



**Boden und Altlasten**

**DDB 17 0393**

**29.01.2021**

## **Standsicherheitsuntersuchung**

Errichtung und Betrieb einer  
Deponie der Deponieklasse 0  
nach DepV im Tontagebau Herzfelde

HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und  
Verwertungs GmbH

Strausberger Straße 8h  
15378 Rüdersdorf OT Herzfelde

Tel.: 033434 43124

E-Mail: [info@hkv-umwelt.de](mailto:info@hkv-umwelt.de)



# Standortsicherheitsuntersuchung Entwurfs- und Genehmigungsplanung

**Objekt** Tontagebau Herzfelde  
Errichtung und Betrieb einer Deponie der Klasse 0 nach DepV

**Lage** Bundesland Brandenburg  
Landkreis Märkisch-Oderland  
Rüdersdorf bei Berlin, OT Herzfelde

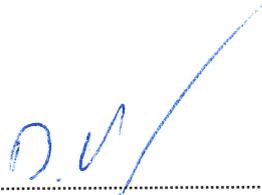
**Auftraggeber** HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs- GmbH  
Strausberger Straße 8h  
15378 Rüdersdorf, OT Herzfelde

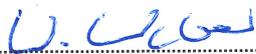
**Auftragnehmer** G.U.B. Ingenieur AG  
Niederlassung Dresden  
Glacisstraße 2, 01099 Dresden  
Telefon 0049 351 658778-0  
Telefax 0049 351 658778-30  
E-Mail info@gub-dresden.de  
Internet www.gub-ing.de

**Bearbeiter** Dipl.-Ing. Wiebke Weber  
M. Sc. Peter Szathmary

**Projekt-Nr.** DDB 17 0393

**Datum** 29.01.2021

  
.....  
Dr. sc. agr. Dietmar Meyer  
Projektleiter

  
.....  
Dipl.-Ing. Wiebke Weber  
Bearbeiterin

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Deckblatt	
Titelblatt	
Inhaltsverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
Tabellenverzeichnis	
Anlagenverzeichnis	
<b>1</b>	
<b>Veranlassung und Aufgabenstellung</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	
<b>Arbeitsunterlagen</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	
<b>Grundlagen der Bearbeitung</b>	<b>11</b>
3.1	
Lage, Standortsituation und geplante Maßnahme	11
3.2	
Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	11
3.2.1	
Geologische Verhältnisse	11
3.2.2	
Hydrogeologische Verhältnisse	12
3.3	
Aufbau und Errichtung der Deponie	13
3.3.1	
Aufbau der Deponie	13
3.3.2	
Errichtung der Deponie	18
3.3.3	
Wegenetz auf dem Deponiekörper bzw. der Oberflächenabdeckung	19
3.4	
Geräteeinsatz	20
3.5	
Geotechnische Berechnungskennwerte	21
3.5.1	
Kennwerte für Betrachtungen nach DIN 4084:2009-01	21
3.5.2	
Kennwerte für Betrachtungen von Setzung und Verformung	23

<b>4</b>	<b>Erdstatische Berechnungen nach DIN 4084:2009-01</b>	<b>24</b>
4.1	Modellbildung	24
4.1.1	Geometrische Verhältnisse und Schnittführung	24
4.1.2	Geotechnische Schichtmodellierung / Untergrundsichtung	24
4.1.3	Geohydraulisches Modell	25
4.1.4	Gerätesicherheit	26
4.2	Berechnungsfälle und Versagensmechanismen	28
4.2.1	Vorbemerkung	28
4.2.2	Bauzustände	28
4.2.3	Endzustand	29
4.3	Bemessungszustände, Berechnungsverfahren und -software	30
4.3.1	Bemessungszustände	30
4.3.2	Berechnungsverfahren und -software	32
4.4	Versagens- und Lastfälle, erforderlicher Ausnutzungsgrad	34
4.5	Ergebnisse und deren Bewertung	35
4.5.1	Vorbemerkungen	35
4.5.2	Bauzustand	35
4.5.3	Endzustand	38
4.6	Hinweise und Empfehlungen	43
4.7	Erosionssicherheit	43
<b>5</b>	<b>Untersuchungen zu Setzung und Verformung</b>	<b>44</b>
5.1	Aufgabenstellung und Modellverhältnisse	44
5.1.1	Aufgabenstellung	44
5.1.2	Programmsoftware	44
5.1.3	Modellgeometrie	44

5.2	Ergebnisse	46
5.2.1	Vorbemerkungen	46
5.2.2	Längsschnitt 1 - 1'	46
5.2.3	Querschnitt B - B'	47
5.2.4	Bewertung der Ergebnisse	47
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b>	<b>48</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Regeldetail zur Oberflächenabdeckung	18
Abbildung 2:	Prinzipskizze zur Gerätesicherheit des Raupenbaggers	27
Abbildung 3:	Prinzipskizze zur Gerätesicherheit des Muldenkippers	27
Abbildung 4:	Prinzipskizze zur Gerätesicherheit der Planierraupe	28
Abbildung 5:	Ergebnisse aus Variationsrechnungen, die zum gleichen Sicherheitsniveau führen, entnommen aus [7]	41
Abbildung 6:	Geometrie und untersuchte Niveaus des Schnittes 1 - 1' (Südbereich)	45
Abbildung 7:	Geometrie und untersuchte Niveaus des Schnittes B - B'	45
Abbildung 8:	Untersuchungsgebiet zum Ausdrücken der geologischen Barriere	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kornverteilung Bänderschluﬀ-Analysen der Erkundungsetappe 1984/1985	14
Tabelle 2:	Gerätetechnische Angaben	20
Tabelle 3:	Rechenwerte für Berechnungen nach DIN EN 1997-1:2014-03 [10]	22
Tabelle 4:	Berechnungskennwerte der vorhandenen Böden für Verformungsbetrachtungen	23
Tabelle 5:	Einwirkungen der Bemessungssituationen nach [10]	31
Tabelle 6:	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen zu GEO-3 nach [10]	31
Tabelle 7:	Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen zu GEO-3 nach [10]	32

Tabelle 8:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - zu Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch im Bauzustand	35
Tabelle 9:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - für das Abgleiten in der geologisch-technischen Barriere im Bauzustand	36
Tabelle 10:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - für die Gerätesicherheit Raupenbagger im Bauzustand	37
Tabelle 11:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - für die Gerätesicherheit Muldenkipper im Bauzustand	37
Tabelle 12:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - für die Gerätesicherheit Planierraupe im Bauzustand	38
Tabelle 13:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - zu unbelasteten Teil- und Gesamtböschungen im Endzustand	39
Tabelle 14:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - für das Abgleiten in der geologisch-technischen Barriere im Endzustand	40
Tabelle 15:	Ausnutzungsgrade $\mu$ in - für das schichtparallele Abgleiten der Abdeckung	42

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan mit geplantem Deponiekörper und Schnittspuren M 1 : 2 000
Anlage 2	Geologische Schnitte
Anlage 2.1	Geologischer Längsschnitt 1 - 1' M 1 : 1 000
Anlage 2.2	Geologischer Querschnitt A - A' M 1 : 1 000
Anlage 2.3	Geologischer Querschnitt B - B' M 1 : 1 000
Anlage 2.4	Geologischer Querschnitt C - C' M 1 : 1 000
Anlage 2.5	Geologischer Querschnitt D - D' M 1 : 1 000
Anlage 2.6	Geologischer Querschnitt E - E' M 1 : 1 000

Anlage 3 Berechnungsergebnisse zur allgemeinen Standsicherheit

Anlage 3.1 Ergebnisse Bauzustand / Betrieb

Anlage 3.1.1 Berechnungsmodell B - B'  
Blatt 1 bis Blatt 5

Anlage 3.1.2 Berechnungsmodell E - E'  
Blatt 1 bis Blatt 5

Anlage 3.2 Ergebnisse Endzustand

Anlage 3.2.1 Berechnungsmodell B - B'  
Blatt 1 bis Blatt 3

Anlage 3.2.2 Berechnungsmodell E - E'  
Blatt 1 bis Blatt 3

Anlage 4 Berechnungsergebnisse zu Setzungen und Verformungen

Anlage 4.1 Schnitt 1-1'

Anlage 4.2 Schnitt B-B'

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH (HKV) plant die Errichtung und den Betrieb einer Inertstoffdeponie der Deponieklasse (DK) 0 nach Deponieverordnung (DepV). Dabei möchte man sich die geologischen Standortvorteile des Tontagebaus Herzfelde zunutze machen. Das bereits vorhandene Restloch Herzfelde Ost wird derzeit auf der Grundlage eines bergrechtlich zugelassenen Abschlussbetriebsplans bereits verfüllt. Als Verfüllmaterial sind gering belastete bzw. unbelastete mineralische Baurestmassen und Bodenaushub (Einbauklasse Z0 und Z1.1) zugelassen.

Nach Entlassung des Bergbauareals aus der Bergaufsicht soll der Einbau von Boden und Bau-schutt fortgesetzt werden. Während der Einsatz des Materials für die Verfüllung der Hohlform eine Abfallverwertung darstellt, ist die geplante Auffüllung des Geländes um durchschnittlich 25 m (Hochpunkt 40 m) als Deponie im Sinne einer Abfallbeseitigung zu sehen. Das entsprechende Konzept ist im vorliegenden Antrag auf Planfeststellung [4] niedergeschrieben.

Die G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Dresden, wurde durch die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH mit der Erarbeitung einer Entwurfs- und Genehmigungsplanung zur Errichtung und zum Betrieb der Deponie der Klasse 0 beauftragt [3]. Der Auftrag beinhaltet zudem die Erstellung verschiedener Gutachterleistungen, u. a. zur Beurteilung der Standsicherheit und zur Staub- und Schallbelastung.

Für die weitere Planung in der Planungsphase Entwurfs- und Genehmigungsplanung sind sowohl die Standsicherheit als auch das Setzungs- und Verformungsverhalten des Deponiekörpers und Untergrundes zu untersuchen.

Gemäß der Aufgabenstellung [1] sind in diese Planungsphase folgende Punkte zu betrachten:

- Standsicherheit der unbelasteten Teil- und Gesamtböschungen im Bau- und Endzustand,
- Standsicherheit der bei Errichtung und im Betrieb der Deponie zum Einsatz kommenden Gerätetechnik,
- Standsicherheit der Abdeckung gegen böschungsparalleles Abgleiten,
- Aussagen zu den zu erwartenden Setzungen des Deponiekörpers und zur möglichen Verformung der geologischen Basisabdichtung.

Werden Situationen festgestellt, für die sich mit der geplanten Kontur keine rechnerisch standsicheren Verhältnisse ergeben, werden entsprechende Vorgaben zum Erreichen standsicherer Verhältnisse aufgeführt.

Die erdstatischen Berechnungen erfolgen anhand maßgebender, konkreter geometrischer und geologischer Situationen, die aus den zur Verfügung gestellten geologischen Schnitten entnommen werden.

Alle Arbeitsunterlagen liegen beim Auftragnehmer vor und können auf Wunsch eingesehen werden.

## 2            **Arbeitsunterlagen**

- [1]      Anfrage der HKV und Anlaufberatung zur Aufgabenstellung mit HKV am 28.04.2017  
Dresden, 28.04.2017
  
- [2]      Angebot Ingenieur- und Gutachterleistungen  
zur Erarbeitung von Genehmigungsunterlagen für die Errichtung in den Betrieb einer De-  
ponie der Klasse 0 nach DepV im Tontagebau Herzfelde  
Angebotsnummer DDB 170393 (A)  
G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Dresden  
23.05.2017
  
- [3]      Auftrag  
Ingenieur- und Gutachterleistungen zur Erarbeitung von Genehmigungsunterlagen für die  
Errichtung in den Betrieb einer Deponie der Klasse 0 nach DepV  
gemäß Angebot DDB 17 0393/A vom 23.05.2017, einschließlich besprochener  
Änderungen vom 02.06.2017  
Herzfelde, 29.05.2017
  
- [4]      Planfeststellungsantrag  
Errichtung und Betrieb einer Deponie Klasse 0 nach DepV im Tontagebau Herzfelde  
G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Dresden  
29.01.2021
  
- [5]      telefonische Angaben des Planers (Herr Friedrich - HNL Zwickau) zur Planung  
G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Dresden  
12.01.2018
  
- [6]      Standsicherheitseinschätzung „Tontagebau Herzfelde, Errichtung Dammstützkörper“  
Projekt-Nr. DDG 15 1538  
G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Dresden  
30.11.2015
  
- [7]      Errichtung und Betrieb einer Deponie der Deponieklasse (DK) I  
im Kiessandtagebau Alt Golm  
Genehmigungsplanung Baufeld 1  
- Bodenmechanischer Standsicherheitsnachweis -  
Projekt-Nr. ZWB 09 1067  
G.U.B. Ingenieur AG, Hauptniederlassung Zwickau  
04.01.2013
  
- [8]      Tischvorlage zum Vorhaben „Errichtung und Betrieb einer Inertstoffdeponie der  
Deponieklasse 0 nach DepV am Standort Herzfelde“ inkl. Bedarfsanalyse und Allg.  
Vorprüfung d. Einzelfass n. § 3c UVPG vom 21.12.2016
  
- [9]      Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)  
Ausfertigungsdatum: 27.04.2009  
zuletzt geändert am 27.09.2017

- [10] Handbuch Eurocode 7  
Geotechnische Bemessung  
Band 1: Allgemeine Regeln  
Beuth Verlag GmbH, Berlin  
1. Auflage 2011
- beinhaltet die Normen:
- DIN EN 1997-1:2014-03  
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik  
Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN EN 1997-1/NA:2010-12  
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter -  
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1  
Allgemeine Regeln
- DIN 1054: 2010-12  
Baugrund - Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau -  
Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [11] DIN 4084:2009-01  
Baugrund - Geländebruchberechnungen
- [12] DIN EN 1998-1/NA:2011-01  
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter -  
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben -  
Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für  
Hochbau
- [13] G.U.B. Ingenieur AG (2016):  
Gefährdungsabschätzung – Auswirkungen des Einbaus von bergrechtlich zugelassenen  
bergbaufremden Materialien mit Zuordnungswerten bis Z1.1 zur Verwertung im Rahmen  
des Stilllegungsbetriebs (ABP) im Tontagebau Herzfelde- Ost  
07.10.2016
- [14] GGU-Stability  
Version 12.02  
GGU-Software  
18.04.2017
- [15] FLAC Version 6.00.387  
Itasca Consulting Group, Inc.  
2008

## **3 Grundlagen der Bearbeitung**

### **3.1 Lage, Standortsituation und geplante Maßnahme**

Zum jetzigen Zeitpunkt wird das vorhandene Restloch Herzfelde Ost des Tontagebaus Herzfelde auf der Grundlage des bergrechtlich zugelassenen Abschlussbetriebsplans (ABP) [13] verfüllt bzw. teilverfüllt. Als Verfüllmaterial werden die mit dem ABP zugelassenen gering belasteten bzw. unbelasteten mineralischen Baurestmassen und Bodenaushub der Einbauklassen Z0 und Z1.1 verwendet.

