

Standort/ Vorhaben
DK0- Boden- und Bauschuttdeponie Lösau

Gutachten/ Bericht
Fachanlagenteil 10.5.2:
Standortsicherheitsnachweis Rekultivierung



Auftraggeber:	Recycling plus GmbH Niederlassung Weißenfels Heerweg 1 06686 Lützen		
Standort:	Tagebau Bewilligungsfeld Borau		
Auftrag:	Fachanlagenteil 10.5.2: Standortsicherheitsnachweis der Rekultivierung		
Auftrag-Nr.:	2021-12-001	Bericht-Nr.:	2021-12-003/5.2
Umfang:	15 Seiten 11 Tabellen 1 Abbildungen 14 Anlagen	Erstellt A. Veigel 13.11.2023	Geprüft A. Veigel 13.11.2023
		Freigegeben A. Veigel 13.11.2023	
Inhalt und redaktioneller Aufbau dieses Gutachtens unterliegen urheberrechtlicher Bestimmungen. Die Weitergabe dieses Gutachtens sowie die Verwertung (auch auszugsweise bzw. Anlagen) oder Verwendung für werbliche Zwecke ist nur mit schriftlichem Einverständnis der Geo + Plan Geotechnik GmbH gestattet. Dies gilt auch für Veröffentlichungen (Ausdruck, Internet).			
Information Ablage:	K:\Recycling Plus GmbH\Loesaulia_Teil C Standsicherheiten\B_Bearbeitung\04_Berichte\10_04_02_02 Rekultivierung.Docx		

Inhaltsverzeichnis

1	Vorhaben, Veranlassung.....	5
1.1	Vorhaben	5
1.2	Veranlassung.....	5
2	Schichtenaufbau, berechnungsrelevanter Hangbereich	6
2.1	Schichtenaufbau des Oberflächenabdichtungssystems	6
2.2	Länge des berechnungsrelevanten Hanges, Böschungsneigung	7
3	Standsicherheitsnachweis im Grenzzustand GEO-3 (vormals GZ 1C) ..	7
3.1	Vorgehen bei der Erstellung des Standsicherheitsnachweises.....	7
3.2	Bemessungssituationen (Einwirkungskombinationen, Sicherheitsklassen bei Widerständen, Lastfälle)	8
3.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände GEO-3.....	9
4	Bodenkennwerte und Scherparameter.....	9
5	Kritische Schichtfuge	10
6	Kräfte (Einwirkungen und Widerstände)	11
6.1	Einwirkungen	11
6.2	Widerstände.....	13
7	Ermittlung des Auslastungsgrades	14
7.1	Bauzustand.....	14
7.2	Endzustand.....	14
8	Ergebnisse der Standsicherheitsnachweise.....	15
8.1	Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten.....	15
8.2	Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch.....	15
9	Bewertung	15

Anlagen

1. Lageplan der Rekultivierung

Anlage 1.1 : Lageplan der Rekultivierung mit Darstellung des berechnungsrelevanten Schnitts im Maßstab M 1: 2.500

2 Nachweis der Gleitsicherheit der Schichtkomponenten untereinander des Oberflächenabdichtungssystems

Anlage 2.1 Bauzustand Bemessungssituation BS-T

Anlage 2.1.1 : Bauzustand Rekultivierungsschicht: Schichtdicke 1,0 m: Gleitfuge Rekultivierungsschicht Trag- und Ausgleichsschicht

Anlage 2.2 Endzustand Bemessungssituation BS-P

Anlage 2.2.1 Endzustand Rekultivierungsschicht: Schichtdicke 1,0 m: Gleitfuge Rekultivierungsschicht Trag- und Ausgleichsschicht

3 Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch

Anlage 3.1 : Bauzustand Deponie und Trenndamm Standsicherheitsnachweis mit Gleitkreisberechnung (Bemessungssituation BS-T) im Maßstab M 1: 500

Anlage 3.2 : Endzustand Deponie und Trenndamm Standsicherheitsnachweis mit Gleitkreisberechnung (Bemessungssituation BS-P) im Maßstab M 1: 500

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Schichtenaufbau des Trenndamms	6
Tab. 2:	Angaben zu dem für die Berechnung der Standsicherheit relevanten Böschungsabschnitt (Profilschnitt A, unterer Hangbereich)	7
Tab. 3:	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen nach DIN 1054: 2010-12: Tab A.2.1:	9
Tab. 4:	Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände nach DIN 1054: 2010-12, Tab. A.2.2:	9
Tab. 5:	Angesetzte Bodenkennwerte und Scherparameter.....	10
Tab. 6:	Ergebnisse der Standsicherheitsnachweise gegen Gleiten	15

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co.KG (2012): Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen anhand von Projektbeispielen
- DIN 1054: 2010-12: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 1055-2:2010-11: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen
- DIN 4149:2005-04: „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V.
- (1997): Geotechnik der Deponien und Altlasten;
 - (2008): GDA E 2-7 Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen
 - (2010): Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen – EBGEO; Berlin
- LAGA AD-HOC-AG „DEPONIETECHNIK“:
- (23.09.2021): Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“
- INGENIEURBÜRO HAAS-KAHLENBERG GMBH
- (18.10.2023): Lageplan Deponiewanne im Maßstab M 1: 1.000
 - (18.10.2023): Längsprofile L1, L2, L3 im Maßstab M 1: 1000
 - (18.10.2023): Querprofile Q1 im Maßstab M 1: 1000
- WUDKE, R.-B., WERTH, K. WITT, K.-J. (2008): Standsicherheitsnachweis für Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien; Bautechnik 9/ 2008

1 Vorhaben, Veranlassung

1.1 Vorhaben

Die KLAUS-Unternehmensgruppe plant die Errichtung und den Betrieb einer Deponie der Deponiekategorie DK0 nach DepV am Standort des Kies- und Sandtagebaus Lösau im Burgenlandkreis. Die Deponie befindet sich im südöstlichen Bereich des Bewilligungsfeldes Borau. Nach Osten und Süden lagert die Deponie den profilierten Abbauböschungen auf. Für den nördlichen Deponierand wird ein Trenndamm erstellt. Nach Westen überlappt die Deponie die Auffüllungen des Kiestagebaus.

