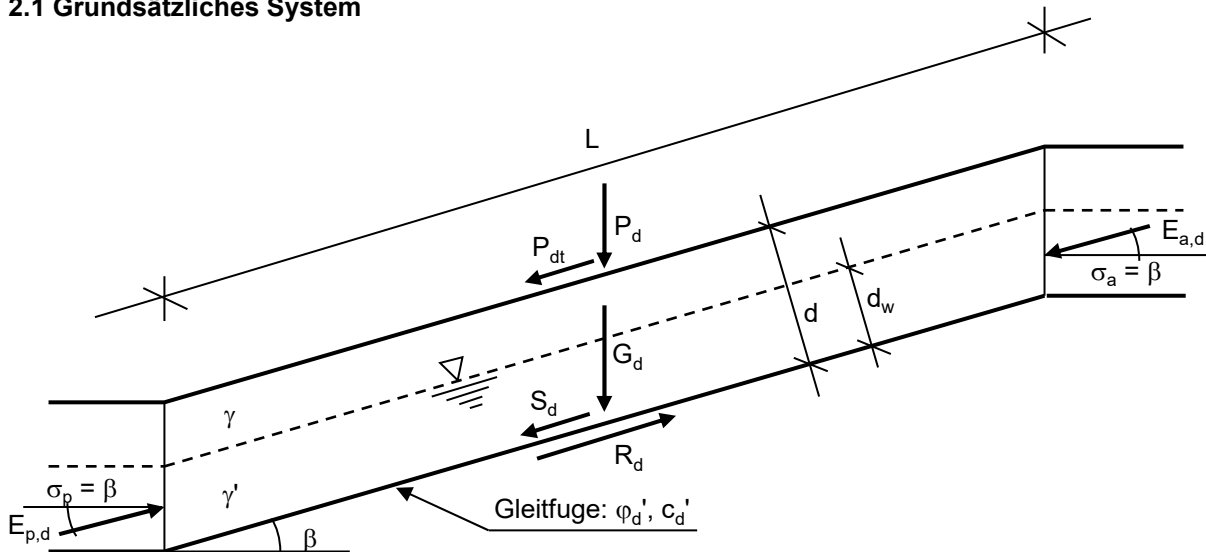
Bei nicht vorhandenen Gleitfugen als Scherparameter einen Querstrich (-) eintragen.

Bei Fugenlage (letzte Spalte) j oder n eintragen.

Die Abminderungen der charakteristischen Scherparameter auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (Index "d") werden über die Teilsicherheitsbeiwerte gem. o.g. Tabelle in den folgenden Berechnungen Kap. 2 und 3 berücksichtigt!

2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Grundsätzliches System



Alles bezogen auf die gesamte Böschungslänge und auf 1 m (Einheits-)Breite.
Erddruck an der Böschungskrone und Erdwiderstand am Böschungsfuß werden nicht angesetzt.

2.2 Eingangswerte

Teilsicherheitsbeiwerte für Bemessungswerte siehe Tab. 1.

2.2.1 Charakteristisches Eigengewicht (vertikal)

für Fugen **oberhalb** der obersten Dichtungsschicht:

$$G_{k1} = (\gamma_{k1} * d_1 - \gamma_{k1} * d_{w1} + \gamma'_{k1} * d_{w1}) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [5a]$$

$$G_{k2} = (\gamma_{k2} * d_2 - \gamma_{k2} * d_{w2} + \gamma'_{k2} * d_{w2}) * L \quad [\text{kN/m}]$$

usw.

für Fugen **unterhalb** der obersten Dichtungsschicht:

Hier kommt das Wasser-Eigengewicht hinzu.

$$G_{k1} = (\gamma_{k1} * d_1 - \gamma_{k1} * d_{w1} + \gamma'_{k1} * d_{w1} + \gamma_w * d_{w1}) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [5b]$$

$$G_{k2} = (\gamma_{k2} * d_2 - \gamma_{k2} * d_{w2} + \gamma'_{k2} * d_{w2} + \gamma_w * d_{w2}) * L \quad [\text{kN/m}]$$

usw.

2.2.2 Bemessungswert Eigengewicht (vertikal)

(ständige Einwirkung)

$$G_{d1} = G_{k1} * \gamma_G \quad [\text{kN/m}] \quad [6]$$

$$G_{d2} = G_{k2} * \gamma_G \quad [\text{kN/m}]$$

usw.

2.2.3 Charakteristische Flächenlast (vertikal)

$$P_{kq} = q * L \quad [kN/m] \quad [7]$$

mit

q = Flächenlast $[kN/m^2]$

2.2.4 Bemessungswert Flächenlast (vertikal)

(ständige Einwirkung)

$$P_{dq} = P_{kq} * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [8]$$

2.2.5 Charakteristische Verkehrslast (vertikal)

$$P_{kp} = G_R / b_i \quad [kN/m] \quad [9]$$

mit

G_R = Betriebsgewicht Baugerät $[kN]$

b_i = ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_1

$$b_i = 2 * (b_R + 2 * d_i * \tan \alpha_1) \quad [m] \quad [10]$$

mit

b_R = Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $[m]$

d_i = Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $[m]$

α_1 = Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $[^\circ]$

2.2.6 Bemessungswert Verkehrslast (vertikal)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{dp} = P_{kp} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [11]$$

2.2.7 Charakteristische Brems- und Beschleunigungskraft (tangential)

$$P_{kt} = P_{kp} * (\Phi - 1) * \sin \beta \quad [kN/m] \quad [12]$$

mit

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,4 - 0,1 * d_i \quad [-] \quad [gem. EBGEO] \quad [13]$$

2.2.8 Bemessungswert Brems- und Beschleunigungskraft (tangential)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{dt} = P_{kt} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [14]$$

2.2.9 Charakteristische Strömungskraft (tangential)

$$S_k = \gamma_w * d_w * \sin \beta * L \quad [kN/m] \quad [15]$$

2.2.10 Bemessungswert Strömungskraft (tangential)

(ständige Einwirkung)

$$S_d = S_k * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [16]$$

2.3 Einwirkung (Bemessungswert, tangential)

$$E_d = G_d * \sin \beta + P_{dq} * \sin \beta + P_{dp} * \sin \beta + P_{dt} + S_d$$

$$= (G_d + P_{dq} + P_{dp}) * \sin \beta + P_{dt} + S_d \quad [\text{kN/m}] \quad [17]$$

2.4 Widerstand (Bemessungswert, tangential)

Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände siehe Tab. 1.

$$R_d = (G_k + P_{kq} + P_{kp}) * \cos \beta * (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi + (c'_k / \gamma_c) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [18]$$

sinngemäß δ_d bzw. a'_d bei geosynthetischen Reibungspartnern

2.5 Ausnutzungsgrad

$$\mu = E_d / R_d \leq 1,0 \quad [19]$$

3 ERGEBNISSE

Zur Berechnung wird der Systemaufbau umgekehrt, wobei die Gleitsicherheit von jedem Zustand bei der Herstellung der Schichten errechnet wird. Die Berechnung beginnt daher mit der untersten Fuge. Bei z.B. 9 Schichten ergeben sich 8 Fugen und somit 8 Zustände, die berechnet werden.

Vor jeder Berechnung des jeweiligen Zustandes wird abgefragt, welche Auflast auf der obersten Schicht zu berücksichtigen ist oder ob Dränagewasser angesetzt werden soll.

Es kann für jeden Zustand eine der folgenden Belastungen gewählt werden, die über eine Kennziffer (0, 1, 2, 3 oder 4) eingegeben wird:

- 0 = keine zusätzliche Belastung
- 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
- 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
- 3 = Wassereinstau
- 4 = Flächenlast + Wassereinstau

3.1 Zustand 1

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	-
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

- wobei
- 0 = keine zusätzliche Belastung
 - 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 - 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 - 3 = Wassereinstau
 - 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 = 30,0^\circ$ [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i = 0,00 \text{ m}$ nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi = 1,40$ nach Gl. [13]

3.1.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-

3.1.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-	-

3.1.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-

3.1.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
		-	-	-
F8	- ↔ -	-	-	-

3.2 Zustand 2

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 2,37 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,37 nach Gl. [13]

3.2.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	0,00	75,86	8,88	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.2.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	0,00	91,03	10,65	0,00	188,86
F8	-	-	-	-	-	-

3.2.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	0,00	75,86	0,00	193,88
F8	-	-	-	-	-

3.2.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	188,86	193,88	0,97
F8	- ↔ -	-	-	-

3.3 Zustand 3

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.3.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.3.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.3.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.3.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		0,00	0,00	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		149,42	167,06	0,89
F8	- ↔ -		-	-	-

3.4 Zustand 4

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.4.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.4.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.4.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.4.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E _d	Widerstand R _d	μ
		kN/m	kN/m	-
F5	KDB ↔ Bentonitmatte	0,00	0,00	-
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc	0,00	0,00	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	149,42	167,06	0,89
F8	- ↔ -	-	-	-

3.5 Zustand 5

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.5.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.5.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.5.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.5.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E _d	Widerstand R _d	μ
		kN/m	kN/m	-
F4	Schuttlage ↔ KDB	0,00	0,00	-
F5	KDB ↔ Bentonitmatte	0,00	0,00	-
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc	0,00	0,00	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	149,42	167,06	0,89
F8	- ↔ -	-	-	-

3.6 Zustand 6

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$$q = \text{0,00 kN/m}^2$$

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$$G_R = \text{180,0 kN}$$

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$$b_R = \text{0,84 m}$$

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$$d_i = \text{0,30 m}$$

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$$\alpha_1 = 30,0^\circ \quad [\text{gem. EBGEO}]$$

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$$b_i = 2,37 \text{ m} \quad \text{nach Gl. [10]}$$

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,37 \quad \text{nach Gl. [13]}$$

3.6.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	427,50	0,00	75,86	8,88	0,00
F4	427,50	0,00	75,86	8,88	0,00
F5	427,50	0,00	75,86	8,88	0,00
F6	427,50	0,00	75,86	8,88	0,00
F7	900,00	0,00	75,86	8,88	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.6.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	427,50	0,00	91,03	10,65	0,00	174,62
F4	427,50	0,00	91,03	10,65	0,00	174,62
F5	427,50	0,00	91,03	10,65	0,00	174,62
F6	427,50	0,00	91,03	10,65	0,00	174,62
F7	900,00	0,00	91,03	10,65	0,00	324,04
F8	-	-	-	-	-	-

3.6.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	427,50	0,00	75,86	0,00	264,54
F4	427,50	0,00	75,86	0,00	239,74
F5	427,50	0,00	75,86	0,00	239,74
F6	427,50	0,00	75,86	0,00	193,63
F7	900,00	0,00	75,86	0,00	345,04
F8	-	-	-	-	-

3.6.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung			Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
				Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
				kN/m	kN/m	-
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage	174,62	264,54	0,66
F4	Schuttlage	↔	KDB	174,62	239,74	0,73
F5	KDB	↔	Bentonitmatte	174,62	239,74	0,73
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc	174,62	193,63	0,90
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat	324,04	345,04	0,94
F8	-	↔	-	-	-	-

3.7 Zustand 7

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:
Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.7.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F4	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	900,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.7.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00	135,19
F4	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00	135,19
F5	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00	135,19
F6	427,50	0,00	0,00	0,00	0,00	135,19
F7	900,00	0,00	0,00	0,00	0,00	284,60
F8	-	-	-	-	-	-

3.7.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	427,50	0,00	0,00	0,00	224,67
F4	427,50	0,00	0,00	0,00	203,61
F5	427,50	0,00	0,00	0,00	203,61
F6	427,50	0,00	0,00	0,00	164,45
F7	900,00	0,00	0,00	0,00	318,21
F8	-	-	-	-	-

3.7.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung			Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
				Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
				kN/m	kN/m	-
F2	Trennvlies	↔	Entwässerungsschicht	0,00	0,00	-
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage	135,19	224,67	0,60
F4	Schuttlage	↔	KDB	135,19	203,61	0,66
F5	KDB	↔	Bentonitmatte	135,19	203,61	0,66
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc	135,19	164,45	0,82
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat	284,60	318,21	0,89
F8	-	↔	-	-	-	-

3.8 Zustand 8

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung		
F1	Rekultivierungsschicht	↔	Trennvlies
F2	Trennvlies	↔	Entwässerungsschicht
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage
F4	Schuttlage	↔	KDB
F5	KDB	↔	Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat
F8	-	↔	-

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine Auflast
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

q = kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$$G_R = 180,0 \text{ kN}$$

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$$b_R = 0,84 \text{ m}$$

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$$d_i = 0,90 \text{ m}$$

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$$\alpha_1 = 30,0^\circ \quad [\text{gem. EBGEO}]$$

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_1

$$b_i = 3,76 \text{ m} \quad \text{nach Gl. [10]}$$

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,31 - \quad \text{nach Gl. [13]}$$

3.8.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	47,89	4,69	0,00
F2	1.710,00	0,00	47,89	4,69	0,00
F3	2.137,50	0,00	47,89	4,69	0,00
F4	2.137,50	0,00	47,89	4,69	0,00
F5	2.137,50	0,00	47,89	4,69	0,00
F6	2.137,50	0,00	47,89	4,69	0,00
F7	2.610,00	0,00	47,89	4,69	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.8.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	57,47	5,63	0,00	564,56
F2	1.710,00	0,00	57,47	5,63	0,00	564,56
F3	2.137,50	0,00	57,47	5,63	0,00	699,74
F4	2.137,50	0,00	57,47	5,63	0,00	699,74
F5	2.137,50	0,00	57,47	5,63	0,00	699,74
F6	2.137,50	0,00	57,47	5,63	0,00	699,74
F7	2.610,00	0,00	57,47	5,63	0,00	849,16
F8	-	-	-	-	-	-

3.8.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	47,89	0,00	754,90
F2	1.710,00	0,00	47,89	0,00	923,85
F3	2.137,50	0,00	47,89	0,00	1.148,52
F4	2.137,50	0,00	47,89	0,00	1.040,86
F5	2.137,50	0,00	47,89	0,00	1.040,86
F6	2.137,50	0,00	47,89	0,00	840,67
F7	2.610,00	0,00	47,89	0,00	939,75
F8	-	-	-	-	-

3.8.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F1	Rekultivierungsschicht ↔ Trennvlies		564,56	754,90	0,75
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht		564,56	923,85	0,61
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schutzlage		699,74	1.148,52	0,61
F4	Schutzlage ↔ KDB		699,74	1.040,86	0,67
F5	KDB ↔ Bentonitmatte		699,74	1.040,86	0,67
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		699,74	840,67	0,83
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		849,16	939,75	0,90
F8	- ↔ -		-	-	-

Gleitsicherheitsnachweis

nach EC 7 (DIN EN 1997-1:2014-03 und DIN EN 1997-1/NA:2010-12)

i.V. mit DIN 1054:2021-04

bzw. nach GDA-Empfehlungen E 2-7 (2015) und EBGEO (2010)

1 EINGABEDATEN

Eingabefelder =

1.1 Allgemeines

Anlage 3.4

Projekt: Deponie St. Augustin, BA V

Projekt-Nr. 1873

Bauteil: Oberflächenabdichtung, Bauabschnitt 5, Neigung 1 : 2,5

Bemessungssituation: Lastfall 2 = BS-T (Bauzustand, vorübergehend)

Grenzzustand: GEO-3

Systemaufbau:

Max. 9 Schichten, von oben nach unten eintragen, S 1 ist die oberste Schicht.

Nicht vorhandene Schichten müssen einen Querstrich (-) erhalten!

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schutzlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichsschicht
S8	Deponat
S9	-

Angaben zu den Lasten:

Ständige Lasten:

(Hier möglich: Eigengewicht,

Einstau Dränagewasser, Flächenlast)

- Eigengewicht Schichten
- Wassereinstau Dränage
-

Veränderliche Lasten:

(Hier möglich: Verkehrslast)

-
-
-

Hinweise: Es wird im Rahmen der hier vorliegenden Berechnung angenommen, dass bei Schneefall keine Bautätigkeit erfolgt. Das heißt, dass entweder Schneelasten oder eine Verkehrslast aus Baugerät angesetzt wird, jedoch nicht gleichzeitig! Flächenlasten können nicht gleichzeitig mit Verkehrslast aus Baugerät wirken bzw. angesetzt werden!

Sonstiges:

Systemgeometrie:

Böschungsneigung:

1 : 3,0

$\beta = 18,43^\circ$

$i = 33,33\%$

Böschungslänge:

$L = 75,00$ m

Böschungsbreite:

$b = 1,00$ m Einheitsbreite

Belastung:

Wichte des Wassers

$\gamma_w = 10,00$ kN/m³

Abminderungen bei Ermittlung der Widerstände

(1) Abminderung von Laborergebnissen der wirksamen Scherparameter (φ' , δ' , c' , a') auf charakteristische Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität und der Streuung der Versuchstechnik. Liegen mehrere abgesicherte Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Proben vor, darf auf eine Abminderung nach [1] und [2] verzichtet werden. Der charakteristische Wert wird dann im Sinne der DIN 1997-1 aus den Einzelergebnissen als vorsichtige Schätzung des Mittelwertes festgelegt.

Bei Reibungspartnern mit Geokunststoffen darf der Abminderungsfaktor zur Ermittlung der charakteristischen Adhäsion a'_k jedoch nicht kleiner als 1,5 sein.

$$\tan \varphi'_k = (\tan \varphi') / 1,1 \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_k = (\tan \delta') / 1,1 \quad [1]$$

$$c'_k = c' / 1,3 \quad \text{bzw.} \quad a'_k = a' / 2,0 \quad [2]$$

(2) Abminderung der charakteristischen Scherparameter (φ'_k , δ'_k , c'_k , a'_k)

auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (φ'_d , δ'_d , c'_d , a'_d)

Abminderung gem. DIN 1054:2010-12, Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 2.2

$$\tan \varphi'_d = (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi \quad \text{bzw.} \quad \tan \delta'_d = (\tan \delta'_k) / \gamma_\delta \quad [3]$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c \quad \text{bzw.} \quad a'_d = a'_k / \gamma_a \quad [4]$$

Teilsicherheitsbeiwerte (DIN 1054:2021-04, Tab. A 2.1 bis 2.3), GEO-3

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Tabelle sind in den Berechnungen Kap. 2 und 3 enthalten.

Bezeichnung		Symbol	Lastfall 1	Lastfall 2
Einwirkungen	ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
	ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20
Widerstände	Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$	$\gamma_\varphi, \gamma_\delta$	1,25	1,15
	Kohäsion c'	γ_c, γ_a	1,25	1,15

1.2 Systemaufbau, Abmessungen und charakteristische Materialkennwerte

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

d_w = Wasser-Einstauhöhe

Schicht Nr.	Bezeichnung	d m	d_w m	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	ϕ'_k °	c'_k kN/m ²
S1	Rekultivierungsschicht	1,20	0,00	19,00	10,50	27,50	0,00
S2	Trennvlies	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S3	Entwässerungsschicht	0,30	0,06	19,00	10,50	32,50	0,00
S4	Schuttlage	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S5	KDB	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S6	Bentonitmatte	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
S7	Trag- und Ausgleichssc	0,30	0,00	21,00	12,00	25,00	0,00
S8	Deponat	1,00	0,00	20,00	10,00	23,20	0,00
S9	-	-	-	-	-	-	-

Für KDB und Vliese eintragen: $d = d_w = 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Für Dränagematten eintragen: $d \neq d_w \neq 0$ m und $\gamma = \gamma' = 0$ kN/m³ (gewichtslos)

Nicht vorhandene Schichten und Materialkennwerte bei geosynthetischen Baustoffen mit einem Querstrich (-) versehen

1.3 Charakteristische Scherparameter in den Gleitfugen

Ggf. abgemindert aus Laborwerten nach [1] bzw [2].

