



Landeshauptstadt Magdeburg
Eigenbetrieb
Städtischer Abfallwirtschaftsbetrieb

**Deponie Hängelsberge, Magdeburg
Deponierweiterung nach DK II**

**Geotechnische Bewertung
Erdstoffe Bodenlager und Aushub**

Projekt-Nr.: **248783**

Erstellt im Auftrag von:
**Landeshauptstadt Magdeburg
Eigenbetrieb
Städtischer Abfallwirtschaftsbetrieb
Sternstraße 13
39104 Magdeburg**

Dipl.-Ing. Grit Renker, M. Sc. Martin Lehmann

2021-12-20

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG.....	5
2	UNTERLAGEN	6
3	GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE UND BAUGRUNDSCHICHTUNG.....	8
3.1	Allgemeine Verhältnisse am Standort.....	8
3.2	Verhältnisse in den Abtragsbereichen	9
3.2.1	Schichteinteilung und -charakteristik	9
3.2.2	Verbreitung der Schichten	11
4	AUSHUBVOLUMINA UND ANFALLZEITPUNKT	13
5	VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN DES BODENAUSHUBS	16
5.1	Baustoff für die geologische Barriere und für den Bau von Basis- und Oberflächenabdichtungen von Deponien.....	16
5.2	Baustoff für Dränageschichten von Deponien.....	22
5.3	Baustoff für Rekultivierungsschichten von Deponien	24
5.1	Baustoff für Ausgleichs- und Profilierungsschichten	31
5.2	Sonstige Einsatzmöglichkeiten	32
6	ZUSAMMENFASSUNG	34

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 4.1	Konzept für die Gestaltung der Deponiebasis der Erweiterungsfläche 13
Abbildung 5.1	Abschätzung der nutzbaren Feldkapazität nFK und der Luftkapazität LK anhand der Kornverteilungen gemäß [U10]..... 27

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 3.1	Schichten im Aushubbereich für die Erweiterungsfläche 9
Tabelle 3.2	schnittbezogene Verbreitung vom Aushub betroffener Schichten 11
Tabelle 4.1	Kennzahlen von Aushubmenge und Anfallzeitpunkt..... 14
Tabelle 4.2	Abschätzung der Aushubvolumina der einzelnen Schichten 15
Tabelle 5.1	Anforderungen an feinkörnige natürliche mineralische Abdichtungskomponenten für die geologische Barriere..... 16
Tabelle 5.2	Anforderungen an feinkörnige natürliche mineralische Abdichtungskomponenten für die Deponiebasis- und - Oberflächenabdichtungen 17
Tabelle 5.3	Eigenschaften der Schicht S2.2 (sandige Schluffe/Tone) 18
Tabelle 5.4	Eigenschaften der Schicht S3.1 (Schluff, sandig) 19
Tabelle 5.5	Eigenschaften der Schicht S3.3 (Geschiebemergel) 20
Tabelle 5.6	Anforderungen an Dränageschichten von Deponiebasis- und - Oberflächenabdichtungen 22
Tabelle 5.7	Anforderungen an Rekultivierungsschichten auf Deponien 24
Tabelle 5.8	Materialien für die Rekultivierungsschicht - Abschätzung des TOC..... 25
Tabelle 5.9	Laborergebnisse nFK, LAGA, DepV..... 26
Tabelle 5.10	Eignungsprüfung Ausgleichs-/Tragschicht Oberflächenabdichtung nach Feinkornanteil 32
Tabelle 6.1	Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse..... 34

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Übersichtslageplan, M 1 : 10.000

Anlage 1.2 Lageplan mit Baugrundaufschlüssen und Schnittspuren, M 1: 1.000

Anlage 2 Ausgewählte geotechnische Schnitte

Anlage 2.1 geotechnischer Schnitt SN3 (Nord- Süd)

Anlage 2.2 geotechnischer Schnitt OW3 (Ost-West)