1.2 Veranlassung

Die Deponie mit der Rekultivierungsschicht der DK 0 Boden- und Bauschutt Deponie Lösau ist standsicher zu errichten. Zum Nachweis der Standsicherheit beauftragte die Recycling plus GmbH die Geo + Plan GmbH mit der Erstellung der vorliegenden Standsicherheitsnachweise. Die östliche Böschung der rekultivierten Deponie ist die steilste Rekultivierungsböschung der Deponie (siehe Anlage 1.1). Für diese maßgebende Böschung ist der Standsicherheitsnachweis der Rekultivierungsschicht gegen Gleiten zu führen. Weiterhin ist für die Nordflanke der Deponie mit dem Trenndamm die Gesamtstandsicherheit des Hanges nachzuweisen

Für das abfallrechtliche Genehmigungsverfahren wurden mit den vorliegenden Unterlagen die notwendigen erdstatischen Nachweise für die DK 0-Boden- und Bauschuttdeponie Lösau erstellt. Dem Gutachten liegen die folgenden Fachanlagenteile zugrunde:

- Nr. 4.1: Lageplan Deponiewanne
- Nr. 5.1-4: Vorhaben in Profilen
- Nr. 6: Regeldetails
- Nr. 7.1: Rekultivierungsplan
- Nr. 12.1: Fachbeitrag Geologie und Hydrogeologie

2 Schichtenaufbau, berechnungsrelevanter Hangbereich

Die Deponiewanne wird weitestgehend von Kiesen der Elster-Kaltzeit gebildet. Für den nördlichen Deponierand wird ein Trenndamm erstellt. Nach Westen überlappt die Deponie die Auffüllungen des Kiestagebaus. Unterlagert wird der Kieskomplex von den tonig-schluffigen Schichten des Buntsandstein. Nach Osten und Süden lagert die Deponie den profilierten Abbauböschungen auf. Über dem Deponiekörper ist der Einbau einer Trag- und Ausgleichsschicht mit einer Schichtdicke von 0,5 m und der Einbau der Rekultivierungsschicht mit einer Schichtdicke von 1 m vorgesehen.

Im vorliegenden Standsicherheitsnachweis wird davon ausgegangen, dass der Trenndamm mit grobkörnigem und/ oder gemischtkörnigem Material (DIN 18196: GW, GU, GU*, SW, SW*) errichtet wird. Bei Einsatz von bindigem Material ist der Standsicherheitsnachweis unter Ansatz der labortechnisch zu bestimmenden Bodenkennwerte zu aktualisieren.

Tab. 1: Schichtenaufbau des Trenndamms

	Benennung der Schicht	Bodenbeschreibung	Schichtdicke (bei GWM 1/22)
Oberhalb Abbausoehle	Trenndamm	Gemischtkörniger Boden	9,0
Unterhalb Abbausoehle	Elsterkaltzeitliche Kiese und Sande	Überwiegend Kies mit vereinzelt Sandlagen	2 m
	Buntsandstein	Schluff, Schluffstein, Ton, Tonstein	>> 10 m

2.1 Schichtenaufbau des Oberflächenabdichtungssystems

Der Schichtenaufbau des Oberflächenabdichtungssystems besteht aus einer mind. 1,0 m mächtigen Rekultivierungsschicht. Diese soll mit einem humusreichen Oberboden für einen qualifizierten Bodenaufbau hergestellt werden (Fachanlagenteil 1.2). Die Gesamtmächtigkeit der Rekultivierungsschicht beträgt mindestens 1 m.

2.2 Länge des berechnungsrelevanten Hanges, Böschungsneigung

Für den berechnungsrelevanten Bereich des Hanges ergeben sich die folgenden Werte (siehe Anlage 1.1):

Tab. 2: Angaben zu dem für die Berechnung der Standsicherheit relevanten Böschungsabschnitt (Profilschnitt A, unterer Hangbereich)

Bö- schungs- abschnitte	Höhe (GOK)		Höhen- differenz [m]	Länge		Böschung		Gefälle
	von	bis		horizontal	Einfallen	Einfallen	Neigung	
	[m NHN]	[m NHN]		[m]	[m]	[°]		
Unten	143,5	150,0	6,5	31,4	32,06	11,7	1: 4,8	0,20

3 Standsicherheitsnachweis im Grenzzustand GEO-3 (vormals GZ 1C)

3.1 Vorgehen bei der Erstellung des Standsicherheitsnachweises

3.1.1 Gleitsicherheit des Oberflächenabdichtungssystems

Die Berechnung der Gleitsicherheit der Schichtkomponenten untereinander erfolgte durch Gegenüberstellung der hangabtreibenden Kräfte und der haltenden Kräfte (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V. (2008: GDA E-2-7)) in Anlehnung an DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V. (2010). Der Nachweis erfolgt in Anlehnung an die Gesamtstandsicherheit im Grenzzustand GEO-3. Beim Nachweis der Gleitsicherheit der Schichtkomponenten in potentiellen Gleitflächen sind die hangabwärts gerichteten Kräfte (Einwirkungen E) den Reibungskräften in der Schichtfuge (Widerstände R) gegenüber zu stellen. Das Abdichtungssystem wird als ganzheitliches Bauwerk interpretiert und nicht als Bauteil. Somit ist der Nachweis entsprechen GEO-3 zu führen.

3.1.2 Standsicherheitsnachweis gegen Böschungsbruch

Für die Berechnungen der Sicherheit gegen Geländebruch wurde das Programm DC-Böschung/Win Version 8.4.2 verwendet. Die Berechnungen erfolgten nach DIN 4084: 2009-1 nach Eurocode 7 mit Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN EN 1997-1, DIN 1054: 2010-12. Der Nachweis erfolgte für den Grenzzustand nach GEO-3 (Gesamtstandsicherheit) mit Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen und Beanspruchungen (DIN 1054: 2010-12: Tabelle A.2.1: GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit) und Teilsicherheitsbeiwerten für

geotechnische Kenngrößen (DIN 1054: 2010-12: Tabelle A.2.2: GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit).

3.1.3 Bewertung der Standsicherheit

Eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen wird nach DIN 4084:2009-01, Abschnitt 9.1 eingehalten, wenn die Bedingung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt ist. Der Ausnutzungsgrad μ ergibt sich dabei aus dem Verhältnis der Summe der Einwirkungen und der Summe der Widerstände:

$$\mu = \frac{E}{R} < 1$$

3.2 Bemessungssituationen (Einwirkungskombinationen, Sicherheitsklassen bei Widerständen, Lastfälle)

Im Rahmen des vorliegenden Nachweises wird von folgenden Bemessungssituationen ausgegangen (DIN 1054: 2010-12, Seite 19):

Bemessungssituation BS-P:

- Ständige Situationen (Persistent situations), die den üblichen Nutzungsbedingungen entsprechen
- Ständige und während der Funktionszeit der Oberflächenabdichtung regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen

Bemessungssituation BS-T:

- vorübergehende Situationen (Transient situations), die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen wie z.B.:
 - Bauzustände bei der Herstellung der Oberflächenabdichtung und des Trenndamms

3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände GEO-3

Nach DIN 1054: 2010-12, Tab A.2.1 sind bezogen auf die Bemessungssituationen die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte anzusetzen:

Tab. 3: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen nach DIN 1054: 2010-12: Tab A.2.1:

Einwirkungen bzw. Beanspruchungen		BS-P	BS-T
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände sind DIN 1054: 2010-12, Tab. A.2.2 zu entnehmen.

