



## Gutachten

### Stand- und Gleitsicherheitsnachweis Oberflächenabdichtung

**B2304216**

<b>Antragsteller:</b>	Landkreis Landshut Tiefbauabteilung Georg-Pöschl-Straße 25 84056 Rottenburg a.d. Laaber
<b>Baumaßnahme:</b>	Erweiterung Deponie, Spitzlberg
<b>Bauteil:</b>	Oberflächenabdichtung
<b>Inhalt des Antrages:</b>	Stand- und Gleitsicherheitsnachweis zur Oberflächenabdichtung
<b>Erdstatische Berechnung:</b>	Geoplan GmbH Donau-Gewerbepark 5 94486 Osterhofen

Osterhofen, den 31.10.2023

Dieses Prüfzeugnis umfasst 8 Seiten und 4 Anlagen  
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.



## Inhaltsverzeichnis

<b>I. Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>II. Anlagen.....</b>	<b>II</b>
<b>III. Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>
<b>1. Auftrag .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2. Böschungsgeometrie .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>3. Berechnungsansätze .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>3.1 Allgemein .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>3.2 Materialkennwerte .....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>4. Nachweis der Gleitsicherheit zur Oberflächenabdichtung .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>4.1 Ansatz der Kräfte.....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>4.2 Einwirkungen.....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>4.3 Widerstände.....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>4.4 Berechnung des Auslastungsgrades <math>\mu</math> für Bemessungssituation BS-P .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>4.5 Berechnung des Auslastungsgrades <math>\mu</math> für Bemessungssituation BS-T .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>4.6 Berechnung des Auslastungsgrades <math>\mu</math> für Bemessungssituation BS-A.....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>5. Beurteilung des Stand- und Gleitsicherheitsnachweis .....</b>	<b>- 8 -</b>
<b>6. Gesamtstandsicherheitsnachweis.....</b>	<b>- 9 -</b>

## I. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bodenkennwerte zu den verschiedenen Schichten der Oberflächenabdichtung	- 2 -
Tabelle 2: Verbundparameter der Grenzflächen	- 2 -
Tabelle 3: Auslastungsgrad $\mu$ für Bemessungssituation BS-P (von unten nach oben)	- 6 -
Tabelle 4: Auslastungsgrad $\mu$ für Bemessungssituation BS-T (von unten nach oben)	- 7 -
Tabelle 5: Auslastungsgrad $\mu$ für Bemessungssituation BS-A (von unten nach oben)	- 8 -

## II. Anlagen

**Anlage 1:** Ermittlung des Auslastungsgrades für alle relevanten Grenzflächen (BS-P)

**Anlage 2:** Ermittlung des Auslastungsgrades für alle relevanten Grenzflächen (BS-T)

**Anlage 3:** Ermittlung des Auslastungsgrades für alle relevanten Grenzflächen (BS-A)

**Anlage 4:** Gesamtstandsicherheitsnachweis Oberflächenabdichtung (BS-P)

**Anlage 5:** Gesamtstandsicherheitsnachweis Deponat (BS-T)

## III. Abkürzungsverzeichnis

BS-P	Bemessungssituation ständig
BS-T	Bemessungssituation vorübergehend
BS-A	Bemessungssituation außergewöhnlich
GDT	Geosynthetische Tondichtungsbahn (Bentonitmatte)
KDB	Kunststoffdichtungsbahn
KDE	Kunststoffdränelement
TAS	Trag- und Ausgleichsschicht (Auflagerschicht)
TAS-Gas	Trag- und Ausgleichsschicht (Auflagerschicht) gasgängig
TAS-GDT	Trag- und Ausgleichsschicht (Auflagerschicht) für geosynthetische Tondichtungsbahn
$\beta$	Böschungsneigung ( <i>in °</i> )
$d_{ges}$	Dicke der Bodenschichten Gesamt $d_{ges}$ ( <i>in m</i> )
$d_1$	Dicke der Bodenschichten Abschnitt 1 ( <i>in m</i> )
$d_2$	Dicke der Bodenschichten Abschnitt 2 ( <i>in m</i> )
$d_3$	Dicke der Bodenschichten Abschnitt 3 ( <i>in m</i> )
$s_k$	Schneelast ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$\gamma_1$	Bodenwichte $d_1$ ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma_2$	Bodenwichte $d_2$ ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma_3$	Bodenwichte $d_3$ ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma_w$	Wasserwichte ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )

$h_w$	Mittlere Aufstauhöhe ( <i>in m</i> )
$\varphi_k$	Reibungswinkel ( <i>in °</i> )
$\delta_k$	Kontaktreibungswinkel ( <i>in °</i> )
$c_k/a_k$	Kohäsion/Adhäsion ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$\gamma_G$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen
$\gamma_Q$	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen
$\gamma_\delta$	Teilsicherheitsbeiwert für Widerstände
$t_{B,d}$	Schubkraft Boden in Böschungsfallrichtung ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$t_{S,d}$	Schubkraft aus Schneelast in Böschungsfallrichtung ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$s_{w,d}$	Strömungskraft ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$t_{f,d}$	Mobilisierte Reibungskraft aus der Auflast des Bodens in der kritischen Scherfuge ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$t_{S,h,d}$	Mobilisierte Reibungskraft aus der Schneelast ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$p_k$	Verkehrslast (BS-T) ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$t_{R,S}$	Schubkraft aus statischer Verkehrslast (BS-T) ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$t_{R,d}$	Schubkraft aus dynamischer Verkehrslast (BS-T) ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$t_{R,h}$	Mobilisierte Reibungskraft aus statischer Verkehrslast (BS-T) ( <i>in kN/m<sup>2</sup></i> )
$d1'$	Dicke der Bodenschicht unter Auftrieb Abschnitt 1 (BS-A) ( <i>in m</i> )
$d3'$	Dicke der Bodenschicht unter Auftrieb Abschnitt 3 (BS-A) ( <i>in m</i> )
$\gamma'1$	Bodenwichte $d1'$ = Bodenwichte unter Auftrieb (BS-A) ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma'3$	Bodenwichte $d3'$ = Bodenwichte unter Auftrieb (BS-A) ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma_{r,k1}$	Bodenwichte $d1$ = Bodenwichte für wassergesättigte Schicht (BS-A) ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma_{r,k2}$	Bodenwichte $d2$ = Bodenwichte für wassergesättigte Schicht (BS-A) ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\gamma_{r,k3}$	Bodenwichte $d3$ = Bodenwichte für wassergesättigte Schicht (BS-A) ( <i>in kN/m<sup>3</sup></i> )
$\mu$	Auslastungsgrad $\mu$ für jeweilige Bemessungssituation (BS-P, BS-T, BS-A) je Grenzfläche

## 1. Auftrag

Unser Büro Geoplan GmbH aus 94486 Osterhofen wurde vom Landkreis Landshut, Tiefbauabteilung, 84056 Rottenburg a.d. Laaber, beauftragt, den Stand- und Gleitsicherheitsnachweis zur Baumaßnahme eines neuen Deponieabschnittes in Spitzlberg durchzuführen. Bei der geplanten Baumaßnahme handelt es sich um die Erweiterung der Oberflächenabdichtung der Deponie in Richtung Süden. Für den Nachweis der Stand- und Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung werden Erfahrungswerte sowie die zuvor im Labor und Feld bestimmten bodenmechanischen Kennwerte miteinbezogen.

Die Genehmigungsplanung für die Erweiterung der Deponie in Spitzlberg wurde vom Ingenieurbüro Sehlhoff GmbH angefertigt und am 06.10.2023 für die weitere Verwendung eingereicht.