Anlage 3 Kornbänder der zu verwertenden Bodenschichten

Anlage 3.1 Schicht S1.2 – Auffüllung

Anlage 3.2 Schicht S2.1 – Löss, Feinsand

Anlage 3.3 Schicht S2.2 – sandige Tone/ Schluffe

Anlage 3.4 Schicht S2.3 – Sand schluffig

Anlage 3.5 Schicht S3.1 – Schluff sandig

Anlage 3.6 Schicht S3.2 – Sand

Anlage 3.7 Schicht S3.3 – Geschiebemergel

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1 Laborprotokolle

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Das Entsorgungszentrum Hängelsberge wird vom Städtischen Abfallwirtschaftsbetrieb (SAB), einem Eigenbetrieb der Stadt Magdeburg, betrieben. In der Deponie der Deponieklasse (DK) II werden Abfälle aus privaten Haushaltungen und Abfälle zur Beseitigung aus anderen Herkunftsbereichen eingebaut, die nicht zur weiteren Verwertung geeignet sind. Der überwiegende Teil des Abfalls stammt aus der Stadt Magdeburg.

Die aktuellen Einlagerungskapazitäten sind mittelfristig erschöpft. Um die Entsorgungssicherheit zu gewährleisten, wird eine Erweiterung der Ablagerungsfläche nach DK II angestrebt.

Das Planungskonzept für die Erweiterung der Deponie Hängelsberge sieht einen stufenweisen Ausbau in 4 Phasen auf einer Gesamtfläche von ca. 10,8 ha vor, siehe Anlage 1.1. Auf der dafür vorgesehenen Fläche wird zurzeit Bodenaushub aus den vorangegangenen Deponieabschnitten gelagert (Bodenlager). Zudem sieht das Konzept eine Absenkung der Deponiebasis unter das bestehende Gelände vor. Das Gesamtaushubvolumen wird sich auf ca. 1,25 Mio. m³ belaufen.

Die Ablagerungen auf dem Bodenlager und die anfallenden Aushubmassen durch Einschnitt der Deponiebasis in den Untergrund sind als natürlich gewachsene, aber teilweise umgelagerte Erdstoffe zu bewerten und sollen zur Ressourcenschonung einer möglichst sinnvollen und nachhaltigen Verwertung zugeführt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden bereits im Rahmen der geotechnischen Erkundung der Erweiterungsfläche die Aushubmassen hinsichtlich ihrer bodenmechanischen und chemischen Eignung für die geplante Deponieerweiterung und vergleichbare Maßnahmen Dritter untersucht. Die Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst.

2 UNTERLAGEN

- [U1] Deponieverordnung-DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager vom April 2009, zuletzt geändert im September 2017
- [U2] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 1-0 „Technische Maßnahmen betreffend die geologische Barriere“ vom 04.12.2014, veröffentlicht am 20.03.2015
- [U3] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-0 „Mineralische Basisabdichtungskomponenten – übergreifende Anforderungen“ vom 04.12.2014, veröffentlicht am 20.03.2015
- [U4] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-1 „Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus natürlichen mineralischen Baustoffen“ vom 30.11.2017, veröffentlicht am 20.04.2018
- [U5] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-0 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten – Übergreifende Anforderungen“ vom 04.12.2014, veröffentlicht am 20.03.2015
- [U6] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-1 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus natürlichen mineralischen Baustoffen“ vom 30.11.2017, veröffentlicht am 20.04.2018
- [U7] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 3-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Basisabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020, veröffentlicht am 15.03.2021
- [U8] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 4-1 „Trag- und Ausgleichsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 04.12.2014, veröffentlicht am 20.03.2015
- [U9] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 6-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Oberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020, veröffentlicht am 15.03.2021
- [U10] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020, veröffentlicht am 15.03.2021
- [U11] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 „Methanoxidationsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020, veröffentlicht am 15.03.2021
- [U12] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-4a „Technische Funktionsschichten – Photovoltaik auf Deponien“ vom 07.07.2015, veröffentlicht am 18.04.2016
- [U13] Gemeinsames Merkblatt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) und des Landesamtes für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV):