Tab. 4: Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände nach DIN 1054: 2010-12, Tab. A.2.2:

Einwirkungen bzw. Beanspruchungen		BS-P	BS-T
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens γ_φ	γ_φ	1,25	1,15
Reibungsbeiwert $\tan \delta'$ in Kontaktfuge zu Geokunststoffen	γ_δ		
Kohäsion c' des Bodens	γ_c		
Adhäsion a' in Kontaktfuge zu Geokunststoff	γ_a		

4 Bodenkennwerte und Scherparameter

Auf der Grundlage der DIN 1055-2, GDA 2-7, GDA 3-8 und Literaturangaben, sowie auf Basis eigenen Erfahrungen wurden die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Bodenkennwerte und Scherparameter zusammengestellt. Die Materialauswahl erfolgt im Rahmen der Ausführungsplanung. Für die vorliegenden Standsicherheitsberechnungen wurden daher fachlich belastbare Annahmen getroffen. Bei den angegebenen Wichten aus DIN 1055-2 handelt es sich um Mittelwerte. Die angegebenen Erfahrungswerte DIN 1055-2 für die Scherfestigkeit sind auf der sicheren Seite liegende, untere Werte. Die Vorgaben der GDA 2-7 hinsichtlich der Ermittlung der Scherparameter für die Ausführungsplanung sind im Rahmen des QMP zu berücksichtigen.

Tab. 5: Angesetzte Bodenkennwerte und Scherparameter

Bodenmaterial	Boden- gruppe DIN 18196	Lagerungs- dichte/ Kon- sistenz	Wichte	Wichte	Wichte	Reibungs- winkel Kontaktrei- bungs- winkel φ_0, δ_0 [Grad]	Kohäsion c' [kN/m ²]
			erdfeucht γ [kN/m ³]	wasserge- sättigt γ [kN/m ³]	Unter Auf- trieb γ [kN/m ³]		
Rekultivie- rungs- schicht	UL	Steif Locker auf- gebracht	18,5	20,0	10,0	27,5	2,0
			17,0	19,0	7,5		
Schichtfuge Rekultivie- rungs- schicht zu Trag- und Ausgleichs- schicht						26,0	0
Deponat, Trag- und Ausgleichs- schicht	GU, GU*	mitteldicht	19	21,5	11,5	22	1,0
Trenndamm	GU, GU*	mitteldicht	18,5	20,5	10,5	30,0	1
Elster Kalt- zeitliche Kiese und Sande	GW	Mitteldicht bis dicht	18,5	20,5	10,5	36 ¹⁾	0,5
Buntsand- stein ober- flächenna- her Bereich	TM/TL	steif bis halbfest	20,5	20,5	10,0	22,5	5

¹⁾ Wertfestsetzung wegen Neigungen von größer als 40° im Bereich des aktiven Abbaus

5 Kritische Schichtfuge

Unter Berücksichtigung der in Tab. 5 aufgelisteten Reibungswinkel ergibt sich die Schichtfuge zwischen Rekultivierungsschicht und Trag- und Ausgleichsschicht als kritische Schichtfuge zur Berechnung der Sicherheit gegen Gleiten

6 Kräfte (Einwirkungen und Widerstände)

6.1 Einwirkungen

6.1.1 Schubkraft des Bodens durch Eigenlast

Die Schubkraft des Bodens pro laufenden Meter durch Eigenlast errechnet sich aus der Wichte des Bodens γ , der Schichtdicke des Bodens d , dem Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen γ_G und der Böschungsneigung zu:

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

6.1.2 Schubkraft durch Schneelast

Die Deponie Lösau liegt nach DIN EN 1991-1-3/NA:2010-12 in der Schneelastzone 2. Die Geländehöhe der rekultivierten Deponie liegt zwischen rund 147 m NHN bis 156 m NHN. Dementsprechend ergibt sich der charakteristische Wert der Schneelast s_k auf dem Boden nach Bild C.3 (durchschnittliche Geländehöhe \sim 150 m NHN) zu 0,71 kN/m². Die Schubkraft der Schneelast errechnet sich pro laufenden Meter aus der Schneelast s_k , dem Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen γ_Q und der Böschungsneigung β zu:

$$t_{S,d} = s_k \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

6.1.3 Strömungskraft

Aufgrund von potentiell kleinstäumigem Aufstau auf dem Deponat tritt als zusätzliche hangabtreibende Kraft die Strömungskraft $s_{w,d}$ auf. Pro Meter Böschungslänge errechnet sich die Strömungskraft aus der Wichte des Wassers γ_w , der angesetzten Aufstauhöhe h_w von 5 cm, dem Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen γ_Q und der Böschungsneigung β zu:

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

6.1.4 Zusätzliche Schubkräfte durch Befahrung

Infolge der Befahrung beim Einbau ergeben sich zusätzliche Schubkräfte. Diese setzen sich aus der statischen Belastung durch das Kettenfahrzeug und die dynamische Belastung durch das Kettenfahrzeug infolge einer Vollbremsung zusammen.