Die Verhältnisse können dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

Nach Entlassung des Bergbauareals aus der Bergaufsicht soll der Einbau von Boden und Baurestmassen fortgesetzt werden. Hierbei ist eine Auffüllung des Geländes um durchschnittlich 25 m (Hochpunkt 40 m) als Deponie im Sinne einer Abfallbeseitigung geplant.

Das Vorhaben erstreckt sich auf Flächen des Bergwerksfeldes Herzfelde West (nördliches Vorhabengebiet) und auf Teilflächen des Bergwerksfeldes Herzfelde Ost (südliches Vorhabengebiet) bis zur neu gebauten Trasse der Ortsumfahrung Herzfelde (B 1 / B 5). Das Gesamtvorhaben nimmt ca. 40,4 ha mit einer voraussichtlichen Ablagerungskapazität von ca. 5,86 Mio. m<sup>3</sup> ein. Nach [4] ist vorgesehen, die Deponie in drei Bauabschnitten zu errichten.

Der Deponiefuß weist eine Höhe von etwa 49,3 m NHN (OK geologische-technische Barriere) und die Deponiekrone eine Höhe von maximal 96,8 m NHN mit Abdeckung auf. Nach Abschluss der Deponiekörpererrichtung soll dieser mit einer mehrschichtigen Oberflächenabdeckung versehen werden.

Die Abdeckung weist im Regelfall eine Dicke von 1,8 m auf - lokal auch 2,3 m - und besteht aus Rekultivierungs-, Entwässerungs- und Ausgleichsschicht, die durch Kunststoffdichtungsbahn (KDB), Schutzgeotextil und PE-Geotextil voneinander getrennt sind.

### **3.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse**

#### **3.2.1 Geologische Verhältnisse**

Eine ausführliche Beschreibung der geologischen Untergrundverhältnisse am geplanten Standort der Deponie kann dem Kapitel 3.1 des Planfeststellungsantrages für Errichtung und Betrieb einer Deponie Klasse 0 nach DepV im Tontagebau Herzfelde [4] entnommen werden. Auf eine nochmalige ausführliche Beschreibung wird daher hin verzichtet und auf den eigentlichen Genehmigungsantrag verwiesen.

Die geologische Situation im Bearbeitungsbereich ist anhand der fünf geologischen Quer- und dem einen geologischen Längsschnitt in Anlage 2 dargestellt.

Daraus geht hervor, dass der Untergrund der Deponie aus gewachsenen Böden und gekippten / aufgefüllten Massen besteht. Der Deponiekörper selbst ist ebenfalls als Auffüllung einzustufen.

Beim anstehenden Gewachsenen handelt es sich nach [4, 6] mit Bänderschluft und Geschiebemergel um eiszeitliche Ablagerungen. Der Bänderschluft der Saale- und Weichselkaltzeit bildet im Tontagebau Herzfelde das Hauptabbauprodukt. Aus ihrer Genese heraus sind die Bänderschluflte glazilimnisch. Eine Stauchung infolge von Eistektonik ist wahrscheinlich. Besonders in den Winterwarven sind deutlich großflächige Harnischflächen zu beobachten.

An der Basis der Bänderschluft und / oder in den ausgetonten Bereichen wird das Liegende von Geschiebemergel aus der Saalekaltzeit gebildet. Er ist als stark sandiger Schluff anzusprechen. Lokal kommen über dem Geschiebemergel auch Schmelzwassersande vor, die derselben geologischen Einheit angehören.

Zum aufgefüllten bzw. gekippten und noch zu verkippenden Material liegen keine näheren Angaben vor. Derzeit erfolgt die Verfüllung des Restloches von Herzfelde Ost mit Bodenaushub und / oder Baurestmassen. Derartiges Material ist auch als späteres Deponat vorgesehen.

Für die weiteren Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass die Auffüllung und das Deponat einen gemischtbindigen Grundcharakter aufweisen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es lokal auch rein rollige Partien geben wird.

### **3.2.2 Hydrogeologische Verhältnisse**

Die geologischen Verhältnisse bedingen einen häufigen Wechsel zwischen durchlässigen Schichten und Grundwasserstauern.

Der Geschiebemergel im Liegenden des Bänderschluffes, wie auch der Bänderschluft selbst, ist in seiner Gesamtheit als Grundwasserstauer zu betrachten. Anfallendes Wasser fließt oberhalb des Bänderschluffes dem derzeitigen Restloch frei zu, wird dort gesammelt und abgeleitet. Mit dem Auftreten von nennenswertem bzw. standsicherheitsrelevantem Strömungsdruck in den Abbauböschungen ist nicht zu rechnen.

Eine ausführliche Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse erfolgte in der Unterlage zum Planfeststellungsantrag [4].

Das während der Deponieerrichtung anfallende Sickerwasser wird mit einer Entwässerungsschicht an der Oberkante der geologisch-technischen Barriere gefasst und abgeleitet (siehe Abschnitt 3.3.1).

## 3.3 Aufbau und Errichtung der Deponie

### 3.3.1 Aufbau der Deponie

#### - **Untergrund, Deponieaufstandsfläche**

Die Herstellung des Deponieplanums erfolgt auf der Basis der durch den Tonabbau hergestellten Endkontur, indem vor der Errichtung der geologisch-technischen Barriere die Tagebausohe durch lagenweisen Einbau entsprechender Materialien aufgefüllt wird. Hierbei wird mit unbelastetem Erdaushub bis zu einer Höhe von etwa +48,0 m NHN das Restloch Herzfelde entsprechend dem gültigen ABP teilweise verfüllt. Der Aufbau erfolgt lagenweise ab der Tagebausohe.

Das Planum zur Herstellung der geologisch-technischen Barriere wird so errichtet, dass die geplanten Längs- und Quergefälle für die Ableitung des anfallenden Sickerwassers auf dem Planum grob vorprofiliert werden.

Ebenfalls vor Errichtung der geologisch-technischen Barriere wird der Deponie-Randdamm aus verdichtungsfähigem Material hergestellt.

Das Planum wird so verdichtet, dass eine Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  bzw. ein Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 95 \%$  eingehalten wird.

Bedingt der Tatsache, dass die Oberfläche des Deponiekörpers über dem ursprünglichen Gelände liegen wird, ist der spätere Lasteintrag durch die Errichtung der Deponie höher einzuordnen als die Belastung durch den entnommenen Rohstoff. Bezüglich des Baugrundes wird zum jetzigen Zeitpunkt von mindestens normalkonsolidierten Bedingungen ausgegangen. Eine Ermittlung der zu erwarten Setzungen im Untergrund des Deponiekörpers wird im Rahmen einer separaten Betrachtung vorgenommen und ist nicht Bestandteil dieser Bearbeitung.

#### - **Basisabdichtung / geologisch-technische Barriere**

Eine natürliche geologische Barriere ist im Bereich der Deponieaufstandsfläche nicht flächendeckend ausgebildet bzw. befindet sich nicht in der Höhenlage der geplanten Aufstandsfläche. Planungsseitig ist daher vorgesehen, den im Tonabbau Feld Herzfelde anstehende Bänderton / -schluff als Baustoff für die geologische Barriere zu verwenden. Die Basisabdichtung als mineralische Schicht ist eine mit technischen Mitteln hergestellte geologische Barriere und soll eine Dicke von  $\geq 1,0 \text{ m}$  aufweisen. Das Anlegen der Barriere erfolgt komplett an der Oberfläche des Deponieplanums. Im weiteren Text wird die Basisabdichtung als geologisch-technische Barriere bezeichnet.

Die Charakteristik des Bändertones, der teilweise einen erhöhten Schluffanteil aufweist, wurde im Rahmen der Lagerstätten erkundungskampagnen ausführlich untersucht. Aus diesen Ergebnissen wurden dann Rückschlüsse auf die Eigenschaften der geologisch-technischen Barriere gezogen. Nachfolgend werden die Eigenschaften des Bändertons / -schluffes beschrieben. Sie sind zu einem großen Teil identisch mit den Angaben im Planfeststellungsantrag [4].

Als geologisch-technische Barriere gem. DepV Anhang 1 Nummer 1 sind der Bänderschlufl- / Tonkomplex und der ihn überwiegend ohne Zwischeneinschaltungen unmittelbar unterlagernde saale-2-kaltzeitliche Geschiebemergel (Drenthe -Stadium) zu betrachten. Die Schichten bilden im Vorhabengebiet eine natürliche geologische Barriere.

Die geohydraulischen und geochemischen Materialeigenschaften des Bänderschlufl- / Tonkomplexes und des unterlagernden Geschiebemergelkomplexes, wie auch die laborative Untersuchung des Tones erfolgten im Rahmen verschiedener Erkundungskampagnen für die eigentliche Tongewinnung.

Die Anforderung an die geologisch-technische Barriere, gem. Anhang 1 Nummern 1 und 2 DepV für die Errichtung einer Deponie der DK 0, ist ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 1 \cdot 10^{-7}$  m/s.

Die Bänderschlufl- / Tonkomplexe sind durch eine eng- bis dünnsschichtige Wechselfolge von tonigen und sandigen Bereichen gekennzeichnet.

In einem Erkundungsprogramm 1984/1985 sind die Bänderschlufl- / Tonkomplexe in 21 Bohrungen bemustert und an 29 Mischproben auf ihren Stoffbestand hin untersucht worden. Darüber hinaus liegen die Analysenergebnisse von zwei Haufwerkproben und Großversuchen vor. Die aus den Versuchsergebnissen ableitbaren Angaben zur Korngrößenverteilung wurden nachfolgend tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 1: Kornverteilung Bänderschlufl-Analysen der Erkundungsetappe 1984/1985

Kornanteil [mm]	Mittelwert [Masse-%]	Spannweite [Masse-%]
> 0,063	8,2	0,7 - 22,1
0,063 - 0,020	23,7	11,4 - 39,5
0,020 - 0,002	56,4	34,4 - 67,4
< 0,002	19,9	12,2 - 26,0

Weitere 2006 entnommene und untersuchte Proben (ungestörte und gestörte) bestätigen die in Tabelle 1 aufgeführten Angaben. Zudem konnte diesen Ergebnissen entnommen werden, dass der Bänderschlufl / -ton als toniger bis stark toniger, schwach feinsandiger Schluff bezeichnet werden kann und der Bodengruppe UL - leichtplastischer Schluff zuzuordnen ist. Zudem wurde Geschiebemergel und ungebänderter Schluff / Ton untersucht. Beim ungebänderten Schluff / Ton handelt es sich um einen schwach bis stark tonigen Schluff der Bodengruppe UM - mittelplastischer Schluff. Der Geschiebemergel ist als fein- und mittelsandiger, schwach grobsandiger und toniger Schluff der Bodengruppe TL - leichtplastischer Ton anzusprechen.

Unter Berücksichtigung aller Untersuchungsergebnisse ergibt sich eine Spannweite des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes für:

- Bänderschlufl- / Tonkomplex von  $\approx 7,7 \cdot 10^{-8}$  m/s ...  $3,9 \cdot 10^{-11}$  m/s sowie
- Geschiebemergel von  $\approx 9,3 \cdot 10^{-8}$  m/s ...  $3,9 \cdot 10^{-11}$  m/s.

All diese Untersuchungsergebnisse belegen, dass die Lockergesteine des Bänderschluft- / Tonkomplexes, trotz gewisser stofflicher Inhomogenität, insgesamt als Material für die Herstellung einer geologisch-technischen Barriere geeignet sind. Das Erfordernis des Eignungsnachweises in Prüffeldern bleibt hiervon unberührt.

Da die Schichtoberfläche des Bänderschluft- / Tonkomplexes unterhalb des prognostizierten höchstmöglichen Grundwasserstandes verläuft, kommt er als unmittelbar auf das Deponiebauwerk wirkende geologisch-technische Barriere nicht in Frage. Eine geologische Barriere nach DepV muss technisch ergänzt hergestellt werden, wofür das am Standort gewinnbare Material zweifellos geeignet ist.