Mineralische Deponieabdichtungen, LfU-Deponie-Info – Merkblatt 1, LANUV-Arbeitsblatt 6; Augsburg/Recklinghausen 2009

- [U14] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2015): Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme, Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung, LANUV Arbeitsblatt 13; dritte aktualisierte Neuauflage Recklinghausen 2015
- [U15] Brandenburgische Technische Universität btu Cottbus/Senftenberg, Lehrstuhl Bodenschutz und Rekultivierung: Skript Bodenkundliches Laborpraktikum. Wintersemester 2019
- [U16] DIN 19667: Dränung von Deponien – Planung, Bauausführung und Betrieb, Stand 08/2015
- [U17] Empfehlungen des Arbeitskreises 6.1 – Geotechnik der Deponiebauwerke (GDA-Empfehlungen) der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, Stand 2020

3 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE UND BAUGRUNDSCHICHTUNG

3.1 Allgemeine Verhältnisse am Standort

Die geologischen Standortverhältnisse sind vor allem von quartären Bildungen geprägt. Die pleistozänen Schichten wurden durch den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten teilweise stark überprägt. Da auf der geplanten Erweiterungsfläche ein Bodenlager angelegt wurde, werden die natürlich gewachsenen Schichten bereichsweise durch umgelagertes Bodenmaterial überdeckt.

An der Geländeoberfläche wurde dementsprechend vor allem anthropogenes, d.h. umgelagertes Material erkundet (Auffüllungsmaterial). Die Mächtigkeit schwankt bereichsweise, ist aber i.A. im zentralen Teil der Erweiterungsfläche am größten und erreicht eine maximale erkundete Mächtigkeit von etwa 6 m.

Es ist davon auszugehen, dass der Bewuchs und der Oberboden vor der Anlage des Bodenlagers abgetragen wurden, da nur vereinzelt Pflanzenreste und humushaltige Schichten angetroffen wurden.

Im Liegenden dieser Auffüllung wurden vereinzelt holozäne (Mutterboden, Schwemmlöß), im Wesentlichen aber weichselzeitliche Schichten (Löß, Sande in Wechsellagerung mit Tonen und Schluffen) erkundet. Der Aufbau dieses stratigraphischen Abschnitts ist sehr heterogen, was vermutlich in wechselnden Ablagerungsbedingungen während der Weichseleiszeit begründet ist. Sande, die stark schluffig bzw. tonig ausgebildet sein können, bilden hier den Grundwasserleiter (GWL) 2, an dem jedoch lokal auch saalezeitliche Nachschüttungsanteile haben. Eine Klassifizierung der Schicht als Grundwasserleiter trifft nicht durchgehend zu, da das Material aufgrund seines hohen feinkörnigen Anteils zum Teil eher die Charakteristik eines Grundwassergeringleiters (GWGL) besitzt.

Die Grenze zwischen weichsel- und saalezeitlichem Ablagerungsregime ist unsicher. Die Hangendbereiche des saalezeitlichen Stratigraphiebereichs werden durch einen teilweise von Ton- und Schlufflagen begleiteten Geschiebemergel dominiert. Der Geschiebemergel enthält Zwischenlagen aus Sanden und bindigem Material und besitzt variable Mächtigkeiten von 2...> 10 m. Die Oberfläche dieses Geschiebemergels wurde im Niveau von etwa 96...106 m NHN erkundet. Im Gegensatz dazu ist seine Liegendgrenze im Niveau von 93...97 m NHN nahezu sählig-eben ausgebildet. Auf diesen Geschiebemergel folgt der GWL 3, der aus saalezeitlichen Schmelzwassersanden und -kiesen gebildet wird, die i. A. eine gradierte Schichtung von Fein-/ Mittelsanden im Hangenden zu Grobsanden und Kiesen im Liegenden aufweisen. Er weist eine relativ gleichbleibende Mächtigkeit von etwa 14...16 m auf.