Beim Einbau der funktionalen Schichten des Oberflächenabdichtungssystems kommen schichtenbezogen unterschiedliche Baufahrzeuge (Kettenraupe, Kettenbagger) zum Einsatz. Bei den Gleitsicherheitsnachweisen wurde ein Fahrzeug mit einer maximalen Flächenpressung (Kettenbagger) berücksichtigt. Als Verkehrslast wird ein Kettenbagger mit folgenden Kennwerten angesetzt:

- Gewicht G_R : 25 t
- Kettenbreite B_R : 0,75 m
- Kettenlänge L_R : 3,8 m
- Fahrgeschwindigkeit v : 1,0 m/s (3,6 km/h)
- Bremsverzögerung t : 1,5 s
- Lastausbreitungswinkel δ : 30 °

Die Aufstandsfläche A errechnet sich aus Kettenbreite L_B , Kettenlänge L_R , Schichtdicke des Bodens d und Lastausbreitungswinkel δ zu:

$$A = (2 \cdot L_R \cdot B_R) + (4 \cdot d \cdot \tan 30^\circ \cdot (L_R + B_R))$$

Die Bremsverzögerung a_v berechnet aus sich aus der Geschwindigkeit der Raupe v und der Zeit bis zum Stillstand bei Vollbremsung t zu:

$$a_v = \frac{v}{t}$$

Die Schubkraft aus der statischen Belastung errechnet sich aus dem Eigengewicht der Raupe G_R , der Aufstandsfläche A , dem Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen γ_Q und der Böschungsneigung zu:

$$t_{Rd,s} = (G_R / A) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

Die Schubkraft aus der dynamischen Belastung (Vollbremsung) errechnet sich aus dem Eigengewicht der Raupe G_R , der Erdbeschleunigung g , der Bremsverzögerung a_v , der Aufstandsfläche A und dem Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen γ_Q zu:

$$t_{Rd,d} = \frac{((G_R / g) \cdot a_v) \cdot \gamma_Q}{A}$$

6.1.5 Erdbeben

Nach DIN 4149 – Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Ausgabe 2005 gehört Lösau (PLZ: 06686) in Sachsen-Anhalt, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, keiner Erdbebenzone an (Siehe Erdbebenzonen- und Untergrundklassenabfrage (gfz-potsdam.de), 13.11.2023)

6.2 Widerstände

6.2.1 Reibungskraft aus der Bodenauflast

Aus der Bodenauflast ($\gamma \cdot d$), der Böschungsneigung β , dem charakteristischen Reibungswinkel der Kontaktfläche δ_k sowie dem Teilsicherheitsbeiwert für den Kontaktreibungswinkel γ_δ ergibt sich die Reibungskraft $t_{f,d}$ pro laufender Meter Böschungslänge zu:

$$t_{f,d} = \frac{\gamma \cdot d \cdot \cos \beta \cdot \tan \delta_k}{\gamma_\delta}$$

Entsprechend GDA-Empfehlung 2-7 Seite 5 wird in der kritischen Schichtfuge keine Adhäsion angesetzt. Dies gilt ebenso bei den Berechnungen in den Abschnitten 6.2.2, 6.2.3.

6.2.2 Reibungskraft aus der Schneeauflast

Die Reibungskraft $t_{s,h,d}$ erhöht die haltenden Kräfte in der Schichtfuge und wird im Endzustand berücksichtigt. Sie errechnet sich aus der Schneelast s_k , der Böschungsneigung β , dem charakteristischen Reibungswinkel der Kontaktfläche δ_k sowie dem Teilsicherheitsbeiwert für den Kontaktreibungswinkel γ_δ zu:

$$t_{s,h,d} = \frac{s_k \cdot \cos \beta \cdot \tan \delta_k}{\gamma_\delta}$$

6.2.3 Zusätzliche Reibungskraft aus dem Eigengewicht des Fahrzeuges

Das Eigengewicht des Kettenbaggers führt zu einer Erhöhung der Reibungskraft in der Schichtfuge. Die haltende Kraft errechnet sich aus dem Eigengewicht des Kettenbaggers G_R , der Aufstandfläche A , der Böschungsneigung β , dem charakteristischen Reibungswinkel der Kontaktfläche δ_k sowie dem Teilsicherheitsbeiwert für den Kontaktreibungswinkel γ_δ :

$$t_{R,h,d} = \frac{(G_R / A) \cdot \cos \beta \cdot \tan \delta_k}{\gamma_\delta}$$

7 Ermittlung des Auslastungsgrades

Zur Ermittlung des Auslastungsgrades werden die Einwirkungen E (Abschnitt 6.1) den Widerständen R (Abschnitt 6.2) gegenübergestellt.

$$\mu = \frac{E}{R} < 1$$

Es werden die Bemessungssituationen BS-T für den Bauzustand und BS-P für den Endzustand unterschieden.

7.1 Bauzustand

Es wird der Auslastungsgrad nach Einbau der Rekultivierungsschicht mit einer Schichtdicke von 1 m unter Berücksichtigung von Befahrung jedoch ohne Berücksichtigung von Schneelast wie folgt berechnet:

$$\mu = \frac{E}{R} = \frac{(t_{b,d} + s_{w,d}) \cdot L_r + (t_{Rd,s} + t_{Rd,d}) \cdot L_R}{t_{f,d} \cdot L_r + t_{R,h,d} \cdot L_R} < 1$$

7.2 Endzustand

Es wird der Auslastungsgrad nach Einbau der nach Einbau der Rekultivierungsschicht mit einer Schichtdicke von 1 m mit Berücksichtigung von Schneelast wie folgt berechnet:

$$\mu = \frac{E}{R} = \frac{(t_{b,d} + s_{w,d} + t_{s,d}) \cdot L}{(t_{f,d} + t_{s,h,d}) \cdot L} < 1$$

Einwirkungen E

- $t_{B,d}$: Schubkraft des Bodens durch Eigenlast (Abschnitt 6.1.1)
- $t_{s,d}$: Schubkraft durch Schneelast (Abschnitt 6.1.2)
- $s_{w,d}$: Strömungskraft (Abschnitt 6.1.3)
- $t_{Rd,s}$: Schubkraft aus statischer Belastung der Raupe (Abschnitt 6.1.4)
- $t_{Rd,d}$: Schubkraft aus dynamischer Belastung der Raupe (Abschnitt 6.1.4)

Widerstände R

- $t_{f,d}$: Reibungskraft aus der Bodenauflast (Abschnitt 6.2.1)
- $t_{s,,h,d}$: Reibungskraft aus der Schneeauflast (Abschnitt 6.2.2)
- $t_{R,h,d}$: Zusätzliche Reibungskraft aus dem Eigengewicht des Fahrzeuges (Abschnitt 6.2.3)

8 Ergebnisse der Standsicherheitsnachweise

8.1 Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

Im Folgenden sind die Ergebnisse des Standsicherheitsnachweises zusammengestellt:

Tab. 6: Ergebnisse der Standsicherheitsnachweise gegen Gleiten

Bausituation	Schichtdicke	Kontaktreibungswinkel δ_k	Auslastungsgrad μ	Anlage
Nachweis gegen Gleiten Bauzustand (Bemessungssituation BS-T)				
Gleitfuge Rekultivierungsschicht zu Trag- und Ausgleichsschicht	1,0 m	26°	0,64	Anlage 2.1.1
Nachweis gegen Gleiten Endzustand (Bemessungssituation BS-P)				
Gleitfuge Rekultivierungsschicht zu Trag- und Ausgleichsschicht	1,0 m	26°	0,56	Anlage 2.2.1