Fuge Nr.	Bezeichnung		ϕ'_k bzw. δ'_k °	c'_k bzw. a'_k kN/m ²	Fuge oberhalb der obersten Dicht.-Schicht?
F1	Rekultivierungsschicht	↔ Trennvlies	27,50	0,00	j
F2	Trennvlies	↔ Entwässerungsschicht	32,50	0,00	j
F3	Entwässerungsschicht	↔ Schuttlage	32,50	0,00	j
F4	Schuttlage	↔ KDB	30,00	0,00	j
F5	KDB	↔ Bentonitmatte	30,00	0,00	n
F6	Bentonitmatte	↔ Trag- und Ausgleichssc	25,00	0,00	n
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔ Deponat	23,20	0,00	n
F8	-	↔ -	-	-	-

Bei nicht vorhandenen Gleitfugen als Scherparameter einen Querstrich (-) eintragen.

Bei Fugenlage (letzte Spalte) j oder n eintragen.

Die Abminderungen der charakteristischen Scherparameter auf Bemessungswerte der wirksamen Scherparameter (Index "d") werden über die Teilsicherheitsbeiwerte gem. o.g. Tabelle in den folgenden Berechnungen Kap. 2 und 3 berücksichtigt!

2.2.3 Charakteristische Flächenlast (vertikal)

$$P_{kq} = q * L \quad [kN/m] \quad [7]$$

mit

q = Flächenlast $[kN/m^2]$

2.2.4 Bemessungswert Flächenlast (vertikal)

(ständige Einwirkung)

$$P_{dq} = P_{kq} * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [8]$$

2.2.5 Charakteristische Verkehrslast (vertikal)

$$P_{kp} = G_R / b_i \quad [kN/m] \quad [9]$$

mit

G_R = Betriebsgewicht Baugerät $[kN]$

b_i = ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_1

$$b_i = 2 * (b_R + 2 * d_i * \tan \alpha_1) \quad [m] \quad [10]$$

mit

b_R = Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $[m]$

d_i = Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $[m]$

α_1 = Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $[^\circ]$

2.2.6 Bemessungswert Verkehrslast (vertikal)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{dp} = P_{kp} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [11]$$

2.2.7 Charakteristische Brems- und Beschleunigungskraft (tangential)

$$P_{kt} = P_{kp} * (\Phi - 1) * \sin \beta \quad [kN/m] \quad [12]$$

mit

Schwingbeiwert

$$\Phi = 1,4 - 0,1 * d_i \quad [-] \quad [gem. EBGEO] \quad [13]$$

2.2.8 Bemessungswert Brems- und Beschleunigungskraft (tangential)

(veränderliche Einwirkung)

$$P_{dt} = P_{kt} * \gamma_Q \quad [kN/m] \quad [14]$$

2.2.9 Charakteristische Strömungskraft (tangential)

$$S_k = \gamma_w * d_w * \sin \beta * L \quad [kN/m] \quad [15]$$

2.2.10 Bemessungswert Strömungskraft (tangential)

(ständige Einwirkung)

$$S_d = S_k * \gamma_G \quad [kN/m] \quad [16]$$

2.3 Einwirkung (Bemessungswert, tangential)

$$E_d = G_d * \sin \beta + P_{dq} * \sin \beta + P_{dp} * \sin \beta + P_{dt} + S_d$$

$$= (G_d + P_{dq} + P_{dp}) * \sin \beta + P_{dt} + S_d \quad [\text{kN/m}] \quad [17]$$

2.4 Widerstand (Bemessungswert, tangential)

Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände siehe Tab. 1.

$$R_d = (G_k + P_{kq} + P_{kp}) * \cos \beta * (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi + (c'_k / \gamma_c) * L \quad [\text{kN/m}] \quad [18]$$

sinngemäß δ_d bzw. a'_d bei geosynthetischen Reibungspartnern

2.5 Ausnutzungsgrad

$$\mu = E_d / R_d \leq 1,0 \quad [19]$$

3 ERGEBNISSE

Zur Berechnung wird der Systemaufbau umgekehrt, wobei die Gleitsicherheit von jedem Zustand bei der Herstellung der Schichten errechnet wird. Die Berechnung beginnt daher mit der untersten Fuge. Bei z.B. 9 Schichten ergeben sich 8 Fugen und somit 8 Zustände, die berechnet werden.

Vor jeder Berechnung des jeweiligen Zustandes wird abgefragt, welche Auflast auf der obersten Schicht zu berücksichtigen ist oder ob Dränagewasser angesetzt werden soll.

Es kann für jeden Zustand eine der folgenden Belastungen gewählt werden, die über eine Kennziffer (0, 1, 2, 3 oder 4) eingegeben wird:

- 0 = keine zusätzliche Belastung
- 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
- 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
- 3 = Wassereinstau
- 4 = Flächenlast + Wassereinstau

3.1 Zustand 1

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	-
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F1	Profilierung ↔ Abraum

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

- wobei
- 0 = keine zusätzliche Belastung
 - 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 - 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 - 3 = Wassereinstau
 - 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 = 30,0^\circ$ [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i = 0,00 \text{ m}$ nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi = 1,40$ nach Gl. [13]

3.1.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-

3.1.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-	-

3.1.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F8	-	-	-	-	-

3.1.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
F8	Profilierung ↔ Abraum	-	-	-

3.2 Zustand 2

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

$q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
 bei Lastausbreitungswinkel α_2

$b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.2.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.2.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.2.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.2.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	149,42	167,06	0,89
F8	- ↔ -	-	-	-

3.3 Zustand 3

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
 1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
 2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
 3 = Wassereinstau
 4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.3.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht	Flächenlast	Verkehrslast	Bremskraft	Strömungskraft

Nr.	G_k	P_{kq}	P_{kp}	P_{kt}	S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.3.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.3.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.3.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F6	Bentonitmatte ↔	Trag- und Ausgleichssc	0,00	0,00	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔	Deponat	149,42	167,06	0,89
F8	- ↔	-	-	-	-

3.4 Zustand 4

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
-------------	-------------

F5	KDB	↔	Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat
F8	-	↔	-

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.4.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.4.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.4.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]

Fuge Nr.	Eigengewicht G_k kN/m	Flächenlast P_{kq} kN/m	Verkehrslast P_{kp} kN/m	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$ kN/m	Widerstand R_d kN/m
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.4.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d kN/m	Widerstand R_d kN/m	μ
				-
F5	KDB ↔ Bentonitmatte	0,00	0,00	-
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc	0,00	0,00	-
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	149,42	167,06	0,89
F8	- ↔ -	-	-	-

3.5 Zustand 5

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	-
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: 3 (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

q = 0,00 kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:	$G_R =$	0,0	kN
Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)	$b_R =$	0,00	m
Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät	$d_i =$	0,00	m
Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten	$\alpha_1 =$	30,0 °	[gem. EBGE0]
Ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_2	$b_i =$	0,00 m	nach Gl. [10]
Schwingbeiwert	$\Phi =$	1,40	nach Gl. [13]

3.5.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00
F8	-	-	-	-	-

3.5.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	0,00	149,42
F8	-	-	-	-	-	-

3.5.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil (c'_k / γ_c) * L	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F7	472,50	0,00	0,00	0,00	167,06
F8	-	-	-	-	-

3.5.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-

F4	Schuttlage	↔	KDB	0,00	0,00	-
F5	KDB	↔	Bentonitmatte	0,00	0,00	-
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc	0,00	0,00	-
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat	149,42	167,06	0,89
F8	-	↔	-	-	-	-

3.6 Zustand 6

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	-
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGEO]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.6.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F4	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F5	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F6	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F7	861,75	0,00	0,00	0,00	14,23
F8	-	-	-	-	-

3.6.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F4	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F5	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F6	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F7	861,75	0,00	0,00	0,00	14,23	286,74
F8	-	-	-	-	-	-

3.6.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F3	389,25	0,00	0,00	0,00	204,57
F4	389,25	0,00	0,00	0,00	185,39
F5	389,25	0,00	0,00	0,00	185,39
F6	389,25	0,00	0,00	0,00	149,74
F7	861,75	0,00	0,00	0,00	304,69
F8	-	-	-	-	-

3.6.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schutzlage		137,32	204,57	0,67
F4	Schutzlage ↔ KDB		137,32	185,39	0,74
F5	KDB ↔ Bentonitmatte		137,32	185,39	0,74
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		137,32	149,74	0,92
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		286,74	304,69	0,94
F8	- ↔ -		-	-	-

3.7 Zustand 7

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	-
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schuttlage
F4	Schuttlage ↔ KDB
F5	KDB ↔ Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat
F8	- ↔ -

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine zusätzliche Belastung
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast $q =$ kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät: $G_R =$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette) $b_R =$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät $d_i =$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten $\alpha_1 =$ 30,0 ° [gem. EBGE0]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_2 $b_i =$ 0,00 m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert $\Phi =$ 1,40 nach Gl. [13]

3.7.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k

	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F4	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F5	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F6	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F7	861,75	0,00	0,00	0,00	14,23
F8	-	-	-	-	-

3.7.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F4	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F5	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F6	389,25	0,00	0,00	0,00	14,23	137,32
F7	861,75	0,00	0,00	0,00	14,23	286,74
F8	-	-	-	-	-	-

3.7.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	389,25	0,00	0,00	0,00	204,57
F4	389,25	0,00	0,00	0,00	185,39
F5	389,25	0,00	0,00	0,00	185,39
F6	389,25	0,00	0,00	0,00	149,74
F7	861,75	0,00	0,00	0,00	304,69
F8	-	-	-	-	-

3.7.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung		Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
			Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
			kN/m	kN/m	-
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht		0,00	0,00	-
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schutzlage		137,32	204,57	0,67
F4	Schutzlage ↔ KDB		137,32	185,39	0,74
F5	KDB ↔ Bentonitmatte		137,32	185,39	0,74
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc		137,32	149,74	0,92
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat		286,74	304,69	0,94
F8	- ↔ -		-	-	-

3.8 Zustand 8

Untersucht wird folgendes System:

Schicht Nr.	Bezeichnung
S1	Rekultivierungsschicht
S2	Trennvlies
S3	Entwässerungsschicht
S4	Schuttlage
S5	KDB
S6	Bentonitmatte
S7	Trag- und Ausgleichssc
S8	Deponat
S9	-

Für folgende Fugen werden die Gleitsicherheiten berechnet:

Fuge Nr.	Bezeichnung		
F1	Rekultivierungsschicht	↔	Trennvlies
F2	Trennvlies	↔	Entwässerungsschicht
F3	Entwässerungsschicht	↔	Schuttlage
F4	Schuttlage	↔	KDB
F5	KDB	↔	Bentonitmatte
F6	Bentonitmatte	↔	Trag- und Ausgleichssc
F7	Trag- und Ausgleichssc	↔	Deponat
F8	-	↔	-

Auflast auf oberster Schicht: (Eingabe: 0, 1, 2, 3 oder 4)

wobei 0 = keine Auflast
1 = Flächenlast (auf oberster Schicht)
2 = Baugerät (auf oberster Schicht)
3 = Wassereinstau
4 = Flächenlast + Wassereinstau

Für Ziffer 1 bzw. 4:

Flächenlast

q = kN/m²

Für Ziffer 2:

Betriebsgewicht Baugerät:

$G_R = 0,0$ kN

Kettenbreite / Plattenbreite (je Kette)

$b_R = 0,00$ m

Schichtdicke Boden (normal zur Gleitfuge) unter Baugerät

$d_i = 0,00$ m

Lastausbreitungswinkel gegen Vertikale unter den Ketten

$\alpha_1 = 30,0^\circ$ [gem. EBGE0]

Ideelle Breite der Aufstandsfläche
bei Lastausbreitungswinkel α_1

$b_i = 0,00$ m nach Gl. [10]

Schwingbeiwert

$\Phi = 1,40$ - nach Gl. [13]

3.8.1 Charakteristische Kräfte der Einwirkungen

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	Gl. [12]	Gl. [15]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Bremskraft P_{kt}	Strömungskraft S_k
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F2	1.710,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F4	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F5	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F6	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23
F7	2.571,75	0,00	0,00	0,00	14,23
F8	-	-	-	-	-

3.8.2 Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Einwirkungen

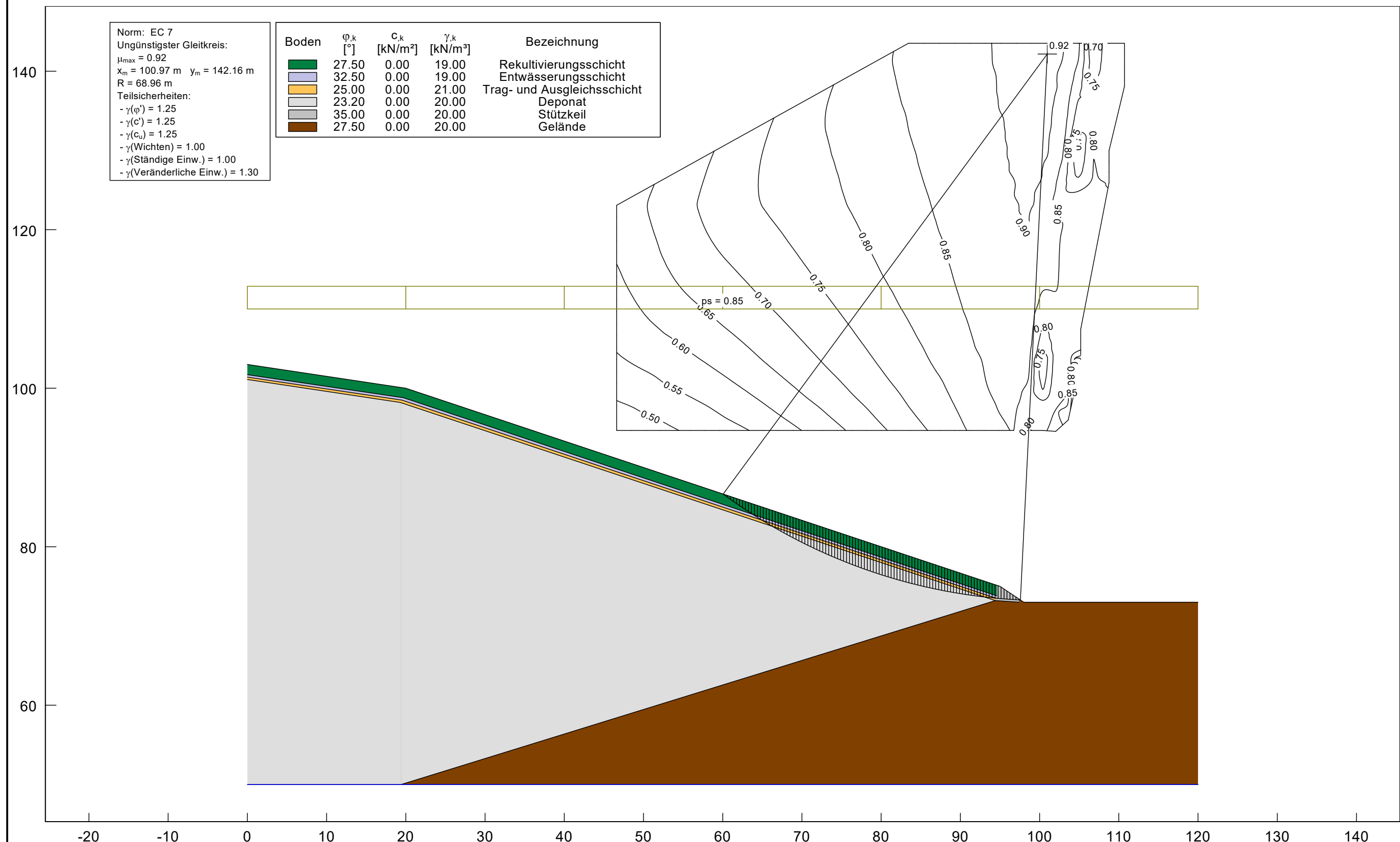
Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential	tangential
	Gl. [6]	Gl. [8]	Gl. [11]	Gl. [14]	Gl. [16]	Gl. [17]
	Eigengewicht G_d	Flächenlast P_{dq}	Verkehrslast P_{dp}	Bremskraft P_{dt}	Strömungskraft S_d	Einwirkung E_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	0,00	0,00	0,00	540,75
F2	1.710,00	0,00	0,00	0,00	0,00	540,75
F3	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23	678,07
F4	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23	678,07
F5	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23	678,07
F6	2.099,25	0,00	0,00	0,00	14,23	678,07
F7	2.571,75	0,00	0,00	0,00	14,23	827,49
F8	-	-	-	-	-	-

3.8.3 Charakteristische Kräfte und Bemessungswerte der Einzel- und Gesamt-Widerstände

Fuge Nr.	vertikal			tangential	tangential
	Gl. [5a], [5b]	Gl. [7]	Gl. [9]	in Gl. [18]	Gl. [18]
	Eigengewicht G_k	Flächenlast P_{kq}	Verkehrslast P_{kp}	Kohäsionsanteil $(c'_k / \gamma_c) * L$	Widerstand R_d
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
F1	1.710,00	0,00	0,00	0,00	734,34
F2	1.710,00	0,00	0,00	0,00	898,68
F3	2.099,25	0,00	0,00	0,00	1.103,25
F4	2.099,25	0,00	0,00	0,00	999,83
F5	2.099,25	0,00	0,00	0,00	999,83
F6	2.099,25	0,00	0,00	0,00	807,53
F7	2.571,75	0,00	0,00	0,00	909,30
F8	-	-	-	-	-

3.8.4 Ausnutzungsgrad

Fuge Nr.	Bezeichnung	Gl. [17]	Gl. [18]	Gl. [19]
		Einwirkung E_d	Widerstand R_d	μ
		kN/m	kN/m	-
F1	Rekultivierungsschicht ↔ Trennvlies	540,75	734,34	0,74
F2	Trennvlies ↔ Entwässerungsschicht	540,75	898,68	0,60
F3	Entwässerungsschicht ↔ Schutzlage	678,07	1.103,25	0,61
F4	Schutzlage ↔ KDB	678,07	999,83	0,68
F5	KDB ↔ Bentonitmatte	678,07	999,83	0,68
F6	Bentonitmatte ↔ Trag- und Ausgleichssc	678,07	807,53	0,84
F7	Trag- und Ausgleichssc ↔ Deponat	827,49	909,30	0,91
F8	- ↔ -	-	-	-



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)

- 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	103.000	2	20.000	100.000	3	95.000	75.000	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.61	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	27.01	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	20.46	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	18.93	0.00	20.00	Deponat
5	29.26	0.00	20.00	Stützkeil
6	22.61	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	0.85	0.85	0.00	120.00	110.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