Die  $\geq 1$  m dicke geologisch-technische Barriere wird mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 1 \cdot 10^{-7}$  m/s hergestellt. Nach [9] gelten für die Herstellung der geologisch-technischen Barriere folgende weitere Anforderungen:

- Die geologisch-technische Barriere wird in mindestens vier gleichdicken Lagen hergestellt und ist in verdichtetem Zustand mindestens 1,0 m stark. Diese Stärke ist an keiner Stelle zu unterschreiten.
- Die Verdichtung erfolgt so, dass an jeder Stelle ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 95$  % erreicht wird.
- Die geologisch-technische Barriere muss homogen sein und einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweisen. Beistückigem Material dürfen nach dem Einbau nicht-zerkleinerte Bodenstücke nicht größer als 32 mm sein.

#### - **Basisentwässerung**

Die Basisentwässerung bezieht sich auf anfallendes Sickerwasser. Die Entwässerung besteht aus einer mineralischen Entwässerungsschicht, Sickerwassersammler und Durchdringungsbauwerke.

Bei Deponien der Klasse 0 bestehen keine besonderen Anforderungen an die Körnung der mineralischen Entwässerungsschicht. Allerdings gilt auch hier die Forderung, dass langfristig der Durchlässigkeitsbeiwert von  $k = 1,0 \cdot 10^{-3}$  m/s in dieser Schicht nicht unterschritten werden darf und dass er daher im Einbauzustand  $k \geq 1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s betragen sollte. Der Baustoff der Entwässerungsschicht ist so auszuwählen, dass er den mechanischen Belastungen in allen Lastfällen sowie den chemisch-physikalischen und biologischen Einwirkungen ohne nachteilige Veränderungen standhält.

Als Material für die Basisentwässerungsschicht wird der Einbau eines grobkörnigen Kiesel- bzw. Splittes vorgesehen.

## - **Deponat**

In die geplante Deponie werden vorwiegend mineralische Abfälle eingebaut, die in ihrer Zusammensetzung unbelastetem bis gering belastetem Erdaushub und Baurestmassen entsprechen. Als Hauptanteile werden grob- bis gemischtkörnige, mineralische Erdstoffe erwartet, die durch das Einbauverfahren in gewissem Umfang eine Durchmischung und Vergleichmäßigung erfahren.

Der Deponiekörper wird so profiliert, dass nach Abklingen der Setzungen ein Oberflächenmindestgefälle von 5 % zur Gewährleistung einer sicheren Oberflächenentwässerung vorhanden ist. Die maximale Böschungsneigung beträgt 1 : 3. Berme zur Unterbrechung der Böschungslängen und zur Aufnahme der Wirtschaftswege und Entwässerungsgräben werden im Höhenabstand zwischen 15 m und 20 m angeordnet.

Durch eine entsprechende Einbautechnologie ist eine Verdichtung zu erreichen, die Sackungen innerhalb des Deponiekörpers weitgehend ausschließt und Eigensetzungen des Deponates auf ein wirtschaftliches Minimum reduziert. Aufgrund der Art der Deponiestoffe wird hinsichtlich der erdstatisch relevanten Dichte eine Bandbreite zwischen  $1,6 \cdot \text{Mg/m}^3$  und  $2,0 \cdot \text{Mg/m}^3$  nach Einbau als realistisch eingeschätzt.

Der zentrale Plateaubereich erhält eine Breite zwischen ca. 50 m und 140 m. Die Nord-Süd-Ausdehnung beträgt ca. 400 m. Damit ist auch für eine spätere Nachnutzung ausreichend große Fläche vorhanden. Der höchste Punkt der Deponie befindet sich im südlichen Bereich des zentralen Plateaus. Aufgrund des Verlaufs der äußeren Konturlinie ergeben sich im südlichen Bereich zwei kleinere Plateaubereiche, die terrassenförmig angelegt sind. Sie liegen auf einer Höhe von ca. +82 m NHN bzw. +71 m NHN. Ebenfalls aufgrund des Verlaufs der Außenkontur ergibt sich im Norden auf einer Länge von ca. 115 m und einem Längsgefälle von 4 % eine Verbreiterung der unteren Berme von 8 m auf ca. 40 m.

## - **Oberflächenabdeckung**

Für die geplante Deponie Herzfelde ist im Regelaufbau ein mehrschichtiges Oberflächenabdichtungssystem vorgesehen, das aus:

- Ausgleichsschicht,
- Abdichtungskomponente (z. B. mineralischen Dichtung),
- Dichtungsschutzschicht,
- Entwässerungsschicht ( $d \geq 0,3 \text{ m}$ ) und
- Rekultivierungsschicht

besteht. Nachfolgend werden die einzelnen Komponenten kurz beschrieben.

Zum Ausgleich von Inhomogenitäten des eingelagerten Abfalls und zur Erhöhung der Tragfähigkeit wird auf dem profilierten Deponiekörper eine 30 cm bis 50 cm starke Trag- und Ausgleichsschicht eingebaut. Ein Wegfall der Ausgleichsschicht ist möglich, wenn die letzte Abfalllage bezüglich der Ebenheit und der Tragfähigkeit die Anforderungen gemäß Qualitätssicherungsplan (QSP) erfüllt. Es können neben Deponieersatzbaustoffen auch natürliche Baustoffe oder Recyclingbaustoffe verwendet werden.

Als Abdichtungskomponente ist planungsseitig zunächst der Einsatz einer BAM-zugelassenen PE-HD Kunststoffdichtungsbahn (KDB) vorgesehen. Es können jedoch auch alle gleichwertigen Abdichtungskomponenten, z. B. mineralische Dichtung (0,5 m stark) oder Bentonitmatten, zum Einsatz kommen.

Oberhalb der Abdichtungskomponente erfolgt der Einbau eines Schutzgeotextils (800 g/m<sup>2</sup>) als Dichtungsschutzschicht.

Die Entwässerungsschicht (0,3 m dick,  $k_f \geq 1 \cdot 10^{-3}$  m/s) leitet das über der mineralischen Dichtung anfallende Niederschlagssickerwasser in die Randgräben ab, die an den angelegten Bermen und am Böschungsfuß die Deponie abschließen. Die Entwässerungsschicht aus Kies oder Splitt der Körnung 16/32 mm wird mit einem mechanisch vernadelten Trennvlies (Flächengewicht: 200 g/m<sup>2</sup>, GRK 3) überdeckt, um das Einsickern feiner Bestandteile aus der Rekultivierungsschicht sicher zu verhindern.

Abschließend wird eine Rekultivierungsschicht eingebaut, die aus 1,3 m Unterboden und 0,2 m Oberboden besteht. Hierbei ist der Einbau von Böden mit gutem Wasserspeichervermögen vorgesehen, so dass die Dränspende deutlich reduziert wird. In Frage kommen schwach bindige bis gemischtbindige Böden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s bis  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s, einer nutzbaren Feldkapazität  $\geq 140$  mm (bezogen auf die Gesamtschichtstärke von 1,5 m) sowie einem Gehalt an organischem Material  $\text{TOC} \leq 0,5$  % bzw. 1,0 % bei Böden mit bekannter sehr geringer Humusqualität. Als Oberboden ist die Verwendung eines kulturfähigen Bodens mit einem Humusanteil von 2 Masse-% bis 4 Masse-% ( $\text{TOC} \leq 5$  %) anzunehmen.

Für den Bereich am Deponiefuß wird die außenseitige Böschung der Rekultivierungsschicht außerhalb der Abfallgrenze mit einer keilförmigen Steinschüttung standsicher ausgebildet. Die Steinschüttung dient gleichzeitig der Ausleitung des in der Flächendränage gesammelten Wassers in den Randgraben.

Die Abdeckung entspricht der nachfolgenden Abbildung.

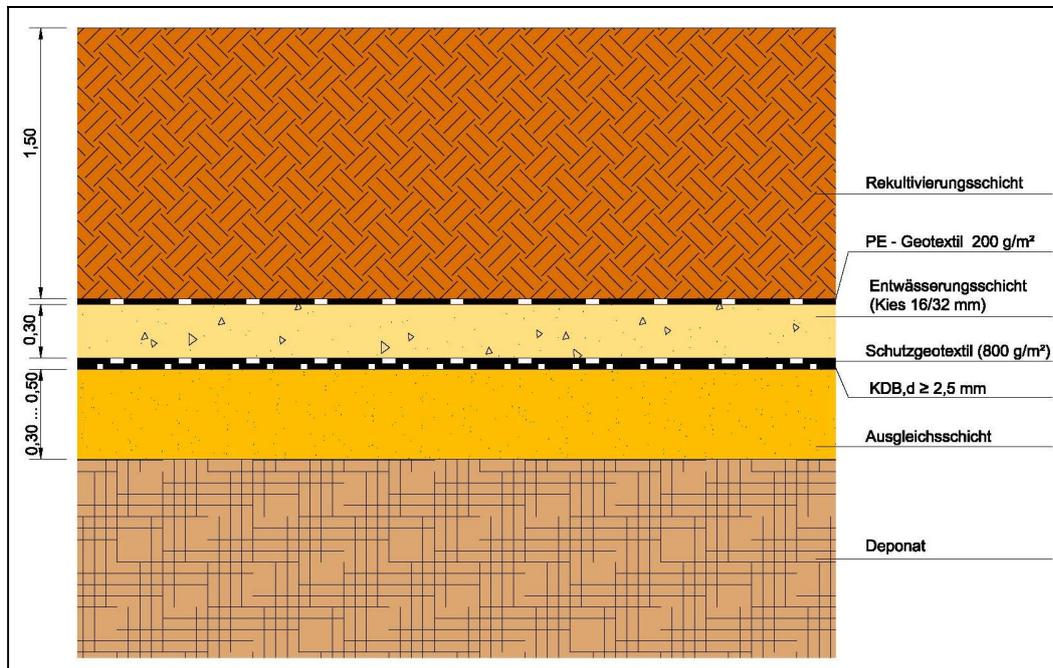


Abbildung 1: Regeldetail zur Oberflächenabdeckung

### 3.3.2 Errichtung der Deponie

#### - Bau- / Betriebsphasen

Der Deponiekörper soll in drei Bauabschnitten aufgebaut werden, so dass immer ein basisgedichteter Bereich beaufschlagt wird, der selbstständig entwässert. Nach abgeschlossener Verfüllung werden inaktive Flächen temporär abgedeckt, um die Sickerwasserbildung zu minimieren. Zur weiteren Minimierung des Sickerwasseranfalls ist zusätzlich dazu geplant, die Bauabschnitte in Unterbauabschnitte (Bauphasen) und Inbetriebnahmeabschnitte zu unterteilen.

Der Bauabschnitt 1 (BA 1) befindet sich südlich der mittleren Betriebsstraße und hat eine Flächengröße der Deponiebasis von ca. 11 ha und ein Deponievolumen von ca. 1,5 Mio. m<sup>3</sup>. Der Bauabschnitt 2 (BA 2) befindet sich nördlichen der mittleren Betriebsstraße und hat eine Flächengröße der Deponiebasis von ca. 13,2 ha und ein Deponievolumen von ca. 2,6 Mio. m<sup>3</sup>. Der dritte und letzte Bauabschnitt (BA 3) befindet sich zwischen BA 1 und BA 2. Mit ihm wird die Deponie letztendlich geschlossen. Der BA 3 hat eine Flächengröße in der Deponiebasis von ca. 3,5 ha und ein Deponievolumen von ca. 1,8 Mio. m<sup>3</sup>.

Die Verfüllung bzw. der Aufbau des Deponiekörpers erfolgt in sieben Verfüllabschnitte, wovon jeweils drei Abschnitte im BA 1 und BA 2 vorgesehen sind und ein Verfüllabschnitt im BA 3. Nähere Angaben zu den einzelnen Verfüll- und Bauabschnitten können der Unterlage zum Genehmigungsantrag entnommen werden.

Die bauzeitlichen Verfüllabschnitte werden durch temporäre Zufahrten und Rampen erschlossen.

### - **Einbauverfahren und Bau- und Betriebsmechanismen**

Die Anlieferung des Deponats erfolgt durch LKW's mit Straßenverkehrszulassung. Lastkraftwagen bis 40 t zulässiges Gesamtgewicht werden die Deponie befahren.

Der Einbau der Abfälle erfolgt mittels Planierdrape im horizontalen Flächenbau, um eine möglichst hohe Dichte zu erreichen. Die Deponate werden auf der horizontalen Verfüllfläche ausgebreitet und durch mehrmaliges Überfahren zusammengepresst und verdichtet. Zusätzlich kommt für die Verdichtungsarbeit eine Walze zum Einsatz.

Die Länge der Kippkanten beträgt in Abhängigkeit des täglichen Abfallaufkommens zwischen 30 m und 60 m. Die verdichtete Schicht ist nicht höher als 30 cm bis 50 cm. Die Verdichtung erfolgt arbeitstäglich, unverzüglich nach dem Abladen und der Ausbreitung. In die geplante Deponie werden nur mineralische Abfälle entsprechend Abfallartenkatalog eingebaut. Hierfür ist durch eine entsprechende Einbautechnologie eine Verdichtung von ca.  $1,6 \text{ Mg/m}^3$  zu erreichen.