8.2 Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch

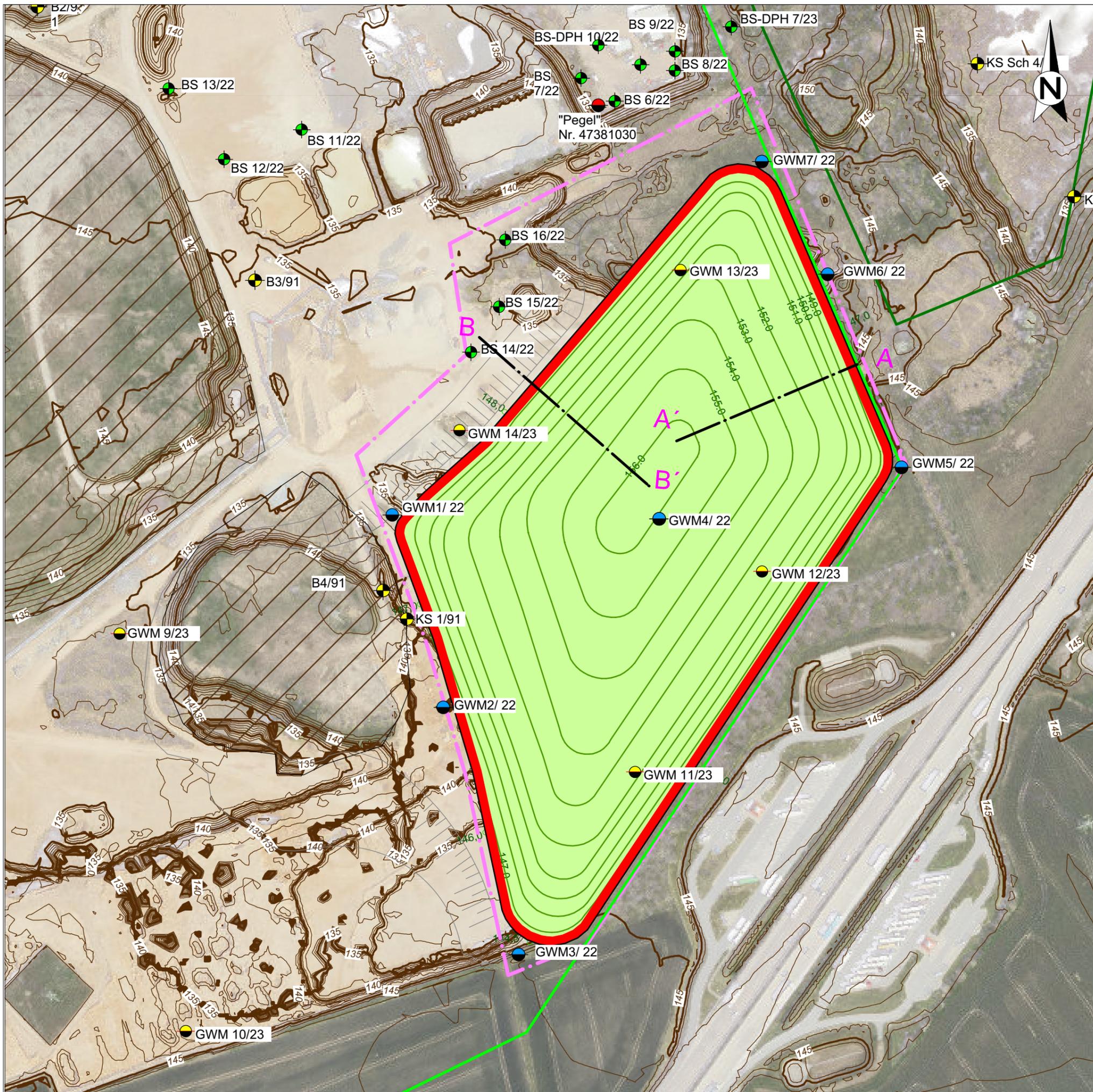
Die Berechnung der Standsicherheit der Gesamtböschung von Trenndamm und Deponie ergibt für den Bauzustand mit Befahrung (Bemessungssituation BS-T) einen Auslastungsgrad μ von 0,84 (Anlage 3.1) und für den Endzustand ohne Befahrung (Bemessungssituation BS-P) einen Auslastungsgrad μ von 0,77 (Anlage 3.2).

9 Bewertung

Die Sicherheit des Oberflächenabdichtungssystems ist nachgewiesen. Die rekultivierte Deponie mit den Trenndamm (Gesamtböschung) ist unter Ansatz des Schichtaufbaus entsprechend vorliegenden Planunterlagen als standsicher zu bewerten. Vor Baubeginn des Oberflächenabdichtungssystems sind die Standsicherheitsberechnungen unter Ansatz der Boden- und Materialkennwerte der tatsächlich zum Einsatz kommenden Bodenmaterialien und Geokunststoffen im Rahmen der Ausführungsplanung zu aktualisieren. Hierzu sind die Scherparameter mit Reibungsversuchen nachzuweisen und die anzusetzenden Parameter nach GDA E 2-7 zu bestimmen. Dies ist im QMP zu regeln.

Bad Wörishofen, den 13.11.2023

Dipl.-Geol. Achim Veigel
- Geschäftsführer -



Legende:

Legende

- Bewilligungsfeld: Borau
- Bewilligungsgrenze
- Deponieumring DK0-Deponie Lösau
- - - Planfeststellungsgrenze Deponievorhaben
- Bergwerksfeld: Dehlitz / Lösau
- Bewilligungsgrenze
- Großkalibrige/ kleinkalibrige Bohrungen
- B, BS** ◀ Bezeichnung
- Meßstelle (Ausbau in der Kiesterrasse der Elster Kaltzeit) August 2022 (5")/ September 2023 (2")
- GWM** ◀ Bezeichnung
- Meßstelle/ Tiefbrunnen Grundwasser des Buntsandsteins
- 145,0 — Gelände-Höhengleichen [m ü. NHN]
- 156,0 — Geländehöhen der Rekultivierungsschicht [m ü. NHN]
- Aufschüttungen
- Verfüllung Trocken-/ Nassabbau
- - - **A** — **A'** Berechnungsrelevante Schnitte

Datengrundlage
 Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt:
 - Digitales Orthophoto: © GeoBasis-DE / LVermGeo LSA, letzte Befliegung 27.04.2021
 - Digitale Flurkarte: Aktualität: 06.05.2021 vom AG zur Verwendung erhalten

