

Deponie DK0 am Standort Reinstedt

- Berechnungen der Standsicherheit -

Projekt Nr. 090.001.01

beauftragt durch:

REG Reinstedter Entsorgungsgesellschaft mbH
Froser Straße 7
06463 Falkenstein Harz/OT Reinstedt

erarbeitet durch:

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH
Breite Straße 30
39576 Stendal

Stendal, Juni 2021



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Erdstatische Berechnungen | 3 |
| 1.1 | Geologie des Untergrundes | 3 |
| 1.2 | Bodenmechanische Kennwerte | 3 |
| 1.2.1 | Untergrund | 3 |
| 1.2.2 | Deponiekörper | 3 |
| 1.3 | Basisabdichtung | 4 |
| 1.3.1 | Lastannahmen..... | 5 |
| 1.3.2 | Gleitsicherheitsnachweis Basisabdichtung | 5 |
| 1.3.3 | Nachgewiesene Bemessungswerte | 7 |
| 1.4 | Oberflächenabdichtung | 7 |
| 1.4.1 | Lastannahmen..... | 8 |
| 1.4.2 | Gleitsicherheitsnachweis | 8 |
| 1.4.3 | Nachgewiesene Bemessungswerte | 9 |
| 2 | Standsicherheitsberechnung | 10 |
| 3 | Verwendete Unterlagen | 12 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1—1: Bodenmechanische Parameter der Aufstandsfläche, nach /2/ | 3 |
| Tabelle 1—2: Bodenmechanische Parameter des Deponiegutes, nach /2/ | 4 |
| Tabelle 1—3: Bodenmechanische Kennwerte des Bodenmaterials der Basisabdichtung, nach /2/ | 4 |
| Tabelle 1—4: Scherparameter in den Fugen der Basisabdichtung..... | 5 |
| Tabelle 1—5: Nachgewiesene Bemessungswerte | 7 |
| Tabelle 1—6: Bodenmechanische Kennwerte des Bodenmaterials der Oberflächenabdichtung, nach /2/ | 8 |
| Tabelle 1—7: Scherparameter in den Fugen der Oberflächenabdichtung..... | 8 |
| Tabelle 1—8: Nachgewiesene Bemessungswerte | 10 |

1 Erdstatische Berechnungen

1.1 Geologie des Untergrundes

Eine ausführliche Beschreibung des Standortes ist im Bericht /1/ enthalten. Im Folgenden wird auf die für die geostatischen Berechnungen relevanten Sachverhalte Bezug genommen.

Die Deponiefläche liegt auf dem weitgehend ebenen Plateau, das Höhen zwischen 140 mHN bis 143 mHN aufweist und befindet sich in einem Bereich der bisher zur Verfüllung und Rekultivierung der ausgeförderte Bereiche des Tagebaus benutzt wurde.

Im südöstlichen Teil der Hauptterrasse liegt die nachgewiesene Basis der Kiessande bei ca. 129,7 mHN und fällt nach Norden und Nordwesten ab, wobei die Mächtigkeiten der Kiessande mit abfallender Basishöhe zunehmen. Über den Kiessanden lagert im Bereich der Hochfläche weichselkaltzeitlicher Löss mit Mächtigkeiten von 0,5 m bis 1,6 m.

Unter den saalekaltzeitlichen Kiessanden (Rohstoffkörper) lagert eine Wechselfolge elsterkaltzeitlicher sandiger Tone und Schluffe und mehrheitlich schluffiger Sande in unterschiedlichen Mächtigkeiten. Das Liegende der pleistozänen Ablagerungen bildet die Zersatzzone des Keupers. Die Höhe des Grundwasserleiters wird in der Berechnung mit 130 mHN berücksichtigt.

1.2 Bodenmechanische Kennwerte

1.2.1 Untergrund

Die nachfolgende Tabelle enthält die Zusammenstellung der für die geostatischen Berechnungen angesetzten bodenmechanischen Parameter des Untergrundes.

Tabelle 1—1: Bodenmechanische Parameter der Aufstandsfläche, nach /2/

| Bodenart | Bodengruppe nach DIN 18 196 | Lagerungsdichte Konsistenz | Scherparameter | | Wichte | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--|---|---|
| | | | Reibungswinkel cal ϕ' [°] | Kohäsion cal c' [kN/m ²] | erdfeucht cal γ [kN/m ³] | unter Auftrieb cal γ' [kN/m ³] |
| leicht plastische Tone | TL | steif | 22,5 | 5,0 | 20,0 | 10,0 |

1.2.2 Deponiekörper

Der Deponiekörper besteht aus inerten Abfälle, überwiegend Bauschutt und Boden u. a.

Die Dichte des Abfallkörpers ist in der Anfangsphase vor allem abhängig vom Einbauverfahren abhängig. Im Zuge der Verfüllung nimmt die Dichte infolge von Auflast zu. Da genaue Daten hinsichtlich der Zusammensetzung und somit der genauen bodenmechanischen Eigenschaften für das Deponat nicht vorliegen, werden diese für die Berechnung auf der Grundlage der DIN 1055 /2/ abgeschätzt. Bei der Berechnung wird als zusätzliche Sicherheit nur eine lockere Lagerung des Deponiegutes angenommen.

Tabelle 1—2: Bodenmechanische Parameter des Deponiegutes, nach /2/

| Bodenart | Bodengruppe nach DIN 18 196 | Lagerungsdichte Konsistenz | Scherparameter | | Wichte | |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--|---|---|
| | | | Reibungswinkel cal ϕ' [°] | Kohäsion cal c' [kN/m ²] | erdfeucht cal γ [kN/m ³] | unter Auftrieb cal γ' [kN/m ³] |
| Sand, schluffiger Sand, | SE - SU | locker | 30,0 | - | 17,0 | 9,0 |
| | | mitteldicht | 32,5 | - | 18,0 | 10,0 |
| | | dicht | 35,0 | - | 19,0 | 11,0 |

1.3 Basisabdichtung

Im Rahmen der geostatischen Sicherheitsnachweise wird die Basisabdichtung untersucht. Diese besitzt von unten nach oben folgenden Schichtenaufbau:

- 100 cm geologische Barriere
- geotextile Schutzlage
- 30 cm Entwässerungsschicht

Tabelle 1—3: Bodenmechanische Kennwerte des Bodenmaterials der Basisabdichtung, nach /2/

| Bodenschicht | Bodengruppe nach DIN 18 196 | Reibungswinkel cal ϕ' [°] | Kohäsion cal c' [kN/m ²] | Wichte cal γ [kN/m ³] |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Entwässerungsschicht | GE | 32,5 | - | 17,0 |
| geologische Barriere | SU | 32,5 | - | 20,0 |

Die für die Berechnung verwendeten bodenmechanischen Parameter sind in der Tabelle 1—4 zusammengestellt.