## 2. Böschungsgeometrie

Aus den vorliegenden Unterlagen zu den verschiedenen Regelabschnitten gehen folgende maßgebenden geometrischen Randbedingungen hervor:

- Böschungsneigung Regelfall:  $1 : 3 = \beta \approx 18,4^\circ$
- Böschungsneigung maximal:  $1 : 1,5 = \beta \approx 33,7^\circ$

Der Aufbau des Abdichtungssystems der Oberflächenabdichtung ist nach folgendem Schema (von unten nach oben) geplant, wobei für jedes Einbaumaterial eine Eignungsprüfung vorliegt:

- Untergrund aus profiliertem Deponiekörper
- Technische Ausgleichsschicht (d=0,3 m)
- Kunststoffdichtungsbahn KDB
- Rekultivierungsboden (d=1,2 m)

## 3. Berechnungsansätze

Nachfolgend werden die Berechnungsansätze zum Nachweis der Stand- und Gleitsicherheit beschrieben.

### 3.1 Allgemein

Der Stand- und Gleitsicherheitsnachweis erfolgt nach den „Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten“ (GDA) der Fachsektion 6 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT). Im Genaueren wurde dabei der aktuelle Entwurf der Empfehlung E 2-7 herangezogen.

Aus diesen Empfehlungen geht hervor, dass in jeder Grenzfläche zwischen den einzelnen Schichten die Standsicherheit nach den Bemessungssituationen BS-P (Planmäßige Nutzung mit regelmäßig auftretenden Einwirkungen), BS-T (Vorübergehende Einwirkungen aus Bauzuständen oder zeitlich begrenzter Nutzung) und BS-A (Außergewöhnliche Bedingungen, Sonderlasten, teilweiser Ausfall oder Ermüdung von Tragelementen oder Teilausfall von Bodenwiderständen wie Adhäsion/Kohäsion in Schichtfugen bei Kriechen oder Zwangsverformungen) sowie die innere Standsicherheit der mineralischen Schichten nachzuweisen ist.

### 3.2 Materialkennwerte

Der Untergrund besteht aus verdichtet eingebautem Deponat, in das je nach Bedarf im Zuge der Profilierung des Deponiekörpers Bodenverbesserungsmaterial eingearbeitet wird.

Für die zu verwendenden Materialien der Trag- und Ausgleichsschichten sowie für die geplanten Materialien zur Verwendung als Rekultivierungsschicht sowie für die technische Ausgleichsschicht verwendeten Straßenaufbruchs, wurden die bodenmechanischen Kennwerte aus Tabellenwerten unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten abgeleitet.

Aus der Berechnung der Standsicherheit, unter Einbezug der geprüften bodenmechanischen Kennwerte der einzubauenden Materialien für die verschiedenen Schichten der Oberflächenabdichtung, ergeben sich somit insgesamt folgende Bodenkennwerte:

Tabelle 1: Bodenkennwerte zu den verschiedenen Schichten der Oberflächenabdichtung

Material	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{r,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Planum	18,0	8,5	18,5	27,2	10,4	25,0	8,0
TAS	20,0	10,5	20,5	37,6	0,0	35,0	0,0
Rekultivierungsschicht	19,5	10,5	20,5	27,2	6,5	25,0	5,0

Der Reibungswinkel  $\varphi$  sowie die Kohäsion c sind gemäß GDA Empfehlung E 2-7 für die Standsicherheitsberechnung entsprechend abzumindern. Der Abminderungsfaktor für den Reibungswinkel  $\varphi$  entspricht  $\tan \varphi_k = \tan \varphi / 1,1$  und für die Kohäsion  $c_k = c / 1,3$ .

Für die Standsicherheitsbetrachtungen an den jeweiligen Grenzflächen werden folgende Verbundparameter angesetzt.

Tabelle 2: Verbundparameter der Grenzflächen

Grenzfläche	Versuchsergebnisse		Rechenwerte	
	$\delta$ [°]	a [kN/m <sup>2</sup> ]	$\delta_k$ [°]	$a_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
TAS - Planum	34,0	0,0	31,5	0,0
KDB / TAS	39,6	5,0	37,0	2,5
KDB / Rekultivierungsschicht	38,1	7,0	35,5	3,5

Der Kontaktreibungswinkel  $\delta$  sowie die Adhäsion  $a$  sind gemäß GDA Empfehlung E 2-7 für die Standsicherheitsberechnung entsprechend abzumindern. Der Abminderungsfaktor für den Kontaktreibungswinkel  $\delta$  entspricht  $\tan \delta_k = \tan \delta / 1,1$ . Für die Adhäsion wird  $a_k = a / 2,0$  angesetzt. Für die Schichtfläche KDE / Rekultivierungsschicht wird entsprechend GDA Empfehlung E-2-7 keine Adhäsion in Ansatz gebracht (Schichtfläche zwischen Deckgewebe von geosynthetischem Dränsystem und Rekultivierungsschicht).

Die Belastung aus Eigengewicht wird entsprechend der Wichten der jeweiligen mineralischen Schichten angesetzt. Das Eigengewicht der verwendeten Geotextilien wird aufgrund der geringen Schichtdicken nicht berücksichtigt.

Die Schneelast wurde nach DIN 1055 (Teil 5) aufgrund der Höhe des Standortes von etwa 420,00 m NN und der Lage nördlich des Isartals auf Schneelastzone 1a eingestuft. Dadurch ergibt sich eine Regelschneelast  $s_k = 0,86 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4. Nachweis der Gleitsicherheit zur Oberflächenabdichtung

Nachfolgend werden alle relevanten Einwirkungen sowie Widerstände für die Berechnung der Gleitsicherheit mit der zugehörigen Formel aufgeführt.

##### 4.1 Ansatz der Kräfte

Für den Nachweis der Gleitsicherheit des Abdichtungssystems der Oberflächenabdichtung für die Erweiterung der Deponie in Spitzberg ist es ausreichend, die potenzielle Gleitfläche als 1,0 m breite und böschungsparelle Scherebene zu untersuchen.

##### 4.2 Einwirkungen

###### Schubkraft (Boden) $t_{B,d}$ :

Die Schubkraft des Bodens ( $t_{B,d}$ ) resultiert aus dem Eigengewicht der Deckschichten. Der Nachweis wird pro laufenden Meter Böschungslänge in Böschungsfallrichtung mit folgender Formel berechnet:

$$t_{B,d} = \sum (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta$$

$$\text{wobei gilt: } \sum (\gamma \cdot d) = (\gamma_1 \cdot d_1) + (\gamma_2 \cdot d_2) + (\gamma_3 \cdot d_3)$$

Die Berücksichtigung wassergesättigter Schichten für die Bemessungssituation BS-A erfolgt durch die Verwendung abgeänderter, erhöhter Wichten, die bei der Berechnung der Schubkraft des Bodens für die wassergesättigte Schichtdicke in Ansatz gebracht werden. Die Berechnung erfolgt demnach folgendermaßen:

$$t_{B,d} = \gamma_{r,k} \cdot d \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta$$

$$\text{wobei gilt: } \sum (\gamma_{r,k} \cdot d) = (d_1 \cdot \gamma_{r,k1}) + (d_2 \cdot \gamma_{r,k2}) + (d_3 \cdot \gamma_{r,k3})$$

Schubkraft (Schnee)  $t_{s,d}$ :

Die Schubkraft von Schnee ( $t_{s,d}$ ) ergibt sich aus der maximal für diesen Standort anzusetzenden Schneelast  $s_k = 0,86 \text{ kN/m}^2$  auf der Deckschicht. Der Nachweis wird pro laufenden Meter Böschungslänge in Böschungsfallrichtung mit folgender Formel berechnet:

$$t_{s,d} = s_k \cdot \gamma_g \cdot \sin \beta$$

Strömungskraft  $s_{w,d}$ :

Unter den Auswirkungen eines starken Niederschlagsereignisses kann es unter Umständen zu einem Aufstau von Niederschlagswasser in der Dränschicht der Oberflächenabdichtung kommen. Dadurch kommt es zu zusätzlich auftretenden treibenden Kräften (Strömungskraft  $s_{w,d}$ ).