Anmerkung:
 - Plan enthält keine Angaben zu Erdleitungen und sonstigen Sparten.
 - Koordinatensystem: UTM32
 - Höhenreferenzsystem: DHHN2016 (Meter über Normalhöhennull 2016): m ü. NHN

Maßstab M 1: 2.500

0 25 50 75 100 125 250 m

PROJEKT-DATEN	PROJEKT: DK0-Boden- und Bauschuttdeponie Lösau	PROJEKTNUMMER: 2021-12-001
	AUFTRAG: Standisicherheitsnachweis Rekultivierung	
PLAN-INFO	PLANBEZEICHNUNG: Lageplan der Rekultivierungsschicht mit Darstellung der Geländehöhen	MAßSTAB: 1: 2.500
		ANLAGE: 1.1
LAGE	LANDKREIS: Burgenlandkreis	GEMEINDE: Lützen
		GEMARKUNG: Dehlitz
AUFTRAGGEBER / AUFTRAGNEHMER	Geo + Plan Geotechnik GmbH Max-Planck-Straße 13 86825 Bad Wörishofen Tel.: 08247/998-737-0 Fax: 08247/998-737-9 Mobiltel.: 0171/50 10 510 e-mail: a.veigel@geo-planung.de	
	KLAUS recycling plus GmbH recycling plus GmbH Niederlassung Weißenfels Heerweg 1 06686 Lützen Tel: 03443/2923-0	

Untersuchung:		Anlage
Berechnung der Sicherheit gegen Gleiten: Bauzustand (BS-T)		2.1.1
Projekt:	DK0- Boden- und Bauschuttdeponie Lösau	 <p>Geo + Plan Geotechnik GmbH Max-Planck-Straße 13 86825 Bad Wörishofen Tel.: 08247/ 998 737 0 Mobiltel.: 0171/ 50 10 510</p>
Auftrag:	Fachanlagenteil 10.5.2 Standsicherheitsnachweis der Rekultivierungsschicht	
Nachweis für:	Schichtfuge Rekultivierungsschicht zu Trag- und Ausgleichsschicht	
Zustand:	Bauzustand Schichtdicke Rekussschicht 1,0 m - mit Befahrung	
Auftraggeber:	Recycling plus GmbH	
Projekt-Nr.:	2021-12-001/2.1	

Datengrundlage Böschung		
Böschungsneigung	$\beta =$	11,70 [°]
Böschungslänge	$l =$	32,1 [m]
Schichtdicke	$d =$	1,00 [m]
Wichte Boden	$\gamma_B =$	17,00 [kN/m ³]
Aufstauhöhe	$h_w =$	0,05 [m]
Wasserwichte	$\gamma_w =$	10,00 [kN/m ³]
Reduzierter Kontaktreibungswinkel	$\delta_k =$	26,00 [°]
Wirksame Kohäsion	$c'_k =$	0,00 [kN/m ²]

Teilsicherheitsbeiwerte ((BS-T)) nach DIN 1054: 2010-12		
Ständige Einwirkungen	$\gamma_G =$	1,00
Verübergehende Einwirkungen	$\gamma_Q =$	1,20
Widerstände (Scherfestigkeit)	$\gamma_{\delta_c} =$	1,15

Lastannahme Raupe		
Eigengewicht des Kettenfahrzeuges	$G_R =$	250,00 [kN]
Kettenlänge des Kettenfahrzeuges	$L_R =$	3,80 [m]
Kettenbreite des Kettenfahrzeuges	$B_R =$	0,75 [m]
Maximalgeschwindigkeit	$v =$	1,00 [m/s] \approx 3,6 [km/h]
Zeit bis zum Stillstand	$t =$	1,50 [s]
Lastausbreitungswinkel	$\delta =$	30 [°]

Einwirkung: Hangab treibende Käfte pro laufender Meter Böschungslänge		
Schubkraft Boden durch Eigenlast $t_{B,d} = \gamma \times \gamma_G \times d \times \sin \beta$	$t_{B,d} =$	3,447 [kN/m²]
Strömungskraft durch Einstau in Dränschicht $s_{w,d} = \gamma_w \times \gamma_Q \times h_w \times \sin \beta$	$s_{w,d} =$	0,122 [kN/m²]

Untersuchung:		Anlage
Berechnung der Sicherheit gegen Gleiten: Bauzustand (BS-T)		2.1.1
Projekt:	DK0- Boden- und Bauschuttdeponie Lösau	 <p>Geo + Plan Geotechnik GmbH Max-Planck-Straße 13 86825 Bad Wörishofen Tel.: 08247/ 998 737 0 Mobiltel.: 0171/ 50 10 510</p>
Auftrag:	Fachanlagenteil 10.5.2 Standsicherheitsnachweis der Rekultivierungsschicht	
Nachweis für:	Schichtfuge Rekultivierungsschicht zu Trag- und Ausgleichsschicht	
Zustand:	Bauzustand Schichtdicke Rekussschicht 1,0 m - mit Befahrung	
Auftraggeber:	Recycling plus GmbH	
Projekt-Nr.:	2021-12-001/2.1	

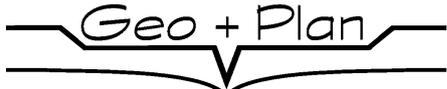
Einwirkung: Schubkraft durch Befahrung		
Bremsverzögerung $a_v = v/t$	$a_v =$	0,667 [m/s²]
Aufstandsfläche $A = (2 \times L_R \times B_R) + (4 \times d \times \tan 30^\circ \times (L_R + B_R))$	$A =$	16,208 [m²]
Statische Belast. Des Baggers durch Eigenlast $t_{Rd,s} = (G_R / A) \times \gamma_G \times \sin \beta$	$t_{Rd,s} =$	3,753 [kN/m²]
Dynam. Belast. Des Baggers bei Vollbremsung $t_{Rd,d} = \frac{((G_R / g) \times a_v) \times \gamma_Q}{A}$	$t_{Rd,d} =$	1,235 [kN/m²]

Widerstände, pro laufender Meter Böschungslänge		
Reibungskraft des Bodens durch Eigenlast $t_{f,d} = (\gamma \times d \times \cos \beta \times \tan \delta_k) / \gamma_\delta + c'_k / \gamma_c$	$t_{f,d} =$	7,060 [kN/m²]
Reibungskraft durch Eigengewicht der Raupe $t_{Rd,h} = ((G_R / A) \times \cos \beta \times \tan \delta_k) / \gamma_\delta$	$t_{Rd,h} =$	6,406 [kN/m²]

Berechnung des Verhältnisses κ		
$\kappa = \frac{(t_{B,d} + s_{w,d}) \times L}{(t_{f,d} \times L)}$	$\kappa =$	0,506 $\kappa < 1$

Berechnung des Auslastungsgrades μ		
Gegenüberstellung hangabwärts gerichtete Kräfte E_d zu Reibungskräften in der Schichtgrenze R_d ; Anforderung Grenzstand $\mu = E_d / R_d \leq 1$		
$\mu = \frac{(t_{B,d} + s_{w,d}) \times L_R + (t_{Rd,s} + t_{Rd,d}) \times L_R}{t_{f,d} \times L_R + t_{Rh,d} \times L_R}$	$\mu =$	0,64 $\mu < 1$

Ergebnis	
Die Standsicherheit ist nachgewiesen.	