Die Zusammenstellung erfolgte auf Grundlage der Bodenkenngrößen nach DIN 1055 /2/. Für die Scherparameter in den Fugen aufeinander treffender Bodenschichten sind nach DIN 1055 generell die niedrigeren Werte aus dem Vergleich der beiden Schichten für die Berechnung anzusetzen. Nach /6/ und /7/ ergeben sich die Scherparameter in den Fugen zwischen polymeren und Boden zwischen 60 % und 100 % der Scherfestigkeit des Bodens. Es erfolgte eine Abminderung der Scherparameter für die mineralischen Komponenten um 20 % für die nichtbindigen und um 30 % für die bindigen Bodenschichten. Die Scherparameter in den Fugen errechnen sich wie folgt:

$$\text{cal } \delta' = \arctan(N * \tan \text{cal } \phi')$$

$$\text{cal } a' = N * \text{cal } c'$$

- cal δ' Rechenwert für den Reibungswinkel Boden – polymere Bauteile
cal ϕ' Rechenwert für den Reibungswinkel Boden
cal a' Rechenwert für die Adhäsion Boden - polymere Bauteile
cal c' Rechenwert für die Kohäsion Boden
N Abminderungsfaktor (0,8 für nichtbindige und 0,7 für bindige Böden)

Tabelle 1—4: Scherparameter in den Fugen der Basisabdichtung

| Fuge | Reibungswinkel cal δ' [°] | Adhäsion cal a' [kN/m ²] |
|--|--|--|
| <i>Basisabdichtung</i> | | |
| Deponat/ Trenngeotextil | 24,8 | - |
| Trenngeotextil/ Entwässerungsschicht | 27,0 | |
| Entwässerungsschicht/ geotextile Schutzlage | 27,0 | - |
| geotextile Schutzlage/ geologische Barriere | 24,0 | - |

Die bodenmechanischen Parameter des zum Einsatz kommenden Bodenmaterials sind durch entsprechende Versuche vor Einbaubeginn nachzuweisen, wobei die in die Berechnung eingehenden Mess- und Rechenwerte entsprechend EAU /8/ abgemindert werden müssen.

1.3.1 Lastannahmen

Für den Standsicherheitsnachweis im Bauzustand wird von einer Belastung durch Baufahrzeuge ausgegangen. Diese Last wird in der Standsicherheitsberechnung durch den Ansatz einer Flächenverkehrslast von 16,7 kN/m² (SLW 30/30) berücksichtigt.

Verkehrslasten, die Stöße oder Schwingungen verursachen, sind nach /9/ mit dem Schwingbeiwert φ zu vervielfachen. Dieser ergibt sich für überschüttete Bauwerke aus folgender Gleichung:

$$\varphi = 1,4 - 0,1 * h_{\bar{u}}$$

$h_{\bar{u}}$ Überschüttungshöhe in Abhängigkeit des Böschungswinkels β
= Schichtdicke/cos β

Für die jeweilige Fuge der Basisabdichtung wurden folgende Schwingbeiwerte für den Bauzustand (mit Einbau von Deponat zur Gewährleistung der Frostsicherheit ca. 0,80 m mächtig) ermittelt:

- Deponat - Trenngeotextil 1,32
- Trenngeotextil - Entwässerungsschicht 1,32
- Entwässerungsschicht - Geotextil 1,29
- Geotextil - geologische Barriere 1,29

1.3.2 Gleitsicherheitsnachweis Basisabdichtung

Grenzzustand 1C : Versagen des Baugrundes

Der Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten für den GZ 1C berechnet sich wie folgt:

$$E_d \leq R_d$$

R_d = Bemessungswert Widerstände

E_d = Bemessungswert der Einwirkungen

Berechnung von R_d :

Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) sind die charakteristischen Werte der Scherfestigkeit mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Widerstände in Bemessungswerte der Scherfestigkeit umzurechnen:

$$\tan \varphi'_d = \tan \varphi'_k / \gamma_\varphi \quad c'_d = c'_k / \gamma_c$$

$$\text{BS-P : } \gamma_\varphi = 1,25 \quad \gamma_c = 1,25$$

$$\text{BS-T : } \gamma_\varphi = 1,15 \quad \gamma_c = 1,15$$

Alle aufnehmbaren Kräfte die aus den jeweiligen Schichten resultieren werden in der Berechnung wie folgt berücksichtigt:

$$\gamma * h * \cos \beta * \tan \phi / \gamma_\varphi + c / \gamma_c$$

Für den Nachweis der Sicherheit während des Bauzustandes wird die Flächenlast, P, der Baumaschinen berücksichtigt. Dabei wird die Baugerätelast, P, mittels des Schwingbeiwertes ϕ erhöht.

$$(\gamma * h + P * \phi) * \cos \beta * \tan \phi / \gamma_\varphi + c / \gamma_c$$

Berechnung von E_d :

Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) sind die charakteristischen Werte der Einwirkungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen in Bemessungswerte der Einwirkungen umzurechnen:

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \quad \gamma_F \text{ (Teilsicherheitsbeiwert allgemein)}$$

BS-P : $\gamma_G = 1,00$ (ständige Einwirkungen)

$\gamma_Q = 1,30$ (ungünstige, veränderliche Einwirkungen)

BS-T : $\gamma_G = 1,00$ (ständige Einwirkungen)

$\gamma_Q = 1,20$ (ungünstige, veränderliche Einwirkungen)

Alle angreifenden Kräfte wie die abwärtsgerichteten Gewichtskräfte und die Strömungskräfte F_s werden wie folgt berechnet:

$$(\gamma * h * \gamma_G * \sin \beta) + F_s * \gamma_Q$$

Für den Nachweis während des Bauzustandes die Baugerätelast P berücksichtigt. Diese wird um 20 % erhöht, um so die dynamische Bremskraft einzubeziehen:

$$((\gamma * h * \gamma_G) + (P * \phi * 1,2 * \gamma_Q)) * \sin \beta + F_s * \gamma_Q$$

Die Strömungskraft des Wassers ist abhängig von der Wasseranstauhöhe in der Dränageschicht. Diese errechnet sich nach LESAFFRE // aus folgender Beziehung

$$d_w = \frac{L}{\sqrt{\frac{4 * k_2}{k_1} + \left(\frac{k_2}{k_1} - 1\right)^2 * (\tan \beta)^2}}$$

d_w Wasseranstauhöhe in der Dränageschicht

- L maximale Böschungslänge
 k_1 Dränspende auf der Entwässerungsschicht
 k_2 Wasserdurchlässigkeit der Entwässerungsschicht
 β Böschungswinkel

Die bezogene Mächtigkeit des Wasseranstaus h_w ergibt sich aus dem Quotienten d_w / \cos des Böschungswinkels. Die maximale Anstromlänge beträgt 31,0 m.

$$d_w = \frac{31,0 \text{ m}}{\sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}}{1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}} + \left(\frac{10^{-3} \text{ m/s}}{1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}} - 1\right)^2} \cdot (\tan 2,0^\circ)^2} \approx 0,08746 \text{ m}$$

$$h_w = \frac{0,08746 \text{ m}}{\cos(2,0^\circ)} \approx 0,08751 \text{ m}$$

Die aus der berechneten Anstauhöhe, dem Böschungswinkel und der Dichte des Wassers resultierende Strömungskraft errechnet sich aus folgender Gleichung .

$$F_s = h_w \cdot \gamma_w \cdot \sin \beta$$

$$F_s = 0,08751 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \sin(2,0^\circ) = 0,031 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.3.3 Nachgewiesene Bemessungswerte

Die nachgewiesenen Bemessungswerte für BS-P und BS-T sind in Tabelle 1—5 zusammengefasst.

Tabelle 1—5: Nachgewiesene Bemessungswerte

| Fuge | Bemessungswert im Endzustand GEO 3, BS-P | | Bemessungswert im Bauzustand GEO 3, BS-T | |
|--|---|-------|---|-------|
| | E_d | R_d | E_d | R_d |
| Basisabdichtung | | | | |
| | E_d | R_d | E_d | R_d |
| Deponat/ Trenngeotextil | 0,47 | 5,46 | 1,61 | 14,31 |
| Trenngeotextil/ Entwässerungsschicht | 0,48 | 6,03 | 1,62 | 15,79 |
| Entwässerungsschicht/ geotextile Schutzlage | 0,65 | 8,26 | 1,77 | 17,79 |
| geotextile Schutzlage/ geologische Barriere | 0,65 | 7,22 | 1,77 | 15,56 |

Für alle Fugen der Basisabdichtung konnte der erforderliche Nachweis $E_d \leq R_d$ erbracht werden. Wird von den in der Berechnung zu Grunde gelegten Ansätzen abgewichen, ist ggf. eine neue Berechnung erforderlich.