Der Liegendstauer des GWL 3 wird von einem elsterzeitlichen Geschiebemergel gebildet und eine Mächtigkeit von etwa 10...14 m aufweist. Dieser Geschiebemergel bildet gleichzeitig die Grenze des Quartärs im Bearbeitungsgebiet. Im Liegenden dieser Schicht folgen die

regionaltypischen oligozänen Rupelbasissande (Grünsand, Magdeburger Sande), die hier als Lockergestein anstehen. Auffällig bei diesen stark schluffigen Feinsanden ist die dunkelgrüne, teilweise fast schwarze Farbe. Diese Schicht ist mit etwa 0,7...1,4 m nur geringmächtig ausgebildet. Die tiefste erkundete Schicht ist prätertiäres, triassisches Festgestein. Es wurde in einer Teufe von 65...68 m NHN angetroffen.

Das Grundwasser ist bei ca. 87 m NHN (GWL 3) zu erwarten.

3.2 Verhältnisse in den Abtragsbereichen

3.2.1 Schichteinteilung und -charakteristik

Die für die Beurteilung der Schichten herangezogenen Aufschlüsse sind in Anlage 1.2 dargestellt. Insgesamt wurden 10 geotechnische Schnitte erstellt und die einzelnen Bodenschichten anhand von Bodenansprachen und bodenphysikalischen Laboruntersuchungen beurteilt. Der angetroffene Schichtverlauf kann exemplarisch den repräsentativen geotechnischen Schnitten OW 3 und SN 3 entnommen werden, siehe Anlage 2. Das geplante Aushubniveau entspricht der in den geotechnischen Schnitten angegebenen Unterkante der geologischen Barriere.

Die nachfolgende in Tabelle 3.1 fasst die geplanten Bodenaushub für die Deponieerweiterung betroffenen Bodenschichten zusammen.

Tabelle 3.1 Schichten im Aushubbereich für die Erweiterungsfläche

Schichtnummer	Kurzbezeichnung	Charakteristik
S1.1	Mutterboden	stark durchwurzelt, humoses Material
S1.2	Auffüllung	umgelagertes Bodenmaterial (Bodenlager), bindiges und rolliges Material, teilweise kleinräumig variierend (heterogen zusammengesetzt)
S2.1	Löss, Feinsand	Schluffe, Feinsande, teilweise mit tonigen Zwischenlagen, kalkhaltig
S2.2	sandige Tone/ Schluffe	bindiges Material mit variablem Anteil rolligen Materials
S2.3	Sand, schluffig	Sande mit variierendem Anteil bindigen Materials (Schluff)
S3.1	Schluff, sandig	Schluffe, teilweise tonig, mit variierendem Anteil rolligen Materials
S3.2	Sand	Sande feiner bis grober Körnung, teilweise mit kiesigen Beimengungen, teilweise schwach schluffig
S3.3	Geschiebemergel	Schluffe und Tone, sandig, kiesig, meist kalkhaltig

Die Schicht S1.1 wird von Mutterboden gebildet. Hierbei handelt es sich im Bearbeitungsgebiet größtenteils um durch Bodenbildungsprozesse umgewandeltes holozänes Material, meist Schwemmlöss. Die Bodenschicht ist stark durchwurzelt und weist einen hohen Anteil an organischem Material auf (Wurzel, Pflanzenreste etc.).

Die Schicht 1.2 besteht aus umgelagertem Aushubmaterial aus den Erschließungsarbeiten für die bestehenden Deponiekörper. Sie umfasst im Wesentlichen das auf der Erweiterungsfläche angelegte Bodenlager aus den Aushubmassen vorangegangener Baumaßnahmen. Das Material kann in seiner Gesamtheit als heterogen bezeichnet werden. Es finden sich Bereiche mit eher bindigem Auffüllungsmaterial. In anderen Bereichen des Bodenlagers fällt das Material eher rollig aus. Der Schichtwechsel zwischen den verschiedenen Materialien kann recht kleinskalig sein und im cm-Bereich schwanken. Durch seine Genese ist das Auffüllungsmaterial in den Kernbohrungen teilweise nur schwer vom unterlagernden gewachsenen Material zu unterscheiden, besonders, wenn vor Auftrag der Auffüllung der Oberboden abgetragen wurde.