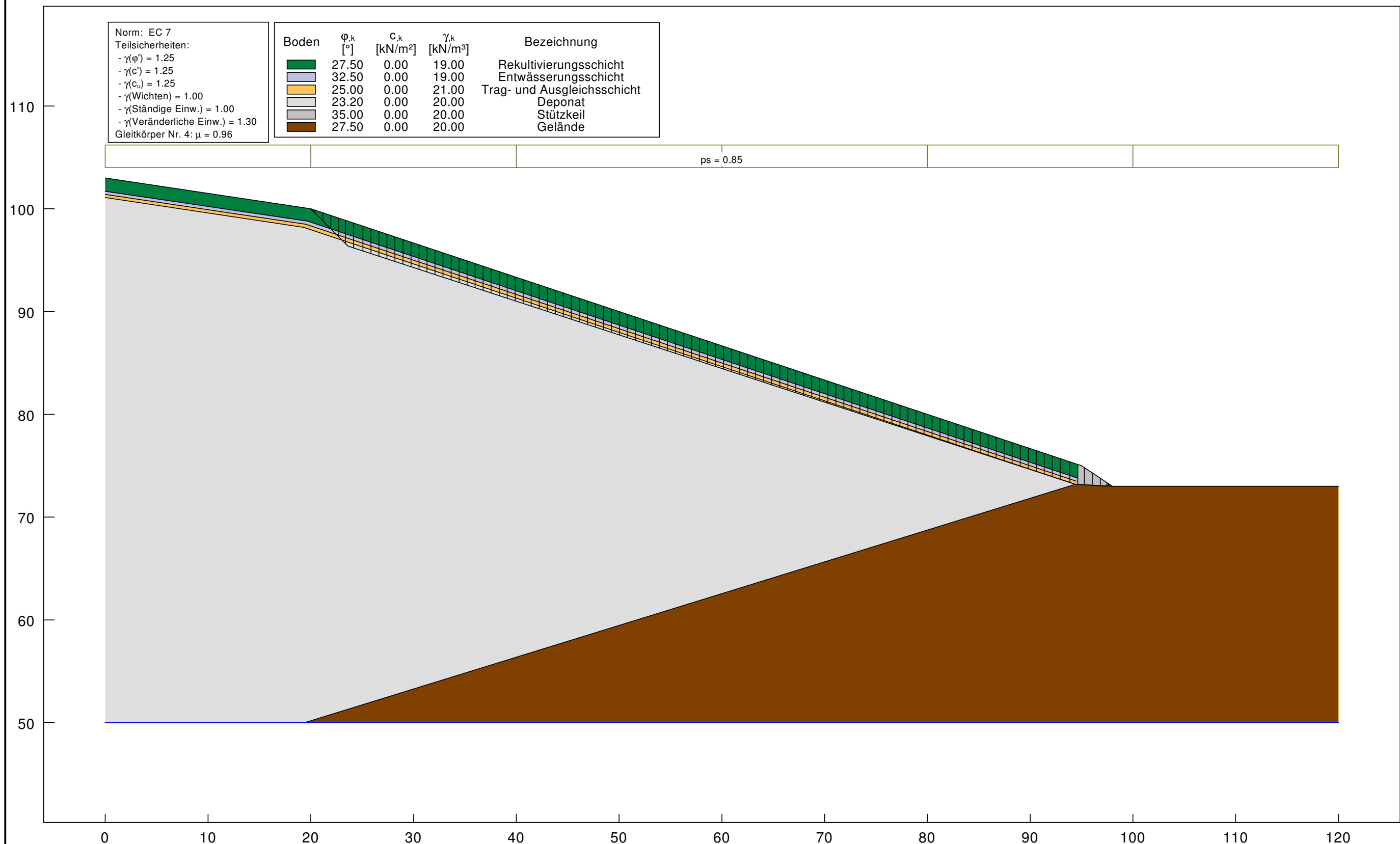
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000

x / y (Ende): 94.4000 73.2000

Anzahl Radian = 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]
737	100.9726	142.1636	68.9636	100	0.9163	40049.515	43706.225	43706.2	0.0	40049.5	0.0



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	103.000	2	20.000	100.000	3	95.000	75.000	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c _k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c _d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.61	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	27.01	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	20.46	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	18.93	0.00	20.00	Deponat
5	29.26	0.00	20.00	Stützkeil
6	22.61	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	0.85	0.85	0.00	120.00	104.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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]	[-]
4	0.956	1106.748	1157.218	1157.218	0.000	1106.748	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

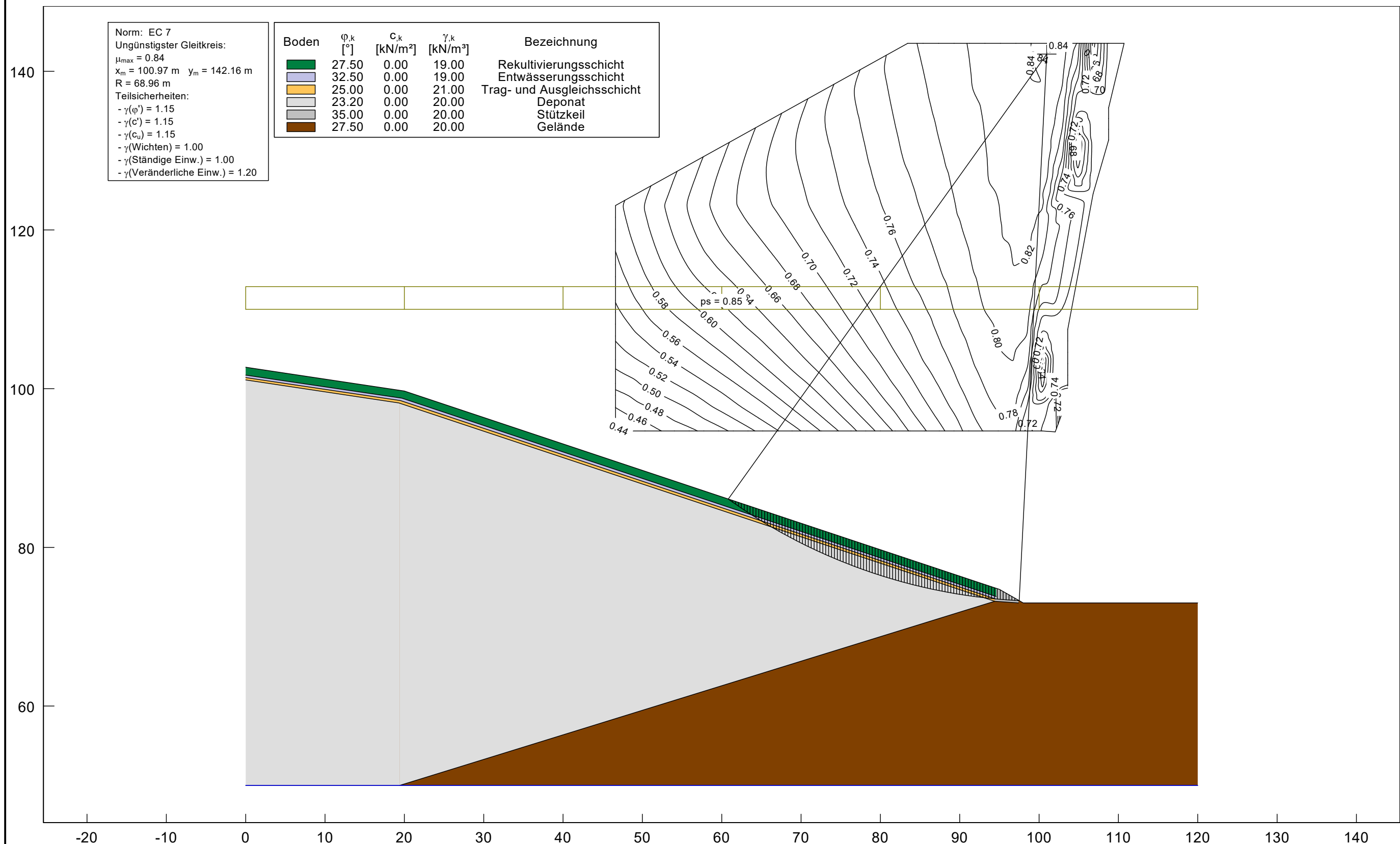
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.000	100.000	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

Ungünstigster Gleitkörper 4

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]	[-]
4	0.956	1106.748	1157.218	1157.218	0.000	1106.748	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	20.000	100.000	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000



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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	102.700	2	20.000	99.700	3	95.000	74.700	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	0.85	0.85	0.00	120.00	110.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

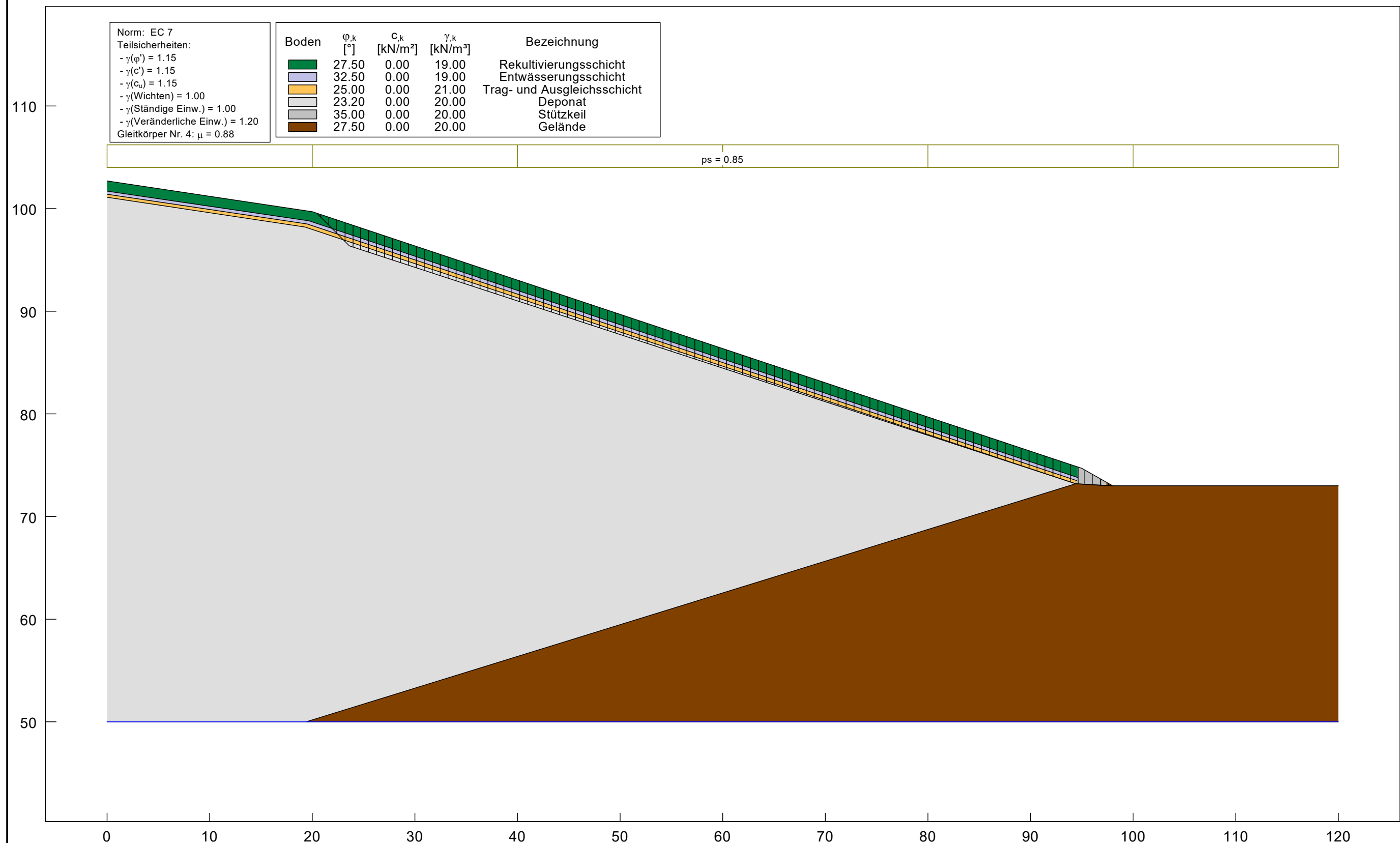
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000

x / y (Ende): 94.4000 73.2000

Anzahl Radian = 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]
737	100.9726	142.1636	68.9636	100	0.8428	35396.740	41999.215	41999.2	0.0	35396.7	0.0



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) = 1.15
- gam(c') = 1.15
- gam(cu) = 1.15
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.20

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	102.700	2	20.000	99.700	3	95.000	74.700	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

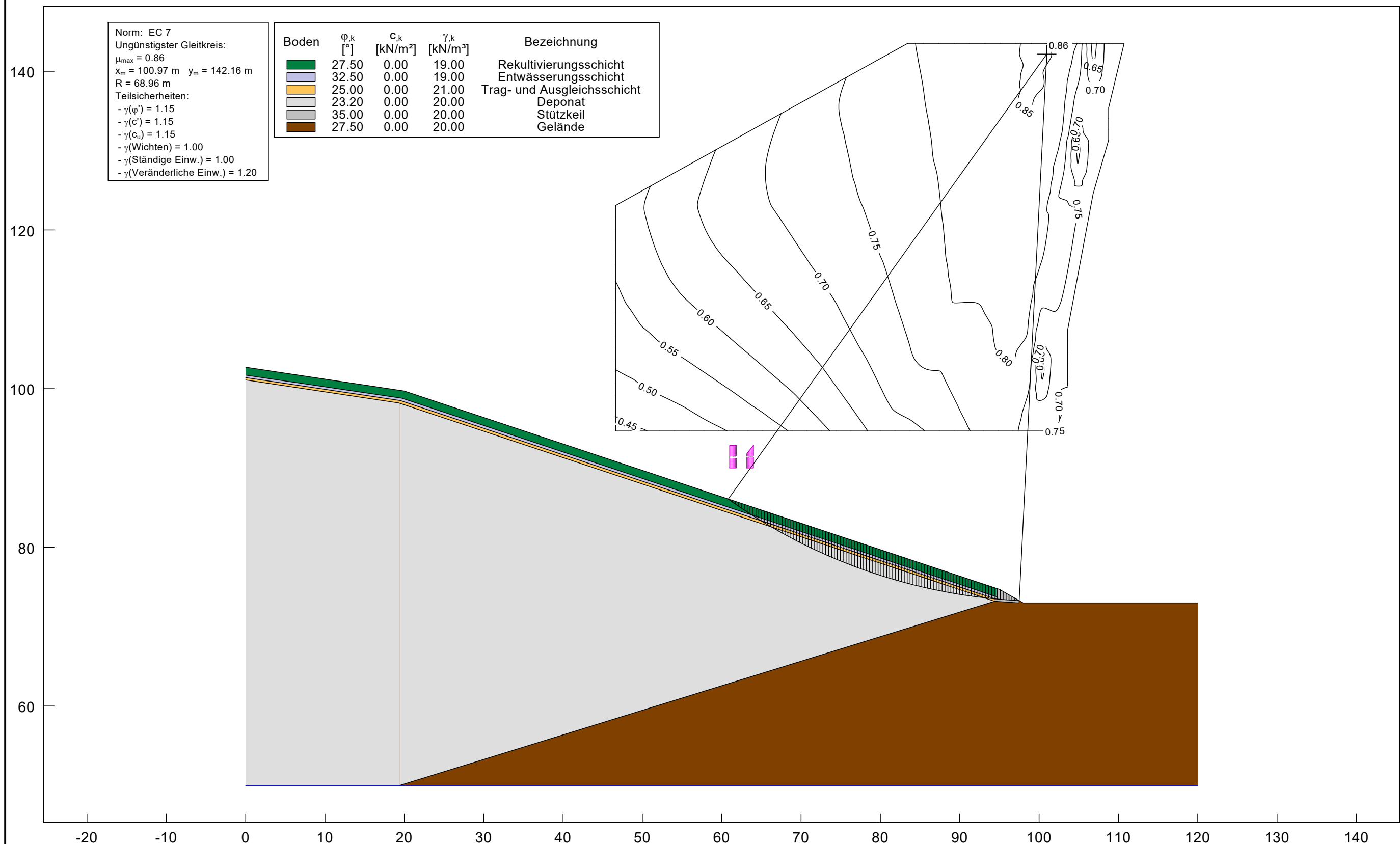
Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	0.85	0.85	0.00	120.00	104.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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	0.692	123.010	177.810	177.810	0.000	123.010	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 1)											
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	85.020	78.027	2	88.452	74.155	3	94.500	73.500	4	96.056	74.102
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]	[-]			
2	0.833	2801.544	3361.496	3361.496	0.000	2801.544	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 2)											
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.509	99.530	2	37.373	83.965	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000
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]	[-]			
3	0.831	3259.373	3922.716	3922.716	0.000	3259.373	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 3)											
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	6.787	101.682	2	37.373	83.965	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000
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]	[-]			
4	0.877	954.161	1088.354	1088.354	0.000	954.161	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 4)											
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.447	99.551	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000
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]	[-]			
5	0.872	1585.114	1817.518	1817.518	0.000	1585.114	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 5)											
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.871	99.410	2	35.343	89.603	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000
Ungünstigster Gleitkörper 4											
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]	[-]			
4	0.877	954.161	1088.354	1088.354	0.000	954.161	0.000	100			
Koordinaten (Gleitkörper 4)											
Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	20.447	99.551	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000



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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	102.700	2	20.000	99.700	3	95.000	74.700	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	26.80	26.80	61.00	61.84	90.00
2	16.80	26.80	63.16	64.00	90.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

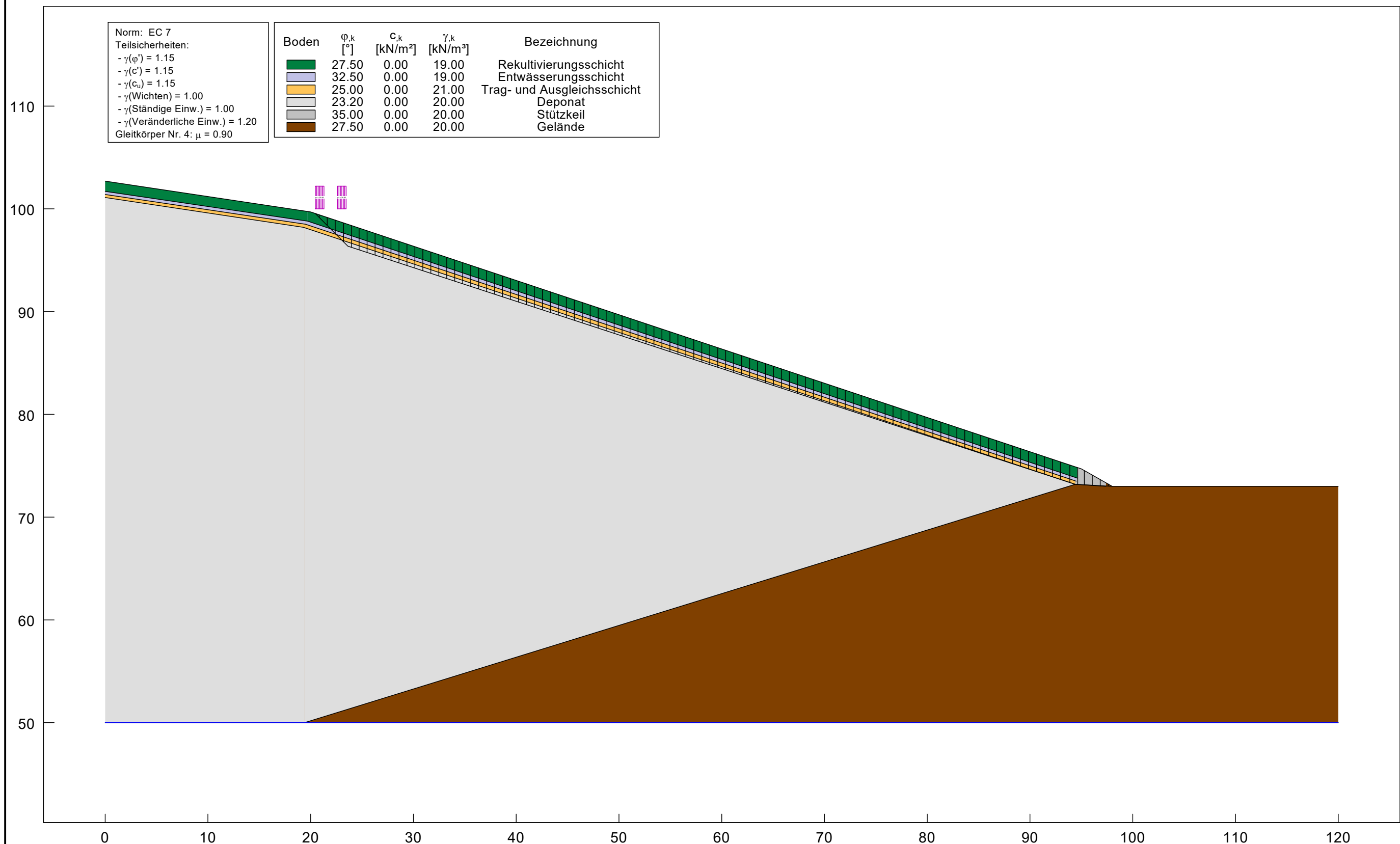
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000

x / y (Ende): 94.4000 73.2000

Anzahl Radian = 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]
737	100.9726	142.1636	68.9636	100	0.8597	36606.393	42580.710	42580.7	0.0	36606.4	0.0