1.4 Oberflächenabdichtung

Im Rahmen der geostatischen Sicherheitsnachweise wird die Oberflächenabdeckung im Böschungsbereich untersucht. Diese besitzt von unten nach oben folgenden Schichtenaufbau:

- 100 cm Rekultivierungsschicht

Tabelle 1—6: Bodenmechanische Kennwerte des Bodenmaterials der Oberflächenabdichtung, nach /2/

| Bodenschicht | Bodengruppe nach DIN 18 196 | Reibungswinkel cal φ' [°] | Kohäsion cal c' [kN/m ²] | Wichte cal γ [kN/m ³] |
|------------------------|-----------------------------|---|--|--|
| Rekultivierungsschicht | SU | 32,5 | - | 19,0 |
| Deponiekörper | | 30,0 | - | 17,0 |

Die für die Berechnung verwendeten bodenmechanischen Parameter sind in der Tabelle 1—7 zusammengestellt.

Die Zusammenstellung erfolgte auf Grundlage der Bodenkenngößen nach /2/. Für die Scherparameter in den Fugen aufeinander treffender Bodenschichten sind nach DIN 1055 generell die niedrigeren Werte aus dem Vergleich der beiden Schichten für die Berechnung anzusetzen.

Tabelle 1—7: Scherparameter in den Fugen der Oberflächenabdichtung

| Fuge | Reibungswinkel cal δ' [°] | Adhäsion cal a' [kN/m ²] |
|----------------------------------|--|--|
| <i>Oberflächenabdichtung</i> | | |
| Rekultivierungsschicht / Deponat | 30,0 | |

1.4.1 Lastannahmen

Für den Standsicherheitsnachweis im Bauzustand wird von einer Belastung der Böschungsf lächen durch Baufahrzeuge ausgegangen. Diese Last wird in der Standsicherheitsberechnung durch den Ansatz einer Flächenverkehrslast von 16,7 kN/m² (SLW 30/30) berücksichtigt.

Verkehrslasten, die Stöße oder Schwingungen verursachen, sind nach /9/ mit dem Schwingbeiwert φ zu vervielfachen. Dieser ergibt sich für überschüttete Bauwerke aus folgender Gleichung:

$$\varphi = 1,4 - 0,1 * h_{\ddot{u}}$$

$h_{\ddot{u}}$ Überschüttungshöhe in Abhängigkeit des Böschungswinkels β
= Schichtdicke/cos β

Für die Fuge der Oberflächenabdichtung wurden folgender Schwingbeiwert ermittelt:

- Rekultivierungsschicht – Deponat 1,29

1.4.2 Gleitsicherheitsnachweis

Grenzzustand 1C : Versagen des Baugrundes

Der Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten für den GZ 1C berechnet sich wie folgt:

$$E_d \leq R_d$$

R_d = Bemessungswert Widerstände

E_d = Bemessungswert der Einwirkungen

Berechnung von R_d :

Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) sind die charakteristischen Werte der Scherfestigkeit mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Widerstände in Bemessungswerte der Scherfestigkeit umzurechnen:

$$\tan \varphi'_d = \tan \varphi'_k / \gamma_\varphi \quad c'_d = c'_k / \gamma_c$$

$$\text{BS-P: } \gamma_\varphi = 1,25 \quad \gamma_c = 1,25$$

$$\text{BS-T: } \gamma_\varphi = 1,15 \quad \gamma_c = 1,15$$

Alle aufnehmbaren Kräfte die aus den jeweiligen Schichten resultieren werden in der Berechnung wie folgt berücksichtigt:

$$\gamma * h * \cos \beta * \tan \phi / \gamma_\varphi + c / \gamma_c$$

Für den Nachweis der Sicherheit während des Bauzustandes wird die Flächenlast, P, der Baumaschinen berücksichtigt. Dabei wird die Baugerätelast, P, mittels des Schwingbeiwertes ϕ erhöht.

$$(\gamma * h + P * \phi) * \cos \beta * \tan \phi / \gamma_\varphi + c / \gamma_c$$

Berechnung von E_d :

Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) sind die charakteristischen Werte der Einwirkungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen in Bemessungswerte der Einwirkungen umzurechnen:

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \quad \gamma_F \text{ (Teilsicherheitsbeiwert allgemein)}$$

$$\text{BS-P: } \gamma_G = 1,00 \text{ (ständige Einwirkungen)}$$

$$\gamma_Q = 1,30 \text{ (ungünstige, veränderliche Einwirkungen)}$$

$$\text{BS-T } \gamma_G = 1,00 \text{ (ständige Einwirkungen)}$$

$$\gamma_Q = 1,20 \text{ (ungünstige, veränderliche Einwirkungen)}$$

Alle angreifenden Kräfte wie die abwärtsgerichteten Gewichtskräfte werden wie folgt berechnet:

$$(\gamma * h * \gamma_G * \sin \beta)$$

Für den Nachweis während des Bauzustandes die Baugerätelast P berücksichtigt. Diese wird um 20 % erhöht, um so die dynamische Bremskraft einzubeziehen:

$$((\gamma * h * \gamma_G) + (P * \phi * 1,2 * \gamma_Q)) * \sin \beta$$

Der Nachweis der Gleitsicherheit erfolgt im vorliegenden Fall für die steilste Böschung (Böschungswinkel $\beta = 18,43^\circ$) bei einer Böschungslänge von 68 m.

1.4.3 Nachgewiesene Bemessungswerte

Die nachgewiesenen Bemessungswerte für BS-P und BS-T sind in Tabelle 1—8 zusammengefasst.

Tabelle 1—8: Nachgewiesene Bemessungswerte

| Fuge | Bemessungswert im Endzu- stand GEO 3, BS-P | | Bemessungswert im Bauzu- stand GEO 3, BS-T | |
|----------------------------------|--|-------|--|-------|
| | E_d | R_d | E_d | R_d |
| Oberflächenabdichtung | | | | |
| Rekultivierungsschicht / Deponat | 6,01 | 8,33 | 10,93 | 14,20 |

Für alle Fugen konnte somit der erforderliche Nachweis $E_d \leq R_d$ erbracht werden.

Wird von den in der Berechnung zu Grunde gelegten Ansätzen abgewichen, ist ggf. eine neue Berechnung erforderlich.

2 Standsicherheit angrenzender Grundstücke

Als Nachweis wurde die Böschungsberechnung nach Eurocode 7 mit Kreisgleitflächen angesetzt.

Am Ende des Nachweises wird der maximale vorhandene Ausnutzungsgrad μ_{\max} dem zulässigen Ausnutzungsgrad μ von 1,0 gegenübergestellt. Als Varianten wurden Böschungen an der Grundstücksgrenze zur Deponie mit Neigungen von 1:2,0 und 1:3,0 angenommen und ohne, sowie mit einer zusätzlichen Berme in der Böschung von 10m Breite berechnet. Die Verkehrsauflast (pv als veränderliche Einwirkung) ist mit einer zusätzlichen Sicherheit berücksichtigt.

Alle berechneten Varianten sind demnach standsicher, weisen aber unterschiedliche Ausnutzungsgrade auf. Die Variante 1:3,0 mit einer zusätzlichen Berme bietet demnach den geringsten Ausnutzungsgrad $\mu_{\max} = 0,56$. Die Variante 1:2,0 ohne zusätzlichen 10m Streifen weist den höchsten Ausnutzungsgrad $\mu_{\max} = 0,81$ auf. Siehe Anhang 3.