Die Schicht 2.1 beinhaltet weichselzeitliche Ablagerungen. Vor allem ist hier der Löss zu nennen der charakteristisch für die Magdeburger Börde und das Harzvorland ist. Dabei handelt es sich um meist kalkhaltige Schluffe, die während der Eiszeit äolisch transportiert und abgelagert wurden. Durch ihre besondere Bodenstruktur sind sie i. A. sehr fruchtbar. Ebenfalls in dieser Schicht enthalten sind Feinsande, die ebenfalls äolisch transportiert wurden (Dünensande) in Wechselagerung mit Tonen und Schluffen.

Die Schicht S2.2 wird aus bindigem Material (Schluffe und Tone) gebildet, die einen variablen Anteil rolligen Materials, vor allem Fein- und Mittelsand, vereinzelt auch gröbere Körnungen, aufweisen. Werden sie direkt von saalezeitlichem Geschiebemergel (S3.3) unterlagert, ist eine stratigraphische Trennung der Schichten teilweise schwierig.

Die Schicht 2.3 sind Sande, vor allem Mittelsande, teilweise stark feinsandig, teilweise mit grobsandigen Anteilen. Sie weisen einen variablen schluffigen Anteil auf, sind aber i. A. eher schwach schluffig ausgebildet.

Die Schicht 3.1 ist ein saalezeitlicher sandiger Schluff bzw. Ton (lokal). Er ist nicht im gesamten Bearbeitungsgebiet verbreitet, siehe Tabelle 3.2. Seine rolligen Anteile umfassen das Spektrum Feinsand bis Feinkies.

In Schicht 3.2 sind schwach schluffige bis reine Sande, vor allen Fein- und Mittelsande zusammengefasst, die im Bearbeitungsgebiet im Wesentlichen den Grundwasserleiter GWL 2 bilden.

Die Schicht 3.3 ist der saalezeitliche Geschiebemergel. Dabei handelt es sich um Schluff bzw. Ton mit einem breiten Spektrum rolliger Bestandteile, die von Feinsand bis Grobkies, teilweise auch Steinen reichen. Er wurde in den Bohrungen zumeist nahezu trocken und sehr fest erkundet.

Die Schichten im Liegenden der Schicht S3.3 (saalezeitlicher Geschiebemergel) werden mit der geplanten Aushubtiefe nicht erreicht und sind damit für eine Verwertung nicht relevant.

3.2.2 Verbreitung der Schichten

Die laterale Verbreitung der auszuhebenden Schichten in der Erweiterungsfläche variiert. Nicht alle Schichten sind über die gesamte Fläche verbreitet. In Tabelle 3.2 ist die Schichtverbreitung schnittbezogen zusammengefasst.

Tabelle 3.2 schnittbezogene Verbreitung vom Aushub betroffener Schichten

Schnitt	betroffene Schichten							
	S1.1	S1.2	S2.1	S2.2	S2.3	S3.1	S3.2	S3.3
	Mutterboden	Auffüllung	Löss, Feinsand	Ton/Schluff, sandig	Sand, schluffig	Schluff, sandig	Sand	Geschiebemergel
OW1		✓	✓	✓		✓	✓	✓
OW2		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
OW3		✓	✓	✓	✓		✓	✓
OW4		✓	✓	✓	✓		✓	✓
OW5	Schnitt OW5 liegt außerhalb des Aushubbereichs							
SN1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SN2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SN3		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SN4		✓	✓	✓	✓		✓	✓
SN5	Schnitt OW5 liegt außerhalb des Aushubbereichs							

Mutterboden wurde nur lokal in einem Schnitt erfasst. Sein Anteil am Gesamtaushub ist vernachlässigbar.

Die Schichten S1.2 (Auffüllung), S2.1 (Löss und Feinsand), S2.2 (sandiger Ton und Schluff), S2.3 (schluffiger Sand), S3.2 (Sand) und S3.3 (saalezeitlicher Geschiebemergel) wurden flächendeckend aufgeschlossen. Sie weisen i. A. variierende Mächtigkeiten über ihre laterale Verbreitung auf.

