



M&S UMWELTPROJEKT GMBH

www.mus-umweltprojekt.de

Zentrale Plauen

Postanschrift: PF 400250 D-08502 Plauen
Hausanschrift: Pfortenstraße 7
D-08527 Plauen
Telefon (03741) 57219-0
Telefax (03741) 57219-40
email plauen@mus-umweltprojekt.de

Geschäftsstelle Salzwedel

Hausanschrift: Feldstraße 25a
D-29410 Salzwedel
Telefon (03901) 33 156
Telefax (03901) 33 156
email salzwedel@mus-umweltprojekt.de



Auf der Grundlage der Verwaltungsvereinbarung zwischen Der OFD-H und der BAM anerkanntes Ingenieurbüro für Probenahme und Analytik auf Bundesliegenschaften, BAM-Registrier-Nr. 204

Privatrechtliche Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau nach RAP Stra 10 [A1 / A3]

Objekt : **Deponie Luggendorf**

Vorhaben : **Errichtung einer Deponie gem. DepV DK I**

Standortsicherheitsberechnung

Planungsphase : **Genehmigungsplanung**

Auftraggeber : **PS Kieswerke GmbH
Retzer Chaussee 1
19348 Perleberg**

Auftragnehmer : **M&S Umweltprojekt GmbH**

Auftragsnummer : **13/09/893 PL**

Plauen, den 29.11.2017
ergänzt: 09.04.2020

bearbeitet:

Dipl.-Ing. J. Peter

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. <u>ALLGEMEINE ANGABEN</u>	3
1.1 SITUATION UND AUFGABENSTELLUNG	3
1.2 AUFTRAGGEBER	3
1.3 VERFASSER	4
1.4 UNTERLAGENVERZEICHNIS	4
2. <u>GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE</u>	5
2.1 REGIONALGEOLOGISCHE EINORDNUNG	5
2.2 LOKALE HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	6
3. <u>STANDSICHERHEITSBERECHNUNGEN</u>	7
3.1 STABILITÄT DEPONIEKÖRPER (BÖSCHUNGSBRUCH)	7
3.1.1 VORBEMERKUNGEN	7
3.1.2 BODENMECHANISCHE KENNWERTE	10
3.1.3 NACHWEISE / ERGEBNISSE	12
3.1.4 ZUSAMMENFASSUNG DER BÖSCHUNGSBRUCHBERECHNUNGEN	26
3.2. GLEITSICHERHEITSNACHWEISE FÜR DIE OBERFLÄCHENABDICHTUNG	27
3.2.1 AUSGANGSWERTE	27
3.2.2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	29
3.2.3 NACHWEISE	31
3.2.4 ZUSAMMENFASSUNG DER GLEITNACHWEISE	35
3.3 SPREIZSPANNUNGSNACHWEIS	36
3.3.1 GRUNDLAGEN	36
3.3.2 NACHWEISE / ERGEBNISSE	38
3.3.3 ZUSAMMENFASSUNG DER BERECHNUNGEN ZUR SPREIZSICHERHEIT	45

1. Allgemeine Angaben

1.1 Situation und Aufgabenstellung

Die PS Kieswerke beabsichtigen einen Teil der Kiesgrube Luggendorf entsprechend den gesetzlichen, ingenieurtechnischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für eine Mineralstoffdeponie gemäß Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (DepV) weiter zu nutzen. Dabei soll die neue Deponie im Restloch der ehemaligen Kiesgrube angelegt werden, ohne das äußere Erscheinungsbild wesentlich zu ändern. In der Deponie sollen mineralische Abfälle aus dem Landkreis Prignitz und aus dem Umkreis von mindestens 100 km abgelagert werden.

Der Standort liegt zentral im Landkreis Prignitz. Die im potentiellen Einzugsgebiet angrenzenden Landkreise sind der Landkreis Ostprignitz-Ruppin (BB), der Landkreis Ludwigslust-Parchim (MV), der Landkreis Lüchow-Dannenberg (NI), der Landkreis Stendal und der Altmarkkreis (ST).

Die baulichen Maßnahmen umfassen dabei eine dem Stand der Technik entsprechende Basisabdichtung sowie nach Erreichen der geplanten Verfüllhöhe die Herstellung einer Oberflächendichtung, verbunden mit allen hieraus resultierenden bautechnischen Anforderungen sowie unter Berücksichtigung der vorgesehenen Nachnutzung des Standortes.

Unter Zugrundelegung des in der Genehmigungsplanung [1] dargestellten Planungskonzeptes wird im vorliegenden Gutachten die Standsicherheit der Deponieböschungen für den geplanten Endzustand anhand von Böschungsbruchberechnungen in einem hierfür maßgebenden Profilschnitt überprüft. Gewählt wurde hierfür ein Querprofil im zentralen Deponiebereich (Schnittführung siehe Abbildung 1 auf Seite 9), da hiermit der insgesamt längste und höchste Böschungsabschnitt erfasst wird (\Rightarrow Ostböschung). Die geplanten Böschungsneigungen betragen überwiegend 1 : 3. Des Weiteren erfolgen die Gleitsicherheitsnachweise für die mit der Schichtung des Oberflächenabdichtungssystems vorgezeichneten, böschungsp parallelen Gleitfugen.

Mit den Ergebnissen der Standsicherheitsberechnungen sollen der Nachweis für die Ausführbarkeit des Planungskonzeptes erbracht sowie in die Planung aufzunehmende Materialparameter (bodenmechanisch erforderliche Mindestwerte) abgeleitet werden.

1.2 Auftraggeber

- Name / Firma / Institution PS Kieswerke GmbH
- Postanschrift Reetzer Chaussee 1, 19348 Perleberg
- Ansprechpartner Herr Plikat (GF)
Herr Schmelzer
- Telefon 03876 / 300 830

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

1.3 Verfasser

- Name / Firma / Institution: M&S Umweltprojekt GmbH, Zentrale Plauen
- Postanschrift: Pfortenstraße 7, 08527 Plauen
- Telefon: 03741 / 57 219 – 0
- Telefax: 03741 / 57 219 – 40
- Ansprechpartner: Herr Peter (j.peter@mus-umweltprojekt.de)

1.4 Unterlagenverzeichnis

Planungen:

- [1] Genehmigungsplanung Kiesgrube Luggendorf - Errichtung einer Deponie gemäß DepV, DK I;
M&S Umweltprojekt GmbH, Plauen: 29.11.2017

Technische Normen, Richtlinien und Zulassungen

- [2] DIN EN 1997-1 - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1:
Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009
- [3] DIN 1055-2 – Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen
- [4] DIN EN 1991-1-3 - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkun-
gen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009
- [5] DIN 4022 Teil 1 - Baugrund und Grundwasser: Benennen und Beschreiben von Boden und
Fels
- [6] DIN 4084 – Baugrund - Geländebruchberechnungen
- [7] DIN 4085 – Baugrund - Berechnung des Erddrucks

Fachliteratur

- [8] Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten" GDA, 3. Auflage,
Düsseldorf: Werner-Verlag, 1994
- [9] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen - EAU
1990, 8. Auflage, Hafenbautechnische Gesellschaft e.V. und Deutsche Gesellschaft für Erd-
und Grundbau e.V., Berlin: Ernst & Sohn, 1990

2. Geotechnische Verhältnisse

aus [1]

2.1 Regionalgeologische Einordnung

Der Standort befindet sich im Bereich des „Nordbrandenburgischen Platten- und Hügellandes“, einer saalezeitlich angelegten und später in der Weichsel- Kaltzeit überprägten glazialen Hochfläche nord-östlich des Elbe- Urstromtales. Innerhalb dieser Großeinheit liegt der Standort in der Haupteinheit Prignitz. In diesem Bereich des „Jüngeren Saale- Gürtels“ stehen weichselzeitlich überprägte Saale- Grundmoränen mit auflagernden Kiessanden des Saale- Nachschüttkomplexes und der Weichsel- Kaltzeit an. Die weichselzeitliche Überprägung zeigt sich besonders stark in den Kronsbergen, einem Endmoränenzug im Bereich der Brandenburger Haupttrandlage, an deren Nordrand sich der Kiessandtagebau befindet.

Die Basis, der für den ursprünglichen Kiesabbau relevanten Schichten, bildet eine Grundmoränenplatte der Saale- Kaltzeit, der Oberfläche zwischen 76 und 108 m ü. NN liegt, wobei die tieferen Bereiche im Nordwesten liegen, so dass ein Einfallen der Oberfläche von Südosten nach Nordwesten gegeben ist.

Über dem Geschiebelehm lagern Sande und Kiessande der Saale- und Weichsel-Kaltzeit. Diese Serie erreicht Mächtigkeiten von bis zu 30 m, wobei nur selten eine ungestörte Lagerung auftritt, da das Gebiet längerfristig von einer Eisrandlage beeinflusst wurde, so dass es zu einem stetigen Wechsel von Sedimentations- und Erosionsprozessen kam. Auf die Nähe zu einer Gletscherrandlage weisen auch verlehnte Bereiche innerhalb des Sandes sowie Schlufflagen zwischen den Sand- und Kiesschichten hin.

Aufgrund der Randlage des Kiessandtagebaus an der Endmoräne der Kronsberge kommt es zu einem Ansteigen des Geschiebelehms nach Süden bis Südosten, das zu einer Abnahme der Mächtigkeit des Kiessandes in dieser Richtung und teilweise auch zu einem Ausstreichen den Geschiebelehms an der Geländeoberfläche führt.

In Bezug auf die Mächtigkeit des liegenden Saale- Geschiebelehms liegen unterschiedliche Angaben vor, die zwischen 10 und 40 m betragen. Diese relativ große Schwankungsbreite ist aber vermutlich auch auf die Beeinflussung im Bereich der Stauchendmoräne und eine „Vermischung“ der Grundmoränenmächtigkeit sowie der Mächtigkeit der gestauchten Endmoräne zurückzuführen.

Unter der Saale- Grundmoräne folgen saalezeitliche Kiese und Sande, die mit dem GWL2 den obersten geschützten Grundwasserleiter am Standort bilden.

2.2 Lokale hydrogeologische Verhältnisse

Im Standortbereich ist oberflächennah ein lokal sowie saisonal wasserführender Grundwasserleiter (GWL1) in den weichsel- und saale- zeitlichen Kiessanden ausgebildet. Dieser Grundwasserleiter ist im Wesentlichen an Senken in der Grundmoräne gebunden. Innerhalb dieser Senken bildet sich schwebendes Grundwasser aus. Nach stärkeren Niederschlägen kann es zu einem „Überlaufen“ dieser Senken kommen. Die Fließrichtung im GWL1 ist entsprechend des Einfallens der Grundmoränenoberfläche nach Nordwesten gerichtet.

Der höchste Grundwasserstand ist lokal bei 74 m NN zu erwarten. Noch vor dem Abbaubetrieb vereinzelt gemessene höhere Schichtwasserstände (schwebendes Grundwasser) können im auflässigen Tagebau heute nicht mehr erreicht werden.

Im GWL2 steht durchgängig unter der Grundmoräne gespanntes Wasser an. Die Grundwasserdruckhöhe im GWL2 liegt bei ca. 70 m NN. Für diesen Grundwasserleiter ist ebenfalls eine nach Nordwesten gerichtete Grundwasserfließrichtung angegeben.

Im näheren Umfeld gibt es keine Oberflächengewässer. Als Vorfluter ist die ca. 1,5 km nördlich verlaufende 'Panke' auf dem Höhenniveau von ca. 55 m NN zu betrachten.

3. Standsicherheitsberechnungen

3.1 Stabilität Deponiekörper (Böschungsbruch)

3.1.1 Vorbemerkungen

Die Standsicherheitsnachweise zur allgemeinen Stabilität des Deponiekörpers wurden entsprechend GDA-Empfehlung E 2-6 mittels Gelände- und Böschungsbruchberechnungen gemäß DIN 4084 geführt.

Ein Gelände- oder Böschungsbruch tritt ein, wenn sich in der Böschung ein Gleitkörper bildet, der unter Überwindung des Scherwiderstandes des Bodens (\Rightarrow des Abfallinventars) auf einer geraden, polygonalen oder kreisförmigen Gleitfläche abrutscht. In der Regel verläuft diese Gleitfuge durch den Fußpunkt der jeweiligen Böschung. Weisen die Scherfestigkeiten des Untergrundes geringere Werte auf als die Böschung, kann jedoch auch ein Böschungsgrundbruch maßgebend für die Böschungsstandsicherheit werden, d.h. die Gleitfuge mit der geringsten Sicherheit würde in diesem Fall in den Untergrund einschneiden.

Die nachfolgenden Böschungsbruchberechnungen erfolgten EDV-gestützt mittels Lamellenverfahren gemäß DIN 4084. Das verwendete Programmsystem gestattet eine weitgehend detaillierte Simulation von beliebigen Profilschnitten unter verschiedensten Lasteinflüssen (z.B. Porenwasserdrücke / Grundwasserstände, Verkehrslasten) und ermöglicht die beliebige Wahl einer Vielzahl von Gleitkreismittelpunkten sowie eine schrittweise Variation der jeweilig zugehörigen Radien. Variationen der bodenmechanischen Kennwerte erfolgen manuell in mehreren Rechengängen. Die Anzahl der Lamellen wurde i.d.R. auf 30 begrenzt.