3 Standsicherheitsberechnung

Die Standsicherheit des Deponiekörpers gegen Böschungs- und Grundbruch wurde im maßgeblichen Schnitt untersucht (siehe Anhang 1). Die Lage des Schnittes wurde so gewählt, dass sowohl typische Eigenschaften der Böschungsgeometrie als auch ungünstigste Kubatureigenschaften (z. B. größte Böschungsneigung und längste Böschung) erfasst wurden.

Berücksichtigt wurden in der Berechnung die bodenmechanischen Parameter der Basisabdichtung. Da die Parameter des Deponiegutes günstigere Werte aufweisen als in der Berechnung angenommen, ist die Berechnung somit auf der sicheren Seite geführt.

Für die Standsicherheit sind die Gleitfugen mit den geringsten ermittelten Sicherheiten maßgebend. Der voreingestellte Suchradius gewährleistete gleichzeitig eine Betrachtung der Standsicherheit gegen Grundbruch. Für den untersuchten maßgeblichen Schnitt ergab sich bei der Berechnung der Sicherheit für den Endzustand folgender maßgebende Bemessungswert:

$$\text{BS-P: } \mu = 0,68 \leq 1,0 \text{ (EC 7)}$$

Die Deponie ist somit standsicher im Sinne des EC 7 zu bezeichnen.

Die Berechnung für die Standsicherheit an angrenzenden Grundstück kommt zu dem Ergebnis, dass die Deponie in allen betrachteten Varianten des Böschungsaufbau standsicher ist.

$$\mu_{\max} = 0,56 - 0,81 \leq 1,0 \text{ (EC 7)}$$

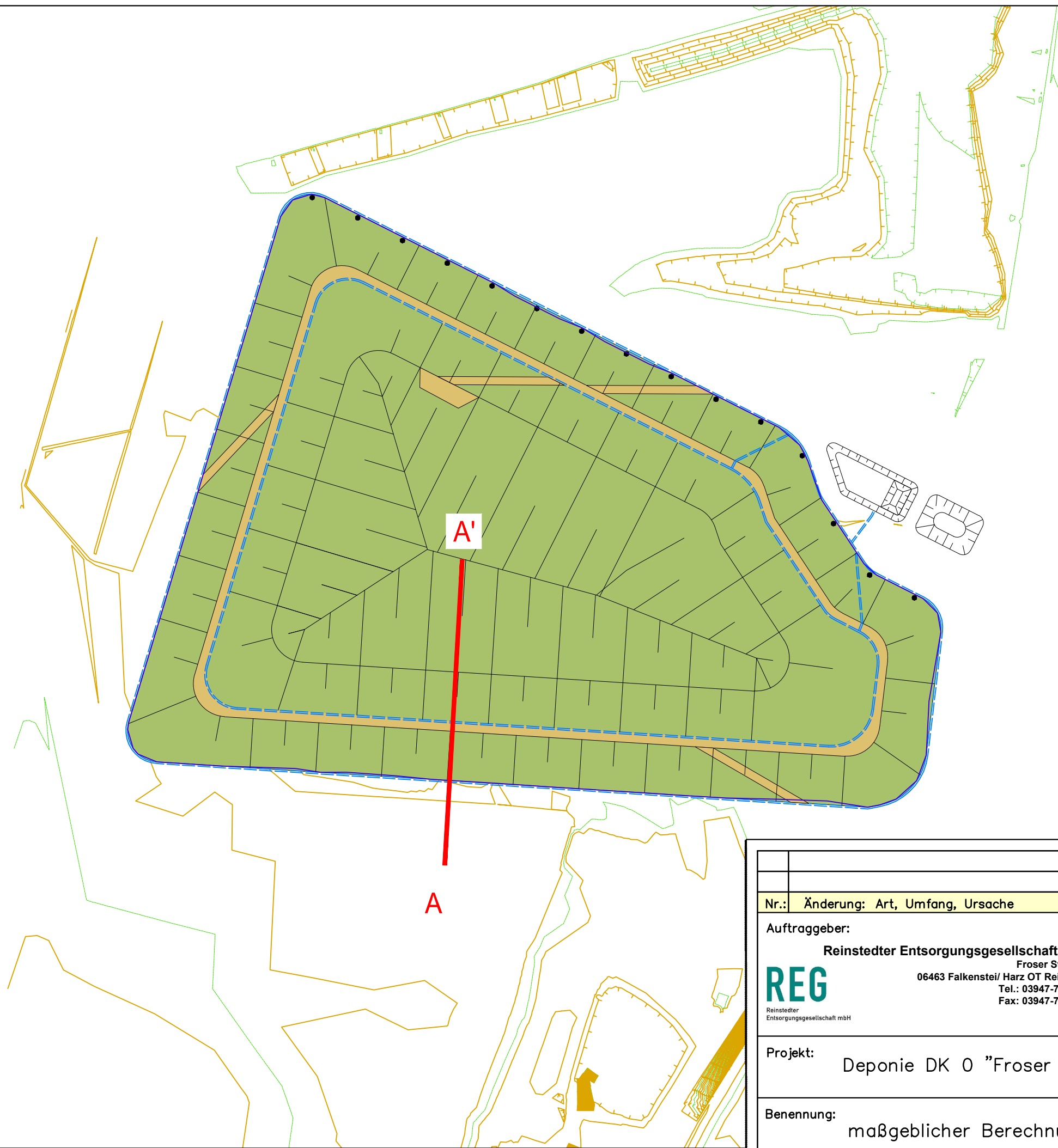
Stendal, Juni 2021

upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH

4 Verwendete Unterlagen

- /1/ Planfeststellungsantrag Deponie DK0, Standort Reinstedt, Oktober 2017, upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH, Stendal
- /2/ DIN 1055, Teil 2. Lastannahmen für Bauten. Bodenkenngößen. Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel.
- /3/ DIN 18 196. Erd- und Grundbau. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- /4/ Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Richtlinie Nr. 18 – Mineralische Abdichtungen. Düsseldorf. 1993
- /5/ TA Abfall, TA Siedlungsabfall. 1990
- /6/ Kruse, T. und T. Voigt. Reibungsverhalten von Kunststoffdichtungsbahnen. Mitteilung Inst. f. Grundbau u. Bodenmechanik TU Braunschweig. 1990
- /7/ Grett, H.-D. Das Reibungsverhalten von Geotextilien in bindigen und nichtbindigen Böden. Mitteilung des Franzius-Instituts für Wasserbau und Ingenieurwesen Universität Hannover, Heft 59. 1984
- /8/ Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ EAU. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn. 1990
- /9/ Schneider, K.-J. Bautabellen. Werner-Verlag. 1992
- /10/ Jessberger, H. L., H. K. Neff und E. Gartung. Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“. Bautechnik 72, Heft 9. 1995
- /11/ Smoltczyk. U. Grundbau Taschenbuch. Teil 1. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn. 1995
- /12/ Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ – GDA. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn. 1993
- /13/ Drescher, J. und H. Meyer. Zur Standsicherheit von Abfalldeponien. Neuzeitliche Deponietechnik. Balkema. Rotterdam. 1990
- /14/ DIN 4084. Gelände- und Böschungsbruchberechnung