Die Schicht S3.1 (saalezeitlicher sandiger Schluff) wurde im nordwestlichen Bereich der Erweiterungsfläche erkundet und weist eine abnehmende Mächtigkeit bis zum Auskeilen der Schicht Richtung Osten und Süden auf.

Der GWL 2 ist im Bearbeitungsgebiet nur sporadisch wasserführend. Während der Ausführung der Erkundungsarbeiten wurde nur in einzelnen Bohrungen Schichtenwasser oberhalb des Saale-Geschiebemergels (Schicht 3.3) angetroffen.

Die Aushubsole liegt damit durchgängig oberhalb des Grundwasserspiegels des ständig wasserführenden GWL 3. Es kann von der Gewinnung erdfeuchten Bodenmaterials ausgegangen werden. Zuflüsse von Schichtenwasser, insbesondere aus dem GWL 2, in den Aushubbereich sind grundsätzlich möglich.

4 AUSHUBVOLUMINA UND ANFALLZEITPUNKT

Die geplante Erweiterungsfläche wird in 3 Bauabschnitte untergliedert, die als Deponieabschnitte DA3 bis DA5 bezeichnet werden. Der Deponieabschnitt DA4 kann in 2 Unterabschnitte DA 4-1 und DA 4-2 unterteilt werden, siehe Abbildung 4.1.

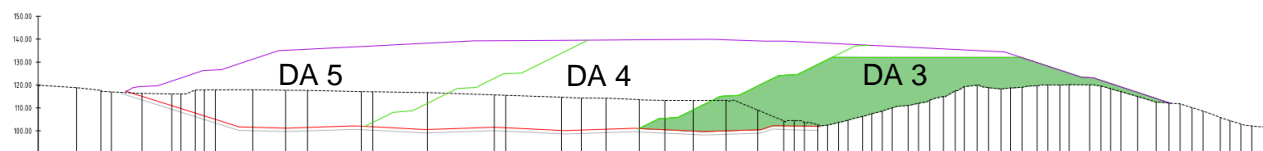
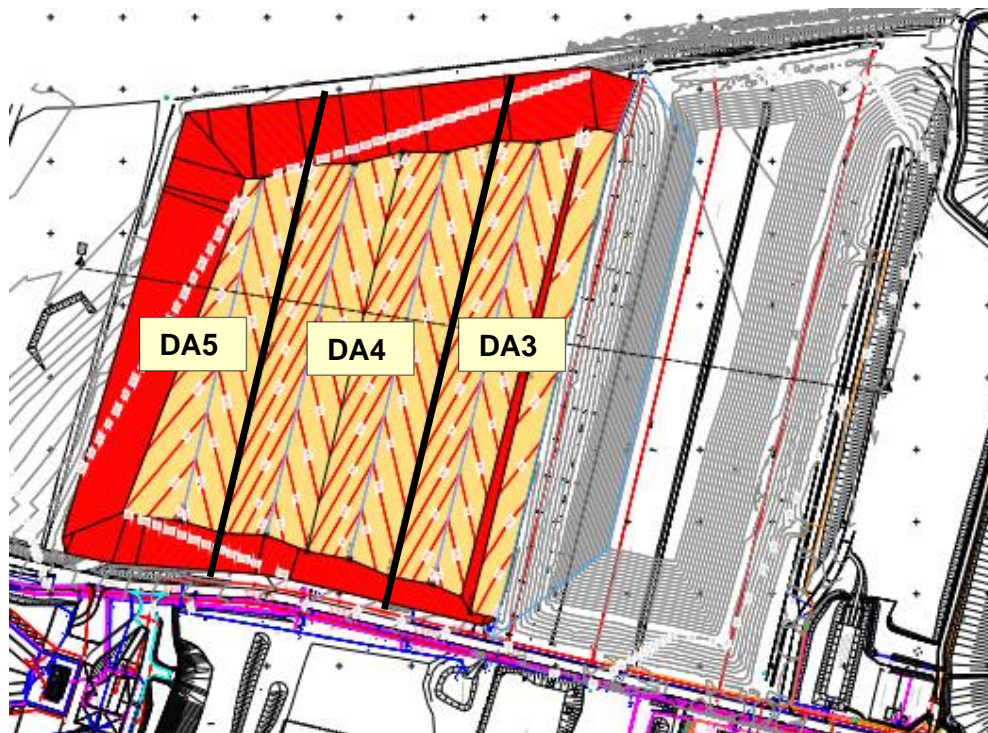