Der Deponiekörper wird so profiliert, dass nach Abklingen der Setzungen ein Oberflächenmindestgefälle von 5 % zur Gewährleistung einer sicheren Oberflächenentwässerung vorhanden ist. Die maximale Böschungsneigung beträgt 1 : 3. Bermen zur Unterbrechung der Böschungslängen und zur Aufnahme der Wirtschaftswege und Entwässerungsgräben werden im Höhenabstand zwischen 15 m und 20 m angeordnet. Die Bermen erhalten eine Rohbreite von 8 m und werden in Kurvenbereichen verbreitert. Die Längsneigung der Bermen beträgt in der Regel ca. 4 %.

Durch die zu profilierende Kontur des Deponiekörpers werden auch die jeweilige Entwässerungsrichtung und das System von Wirtschaftswegen vorgegeben. Grundsätzlich erfolgt die Längsneigung der Bermen nach Norden. Damit wird gewährleistet, dass ein wesentlicher Teil der zukünftigen Deponieoberfläche in das nordwestlich gelegene Feuchtbiotop entwässern kann. Damit wird einer Austrocknung des Biotops entgegengewirkt. Gleichzeitig wird das im Süden der Deponie angeordnete Regenrückhaltebecken entlastet.

### **3.3.3 Wegenetz auf dem Deponiekörper bzw. der Oberflächenabdeckung**

Im Deponiebereich wird grundsätzlich in Deponieumfahrung und Wirtschaftswege und damit in zwei Arten von Wegen unterschieden.

Die Deponieumfahrung wird aufgrund ihrer Fahrbelastung, zur Minimierung von partikulärer Verschmutzung mit einem Asphaltoberbau hergestellt. Dies gilt auch für die Zufahrt zum Regenrückhaltebecken.

Die Breite der Deponieumfahrung wird als einspuriger Hauptweg mit 3,5 m Verkehrsbreite und beiderseitigen Banketten von jeweils 0,75 m hergestellt. In Kurvenbereichen erfolgt eine Verbreiterung je nach Kurvenradius.

Die Wirtschaftswege erhalten ebenfalls eine Verkehrsbreite von 3,5 m zuzüglich Bankette, jeweils 0,75 m. Auch hier erfolgt eine Kurveninnenverbreiterung. Der Ausbau erfolgt mit ungebundenem Oberbau.

Deponieumfahrung und Wirtschaftsweg werden in den Standsicherheitsuntersuchungen berücksichtigt, wobei Untersuchungen unter Beachtung des Wegeaufbaues nicht erfolgen und die Lasten aus den LKW's angesetzt und damit ungünstiger Verhältnisse berücksichtigt werden.

### 3.4 Geräteinsatz

Für die Errichtung des Deponiekörpers wie auch für die Profilierung und Herstellung der Abdeckung sowie dem Betrieb der Deponie wird von dem nachfolgend tabellarisch aufgeführten Geräteinsatz ausgegangen. Die Geräte gehen in die standsicherheitsrelevanten Mechanismen bzw. Berechnungen ein.

Tabelle 2: Gerätetechnische Angaben

Fahrzeuge / Geräte	Typ	Dienstgewicht, maximal	Einsatzzweck
Raupenbagger	-	45,0 t	Laden, Profilieren
Muldenkipper / LKW (bis 4 Achsen)	-	40,0 t	Transport (Abfall, Baustoff)
Planierraupe	CAT D6R	20,6 t	Rohprofilierung, Materialeinbau
Planierraupe	-	13,0 t	Feinprofilierung, Materialeinbau (Abdeckung)

Mit diesem Geräteansatz wird gewährleistet, dass geotechnisch ungünstige, aber realistische Lastkonstellationen erfasst werden und sich somit repräsentative Berechnungsergebnisse ergeben.

Abweichungen der einzusetzenden Typen von den vorgenannten Geräten sind möglich. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Betriebsmasse die in der Tabelle angegebenen Werte nicht übersteigt. Bei Abweichungen über 5 % der Gewichtsklasse, die eine Verringerung der Standsicherheit erwarten lassen, sind ergänzende Untersuchungen bzw. eine Überprüfung vorzunehmen.

## 3.5 Geotechnische Berechnungskennwerte

### 3.5.1 Kennwerte für Betrachtungen nach DIN 4084:2009-01

In den Standsicherheitsuntersuchungen nach DIN 4084:2009-01 [11] sind gewachsene Böden und die Materialien für die Errichtung der Deponie, einschließlich Abdeckung, zu berücksichtigen.

Die Materialkennwerte zum gewachsenen Untergrund (Bänderschlufluff, Geschiebemergel) wurden aus vorliegenden Daten zum Tontagebau Herzfelde [6] und Erfahrungswerten abgeleitet.

Präzise Materialkennwerte für die zu deponierenden Stoffe, einschließlich Auffüllung bis Deponieplanum, liegen naturgemäß noch nicht vor, so dass die in die Berechnungen einzuführenden Kennwerte anhand der für die Einlagerung vorgesehenen Stoffe nach Erfahrungswerten abgeschätzt werden müssen. Darüber hinaus weisen diese Stoffe, die in der Regel unterschiedlichen Ursprungs sind, eine erhebliche Schwankungsbreite hinsichtlich ihrer physikalischen und geotechnischen Eigenschaften auf. Eine „auf der sicheren Seite liegende“ Abschätzung der Berechnungskennwerte ist somit unumgänglich.

Für Baustoffe und Materialien, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung noch Größen mit einer möglichen Variationsbandbreite oder Planungsgrößen darstellen, bilden die Berechnungskennwerte sinngemäß Mindestanforderungen bzw. -werte, die durch die Ausschreibung und Qualitätssicherung (Eignungsnachweise, Zertifikate usw.) abzusichern sind. Das gilt ebenfalls für die Abdeckung.

Für die Nachweisführung im Bereich des Deponierundweges und der Wirtschaftswege können vereinfachend die Kennwerte für die Deponieabdeckung auch für die Wege angesetzt werden, die zu den geringsten Sicherheiten bzw. höchsten Ausnutzungsgraden führen.

Die Klassifikation und Zuordnung der in den erdstatischen Berechnungen zur Anwendung kommenden Rechenwerte in Tragwiderstandsbedingung (TWB) A und B erfolgt in der nachfolgenden Tabelle. TWB C ist hier nicht relevant.

Tabelle 3: Rechenwerte für Berechnungen nach DIN EN 1997-1:2014-03 [10]

Bodenschicht/ Material	Kenngrößen und Rechenwerte (mit Einordnung in Tragwiderstandbedingungen A, B)									
	Reibungswinkel $\varphi'$ in °		Kohäsion $c'$ in kN/m <sup>2</sup>		Wichte, erdfeucht $\gamma_n$ in kN/m <sup>3</sup>		Wichte, unter Auftrieb $\gamma'$ in kN/m <sup>3</sup>		Wichte, gesättigt $\gamma_{ges}$ in kN/m <sup>3</sup>	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Rekultivierungsschicht	30	27	5	3	17	18	7	8	19	20
Entwässerungsschicht	33	-	0	-	18	-	8	-	20	-
Ausgleichsschicht	25	-	3	-	18	-	8	-	19	-
Deponat	27	22	0	5	17	20	7	10	19	21
Geologisch-technische Barriere	22	22	15	8	20,5	-	-	-	-	-
Auffüllung bis Deponieplanum	27	22	0	5	17	20	7	10	19	21
Bänderschluff	21	-	20	-	20	-	10	-	23	-
Geschiebemergel	33	-	18	-	23	-	14	-	24	-

### 3.5.2 Kennwerte für Betrachtungen von Setzung und Verformung

Die für die rechnerische Abschätzung der Setzung sowie der Verformung relevanten Parameter wurden in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Sie wurden anhand von Erfahrungen des AN zu vergleichbaren Materialien sowie verschiedenen Literaturhinweisen festgelegt.

Tabelle 4: Berechnungskennwerte der vorhandenen Böden für Verformungsbetrachtungen

Boden	erdfeuchte Wichte $\gamma_n$	Reibungs- winkel $\varphi$	Kohäsion c	Steife- modul $E_s$	Schub- modul G	Querdeh- nungszahl $\nu$
	kN/m <sup>3</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	-
Deponat (Auffüllung)	20,0	22,0	5,0	15,0	3,9	0,38
Geol.-techn. Barriere	20,5	22,0	8,0	15,0	3,9	0,38
Auffüllung als Deponiepla- num	20,0	22,0	5,0	15,0	3,9	0,38
Bänderschluff	20,0	21,0	20,0	15,0	3,6	0,39
Geschiebe- mergel	23,0	33,0	18,0	45,0	19,6	0,31

## **4 Erdstatische Berechnungen nach DIN 4084:2009-01**

### **4.1 Modellbildung**

#### **4.1.1 Geometrische Verhältnisse und Schnittführung**

Die Nachweise zur Standsicherheit sind mit zweidimensionalen Berechnungsmodellen und -verfahren zu führen. Dazu müssen die zu untersuchenden standsicherheitsrelevanten Mechanismen mit den maßgeblichen geometrischen Bedingungen betrachtet werden.

Auf der Grundlage der in den geologischen Schnitten in Anlage 2 dargestellten Morphologie des Urgeländes sowie der geplanten Deponiemorphologie wurden unter Beachtung von:

- Böschungshöhen,
- Böschungswinkel und
- Einfallen der Deponiebasis

Berechnungsschnitte so festgelegt, dass mit ihnen die geotechnische Situation des Bearbeitungsbereiches repräsentativ erfasst wird. Die maßgeblichen und in den Berechnungen verwendeten Schnitte bilden die beiden Schnitte B - B' und E - E'. Ihre jeweilige Schnittführung entspricht denen in Anlage 1.

Mit den Schnitten werden die erdstatisch maßgeblichen geometrischen Abmessungen des Deponiekörpers und Untergrundes erfasst.

Zur Veranschaulichung sind die maßgeblichen Berechnungsmodelle in Anlage 3 dargestellt.

#### **4.1.2 Geotechnische Schichtmodellierung / Untergrundschichtung**

Auf der Grundlage der vorliegenden Daten zum Untergrund und dem aktuellen Planfeststellungsantrag zur Deponie wurde zu den Berechnungsmodellen abgeleitet, dass:

- der Untergrund als homogener Baugrund modelliert wird - bestehend aus Geschiebemergel, der von Bänderschluft überlagert wird, sowie die teilweise erforderliche Auffüllung bis OK Deponieplanum durch lagenweise verdichtet eingebautes Erdstoffmaterial, das mit dem späteren Deponat vergleichbar ist.
- darüber liegend die zu errichtende Deponie modelliert wird - der Schichtenaufbau des Deponiekörpers besteht gemäß dem in Anlage 3 dargestellten Aufbau aus geologischer Barriere, Deponat und Oberflächenabdeckung. Bautechnisch bedingte komplizierte und engräumige Strukturen wurden zur Vermeidung von Unstetigkeiten im erforderlichen Umfang vereinfacht.

- die in der Oberflächenabdeckung vorzusehenden Trennvliese nicht als eigene Schicht modelliert, sondern mit der KDB zusammengefasst werden.
- die Kombinationsdichtung (KDB) als eigene Schicht bei den Betrachtungen zum Endzustand modelliert wird, um an ihr auftretende Scherkräfte bestimmen zu können. Dichtungsfolie und Schutzvliese werden dabei als Einheit betrachtet. Eine Unterscheidung, in welcher Fuge dabei die geringsten Scherkräfte übertragen werden, erfolgt somit nicht. Diese Nachweise zur Verbundfestigkeit sind für die konkret einzusetzenden Geokunststoffe und Kombinationen gesondert zu erbringen. Die hier ermittelten Scherfestigkeiten bzw. Scherparameter sind somit als Mindestanforderungen zu verstehen, die für jede potenzielle Gleitfuge erfüllt sein müssen.
- der Deponiekörper selbst als quasihomogene Schicht behandelt wird. Inhomogenitäten, die sich zwangsläufig bei Schüttung / Einbau ergeben, werden durch entsprechende Abminderungen der Scherparameter (auf TWB B) in Rechnung gestellt.

Die Berechnungen werden für eine Gesamtdicke der Rekultivierungsschicht von 1,5 m durchgeführt.

Das beschriebene ebene Berechnungsmodell ist aus den geotechnischen Berechnungsmodellen in Anlagen 3 ersichtlich.

### **4.1.3 Geohydraulisches Modell**

Das geohydraulische Modell ist weitgehend an das bodenmechanische Modell gekoppelt. Für die vorliegende Aufgabenstellung und geohydraulischen Randbedingungen ist eine einfache Modellierung ausreichend.

Aufgrund des deutlich unterhalb der Deponiebasis liegenden Grundwasserspiegels wird der Deponieuntergrund als teilgesättigt also ohne Porenwasserdrücke betrachtet.

Der Ansatz einer Sickerlinie im Deponiekörper für den Endzustand erfolgt nicht. Die Einkapselung durch die Abdeckung und dränierte Basisabdeckung verhindern die Ausbildung von Wasserdrücken und Sickerlinien. Noch nicht endabgedeckte, länger stehende Deponiebereiche, werden durch temporäre Abdeck- und Oberflächenentwässerungsmaßnahmen vor eindringendem Niederschlagswasser geschützt.

Für den Nachweis der Standsicherheit der Abdeckung gegen Abgleiten wird eine durchgehend böschungparallele Sättigung der Abdeckung bzw. böschungparalleler Schichten modelliert.