Anhang 1
Lageplan des maßgeblichen Schnittverlaufes



| | | | |
|--|--------------------------|--|----------------------------|
| Nr.: Änderung: Art, Umfang, Ursache | | Datum, Name | |
| Auftraggeber: REG <small>Reinstedter Entsorgungsgesellschaft mbH</small> Reinstedter Entsorgungsgesellschaft mbH Froser Straße 7 06463 Falkenstein/ Harz OT Reinstedt Tel.: 03947-777-400 Fax: 03947-777-409 | | Planverfasser: UPI UmweltProjekt <small>Ingenieurgesellschaft mbH</small> Ingenieurgesellschaft mbH Hauptitz Breite Straße 30 D-39 576 Stendal | |
| Datum: 10/2020 | gezeichnet: N.Schulze | bearbeitet: N.Schulze | geprüft: N.Gose |
| Projekt: Deponie DK 0 "Froser Berg" Reinstedt | | | Projekt-Nr.: 090.001.01 |
| Benennung: maßgeblicher Berechnungsschnitt | | Zechn.-Nr.: | |
| | | Maßstab: | 1:2.500 |
| | | Datei: | plan_schnitte_2020-10.dwg |
| | | Anlage: | 01 |

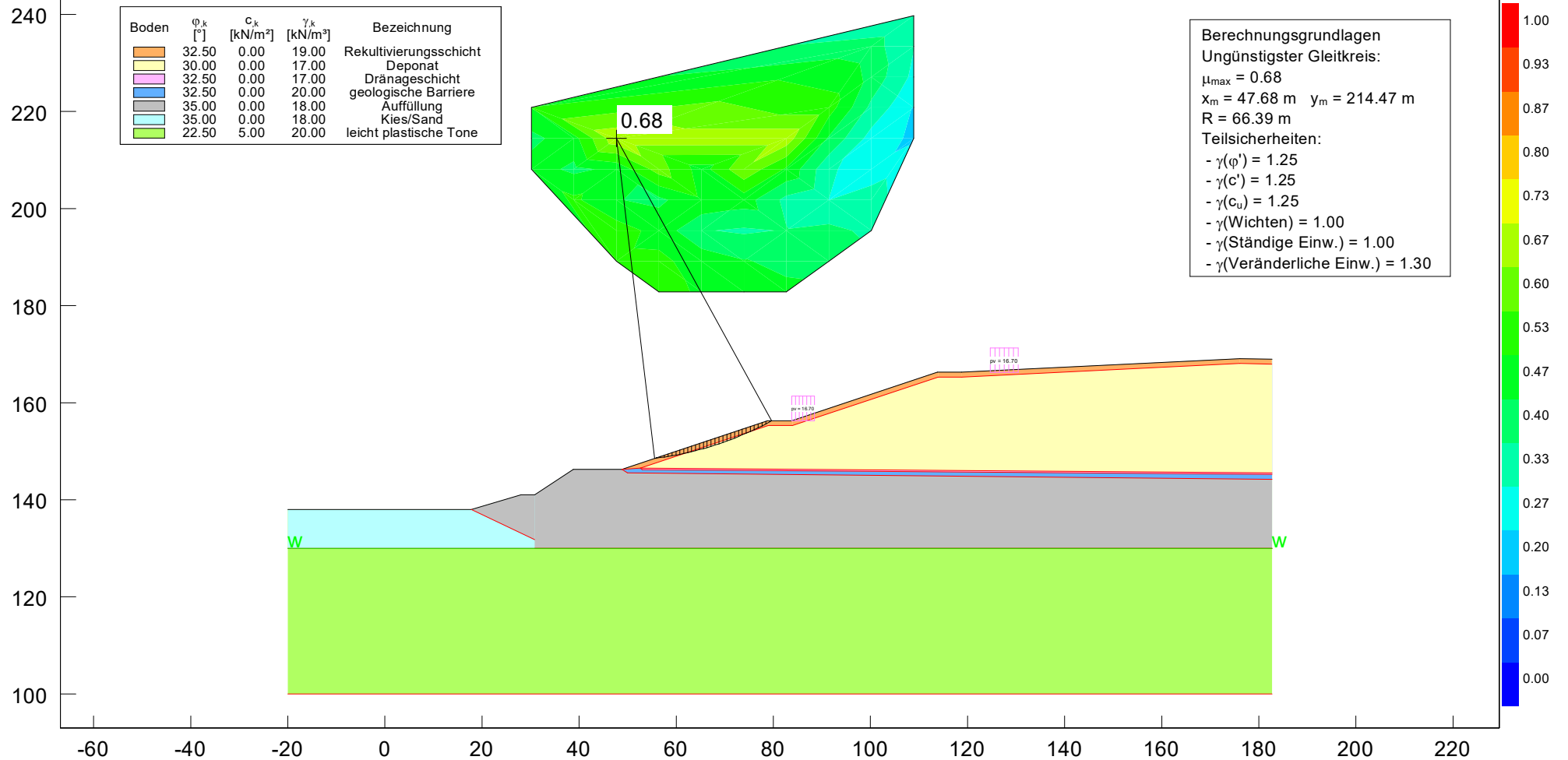
Anhang 2
Skizze und Berechnungsprotokoll des maßgeblichen Gleitkreises



upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH
 Breite Straße 30
 39576 Stendal
 Tel. 03931/68920

Böschungsbruchberechnung
 nach EC 7

| | |
|-------------|-------------------|
| Projekt | Deponie Reinstedt |
| Projekt-Nr. | 090.001.01 |
| Datum | Juni 2021 |



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)

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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x | y | Nr. | x | y | Nr. | x | y | Nr. | x | y | Nr. | x | y |
|-----|---------|---------|-----|---------|---------|-----|--------|---------|-----|---------|---------|-----|---------|---------|
| [-] | [m] | [m] | [-] | [m] | [m] | [-] | [m] | [m] | [-] | [m] | [m] | [-] | [m] | [m] |
| 1 | -20.000 | 138.000 | 2 | 17.800 | 138.000 | 3 | 28.000 | 141.000 | 4 | 30.850 | 141.000 | 5 | 38.800 | 146.300 |
| 6 | 48.800 | 146.300 | 7 | 78.800 | 156.300 | 8 | 83.800 | 156.300 | 9 | 113.800 | 166.300 | 10 | 118.800 | 166.300 |
| 11 | 176.100 | 169.100 | 12 | 182.700 | 168.970 | | | | | | | | | |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | φ_k | c_k | γ_k | Bezeichnung |
|-------|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 32.50 | 0.00 | 19.00 | Rekultivierungsschicht |
| 2 | 30.00 | 0.00 | 17.00 | Deponat |
| 3 | 32.50 | 0.00 | 17.00 | Dränageschicht |
| 4 | 32.50 | 0.00 | 20.00 | geologische Barriere |
| 5 | 35.00 | 0.00 | 18.00 | Auffüllung |
| 6 | 35.00 | 0.00 | 18.00 | Kies/Sand |
| 7 | 22.50 | 5.00 | 20.00 | leicht plastische Tone |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | φ_d | c_d | γ_d | Bezeichnung |
|-------|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 27.01 | 0.00 | 19.00 | Rekultivierungsschicht |
| 2 | 24.79 | 0.00 | 17.00 | Deponat |
| 3 | 27.01 | 0.00 | 17.00 | Dränageschicht |
| 4 | 27.01 | 0.00 | 20.00 | geologische Barriere |
| 5 | 29.26 | 0.00 | 18.00 | Auffüllung |
| 6 | 29.26 | 0.00 | 18.00 | Kies/Sand |
| 7 | 18.33 | 4.00 | 20.00 | leicht plastische Tone |