Untersuchung:		Anlage
Berechnung der Sicherheit gegen Gleiten: Endzustand (BS-P)		2.2.1
Projekt:	DK0- Boden- und Bauschuttdeponie Lösau	 <p>Geo + Plan Geotechnik GmbH Max-Planck-Straße 13 86825 Bad Wörishofen Tel.: 08247/ 998 737 0 Mobiltel.: 0171/ 50 10 510</p>
Auftrag:	Fachanlagenteil 10.5.2 Standsicherheitsnachweis der Rekultivierungsschicht	
Nachweis für:	Schichtfuge Rekultivierungsschicht zu Trag- und Ausgleichsschicht	
Zustand:	Endzustand Schichtdicke Rekuschicht 1,0 m - mit Befahrung	
Auftraggeber:	Recycling plus GmbH	
Projekt-Nr.:	2021-12-001/2.1	

Datengrundlage Böschung		
Böschungsneigung	$\beta =$	11,70 [°]
Böschungslänge	$L =$	32,1 [m]
Schichtdicke	$d =$	1,00 [m]
Wichte Boden	$\gamma =$	17,00 [kN/m ³]
Schneelast	$s_k =$	0,71 [kN/m ²]
Baumlast	$B_k =$	0,00 [kN/m ²]
Wurzellast (Breite 5 m)	$B_k / 5 =$	0,00 [kN/m ²]
Schneelast und Baumlast	$s_k + B_k/5 =$	0,71 [kN/m ²]
Aufstauhöhe	$h_w =$	0,05 [m]
Wasserwichte	$\gamma_w =$	10,00 [kN/m ³]
Kontaktreibungswinkel	$\delta_k =$	26,00 [°]

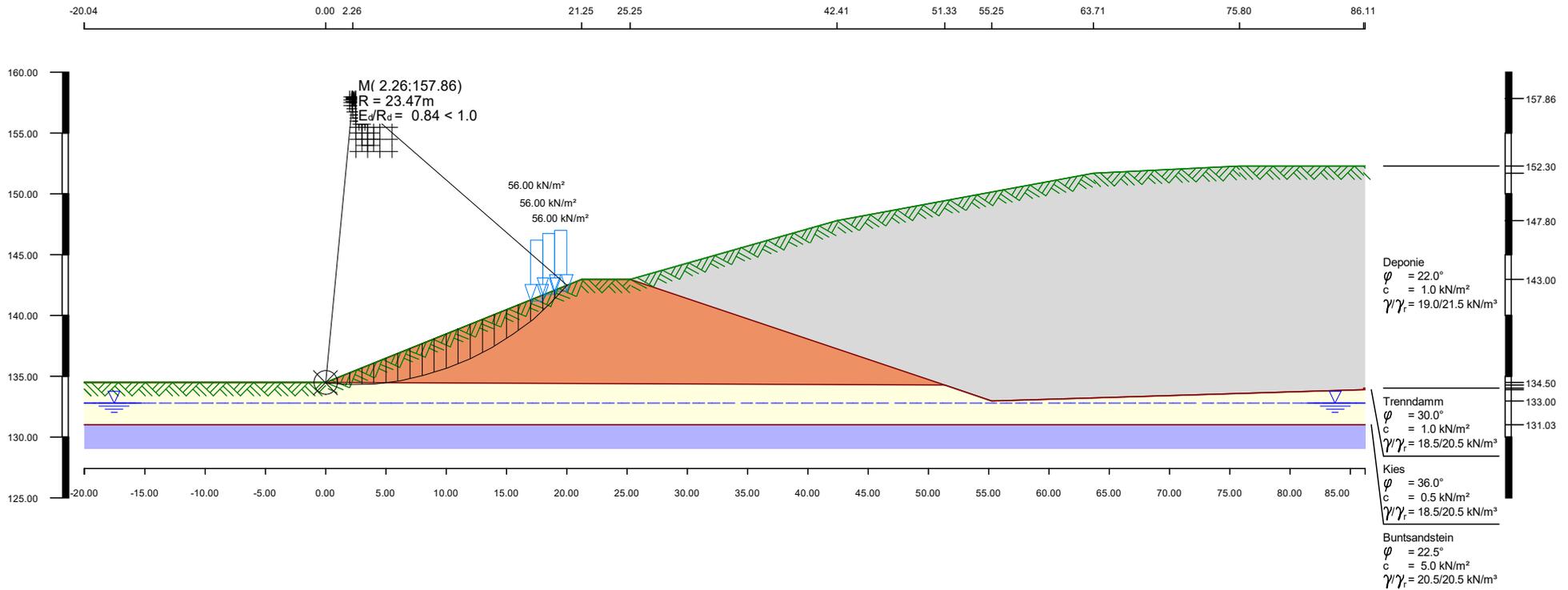
Teilsicherheitsbeiwerte (BS-P) nach DIN 1054: 2010-12		
Ständige Einwirkungen	$\gamma_G =$	1,00
Vorübergehende Einwirkungen	$\gamma_Q =$	1,30
Widerstände (Scherfestigkeit)	$\gamma_\delta =$	1,25

Einwirkung Hangab treibende Käfte jeweils pro laufender Meter Böschungslänge		
Schubkraft Boden durch Eigenlast $t_{B,d} = \gamma \times \gamma_G \times d \times \sin \beta$	$t_{B,d} =$	3,447 [kN/m ²]
Schubkraft Schnee und Bäume $t_{s,d} = s_k \times \gamma_Q \times \sin \beta$	$t_{s,d} =$	0,187 [kN/m ²]
Strömungskraft durch Einstau in Dränschicht $s_{w,d} = \gamma_w \times \gamma_Q \times h_w \times \sin \beta$	$s_w =$	0,132 [kN/m ²]