#### 4.1.4 Gerätesicherheit

Weil die zum Einsatz kommenden Baugeräte in der Regel erst mit Aufnahme der Bauarbeiten bekannt werden, müssen zum jetzigen Zeitpunkt der Planung Vereinfachungen und Kategorisierungen zu diesen vorgenommen werden.

In der Bau- und Betriebsphase ist vorrangig von Anliefer- und Baufahrzeugen mit bis zu 40 t Gesamtmasse auf temporären Fahrwegen auszugehen. Die erdstatisch höheren Beanspruchungen aus Verkehrslasten ergeben sich damit aus der Bau- und Betriebsphase. Somit werden als maßgebliche Verkehrslasten auf den Bermen Flächenlasten in Höhe von  $p' = 33,3 \text{ kN/m}^2$  entsprechend dem Lastbild nach DIN 1072 in Ansatz gebracht, womit Regelfahrzeuge mit zulässigen Achslasten bis 13 t erfasst werden.

In Berechnungsfällen, in denen der Ansatz einer Verkehrslast standsicherheitsbegünstigend wirkt, wurden keine Verkehrslasten auf den Verkehrsflächen berücksichtigt.

Mit den Untersuchungen zur Gerätesicherheit werden die technologischen Situationen bewertet, die im Zuge der Bau- und Betriebsarbeiten sowie im Endzustand standsicherheitsrelevant sind.

Die Berechnungen erfolgen an den beiden repräsentativen Berechnungsprofilen und gelten somit für den gesamten Bearbeitungsbereich.

Wie bei Standsicherheitsuntersuchungen üblich, wird die Gerätesicherheit mit zweidimensionalen Berechnungsverfahren ermittelt, um einen vertretbaren Rechenaufwand zu gewährleisten. Da es sich bei den Gerätelasten um räumlich begrenzte Lasteinträge handelt, werden mit den zweidimensionalen Berechnungen geotechnisch ungünstige Verhältnisse erfasst, so dass die ermittelten Ausnutzungsgrade auf der "sicheren Seite" liegen.

Mit den Berechnungen werden die technologisch relevanten Lastfälle erfasst.

- **Raupenbagger**

Für die Gerätesicherheit des Raupenbaggers ist der Berechnungsfall Böschungsbruch maßgebend. Das Ziel der Berechnungen besteht in der Ermittlung der einhaltenden Mindestvorlandbreiten zur Böschungsschulter, mit denen die Gerätesicherheit gewährleistet wird.

Eine Prinzipdarstellung zur Gerätesicherheit des Raupenbaggers ist in nachfolgender Abbildung angegeben. Der Lasteintrag durch die Raupenfahrwerke wird abweichend von der nachfolgenden Darstellung mit böschungspareller Bewegungsrichtung als ungünstigerer Fall in die Berechnungen eingeführt.

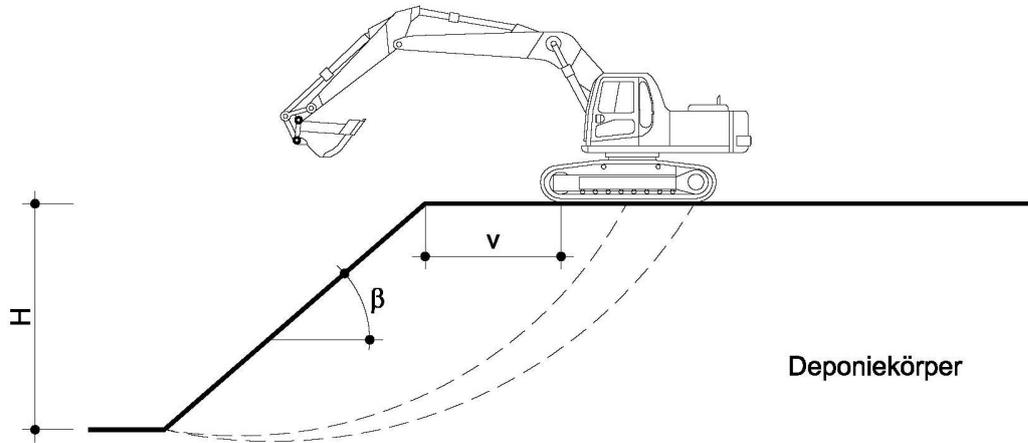


Abbildung 2: Prinzipskizze zur Gerätesicherheit des Raupenbaggers

- **Muldenkipper**

Analog sind auch für den Muldenkipper bzw. LKW und den Radlader Vorlandbreiten zu ermitteln, bei deren Einhaltung die Gerätesicherheit gewährleistet ist. Der Berechnungsfall Böschungsbruch ist hierbei maßgebend.

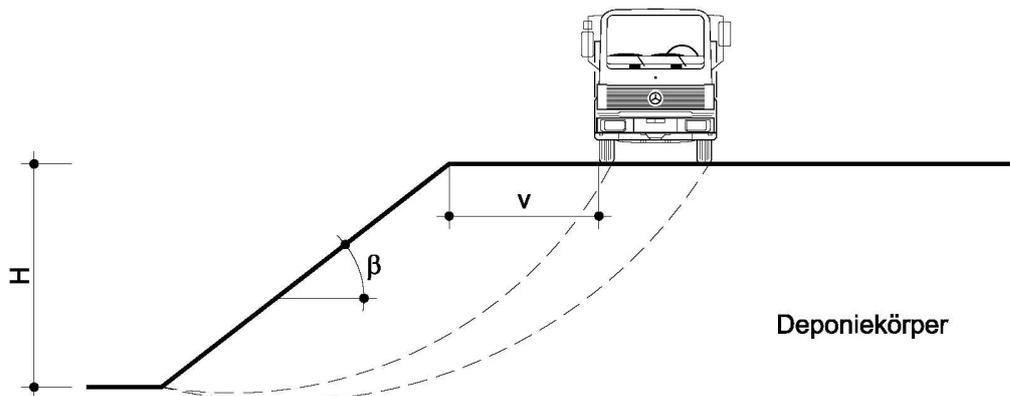


Abbildung 3: Prinzipskizze zur Gerätesicherheit des Muldenkippers

- **Planierraupe**

Zur Bewertung der Standsicherheit der Planierraupe bei der Roh- und Feinprofilierung sowie beim Einbau der Basisabdichtung und der Abdeckung ist der Versagensmechanismus Böschungsbruch und Abgleiten zu untersuchen.

Für die Berechnungen zur Profilierung auf dem Deponiekörper wird für den Lastansatz eine im Tagebaubereich vorhandene Planierraupe vom Typ Cat D6R mit einer Flächenlast von  $60,8 \text{ kN/m}^2$  angesetzt. In den Betrachtungen zur Profilierung der Abdeckung wird eine Planierraupe mit geringem Bodendruck ( $40 \text{ kN/m}^2$ ) verwendet.

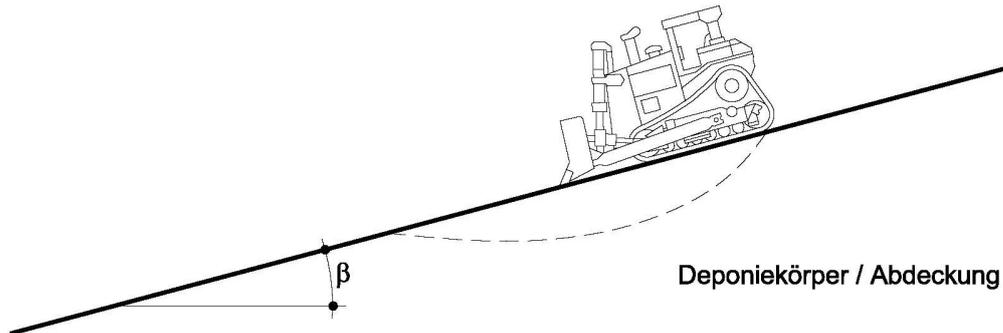


Abbildung 4: Prinzipskizze zur Gerätesicherheit der Planierraupe

Eine Vorlandbreite für die Planierraupe ist unter Beachtung ihrer Einsatztechnologie nicht relevant.

## 4.2 Berechnungsfälle und Versagensmechanismen

### 4.2.1 Vorbemerkung

Standortsicherheitsrelevante Bau- und Betriebszustände hängen vielfach von der Art und Weise, der eingesetzten Technik und dem Bauablauf ab. Das mit der Planung vorgegebene Bau- und Entwicklungskonzept der Deponie bildet somit die Grundlage für Ableitung von wichtigen Bauzuständen, deren Standsicherheit zu gewährleisten ist. Im Zusammenhang mit möglichen oder wahrscheinlichen Versagensmechanismen ergeben sich zu untersuchende Berechnungslastfälle.

Für die Standsicherheitsuntersuchungen sind folgende Berechnungsfälle als Bauzustände und dauerhafte Situationen zu unterscheiden:

### 4.2.2 Bauzustände

Für die Böschungen sind folgende Berechnungsfälle relevant:

- Gerätesicherheit auf der Böschungsfäche (Verdichtungsgerät, Planierraupe),

- Gerätesicherheit bei Deponiekörperherstellung (auch an temporären Betriebswegen) (Raupenbagger, Muldenkipper),
- Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch der unbelasteten Böschungen,
- Abgleiten des Deponiekörpers in Teilen oder des Gesamtkörpers auf der geologisch-technischen Barriere,
- Abgleiten des Deponiekörpers auf einer VG im Bänderschluft.

Die Herstellung des Deponiekörpers wird nach DIN 1054:2010-12 [12] dem Bemessungszustand der vorübergehenden Belastung zugeordnet. Entsprechend werden die Teilsicherheitsfaktoren für die Scherparameter gemäß Abschnitt 4.3.1 abgemindert und die Belastung aus den Geräten gemäß Abschnitt 4.3.1 vergrößert.

Der herzustellende Deponiekörper besteht aus Teilböschungen (TB) und Gesamtböschungssystemen (GB). Bei den Betrachtungen zum Berechnungsfall Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch der unbelasteten Böschungen werden sowohl Betrachtungen zu den Teilböschungen als auch Betrachtungen zu den Gesamtböschungssystemen angestellt.

Für die Betrachtungen zur Gerätesicherheit ist jeweils der Mindestabstand der Geräte zur Böschungsschulter und / oder zwischen Fahrbahnrand und Böschungsoberkante (Vorlandbreite) abzuleiten.

### 4.2.3 Endzustand

Der zu untersuchende Endzustand erfasst den Zustand der Deponie nach deren Abschluss mit qualitätskonform hergestelltem Abdecksystem. Relevante Berechnungsfälle sind:

- Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch,
  - für Teil- und Gesamtböschungen,
  - Gerätesicherheit der Fahrzeuge auf den Bewirtschaftungswegen,
- Abgleiten der Endböschung an der Basisabdichtung,
- böschungsparalleles Abgleiten der Abdeckung.

Die Untersuchung von Teilböschungen (TB) erfolgt, in dem der obere Austrittspunkt des Bruchkreises über die Einzelböschung hinaus bis zum Plateaubereich der Deponie variiert wird. Somit ist gewährleistet, dass auch Sicherheitsminima erfasst werden, die aus Bruchkreisen über mehrere Einzelböschungen resultieren.

Mit den Standsicherheitsberechnungen zum böschungsp parallelen Abgleiten wird als potenzieller Gleithorizont die Basis der Abdeckung untersucht, da dort die geringsten Standsicherheitskoeffizienten bzw. die größten Ausnutzungsgrade zu erwarten sind.

Zur Ermittlung der Standsicherheit wird neben dem erdfeuchten Zustand auch der Zustand der Sättigung infolge von Starkniederschlägen bzw. in Tauperioden betrachtet. Hierfür wird von einer Sättigung der Abdeckung als geotechnisch ungünstigstem Fall ausgegangen. Porenwasserdrücke im Sinne von Sickerlinien innerhalb der Abdeckung werden dabei nicht angesetzt, weil von einer wirksamen Drainage über die Dränschicht auszugehen ist.

Als vorrangig gefährdeter Bereich der Abdeckschicht wird die Grenzschicht Schutzgeotextil / KDB angesehen.

Zur Untersuchung der aufgeführten Berechnungsfälle werden die nachfolgend genannten Bemessungszustände angewendet.

## **4.3 Bemessungszustände, Berechnungsverfahren und -software**

### **4.3.1 Bemessungszustände**

Die Berechnungen zur Standsicherheit des Deponiekörpers sowie der auf ihm aufgetragenen Abdeckung wurden in Anlehnung an [10, 11] durchgeführt.

Die erforderlichen Standsicherheitsberechnungen erfolgen an einem maßgebenden Böschungsabschnitt entsprechend dem Eurocode 7 (DIN EN 1997-1:2014-03, DIN EN 1997-1:NA:2010-12 und DIN 1054: 2010-12) nach dem Teilsicherheitskonzept.

Als Grenzzustand werden unter Beachtung von Abschnitt 4.2 Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch und schichtparalleles Gleiten betrachtet. Nach [10] sind sie dem Grenzzustand GEO-3 zuzuordnen.

Die Bewertung des Böschungsbruches / Böschungsgrundbruches der unbelasteten Böschung wie auch die Gerätesicherheit auf der Oberfläche, den Bermen und der Böschung sind:

- im Bauzustand für die Bemessungssituation BS-T - vorübergehende Einwirkungen aus Bauzuständen oder zeitlich begrenzter Nutzung und
- im Endzustand für die Bemessungssituation BS-P - planmäßige Nutzung, regelmäßig auftretende Einwirkungen

zu führen.