Entsprechend dem aktualisierten Planungskonzept wird die Untersuchung der Deponiestabilität anhand einer maßgebenden Schnittführung untersucht (siehe Abbildung 1), mit welcher alle am Standort vorhandenen und maßgebenden geometrischen Situationen erfasst werden (steilste, höchste und längste Böschung).

Folgende Versagensformen und Lastfälle wurden überprüft:

- Böschungsbruchberechnung am Gesamtsystem mit kreisförmigen Gleitflächen,
- dabei rechnerische Gleitkreisvariation mit jeweils ≥ 30 Lamellen über ein Gleitkreismittelpunktfeld,
- Variation der abfallmechanischen Parameter im Kennwertbereich gemäß Tabelle 3,
- Ansatz von Verkehrslasten $p = 33,3 \text{ kN/m}^2$ (SLW 60) am oberen Böschungsrand (bauzeitliche Belastung).

Bei den Berechnungen werden unter Ansatz konservativer (d.h. auf der sicheren Seite liegender) Bodenkennwerte für den natürlichen Untergrund und die bei der Ausführung zur Anwendung kommenden Bodenmaterialien bei Variation der Scherfestigkeitskonstellationen für die Ablagerung und für das Abdeckmaterial die ungünstigsten Gleitkreisflächen mit den zugehörigen, vorhandenen Gleit-

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

sicherheiten ermittelt, die Tendenzen der Sicherheitswerte bei Variation der o.g. Scherfestigkeitskonstellationen untersucht und daraus die erforderlichen Mindestparameter bzw. Schlussfolgerungen abgeleitet.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt entsprechend der nach DIN 1054 vorzunehmenden Lastfallzuordnung. Bei der Berechnung mit Teilsicherheitswerten gemäß EC 7 ist nachzuweisen, dass

$$E_d / R_d = \mu \leq 1$$

- mit
- E_d Bemessungswert der resultierenden Beanspruchung parallel zur Gleitfläche (Einwirkungen, geometrische Grunddaten wie Böschungswinkel β)
 - R_d Bemessungswert des Widerstandes parallel zur Gleitfläche (rückhaltende Kräfte; $\tan \varphi_d = \tan \varphi_K / \gamma_\varphi$)

Zur Berechnung der Ausnutzungsgrade μ sind gemäß DIN 1054 dementsprechend folgende Teilsicherheitswerte anzusetzen:

Tabelle 1: Teilsicherheitswerte für GEO-3 – Grenzzustand des Verlustes der Gesamtsicherheit

	Formelzeichen	Bemessungssituationen nach DIN 1054		
		BS-P	BS-T	BS-A
Teilsicherheitswerte für Einwirkungen und Beanspruchungen				
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
Teilsicherheitswerte für Widerstände / geotechnische Größen				
Reibungswert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens	γ_φ	1,25	1,15	1,10
Kohäsion c' des dränierten Bodens	γ_c	1,25	1,15	1,10
Wichte des Bodens	γ_{Wichte}	1,00	1,00	1,00

Die Berechnung erfolgt für den Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) für die Ständige Bemessungssituation (BS-P) gemäß DIN 1054 (siehe rot unterlegte Teilsicherheitswerte).

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponie Neubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

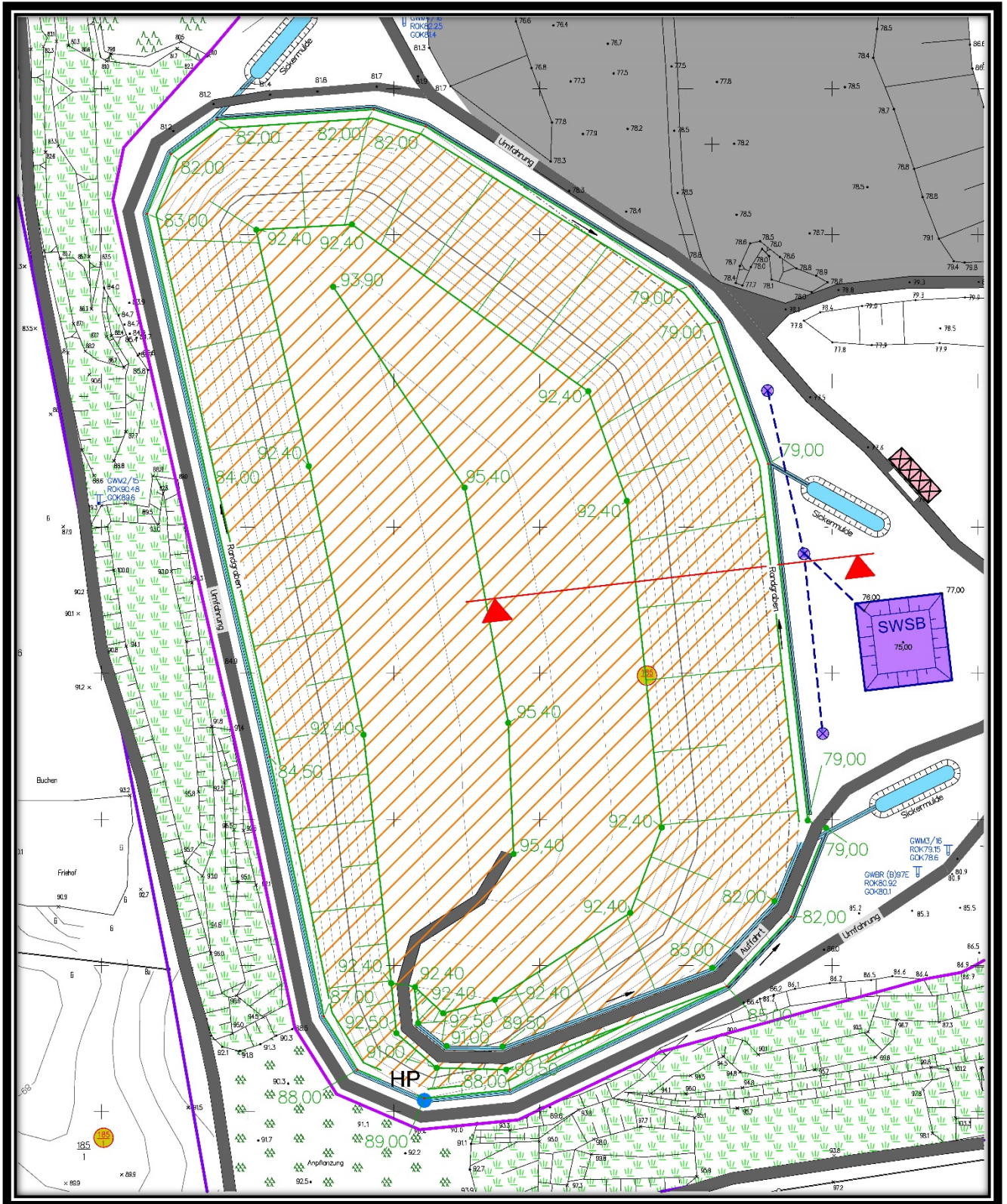


Abb. 1: Lage des Berechnungsschnittes

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.1.2 Bodenmechanische Kennwerte

3.1.2.1 Untergrund

Die Kennwerte für den natürlichen Untergrund werden unter Berücksichtigung der geologischen Situation (siehe Abschnitt 2) basierend auf Erfahrungswerten unter Berücksichtigung der in DIN 1055 angegebenen Werte auf der sicheren Seite liegend gewählt.

Tab. 2: Rechenwerte Untergrund

Schicht	Reibung ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Feuchtwichte γ' [kN/m ³]	Bemerkungen
Mittel- bis Grobsande SW, GW	30,0 – 32,5	0	18,0 – 19,0	gemäß DIN 1055/2

3.1.2.2 Deponiekörper

Bei der geplanten Deponie der Klasse I handelt es sich um eine Deponie für mäßig belastete (nicht gefährliche) Abfälle. Bei der Deponiekategorie I handelt es sich somit gemeinhin um die "Regeldeponie" für mäßig belasteten Erdaushub und Bauschutt und vergleichbare mineralische gewerbliche Abfälle.

In der Genehmigungsplanung wurde diesbezüglich für den Deponiebetrieb ein Abfallannahmekatalog (Positivliste) definiert, welcher hinsichtlich der physikalischen Beschaffenheit der im Einzelnen zugelassenen Abfälle ein weitreichendes Spektrum an geotechnischen Eigenschaften für das künftige Deponieinventar erwarten lässt.

Die für den Einbau vorgesehenen mineralischen Abfälle fallen bei Erdbauarbeiten, beim Abbruch und Rückbau von Gebäuden und sonstigen Bauwerken, bei Sedimentberäumungen wie auch bei zahlreichen Prozessen der Rohstoff- und Veredelungsindustrie in Form von Recyclingmaterialien, Schlacken, Granulaten, Hüttensanden, Aschen oder Schlämmen als Materialien mit bodenähnlichen Eigenschaften an.

Die geotechnischen Nachweise unter Anwendung bodenmechanischer Berechnungsverfahren werden dementsprechend mit einem fiktiven Wertebereich der abfallmechanischen Eingangsparameter ϕ' , c' und E_s geführt, so dass schlussfolgernd aus den Standsicherheitsberechnungen einzuhaltende Mindestwerte ableitbar sind. Für die zum Einbau kommenden Abfälle ist später im Zuge des Deponiebetriebs sicher zu stellen, dass die berechneten Mindestwerte in situ eingehalten werden. Bei Schlämmen sollte dementsprechend davon ausgegangen werden, dass Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich werden (z.B. Entwässerung, Konditionierung durch Zugabe von geeigneten Bindemitteln, Vermischung mit Böden etc.) und diesbezügliche Ablagerungsbereiche im Deponiezentrum anzulegen sind.

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Allgemein ist für die Stabilität der Böschungen ohne zusätzliche technische Stabilisierungsmaßnahmen das Verhältnis der Scherfestigkeit zum Böschungswinkel maßgeblich. Natürliche oder künstliche Böschungen aus nicht bindigen Bodenmaterialien (Sande, Kiese) ermöglichen diesbezüglich maximal eine Neigung, die dem Winkel der wirksamen inneren Reibung ϕ' entspricht. In diesem Fall ist das Grenzgleichgewicht ohne Sicherheitsreserve (d.h. eine 100 %-ige Auslastung des Böschungssystems) gegeben. Wird die Neigung weiter erhöht, führt dies zu einem Böschungsbruch auf einer hangparallelen oder kreisförmigen Gleitfläche. Bei bindigen Materialien hingegen wirkt aufgrund der Feinbestandteile (Ton, Schluff) zusätzlich zur Reibung eine Kohäsion, durch welche das Material zusammengehalten wird. Dadurch können Böschungen aus bindigen Materialien auch einen steileren Winkel haben. Da die Größe der Kohäsionswirkung jedoch in Abhängigkeit vom Wassergehalt des bindigen Bodens stark variiert (aufgeweichter Boden \Rightarrow Kohäsion $c' = 0$), ist der Kohäsionsansatz in geotechnischen Berechnungen im Sinne von Sicherheitsnachweisen nicht grundsätzlich zielführend. Berechnungen unter Ansatz der Kohäsion können deshalb nur erfolgen, wenn deren stabilisierende Wirkung mit dem geotechnisch-konstruktiven Aufbau des Systems auch dauerhaft gewährleistet werden kann (Vermeidung sowohl von Durchnässungen als auch von Austrocknungen, Deckschicht / Bewuchs etc.).

Ausgehend von diesen Sachverhalten werden die nachfolgenden Berechnungen nur für einen (minimalen) Grenzreibungswinkel geführt, welcher nicht geringer ist, als es für eine 100 %-ige Ausnutzung der Standsicherheitsreserve zulässig ist; d.h. Böschungsneigung $\beta \leq \phi' = 18,43^\circ$ (= Neigungsverhältnis von 1:3). Für den rechnerischen Nachweis der Böschungen wird diesbezüglich von einem inneren Mindestreibungswinkel von $18,5^\circ$ ausgegangen.

Die Untersuchung erfolgt somit für folgenden Kennwert-Bereich:

Tab. 3 Rechenwerte Abfallkörper

Bezeichnung	Reibung $\phi' [^\circ]$	Kohäsion $c' [\text{kN/m}^2]$	Wichte $\gamma' [\text{kN/m}^3]$
gem. Abfallkatalog	18,5...27,5	0...10,0	15,0 – 21,0

Die Nachweisführung erfolgt jeweils mit Min./Max.-Werten bzw. unter Variation der Parameter.

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.1.3 Nachweise / Ergebnisse

Die ungünstigsten Gleitkreisverläufe und Gleitkörper mit den berechneten höchsten Ausnutzungsgraden μ sowie die zugehörigen Berechnungsprotokolle sind beispielhaft auf den nach der Ergebnistabelle 4 folgenden Seiten und Abbildungen 2 und 3 dargestellt.