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m] | [m] | [m] | [m] | |
| 1 | 48.800 | 146.300 | 52.630 | 146.520 | 1 |
| 2 | 52.630 | 146.520 | 78.960 | 155.300 | 1 |
| 3 | 78.960 | 155.300 | 83.960 | 155.300 | 1 |
| 4 | 83.960 | 155.300 | 113.960 | 165.300 | 1 |
| 5 | 113.960 | 165.300 | 118.820 | 165.300 | 1 |
| 6 | 118.820 | 165.300 | 176.110 | 168.100 | 1 |
| 7 | 176.110 | 168.100 | 182.680 | 167.970 | 1 |
| 8 | 52.630 | 146.520 | 182.700 | 145.540 | 2 |
| 9 | 52.630 | 146.520 | 53.000 | 146.220 | 2 |
| 10 | 53.000 | 146.220 | 182.700 | 145.240 | 3 |
| 11 | 48.800 | 146.300 | 49.950 | 145.550 | 4 |
| 12 | 49.950 | 145.550 | 182.700 | 144.240 | 4 |
| 13 | 17.800 | 138.000 | 30.850 | 131.800 | 5 |
| 14 | 30.850 | 130.000 | 182.700 | 130.000 | 5 |
| 15 | -20.000 | 130.000 | 182.700 | 130.000 | 6 |
| 16 | -20.000 | 100.000 | 182.700 | 100.000 | 7 |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x | y | Nr. | x | y |
|-----|---|---|-----|---|---|
|-----|---|---|-----|---|---|

| | | | | | |
|-----|---------|---------|-----|---------|---------|
| [-] | [m] | [m] | [-] | [m] | [m] |
| 1 | -20.000 | 130.000 | 2 | 182.700 | 130.000 |

Verkehrslasten

Verkehrslasten ungünstig

| Nr. | Größe(links) | Größe(rechts) | x(links) | x(rechts) | y |
|-----|----------------------|----------------------|----------|-----------|--------|
| [-] | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [m] | [m] | [m] |
| 1 | 16.70 | 16.70 | 124.69 | 130.42 | 166.25 |
| 2 | 16.70 | 16.70 | 83.80 | 88.46 | 156.30 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 41.34

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 30.1829 239.7609

x / y (Ende): 108.9288 240.0918

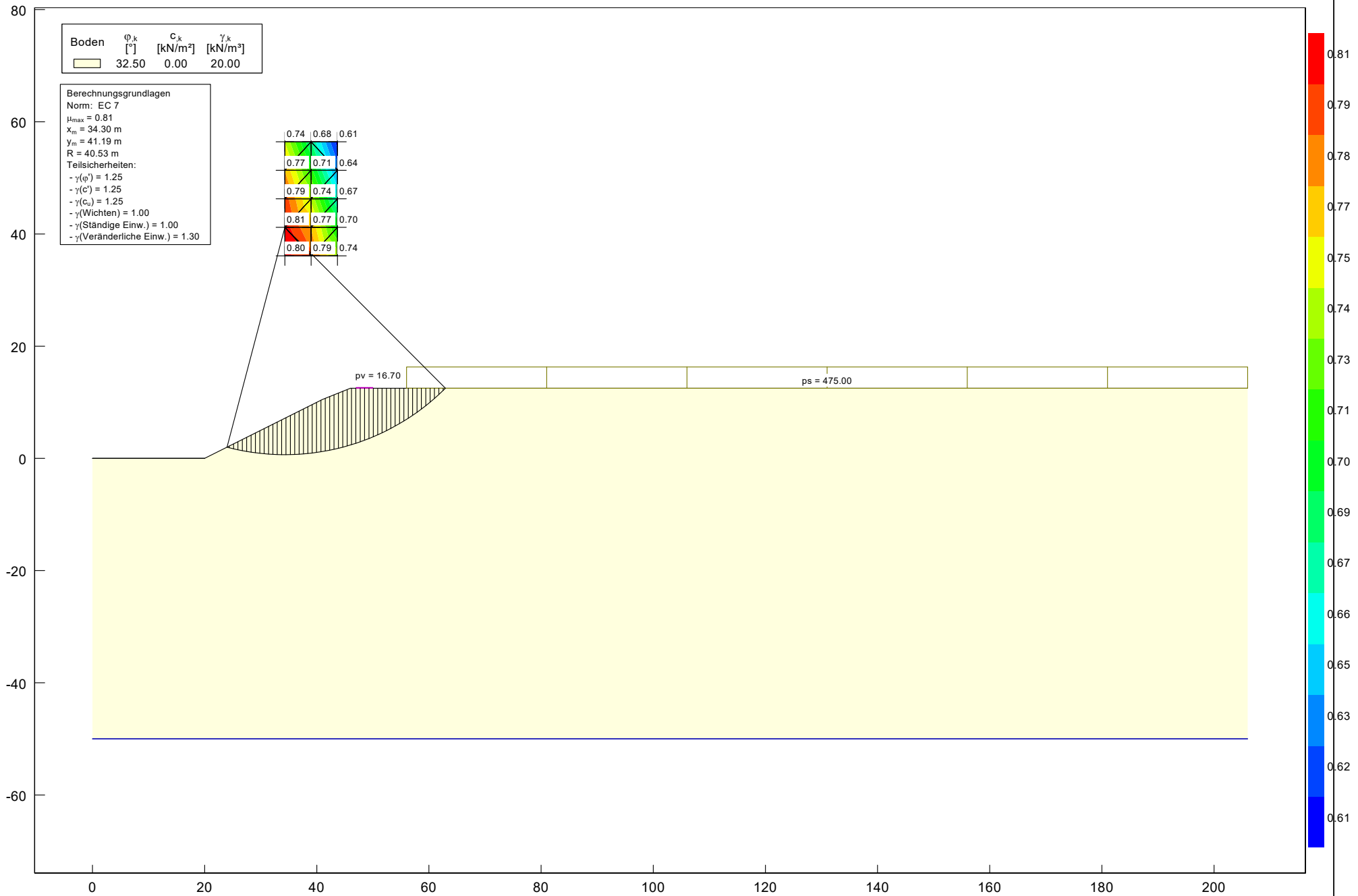
Anzahl Radien = 0

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] |
| 25 | 47.6820 | 214.4681 | 66.3908 | 30 | 0.6815 | 9313.615 | 13667.010 | 13667.0 | 0.0 | 9313.6 | 0.0 |

Anhang 3
Skizzen Berechnungsprotokoll der Standsicherheit angrenzender
Grundstücke

Variante 1



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

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

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x | y |
|-----|---------|--------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 20.000 | 0.000 |
| 3 | 41.000 | 10.500 |
| 4 | 46.000 | 12.500 |
| 5 | 206.000 | 12.500 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | phi,k | c,k | gamma,k | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 32.50 | 0.00 | 20.00 | |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | phi,d | c,d | gamma,d | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 27.01 | 0.00 | 20.00 | |

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 | 206.000 | -50.000 | 1 |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x | y |
|-----|---------|---------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | -50.000 |
| 2 | 206.000 | -50.000 |