Die Zuordnung zu den einzelnen Bemessungssituationen für die Bewertung der Gleitsicherheit des Abdecksystems ist identisch mit der vorgenannten Zuordnung zu Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch.

Außergewöhnliche Bedingungen, Sonderlasten, teilweiser Ausfall oder Ermüdung von Tragelementen oder Teilausfall von Bodenwiderständen – was der Bemessungssituation BS-A entspricht, liegen an der Deponie Herzfelde nicht vor.

Entsprechend der vorgenannten Bemessungssituationen können typische Einwirkungen auf die Deponie bzw. den Deponiekörper und der Abdeckung nach [10] wie folgt zusammengestellt werden.

Tabelle 5: Einwirkungen der Bemessungssituationen nach [10]

Bemessungssituation	Einwirkungen
BS-P ständige Situation	Hierbei werden ständige und während der Funktionszeit des Bauwerkes regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen berücksichtigt.
BS-T vorübergehende Situation	Dies sind vorübergehende Situationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen, z. B. Bauzustände bei der Herstellung eines Bauwerkes, Bauzustände an einem bestehenden Bauwerk.

Die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen sind in Tabelle 6 und für geotechnische Kenngrößen in Tabelle 7 aufgeführt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessungssituation BS-A (außergewöhnliche Situation) hier nur informativ aufgeführt wurden. Für die Bearbeitung sind diese Situation und damit die Beiwerte nicht relevant.

Tabelle 6: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen zu GEO-3 nach [10]

Teilsicherheitsbeiwerte		Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
ständige Einwirkung	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00
ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,30	1,20	1,00

Tabelle 7: Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen zu GEO-3 nach [10]

Teilsicherheitsbeiwerte		Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \varphi_u$ des undrainierten Bodens	$\gamma_{\varphi'}, \gamma_{\varphi_u}$	1,25	1,15	1,10
Kohäsion $c'$ des dränierten Bodens und Scherfestigkeit $c_u$ des undrainierten Bodens	$\gamma_{c'}, \gamma_{c_u}$	1,25	1,15	1,10
Wichte des erdfeuchten Bodens $\gamma$ , Wichte des Bodens unter Auftrieb $\gamma'$ , Wichte des gesättigten Bodens $\gamma_g$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00

Laut [12] befindet sich das Bearbeitungsgebiet in der Erdbebenzone 0. Die Berücksichtigung seismischer Einflüsse bzw. einer dynamischen Anregung ist damit nicht erforderlich.

#### 4.3.2 Berechnungsverfahren und -software

Für die Nachweisführungen werden die nachfolgend aufgeführten Berechnungsverfahren verwendet.

- **Verfahren nach BISHOP**

Das Verfahren nach BISHOP wird zur Untersuchung des Versagensfalles Abgleiten auf kreiszylindrisch begrenzten Prüfflächen (KZP) verwendet. Dieser Versagensfall entspricht dem vorgenannten Fall des Böschungsbruches / Böschungsgrundbruches.

Es handelt es sich um ein Lamellenverfahren, das jedoch nur für die Berechnung von kreiszylindrischen Prüfflächen geeignet ist.

Am gesamten Prüfkörper wird das Momentengleichgewicht  $\Sigma M = 0$  erfüllt. Des Weiteren wird noch das Kräftegleichgewicht  $\Sigma V = 0$  an jeder Lamelle eingehalten.

Der Berechnung nach BISHOP liegt folgende vereinfachte Sicherheitsdefinition zugrunde:

$$\eta = \frac{1}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{G_i + cb \cdot \cot \varphi - u_i b}{\cos \alpha_i \cdot \cot \varphi + \frac{\sin \alpha_i}{\eta}}$$

Beim Berechnungsverfahren erfolgt die Berechnung des maßgeblichen Wertes  $\eta$  iterativ. Für die rechen-technische Umsetzung wurde das Berechnungsprogramm GGU-Stability verwendet. Die Ergebnisausgabe erfolgt entsprechend der Zuordnung nach dem Eurocode 7 als Ausnutzungsgrad  $\mu$ . Einzelheiten zum Berechnungsverfahren und deren geotechnische Randbedingungen sind in [14] erläutert.

- **Verfahren nach JANBU**

Die Untersuchungen des Versagensfalles Abgleiten auf vorgegebenen polygonalen Gleit- bzw. Prüfflächen erfolgen mit dem Verfahren nach JANBU.

Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein Lamellenverfahren, das in seiner Struktur dem Verfahren nach BISHOP nahezu analog ist. Der Unterschied besteht in einer modifizierten Form des Ansatzes des Kräftegleichgewichtes, der es erlaubt, polygonal begrenzte Prüfkörper bzw. -flächen zu untersuchen. Für das Verfahren nach JANBU errechnet sich der Sicherheitskoeffizient  $\eta$  an dem mit Lamellen unterteilten Gleitkörper wie folgt:

$$\eta = \frac{1}{H_0 + \sum_{i=1}^m G_i \cdot \tan \alpha_i} \sum_{i=1}^m [(G_i - ub_i) \cdot \tan \varphi + cb_i] \frac{1 + \tan^2 \alpha_i}{1 + \frac{\tan \alpha_i}{\eta} \tan \varphi}$$

Wie bereits beim Verfahren nach BISHOP wird auch beim Verfahren nach JANBU der maßgebliche Wert  $\eta$  iterativ mit dem Berechnungsprogramm GGU-Stability bestimmt.

#### 4.4 Versagens- und Lastfälle, erforderlicher Ausnutzungsgrad

Die erdstatischen Berechnungen sind für die zu untersuchenden und nachfolgend aufgeführten Versagens- und Lastfälle zu führen.

Bau- / Endzustand	Lastfälle	Berechnungsverfahren
<b>Bauzustand</b>	<b>Teil- und Gesamtböschungen, unbelastet</b>	
	Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch	BISHOP
	Gleiten auf der Aufstandsfläche	JANBU
	<b>Gerätesicherheit (= belastete Böschung)</b>	
	Raupenbagger, LKW, Radlader, Planierraupe, Walzenzug (Böschungsbruch)	BISHOP
	Planierraupe (Abgleiten)	JANBU
<b>Endzustand</b>	<b>Teil- und Gesamtböschungen, unbelastet</b>	
	Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch	BISHOP
	Gleiten auf der Aufstandsfläche	JANBU
	<b>Abdeckung</b>	
	erdfeuchter Zustand (Regelfall)	JANBU
	Abdeckung mit Sättigung	JANBU
	<b>Gerätesicherheit</b>	
	Bewirtschaftungsfahrzeuge (Böschungsbruch)	BISHOP

**Bedingt durch die Tatsache, dass die Berechnungen nach [11] zu führen sind, ist in allen Berechnungen ein Ausnutzungsgrad von  $\mu \leq 1,0$  nachzuweisen.**

## 4.5 Ergebnisse und deren Bewertung

### 4.5.1 Vorbemerkungen

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die beiden betrachtenden Zustände (Bau- / Endzustand) getrennt voneinander aufgeführt und bewertet.

### 4.5.2 Bauzustand

Hier wurden die Untersuchungen zu den Fällen Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch der unbelasteten Teil- und Gesamtböschungen sowie dem Abgleiten des Deponiekörpers bzw. Teile des Körpers auf der Aufstandsflächen / geologisch-technischen Barriere geführt.

- **Standsicherheit der Teil- und Gesamtböschungen, unbelastet**

Mit den Berechnungen wurde festgestellt, dass der Böschungsbruch im Vergleich zu Böschungsgrundbruch, der geotechnisch ungünstigere und somit maßgebende Versagensfall ist. Somit gelten die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse für diesen Lastfall.

Diese Ergebnisse sind zudem schnittbezogen in den geotechnischen Berechnungsmodellen in Anlage 3.1 und 3.2 grafisch dargestellt.

Tabelle 8: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - zu Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch im Bauzustand

Versagensgeometrie	Berechnungsschnitte			
	B - B'		E - E'	
	westl. Seite	östl. Seite	westl. Seite	östl. Seite
	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B
TB 1	0,68 / 0,70	0,70 / 0,71	0,61 / 0,59	-
TB 2	0,74 / 0,64	0,49 / 0,55	-	-
TB 3	0,47 / 0,54	0,68 / 0,71	-	-
TB 1 und TB 2	0,63 / 0,70	0,61 / 0,65	-	-
TB 2 und TB 3	0,55 / 0,63	0,58 / 0,65	-	-
GB	0,62 / 0,69	0,59 / 0,65	0,66 / 0,70	0,72 / 0,73

In Auswertung der Berechnungen ist festzustellen, dass die Standsicherheitsanforderungen im Bauzustand von  $\mu \leq 1,0$  durchgängig erfüllt werden. Die Böschungen des Deponiekörpers können mit der vorgesehenen Neigung von 1 : 3 hergestellt werden. Dies gilt gleichfalls bei Ansatz der Rechenwerte zur Tragwiderstandsbedingung B.

- **Ableiten auf der Aufstandsfläche / geologisch-technischen Barriere**

Für die Gleitsicherheit wird jeweils das Ergebnis des Gleitkörpers mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben, welches im Resultat einer Variationsrechnung über der gesamten Böschungslänge ermittelt wurde.

Diese Ergebnisse wurden ebenfalls schnittbezogen in den geotechnischen Berechnungsmodellen in Anlage 3 grafisch dargestellt.

Tabelle 9: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - für das Ableiten in der geologisch-technischen Barriere im Bauzustand

<b>B - B'</b>		<b>E - E'</b>	
<b>westl. Seite</b>	<b>östl. Seite</b>	<b>westl. Seite</b>	<b>östl. Seite</b>
TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B
0,57 / 0,65	0,55 / 0,62	0,57 / 0,66	0,61 / 0,70

Im Ergebnis der Berechnungen werden die Anforderungen an die Gleitsicherheit bei Ansatz beider Rechenwertkombinationen durchgängig erfüllt.

- **Gerätesicherheit**

Für den Bauzustand / Betrieb der Deponie war die Gerätesicherheit für:

- Raupen- bzw. Kettenbagger auf Berme und / oder temporären Betriebswegen,
- Muldenkipper auf Berme und / oder temporären Betriebswegen,
- Planierraupe auf der Böschungfläche

nachzuweisen und insbesondere für die sich auf Bermen und / oder temporären Betriebswegen bewegenden Geräte ist ein entsprechendes Vorland zur Böschungsschulter vorzugeben.

Wie bereits für die unbelasteten Böschungen wurden auch für die Betrachtungen zur Gerätesicherheit die Berechnungen mit beiden Rechenwertkombinationen TWB A und TWB B geführt.

Für den Raupenbagger wurden für beide Kennwertansätze rechnerisch durchgängig ausreichend sichere Verhältnisse nachgewiesen. Die zu jeweils beiden Berechnungsschnitten B - B' und E - E' ermittelten maßgebenden Ausnutzungsgrade wurde nachfolgend tabellarisch aufgeführt sowie die sich dazu ergebenden Bruchfiguren schnittbezogen in Anlage 3.1.1 für das Modell B - B' und in Anlage 3.1.2 für das Modell E - E' dargestellt.

Für den Ketten- / Raupenbagger wurde ein einzuhaltendes Vorland zur Böschungsschulter von  $v = 2$  m ermittelt.

Tabelle 10: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - für die Gerätesicherheit Raupenbagger im Bauzustand

B - B'		E - E'	
westl. Seite	östl. Seite	westl. Seite	östl. Seite
TWB A / TWB B			
0,72 / 0,74	0,64 / 0,69	0,67 / 0,72	0,73 / 0,74

Auch für den Muldenkipper wurden rechnerisch durchgängig ausreichend sichere Verhältnisse nachgewiesen. Die zu jeweils beiden Berechnungsschnitten B - B' und E - E' ermittelten maßgebenden Ausnutzungsgrade wurde nachfolgend tabellarisch aufgeführt sowie die sich dazu ergebenden Bruchfiguren schnittbezogen ebenfalls in Anlage 3.1.1 für das Modell B - B' und in Anlage 3.1.2 für das Modell E - E' dargestellt.

Tabelle 11: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - für die Gerätesicherheit Muldenkipper im Bauzustand

B - B'		E - E'	
westl. Seite	östl. Seite	westl. Seite	östl. Seite
TWB A / TWB B			
0,72 / 0,75	0,65 / 0,71	0,67 / 0,72	0,73 / 0,75

Das einzuhaltende Vorland der Muldenkipper zur Böschungsschulter beträgt  $v = 2$  m.

Zum Thema Planierraupe ist zu sagen, dass hier die Planierraupe mit unterschiedlichem Dienstgewicht betrachtet wurde. Diese Herangehensweise resultiert aus der Tatsache, dass für die Rohprofilierung auf dem Deponat ein schweres Gerät zum Einsatz kommt als bei der Feinprofilierung und der schichtweise, böschungsparellen Aufbringung der Abdeckung auf den Böschungsflächen.

Für die zum Einsatz kommenden Planierraupen zeigen die Berechnungen gleichfalls ausreichend standsichere Verhältnisse mit Ausnutzungsgraden, die deutlich unter dem maximal zulässigen Ausnutzungsgrad von  $\mu = 1,0$  liegen.

Wie bereits bei Raupenbagger und Muldenkipper wurden die Berechnungen jeweils an der westlichen und östlichen Seite des Deponiekörpers geführt. Die ermittelten maßgebenden Ausnutzungsgrade wurden nachfolgend tabellarisch aufgeführt sowie die sich dazu ergebenden Bruchfiguren schnittbezogen in Anlage 3.1.1 und Anlage 3.1.2 dargestellt.