Tabelle 4: Berechnungsergebnisse Gleitkreise Ostböschung

Variation	Scherfestigkeiten		Ausnutzungsgrade $\mu = E_d / R_d \leq 1$		
	Abfallkörper variiert		ohne Verkehrslast	mit Verkehrslast (auf der Berme)	Bemerkungen / Hinweise
	$\phi_k' [^\circ]$	$c_k' [kN/m^2]$	μ	μ	
1	18,5	0	1,08	1,10	Nachweis nicht erfüllt
2		2,5	0,99	1,01	Nachweis nicht erfüllt
3		3,5	0,96	0,98	
4		5,0	0,91	0,94	---
5	20,0	0	1,00	1,02	Nachweis nicht erfüllt
6		2,5	0,92	0,94	---
7		3,5	0,89	0,91	---
8		5,0	0,85	0,88	---
9	22,5	0	0,89	0,91	Abb. 2 Seite 25
10		2,5	0,81	0,84	---
11		3,5	0,79	0,81	---
12		5,0	0,76	0,78	---
13	25,0	0	0,79	0,81	---
14		2,5	0,73	0,75	---
15		3,5	0,71	0,73	---
16		5,0	0,69	0,71	---

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Berechnungsprotokoll

**Deponie-Parameterkonstellation 9: $\phi' = 22,5^\circ$ / $c' = 0 \text{ kN/m}^2$
 mit Verkehrslast**

Böschungsberechnung nach EC 7
 mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

ϕ [$^\circ$] = Reibungswinkel

c [kN/m^2] = Kohäsion

γ [kN/m^3] = Wichte

μ [-] = Ausnutzungsgrad

x_m, y_m [m] = x, y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

r_{ad} [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	38.221	97.000
2	77.498	94.816
3	90.674	94.000
4	140.277	78.000
5	145.146	78.000
6	147.546	77.200
7	170.000	77.200

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	ϕ, k	c, k	γ, k	Bezeichnung
[-]	[$^\circ$]	[kN/m^2]	[kN/m^3]	
1	25.00	1.00	19.55	OFA
2	22.50	0.00	17.00	Deponiekörper
3	30.00	0.00	18.00	Mittel-Grobsande

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	ϕ, d	c, d	γ, d	Bezeichnung
[-]	[$^\circ$]	[kN/m^2]	[kN/m^3]	
1	20.46	0.80	19.55	OFA
2	18.33	0.00	17.00	Deponiekörper
3	24.79	0.00	18.00	Mittel-Grobsande

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	38.221	95.450	77.498	93.266	1
2	77.498	93.266	90.674	92.450	1
3	90.674	92.450	138.802	77.145	1
4	138.802	77.145	140.277	78.000	1
5	38.221	77.740	134.490	74.801	2
6	134.490	74.801	138.802	77.145	2
7	38.221	65.000	170.000	65.000	3

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	38.221	65.000
2	170.000	65.000

Verkehrslasten

Verkehrslasten ungünstig

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	87.67	90.67	94.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

 gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 138.8020 77.1450

x / y (Ende): 96.1337 85.1594

Anzahl Radien = 30

Kreis	xm	ym	Radius	Lamellen	μ
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]
1	140.1331	92.3567	15.2699	30	0.6249
Zähler = 1206.459 Nenner = 1930.773					
M(Ti) = 1930.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 1206.5 / M(S) = 0.0					
2	140.1331	85.2314	8.1953	30	0.5058
Zähler = 320.331 Nenner = 633.265					
M(Ti) = 633.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 320.3 / M(S) = 0.0					
3	147.2768	92.3567	23.1188	30	0.2449
Zähler = 11517.804 Nenner = 47037.319					
M(Ti) = 47037.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 11517.8 / M(S) = 0.0					
4	147.2768	85.2314	16.9710	32	0.2390
Zähler = 7790.436 Nenner = 32591.777					
M(Ti) = 32591.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 7790.4 / M(S) = 0.0					

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

5	147.2768	213.4868	136.6049	30	0.8381
Zähler =	179752.885	Nenner =	214482.952		
M(Ti) =	214483.0 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	179752.9 /
				M(S) =	0.0
6	147.2768	206.3615	129.4941	30	0.8570
Zähler =	160917.088	Nenner =	187760.942		
M(Ti) =	187760.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	160917.1 /
				M(S) =	0.0
7	147.2768	199.2362	122.3850	30	0.8738
Zähler =	142106.353	Nenner =	162628.427		
M(Ti) =	162628.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	142106.4 /
				M(S) =	0.0
8	147.2768	192.1109	115.2778	30	0.8822
Zähler =	123654.902	Nenner =	140158.768		
M(Ti) =	140158.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	123654.9 /
				M(S) =	0.0
9	147.2768	184.9856	108.1731	30	0.8834
Zähler =	103182.821	Nenner =	116799.355		
M(Ti) =	116799.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	103182.8 /
				M(S) =	0.0
10	147.2768	177.8603	101.0712	30	0.8570
Zähler =	79834.746	Nenner =	93159.986		
M(Ti) =	93160.0 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	79834.7 /
				M(S) =	0.0
11	147.2768	170.7350	93.9729	30	0.8370
Zähler =	63360.815	Nenner =	75699.759		
M(Ti) =	75699.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	63360.8 /
				M(S) =	0.0
12	147.2768	163.6097	86.8790	30	0.8217
Zähler =	49356.510	Nenner =	60067.149		
M(Ti) =	60067.1 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	49356.5 /
				M(S) =	0.0
13	147.2768	156.4844	79.7907	30	0.7933
Zähler =	37710.117	Nenner =	47536.314		
M(Ti) =	47536.3 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	37710.1 /
				M(S) =	0.0
14	147.2768	149.3591	72.7097	30	0.7621
Zähler =	28145.412	Nenner =	36931.197		
M(Ti) =	36931.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	28145.4 /
				M(S) =	0.0
15	147.2768	142.2338	65.6382	30	0.7175
Zähler =	20460.383	Nenner =	28514.947		
M(Ti) =	28514.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	20460.4 /
				M(S) =	0.0
16	147.2768	135.1085	58.5798	30	0.6693
Zähler =	14426.220	Nenner =	21554.013		
M(Ti) =	21554.0 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	14426.2 /
				M(S) =	0.0
17	147.2768	120.8579	44.5269	30	0.5254
Zähler =	6475.895	Nenner =	12325.099		
M(Ti) =	12325.1 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	6475.9 /
				M(S) =	0.0
18	147.2768	99.4820	24.8647	30	0.2755
Zähler =	3191.107	Nenner =	11584.827		
M(Ti) =	11584.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	3191.1 /
				M(S) =	0.0
19	140.1331	135.1085	57.9788	30	0.8483
Zähler =	31096.996	Nenner =	36657.371		
M(Ti) =	36657.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	31097.0 /
				M(S) =	0.0
20	140.1331	142.2338	65.1024	30	0.8660
Zähler =	42207.203	Nenner =	48737.220		
M(Ti) =	48737.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	42207.2 /
				M(S) =	0.0
21	132.9895	184.9856	106.4125	30	0.8132
Zähler =	152104.664	Nenner =	187049.445		
M(Ti) =	187049.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	152104.7 /
				M(S) =	0.0

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standstabilitätsberechnung zur Genehmigungsplanung

22	132.9895	177.8603	99.7588	30	0.8281
Zähler = 148820.693 Nenner = 179708.940					
M(Ti) = 179708.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 148820.7 / M(S) = 0.0					
23	132.9895	170.7350	93.1748	30	0.8425
Zähler = 146006.110 Nenner = 173294.345					
M(Ti) = 173294.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 146006.1 / M(S) = 0.0					
24	132.9895	163.6097	86.6598	30	0.8453
Zähler = 142910.328 Nenner = 169070.787					
M(Ti) = 169070.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 142910.3 / M(S) = 0.0					
25	132.9895	156.4844	79.5520	30	0.8687
Zähler = 124102.641 Nenner = 142856.791					
M(Ti) = 142856.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 124102.6 / M(S) = 0.0					
26	132.9895	149.3591	72.4477	30	0.8907
Zähler = 105641.953 Nenner = 118606.040					
M(Ti) = 118606.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 105642.0 / M(S) = 0.0					
27	132.9895	142.2338	65.3478	30	0.8942
Zähler = 85369.762 Nenner = 95473.359					
M(Ti) = 95473.4 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 85369.8 / M(S) = 0.0					
28	132.9895	135.1085	58.2542	30	0.8721
Zähler = 64151.739 Nenner = 73563.105					
M(Ti) = 73563.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 64151.7 / M(S) = 0.0					
29	132.9895	127.9832	51.1694	30	0.8620
Zähler = 48685.647 Nenner = 56478.882					
M(Ti) = 56478.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 48685.6 / M(S) = 0.0					
30	132.9895	120.8579	44.0977	30	0.8521
Zähler = 35799.978 Nenner = 42013.092					
M(Ti) = 42013.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 35800.0 / M(S) = 0.0					
31	132.9895	113.7326	37.0464	30	0.8387
Zähler = 25281.402 Nenner = 30144.617					
M(Ti) = 30144.6 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 25281.4 / M(S) = 0.0					
32	132.9895	106.6073	30.0302	30	0.8191
Zähler = 16911.294 Nenner = 20645.914					
M(Ti) = 20645.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 16911.3 / M(S) = 0.0					
33	132.9895	99.4820	23.0809	30	0.7854
Zähler = 10461.863 Nenner = 13319.888					
M(Ti) = 13319.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 10461.9 / M(S) = 0.0					
34	132.9895	92.3567	16.2844	30	0.7221
Zähler = 5721.980 Nenner = 7924.198					
M(Ti) = 7924.2 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 5722.0 / M(S) = 0.0					
35	132.9895	85.2314	9.9587	31	0.5609
Zähler = 2555.157 Nenner = 4555.498					
M(Ti) = 4555.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 2555.2 / M(S) = 0.0					
36	140.1331	213.4868	135.6609	30	0.7993
Zähler = 201536.093 Nenner = 252129.996					
M(Ti) = 252130.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 201536.1 / M(S) = 0.0					
37	147.2768	127.9832	51.5397	30	0.6040
Zähler = 9842.458 Nenner = 16295.984					
M(Ti) = 16296.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 9842.5 / M(S) = 0.0					
38	140.1331	99.4820	22.3767	30	0.6999
Zähler = 2899.385 Nenner = 4142.486					
M(Ti) = 4142.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 2899.4 / M(S) = 0.0					

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

39	140.1331	127.9832	50.8556	30	0.8370
Zähler =	22096.106	Nenner =	26397.939		
M(Ti) =	26397.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	22096.1 /
				M(S) =	0.0
40	140.1331	149.3591	72.2264	30	0.8722
Zähler =	55654.483	Nenner =	63811.492		
M(Ti) =	63811.5 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	55654.5 /
				M(S) =	0.0
41	132.9895	206.3615	126.6819	30	0.7618
Zähler =	164099.544	Nenner =	215407.916		
M(Ti) =	215407.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	164099.5 /
				M(S) =	0.0
42	132.9895	192.1109	113.1237	30	0.7971
Zähler =	155815.369	Nenner =	195481.761		
M(Ti) =	195481.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	155815.4 /
				M(S) =	0.0
43	90.1275	199.2362	114.2348	30	0.3444
Zähler =	103095.562	Nenner =	299326.489		
M(Ti) =	299326.5 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	103095.6 /
				M(S) =	0.0
44	90.1275	192.1109	108.3017	30	0.3535
Zähler =	116895.634	Nenner =	330651.861		
M(Ti) =	330651.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	116895.6 /
				M(S) =	0.0
45	90.1275	184.9856	101.8377	30	0.3587
Zähler =	118729.993	Nenner =	331043.795		
M(Ti) =	331043.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	118730.0 /
				M(S) =	0.0
46	90.1275	177.8603	96.0562	30	0.3651
Zähler =	131763.420	Nenner =	360847.957		
M(Ti) =	360848.0 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	131763.4 /
				M(S) =	0.0
47	90.1275	170.7350	89.7271	30	0.3689
Zähler =	132345.012	Nenner =	358800.913		
M(Ti) =	358800.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	132345.0 /
				M(S) =	0.0
48	90.1275	163.6097	84.1583	30	0.3723
Zähler =	144152.222	Nenner =	387203.442		
M(Ti) =	387203.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	144152.2 /
				M(S) =	0.0
49	90.1275	156.4844	78.7451	30	0.3737
Zähler =	155399.912	Nenner =	415846.520		
M(Ti) =	415846.5 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	155399.9 /
				M(S) =	0.0
50	90.1275	149.3591	69.7549	30	0.3736
Zähler =	108343.926	Nenner =	290014.834		
M(Ti) =	290014.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	108343.9 /
				M(S) =	0.0
51	90.1275	142.2338	60.5744	30	0.3735
Zähler =	69942.662	Nenner =	187278.197		
M(Ti) =	187278.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	69942.7 /
				M(S) =	0.0
52	90.1275	135.1085	52.0010	30	0.3733
Zähler =	46437.343	Nenner =	124385.766		
M(Ti) =	124385.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	46437.3 /
				M(S) =	0.0
53	90.1275	127.9832	43.2430	30	0.3731
Zähler =	27845.954	Nenner =	74628.271		
M(Ti) =	74628.3 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	27846.0 /
				M(S) =	0.0
54	90.1275	120.8579	36.2003	30	0.3707
Zähler =	21682.772	Nenner =	58494.175		
M(Ti) =	58494.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	21682.8 /
				M(S) =	0.0
55	90.1275	113.7326	29.1977	30	0.3628
Zähler =	15883.385	Nenner =	43777.893		
M(Ti) =	43777.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	15883.4 /
				M(S) =	0.0