Abbildung 4.1 Konzept für die Gestaltung der Deponiebasis der Erweiterungsfläche

Die Errichtung der Deponieabschnitte erfolgt zeitlich gestaffelt in mehreren Phasen. Der Anfall der Aushubmassen wird auf der Grundlage der vorliegenden Vorplanung wie folgt abgeschätzt, siehe Tabelle 4.1. Nach derzeitigem Stand der Abstimmungen wird davon ausgegangen, dass die Aushubmassen aus dem DA3 auf die Abschnitte DA4-2 und DA5 umgelagert werden und eine Verwertung erst mit dem Bodenaushub für diese Bauabschnitte beginnt.

Für den zeitlichen Anfall des Aushubs wird die Annahme getroffen, dass der Massenabtrag über den Zeitraum von 2 Jahren verläuft und 1 Jahr vor Beginn der Abfallablagerung im betreffenden Deponieabschnitt abgeschlossen ist.

Tabelle 4.1 Kennzahlen von Aushubmenge und Anfallzeitpunkt

		DA3	DA4-1	DA4-2	DA5	Gesamt
Dichtungsfläche Basis	m ²	32.000	21.500	21.100	31.000	105.600
Aushubvol., berechnet	m ³	396.540	294.040	294.270	258.530	1.243.380
Aushubvolumen, gerundet	m³	400.000¹	296.000	295.000	259.000	1.250.000
Verwertungsvol., gerundet	m³	0	296.000	495.000	459.000	1.250.000
Beginn Ablagerung		2024	2038	2049	2058	---
Verwertung Aushub, (Annahme Ende: 1 Jahr vor Beginn der Ablagerung)		2023²	2035-2036	2046-2047	2055-2056	---

Auf der Grundlage der geotechnischen Erkundung wurden die Baugrundsichten in Homogenbereiche mit vergleichbaren bodenmechanischen Eigenschaften eingeteilt. Die Mengen zur Verwertung aus Tabelle 4.1 untergliedern sich in folgende Teilvolumina.

¹ Umlagerung auf die Flächen der DA4-2 und DA5 geplant, Annahme einer Verwertung von je 200.000 m³ vor Errichtung des betreffenden Deponieabschnittes

² Vorzug von Teilmengen des Aushubs zur Verwertung möglich

Tabelle 4.2 Abschätzung der Aushubvolumina der einzelnen Schichten

		DA3	DA4-1	DA4-2	DA5	Gesamt
Aushubvolumen, gerundet	m ³	400.000 ¹	296.000	295.000	259.000	1.249.000
Verwertungsvol., gerundet	m³	0	296.000	495.000	459.000	1.249.000
davon anteilig						
Schicht S1.1, gerundet	m ³	1.550 ³	0	0	0	1.550
Schicht S1.2, gerundet	m ³	81.870 ⁴	48.280	79.960	28.910	239.020
Schicht S2.1, gerundet	m ³	74.170 ³	41.060	31.300	37.940	184.470
Schicht S2.2, gerundet	m ³	82.920 ³	94.560	91.800	85.440	354.710
Schicht S2.3, gerundet	m ³	34.900 ³	17.500	32.930	67.310	152.650
Schicht S3.1, gerundet	m ³	45.720 ³	22.120	6.090	0	73.920
Schicht S3.2, gerundet	m ³	2.000	11.050	21.340	8.940	43.320
Schicht S3.3, gerundet	m ³	76.870	61.440	31.580	30.480	200.360

³ vorgezogene Verwertung bzw. Separierung bei Umlagerung auf DA4-2 und DA5

⁴ vorgezogene Verwertung bzw. Separierung bei Umlagerung auf DA4-2 und DA5

5 VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN DES BODENAUSHUBS

5.1 Baustoff für die geologische Barriere und für den Bau von Basis- und Oberflächenabdichtungen von Deponien

Die Anforderungen an die Abdichtungssysteme von Deponien sind in der Deponieverordnung (DepV) [U1] und den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) [U2] bis [U6] geregelt.