Es wird mit einer mittleren Aufstauhöhe  $h_w$  von 0,25 m gerechnet. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta$$

Schubkraft (Verkehr statisch)  $t_{R,s}$ :

Für die Bemessungssituation BS-T muss die Verkehrslast durch Baufahrzeuge berücksichtigt werden. In diesem Fall wurden die Daten des Baggers Liebherr 916 (Gewicht 17 t) verwendet. Dieser wird u. A. für den Einbau der TAS-Schichten sowie für das Belegen des geosynthetischen Dränelements verwendet. Die Befahrung der jeweiligen Schichten durch dieses Baugerät stellt im Vergleich zur Verwendung der Planierraupe CAT D6 K (Gewicht 14 t) den ungünstigeren Fall dar, weshalb nur dieser berücksichtigt wurde. Die Schubkraft aus dem Eigengewicht des Fahrzeugs in Böschungsfallrichtung ergibt sich aus:

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

Die Verkehrslast  $p_k$  wurde unter Ansatz eines Lastausbreitungswinkels von  $\alpha = 30^\circ$  nach SAATHOFF UND WERTH [2005:14] ermittelt.

Schubkraft (Verkehr dynamisch)  $t_{R,d}$ :

Neben der statischen Schubkraft durch Baufahrzeuge muss auch der dynamische Anteil, der sich durch die Bremsverzögerung der Fahrzeuge ergibt berücksichtigt werden. Die Berechnung der dynamischen Verkehrslast erfolgt ebenfalls nach dem Ansatz von SAATHOFF UND WERTH [2005:14f].

Für den Bagger wird ein dynamischer Anteil von  $4,55 \text{ kN/m}^2$  angesetzt.

### 4.3 Widerstände

#### Reibungskraft (Boden) $t_{r,d}$ :

Die in der kritischen Scherfuge wirksam werdende Reibungskraft ( $t_{r,d}$ ) aus der Bodenaufplast berechnet sich mit nachfolgender Formel pro laufenden Meter Böschungslänge, wobei für die Bemessungssituation BS-P keine unter Auftrieb liegenden Schichten berücksichtigt wurden:

$$t_{r,d} = (\sum (\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

wobei gilt:  $\sum (\gamma \cdot d) = (\gamma_1 \cdot d_1) + (\gamma_2 \cdot d_2) + (\gamma_3 \cdot d_3)$

Für die Bemessungssituation BS-A wird bei der Berechnung der Widerstände die Berücksichtigung unter Auftrieb stehender Schichten erforderlich. Für diese werden zur Berechnung der Reibungskraft des Bodens entsprechend bzw. abgeminderte Bodenwichten in Ansatz gebracht. Die Berechnung, unter Berücksichtigung der unter Auftrieb liegenden Schichten, erfolgt nach folgender Formel:

$$t_{r,d} = (\sum \gamma' \cdot d' + \gamma_{r,k} \cdot (d - d') \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

#### Reibungskraft (Verkehr) $t_{R,h}$ :

Die zusätzliche haltende Kraft, die aus dem Eigengewicht des Fahrzeugs resultiert, berechnet sich wie folgt:

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

#### Reibungskraft (Schnee) $t_{s,h,d}$ :

Aus der zu berücksichtigenden Schneelast  $s_k = 0,86 \text{ kN/m}^2$  auf den Oberboden berechnet sich die Erhöhung der haltenden Kräfte in den Schichtgrenzen pro laufender Meter Böschungslänge in Böschungsfallrichtung wie folgt:

$$t_{s,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

### 4.4 Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ für Bemessungssituation BS-P

Für den Einbauzustand ergibt sich aus der Integration der treibenden und haltenden Kräfte über die Böschungslänge folgender Nachweis:

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{r,d} + t_{s,h,d}) \leq 1,0$$

Der Auslastungsgrad  $\mu$  darf die Vorgabe von  $\mu \leq 1,0$  nicht überschreiten, da ansonsten die Anforderung an den Stand- und Gleitsicherheitsnachweis nicht gewährleistet werden kann.

Die erbrachten Nachweise für die jeweiligen Scherebenen können aus Anlage 1 entnommen werden.

Tabelle 3: Auslastungsgrad  $\mu$  für Bemessungssituation BS-P (von unten nach oben)

Scherebene	Schichtdicke Gesamt [m]	Summe Einwirkungen [kN/m <sup>2</sup> ]	Summe Widerstände [kN/m <sup>2</sup> ]	Auslastungs- grad $\mu$
Planum	1,5	9,97	23,96	<b>0,42</b>
TAS / Planum	1,5	9,97	14,67	<b>0,68</b>
TAS	1,4	9,03	15,17	<b>0,59</b>
KDB / TAS	1,2	14,17	16,82	<b>0,84</b>
Reku-Boden / KDB	1,2	15,56	24,13	<b>0,64</b>
Reku-Boden	0,6	8,69	12,09	<b>0,72</b>

Der Nachweis des Auslastungsgrades  $\mu$  nach der Vorgabe  $\mu \leq 1,0$  ist somit für die Bemessungssituation **BS-P** bei allen relevanten Scherebenen erfüllt.

#### 4.5 Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ für Bemessungssituation BS-T

Für den Einbauzustand ergibt sich aus der Integration der treibenden und haltenden Kräfte über die Böschungslänge folgender Nachweis:

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

Der Auslastungsgrad  $\mu$  darf die Vorgabe von  $\mu \leq 1,0$  nicht überschreiten, da ansonsten die Anforderung an den Stand- und Gleitsicherheitsnachweis nicht gewährleistet werden kann.

Für die Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$  für die Bemessungssituation BS-T wurde jeweils die Schichtdicke der 1. Lage, die vor Kopf eingebaut und somit befahren wird, herangezogen. Dieser Fall stellt aufgrund der geringen Schichtmächtigkeit der befahrenen Schicht den ungünstigsten Fall dar.

Da für die Verlegung der Geotextilien keine Befahrung der Fläche mit Baufahrzeugen notwendig wird, wurden die entsprechenden Scherebenen für die Bemessungssituation BS-T nicht berücksichtigt.

Die erbrachten Nachweise für die jeweiligen Scherebenen können aus Anlage 2 entnommen werden.

Tabelle 4: Auslastungsgrad  $\mu$  für Bemessungssituation BS-T (von unten nach oben)

Scherebene	Schichtdicke Gesamt [m]	Schichtdicke der befahrenen Lage [m]	Summe Einwirkungen [kN/m <sup>2</sup> ]	Summe Widerstände [kN/m <sup>2</sup> ]	Auslastungsgrad $\mu$
Planum	1,5	0,6	18,32	36,85	<b>0,50</b>
TAS / Planum	1,5	0,9	18,32	26,75	<b>0,68</b>
TAS	1,4	0,9	17,37	22,27	<b>0,78</b>
KDB / TAS	1,2	0,3	25,38	25,90	<b>0,98</b>
Reku-Boden / KDB	1,2	0,3	37,72	37,91	<b>0,99</b>
Reku-Boden	0,6	1,8	19,86	20,86	<b>0,95</b>

Der Nachweis des Auslastungsgrades  $\mu$  nach der Vorgabe  $\mu \leq 1,0$  ist somit für die Bemessungssituation **BS-T** bei allen relevanten Scherebenen erfüllt.

#### 4.6 Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ für Bemessungssituation BS-A

Für den Zustand unter außergewöhnlichen Einwirkungen ergibt sich aus der Integration der treibenden und haltenden Kräfte über die Böschungslänge folgender Nachweis:

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) \leq 1,0$$

Der Auslastungsgrad  $\mu$  darf die Vorgabe von  $\mu \leq 1,0$  nicht überschreiten, da ansonsten die Anforderung an den Stand- und Gleitsicherheitsnachweis nicht gewährleistet werden kann.