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

56	90.1275	106.6073	23.4272	31	0.3518
Zähler =	13760.722	Nenner =	39114.968		
M(Ti) =	39115.0 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	13760.7 / M(S) = 0.0
57	90.1275	99.4820	15.5310	31	0.3521
Zähler =	6751.092	Nenner =	19173.177		
M(Ti) =	19173.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	6751.1 / M(S) = 0.0
58	140.1331	106.6073	29.4924	30	0.7503
Zähler =	5618.245	Nenner =	7487.870		
M(Ti) =	7487.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	5618.2 / M(S) = 0.0
59	140.1331	120.8579	43.7332	30	0.8164
Zähler =	14997.458	Nenner =	18369.685		
M(Ti) =	18369.7 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	14997.5 / M(S) = 0.0
60	140.1331	156.4844	79.3506	30	0.8838
Zähler =	71660.278	Nenner =	81080.229		
M(Ti) =	81080.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	71660.3 / M(S) = 0.0
61	132.9895	199.2362	119.9609	30	0.7791
Zähler =	162324.987	Nenner =	208336.245		
M(Ti) =	208336.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	162325.0 / M(S) = 0.0
62	97.2712	206.3615	124.1113	30	0.4103
Zähler =	178098.833	Nenner =	434105.196		
M(Ti) =	434105.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	178098.8 / M(S) = 0.0
63	97.2712	199.2362	118.0502	30	0.4169
Zähler =	192483.165	Nenner =	461710.182		
M(Ti) =	461710.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	192483.2 / M(S) = 0.0
64	97.2712	192.1109	111.5415	30	0.4224
Zähler =	193001.958	Nenner =	456882.619		
M(Ti) =	456882.6 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	193002.0 / M(S) = 0.0
65	97.2712	184.9856	104.5513	30	0.4278
Zähler =	180157.246	Nenner =	421153.683		
M(Ti) =	421153.7 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	180157.2 / M(S) = 0.0
66	97.2712	177.8603	95.4136	30	0.4339
Zähler =	123105.333	Nenner =	283694.497		
M(Ti) =	283694.5 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	123105.3 / M(S) = 0.0
67	97.2712	170.7350	86.7037	30	0.4420
Zähler =	85497.767	Nenner =	193416.925		
M(Ti) =	193416.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	85497.8 / M(S) = 0.0
68	97.2712	163.6097	79.6228	30	0.4506
Zähler =	77151.056	Nenner =	171218.435		
M(Ti) =	171218.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	77151.1 / M(S) = 0.0
69	97.2712	156.4844	71.3341	30	0.4609
Zähler =	54799.262	Nenner =	118903.659		
M(Ti) =	118903.7 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	54799.3 / M(S) = 0.0
70	97.2712	149.3591	64.2098	30	0.4730
Zähler =	47923.836	Nenner =	101316.372		
M(Ti) =	101316.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	47923.8 / M(S) = 0.0
71	97.2712	142.2338	57.0858	30	0.4862
Zähler =	41240.448	Nenner =	84823.876		
M(Ti) =	84823.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	41240.4 / M(S) = 0.0
72	97.2712	135.1085	49.9621	30	0.5012
Zähler =	34764.537	Nenner =	69359.201		
M(Ti) =	69359.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	34764.5 / M(S) = 0.0

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

73	97.2712	127.9832	42.8389	30	0.5181
Zähler =	28520.912	Nenner =	55049.738		
M(Ti) =	55049.7 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	28520.9 /
				M(S) =	0.0
74	97.2712	120.8579	35.7167	30	0.5386
Zähler =	22531.944	Nenner =	41834.328		
M(Ti) =	41834.3 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	22531.9 /
				M(S) =	0.0
75	97.2712	113.7326	28.5959	30	0.5572
Zähler =	16839.341	Nenner =	30221.334		
M(Ti) =	30221.3 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	16839.3 /
				M(S) =	0.0
76	97.2712	106.6073	21.4781	30	0.5631
Zähler =	11485.981	Nenner =	20397.040		
M(Ti) =	20397.0 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	11486.0 /
				M(S) =	0.0
77	97.2712	99.4820	14.3677	31	0.5808
Zähler =	6690.109	Nenner =	11519.233		
M(Ti) =	11519.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	6690.1 /
				M(S) =	0.0
78	147.2768	113.7326	37.5563	30	0.4376
Zähler =	4118.273	Nenner =	9410.050		
M(Ti) =	9410.1 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	4118.3 /
				M(S) =	0.0
79	140.1331	113.7326	36.6118	30	0.7889
Zähler =	9579.840	Nenner =	12142.888		
M(Ti) =	12142.9 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	9579.8 /
				M(S) =	0.0
80	140.1331	163.6097	86.4749	30	0.9068
Zähler =	93987.092	Nenner =	103642.812		
M(Ti) =	103642.8 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	93987.1 /
				M(S) =	0.0
81	104.4148	213.4868	130.5972	30	0.4663
Zähler =	168623.566	Nenner =	361596.404		
M(Ti) =	361596.4 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	168623.6 /
				M(S) =	0.0
82	104.4148	206.3615	123.5229	30	0.4748
Zähler =	158417.217	Nenner =	333649.505		
M(Ti) =	333649.5 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	158417.2 /
				M(S) =	0.0
83	104.4148	199.2362	114.3770	30	0.4852
Zähler =	100884.293	Nenner =	207942.275		
M(Ti) =	207942.3 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	100884.3 /
				M(S) =	0.0
84	104.4148	192.1109	107.2716	30	0.4969
Zähler =	93448.498	Nenner =	188065.704		
M(Ti) =	188065.7 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	93448.5 /
				M(S) =	0.0
85	104.4148	184.9856	100.1691	30	0.5094
Zähler =	86132.757	Nenner =	169102.159		
M(Ti) =	169102.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	86132.8 /
				M(S) =	0.0
86	104.4148	177.8603	93.0701	30	0.5235
Zähler =	78969.324	Nenner =	150850.053		
M(Ti) =	150850.1 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	78969.3 /
				M(S) =	0.0
87	104.4148	170.7350	85.9754	30	0.5386
Zähler =	71934.426	Nenner =	133546.168		
M(Ti) =	133546.2 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	71934.4 /
				M(S) =	0.0
88	104.4148	163.6097	78.8862	30	0.5559
Zähler =	65065.356	Nenner =	117050.571		
M(Ti) =	117050.6 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	65065.4 /
				M(S) =	0.0
89	104.4148	156.4844	71.8042	30	0.5748
Zähler =	58345.550	Nenner =	101510.744		
M(Ti) =	101510.7 /	M(R) =	0.0 /	M(Gi) =	58345.5 /
				M(S) =	0.0

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standstabilitätsberechnung zur Genehmigungsplanung

90	104.4148	149.3591	64.7316	30	0.5961
Zähler = 51755.083		Nenner = 86826.033			
M(Ti) = 86826.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 51755.1 / M(S) = 0.0					
91	104.4148	142.2338	57.6721	30	0.6202
Zähler = 45344.409		Nenner = 73111.336			
M(Ti) = 73111.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 45344.4 / M(S) = 0.0					
92	104.4148	135.1085	50.6310	30	0.6364
Zähler = 39096.282		Nenner = 61429.626			
M(Ti) = 61429.6 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 39096.3 / M(S) = 0.0					
93	104.4148	127.9832	43.6172	30	0.6531
Zähler = 33034.349		Nenner = 50583.757			
M(Ti) = 50583.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 33034.3 / M(S) = 0.0					
94	104.4148	120.8579	36.6465	30	0.6849
Zähler = 27147.862		Nenner = 39639.436			
M(Ti) = 39639.4 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 27147.9 / M(S) = 0.0					
95	104.4148	113.7326	29.7491	30	0.7168
Zähler = 21477.069		Nenner = 29960.914			
M(Ti) = 29960.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 21477.1 / M(S) = 0.0					
96	104.4148	106.6073	22.9911	30	0.7409
Zähler = 16044.977		Nenner = 21656.686			
M(Ti) = 21656.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 16045.0 / M(S) = 0.0					
97	104.4148	99.4820	16.5444	31	0.6841
Zähler = 10148.188		Nenner = 14833.746			
M(Ti) = 14833.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 10148.2 / M(S) = 0.0					
98	104.4148	92.3567	16.2977	32	0.4926
Zähler = 17715.300		Nenner = 35960.537			
M(Ti) = 35960.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 17715.3 / M(S) = 0.0					
99	140.1331	177.8603	100.7241	30	0.8810
Zähler = 132822.847		Nenner = 150764.823			
M(Ti) = 150764.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 132822.8 / M(S) = 0.0					
100	140.1331	170.7350	93.5995	30	0.9017
Zähler = 114361.121		Nenner = 126830.957			
M(Ti) = 126831.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 114361.1 / M(S) = 0.0					
101	111.5585	213.4868	129.2511	30	0.5411
Zähler = 120836.115		Nenner = 223298.134			
M(Ti) = 223298.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 120836.1 / M(S) = 0.0					
102	111.5585	206.3615	122.1797	30	0.5546
Zähler = 113605.231		Nenner = 204825.748			
M(Ti) = 204825.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 113605.2 / M(S) = 0.0					
103	111.5585	199.2362	115.1149	30	0.5696
Zähler = 106502.428		Nenner = 186991.087			
M(Ti) = 186991.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 106502.4 / M(S) = 0.0					
104	111.5585	192.1109	108.0581	30	0.5853
Zähler = 99533.451		Nenner = 170045.500			
M(Ti) = 170045.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 99533.5 / M(S) = 0.0					
105	111.5585	184.9856	101.0109	30	0.6029
Zähler = 92672.191		Nenner = 153722.675			
M(Ti) = 153722.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 92672.2 / M(S) = 0.0					
106	111.5585	177.8603	93.9754	30	0.6216
Zähler = 85960.676		Nenner = 138290.451			
M(Ti) = 138290.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 85960.7 / M(S) = 0.0					

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standstabilitätsberechnung zur Genehmigungsplanung

107	111.5585	170.7350	86.9547	30	0.6421
Zähler = 79356.213		Nenner = 123585.317			
M(Ti) = 123585.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 79356.2 / M(S) = 0.0					
108	111.5585	163.6097	79.9523	30	0.6646
Zähler = 72919.077		Nenner = 109715.142			
M(Ti) = 109715.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 72919.1 / M(S) = 0.0					
109	111.5585	156.4844	72.9739	30	0.6830
Zähler = 66620.734		Nenner = 97543.880			
M(Ti) = 97543.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 66620.7 / M(S) = 0.0					
110	111.5585	149.3591	66.0267	30	0.6912
Zähler = 60469.365		Nenner = 87485.464			
M(Ti) = 87485.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 60469.4 / M(S) = 0.0					
111	111.5585	142.2338	59.1220	30	0.7173
Zähler = 54451.609		Nenner = 75916.727			
M(Ti) = 75916.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 54451.6 / M(S) = 0.0					
112	111.5585	135.1085	52.2766	30	0.7459
Zähler = 48597.004		Nenner = 65151.179			
M(Ti) = 65151.2 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 48597.0 / M(S) = 0.0					
113	111.5585	127.9832	45.5171	30	0.7717
Zähler = 42886.666		Nenner = 55577.077			
M(Ti) = 55577.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 42886.7 / M(S) = 0.0					
114	111.5585	120.8579	38.8884	30	0.7929
Zähler = 37396.766		Nenner = 47167.222			
M(Ti) = 47167.2 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 37396.8 / M(S) = 0.0					
115	111.5585	113.7326	32.4708	30	0.8002
Zähler = 32104.213		Nenner = 40121.455			
M(Ti) = 40121.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 32104.2 / M(S) = 0.0					
116	111.5585	106.6073	26.4185	30	0.7636
Zähler = 26430.146		Nenner = 34612.082			
M(Ti) = 34612.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 26430.1 / M(S) = 0.0					
117	111.5585	99.4820	21.0491	31	0.6291
Zähler = 19405.866		Nenner = 30847.272			
M(Ti) = 30847.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 19405.9 / M(S) = 0.0					
118	111.5585	92.3567	17.0214	32	0.4793
Zähler = 16503.993		Nenner = 34434.405			
M(Ti) = 34434.4 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 16504.0 / M(S) = 0.0					
119	140.1331	184.9856	107.8488	30	0.8589
Zähler = 151585.962		Nenner = 176479.573			
M(Ti) = 176479.6 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 151586.0 / M(S) = 0.0					
120	140.1331	192.1109	114.9736	30	0.8371
Zähler = 170658.442		Nenner = 203868.982			
M(Ti) = 203869.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 170658.4 / M(S) = 0.0					
121	118.7021	213.4868	130.2968	30	0.6205
Zähler = 130377.400		Nenner = 210131.387			
M(Ti) = 210131.4 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 130377.4 / M(S) = 0.0					
122	118.7021	206.3615	123.2854	30	0.6372
Zähler = 123712.573		Nenner = 194159.066			
M(Ti) = 194159.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 123712.6 / M(S) = 0.0					
123	118.7021	199.2362	116.2878	30	0.6547
Zähler = 117204.093		Nenner = 179012.220			
M(Ti) = 179012.2 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 117204.1 / M(S) = 0.0					