Ständige Lasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 475.00 | 475.00 | 56.00 | 206.00 | 12.50 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 16.70 | 16.70 | 47.00 | 50.00 | 12.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): 108.2500 -20.0000

x / y (Ende): 108.2500 12.5000

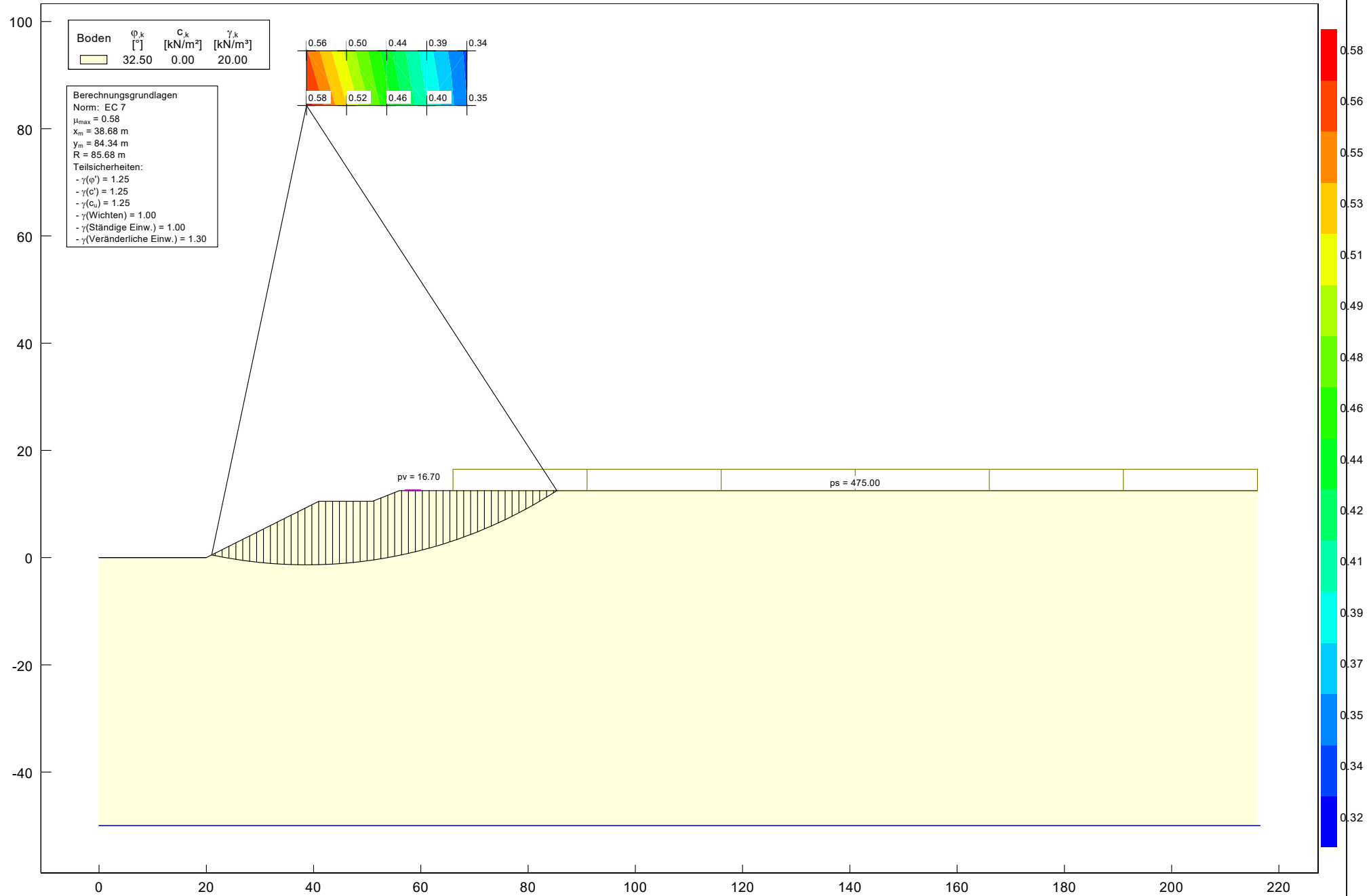
Anzahl Radian = 162

Ungünstigster Gleitkreis

| Kreis | xm [m] | ym [m] | Radius [m] | Lamellen [-] | mue [-] |
|-------|-----------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| 4 | 34.3026 | 41.1950 | 40.5314 | 50 | 0.8050 |

Zähler = 129277.105 Nenner = 160587.119

Variante 2



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

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

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x | y |
|-----|---------|--------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 20.000 | 0.000 |
| 3 | 41.000 | 10.500 |
| 4 | 51.000 | 10.500 |
| 5 | 56.000 | 12.500 |
| 6 | 216.000 | 12.500 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | phi,k | c,k | gamma,k | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 32.50 | 0.00 | 20.00 | |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | phi,d | c,d | gamma,d | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 27.01 | 0.00 | 20.00 | |

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 | 216.500 | -50.000 | 1 |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x | y |
|-----|-------|---------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | -50.000 |

2 216.500 -50.000

Ständige Lasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 475.00 | 475.00 | 66.00 | 216.00 | 12.50 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 16.70 | 16.70 | 57.00 | 60.00 | 12.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): 108.2500 -20.0000

x / y (Ende): 108.2500 12.5000

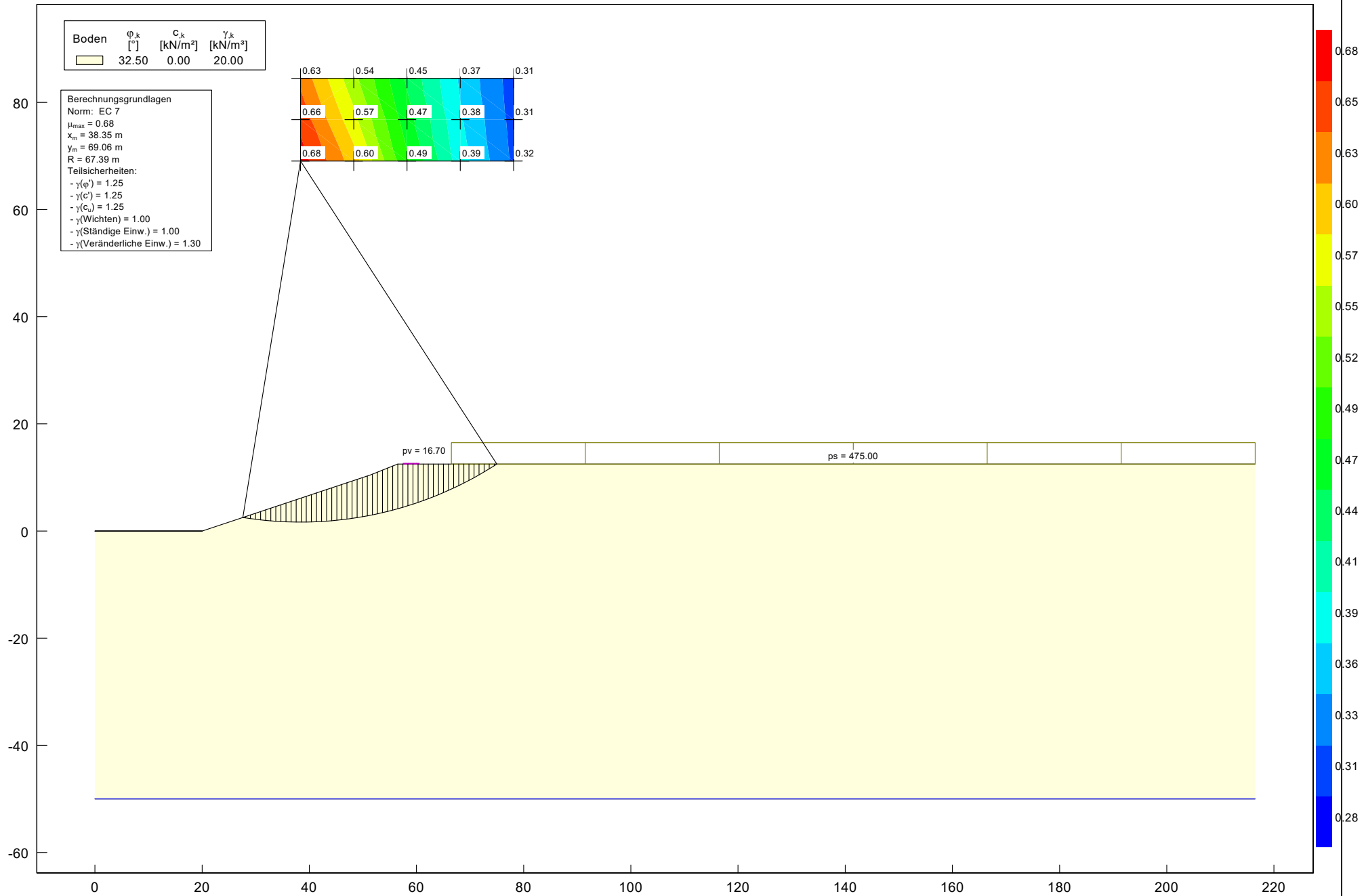
Anzahl Radian = 162

Ungünstigster Gleitkreis

| Kreis | xm [m] | ym [m] | Radius [m] | Lamellen [-] | mue [-] |
|-------|-----------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| 2 | 38.6800 | 84.3366 | 85.6792 | 50 | 0.5801 |