Für die Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$  für die Bemessungssituation BS-A wurde von wassergesättigten Böden ausgegangen. Zudem wurde eine Havarie der Entwässerungseinrichtungen angenommen, die zu einem teilweisen Wassereinstau in den unterschiedlichen Schichten und damit verbunden dazu führt, dass diese Schichten teilweise unter Auftrieb vorliegen. Es erfolgte die Betrachtung des ungünstigsten Falles, mit der Annahme, dass ein Einstau in der gesamten TAS-Schicht vorliegt. Die Einstauhöhe für die Rekultivierungsschicht wurde mit 0,4 m angenommen.

Die erbrachten Nachweise für die jeweiligen Scherebenen können aus Anlage 3 entnommen werden.

Tabelle 5: Auslastungsgrad  $\mu$  für Bemessungssituation BS-A (von unten nach oben)

Scherebene	Schichtdicke Gesamt [m]	Angenommene Einstauhöhe [m]	Summe Einwirkungen [kN/m <sup>2</sup> ]	Summe Widerstände [kN/m <sup>2</sup> ]	Auslastungsgrad $\mu$
Planum	1,5	1,9	12,19	27,23	<b>0,45</b>
TAS / Planum	1,5	1,9	12,19	16,67	<b>0,73</b>
TAS	3,3	1,9	10,45	17,24	<b>0,61</b>
KDB / TAS	2,4	1,0	16,39	19,11	<b>0,86</b>
Reku-Boden / KDB	1,2	0,4	16,39	27,42	<b>0,60</b>
Reku-Boden	0,6	0,4	9,52	13,73	<b>0,69</b>

Der Nachweis des Auslastungsgrades  $\mu$  nach der Vorgabe  $\mu \leq 1,0$  ist somit für die Bemessungssituation **BS-A** bei allen relevanten Scherebenen erfüllt.

## 5. Beurteilung des Stand- und Gleitsicherheitsnachweis

Die gestellten Anforderungen des Stand- und Gleitsicherheitsnachweises für das Abdichtungsmaterial werden für die Oberflächenabdichtung unter Berücksichtigung der Materialkennwerte eingehalten (vgl. Tab. 3-5). Die in der Scherebene zwischen TAS/KDB und für die inneren Scherebenen der TAS und des Planums für die Bemessungssituation BS-A ermittelten relativ hohen Auslastungsgrades von  $\mu = 0,86$  resultiert aus der Annahme des äußerst unwahrscheinlichen Extremfalls, dass ein Einstau in der gesamten Schicht TAS auftritt und somit die gesamte Schicht unter Auftrieb liegt. Selbst unter dieser negativen Annahme kann die Vorgabe von  $\mu \leq 1,0$  eingehalten werden.

Sofern das Material für die Erweiterung der Oberflächenabdichtung der Deponie Spitzberg in Richtung Süden mit entsprechenden Materialkennwerten und unter genannten Rahmenbedingungen eingebaut wird, ist eine ausreichende Sicherheit in den jeweiligen Scherflächen sowie innerhalb der mineralischen Materialien für Böschungsneigungen bis 1:1,5 (ca. 33,7°) bzw. 1:3 (ca. 18,4°) gegeben. Die Materialkennwerte sind im Zuge der Ausführung labortechnisch zu untersuchen und nachzuweisen.

Die erbrachten Nachweise für die jeweiligen Scherebenen können aus Anlage 1-3 entnommen werden, die Ergebnisse der Scherversuche können in Anlage 4 betrachtet werden.

## 6. Gesamtstandsicherheitsnachweis

Die vorhandenen Böschungen der Oberflächenabdichtung weisen einen Höhenunterschied von bis zu ca. 14,0 m auf und sind mit ca. 1:3 geböscht. Ab Oberkante Böschung sowie auf der Böschungsoberfläche wurde eine allgemeine Verkehrslast von 10,0 kN/m<sup>2</sup> angesetzt, die auf der Geländeoberkante berücksichtigt wurde. Die genauen Geländegeometrien und Bodenschichten können aus den erdstatischen Bemessungen entnommen werden.

Für den im Lastfall BS-P berechneten Zustand der Böschung (Oberflächenabdichtung) für eine dauerhafte Gebrauchs-Bemessungssituation mit den oben genannten Verkehrslasten wurden die nachfolgend genannten Ausnutzungsgrade für die Böschungen ermittelt:

- Schnitt B Oberflächenabdichtung:  
Gesamthöhe 13,0 m – Neigung 1 : 3 – (siehe Anlage 5)

Ausnutzungsgrad:  $\mu = 0,90 \leq 1,00$

Die vorhandenen Böschungen des Deponats weisen einen Höhenunterschied von bis zu ca. 17,0 m auf und sind mit ca. 1:1,5 geböscht. Ab Oberkante Böschung sowie auf der Böschungsoberfläche wurde eine allgemeine Verkehrslast von 10,0 kN/m<sup>2</sup> angesetzt, die auf der Geländeoberkante berücksichtigt wurde. Die genauen Geländegeometrien und Bodenschichten können aus den erdstatischen Bemessungen entnommen werden.

Für den im Lastfall BS-T berechneten Zustand der Böschung (Deponat) für eine temporäre Gebrauchs-Bemessungssituation mit den oben genannten Verkehrslasten wurden die nachfolgend genannten Ausnutzungsgrade für die Böschungen ermittelt:

- Schnitt A Deponat:  
Gesamthöhe 18,0 m – Neigung 1 : 1,5 – (siehe Anlage 5)

Ausnutzungsgrad:  $\mu = 0,98 \leq 1,00$

**Die Gesamtstandsicherheit der Böschungen sind hiermit für den dauerhaften bzw. temporären Zustand mit ausreichendem Sicherheitsniveau (Ausnutzungsgrad  $\leq 1,00$ ) nachgewiesen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass Abgrabungen bzw. Versteilerungen an dieser Böschung nicht zulässig sind. Die Böschung gilt mit oben genannten Parametern als in sich standsicher, sofern Schicht- / Stauwasser in der Böschung ausgeschlossen bzw. schadlos aufgenommen und abgeleitet werden kann.**

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Tobias Kufner  
Geschäftsführer  
Dipl.-Geoökologe(Univ.)

**Anlage 1**

## Ermittlung des Auslastungsgrades



**GeoPlan**

### Innere Scherebene Reku-Boden

Böschungsneigung:		$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:		$d_{ges} =$	0,60 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_1 =$	0,60 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_2 =$	m
Dicke der Bodenschichten:		$d_3 =$	m
Schneelast:		$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:		$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:		$\gamma_2 =$	kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:		$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:		$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:		$h_w =$	0,25 m
Reibungswinkel:		$\varphi_k =$	25,00 °
Kohäsion:		$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$	1,00 BS-P
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$	1,30 BS-P
	Widerstände	$\gamma_\delta =$	1,25 BS-P

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 6,82 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 1,39 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 7,82 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 4,27 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,72 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene Reku-Boden / KDB

Böschungsneigung:	$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,21 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,25 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	35,50 °
Adhäsion:	$a_k =$	7,50 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-P
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,30 BS-P
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,25 BS-P

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 13,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 1,39 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 17,72 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 6,41 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,64 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene KDB / TAS

Böschungsneigung:	$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,21 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	37,00 °
Adhäsion:	$a_k =$	2,50 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-P
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,30 BS-P
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,25 BS-P

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 13,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 14,38 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 2,43 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,84 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene TAS

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,36 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,15 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	35,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-P
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,30 BS-P
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,25 BS-P

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 8,75 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 14,72 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 0,46 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,59 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene TAS / Planum