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

124	118.7021	192.1109	109.3067	30	0.6738
Zähler = 110820.531 Nenner = 164476.685					
M(Ti) = 164476.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 110820.5 / M(S) = 0.0					
125	118.7021	184.9856	102.3455	30	0.6937
Zähler = 104601.200 Nenner = 150784.272					
M(Ti) = 150784.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 104601.2 / M(S) = 0.0					
126	118.7021	177.8603	95.4086	30	0.7032
Zähler = 98499.022 Nenner = 140078.535					
M(Ti) = 140078.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 98499.0 / M(S) = 0.0					
127	118.7021	170.7350	88.5015	30	0.7155
Zähler = 92585.370 Nenner = 129392.405					
M(Ti) = 129392.4 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 92585.4 / M(S) = 0.0					
128	118.7021	163.6097	81.6320	30	0.7368
Zähler = 86840.092 Nenner = 117854.277					
M(Ti) = 117854.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 86840.1 / M(S) = 0.0					
129	118.7021	156.4844	74.8104	30	0.7593
Zähler = 81288.309 Nenner = 107057.270					
M(Ti) = 107057.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 81288.3 / M(S) = 0.0					
130	118.7021	149.3591	68.0510	30	0.7832
Zähler = 75890.841 Nenner = 96901.626					
M(Ti) = 96901.6 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 75890.8 / M(S) = 0.0					
131	118.7021	142.2338	61.3745	30	0.8036
Zähler = 70719.525 Nenner = 87998.322					
M(Ti) = 87998.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 70719.5 / M(S) = 0.0					
132	118.7021	135.1085	54.8111	30	0.8204
Zähler = 65809.112 Nenner = 80212.135					
M(Ti) = 80212.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 65809.1 / M(S) = 0.0					
133	118.7021	127.9832	48.4068	30	0.8297
Zähler = 61156.019 Nenner = 73704.505					
M(Ti) = 73704.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 61156.0 / M(S) = 0.0					
134	118.7021	120.8579	42.2341	30	0.8277
Zähler = 56804.861 Nenner = 68625.654					
M(Ti) = 68625.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 56804.9 / M(S) = 0.0					
135	118.7021	113.7326	36.4111	30	0.7963
Zähler = 52394.671 Nenner = 65799.549					
M(Ti) = 65799.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 52394.7 / M(S) = 0.0					
136	118.7021	106.6073	31.1344	30	0.7088
Zähler = 45994.452 Nenner = 64888.292					
M(Ti) = 64888.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 45994.5 / M(S) = 0.0					
137	118.7021	99.4820	26.7297	31	0.4924
Zähler = 42798.881 Nenner = 86920.682					
M(Ti) = 86920.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 42798.9 / M(S) = 0.0					
138	118.7021	92.3567	23.6883	32	0.4019
Zähler = 45787.302 Nenner = 113924.463					
M(Ti) = 113924.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 45787.3 / M(S) = 0.0					
139	147.2768	106.6073	31.4837	30	0.3442
Zähler = 4725.143 Nenner = 13728.533					
M(Ti) = 13728.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 4725.1 / M(S) = 0.0					
140	140.1331	199.2362	122.0984	30	0.8159
Zähler = 190058.078 Nenner = 232928.852					
M(Ti) = 232928.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 190058.1 / M(S) = 0.0					

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

141	125.8458	213.4868	131.7222	30	0.6971
Zähler = 145771.320 Nenner = 209121.755					
M(Ti) = 209121.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 145771.3 / M(S) = 0.0					
142	125.8458	206.3615	124.7909	30	0.7151
Zähler = 139917.663 Nenner = 195667.264					
M(Ti) = 195667.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 139917.7 / M(S) = 0.0					
143	125.8458	199.2362	117.8827	30	0.7301
Zähler = 134266.157 Nenner = 183888.929					
M(Ti) = 183888.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 134266.2 / M(S) = 0.0					
144	125.8458	192.1109	111.0020	30	0.7318
Zähler = 128807.512 Nenner = 176017.577					
M(Ti) = 176017.6 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 128807.5 / M(S) = 0.0					
145	125.8458	184.9856	104.1541	30	0.7509
Zähler = 123548.269 Nenner = 164535.062					
M(Ti) = 164535.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 123548.3 / M(S) = 0.0					
146	125.8458	177.8603	97.3461	30	0.7700
Zähler = 118534.096 Nenner = 153939.919					
M(Ti) = 153939.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 118534.1 / M(S) = 0.0					
147	125.8458	170.7350	90.5870	30	0.7908
Zähler = 113740.375 Nenner = 143833.064					
M(Ti) = 143833.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 113740.4 / M(S) = 0.0					
148	125.8458	163.6097	83.8884	30	0.8090
Zähler = 109205.411 Nenner = 134994.665					
M(Ti) = 134994.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 109205.4 / M(S) = 0.0					
149	125.8458	156.4844	77.2662	30	0.8254
Zähler = 105001.994 Nenner = 127213.833					
M(Ti) = 127213.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 105002.0 / M(S) = 0.0					
150	125.8458	149.3591	70.7419	30	0.8388
Zähler = 101153.542 Nenner = 120597.496					
M(Ti) = 120597.5 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 101153.5 / M(S) = 0.0					
151	125.8458	142.2338	64.3452	30	0.8474
Zähler = 97712.852 Nenner = 115310.663					
M(Ti) = 115310.7 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 97712.9 / M(S) = 0.0					
152	125.8458	135.1085	58.1182	30	0.8507
Zähler = 94728.648 Nenner = 111350.325					
M(Ti) = 111350.3 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 94728.6 / M(S) = 0.0					
153	125.8458	127.9832	52.1219	30	0.8413
Zähler = 92245.005 Nenner = 109642.241					
M(Ti) = 109642.2 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 92245.0 / M(S) = 0.0					
154	125.8458	120.8579	45.5926	30	0.8203
Zähler = 77100.077 Nenner = 93986.779					
M(Ti) = 93986.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 77100.1 / M(S) = 0.0					
155	125.8458	113.7326	38.8139	30	0.7306
Zähler = 56976.695 Nenner = 77991.114					
M(Ti) = 77991.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 56976.7 / M(S) = 0.0					
156	125.8458	106.6073	32.1853	30	0.6437
Zähler = 42038.979 Nenner = 65306.759					
M(Ti) = 65306.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 42039.0 / M(S) = 0.0					
157	125.8458	99.4820	25.8226	30	0.5556
Zähler = 29739.257 Nenner = 53530.869					
M(Ti) = 53530.9 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 29739.3 / M(S) = 0.0					

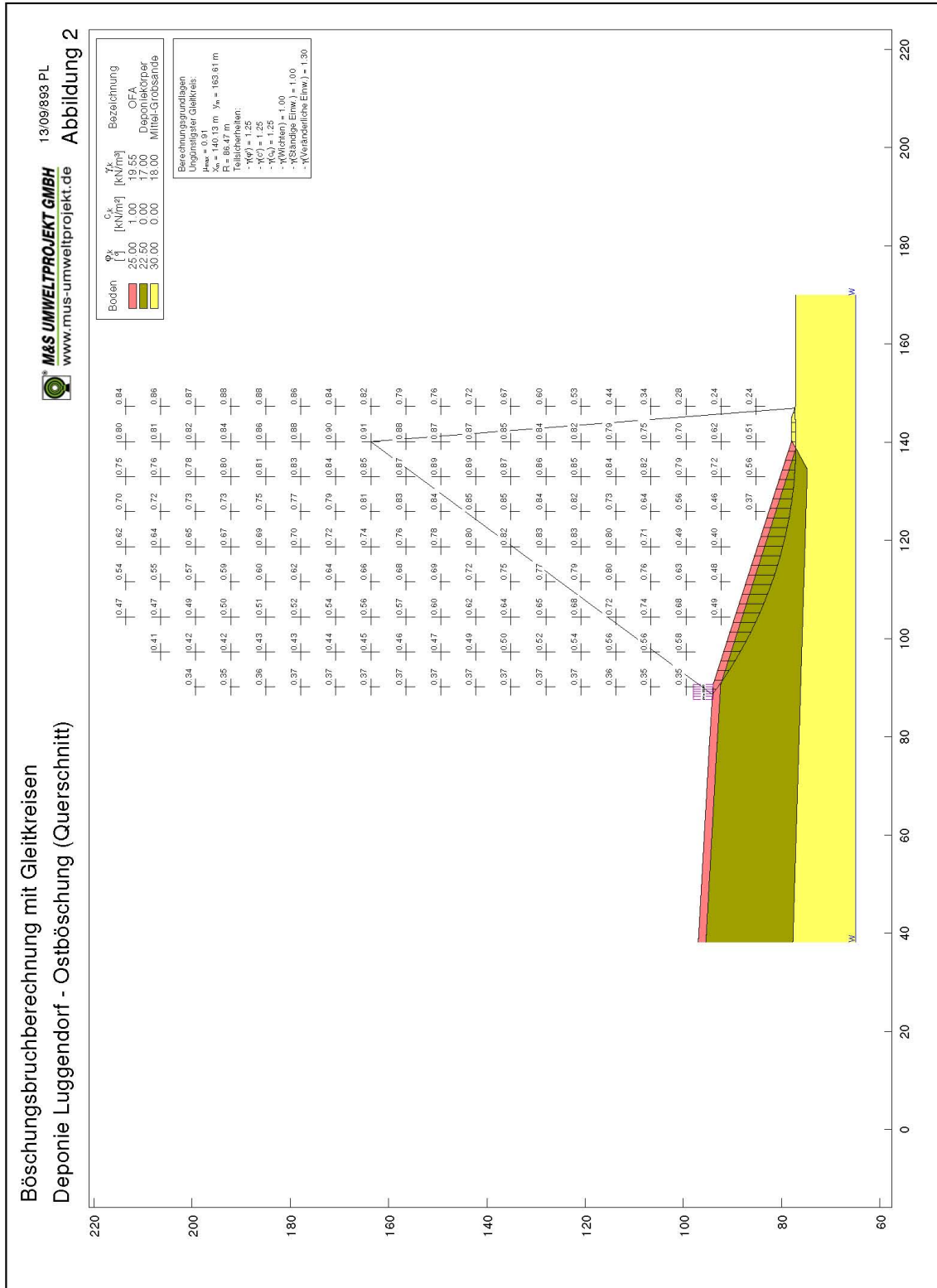
Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

158 125.8458 92.3567 19.9815 31 0.4559
 Zähler = 20569.677 Nenner = 45120.086
 M(Ti) = 45120.1 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 20569.7 / M(S) = 0.0
 159 125.8458 85.2314 15.2726 34 0.3681
 Zähler = 14465.567 Nenner = 39299.837
 M(Ti) = 39299.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 14465.6 / M(S) = 0.0
 160 140.1331 206.3615 128.9415 30 0.8062
 Zähler = 198836.592 Nenner = 246627.806
 M(Ti) = 246627.8 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 198836.6 / M(S) = 0.0
 161 132.9895 213.4868 133.5151 30 0.7492
 Zähler = 168686.133 Nenner = 225142.000
 M(Ti) = 225142.0 / M(R) = 0.0 / M(Gi) = 168686.1 / M(S) = 0.0

Ungünstigster Gleitkreis

Kreis	xm [m]	ym [m]	Radius [m]	Lamellen [-]	μ [-]
80	140.1331	163.6097	86.4749	30	0.9068
Zähler = 93987.092		Nenner = 103642.812			

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponie Neubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung



Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.1.4 Zusammenfassung der Böschungsbruchberechnungen

Für die DK I- Deponie Luggendorf wurden Berechnungen zur Böschungsstandsicherheit für das in der Genehmigungsplanung dargestellte Planungskonzept durchgeführt. Ziel für die Auswertung der berechneten Ergebnisse ist es, die grundsätzliche Ausführbarkeit des Planungskonzeptes zu überprüfen und bestätigen zu können bzw. Schlussfolgerungen für die Planungsbearbeitung und für die Vorgabe von konstruktiven Details sowie Mindestwerte für bodenmechanische Materialkenngrößen aus den Berechnungsergebnissen abzuleiten.

Die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen weisen aus, dass bei einer Böschungsneigung von 1 : 3 die erforderlichen Stabilitätsreserven ausnahmslos erreicht werden, wenn

- a) im Abfallkörper Scherfestigkeitskonstellationen Reibungswinkel ϕ' / Kohäsion c'
 - $\phi' / c' \geq 18,5^\circ / \geq 3,5 \text{ kN/m}^2$,
 - bzw.
 - $\phi' / c' \geq 20,0^\circ / \geq 2,5 \text{ kN/m}^2$,
 - bzw.
 - $\phi' / c' \geq 22,5^\circ / \geq 0 \text{ kN/m}^2$,
- b) in den Mineralböden und Fugen des Abdichtungssystems eine mittlere Scherfestigkeitskonstellation Reibungswinkel ϕ' / Kohäsion c'
 - $\phi' / c' \geq 25,0^\circ / \geq 0 \text{ kN/m}^2$ mobilisiert wird und
- c) die Verkehrslast auf den Böschungen sowie auf der Plateaufläche maximal $33,3 \text{ kN/m}^2$ (= SLW 60) beträgt.