Projekt: 1873	Deponie St. Augustin, BA 5 Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen
Anlage 6.3	Westböschung BA 5 LF 2 b): Bauzustand, Verkehrslast Baugerät nach JANBU

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) = 1.15
- gam(c') = 1.15
- gam(cu) = 1.15
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.20

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	102.700	2	20.000	99.700	3	95.000	74.700	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Verkehrslasten

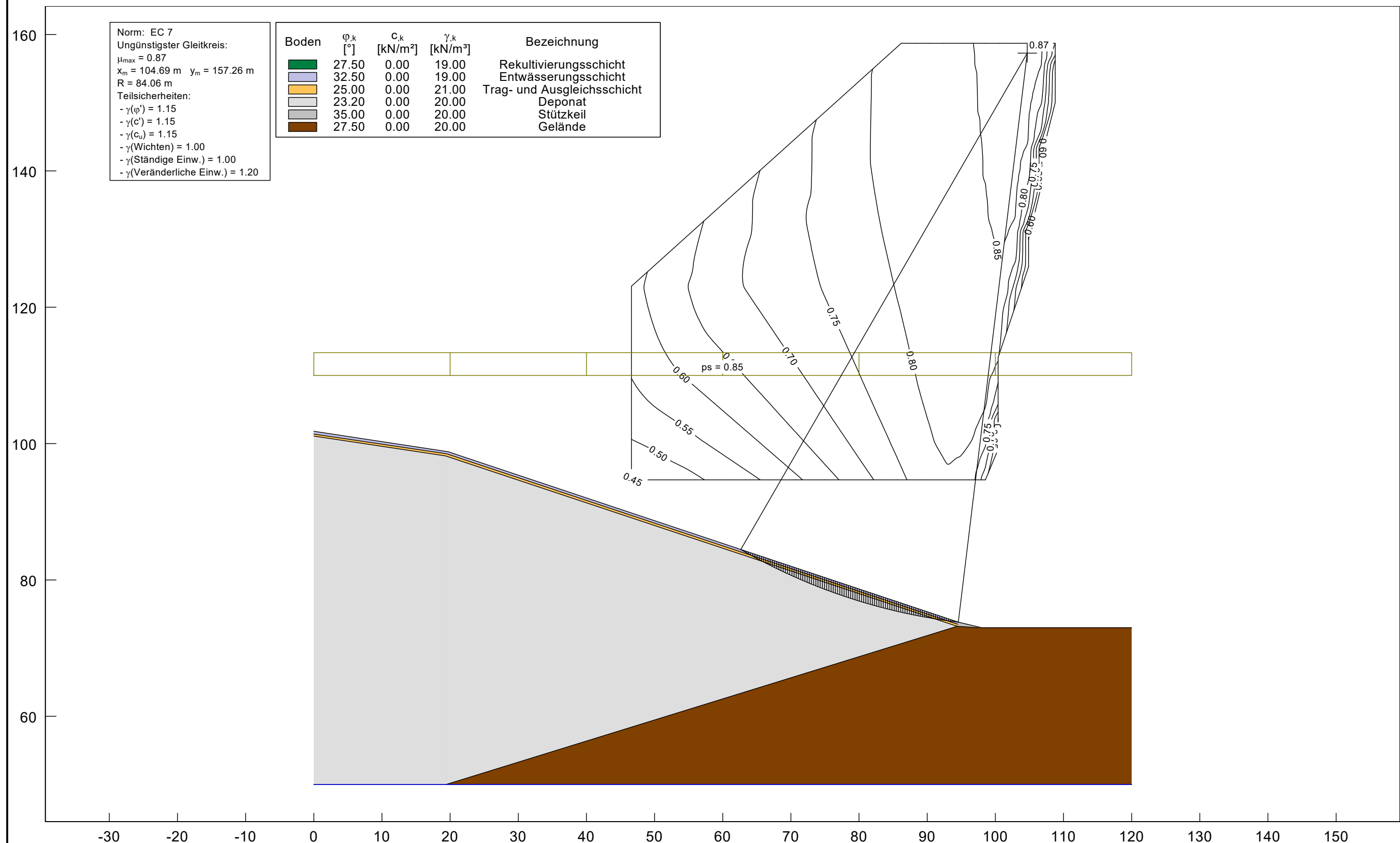
Nr.	Größe(links) [kN/m ²]	Größe(rechts) [kN/m ²]	x(links) [m]	x(rechts) [m]	y [m]
1	26.80	26.80	20.40	21.24	100.00
2	26.80	26.80	22.56	23.40	100.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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	0.693	119.674	172.602	172.602	0.000	119.674	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 1)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	85.020	78.027	2	88.452	74.155	3	94.500	73.500
4	96.056	74.102						
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]	[-]
2	0.840	2825.634	3362.712	3362.712	0.000	2825.634	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 2)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.509	99.530	2	37.373	83.965	3	94.400	73.200
4	98.000	73.000						
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]	[-]
3	0.835	3266.290	3913.274	3913.274	0.000	3266.290	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 3)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	6.787	101.682	2	37.373	83.965	3	94.400	73.200
4	98.000	73.000						
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]	[-]
4	0.901	984.332	1092.270	1092.270	0.000	984.332	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 4)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.447	99.551	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200
4	98.000	73.000						
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]	[-]
5	0.878	1589.008	1810.592	1810.592	0.000	1589.008	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 5)								
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.871	99.410	2	35.343	89.603	3	94.400	73.200
4	98.000	73.000						
Ungünstigster Gleitkörper 4								
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]	[-]
4	0.901	984.332	1092.270	1092.270	0.000	984.332	0.000	100
Koordinaten (Gleitkörper 4)								
Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	20.447	99.551	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200
4	98.000	73.000						



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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	101.800	2	19.700	98.800	3	94.600	73.800	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.400	19.500	98.500	2
2	19.500	98.500	94.500	73.500	2
3	0.000	101.100	19.300	98.200	3
4	19.300	98.200	94.400	73.200	3
5	94.400	73.200	97.400	73.000	5
6	0.000	50.000	19.400	50.000	4
7	19.400	50.000	94.400	73.200	4
8	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	0.85	0.85	0.00	120.00	110.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

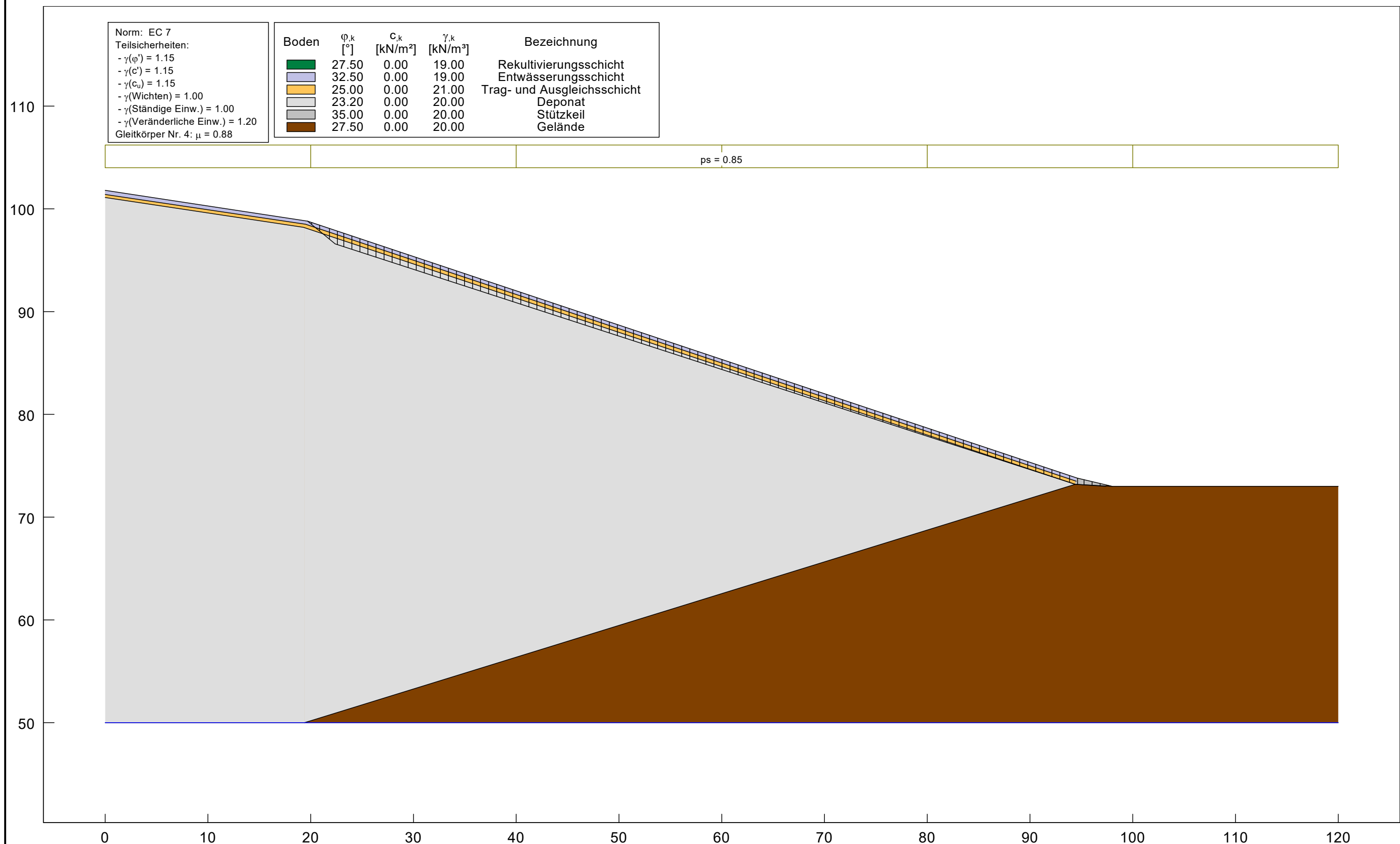
γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse
Suchbereich
Art Suchradius
Horizontale Tangenten
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000
x / y (Ende): 94.4000 73.2000
Anzahl Radian = 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]
1017	104.6852	157.2600	84.0600	100	0.8686	20774.321	23917.104	23917.1	0.0	20774.3	0.0



Projekt: 1873	Deponie St. Augustin, BA 5 Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen
Anlage 7.3	Westböschung BA 5 LF 2 c): Bauzustand, Schneelast nach JANBU

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) = 1.15
- gam(c') = 1.15
- gam(cu) = 1.15
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.20

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	101.800	2	19.700	98.800	3	94.600	73.800	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.400	19.500	98.500	2
2	19.500	98.500	94.500	73.500	2
3	0.000	101.100	19.300	98.200	3
4	19.300	98.200	94.400	73.200	3
5	94.400	73.200	97.400	73.000	5
6	0.000	50.000	19.400	50.000	4
7	19.400	50.000	94.400	73.200	4
8	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]

1 0.85 0.85 0.00 120.00 104.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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]	[-]
4	0.875	515.159	588.697	588.697	0.000	515.159	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

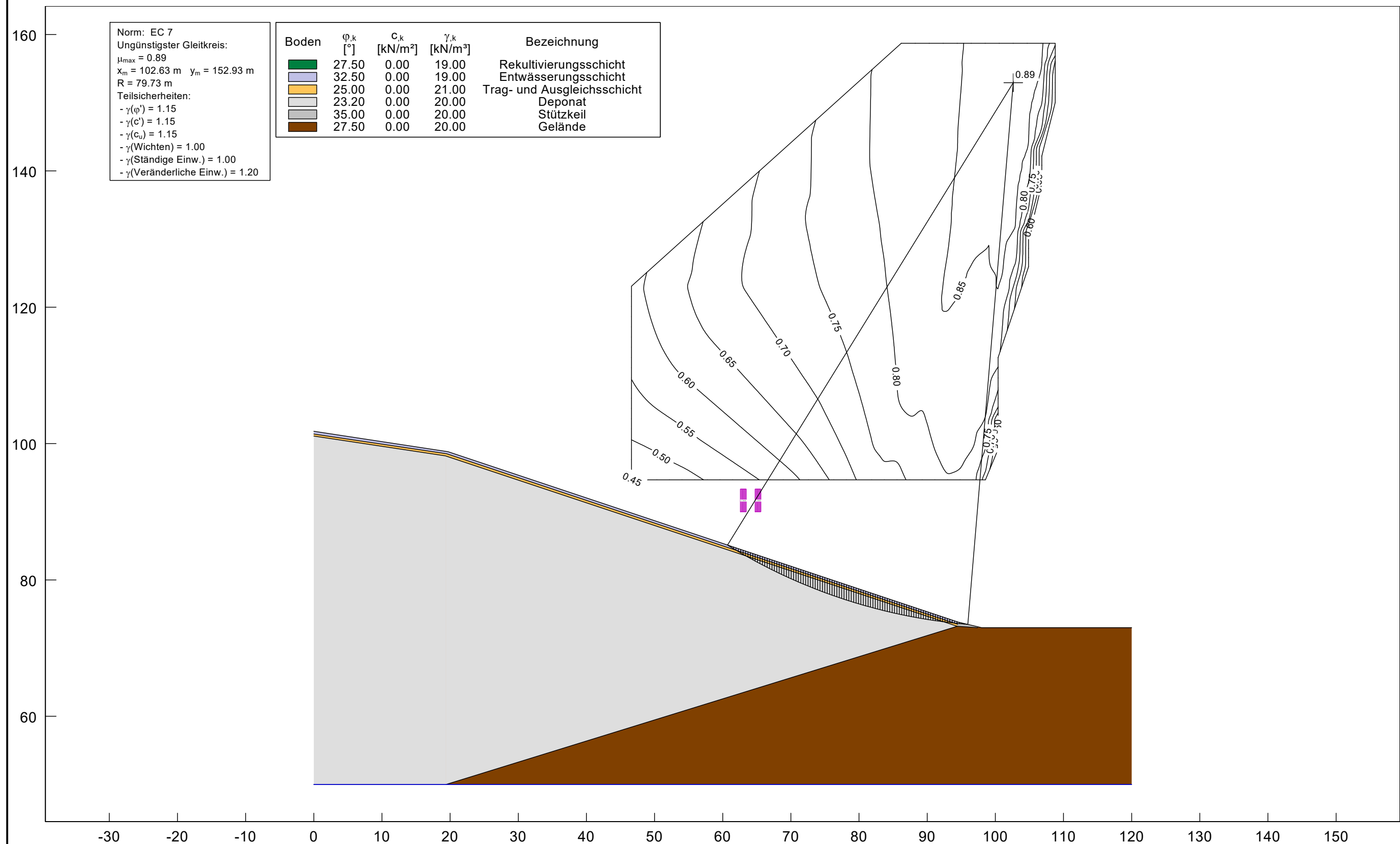
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	19.700	98.800	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

Ungünstigster Gleitkörper 4

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]	[-]
4	0.875	515.159	588.697	588.697	0.000	515.159	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	19.700	98.800	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000



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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	101.800	2	19.700	98.800	3	94.600	73.800	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.400	19.500	98.500	2
2	19.500	98.500	94.500	73.500	2
3	0.000	101.100	19.300	98.200	3
4	19.300	98.200	94.400	73.200	3
5	94.400	73.200	97.400	73.000	5
6	0.000	50.000	19.400	50.000	4
7	19.400	50.000	94.400	73.200	4
8	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	26.80	26.80	62.60	63.44	90.00
2	26.80	26.80	64.76	65.60	90.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

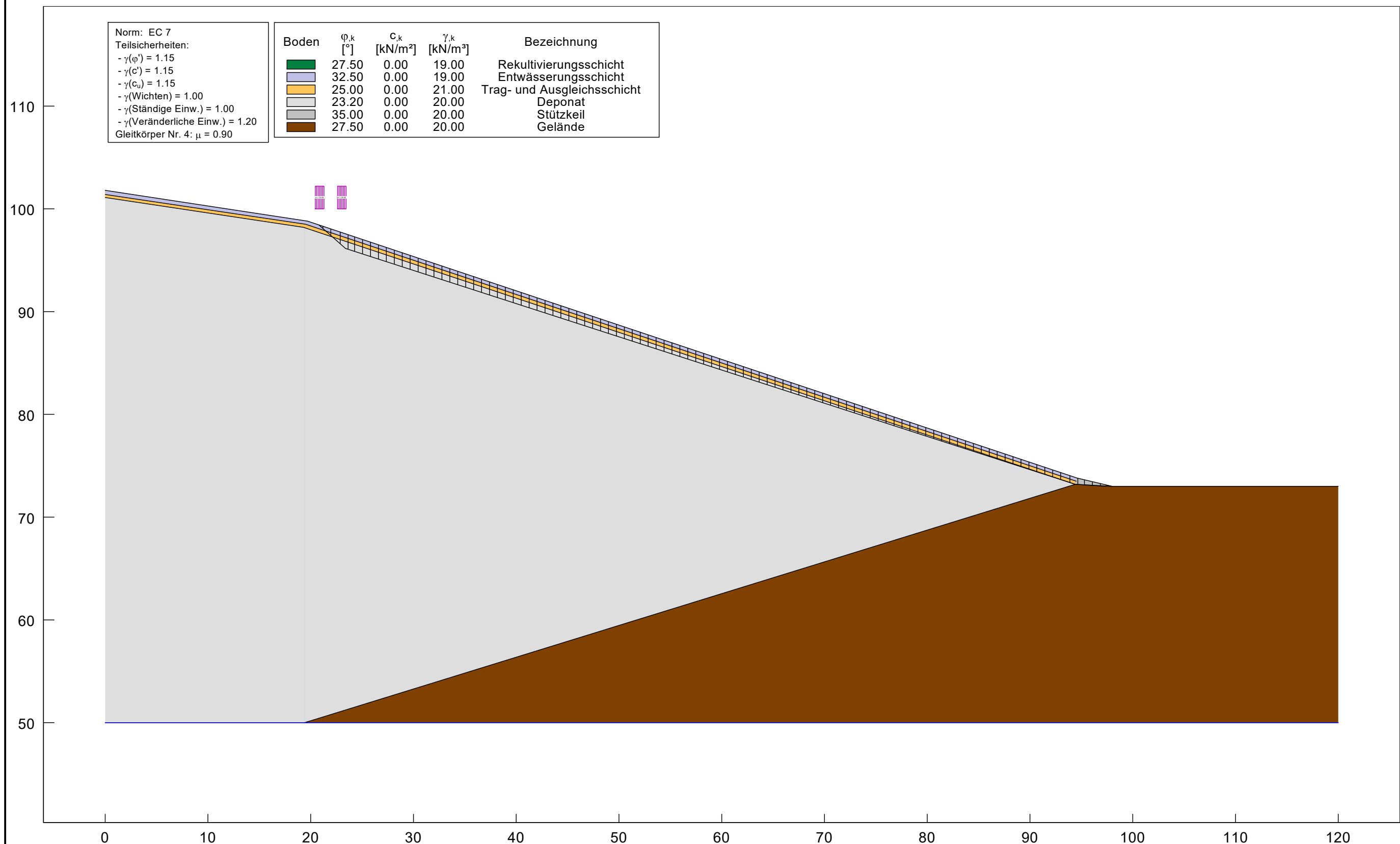
γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse
Suchbereich
Art Suchradius
Horizontale Tangenten
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000
x / y (Ende): 94.4000 73.2000
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]
1010	102.6302	152.9274	79.7274	100	0.8906	27931.379	31361.865	31361.9	0.0	27931.4	0.0