Zähler = 479368.908 Nenner = 826412.395

Variante 3



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

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

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x | y |
|-----|---------|--------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 20.000 | 0.000 |
| 3 | 51.500 | 10.500 |
| 4 | 56.500 | 12.500 |
| 5 | 216.500 | 12.500 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | phi,k | c,k | gamma,k | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 32.50 | 0.00 | 20.00 | |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | phi,d | c,d | gamma,d | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 27.01 | 0.00 | 20.00 | |

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 | 216.500 | -50.000 | 1 |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x | y |
|-----|---------|---------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | -50.000 |
| 2 | 216.500 | -50.000 |

Ständige Lasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 475.00 | 475.00 | 66.50 | 216.50 | 12.50 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 16.70 | 16.70 | 57.50 | 60.50 | 12.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): 108.2500 -20.0000

x / y (Ende): 108.2500 12.5000

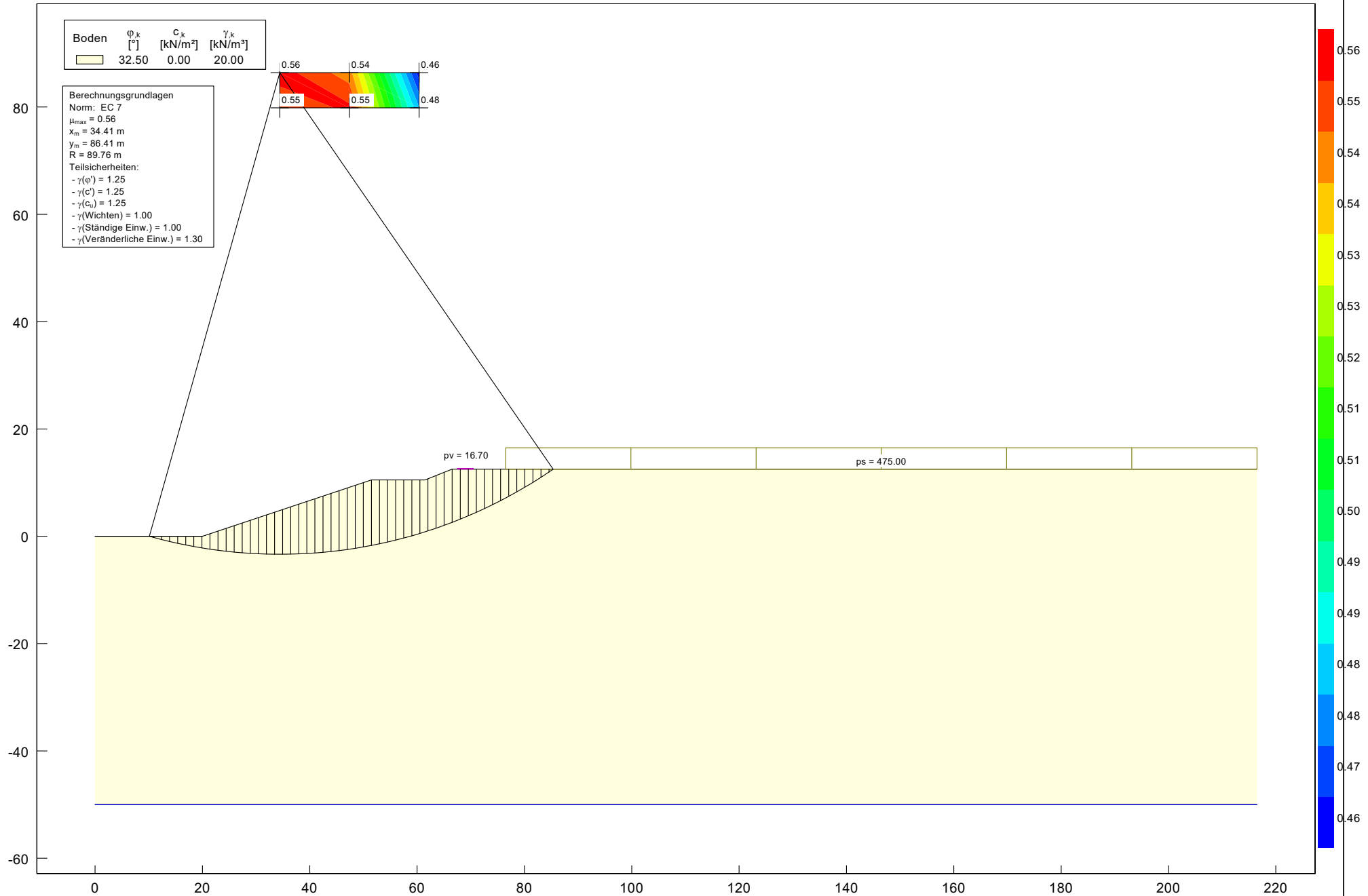
Anzahl Radian = 162

Ungünstigster Gleitkreis

| Kreis | xm [m] | ym [m] | Radius [m] | Lamellen [-] | mue [-] |
|-------|-----------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| 3 | 38.3514 | 69.0555 | 67.3889 | 50 | 0.6804 |

Zähler = 196233.849 Nenner = 288413.984

Variante 4



Böschungsberechnung nach EC 7
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

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

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.25
- gam(Wichten) = 1.00
- gam(Ständige Einw.) = 1.00
- gam(Veränderliche Einw.) = 1.30 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x | y |
|-----|---------|--------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 20.000 | 0.000 |
| 3 | 51.500 | 10.500 |
| 4 | 61.500 | 10.500 |
| 5 | 66.500 | 12.500 |
| 6 | 216.500 | 12.500 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | phi,k | c,k | gamma,k | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 32.50 | 0.00 | 20.00 | |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | phi,d | c,d | gamma,d | Bezeichnung |
|-------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-] | [°] | [kN/m ²] | [kN/m ³] | |
| 1 | 27.01 | 0.00 | 20.00 | |

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 | 216.500 | -50.000 | 1 |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x | y |
|-----|-------|---------|
| [-] | [m] | [m] |
| 1 | 0.000 | -50.000 |

2 216.500 -50.000

Ständige Lasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 475.00 | 475.00 | 76.50 | 216.50 | 12.50 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links) [-] | Größe(rechts) [kN/m ²] | x(links) [m] | x(rechts) [m] | y [m] |
|-----|---------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| 1 | 16.70 | 16.70 | 67.50 | 70.50 | 12.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): 108.2500 -20.0000

x / y (Ende): 108.2500 12.5000

Anzahl Radien = 162

Ungünstigster Gleitkreis

| Kreis | xm [m] | ym [m] | Radius [m] | Lamellen [-] | mue [-] |
|-------|-----------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| 1 | 34.4079 | 86.4111 | 89.7599 | 50 | 0.5556 |

Zähler = 371189.749 Nenner = 668071.731