Aus dem Vergleich der ermittelten Mindest-Scherparameter für den Abfallkörper mit den bekannten Ausgangsdaten zur geplanten Deponie und zum geologischen Untergrund am Standort kann damit unter Einbeziehung von Erfahrungswerten und den in DIN 1045 und 1055 angegebenen Kennwerten insgesamt eine ausreichende Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch im Berechnungsschnitt der Deponie Luggendorf eingeschätzt werden.

Die o.g. Mindestwerte für die Scherfestigkeitskonstellationen sind im Zuge des Deponiebetriebes und bei der Endabdichtung der Deponie zu gewährleisten. Besonders hingewiesen wird auf den Sachverhalt, dass Abfälle ohne wirksame Kohäsion (d.h. $c' = 0 \text{ kN/m}^2$) einen inneren Mindestreibungswinkel von $22,5^\circ$ aufweisen müssen, um die Stabilität des Deponiekörpers ausnahmslos zu gewährleisten.

3.2. Gleitsicherheitsnachweise für die Oberflächenabdichtung

3.2.1 Ausgangswerte

Die Berechnung der Gleitsicherheiten für das Abdichtungssystem wurde basierend auf DIN 4084 und GDA-Empfehlung E 2-7 vorgenommen. Der Ansatz eines passiven Erddruckes am Böschungsfuß erfolgte dabei nicht; d.h. auf der sicheren Seite liegend wird der Nachweis für schichtparalleles Gleiten einer unbegrenzten Böschung betrachtet. Die möglichen Versagensmechanismen in diesen Bereichen sind somit für die Gleitsicherheiten in den Einzelfugen des Abdichtungssystems nicht relevant und bleiben im Folgenden unberücksichtigt.

Wesentliches Kriterium ist der Ansatz der Scherfestigkeiten in den Gleitfugen. Während zwischen den mineralischen Schichten das Scherverhalten in der Fuge über die Kennwerte ϕ' und c' der homogenen Schichten beschrieben werden kann (niedrigere Werte maßgebend), müssen den Trennflächen zwischen mineralischen Schichten und Geotextilien die Verbundparameter δ' und a' zugeordnet werden. Diese Kennwerte sind materialspezifisch und demzufolge je nach Fabrikat und Einbaubedingung sehr unterschiedlich. Die Eignung der Anwendung kommenden Geokunststoffe muss vom Hersteller nachgewiesen werden (Prüfung durch unabhängiges Institut \Rightarrow Bestandteil des Qualitätsmanagements im Rahmen der Ausführung).

Für die Nachweise der Gleitsicherheiten im Rahmen dieser Berechnungen wurden in Anlehnung an Literaturwerte, Firmenschriften, Prüfungszeugnisse und Laborberichte die o.g. Parameter unter Zugrundelegung planerischer Leitprodukte aus anderen Bauvorhaben gewählt, um bauvorbereitend die grundsätzliche Realisierbarkeit des Planungskonzeptes bestätigen zu können. Daraus schlussfolgernd werden aus den Berechnungen bauseits zu gewährleistende Mindestparameter abgeleitet, welche bei der Bauausführung für die zum Einsatz kommenden Produkte und Materialien gleichermaßen nachzuweisen sind. Im Zuge der Maßnahmen zur Qualitätssicherung (Eignungsuntersuchungen \Rightarrow Festlegung der bautechnisch und bautechnologisch erforderlichen Maßnahmen) ist sicherzustellen, dass diese Parameter in situ sicher erreicht werden.

Untersucht wird in den folgenden Berechnungen das geplante Abdichtungssystem für die planerisch im Endzustand steilsten Böschungsbereiche mit einem Neigungsverhältnis von 1:3,0 ($\beta = 18,43^\circ$).

Die folgenden Nachweise werden für die einzelnen Trennflächen (\Rightarrow vorgezeichnete Gleitfugen) mit den gemäß Tabelle 5 zu erwartenden Verbundparametern geführt. Gemäß der Parameterzusammenstellung sind in den Trennflächen 2 und 3 die geringsten Verbundparameter zu erwarten, da in diesen Fugen die geringsten Verbundreibungen ohne zusätzlich ansetzbare Kohäsions- bzw. Adhäsionskräfte wirken. Die v.g. Trennflächen stellen dementsprechend das maßgebende Kriterium für die Gleitsicherheit des geplanten Oberflächenabdichtungssystems dar.

Da über die Trennflächen 1 – 5 jeweils die gleichen Schubkräfte zu übertragen sind (wirkende Auflasten sind jeweils gleich), ist es für den Standsicherheitsnachweis und die daraus folgende Ableitung von Mindest-Verbundparametern im vorliegenden Fall ausreichend, einen Gleitnachweis zu führen (d.h. *Nachweis* mit \Rightarrow 1,30 m Bodenauflast und minimalem Verbundreibungswinkel von $\delta_k' = 25^\circ$).

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Tabelle 5: Trennflächen (Gleitfugen), Scher- und Verbundparameter, Wichten

Fuge	Schicht	ϕ_k' bzw. δ_k' [°]	c_k' bzw. a_k' [kN/m ²]	γ_k' [kN/m ³]	Hinweis
-	Rekultivierungsschicht (20 cm Oberboden + 110 cm Unterboden)	27,5 – 30,0	2,5 – 5,0	20,0	DIN 1055
1	Rekultivierungsschicht – Dränmatte (Deckvlies)	23,4...25,5 ¹⁾ 28,8 ²⁾	1,0 – 2,0 ¹⁾ 1,8 ²⁾	---	²⁾ abgemindert gem. EAU
2	Dränmatte intern	25,0	0	---	Produkt- Datenblätter; (Langzeit-Ersatz- Reibungswinkel)
3	Dränmatte – Bentonitmatte (GTD)	25,0 ²⁾	0	---	²⁾ abgemindert gem. EAU
4	Bentonitmatte (GTD) intern	37,2	---	---	Produkt- Datenblätter; (Langzeit-Ersatz- Reibungswinkel)
5	Bentonitmatte (GTD) – Auflagerschicht	27,5 ¹⁾	0	---	²⁾ abgemindert gem. EAU
-	Auflagerschicht	32,5	0	19,0	DIN 1055

¹⁾ $\mu_\phi = \tan \delta_k' / \tan \phi_k' = 0,85$; $\mu_c = a_k' / c_k' = 0,4$
²⁾ vorliegende Versuchsauswertungen aus anderen Bauvorhaben,
 Zur Ermittlung der charakteristischen Scherparameter wurden die Laborwerte zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität und der Streuung der Versuchstechnik wie folgt abgemindert.

$$\tan \phi_k' = \frac{\tan \phi'}{1,1} \quad \tan \delta_k' = \frac{\tan \delta'}{1,1} \quad c_k' = \frac{c'}{1,3} \quad a_k' = \frac{a'}{2,0}$$

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.2.2 Berechnungsgrundlagen

Bei der Berechnung mit Teilsicherheitswerten gemäß EC 7 ist nachzuweisen, dass

$$E_d / R_d = \mu \leq 1,0$$

- mit
- E_d Bemessungswert der resultierenden Beanspruchung parallel zur Gleitfläche (**Einwirkungen**, geometrische Grunddaten wie Böschungswinkel β)
 - R_d Bemessungswert des **Widerstandes** parallel zur Gleitfläche (rückhaltende Kräfte; $\tan \varphi_d = \tan \varphi_K / \gamma_\varphi$)

Die Berechnung erfolgt für schichtparalleles Gleiten (ebene Gleitflächen) und wir dem Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) gemäß DIN 1054 zugeordnet. Zur Berechnung der Ausnutzungsgrade μ sind gemäß DIN 1054 dementsprechend folgende Teilsicherheitswerte anzusetzen:

Tabelle 6: Teilsicherheitswerte für GEO-3 – Grenzzustand des Verlustes der Gesamtsicherheit

	Formelzeichen	Lastfall nach DIN 1054 Bemessungssituation EC 7		
		1 BS-P	2 BS-T	3 BS-A
Teilsicherheitswerte für Einwirkungen und Beanspruchungen				
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
Teilsicherheitswerte für Widerstände				
Reibungswert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens	γ_φ	1,25	1,15	1,10
Reibungswert $\tan \delta'$ zu Geokunststoffen	γ_δ	1,25	1,15	1,10
Kohäsion c' des dränierten Bodens	γ_c	1,25	1,15	1,10
Adhäsion a' zu Geokunststoffen	γ_a	1,25	1,15	1,10
Wichte des Bodens	γ_{Wichte}	1,00	1,00	1,00

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Bemessungswert der Beanspruchung E_d :

$$E_d = \sin \beta * [(1 - m) * h * \gamma_k * \gamma_G + m * h * \gamma_{r,k} * \gamma_G] + p_k * \gamma_Q * \tan \beta$$

bzw.

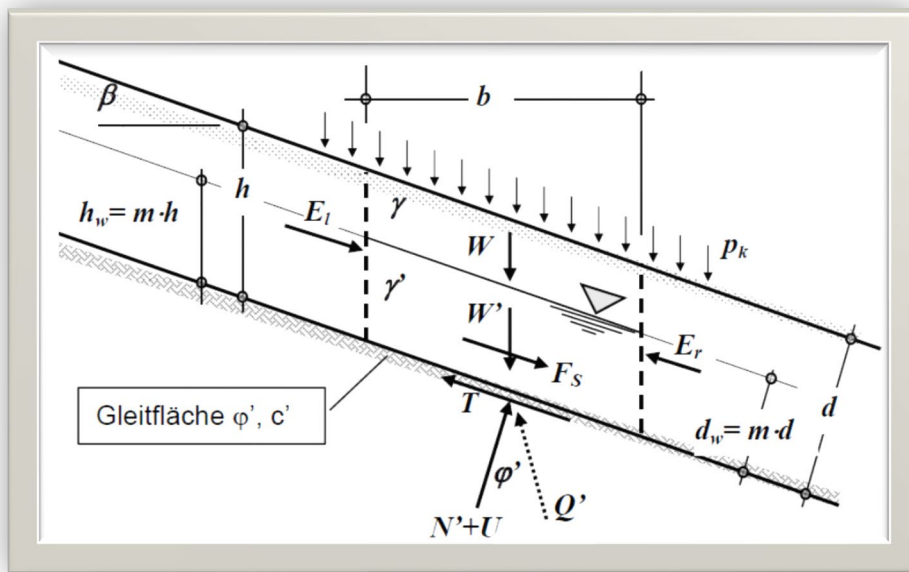
$$E_d = \tan \beta * [(1 - m) * d * \gamma_k * \gamma_G + m * d * \gamma_{r,k} + p_k * \gamma_Q]$$

Bemessungswert des Gleitwiderstandes R_d :

$$R_d = \frac{c'_d}{\cos \beta} + \cos \beta * \tan \varphi_d * \left[(1 - m) * h * \gamma_k + m * h * \gamma'_k + \frac{p_k}{\cos \beta} \right]$$

bzw.

$$R_d = \frac{c'_d}{\cos \beta} + \tan \varphi_d [(1 - m) * d * \gamma_k + m * d * \gamma'_k + p_k]$$



Systemübersicht (übernommen aus E 2-7 der LAGA)

⇒ Folgende objektbezogene Bemessungsfälle werden jeweils untersucht:

- Bemessungsfall 1 (BS-P): Ständige Lasten (nur Eigengewicht Reku-Boden)
- Bemessungsfall 2 (BS-P): Ständige Lasten (wie BF1)
+ 15 cm Wassereinstau über der Dränschicht
- Bemessungsfall 3 (BS-T): Ständige Lasten
+ Verkehr (Eigengewicht + Baustellenverkehr)
- Bemessungsfall 4 (BS-A): Ständige Lasten + Verkehr (wie BF 3)
+ 15 cm Wassereinstau über der Dränschicht

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.2.3 Nachweise

Bemessungsfall 1: Ständige Lasten (nur Eigengewicht Reku-Schicht)

⇒ Planmäßige Bemessungssituation BS-P

Einwirkungen aus Eigengewicht: Rekultivierungsschicht
 $d = 1,30 \text{ m}$; $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
 max. Böschungsneigung 1 : 3 ⇒ $\beta = 18,43^\circ$

Maßgeb. Mindestverbundparameter: Fugen 2 / 3, da hier die geringsten Verbundparameter zu erwarten sind.