Böschungsberechnung nach EC 7
mit polygonalen Gleitflächen

Parameterliste

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

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	101.800	2	19.700	98.800	3	94.600	73.800	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.400	19.500	98.500	2
2	19.500	98.500	94.500	73.500	2
3	0.000	101.100	19.300	98.200	3
4	19.300	98.200	94.400	73.200	3
5	94.400	73.200	97.400	73.000	5
6	0.000	50.000	19.400	50.000	4
7	19.400	50.000	94.400	73.200	4
8	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]

1	26.80	26.80	20.45	21.29	100.00
2	26.80	26.80	22.61	23.45	100.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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]	[-]
4	0.895	515.503	575.936	575.936	0.000	515.503	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

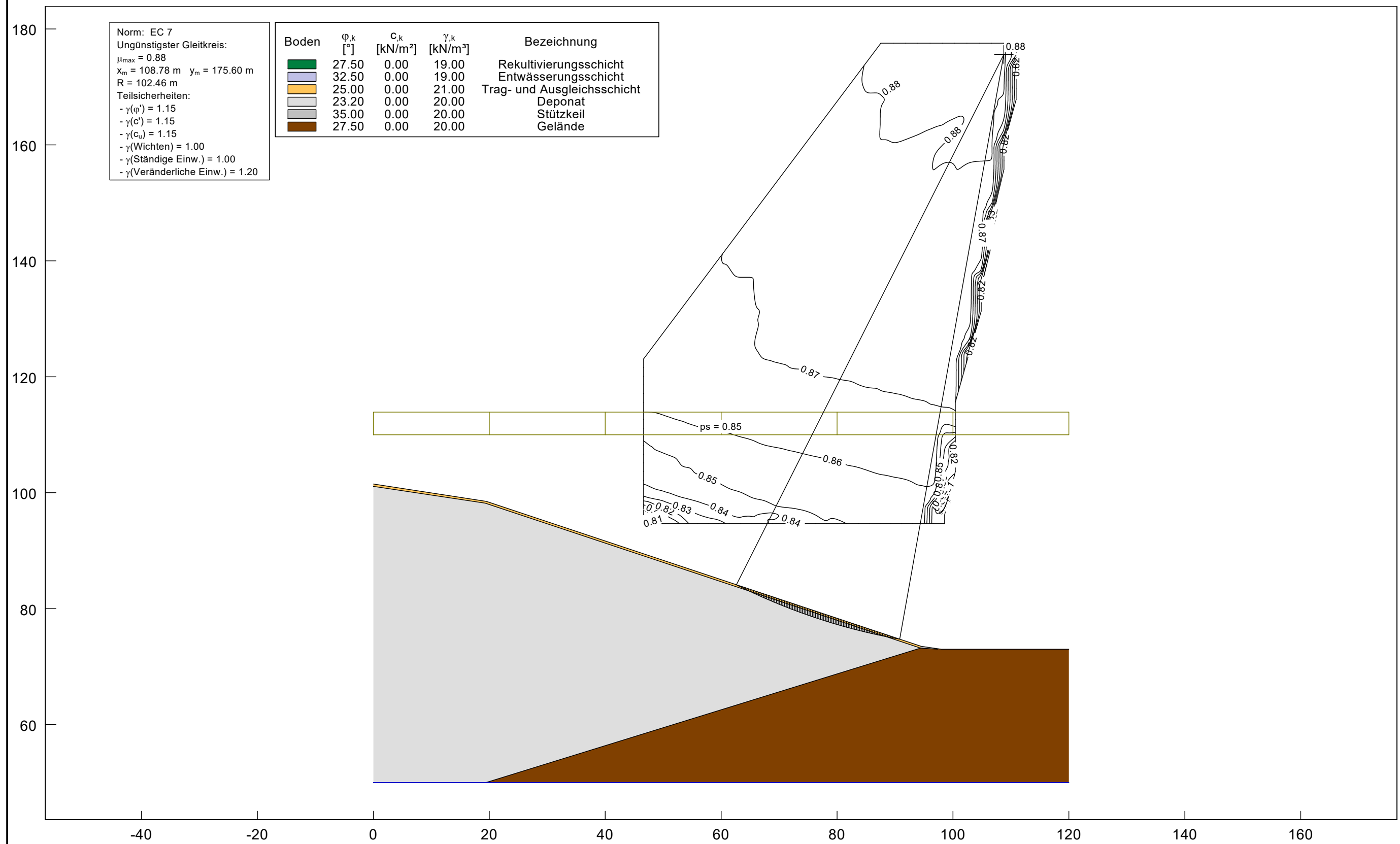
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	19.700	98.800	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

Ungünstigster Gleitkörper 4

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]	[-]
4	0.895	515.503	575.936	575.936	0.000	515.503	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	19.700	98.800	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000



Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.88$
 $x_m = 108.78 \text{ m}$ $y_m = 175.60 \text{ m}$
 $R = 102.46 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.15$
- $\gamma(c') = 1.15$
- $\gamma(c_u) = 1.15$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Boden	ϕ, k [°]	c, k [kN/m²]	γ, k [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
	23.20	0.00	20.00	Deponat
	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
	27.50	0.00	20.00	Gelände

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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	101.500	2	19.500	98.500	3	94.500	73.500	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.100	19.300	98.200	3
2	19.300	98.200	94.400	73.200	3
3	94.400	73.200	97.400	73.000	5
4	0.000	50.000	19.400	50.000	4
5	19.400	50.000	94.400	73.200	4
6	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]

1 0.85 0.85 0.00 120.00 110.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
 Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

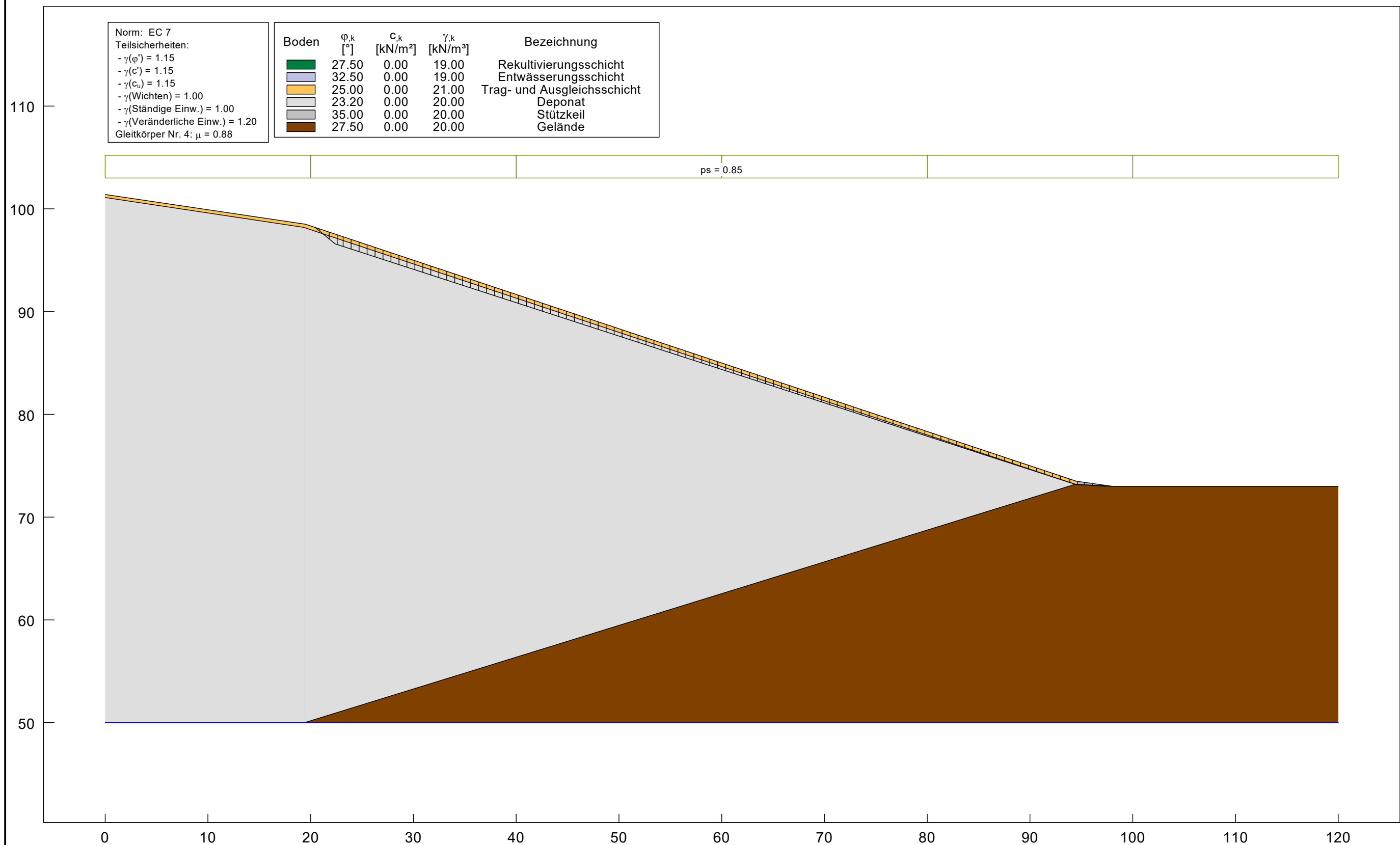
γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse
 Suchbereich
 Art Suchradius
 Horizontale Tangenten
 x / y (Anfang): 92.9896 73.1435
 x / y (Ende): 88.2363 97.4192
 Anzahl Radian = 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]
1177	108.7773	175.6033	102.4598	100	0.8823	14849.095	16830.048	16830.0	0.0	14849.1	0.0



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) = 1.15
- gam(c') = 1.15
- gam(cu) = 1.15
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.20

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	101.400	2	19.500	98.500	3	94.500	73.500	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.100	19.300	98.200	3
2	19.300	98.200	94.400	73.200	3
3	94.400	73.200	97.400	73.000	5
4	0.000	50.000	19.400	50.000	4
5	19.400	50.000	94.400	73.200	4
6	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Ständige Lasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	0.85	0.85	0.00	120.00	103.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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]	[-]
4	0.876	345.445	394.485	394.485	0.000	345.445	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

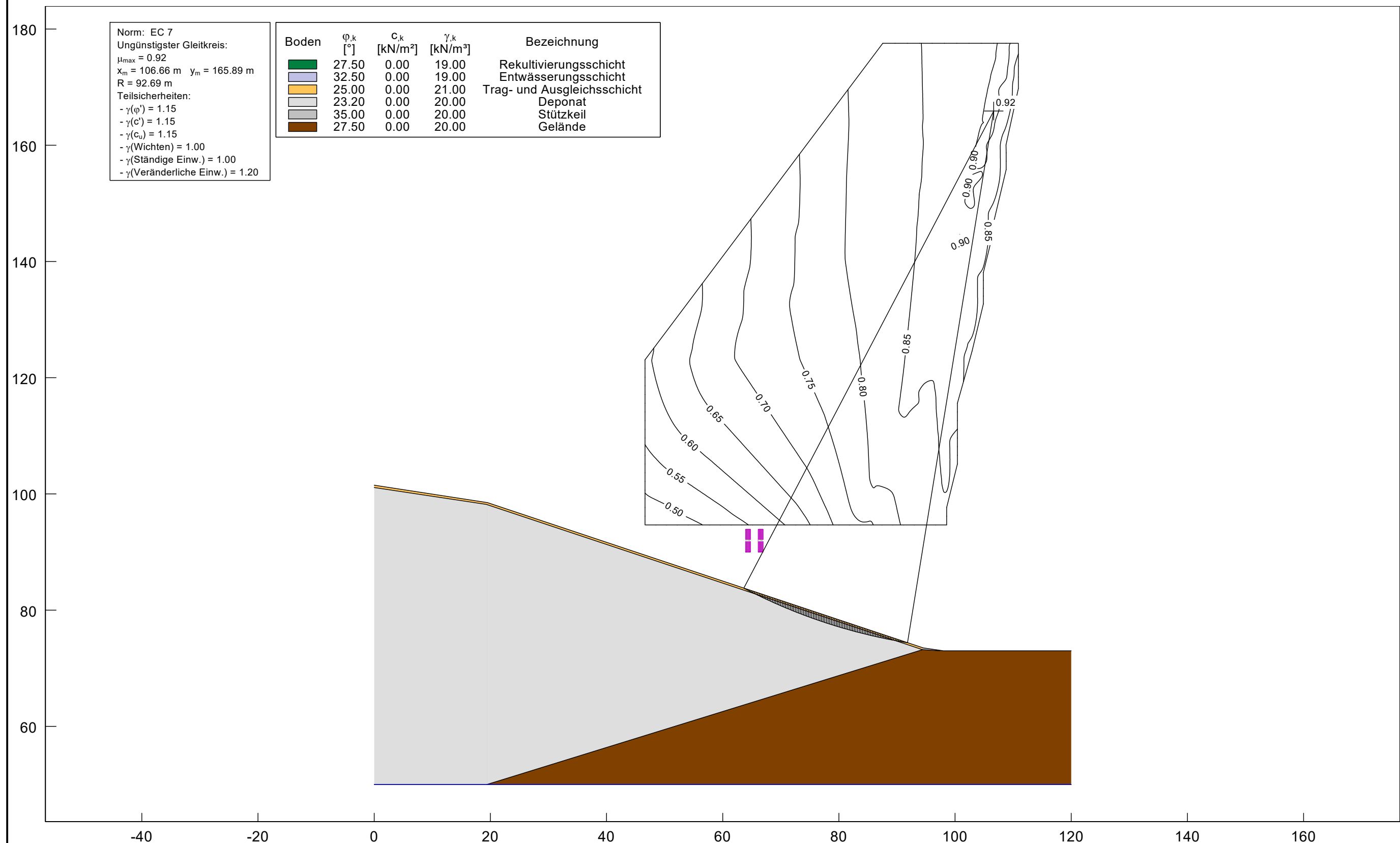
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.447	98.184	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

Ungünstigster Gleitkörper 4

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]	[-]
4	0.876	345.445	394.485	394.485	0.000	345.445	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	20.447	98.184	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000



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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

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	101.500	2	19.500	98.500	3	94.500	73.500	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.100	19.300	98.200	3
2	19.300	98.200	94.400	73.200	3
3	94.400	73.200	97.400	73.000	5
4	0.000	50.000	19.400	50.000	4
5	19.400	50.000	94.400	73.200	4
6	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]

1	26.80	26.80	63.95	64.79	90.00
2	26.80	26.80	66.11	66.95	90.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

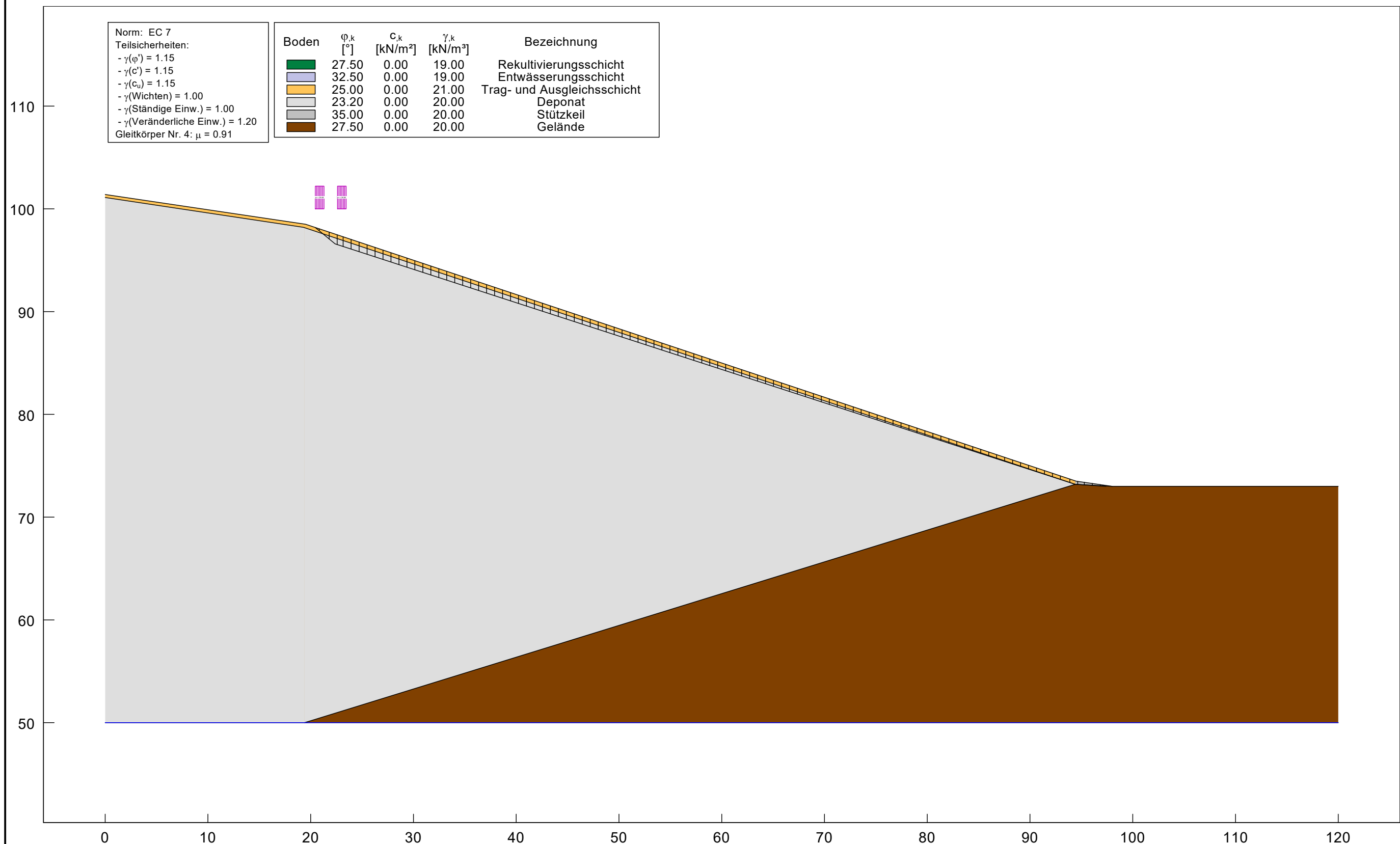
γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse
Suchbereich
Art Suchradius
Horizontale Tangenten
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000
x / y (Ende): 94.4000 73.2000
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]
1172	106.6553	165.8892	92.6892	100	0.9188	16293.135	17732.937	17732.9	0.0	16293.1	0.0