Widerstände		
Reibungskraft des Bodens durch Eigenlast $t_{f,d} = (\gamma \times d \times \cos \beta \times \tan \delta_k) / \gamma_\delta$	$t_{f,d} =$	6,495 [kN/m ²]
Reibungskraft Schnee und Bäume $t_{s,h,d} = (s_k \times \cos \beta \times \tan \delta_k) / \gamma_\delta$	$t_{s,h,d} =$	0,271 [kN/m ²]

Berechnung des Auslastungsgrades μ Gegenüberstellung hangabwärts gerichtete Kräfte E_d zu Reibungskräften in der Schichtgrenze R_d ; Anforderung Grenz Zustand $\mu = E_D / R_d \leq 1$		
$\mu = \frac{(t_{B,d} + t_{s,d} + s_{w,d}) \times L}{(t_{f,d} + t_{s,h,d}) \times L}$	$\mu =$	0,557

Ergebnis
Die Standsicherheit ist nachgewiesen.



Projekt: DK0-Boden- und Bauschuttdeponie Lösau
 Fachanlagenteil 10.5.2: Standsicherheitsnachweise Deponiewanne

Projektnr.: 2021-12-001/2

Bemerk.: Böschungsneigung Trenndamm 1: 2,5, Deponie und funktionale Schichten nicht differenziert
 Berechnung nach Eurocode 7; Bauzustand: Bemessungssituation BS-T

Maßstab : 1: 500

Bearbeit.: 13.11.2023

Geo + Plan Geotechnik GmbH

Max-Planck-Strasse 13

86825 Bad Wörishofen

Tel.: 08247/998-737-0

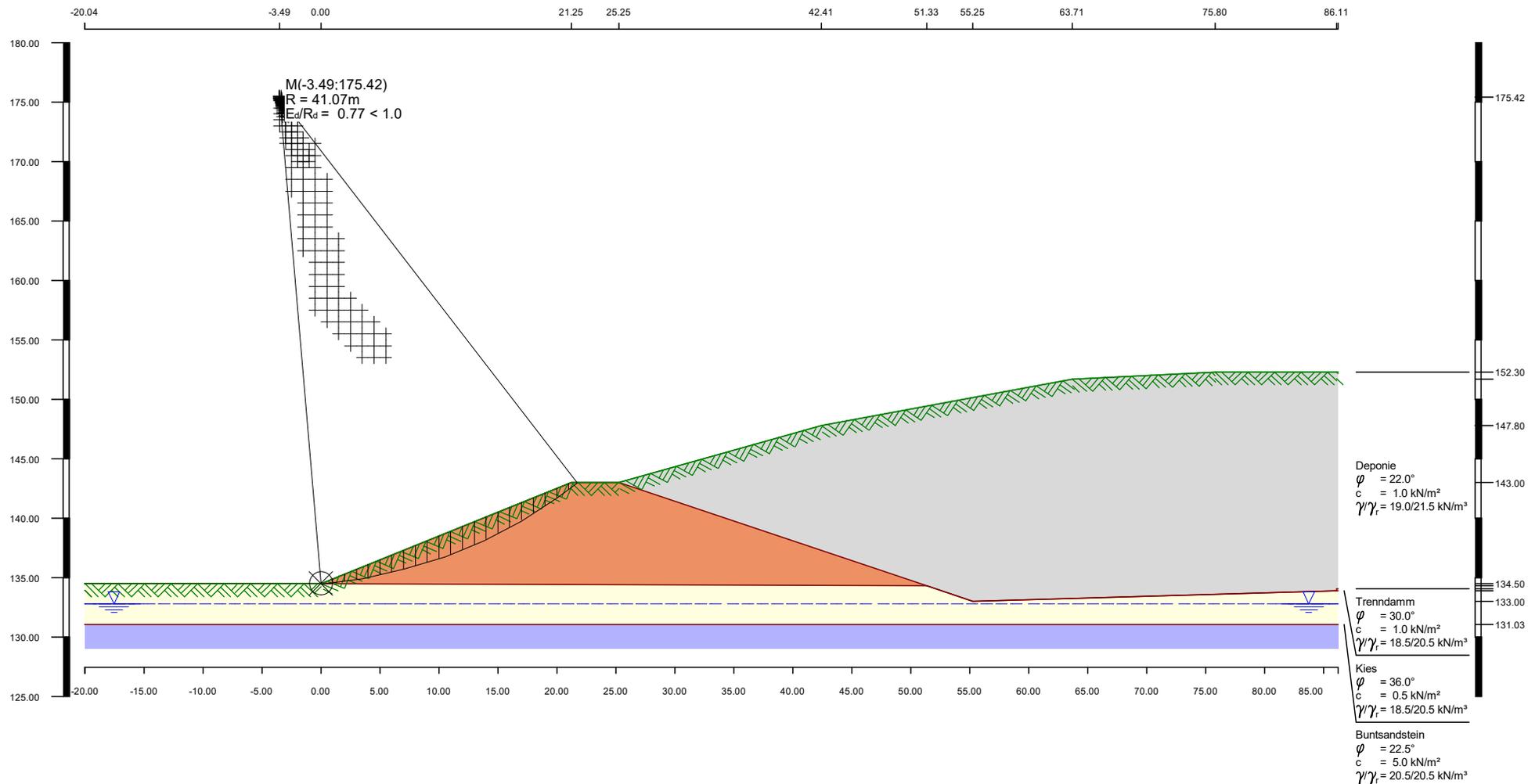
Fax: 08247/998-737-9

E-Mail: a.veigel@geo-planung.de

Programm DC-Böschung/Win Version 8.42

Geo + Plan

Anlage: 3.1



Projekt: DK0-Boden- und Bauschuttdeponie Lösau
 Fachanlagenteil 10.5.2: Standsicherheitsnachweise Deponiewanne

Projektnr.: 2021-12-001/2

Bemerk.: Böschungsneigung Trenndamm 1: 2,5, Deponie und funktionale Schichten nicht differenziert
 Berechnung nach Eurocode 7 Endzustand: Bemessungssituation BS-P

Maßstab : 1: 500

Bearbeit.: 13.11.2023

Geo + Plan Geotechnik GmbH

Max-Planck-Strasse 13

86825 Bad Wörishofen

Tel.: 08247/998-737-0

Fax: 08247/998-737-9

E-Mail: a.veigel@geo-planung.de

Programm DC-Böschung/Win Version 8.42



Anlage: 3.2