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,51 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,30 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	31,50 °
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-P
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,30 BS-P
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,25 BS-P

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 9,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 14,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 0,40 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,68 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene Planum bzw. Deponatoberkante

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,51 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,30 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	25,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	8,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-P
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,30 BS-P
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,25 BS-P

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 9,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 17,26 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 6,70 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,42 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

**Anlage 2**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene Reku-Boden

Böschungsniegung:	$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	0,60 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	0,60 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,25 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	25,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Verkehrslast (Maximum in 1. Lage):	$p_k =$	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-T
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,20 BS-T
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,15 BS-T

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 6,82 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 1,39 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, statisch):

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta \quad 6,66 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, dynamisch):

$$t_{R,d} = \quad 4,55 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{r,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 8,50 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

$$4,64 \text{ kN/m}^2$$

**Reibungskraft (Verkehr):**

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

$$7,72 \text{ kN/m}^2$$

**Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$ :**

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

$$0,95 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**



## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene Reku-Boden / KDB

Böschungsneigung:	$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,21 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,25 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	35,50 °
Adhäsion:	$a_k =$	7,50 kN/m <sup>2</sup>
Verkehrslast (Maximum in 1. Lage):	$p_k =$	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-T
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,20 BS-T
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,15 BS-T

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 24,65 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 1,39 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, statisch):

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta \quad 6,66 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, dynamisch):

$$t_{R,d} = \quad 4,55 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 19,26 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 6,97 \text{ kN/m}^2$$

**Reibungskraft (Verkehr):**

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

$$11,68 \text{ kN/m}^2$$

**Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$ :**

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

$$0,99 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene KDB / TAS

Böschungsneigung:	$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,21 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	37,00 °
Adhäsion:	$a_k =$	2,50 kN/m <sup>2</sup>
Verkehrslast (Maximum in 1. Lage):	$p_k =$	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-T
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,20 BS-T
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,15 BS-T

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 13,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, statisch):

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta \quad 6,66 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, dynamisch):

$$t_{R,d} = \quad 4,55 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{r,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 15,64 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{s,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 2,64 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Verkehr):

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

$$7,63 \text{ kN/m}^2$$

**Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$ :**

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

$$0,98 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**



## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene TAS

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,36 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,15 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	35,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Verkehrslast (Maximum in 1. Lage):	$p_k =$	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-T
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,20 BS-T
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,15 BS-T

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 8,75 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, statisch):

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta \quad 3,79 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, dynamisch):

$$t_{R,d} = \quad 4,55 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 16,00 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 0,50 \text{ kN/m}^2$$

**Reibungskraft (Verkehr):**

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

5,78 kN/m<sup>2</sup>

**Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$ :**

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

0,78 < 1,0

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene TAS / Planum

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,51 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,30 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	31,50 °
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Verkehrslast (Maximum in 1. Lage):	$p_k =$	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-T
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,20 BS-T
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,15 BS-T

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 9,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, statisch):

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta \quad 3,79 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, dynamisch):

$$t_{R,d} = \quad 4,55 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 15,52 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 0,43 \text{ kN/m}^2$$

**Reibungskraft (Verkehr):**

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

$$10,80 \text{ kN/m}^2$$

**Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$ :**

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

$$0,68 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene Planum bzw. Deponatoberkante

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,51 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,30 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,00 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	25,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	8,00 kN/m <sup>2</sup>
Verkehrslast (Maximum in 1. Lage):	$p_k =$	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-T
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,20 BS-T
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,15 BS-T

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 9,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,00 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, statisch):

$$t_{R,s} = p_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta \quad 3,79 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Verkehr, dynamisch):

$$t_{R,d} = \quad 4,55 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 18,76 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 7,29 \text{ kN/m}^2$$

**Reibungskraft (Verkehr):**

$$t_{R,h} = (p_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta)$$

$$10,80 \text{ kN/m}^2$$

**Berechnung des Auslastungsgrades  $\mu$ :**

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d} + t_{R,s} + t_{R,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d} + t_{R,h}) < 1,0$$

$$0,50 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

**Anlage 3**



## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene Reku-Boden

Böschungsneigung:		$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:		$d_{ges} =$	0,60 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_1 =$	0,60 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_2 =$	m
Dicke der Bodenschichten:		$d_3 =$	m
Schneelast:		$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:		$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:		$\gamma_2 =$	kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:		$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:		$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:		$h_w =$	0,40 m
Reibungswinkel:		$\varphi_k =$	25,00 °
Kohäsion:		$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$	1,00 BS-A
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$	1,00 BS-A
	Widerstände	$\gamma_\delta =$	1,10 BS-A

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 6,82 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 2,22 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 8,88 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 4,85 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,69 < 1,0$$

Der Nachweis ist somit erfüllt!

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene Reku-Boden / KDB

Böschungsneigung:		$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:		$d_{ges} =$	1,21 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:		$d_3 =$	m
Schneelast:		$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:		$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:		$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:		$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:		$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:		$h_w =$	0,40 m
Kontaktreibungswinkel:		$\delta_k =$	35,50 °
Adhäsion:		$a_k =$	7,50 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$	1,00 BS-A
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$	1,00 BS-A
	Widerstände	$\gamma_\delta =$	1,10 BS-A

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 13,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 2,22 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 20,14 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 7,28 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,60 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene KDB / TAS

Böschungsneigung:	$\beta =$	33,69 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,21 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,40 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	37,00 °
Adhäsion:	$a_k =$	2,50 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-A
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,00 BS-A
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,10 BS-A

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 13,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,48 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 2,22 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 16,35 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 2,76 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,86 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**



## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene TAS

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,36 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,15 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,45 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	35,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-A
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,00 BS-A
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,10 BS-A

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 8,75 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 1,42 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 16,72 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 0,52 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,61 < 1,0$$

Der Nachweis ist somit erfüllt!

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Scherebene TAS / Planum

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,51 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,30 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,70 m
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k =$	31,50 °
Adhäsion:	$a_k =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-A
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,00 BS-A
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,10 BS-A

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 9,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 2,21 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 16,22 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta) + (a_k / \gamma_\delta) \quad 0,45 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,73 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

## Ermittlung des Auslastungsgrades

### Innere Scherebene Planum bzw. Deponatoberkante

Böschungsneigung:	$\beta =$	18,43 °
Dicke der Bodenschichten Gesamt:	$d_{ges} =$	1,51 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 =$	1,20 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_2 =$	0,01 m
Dicke der Bodenschichten:	$d_3 =$	0,30 m
Schneelast:	$s_k =$	0,86 kN/m <sup>2</sup>
Bodenwichte d1:	$\gamma_{r,k 1} =$	20,50 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d2:	$\gamma_2 =$	9,00 kN/m <sup>3</sup>
Bodenwichte d3:	$\gamma_3 =$	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Wasserwichte:	$\gamma_w =$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Angenommene Einstauhöhe:	$h_w =$	0,70 m
Reibungswinkel:	$\varphi_k =$	25,00 °
Kohäsion:	$c_k =$	8,00 kN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig)	$\gamma_G =$ 1,00 BS-A
	Einwirkung (veränderlich)	$\gamma_Q =$ 1,00 BS-A
	Widerstände	$\gamma_\delta =$ 1,10 BS-A

### Einwirkungen:

#### Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d) \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 9,70 \text{ kN/m}^2$$

#### Schubkraft (Schnee):

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 0,27 \text{ kN/m}^2$$

#### Strömungskraft:

$$s_{w,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_G \cdot \sin \beta \quad 2,21 \text{ kN/m}^2$$

### Widerstände:

#### Reibungskraft (Boden):

$$t_{f,d} = ((\gamma \cdot d) \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 19,62 \text{ kN/m}^2$$