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) = 1.15
- gam(c') = 1.15
- gam(cu) = 1.15
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.20

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	101.400	2	19.500	98.500	3	94.500	73.500	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	24.35	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	28.99	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.07	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	20.44	0.00	20.00	Deponat
5	31.34	0.00	20.00	Stützkeil
6	24.35	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.100	19.300	98.200	3
2	19.300	98.200	94.400	73.200	3
3	94.400	73.200	97.400	73.000	5
4	0.000	50.000	19.400	50.000	4
5	19.400	50.000	94.400	73.200	4
6	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	26.80	26.80	20.45	21.29	100.00
2	26.80	26.80	22.61	23.45	100.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
 Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

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]	[-]
4	0.907	346.312	381.902	381.902	0.000	346.312	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

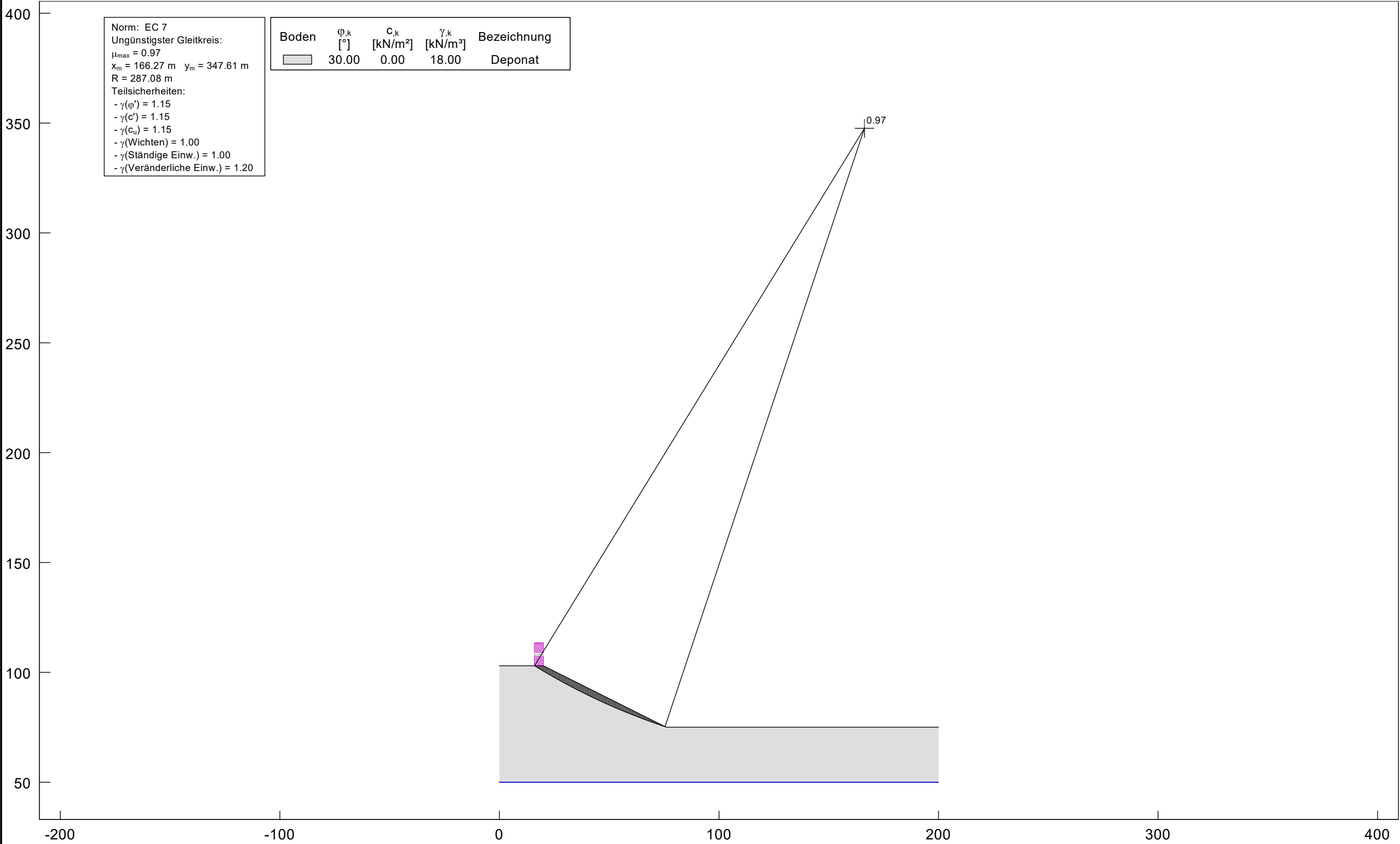
Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.447	98.184	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

Ungünstigster Gleitkörper 4

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]	[-]
4	0.907	346.312	381.902	381.902	0.000	346.312	0.000	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	20.447	98.184	2	22.376	96.594	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

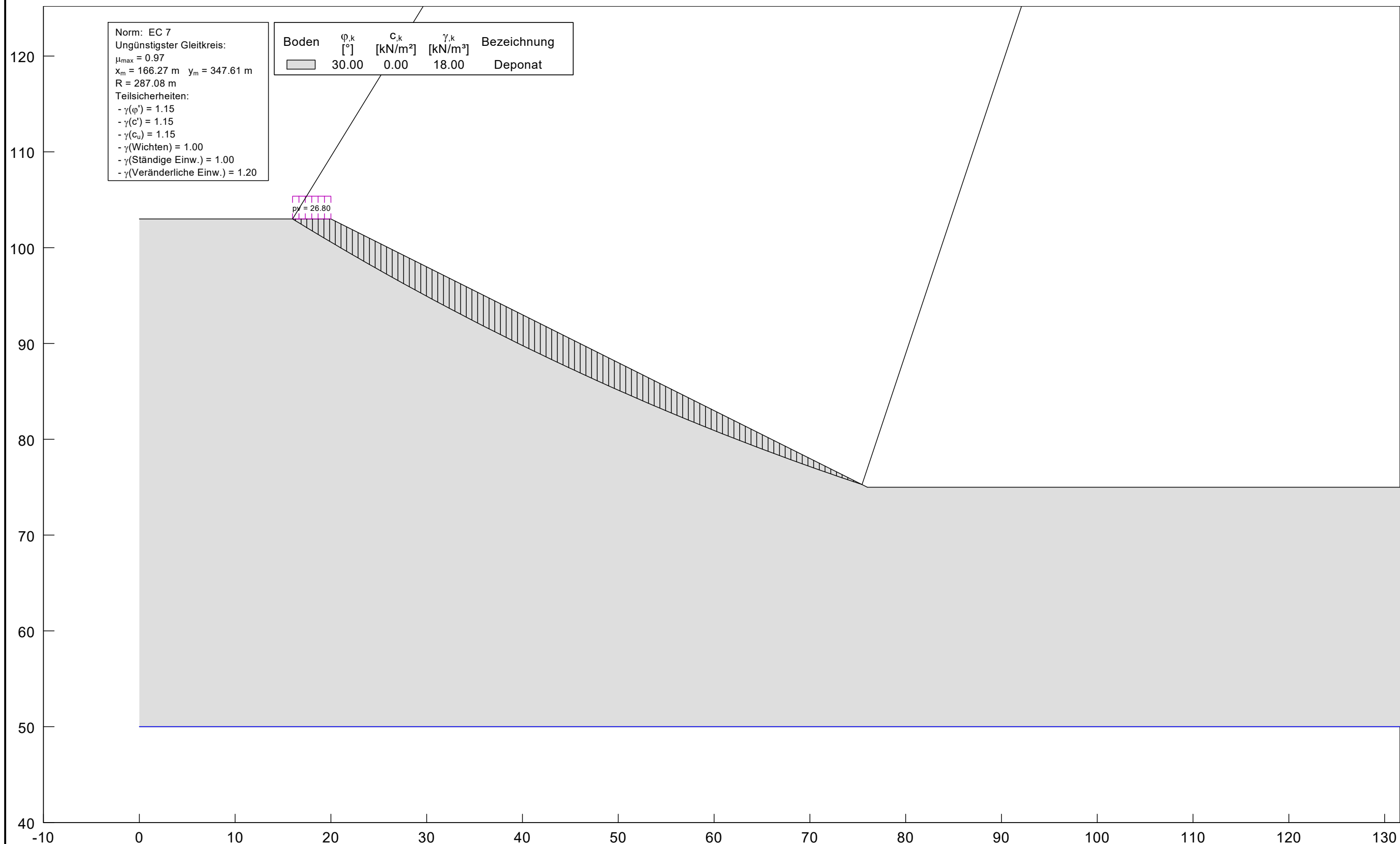


Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.97$
 $x_m = 166.27 \text{ m}$ $y_m = 347.61 \text{ m}$
 $R = 287.08 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.15$
- $\gamma(c') = 1.15$
- $\gamma(c_u) = 1.15$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.00	Deponat



Projekt: 1873	Deponie St. Augustin, BA 5 Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen
Anlage 11.1	Kippkante, Neigung 1 : 2 Bauzustand, Verkehrslast Baugerät nach BISHOP



Projekt: 1873	Deponie St. Augustin, BA 5 Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen
Anlage 11.2	Kippkante, Neigung 1 : 2 Bauzustand, Verkehrslast Baugerät nach BISHOP, alternative Darstellung

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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	103.000	2	20.000	103.000	3	76.000	75.000	4	200.000	75.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	30.00	0.00	18.00	Deponat

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	26.66	0.00	18.00	Deponat

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	50.000	200.000	50.000	1

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	200.000	50.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	26.80	26.80	16.00	20.00	103.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 16.0000 103.0000

x / y (Ende): 16.0000 103.0000
Anzahl Radian = 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]
385	166.2660	347.6134	287.0811	100	0.9650	326898.759	338737.949	338737.9	0.0	326898.8	0.0

Deponie St. Augustin Erweiterung Bauabschnitt 5

Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen

Ergänzender Bericht zur Bemessungssituation „Erdbeben“

**Projekt Nr.
1873**

Erstellt im Auftrag von:
ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH
Auf der Breit 11
76227 Karlsruhe

26.01.2023

IG Braunschweig GmbH

Berliner Straße 52 J
38104 Braunschweig
Telefon 0531 / 3540460-10
Telefax 0531 / 3540460-99

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Wolf-Dietrich Brunswig
Dipl.-Ing. Knut Wichmann

Bankverbindung
Commerzbank
IBAN DE19 2704 0080 0559 9949 00
BIC COBADEFFXXX

Amtsgericht Braunschweig
HRB 200803
St. Nr. 13/209/01759
USt.ID-Nr. DE25 4076 328

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	Veranlassung.....3
2	Verwendete Unterlagen.....3
3	Randbedingungen und Systemaufbau4
4	Annahme zur Berechnung.....4
5	Nachweis der Gesamtstandsicherheit.....4
5.1	Allgemeines.....4
5.2	Lastfälle.....5
5.3	Teilsicherheitsbeiwerte.....6
5.4	Nachweis des Abdichtungssystems6
6	Gleitsicherheit7
6.1	Allgemeines.....7
6.2	Lastfälle und Belastung7
6.3	Nachweis der Gleitsicherheit8
6.4	Verformungen12
7	Schlussbemerkung12

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Bestandsplan

Anlage 2: Verfüllung OK KDB

Anlage 3.1: Böschungsbruchnachweis, Erdbeben, LF 3, nach BISHOP

Anlage 3.2: Böschungsbruchnachweis, Erdbeben, LF 3, nach BISHOP, Ausdruckprotokoll

Anlage 3.3: Böschungsbruchnachweis, Erdbeben, LF 3, nach JANBU

Anlage 3.4: Böschungsbruchnachweis, Erdbeben, LF 3, nach JANBU, Ausdruckprotokoll

1 **Veranlassung**

Die ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP) plant im Auftrag der Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH (RSAG) die Erweiterung der Mineralstoffdeponie St. Augustin. Der Bestandsplan vor der Erweiterung ist dem Bericht als **Anlage 1** beigefügt. Die planmäßige Endkubatur der Erweiterung des BA 5 ist in **Anlage 2** dargestellt.

Die erforderlichen statischen Berechnungen für den Nachweis der Standsicherheit der Oberflächenabdichtung - sowohl die Standsicherheit des Gesamtsystems nach DIN 4084 [6], der Bauzustand im Ablagerungsbetrieb („Kippkante“) wie auch die Gleitsicherheit des Oberflächenabdichtungssystems nach GDA-Empfehlung 2-7 [1] betreffend – wurde mit Bericht vom 23.08.2022 von der ICP Braunschweig GmbH (ICP BS) vorgelegt.

Da die Deponie in der Erdbebenzone 1 gem. DIN EN 1998-1/NA [3] liegt, war ergänzend zusätzlich die Standsicherheit gegen Erdbeben nachzuweisen. Am 16.01.2023 wurde die IG Braunschweig GmbH (vormals ICP BS) mit der Erbringung des Nachweises gegen Erdbeben beauftragt. Die zusätzliche Berechnungen werden hiermit vorgelegt.

2 **Verwendete Unterlagen**

- [1] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) e.V.:
Empfehlungen der Fachsektion 6 - AK6.1 (Geotechnik für Deponiebauwerke) („GDA.Empfehlungen“), E2-7: Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen, August 2015
- [2] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung (DIN EN 1990/NA:2010-12 (D))
- [3] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau, vom Januar 2011 (DIN EN 1998-1/NA (D))
- [4] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte, vom Dezember 2012 (DIN EN 1998-5:2010-12)
- [5] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
DIN 1054 „Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“, vom April 2021 (DIN 1054:2021-04)
- [6] Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN:
DIN 4084: Baugrund - Geländebruchberechnungen, vom Januar 2009 (DIN 4084:2009-01)

- [7] ICP Braunschweig GmbH:
Deponie St. Augustin, Erweiterung Bauabschnitt 5, Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen, Erläuterungsbericht vom 23.08.2022

3 Randbedingungen und Systemaufbau

Das nachzuweisende System entspricht dem bisherigen System, das zum Nachweis der Stand- und Gleitsicherheit in den Bau- und Endzuständen benutzt wurde [7]. Bzgl. der Randbedingungen und Annahmen, die zur Modellierung dieses Systems verwendet wurden, wird auf den Erläuterungsbericht [7] verwiesen.

4 Annahme zur Berechnung

Die Erdbebenzonenkarte der DIN EN 1998-1/NA [3] gibt eine Wahrscheinlichkeit von 10 % innerhalb eines Zeitraums von 50 Jahren an, nach der das verzeichnete Bemessungserdbeben auftritt oder überschritten wird. Auf Grund dieses Zeitansatzes werden keine Bauzustände betrachtet, sondern lediglich der Endzustand der Oberflächenabdichtung.

Für den Endzustand der abgedichteten Deponie in der Bemessungssituation „Erdbeben“ (BS-E) wird ein Gleitsicherheitsnachweis gemäß GDA-Empfehlung 2-7 [1] und ein Nachweis der Standsicherheit des Gesamtsystems (Böschungsbruch nach BISHOP sowie Blockgleiten nach JANBU gem. DIN 4084 [6]) geführt.

Eine Lastkombination zwischen Erdbebeneinwirkung und Schnee bzw. Strömungskraft wird nicht berücksichtigt. Der Kombinationsbeiwert ψ_2 für die BS-E ist gem. DIN EN 1990/NA [2] für witterungsbedingte Einwirkungen (Wind, Schnee bis NHN + 1.000 m) zu $\psi_2 = 0$ anzunehmen, sodass keine Kombination stattfindet. Andere Lasten, wie z.B. Verkehrslasten, treten planmäßig nicht auf.

5 Nachweis der Gesamtstandsicherheit

5.1 Allgemeines

Die Berechnungen zum Nachweis der Gesamtstandsicherheit werden als Böschungsbruchberechnungen gem. DIN 4084: 2009-01 [6] unter Verwendung des Programms „Stability“ der GGU durchgeführt, welches die Berücksichtigung von Erdbebenbeiwerten möglich macht.

Für die Berechnung wurden verschiedene Zwangspunkte für die untersuchten Gleitkreise bzw. Gleitkörper vorgegeben (u.a. z.B. Böschungsfuß, Schichtgrenzen oder Lastangriffspunkte) um dem Baugrundaufbau und den Belastungssituationen gerecht zu werden.

Die sich durch Variation der Gleitkreise errechnenden Ausnutzungsgrade werden in Isolinien (Linien gleicher Ausnutzungsgrade) dargestellt. Der höchste ermittelte Ausnutzungsgrad in diesem Feld ist gekennzeichnet und samt zugehörigem Gleitkreis bzw. Gleitkörper dargestellt. Die Nachweisführung erfolgt im jeweiligen Ausdruckprotokoll.

Der Böschungsbruch ist als Nachweis der Gesamtstandsicherheit dem Grenzzustand GEO-3 zuzuordnen [5]. Es werden die Bodenkennwerte aus [7] angesetzt, die über den zugehörigen Gleitsicherheitsnachweis ermittelt wurden. Wie in [7] erläutert, werden die Geokunststoffe hier nicht berücksichtigt.

5.2 Lastfälle

Untersucht wird hier die Hauptböschung in der Bemessungssituation Erdbeben (BS-E gem. DIN 1054 [5]). Der betrachtete Lastfall wird ausgehend von dem bereits vorliegenden Bericht zu den Standsicherheitsberechnungen [7] fortlaufend nummeriert:

Lastfall 3 (LF 3): Bemessungssituation Erdbeben (Endzustand), BS-E

Die Standsicherheit wird im Gleitkreisverfahren nach BISHOP und im Blockgleitverfahren nach JANBU nachgewiesen [6].

Die Einwirkung aus dem Erdbeben wird über die horizontale und vertikale Beschleunigung k_h bzw. k_v berücksichtigt. Diese werden gem. DIN EN 1998-1/NA über den Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR} ermittelt, der in der Erdbebenzone 1 $a_{gR} = 0,4 \text{ m/s}^2$ beträgt [3].

In Abhängigkeit der Bedeutungskategorie des Bauwerks wird dieser mit einem Faktor γ_I (Bedeutungsbeiwert) beaufschlagt bzw. abgemindert. Gem. Tabelle NA.6, DIN EN 1998-1/NA [3] wird die Deponie als Bauwerk ohne Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit und mit nur geringem Personenverkehr der Bedeutungskategorie I zugeordnet. Der Bedeutungsbeiwert $\gamma_I = 0,8$, sodass folgt:

$$a_g = \gamma_I \times a_{gR} = 0,8 \times 0,4 = 0,32 \text{ m/s}^2$$

Gem. Tabelle NA.6, DIN EN 1998-1/NA [3] liegt die Deponie in der geologischen Untergrundklasse T. Da über den Baugrund keine genaueren Informationen vorliegen [7], wird auf der sicheren Seite liegend die Baugrundklasse C gem. DIN EN 1998-1/NA angesetzt. Somit ergibt sich für den Untergrundparameter S ein Wert von $S = 1,25$ für die Untergrundverhältnisse C-T [3].