Charakteristische Werte und Bemessungswerte planmäßige Bemessungssituation (BS-P):

	Charakteristischer Wert	Teilsicherheitswert	Bemessungswert
<i>Einwirkungen</i>			
Bodenwichte	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
<i>Widerstände</i>			
Reibungswinkel	$\varphi'_k \text{ bzw. } \delta'_k = 25^\circ$	$\gamma_\varphi = \gamma_\delta = 1,25$	$\varphi'_d \text{ bzw. } \delta'_d = 20^\circ$
Kohäsion / Adhäsion	$c'_k \text{ bzw. } a'_k$ $0 = \text{kN/m}^2$	$\gamma_c = \gamma_a = 1,25$	$c'_d \text{ bzw. } a'_d$ $0 = \text{kN/m}^2$

$$E_d = \tan 18,43^\circ * \left[1,30 \text{ m} * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 1,0 \right] = 8,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$R_d = \tan 20^\circ * \left[1,30 \text{ m} * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right] = 9,46 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} = \frac{8,66}{9,46} = 0,915 \leq 1,00 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$$

⇒ Auslastung der kritischen Gleitfuge in BS-P = 91,5 %).

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Bemessungsfall 2: Ständige Lasten (Eigengewicht) + 15 cm Wassereinstau über der Dränschicht

⇒ Planmäßige Bemessungssituation BS-P

Einwirkungen aus Eigengewicht: Rekultivierungsschicht
 $d = 1,30 \text{ m}; \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$

davon

- nicht eingestaut 115 cm ⇒ $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ (erdfeucht)

- eingestaut 15 cm ⇒ $\gamma_{r,k} = 22 \text{ kN/m}^3$ (wassergesättigt)

⇒ $\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$ (unter Auftrieb)

max. Böschungsneigung 1 : 3 ⇒ $\beta = 18,43^\circ$

Maßgeb. Mindestverbundparameter: Fugen 2 / 3

Charakteristische Werte und Bemessungswerte planmäßige Bemessungssituation (BS-P):

	Charakteristischer Wert	Teilsicherheitswert	Bemessungswert
Einwirkungen			
Bodenwichte	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
Rekultivierungsschicht	$\gamma_{r,k} = 22 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_{r,d} = 22 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma'_d = 10 \text{ kN/m}^3$
Widerstände			
Reibungswinkel	φ'_k bzw. $\delta'_k = 25^\circ$	$\gamma_\varphi = \gamma_\delta = 1,25$	φ'_d bzw. $\delta'_d = 20^\circ$
Kohäsion / Adhäsion	c'_k bzw. a'_k $0 = \text{kN/m}^2$	$\gamma_c = \gamma_a = 1,25$	c'_k bzw. a'_k $0 = \text{kN/m}^2$

$$E_d = \tan 18,43^\circ * \left[1,15 * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 1,0 + 0,15 \text{ m} * 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 1,0 \right] = 8,76 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$R_d = \tan 20^\circ * \left[1,15 * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + 0,15 \text{ m} * 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right] = 8,92 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} = \frac{8,76}{8,92} = 0,982 \leq 1,00 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$$

⇒ Auslastung der kritischen Gleitfuge in BS-P = 98,2 %).

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Bemessungsfall 3: Ständige Lasten + Verkehr (Eigengewicht + Baustellenverkehr)
 = Vorübergehende Beanspruchung (Eigengewicht + Baustellenverkehr)
 ⇒ temporäre Bemessungssituation BS-T

Einwirkungen aus Eigengewicht: Rekultivierungsschicht
 $d = 1,30 \text{ m}; \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
 Verkehrsbelastung SLW 30 ⇒ Ersatzflächenlast
 $p'_k = 16,7 \text{ kN/m}^2$
 dyn. Faktor 1,2 für anfahren
 und bremsen
 max. Böschungsneigung 1 : 3 ⇒ $\beta = 18,43^\circ$

Maßgeb. Mindestverbundparameter: Fugen 2 /3

Charakteristische Werte und Bemessungswerte temporäre Bemessungssituation (BS-T):

	Charakteristischer Wert	Teilsicherheitswert	Bemessungswert
Einwirkungen			
Bodenwichte	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
Verkehrsbelastung	$p'_k = 16,7 \text{ kN/m}^2$	$\gamma_Q = 1,20$	$p'_d = 20,04 \text{ kN/m}^2$
Widerstände			
Reibungswinkel	$\varphi'_k \text{ bzw. } \delta'_k = 25^\circ$	$\gamma_\varphi = \gamma_\delta = 1,15$	$\varphi'_d \text{ bzw. } \delta'_d = 21,7^\circ$
Kohäsion / Adhäsion	$c'_k \text{ bzw. } a'_k$ $0 = \text{kN/m}^2$	$\gamma_c = \gamma_a = 1,15$	$c'_d \text{ bzw. } a'_d$ $0 = \text{kN/m}^2$

$$E_d = \tan 18,43^\circ * \left[1,30 \text{ m} * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 1,0 + 1,20 * 1,2 * 16,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] = 16,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$R_d = \tan 21,7^\circ * \left[1,30 \text{ m} * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + 16,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] = 16,99 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} = \frac{16,68}{16,99} = 0,982 \leq 1,00 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$$

⇒ Auslastung der kritischen Gleitfuge in BS-T = 98,2 %.

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Bemessungsfall 4: Ständige Lasten + Verkehr (Eigengewicht + Baustellenverkehr)
+ 15 cm Wassereinstau über der Dränschicht

 = außergewöhnliche Beanspruchung
 ⇒ außergewöhnliche Bemessungssituation BS-A

 Einwirkungen aus Eigengewicht: Rekultivierungsschicht
 $d = 1,30 \text{ m}; \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$

davon

- nicht eingestaut $115 \text{ cm} \Rightarrow \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ (erdfeucht)
- eingestaut $15 \text{ cm} \Rightarrow \gamma_{r,k} = 22 \text{ kN/m}^3$ (wassergesättigt)
 $\Rightarrow \gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$ (unter Auftrieb)

 Verkehrsbelastung SLW 30 ⇒ Ersatzflächenlast
 $p'_k = 16,7 \text{ kN/m}^2$
 dyn. Faktor 1,2 für anfahren
 und bremsen

 max. Böschungsneigung 1 : 3 ⇒ $\beta = 18,43^\circ$

Maßgeb. Mindestverbundparameter: Fugen 2 / 3

Charakteristische Werte und Bemessungswerte außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A):

	Charakteristischer Wert	Teilsicherheitswert	Bemessungswert
Einwirkungen			
Bodenwichte Rekultivierungsschicht	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma_{r,k} = 22 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_{r,d} = 22 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma'_d = 10 \text{ kN/m}^3$
Verkehrsbelastung	$p'_k = 16,7 \text{ kN/m}^2$	$\gamma_Q = 1,00$	$p'_d = 16,7 \text{ kN/m}^2$
Widerstände			
Reibungswinkel	φ'_k bzw. $\delta'_k = 25^\circ$	$\gamma_\varphi = \gamma_\delta = 1,10$	φ'_d bzw. $\delta'_d = 22,7^\circ$
Kohäsion / Adhäsion	c'_k bzw. a'_k $0 = \text{kN/m}^2$	$\gamma_c = \gamma_a = 1,10$	c'_d bzw. a'_d $0 = \text{kN/m}^2$

$$E_d = \tan 18,43^\circ * \left[1,15 * 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 1,0 + 0,15 \text{ m} * 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 1,0 + 1,00 * 1,2 * 16,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] = 15,44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

$$R_d = \tan 22,7^\circ * \left[1,15 * 20 \frac{kN}{m^3} + 0,15 m * 10 \frac{kN}{m^3} + 16,7 \frac{kN}{m^2} \right] = 17,23 \frac{kN}{m^2}$$

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} = \frac{15,44}{17,23} = 0,896 \leq 1,00 \Rightarrow \text{Nachweis erfüllt.}$$

⇒ Auslastung der kritischen Gleitfuge in BS-A = 89,6 %).

3.2.4 Zusammenfassung der Gleitnachweise

Die Berechnungsergebnisse weisen in den relevanten Belastungs-/ Bemessungsfällen für die geplante maximale Böschungsneigung von 1:3 ausreichende Gleitsicherheiten auf.

Zugrunde gelegt wurde bei den Berechnungen ein für die maßgebenden Fugen charakteristischer Verbundreibungswinkel von 25° (ohne Kohäsions- bzw. Adhäsionswirkung), welcher aus der Parametergegenüberstellung in Tabelle 5 für die kritischsten Trennflächen (Fugen 2 + 3) resultiert. Der maximale Ausnutzungsgrad wurde für die kritischste Gleitfuge 3 im Bemessungsfall 3 mit $\mu = 0,982$ (d.h. 98,2 %) berechnet. Damit wird die Realisierbarkeit des Oberflächenabdichtungssystems mit den zugrunde gelegten Parametern von Leitprodukten bestätigt. Entsprechend den Berechnungsergebnissen ist der gemäß den Fugen 2 und 3 mit $\delta'_k = 25^\circ$ angesetzte Verbundreibungswinkel als abzusichernder **Mindest-Verbundreibungswinkel** einzustufen.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse (Ausnutzungsgrade hangparalleles Gleiten)

Verbundreibung Fuge $\delta' [^\circ]$	Sickerwasser- einstau [cm]	maximaler Ausnutzungsgrad $\mu = E_d / R_d \leq 1$ in der maßgebenden Gleitfuge			
		ohne Verkehrslast		mit Verkehrslast	
alle Fugen					
25,0	0	0,915	BS-P	0,982	BS-T
	15,0	0,982	BS-P	0,896	BS-A

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Der berechnete **Mindest-Verbundreibungswinkel** $\delta'_k = 25^\circ$ ist planerisch als Mindestwert für alle Materialien und Trennflächen des Oberflächenabdichtungssystems zu fordern. Eine Unterschreitung der Mindestreibung bzw. Mindestverbundreibung ist nur möglich, wenn dazu für die jeweilige Schicht bzw. Trennfläche nachweislich auch eine Kohäsion bzw. Adhäsion ansetzbar ist (\Rightarrow Ergebnisse der Eignungsprüfungen und des Versuchsfeldes). Hierfür in Betracht gezogen sollten allerdings grundsätzlich nur die Schichten bzw. Trennflächen, welcher keiner hydraulischen Beanspruchung unterliegen (d.h. nur oberhalb der Dränschicht).

Ergänzung

3.3 Spreizspannungsnachweis

3.3.1 Grundlagen

Bei dem Spreizspannungsnachweis handelt es sich um den Nachweis der sicheren Aufnahme der horizontalen Schubspannungen in der Deponieaufstandsfläche. Insbesondere bei geböschten Bauwerken wie Halden und Deponien kann aufgrund inhomogener Schüttlagen mit zum Teil geringen Scherfestigkeiten und vorgezeichneten Gleitflächen ein Ausweichen des Böschungsfußes in der Aufstandsfuge infolge horizontal nach außen gerichteter Erddruckkräfte nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Diese Schubbeanspruchung muss vom Deponiebasisabdichtungssystem aufgenommen und in den Untergrund abgeleitet werden, ohne dass die Standsicherheit der Deponie oder die Funktionsfähigkeit der Abdichtungssysteme gefährdet wird. Der Nachweis ist regulär für alle Trennflächen des Basisabdichtungssystems zu führen. In diesem Sinne handelt es sich schlussendlich ebenfalls um einen Gleitnachweis– nur für die Schichtfugen der Basisabdichtung. In Analogie zu den Gleitsicherheitsnachweisen für die Oberflächenabdichtung (vgl. Abschnitt 3.2) werden die nachfolgenden Nachweise zur Ableitung der Mindest-Verbundparameter geführt, welche in allen Schichtfugen der Basisabdichtung in situ zu gewährleisten sind.

Die folgenden Nachweise werden für die einzelnen Trennflächen (\Rightarrow vorgezeichnete Gleitfugen) mit den gemäß Tabelle 8 zu erwartenden Verbundparametern geführt. Gemäß der Parameterzusammenstellung sind in der Trennfläche 6 die geringsten Verbundparameter zu erwarten, da in dieser Fuge voraussichtlich die geringsten Verbundreibungen mobilisiert werden. Die v.g. Trennfläche stellt dementsprechend das maßgebende Kriterium für die Gleitsicherheit der Basisabdichtung gegenüber horizontaler Schubbeanspruchung dar.

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Tabelle 8: Trennflächen (Gleitfugen), Scher- und Verbundparameter, Wichten (Basisabdichtung)

Fuge	Schicht	ϕ_k' bzw. δ_k' [°]	c_k' bzw. a_k' [kN/m ²]	γ_k' [kN/m ³]	Hinweis
1	Abfall (1. Lage) – Trenn-/ Filtervlies	18,5 – 27,5	0 – 10,0	15,0 – 21,0	vgl. Tab. 3
2	Trenn-/ Filtervlies – Dränageschicht (Kies)	29,8 ¹⁾	0	---	
3	Dränageschicht Kies 16/32 (GE), mitteldicht	35,0	0	18,0	DIN 1055
4	Dränageschicht Kies – Schutzvlies	29,8 ²⁾	0	---	
5	Schutzvlies – KDB	33,5	0,7	---	²⁾ abgemindert gem. EAU
6	KDB – technische Barriere	19,1 – 23,7 ¹⁾	2,0 – 4,0 ¹⁾	---	
7	Technische Barriere	22,5 – 27,5	5,0 – 10,0	20,5 – 21,0	DIN 1055

¹⁾ $\mu_\phi = \tan \delta_k' / \tan \phi_k' = 0,85$; $\mu_c = a_k' / c_k' = 0,4$

²⁾ vorliegende Versuchsauswertungen aus anderen Bauvorhaben,
 Zur Ermittlung der charakteristischen Scherparameter wurden die Laborwerte zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität und der Streuung der Versuchstechnik wie folgt abgemindert.

$$\tan \phi_k' = \frac{\tan \phi}{1,1} \quad \tan \delta_k' = \frac{\tan \delta}{1,1} \quad c_k' = \frac{c}{1,3} \quad a_k' = \frac{a}{2,0}$$

Untersucht wird in den folgenden Berechnungen das geplante Basisabdichtungssystem für die planerisch konzipierte Sohlniegung von 1,3 % unter Berücksichtigung des stützenden Randdammes.