#### Reibungskraft (Schnee):

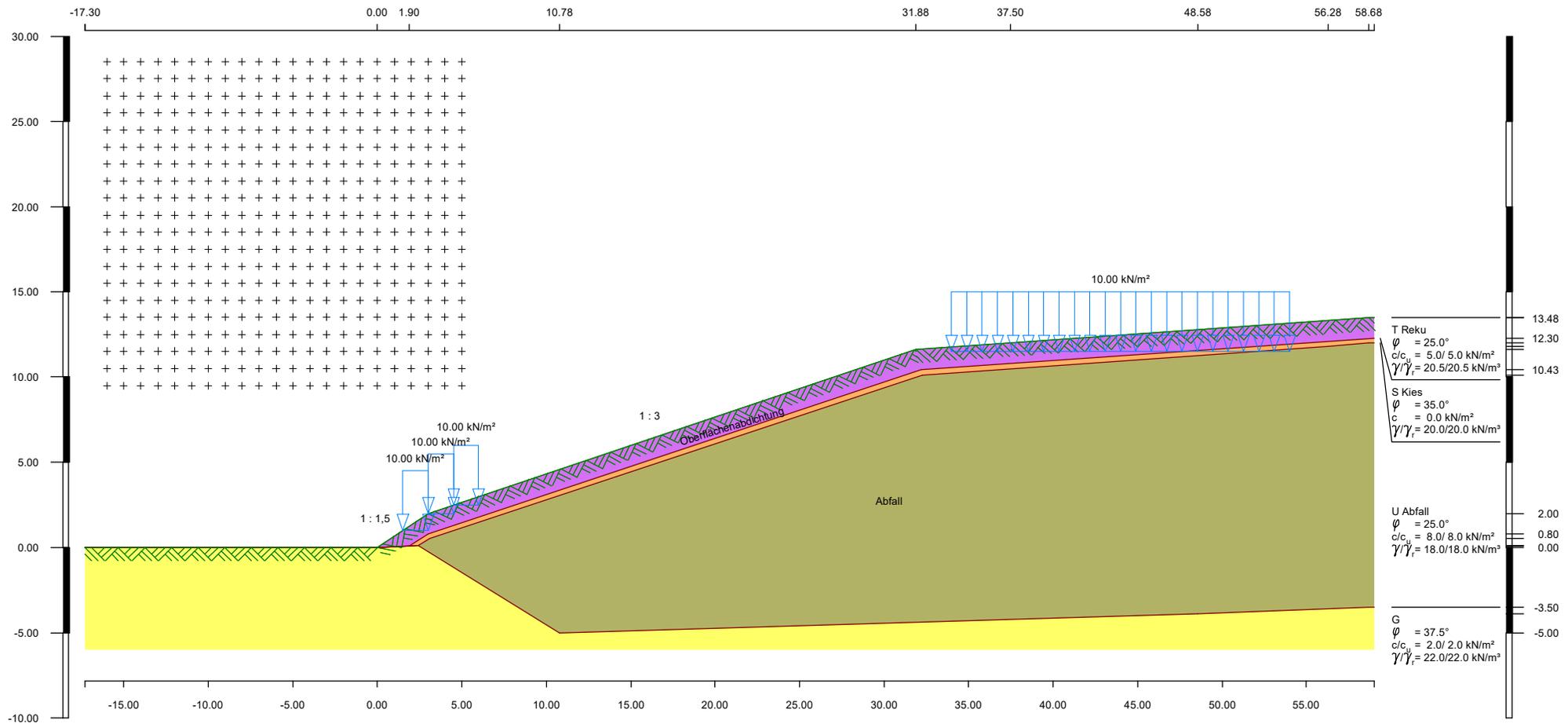
$$t_{S,h,d} = (s_k \cdot \cos \beta \cdot (\tan \varphi_k) / \gamma_\delta) + (c_k / \gamma_\delta) \quad 7,62 \text{ kN/m}^2$$

### Berechnung des Auslastungsgrades $\mu$ :

$$\mu = (t_{B,d} + t_{S,d} + s_{w,d}) / (t_{f,d} + t_{S,h,d}) < 1,0 \quad 0,45 < 1,0$$

**Der Nachweis ist somit erfüllt!**

**Anlage 4**





## Berechnung nach: DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010

Nachweis nach DIN 4084:2009

Berechnung mit Nachweisverfahren 3

Kombination mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A2 + M2 + R3

<b>Schichtdaten</b>		<b>T Reku</b>	<b>S Kies</b>	<b>U Abfall</b>		
Innere Reibung $\text{cal } \varphi'$	[Grad]	25.00 37.50	35.00	25.00		
Kohäsion $\text{cal } c'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5.0 2.0	0.0	8.0		
Kohäsion undrainiert $c_u$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5.0 2.0	0.0	8.0		
Wichte Boden	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.5 22.0	20.0	18.0		
Wichte wassergesättigt	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.5 22.0	20.0	18.0		
Wichte unter Auftrieb	[kN/m <sup>3</sup> ]	10.5 12.0	10.0	8.0		
<b>Geländeverlauf und Schichten</b>						
x [m]		-17.30 3.12 37.50	0.00 10.78 48.58	1.90 31.88 56.28	2.42 32.20 58.68	3.00 32.26 59.00
z Gelände		0.00 2.04 12.00	0.00 4.59 12.77	1.27 11.62 13.31	1.61 11.64 13.48	2.00 11.65 13.48
z Schicht	<b>T Reku</b>	0.00 0.84 10.80	0.00 3.37 11.57	0.08 10.32 12.11	0.42 10.43 12.28	0.80 10.43 12.30
z Schicht	<b>S Kies</b>	0.00 0.51 10.50	0.00 3.04 11.27	0.08 10.00 11.81	0.10 10.11 12.00	0.44 10.13 12.00
z Schicht	<b>U Abfall</b>	0.00 -0.33 -4.21	0.00 -5.00 -3.88	0.08 -4.37 -3.59	0.10 -4.37 -3.50	-0.25 -4.36 -3.50
z Schicht	<b>G</b>	-1000.00 -1000.00 -1000.00	-1000.00 -1000.00 -1000.00	-1000.00 -1000.00 -1000.00	-1000.00 -1000.00 -1000.00	-1000.00 -1000.00 -1000.00

### Streckenlasten

Alle Lasten beziehen sich auf 1 m Länge

Lastfall	q	$x_A$	$x_E$	$Z_Q$	$\gamma$	$\psi$	
1	Q	10.0	34.0	54.0	11.50	1.30	1.00
	Q	10.0	3.0	4.5	2.00	1.30	1.00
	Q	10.0	4.5	6.0	2.50	1.30	1.00
	Q	10.0	1.5	3.0	1.00	1.30	1.00

### Lamellenbreiten

Von x [m]	bis x [m]	Breite [m]
-10000.00	10000.00	1.00

**Teilsicherheitsbeiwerte (GEO) für NW-Verf. 3**

$\gamma$ -	G	Q	W	E	$\varphi$	c	$c_u$	$R_a$	$R_b$
BS-P	1.00	1.30	1.00	1.30	1.25	1.25	1.25	1.10	1.40
BS-T	1.00	1.20	1.00	1.20	1.15	1.15	1.15	1.10	1.30
BS-A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.20
BS-T/A	1.00	1.10	1.00	1.10	1.12	1.12	1.12	1.10	1.25

$\gamma$ -	Teilsicherheitsbeiwert für...
G	Ständige Lasten
Q	Veränderliche Lasten
W	Wasserdruck
E	Erdbeben
$\varphi$	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
$c_u$	Kohäsion undränirt $c_u$
$R_a$	Anker
$R_b$	Bauteile