Tabelle 12: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - für die Gerätesicherheit Planierraupe im Bauzustand

Einsatzort der Planierraupe	B - B'		E - E'	
	westl. Seite	östl. Seite	westl. Seite	östl. Seite
	TWB A / TWB B			
Rohprofilierung mit 1 : 3	0,77 / 0,78	0,90 / 0,82	0,72 / 0,75	0,96 / 0,83
Feinprofilierung und Abdeckung	0,77 / 0,82	0,76 / 0,81	0,70 / 0,73	0,71 / 0,78

#### 4.5.3 Endzustand

Im Endzustand sind folgende erdstatischen Betrachtungen relevant:

- Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch der unbelasteten Teil- und Gesamtböschungen,
- Abgleiten des Deponiekörpers, einschließlich Abdeckung, bzw. Teile des Körpers auf der Aufstandsflächen / geologisch-technischen Barriere,
- Abgleiten der Abdeckung und
- Gerätesicherheit von Bewirtschaftungsfahrzeugen

geführt. Nachfolgend werden die Ergebnisse zu jedem der vorgenannten vier Anstriche aufgeführt.

- **Standsicherheit der Teil- und Gesamtböschungen, unbelastet**

Auch hier wurden die Berechnungen zum Versagensfall Böschungsbruch / Böschungsgrundbruch geführt. Diese Ergebnisse sind schnittbezogen tabellarisch aufgeführt und zudem in den geotechnischen Berechnungsmodellen in Anlage 3.2.1 für das Modell B - B' und in Anlage 3.2.2 für das Modell E - E' grafisch dargestellt.

Tabelle 13: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - zu unbelasteten Teil- und Gesamtböschungen im Endzustand

Versagensgeometrie	Berechnungsschnitte			
	B - B'		E - E'	
	westl. Seite	östl. Seite	westl. Seite	östl. Seite
	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B
TB 1	0,68 / 0,75	0,69 / 0,77	0,56 / 0,60	-
TB 2	0,68 / 0,76	0,53 / 0,57	-	-
TB 3	0,59 / 0,67	0,72 / 0,78	-	-
TB 1 und TB 2	0,67 / 0,75	0,60 / 0,68	-	-
TB 2 und TB 3	0,65 / 0,74	0,64 / 0,72	-	-
GB	0,64 / 0,75	0,58 / 0,66	0,66 / 0,73	0,70 / 0,78

Mit den Ergebnissen konnte festgestellt werden, dass der Versagensfall Böschungsbruch, der geotechnisch ungünstigere und somit maßgebende Versagensfall ist. Die in der vorstehenden Tabelle aufgeführten Ergebnisse beziehen sich daher auf diesen Lastfall.

In Auswertung der Berechnungen ist festzustellen, dass die Standsicherheitsanforderungen im Endzustand von  $\mu \leq 1,0$  für beide Rechenwertkombinationen durchgängig erfüllt werden.

- **Abgleiten auf der Aufstandsfläche / geologisch-technischen Barriere**

Für die Gleitsicherheit wird jeweils das Ergebnis des Gleitkörpers mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben, welche im Resultat einer Variationsrechnung über der gesamten Böschungslänge ermittelt wurde.

Diese Ergebnisse wurden schnittbezogen in den geotechnischen Berechnungsmodellen in den Anlagen 3.2.1 und 3.2.2 grafisch dargestellt.

Tabelle 14: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - für das Abgleiten in der geologisch-technischen Barriere im Endzustand

<b>B - B'</b>		<b>E - E'</b>	
<b>westl. Seite</b>	<b>östl. Seite</b>	<b>westl. Seite</b>	<b>östl. Seite</b>
TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B	TWB A / TWB B
0,62 / 0,71	0,61 / 0,69	0,62 / 0,71	0,65 / 0,75

Im Ergebnis der Berechnungen werden die Anforderungen an die Gleitsicherheit durchgängig erfüllt.

- **schichtparalleles Abgleiten der Abdeckung**

Schichtparalleles Abgleiten tritt vorrangig bei geschichteten technischen Systemen auf. Schichtgrenzen / -fugen bilden potenzielle Schwächezonen. Bruchfiguren, die sich hier bevorzugt ausbilden, erfassen häufig die gesamte Böschungslänge und bergen somit ein hohes Gefährdungspotenzial. Dabei bildet sich die Bruchfuge in der Systemkomponente mit den geringsten mobilisierbaren Scherkräften aus.

Die Berechnungen zeigen, dass bei Einhaltung der Boden und Materialparameter der Schüttbaustoffe die Ausbildung von Bruchflächen in der Flächendränage und der Dichtschicht wenig wahrscheinlich ist bzw. noch von deutlichen Reserven auszugehen ist.

Die Aufnahme und Übertragung von Scherkräften bei Geokunststoffen hängt wesentlich von produktspezifischen Materialeigenschaften und der Kombination verschiedener Komponenten (Folien, Vliesen usw.) ab, so dass dazu im Allgemeinen eine detaillierte Planung und Bemessung vorzunehmen ist. Daher wird im Rahmen dieser Standsicherheitsuntersuchungen die KDB als eine in sich geschlossene dünne Komponente angenommen, die die an ihrer Ober- und Unterseite angreifenden Scherkräfte übertragen muss. Diese Scherkräfte können sich aus einer Reibungskomponente sowie Kohäsions- / Adhäsionsanteilen ergeben.

Da die reibungsbedingten Scherkräfte unter dränierten Bedingungen kaum Veränderungen unterworfen sind, wird für die Standsicherheitsbetrachtungen ein Mindestreibungswinkel (ohne Ansatz einer Kohäsion) verwendet, der einen Ausnutzungsgrad von  $\mu \approx 1,0$  für das Abscheren an der KDB zulässt.

Andere Parameterkombinationen, die zum gleichen Sicherheitsniveau führen wurden aus Variationsrechnungen ermittelt. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Grafik dargestellt.

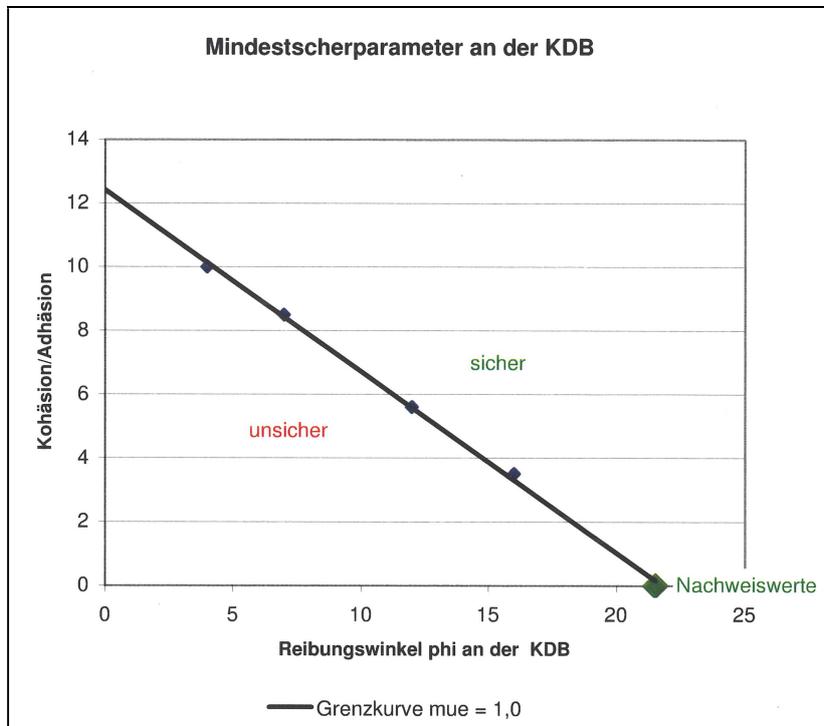


Abbildung 5: Ergebnisse aus Variationsrechnungen, die zum gleichen Sicherheitsniveau führen, entnommen aus [7]

In den geführten Berechnungen wurden die in der vorstehenden Abbildung grün gekennzeichneten Nachweiswerte angesetzt.

In diesem Lastfall wurde sowohl das Abgleiten der Abdeckung im erdfeuchten Zustand als auch das Abgleiten der gesättigten Abdeckung untersucht. Es wird darauf hingewiesen, dass für die Zuordnung der zu betrachtenden Situation zu den Bemessungssituationen der Regelfall der erdfeuchten Abdeckung als BS-P (ständige Situation) und das Abgleiten der gesättigten Abdeckung als BS-T (vorübergehende Situation) eingestuft wurde.

Im Fall der Sättigung der Abdeckung wurde die Berücksichtigung von Porenwasserdrücken bzw. einer Sickerlinie innerhalb der Abdeckung nicht modelliert, da sich derartige hydraulische Bedingungen bei funktionsfähiger Flächendränage nicht ausbilden.

Die Berechnungsergebnisse sind schnittbezogen nachfolgend tabellarisch sowie in den geotechnischen Berechnungsmodellen in den Anlagen 3.1.2 und 3.2.2 grafisch dargestellt.

Tabelle 15: Ausnutzungsgrade  $\mu$  in - für das schichtparallele Abgleiten der Abdeckung

Lastfall	B - B'		E - E'	
	westl. Seite	östl. Seite	westl. Seite	östl. Seite
	TWB A / TWB B			
Abgleiten im erdfeuchten Zustand	0,86 / 0,90	0,84 / 0,87	0,90 / 0,93	0,92 / 0,95
Abgleiten im gesättigten Zustand	0,80	0,78	0,84	0,85

Im Ergebnis der Berechnungen ist festzustellen, dass die Anforderungen an die Gleitsicherheit bei schichtparallelem Abgleiten, unabhängig vom Sättigungsgrad, durchgängig erfüllt werden.

- **Gerätesicherheit**

Nach Abschluss der Herstellung der Abdeckung werden Bewirtschaftungswege auf der Oberfläche angelegt (siehe Anlage 1). Damit kann auf ein Befahren des Deponiekörpers bzw. der Wege durch Unterhaltungsfahrzeuge geschlossen werden. Anhand der Erfahrungen des AN beispielsweise mit abgedeckten Haldenkörpern des ehemaligen Uranbergbaus sowie mit anderen Deponien ist begründet davon auszugehen, dass diese Fahrzeuge ein Dienstgewicht aufweisen, welches deutlich unter dem Dienstgewicht der Fahrzeuge für die Materialanlieferung (LKW mit 40 t Dienstgewicht) liegt.

Wie aus Abschnitt 4.5.2 hervorgeht, liegen für die angesetzten Muldenkipper mit einem Dienstgewicht von 40 t unter Einhaltung eines Vorlandes zur Böschungsschulter von  $v = 2$  m ausreichend sichere Verhältnisse mit Ausnutzungsgraden  $< 1,0$  vor.

Aufgrund dessen kann von ausreichend standsicheren Verhältnisse für die Unterhaltungsfahrzeuge auf den angelegten Bewirtschaftungswegen ausgegangen werden. Ein rechnerischer Nachweis ist nicht erforderlich.

## 4.6 Hinweise und Empfehlungen

Es kann anhand der geologischen Verhältnisse nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass es Bereiche geben wird, in der der Bänderschluft relativ oberflächennah ansteht oder aber die Auflage der Deponie, einschließlich ihres Planums auf dem natürlich anstehenden Bänderschluft errichtet werden muss. Dies gilt beispielsweise für den Geltungsbereich des geologischen Schnittes B - B'.

Im Bänderschluft können Harnischflächen vorhanden sein, die als Gleitflächen wirken und sich durch ihre geotechnischen Eigenschaften (sehr geringe Scherfestigkeit in den Harnischflächen) ungünstig auf die Standsicherheit des Deponiekörpers und / oder Teilen des Körpers auswirken.

Um diese negativen Einflüsse zu unterbinden bzw. zu minimieren, besteht die Möglichkeit des Aufreißens des Bänderschluffes bzw. des Auskofferns selbigen und damit das Unwirksam machen der Harnischflächen.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, eine technisch sehr gute Verzahnung der Kontaktfläche zum Bänderschluft herzustellen, so dass es nicht zur Wirksamkeit der Gleitfläche kommen kann. Die Verzahnung sollte dann mindestens 1,5 m in den Bänderschluft hinein reichen.

## 4.7 Erosionssicherheit

Einen maßgebenden Einfluss auf eine dauerhafte Integrität der Deponie hat neben der Böschungsstandsicherheit auch der Schutz der Abdeckung gegen Erosion.

Außer dem fachgerechten Einbau der Abdeckung ist eine rasche, großflächige Begrünung der Deponie mit geeignetem Bewuchs von besonderer Bedeutung für die Erosionssicherheit.

Es wird darauf hingewiesen, dass auch bei Umsetzung der genannten Vorgaben nicht ausgeschlossen werden kann, dass es infolge von Niederschlägen lokal zu Erosionserscheinungen kommt. Sollte dies der Fall sein, sind umgehend Ausbesserungsarbeiten vorzunehmen.

## **5 Untersuchungen zu Setzung und Verformung**

### **5.1 Aufgabenstellung und Modellverhältnisse**

#### **5.1.1 Aufgabenstellung**

Für die Standsicherheitsuntersuchung sind Setzungsanalysen durchzuführen [1]. Diese betrachten die vertikalen Verformungen aus der Konsolidation des neuen Deponiekörpers. Zwei maßgebende Schnitte werden mit FEM-Modellierung untersucht. Sie entsprechen in ihren Grundlagen und Randbedingungen dem geologischen Längsschnitt 1 - 1' und dem geologischen Querschnitt B - B' aus Anlage 2.