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.3.2 Nachweise / Ergebnisse

Der ungünstigste Gleitkörper mit dem berechneten höchsten Ausnutzungsgrad μ sowie das zugehörige Berechnungsprotokoll ist beispielhaft auf den nach der Ergebnistabelle 9 folgenden Seiten und der Abbildung 3 dargestellt.

Tabelle 9: Berechnungsergebnisse Spreizspannung Gleitkörper

Variation	Scherfestigkeiten				Ausnutzungsgrade $\mu = E_d / R_d \leq 1$	
	Abfallkörper		Gleitfuge Basis		μ	Bemerkung / Hinweise
	$\phi_k' [^\circ]$	$c_k' [kN/m^2]$	$\phi_k' [^\circ]$	$c_k' [kN/m^2]$		
1	22,5	0	23,7	2,0	0,71	Nachweis erfüllt
2			23,7	0	0,73	Nachweis erfüllt
3			19,1	4,0	0,79	Nachweis erfüllt
4			19,1	0	0,82	Nachweis erfüllt Abb. 3 Seite 25
5			15,0	0	0,93	Nachweis erfüllt
6			13,0	0	0,99	Nachweis erfüllt
7			12,0	0	1,02	Nachweis nicht erfüllt

Berechnungsprotokoll

Böschungsberechnung nach EC 7

mit polygonalen Gleitflächen

Parameterliste

$\phi [^\circ]$ = Reibungswinkel

$c [kN/m^2]$ = Kohäsion

$\gamma [kN/m^3]$ = Wichte

$\mu [-]$ = Ausnutzungsgrad

Teilsicherheiten: (GEO-3)

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

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standstabilitätsberechnung zur Genehmigungsplanung

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	38.221	97.000
2	77.498	94.816
3	90.674	94.000
4	140.277	78.000
5	145.146	78.000
6	147.546	77.200
7	170.000	77.200

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	phi, k	c, k	gamma, k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.00	1.00	19.55	OFA
2	22.50	0.00	17.00	Deponiekörper
3	19.10	0.00	18.00	"Basisfuge"
4	30.00	0.00	18.00	Mittel-Grobsande

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	phi, d	c, d	gamma, d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	20.46	0.80	19.55	OFA
2	18.33	0.00	17.00	Deponiekörper
3	15.48	0.00	18.00	"Basisfuge"
4	24.79	0.00	18.00	Mittel-Grobsande

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	38.221	95.450	77.498	93.266	1
2	77.498	93.266	90.674	92.450	1
3	90.674	92.450	138.802	77.145	1
4	138.802	77.145	140.277	78.000	1
5	38.221	77.940	134.490	75.001	2
6	134.490	75.001	138.570	77.219	2
7	38.221	77.740	134.490	74.801	3
8	134.490	74.801	138.802	77.145	3
9	38.221	65.000	170.000	65.000	4

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	38.221	65.000
2	170.000	65.000

Verkehrslasten

Verkehrslasten ungünstig

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	87.67	90.67	94.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

gamma Wasser [kN/m³] = 10.000

Ergebnisse

Gleitkörper Nr. 1

μ = 0.678
 Zähler = 195.487
 Nenner = 288.401
 H(Ti) = 288.401
 H(R) = 0.000
 H(Gi) = 195.487
 H(S) = 0.000
 Lamellen = 30

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
126.611	82.408
134.490	75.001
140.277	78.000

Gleitkörper Nr. 2

μ = 0.618
 Zähler = 381.218
 Nenner = 617.267
 H(Ti) = 617.267
 H(R) = 0.000
 H(Gi) = 381.218
 H(S) = 0.000

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Lamellen = 30

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
123.461	83.424
130.332	75.013
134.490	75.001
147.546	77.200

Gleitkörper Nr. 3

μ = 0.658

Zähler = 441.072

Nenner = 670.759

H(Ti) = 670.759

H(R) = 0.000

H(Gi) = 441.072

H(S) = 0.000

Lamellen = 30

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
120.762	84.295
129.836	75.054
134.490	75.001
147.546	77.200

Gleitkörper Nr. 4

μ = 0.583

Zähler = 868.383

Nenner = 1489.089

H(Ti) = 1489.089

H(R) = 0.000

H(Gi) = 868.383

H(S) = 0.000

Lamellen = 30

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
114.782	86.224
118.852	75.508
134.490	75.001
147.546	77.200

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

Gleitkörper Nr. 5

μ = 0.573
Zähler = 1250.488
Nenner = 2182.327
 $H(Ti) = 2182.327$
 $H(R) = 0.000$
 $H(Gi) = 1250.488$
 $H(S) = 0.000$
Lamellen = 30
Koordinaten

x	y
[m]	[m]
108.679	88.192
112.575	75.673
134.490	75.001
147.546	77.200

Gleitkörper Nr. 6

μ = 0.653
Zähler = 619.943
Nenner = 949.530
 $H(Ti) = 949.530$
 $H(R) = 0.000$
 $H(Gi) = 619.943$
 $H(S) = 0.000$
Lamellen = 30
Koordinaten

x	y
[m]	[m]
118.729	84.950
124.427	75.219
134.490	75.001
147.546	77.200

Gleitkörper Nr. 7

μ = 0.808
Zähler = 1431.828
Nenner = 1771.003
 $H(Ti) = 1771.003$
 $H(R) = 0.000$
 $H(Gi) = 1431.828$
 $H(S) = 0.000$
Lamellen = 30

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponieneubau DK I
Standstabilitätsberechnung zur Genehmigungsplanung

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
100.834	90.723
114.847	75.508
134.490	74.801
147.546	77.200

Gleitkörper Nr. 8

μ = 0.822
 Zähler = 1747.890
 Nenner = 2127.674
 $H(T_i) = 2127.674$
 $H(R) = 0.000$
 $H(G_i) = 1747.890$
 $H(S) = 0.000$
 Lamellen = 30

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
96.271	92.195
110.882	75.632
134.490	74.801
147.546	77.200

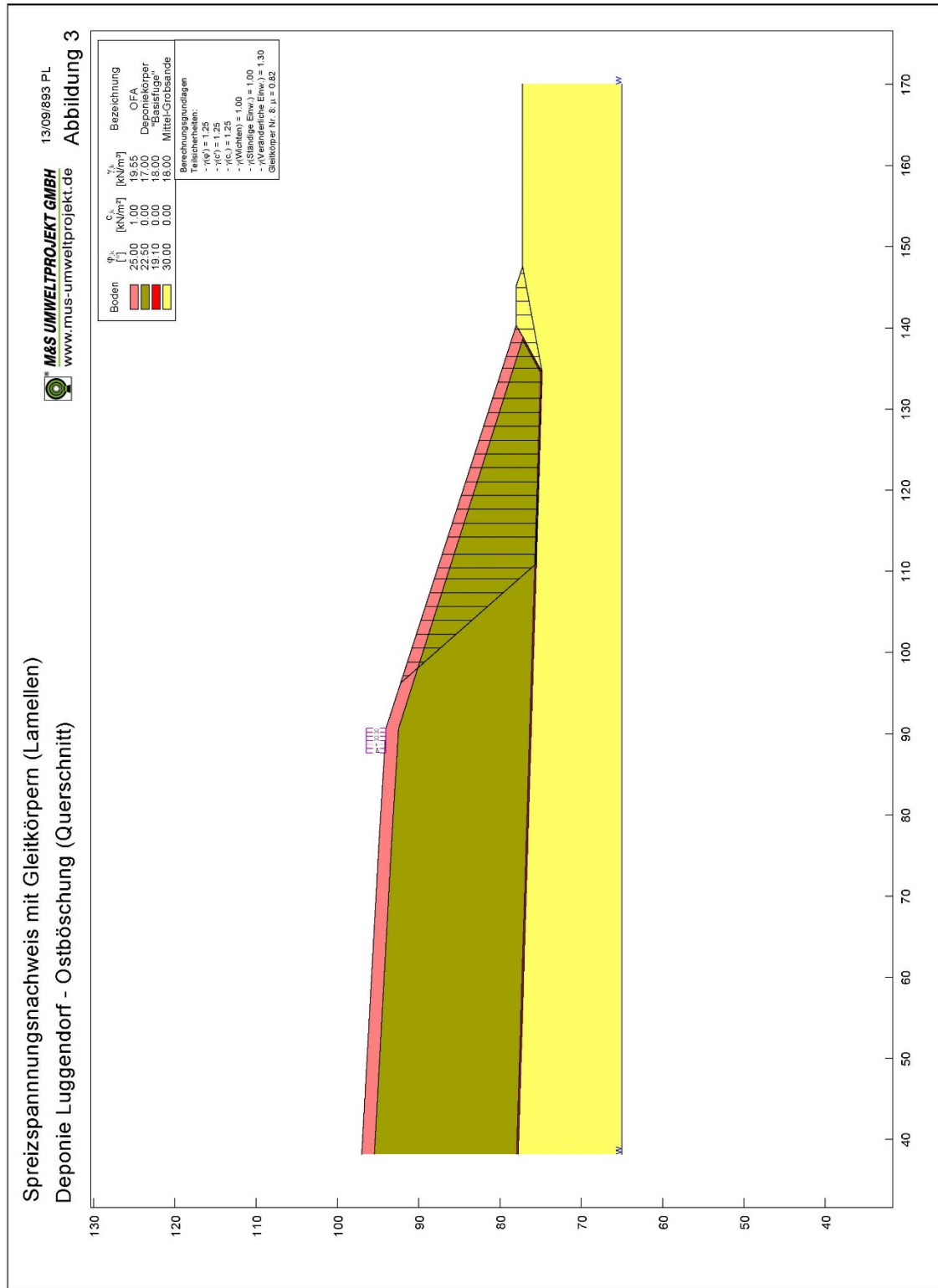
Gleitkörper Nr. 9

μ = 0.746
 Zähler = 711.582
 Nenner = 953.786
 $H(T_i) = 953.786$
 $H(R) = 0.000$
 $H(G_i) = 711.582$
 $H(S) = 0.000$
 Lamellen = 30

Koordinaten

x	y
[m]	[m]
112.398	86.993
126.161	75.137
134.490	75.001
147.546	77.200

Kiessandtagebau Luggendorf – Deponie Neubau DK I
Standsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung



Kiessandtagebau Luggendorf – Deponie Neubau DK I
Standardsicherheitsberechnung zur Genehmigungsplanung

3.3.3 Zusammenfassung der Berechnungen zur Spreizsicherheit

Für die DK I- Deponie Luggendorf wurden Berechnungen zur Böschungsstandsicherheit für das in der Genehmigungsplanung dargestellte Planungskonzept durchgeführt. Ziel für die Auswertung der berechneten Ergebnisse ist es, die grundsätzliche Ausführbarkeit des Planungskonzeptes zu überprüfen und bestätigen zu können bzw. Schlussfolgerungen für die Planungsbearbeitung und für die Vorgabe von konstruktiven Details sowie Mindestwerte für bodenmechanische Materialkenngrößen aus den Berechnungsergebnissen abzuleiten.

Die Ergebnisse der Berechnungen zur Spreizsicherheit weisen aus, dass die Spreizsicherheit in der Basisabdichtung der Deponie bei einer Sohlneigung von 1,3 % ausnahmslos erreicht werden, wenn der wirksame Sohlreibungswinkel in allen Fugen des Basisabdichtungssystems mindestens 13° beträgt. Die zusätzliche Wirkung einer Kohäsion (bzw. Adhäsion zwischen Geokunststoffen) ist in diesem Fall nicht erforderlich.

Aus dem Vergleich des ermittelten Mindest-Scherparameters in der Sohlfuge mit den bekannten Ausgangsdaten zur geplanten Deponie bzw. des Basisabdichtungssystems (siehe Tabelle 9) ist davon auszugehen, dass der Ausnutzungsgrad der Gleitsicherheit in der Deponiebasis infolge Spreizspannungen zwischen $\mu = 0,71$ und $0,82$ (d.h. zwischen 71 und 82 %) liegen wird. Somit kann insgesamt eine ausreichende Sicherheit gegenüber einem Gleitversagen des Basisabdichtungssystems im Deponierandbereich konstatiert werden.

Der o.g. Mindestwert für die Scherfestigkeitskonstellation ist im Zuge der Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Deponieerrichtung nachzuweisen (versuchstechnischer Nachweis der Verbundparameter für alle Fugen mittels Großrahmenscherversuch).

Berechnungen aufgestellt: 29.11.2017
ergänzt: 09.04.2020



Dipl.-Ing. J. Peter