**Bestimmung der Sicherheit nach Krey-Bishop**

Raster mit x von -16.00 m bis 5.00 m, z von 9.50 m bis 28.50 m

$\Delta x = 1.00$  m,  $\Delta z = 1.00$  m,

mit Radius von  $R = 1.00$  m bis 12.00 m,  $\Delta R = 1.00$  m

**Lastfall 1 (Typ: BS-P)**

Gleitkörper von x = 0.00 bis 4.99 m

Gleitkreis:  $x_M = -0.06$  m,  $z_M = 6.13$  m,  $R = 6.13$  m

**Bestimmung der Lamellen-Anteile**

$x_M$	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	$\varphi$	c	$\vartheta$
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]
0.25	0.50	1.60	0.00	0.00	37.50	2.0	2.92
0.75	0.50	4.53	0.00	0.00	25.00	5.0	7.61
1.25	0.50	7.03	0.00	0.00	25.00	5.0	12.35
1.75	0.50	9.09	0.00	0.00	25.00	5.0	17.18
2.25	0.50	10.67	0.00	0.00	25.00	5.0	22.14
2.74	0.50	11.71	6.09	0.00	25.00	5.0	27.28
3.24	0.50	11.34	6.49	0.00	25.00	5.0	32.67
3.74	0.50	9.38	6.49	0.00	25.00	5.0	38.41
4.24	0.50	6.54	6.49	0.00	25.00	5.0	44.65
4.74	0.50	2.50	6.37	0.00	25.00	5.0	51.65
$x_M$						$R^*T_i$	$R^*G^*$ $\sin(\vartheta)$
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
0.25						10.61	0.50
0.75						21.79	3.67
1.25						26.97	9.21
1.75						31.28	16.45
2.25						34.74	24.62
2.74						50.70	49.97
3.24						51.73	58.94
3.74						48.81	60.36
4.24						44.27	56.06
4.74						36.73	42.63

Summen:

357.63

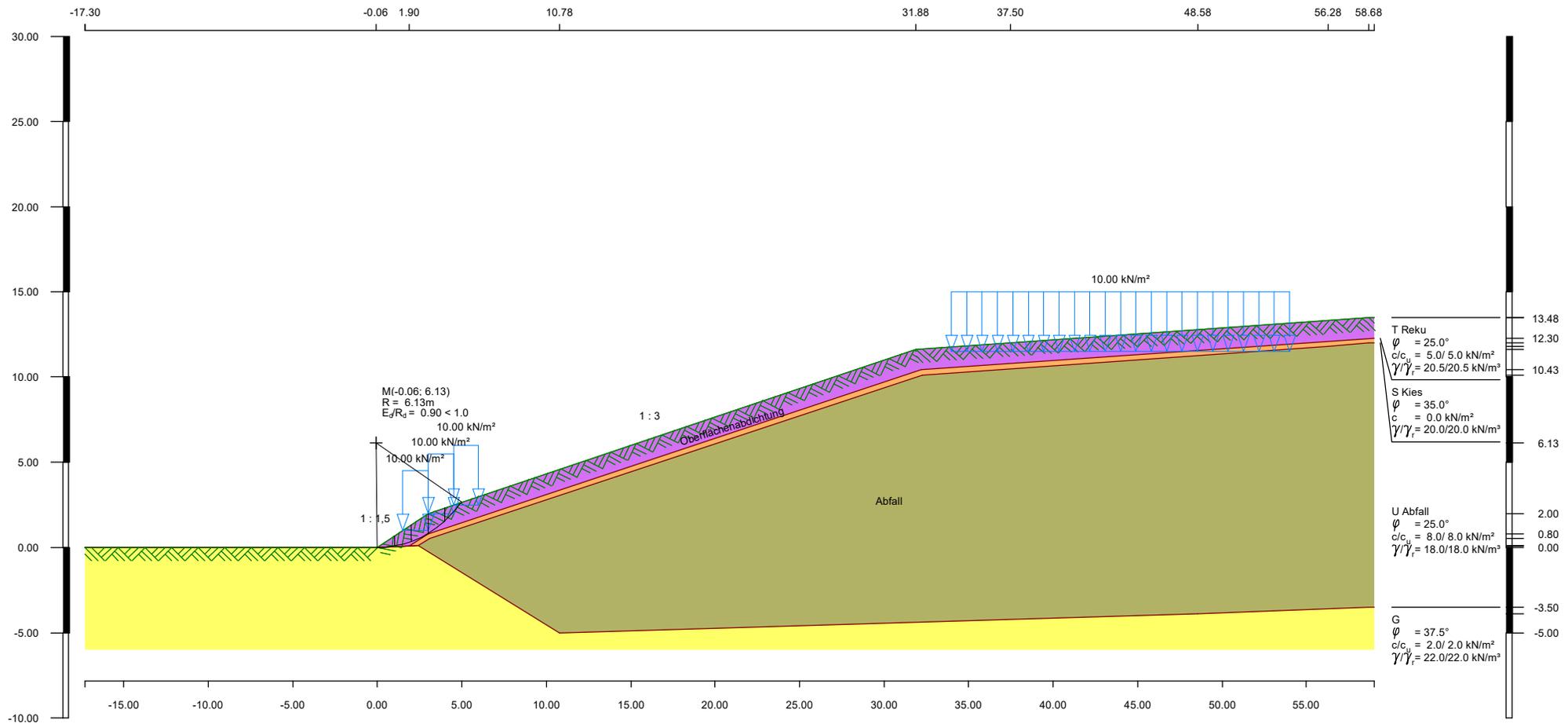
322.43



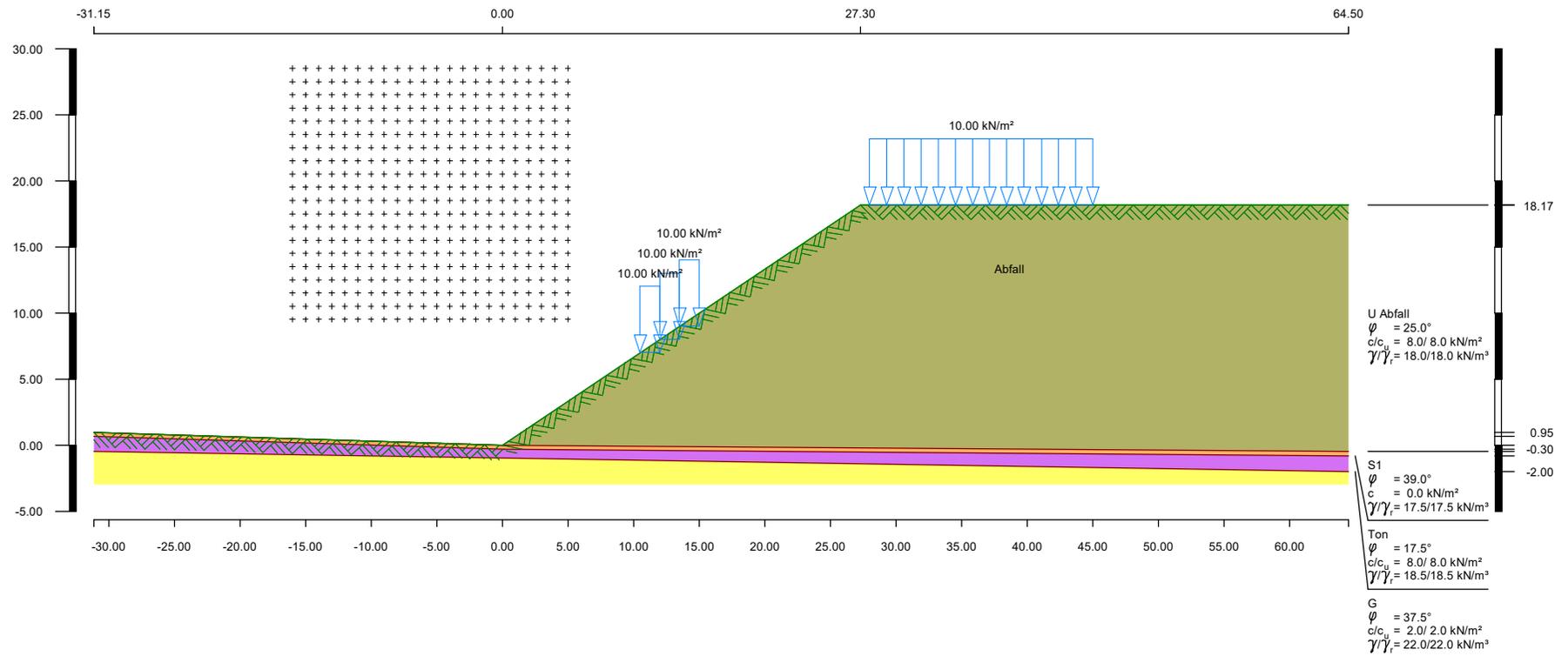
Einwirkungen  $E_d = 322.43 \text{ kN}$   
Widerstände  $R_d = 357.63 \text{ kN}$