Über diese Werte lässt sich der horizontale Erdbebenbeiwert k_h ermitteln:

$$k_h = (a_g / g) \times (S / r) = (0,32 \text{ m/s}^2 / 9,81 \text{ m/s}^2) \times (1,25 / 2) = 0,020$$

wobei für den Faktor r zur Berechnung des horizontalen Erdbebenbeiwerts gem. DIN EN 1998-5 $r = 2$ angenommen wird [4] und g die Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ist.

Der vertikale Erdbebenbeiwert k_v beträgt gem. DIN EN 1998-5 [4]:

$$k_v = \pm 0,33 \times k_h = \pm 0,33 \times 0,020 = \pm 0,0067$$

In der Standsicherheitsberechnung ist sowohl der positive als auch der negative vertikale Erdbebenbeiwert zu untersuchen, wobei der sich ergebende größte Auslastungsgrad maßgebend ist.

5.3 Teilsicherheitsbeiwerte

Gem. DIN 1054 [5] werden für die BS-E folgende Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt:

Bezeichnung		Symbol	Grenz-zustand	Lastfall 3
Einwirkungen E	Ständig	γ_G	GEO-3	1,00
	Ungünstig veränderlich	γ_Q	GEO-3	1,00
Widerstände R	Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \varphi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_\varphi, \gamma_{\varphi u}$	GEO-3	1,10
	Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	γ_c, γ_{cu}	GEO-3	1,10

Tabelle 1: Teilsicherheitsbeiwerte

5.4 Nachweis des Abdichtungssystems

Die Berechnungen ergeben für alle untersuchten Lastkombinationen hinreichende Auslastungsgrade ($\mu \leq 1,0$):

- LF 3:**
- Ergebnis nach BISHOP: Auslastungsgrad $\mu = 0,86$ (s. **Anlage 3.1** und **3.2**)
 - Ergebnis nach JANBU: Auslastungsgrad $\mu = 0,90$ (s. **Anlage 3.3** und **3.4**)

Der Versagensmechanismus nach JANBU wird wie in [7] maximal ungünstig, wenn die Gleitfuge am Übergang Deponat/Trag- und Ausgleichsschicht liegt (vgl. **Anlage 3.3**). Dies ist insofern erwartbar, da die angesetzten Bodenkennwerte für diese Gleitfuge über Parametervariation aus dem Gleitsicherheitsnachweis [7] ermittelt wurden. Die Gleitkreise nach BISHOP fallen aus diesem Grund verhältnismäßig flach aus.

Das Vorzeichen des vertikalen Erdbebenbeiwerts k_v hat keinen sich in den Ergebnissen signifikant zeigenden Einfluss.

6 Gleitsicherheit

6.1 Allgemeines

Neben dem Versagen des Gesamtsystems können durch den Schichtaufbau auch Teilsysteme nicht ausreichend standsicher sein, die - dem Schichtaufbau folgend - gemäß den Fugen des Oberflächenabdichtungssystems verlaufende Bruchkörper entstehen lassen. Dabei ist jede Fuge des Abdichtungssystems einzeln zu untersuchen und die maßgebliche Gleitfuge zu ermitteln.

Bei dem vorgesehenen Oberflächenabdichtungssystem sind folgende Scherfugen zu betrachten (von oben nach unten):

- F1: Rekultivierungsschicht / Trennvlies
- F2: Trennvlies / Entwässerungsschicht
- F3: Entwässerungsschicht / Schutzlage
- F4: Schutzlage / Kunststoffdichtungsbahn
- F5: Kunststoffdichtungsbahn / Bentonitmatte
- F6: Bentonitmatte / Trag- und Ausgleichsschicht
- F7: Trag- und Ausgleichsschicht / Deponat

Gem. des Gleitsicherheitsnachweises [7] ist die maßgebende Fuge im Endzustand die Fuge F7 zwischen Trag- und Ausgleichsschicht und Deponat.

Es wird im Folgenden der Nachweis der Gleitsicherheit des Abdichtungssystems nach GDA E 2-7 [1] erbracht, mit dem nachgewiesen wird, dass unter den getroffenen Annahmen ein schichtparalleles Abgleiten des Abdichtungssystems in der maßgebenden Gleitfuge F7 im Lastfall Erdbeben ausgeschlossen ist. Das Gleitsicherheitsnachweis wird im Grenzzustand GEO-3 erbracht [1]. Es gelten die Teilsicherheitsbeiwerte aus Kapitel 5.3.

6.2 Lastfälle und Belastung

Für die Böschung im abgedichteten Zustand wird nur der Lastfall Erdbeben im außergewöhnlichen Bemessungszustand BS-A gemäß GDA-E 2-7 [1] untersucht. Eine Lastkombination verschiedener Einwirkungen findet nicht statt (s. Kapitel 4).

Der Einfluss der Erdbebens wird gem. DIN EN 1998-5 [4] über die seismischen Trägheitskräfte F_H bzw. F_v berücksichtigt, die an der Bodenmasse in horizontaler bzw. vertikaler Richtung

angreifen. Der Ansatz der Beiwerte erfolgt im Schwerepunkt jeder Schicht. Dabei gilt im vorliegenden Fall:

$$F_V = 0,33 \times F_H$$

$$F_H = (a_g / g) \times S \times W = (0,32 \text{ m/s}^2 / 9,81 \text{ m/s}^2) \times 1,25 \times W = 0,041 \times W$$

Dabei entsprechen a_g , g und S den Parametern aus Kapitel 5.2. W ist das Gewicht der gleitenden Masse und muss im folgenden Nachweis ermittelt werden.

6.3 Nachweis der Gleitsicherheit

Der Gleitsicherheitsnachweis wird gem. GDA-E 2-7 [1] an einem Teilstück der Länge $l = 1,0 \text{ m}$ geführt. Seitlich angreifende Erddruck- oder Stützkkräfte werden in diesem Falle nicht berücksichtigt. Die Prinzipskizze des schichtparallelen Gleitens ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Bei den Berechnungen zur Gleitsicherheit wurden die in der nachstehenden **Tabelle 2** angegebenen charakteristischen Kennwerte der Böden verwendet (Schichtung von oben nach unten). Diese wurden in der Standsicherheitsberechnung [7] über Parametervariation ermittelt und sind Mindestwerte. Alle nachfolgend angegebenen Scherparameter - Materialkennwerte wie Fugenschersfestigkeiten - sind unsererseits getroffene Annahmen und müssen von den gewählten Baustoffen mindestens erreicht oder übertroffen werden [7]. In keiner Gleitfuge und für keinen Baustoff wurde eine Kohäsion bzw. Adhäsion angesetzt.

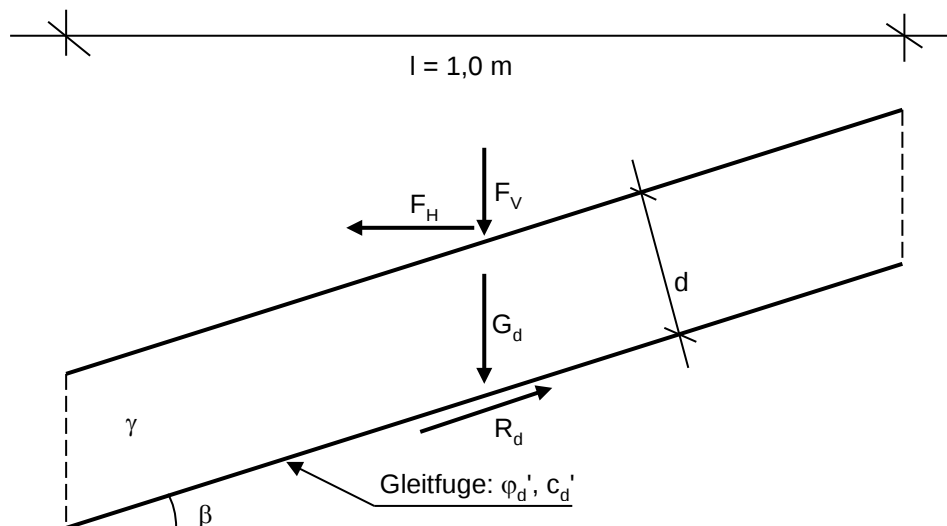


Abbildung 1: Prinzipskizze für schichtparalleles Gleiten

Schicht	Nr.	Feuchtwichte	Wichte unter Auftrieb	Innerer Reibungswinkel	Kohäsion
		γ_k kN/m ³	γ_k kN/m ³	φ'_k °	c'_k kN/m ²
Rekultivierungsschicht	1	19,0	10,5	27,5	0
Trennvlies	2	Geotextil, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Entwässerungsschicht	3	19,0	10,5	32,5	0
Schuttlage	4	Geotextil, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Kunststoffdichtungsbahn	5	KDB, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Bentonitmatte	6	Geotextil, daher nur Fugenscherfestigkeit relevant			
Trag- und Ausgleichsschicht	7	21,0	12,0	25,0	0
Deponat	8	20,0	10,0	23,2	0

Tabelle 2: Charakteristische Kennwerte des Bodenmaterials gem. [7]

Fuge Nr.	Fugen	Reibungswinkel bzw. Reibungswert	Kohäsion bzw. Adhäsion
		φ'_k bzw. δ'_k	c'_k bzw. a'_k
		°	kN/m ²
F 1	Rekultivierungsschicht / Trennvlies	27,50	0,00
F 2	Trennvlies / Entwässerungsschicht	32,50	0,00
F 3	Entwässerungsschicht / Schuttlage	32,50	0,00
F 4	Schuttlage / Kunststoffdichtungsbahn	30,00	0,00
F 5	Kunststoffdichtungsbahn / Bentonitmatte	30,00	0,00
F 6	Bentonitmatte / Trag- und Ausgleichsschicht	25,00	0,00
F 7	Trag- und Ausgleichsschicht / Deponat	23,20	0,00

Tabelle 3: Für den Gleitsicherheitsnachweis angesetzte Fugenscherfestigkeit gem. [7]

Gem. Nr. 4.1.3.3, Abs. 6, DIN EN 1998-5 [4] muss die Gleitfuge mit der potenziell geringsten Sicherheit nachgewiesen werden. Aus den Berechnungen [7] ist bekannt, dass die im Endzustand maßgebende Gleitfuge die Fuge F7 zwischen Trag- und Ausgleichsschicht und Deponat ist.

Es gilt:

$$E_d \leq R_d$$

Der Bemessungswert der Beanspruchungen E_d (tangential) ergibt sich aus der Summe der vorhandenen Anteilen des Bemessungswerts der Gewichtskraft G_d und der Bemessungswerte der seismischen Trägheitskräfte F_H bzw. F_V :

$$E_d = G_d \times \sin \beta + F_{H,d} \times \cos \beta \pm F_{V,d} \times \sin \beta$$

Dabei errechnet sich der Bemessungswert der Gewichtskraft für jede Schicht wie folgt:

$$G_d = (d / \cos \beta) \times \gamma_k \times \gamma_G$$

Da $\gamma_G = 1,0$ (s. **Tabelle 1**), gilt $G_d = G_k$.

Für die maßgebende Gleitfuge F7 müssen die Gewichtskräfte aller oberhalb dieser Fuge liegenden Gewichtskräfte aufsummiert werden, was im vorliegenden Fall allen Schichten des Oberflächenabdichtungssystems entspricht (Ableiten auf Deponat):

$$G_{d,ges} = \sum G_{d,i} \text{ mit } i = \text{Anzahl der Schichten}$$

Die Summe der oberhalb dieser Fuge liegenden Gewichtskräfte $G_{d,ges}$ entspricht dabei dem Gewicht der gleitenden Masse W (s. Kapitel 6.2):

$$G_{d,ges} = W$$

Für die Rekultivierungsschicht (Schicht Nr. 1 gem. **Tabelle 2**) ergibt sich demnach eine Gewichtskraft von:

$$G_{d,1} = G_{k,1} = (1,2 \text{ m} / \cos (18,43^\circ)) \times 19,0 \text{ kN/m}^3 \times 1,0 \text{ m Breite} \times 1,0 \text{ m Länge} \times 1,0 = 24,03 \text{ kN}$$

mit $\beta = 18,43^\circ$ gem. [7], bei einer Neigung von 1 : 3,0.

Für die übrigen Schichten (Entwässerung, T&A) erfolgt die Ermittlung analog:

$$G_{d,3} = 6,01 \text{ kN}$$

$$G_{d,7} = 6,64 \text{ kN}$$

Die nicht bezifferten Schichten sind Geotextilien und werden also solche masselos behandelt. Daraus folgt:

$$G_{d,ges} = W = 24,03 + 6,01 + 6,64 \approx 36,7 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert der Einwirkungen ergibt sich darüber entweder zu:

$$\begin{aligned} E_d &= 36,7 \text{ kN} \times \sin(18,43^\circ) + 0,041 \times 36,7 \text{ kN} \times \cos(18,43^\circ) + 0,014 \times 36,7 \text{ kN} \times \sin(18,43^\circ) \\ &= 13,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

(für positiven Ansatz der vertikalen seismischen Trägheitskraft)

Oder zu:

$$\begin{aligned} E_d &= 36,7 \text{ kN} \times \sin(18,43^\circ) + 0,041 \times 36,7 \text{ kN} \times \cos(18,43^\circ) - 0,014 \times 36,7 \text{ kN} \times \sin(18,43^\circ) \\ &= 12,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

(für negativen Ansatz der vertikalen seismischen Trägheitskraft)

Beide genannten Fälle müssen geringer sein als der entsprechende Bemessungswert des Widerstands bei positiver (+F_v) bzw. negativer (-F_v) vertikaler seismischer Trägheitskraft.

Der tangentielle Bemessungswert des Widerstands in der Gleitfuge F7 ergibt sich zu:

$$\begin{aligned} R_d &= (G_k \pm F_v) \times \cos \beta \times (\tan \varphi'_k) / \gamma_\varphi = (36,7 \text{ kN} \pm 0,5 \text{ kN}) \times \cos(18,43^\circ) \times (\tan(23,2^\circ) / 1,1) \\ &= 13,75 \text{ kN (+F}_v\text{)} \\ &= 13,38 \text{ kN (-F}_v\text{)} \end{aligned}$$

Die Kohäsion bzw. Adhäsion findet in der obenstehenden Gleichung keine Berücksichtigung, da keine kohäsiven bzw. adhäsiven Baustoffe verwendet werden ($c'_k = a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$).

Es gilt Auslastungsgrad $\mu \leq 1$:

$$\begin{aligned} \mu &= E_d / R_d = 13,19 \text{ kN} / 13,75 \text{ kN} = 0,960 < 1 \text{ (mit positivem Ansatz von F}_v\text{)} \\ &= 12,87 \text{ kN} / 13,38 \text{ kN} = 0,962 < 1 \text{ (mit negativem Ansatz von F}_v\text{)} \end{aligned}$$

Für beide obenstehenden Ansätze konnte die Standsicherheit nachgewiesen werden. Im ungünstigsten Fall entspricht der Auslastungsgrad $\mu = 0,962 \triangleq 96,2 \%$.

6.4 Verformungen

Gem. GDA-E 2-7 [1] müssen die Scherparameter in den Trennflächen über der vorgesehenen KDB so abgestimmt werden, dass die Schubkraft im Grenzzustand dort kleiner ist als in Gleitflächen innerhalb und unterhalb der KDB. Insbesondere sollte an der Unterseite einer Kunststoffdichtungsbahnen im Grenzzustand ein größerer Schubwiderstand als an deren Oberseite übertragbar sein [1].

Bei hohen Ausnutzungsgraden ($\mu > 0,85$) empfiehlt die GDA-E 2-7 [1] das Führen dieses Nachweises generell. Nachzuweisen ist, dass der Tangens des aus abgeminderten Versuchswerten ermittelten, charakteristischen Winkels der Gesamtscherfestigkeit unterhalb des Dichtungselements $\delta_{u,k}$ mindestens dem 1,1-fachen des Tangens des aus abgeminderten Versuchswerten ermittelten, charakteristischen Winkels der Gesamtscherfestigkeit oberhalb des Dichtungselements $\delta_{o,k}$ entspricht:

$$\tan \delta_{u,k} \geq 1,1 \times \tan \delta_{o,k}$$

Mit den in [7] ermittelten Mindestwerten der Scherfestigkeit ist dieser Nachweis nicht eingehalten. Ohne konkret gewählte Bauprodukte ist jedoch hierfür eine Nachweisführung nicht sinnvoll möglich. Der Nachweis der Spannungsfreiheit gem. GDA-E 2-7 [1] ist mit Wahl der Bauprodukte nachzuliefern.

7 Schlussbemerkung

Der vorliegende Nachweis der Standsicherheit für die Bemessungssituation Erdbeben erfolgte auf Grundlage des Berichts für die statischen Berechnungen für die ständige und die vorübergehende Bemessungssituation [7]. Sämtliche geometrischen und geotechnischen Randbedingungen bzw. Annahmen aus [7] wurden übernommen. Angepasst wurden lediglich die Teilsicherheitsbeiwerte entsprechend der Bemessungssituation und die Lastkombination.

Unter den hier gewählten Randbedingungen sind die in [7] über Parametervariation ermittelten Scherparameter auf für den LF 3 „Erdbeben“ ausreichend bemessen. Eine Anpassung der Mindestanforderungen an die Scherparameter ist aus Sicht der IG Braunschweig GmbH nicht erforderlich.

Sollte im Zuge der weiteren Bearbeitung bzw. Projektentwicklung festgestellt werden, dass im Rahmen der vorliegenden oder der zu Grunde liegenden Berechnung vom August 2022 [7] getroffene Annahmen (Geometrie des Abfallkörpers, Fahrzeuglasten, geotechnische Kennwerte, usw.) nicht der Realität entsprechen (werden), so sind die Nachweise ggf. anzupassen. In diesem Falle ist Rücksprache mit dem Verfasser zu halten.