Der Schnitt 1 - 1' ist ca. 1 000 m lang, davon besteht eine Länge von ca. 900 m aus Auffüllungsmaterial. Die Schnittspur verläuft in Nord-Süd-Richtung senkrecht zum Schnitt B - B'.

Die Schnittspur vom Schnitt B - B' verläuft in Ost-West-Richtung und besitzt eine Länge von ca. 600 m, davon ca. 400 m Auffüllung.

In den Berechnungen werden die Setzungen des Auffüllungskörpers und die Verformungen (insbesondere das mögliche Herausdrücken) der geologisch-technischen Barriere (= in den Abbildungen als geol. Barriere bezeichnet) bestimmt.

#### **5.1.2 Programmsoftware**

Die Setzungsanalysen wurden mit FLAC durchgeführt.

FLAC - Fast Lagrange'sche Analyse von Continua - [15] ist eine numerische Modellierungssoftware für erweiterte geotechnische Analyse von Boden, Felsen, Grundwasser und Boden in zwei Dimensionen. FLAC verwendet eine explizite finite Differenz-Formulierung, die komplexes Verhalten modellieren kann, wenn die zu betrachtende Situation z. B. aus mehreren Phasen besteht, große Verschiebungen und Dehnungen aufweist / erleidet, nichtlinearem Materialverhalten folgt oder es sich um instabile Systeme handelt.

Für die Untersuchungen wird das elastisch-plastische Materialmodell mit dem Mohr-Coulomb'schen Bruchkriterium angesetzt.

#### **5.1.3 Modellgeometrie**

Die Modellgeometrie wird auf der Grundlage der Anlage 2.1 für den Längsschnitt 1 - 1' und Anlage 2.3 für Querschnitt B - B' dargestellt. Die Schichtung, die in beiden Modellen gleichartig ist, wird gemäß Tabelle 2 definiert.

Zum Material im Deponieplanum liegen derzeit keine Angaben zu Zusammensetzung und Lagerungsverhältnisse vor. Aus diesem Grund wurden dem Material im Deponieplanum in der Modellierung die gleichen Berechnungsparameter zugewiesen, wie dem eigentlichen Deponat.

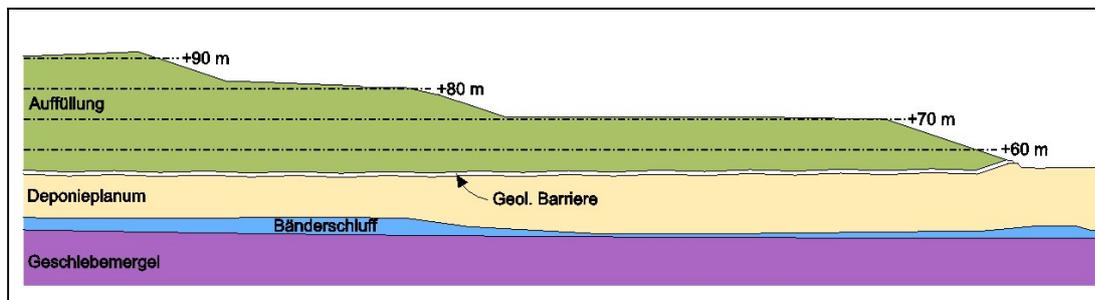


Abbildung 6: Geometrie und untersuchte Niveaus des Schnittes 1 - 1' (Südbereich)

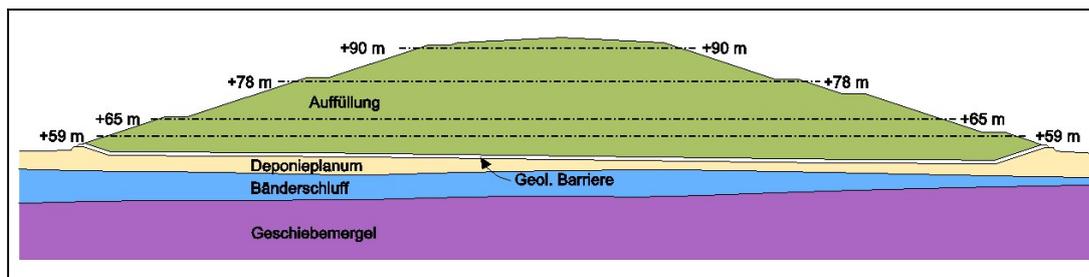


Abbildung 7: Geometrie und untersuchte Niveaus des Schnittes B - B'

Die Berechnungen werden in insgesamt drei Phasen ausgeführt:

**Phase 1:** Darstellung Urgelände (Geschiebemergel und Bänderschluft). Berechnung der Urspannungen im Unterboden und Annullierung die berechnete Verformungswerte.

**Phase 2:** „Aktivierung“ des Deponieplanums = Aufsetzen des Verfüllmaterials auf das Urgelände. Berechnung der Spannungen und Annullierung die berechnete Verformungswerte. In den weiteren Berechnungen erfolgen keine weiteren Verformungen im Planum durch Setzungen des Planums selbst.

**Phase 3:** „Aktivierung“ der geologisch-technischen Barriere und des Auffüllungskörpers (Deponat). Berechnung der Spannungen und Verformungen und deren Auswertung.

Die vertikalen Verformungen des Auffüllkörpers werden auf vier unterschiedlichen Niveaus untersucht (siehe schwarze Strichpunktlinien in den Abbildungen 6 und 7). Diese Niveaus sind +90 m NHN, +80 m NHN, +70 m NHN und +60 m NHN beim Längsschnitt 1 - 1' und +90 m NHN, +78 m NHN, +65 m NHN und +59 m NHN beim Querschnitt B - B'.

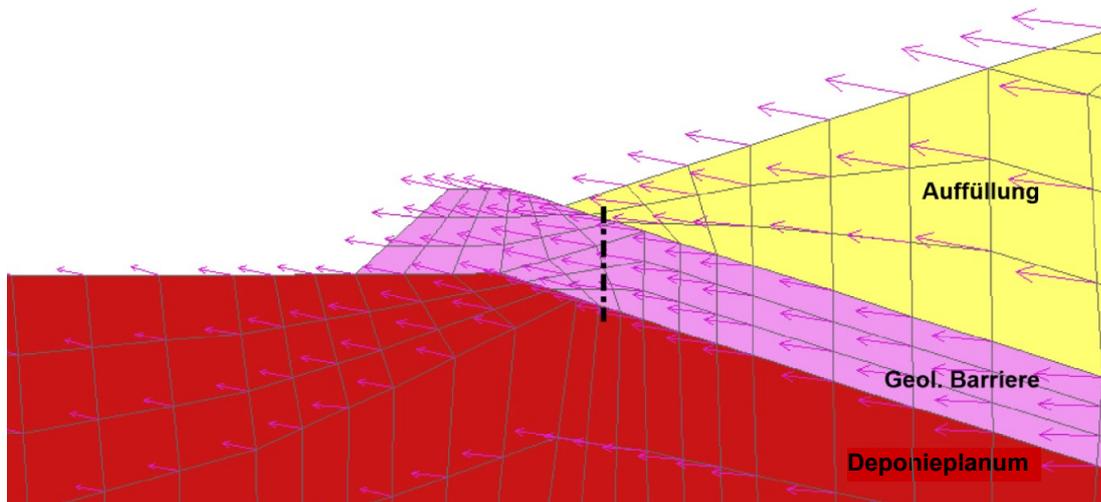


Abbildung 8: Untersuchungsgebiet zum Ausdrücken der geologischen Barriere

Außerdem wird das Herausdrücken der geologisch-technischen Barriere mit Hilfe der Verformungsvektoren überprüft. Die Vektoren zeigen die Richtung und Maßstab der Verformungen und können die Möglichkeit des Ausdrucks prognostizieren. Die horizontalen Verschiebungen werden in einem vertikalen Schnitt bei den Böschungsfüßen untersucht (siehe beispielsweise die schwarze Strichpunktlinie in Abbildung 8).

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Vorbemerkungen

Die Ausführungen zu den Untersuchungsergebnissen werden nachfolgend separat für jeden Schnitt dargestellt.

### 5.2.2 Längsschnitt 1 - 1'

Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 4.1 zusammengefasst.

Die vertikalen Verformungen aus Konsolidation bleiben überall auf dem Auffüll- / Deponiekörper unter 2,0 cm. Der Maximalwert wird auf dem Niveau +90 m NHN mit einer Setzung von ca. 1,6 cm erreicht (siehe Abbildung 3 in Anlage 4.1). Die Setzungen reduzieren sich auf ca. 1,0 cm bis zum Niveau +60 m NHN (Abbildung 6 in Anlage 4.1). Es wird darauf hingewiesen, dass die mit der Herstellung einhergehenden Lastsetzungen bereits während des Betriebs der Deponie ausgeglichen werden und auch abklingen.

Die Diagramme für horizontale Verschiebungen sind linear (Abbildungen 8 und 10 in Anlagen 4.1). Die Verformungsvektoren weisen auf einer Richtung parallel zu den Schichtgrenzen (Abbildungen 7 und 9 in Anlagen 4.1). Die maximalen horizontalen Verformungen liegen unter 0,2 cm, die praktisch als vernachlässigbar bezeichnet werden können.

### **5.2.3 Querschnitt B - B'**

Die Berechnungsergebnisse werden in Anlage 4.2 zusammengefasst.

Die Setzungen besitzen einen rechnerischen Maximalwert von ca. 1,8 cm auf dem Niveau +90 m NHN (siehe Abbildung 3 in Anlage 4.2). Die Setzungsbeträge reduzieren sich bis zur Höhe +59 m NHN auf ca. 1,1 cm (Abbildung 6 in Anlage 4.2).

Die Verformungen der geologisch-technischen Barriere sind genauso gering wie beim Querschnitt 1-1'. Der Maximalwert beträgt ca. 0,15 cm (Abbildungen 8 und 10 in Anlagen 4.2). Die Verformungsvektoren zeigen auch auf Auswärtsrichtung (Abbildungen 7 und 9 in Anlagen 4.2).

### **5.2.4 Bewertung der Ergebnisse**

Im Untersuchungsgebiet wurde durch einer Setzungsanalyse gezeigt, dass die vertikalen Verformungen im Auffüllungskörper aus Konsolidation klein sind. Die rechnerisch ermittelten Maximalwerte liegen unter 2,0 cm, entsprechend Abbildung 2 in den beiden Anlagen 4.1 und 4.2.

Eine Gefährdung der geologisch-technischen Barriere bezüglich eines seitlichen Herausdrückens besteht nicht.

Die maximalen horizontalen Verschiebungen besitzen in den Böschungsfußbereichen vernachlässigbar kleine Werte.

## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Für den sich in der Planungsphase Entwurfs- und Genehmigungsplanung befindliche Bearbeitungsstand wurden erdstatische Berechnungen und Setzungs- sowie Verformungsbetrachtungen geführt.

In Auswertung der dargestellten Berechnungsergebnissen ist nachgewiesen, dass der Ausnutzungsgrad von 1,0 für die untersuchten und relevanten Versagensmechanismen nicht überschritten wird und somit standsichere Verhältnisse vorliegen.

Die ermittelten Setzungen und Verformungen liegen innerhalb der für das Bauwerk und seine Abdeckung verträglichem Maß. Die Setzungsbeträge sind für die Herstellung der Oberfläche des Deponiekörpers, der Abdeckung und auch der Gräben für die Oberflächenentwässerung zu berücksichtigen.

Für den Bau und Betrieb der Deponie können herkömmliche Bau- und Betriebsmechanismen eingesetzt werden, ohne dass standsicherheitlich gefährliche Betriebszustände zu erwarten sind. Mechanismen, die mit erheblichem Lasteintrag (über die untersuchten Lastgrößen hinaus) an Böschungen verbunden sind (z. B. ggf. eingesetzte dynamisch verdichtenden Walzenzüge), sind vor ihrem Einsatz hinsichtlich ihrer standsicherheitlichen Auswirkungen zu überprüfen.

Sollten Erdstoffe verwendet werden, für die die zugrundeliegenden Ansätze nicht zutreffen, sind deren bodenmechanische Berechnungskennwerte festzustellen und mit den Berechnungsansätzen zu vergleichen.

Für das Zusammenwirken der Geokunststoffe und Erd- / Baustoffe an Kontaktflächen sind nach deren Festlegung die verwendeten Scherparameter gemäß dem Stand der Technik nachzuweisen.

Die den Berechnungen zugrunde gelegten Materialkennwerte sind als Mindestwerte zu verstehen, die durch qualitätssichernde Maßnahmen bei Bau und ein geeignetes Betriebs- und Einbauregime in der Betriebsphase abzusichern sind.

Zur Gewährleistung der erforderlichen Materialeigenschaften sollte im Rahmen der Eingangskontrolle auch die geotechnischen Eigenschaften der zu deponierenden Schüttmaterialien überwacht werden.

Durch die Einlagerungstechnologie ist sicherzustellen, dass in böschungsnahen Bereichen eine weitgehende Homogenisierung durch Einlagerung gleichartiger und geeigneter Erdstoffe erzielt wird.

Zur Problematik der eventuell auftretenden Harnischflächen im Bänderschlufl wurden im Abschnitt 4.6 entsprechende Hinweise und Empfehlungen benannt.