$E_d/R_d = 0.90 < 1.0$

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*



**Anlage 5**





## Berechnung nach: DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010

Nachweis nach DIN 4084:2009

Berechnung mit Nachweisverfahren 3

Kombination mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A2 + M2 + R3

Schichtdaten		U Abfall	S1	Ton
		G		
Innere Reibung $\text{cal } \varphi'$	[Grad]	25.00	39.00	17.50
		37.50		
Kohäsion $\text{cal } c'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	8.0	0.0	8.0
		2.0		
Kohäsion undrainiert $c_u$	[kN/m <sup>2</sup> ]	8.0	0.0	8.0
		2.0		
Wichte Boden	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.0	17.5	18.5
		22.0		
Wichte wassergesättigt	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.0	17.5	18.5
		22.0		
Wichte unter Auftrieb	[kN/m <sup>3</sup> ]	8.0	7.5	8.5
		12.0		

### Geländeverlauf und Schichten

x [m]		-31.15	0.00	0.17	27.30	64.50
z Gelände		0.95	0.00	0.11	18.17	18.17
z Schicht	<b>U Abfall</b>	0.95	0.00	0.00	-0.21	-0.50
z Schicht	<b>S1</b>	0.65	-0.29	-0.30	-0.51	-0.80
z Schicht	<b>Ton</b>	-0.50	-0.99	-0.99	-1.42	-2.00
z Schicht	<b>G</b>	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00

### Streckenlasten

Alle Lasten beziehen sich auf 1 m Länge

Lastfall	q	$x_A$	$x_E$	$z_Q$	$\gamma$	$\psi$
1	Q	10.0	28.0	45.0	18.17	1.20
	Q	10.0	10.5	12.0	6.99	1.20
	Q	10.0	12.0	13.5	7.99	1.20
	Q	10.0	13.5	15.0	8.99	1.20

### Lamellenbreiten

Von x [m]	bis x [m]	Breite [m]
-10000.00	10000.00	1.00

### Teilsicherheitsbeiwerte (GEO) für NW-Verf. 3

$\gamma$ -	G	Q	W	E	$\varphi$	c	$c_u$	$R_a$	$R_b$
BS-P	1.00	1.30	1.00	1.30	1.25	1.25	1.25	1.10	1.40
BS-T	1.00	1.20	1.00	1.20	1.15	1.15	1.15	1.10	1.30
BS-A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.20
BS-T/A	1.00	1.10	1.00	1.10	1.12	1.12	1.12	1.10	1.25

$\gamma$ -	Teilsicherheitsbeiwert für...
G	Ständige Lasten
Q	Veränderliche Lasten
W	Wasserdruck
E	Erdbeben
$\varphi$	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
$c_u$	Kohäsion undränniert $c_u$
$R_a$	Anker
$R_b$	Bauteile

**Bestimmung der Sicherheit nach Krey-Bishop**

Raster mit x von -16.00 m bis 5.00 m, z von 9.50 m bis 28.50 m

$\Delta x = 1.00$  m,  $\Delta z = 1.00$  m,

mit Radius von  $R = 1.00$  m bis 12.00 m,  $\Delta R = 1.00$  m

**Lastfall 1 (Typ: BS-T)**

Gleitkörper von x = -1.20 bis 24.16 m

Gleitkreis:  $x_M = 4.88$  m,  $z_M = 18.50$  m,  $R = 19.44$  m

**Bestimmung der Lamellen-Anteile**

$x_M$	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	$\varphi$	c	$\vartheta$
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]
-1.10	0.20	0.10	0.00	0.00	39.00	0.0	-17.90
-0.50	1.00	3.35	0.00	0.00	39.00	0.0	-16.05
0.50	1.00	13.75	0.00	0.00	17.50	8.0	-13.01
1.50	1.00	29.49	0.00	0.00	17.50	8.0	-10.00
2.50	1.00	44.23	0.00	0.00	17.50	8.0	-7.02
3.50	1.00	58.00	0.00	0.00	17.50	8.0	-4.06
4.50	1.00	70.81	0.00	0.00	17.50	8.0	-1.11
5.50	1.00	82.67	0.00	0.00	17.50	8.0	1.84
6.50	1.00	93.57	0.00	0.00	17.50	8.0	4.80
7.50	1.00	103.51	0.00	0.00	17.50	8.0	7.76
8.50	1.00	112.47	0.00	0.00	17.50	8.0	10.75
9.50	1.00	120.46	0.00	0.00	17.50	8.0	13.77
10.50	1.00	127.61	0.00	0.00	39.00	0.0	16.82
11.50	1.00	133.63	0.00	0.00	25.00	8.0	19.93
12.50	1.00	138.51	0.00	0.00	25.00	8.0	23.10
13.50	1.00	142.20	10.84	0.00	25.00	8.0	26.34
14.50	1.00	144.59	12.00	0.00	25.00	8.0	29.68
15.50	1.00	145.57	0.00	0.00	25.00	8.0	33.14
16.50	1.00	144.97	0.00	0.00	25.00	8.0	36.73
17.50	1.00	142.55	0.00	0.00	25.00	8.0	40.51
18.50	1.00	138.00	0.00	0.00	25.00	8.0	44.50
19.50	1.00	130.87	0.00	0.00	25.00	8.0	48.80
20.50	1.00	120.43	0.00	0.00	25.00	8.0	53.50
21.50	1.00	105.43	0.00	0.00	25.00	8.0	58.79
22.50	1.00	83.29	0.00	0.00	25.00	8.0	65.06
23.50	1.00	45.80	0.00	0.00	25.00	8.0	73.38
24.08	0.16	1.44	0.00	0.00	25.00	8.0	81.14
$x_M$						$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
-1.10						1.93	-0.62
-0.50						59.50	-17.99
0.50						228.18	-60.16
1.50						311.65	-99.51
2.50						386.54	-105.05
3.50						454.10	-79.75
4.50						515.36	-26.55
5.50						571.13	51.67
6.50						622.07	152.05
7.50						668.68	271.72
8.50						711.38	407.71
9.50						750.65	557.12
10.50						1509.23	717.78
11.50						1104.70	885.29
12.50						1140.24	1056.13
13.50						1250.38	1319.94
14.50						1284.77	1507.21



$x_M$	$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]	[kNm/m]	[kNm/m]
15.50	1215.75	1546.71
16.50	1229.22	1685.23
17.50	1235.40	1799.67
18.50	1232.51	1880.30
19.50	1217.60	1914.00
20.50	1185.41	1881.73
21.50	1125.35	1752.83
22.50	1011.65	1468.06
23.50	743.39	853.08
24.08	60.64	27.70

Summen:

21827.41

21346.30

Einwirkungen  $E_d = 21346.30$  kNWiderstände  $R_d = 21827.41$  kN $E_d/R_d = 0.98 < 1.0$ 

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*