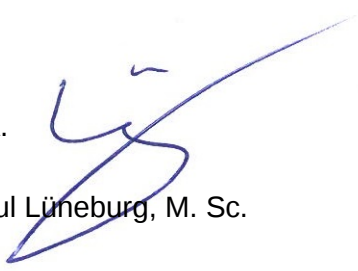
Braunschweig, den 26.01.2023

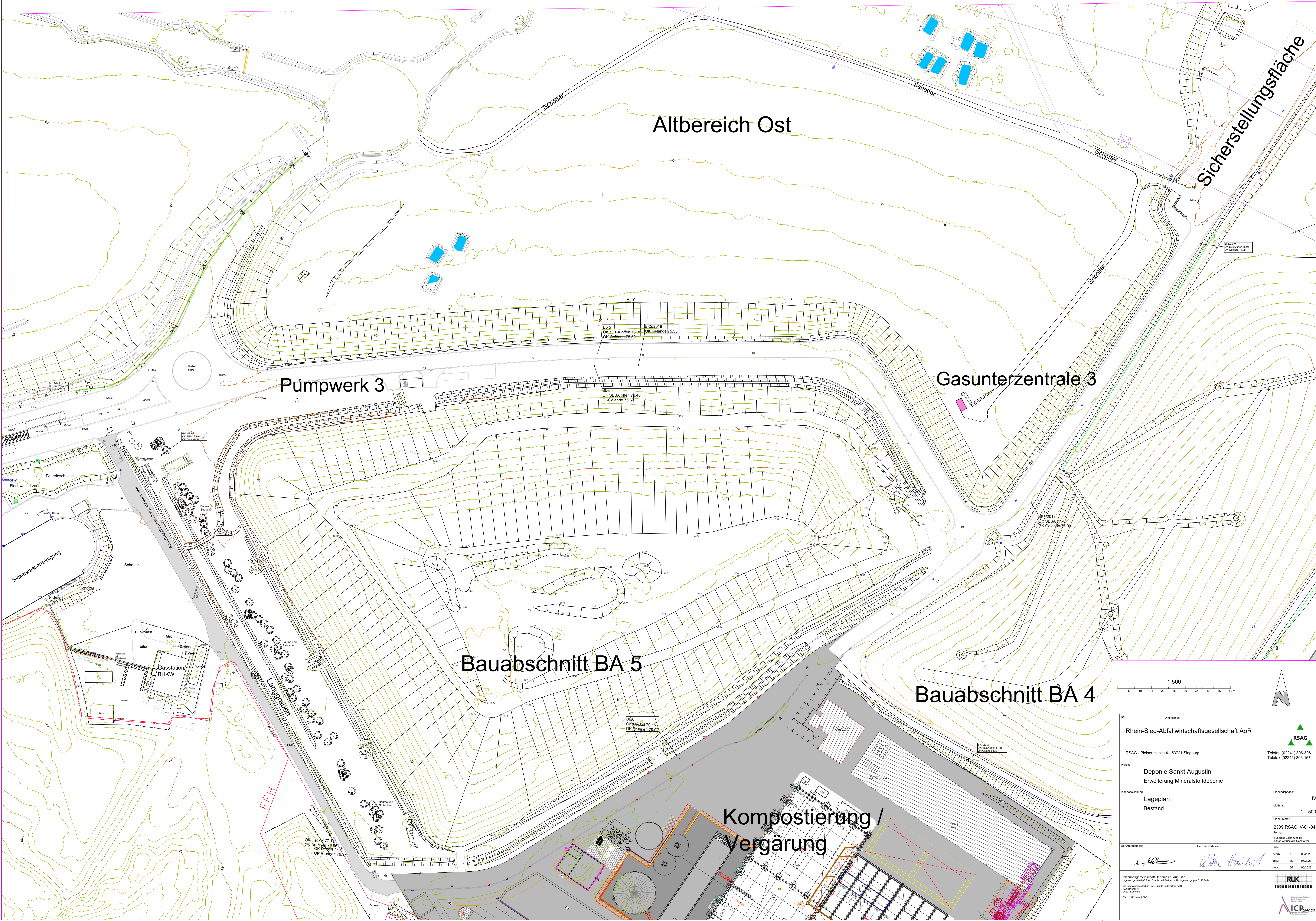
IG Braunschweig GmbH

ppa. 

Dr.-Ing. Ulrich Sehrbrock

i. A.


Paul Lüneburg, M. Sc.

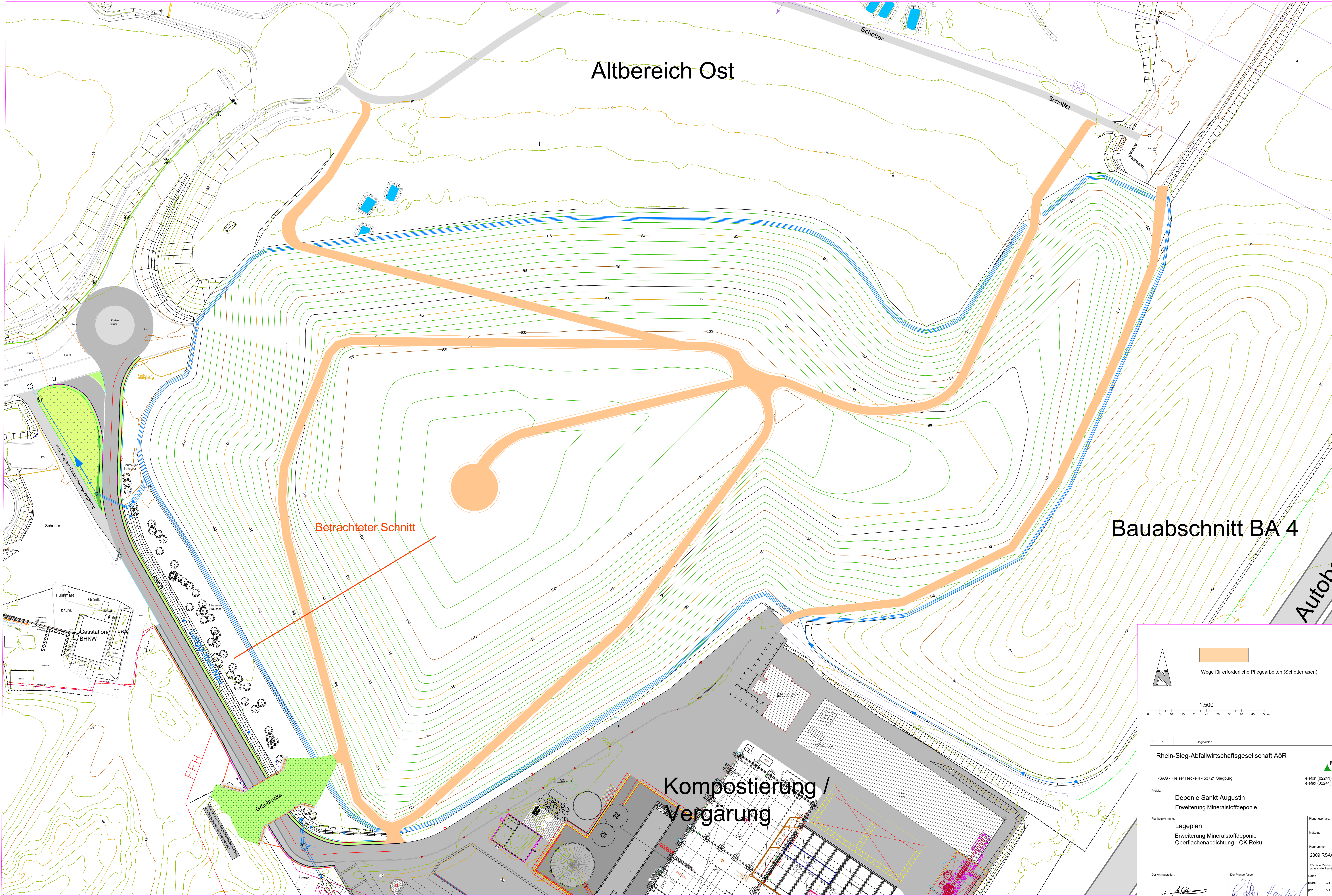


1:500

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 m

N

Nr.: 1		Originalplan	
Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft AöR			
RSAG - Pflaier Hecke 4 - 53721 Siegburg			
Telefon (02241) 306-306 Telefax (02241) 306-167			
Projekt: Deponie Sankt Augustin Erweiterung Mineralstoffdeponie			
Planbezeichnung: Lageplan Bestand		Planungsphase: IV Maßstab: 1 : 500 Plannummer: 2309 RSAG IV-01-04 Formel: Für diese Zeichnung be- halten wir uns alle Rechte vor.	
Der Auftraggeber: <i>[Signature]</i>		Der Planverfasser: <i>[Signature]</i>	
Planungsgemeinschaft Deponie St. Augustin Ingenieurgesellschaft Prof. Clausen und Partner mbH Auf der Heide 11 53227 Kallert Tel.: (0271) 944 71-0			
RLK Ingenieurgruppe ICB Ingenieurgruppe			



1:500

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 m

RSAG

RSAG - Fleiser Hecke 4 - 53721 Siegburg

Telefon (02241) 306-306
Telefax (02241) 306-167

Deponie Sankt Augustin
Erweiterung Mineralstoffdeponie

Planungsphase: IV

Maßstab: 1 : 500

Planummer: 2309 RSAG IV-01-07

Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor.

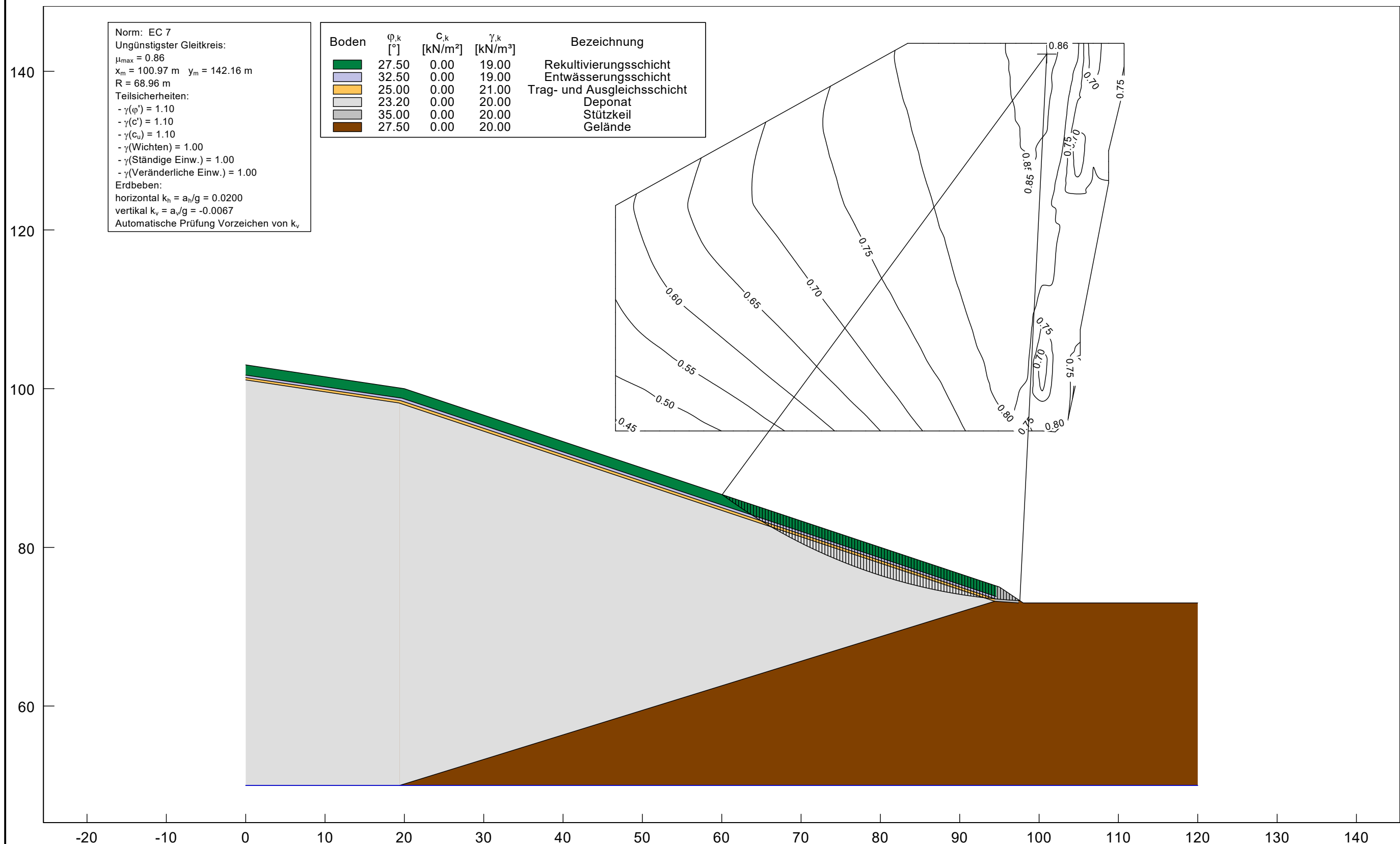
Der Auftraggeber:

Der Planverfasser:

Planungsgemeinschaft Deponie St. Augustin
Ingenieurgesellschaft Prof. Couda und Partner mbH
Auf der Baust. 11
50227 Köln-Kalk
Tel.: 0221 3 94 17 0

RLK
Ingenieurgruppe

ICP



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)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.10$
- $\gamma_m(c') = 1.10$
- $\gamma_m(c_u) = 1.10$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$

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	103.000	2	20.000	100.000	3	95.000	75.000	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.33	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	30.08	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.97	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	21.29	0.00	20.00	Deponat
5	32.48	0.00	20.00	Stützkeil
6	25.33	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Erdbeben

horizontal $k_h = a_h/g = 0.0200$

vertikal $k_v = a_v/g = -0.0067$

Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v

k_v (maßgebend) = -0.0067

(a_h = horizontale Erdbebenbeschleunigung in m/s^2)

(a_v = vertikale Erdbebenbeschleunigung in m/s^2)

(g = Erdschwerebeschleunigung = $9,81 m/s^2$)

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

γ Wasser [kN/m^3] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

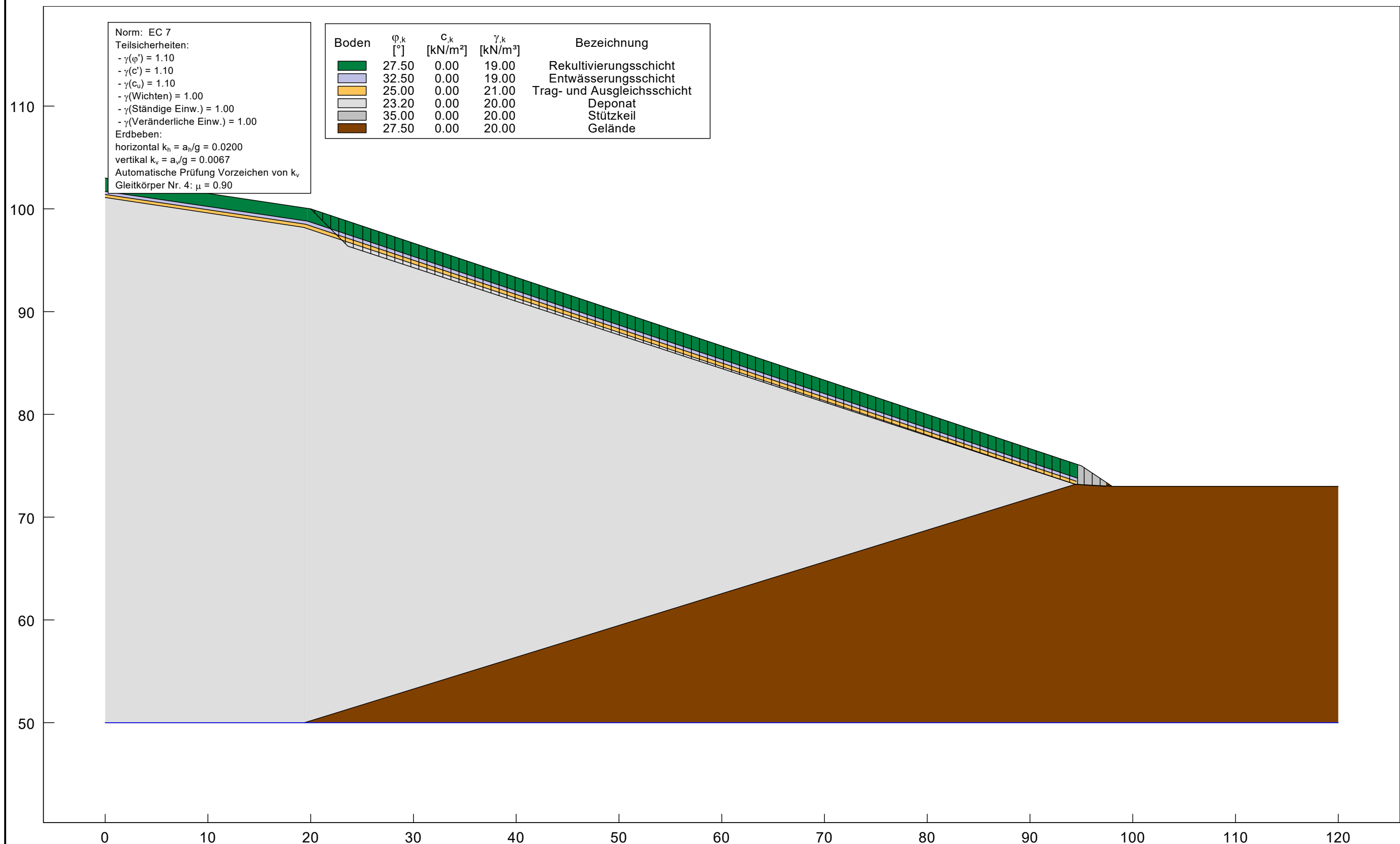
x / y (Anfang): 94.4000 73.2000

x / y (Ende): 94.4000 73.2000

Anzahl Radian = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]
737	100.9726	142.1636	68.9636	100	0.8600	41390.089	48125.867	48125.9	0.0	39079.4	2310.7



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) = 1.10
- gam(c') = 1.10
- gam(cu) = 1.10
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.00

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	103.000	2	20.000	100.000	3	95.000	75.000	4	98.000	73.000	5	120.000	73.000

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	27.50	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	32.50	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	25.00	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	23.20	0.00	20.00	Deponat
5	35.00	0.00	20.00	Stützkeil
6	27.50	0.00	20.00	Gelände

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.33	0.00	19.00	Rekultivierungsschicht
2	30.08	0.00	19.00	Entwässerungsschicht
3	22.97	0.00	21.00	Trag- und Ausgleichsschicht
4	21.29	0.00	20.00	Deponat
5	32.48	0.00	20.00	Stützkeil
6	25.33	0.00	20.00	Gelände

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	101.700	19.700	98.800	1
2	19.700	98.800	94.600	73.800	1
3	0.000	101.400	19.500	98.500	2
4	19.500	98.500	94.500	73.500	2
5	0.000	101.100	19.300	98.200	3
6	19.300	98.200	94.400	73.200	3
7	94.400	73.200	97.400	73.000	5
8	0.000	50.000	19.400	50.000	4
9	19.400	50.000	94.400	73.200	4
10	19.400	50.000	120.000	50.000	6

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	0.000	50.000	2	120.000	50.000

Erdbeben

horizontal $k_h = a_h/g = 0.0200$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0067$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
 k_v (maßgebend) = 0.0067
(a_h = horizontale Erdbebenbeschleunigung in m/s^2)
(a_v = vertikale Erdbebenbeschleunigung in m/s^2)
(g = Erdschwerebeschleunigung = $9,81 m/s^2$)

Wasserstand vor der Böschung links [m] = -10.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = -10.00

γ Wasser [kN/m^3] = 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]	[-]
4	0.898	1140.579	1270.447	1270.447	0.000	1076.537	64.042	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]	Nr.	x [m]	y [m]
1	20.000	100.000	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000

Ungünstigster Gleitkörper 4

Nr	μ	Zähler	Nenner	H(Ti)	H(R)	H(Gi)	H(S)	Lamellen
[-]	[-]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[$kN*m/m$]	[-]
4	0.898	1140.579	1270.447	1270.447	0.000	1076.537	64.042	100

Koordinaten (Gleitkörper 4)

Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]	Nr	x[m]	y[m]
1	20.000	100.000	2	23.616	96.368	3	94.400	73.200	4	98.000	73.000