Zur Konkretisierung der Anforderungen an zu verdichtende Deponieabdichtungskomponenten aus natürlichen, mineralischen Materialien wurde von dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) gemeinsam mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) ein Arbeitsblatt herausgegeben [U13].

Empfehlungen zum Schadstoffrückhaltevermögen der geologischen Barriere sind dem LANUV-Arbeitsblatt 13 [U14] zu entnehmen.

Die aktuellen Anforderungen gemäß DepV [U1] in Verbindung mit den BQS [U2] bis [U6] und dem LANUV-Arbeitsblatt 6 [U13] an feinkörnige Abdichtungsmaterialien aus natürlichen mineralischen Baustoffen sind in der nachfolgenden Tabelle 5.1 aufgeführt.

Die Anforderungen aus BQS 2-0 [U3] und 2-1 [U4] sind grundsätzlich auch für die geologische Barriere anzuwenden, sofern keine anderen Vorgaben aus der DepV [U1] oder dem BQS 1-0 [U2] vorliegen.

Tabelle 5.1 Anforderungen an feinkörnige natürliche mineralische Abdichtungskomponenten für die geologische Barriere

Parameter	Einheit	Quelle	Geologische Barriere		
			DK0	DKI bis II	DK III
Schichtstärke d	m	[U1]	≥ 1,00	≥ 1,00	≥ 5,00
Wasserdurchlässigkeit k_f	m/s	[U1]	≤ 1E-07	≤ 1E-09	≤ 1E-09
Tongehalt $d < 0,002$ mm (Empfehlung)	%	[U13], [U14]	≥ 5	≥ 20	≥ 20
Aggregatgröße	mm	[U4]	≤ 32	≤ 32	≤ 32
Kalkgehalt V_{Ca}	Masse %	[U4]	≤ 15	≤ 15	≤ 15
org. Bestandteile V_{GI}	Masse %	[U4]	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Schadstoffrückhaltevermögen, Gesamttongehalt GT (Empfehlung)	kg/m ²	[U14]	≥ 65	≥ 260	≥ 1.300
Einbauwassergehalt		[U4]	W ~ W _{Pr}	W ~ W _{Pr}	W ~ W _{Pr}
Verdichtungsgrad D_{Pr}	%	[U4]	≥ 95	≥ 95	≥ 95

Tabelle 5.2 Anforderungen an feinkörnige natürliche mineralische Abdichtungskomponenten für die Deponiebasis- und -Oberflächenabdichtungen

Parameter	Einheit	Quelle	Mineralische	Mineralische	
			Basisabdichtung	Oberflächenabdichtung	
			DK0 bis DKIII	DK0 bis DKII	DKIII
Schichtstärke d	m	[U1]	≥ 0,50	≥ 0,50	≥ 0,50
Wasserdurchlässigkeit k_f	m/s	[U1]	≤ 5E-10	≤ 5E-09	≤ 5E-10
Tongehalt d < 0,002 mm	%	[U13], [U14]	≥ 20	---	---
Aggregatgröße	mm	[U4], [U6]	≤ 32	≤ 32	≤ 32
Kalkgehalt V_{Ca}	Masse %	[U4], [U6]	≤ 15	≤ 30	≤ 30
org. Bestandteile V_{GI}	Masse %	[U4], [U6]	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Tonmineralgehalt	Masse %	[U13]	≥ 10	---	---
Einbauwassergehalt		[U4], [U6]	W ~ W_{Pr}	W ~ W_{Pr}	W ~ W_{Pr}
Verdichtungsgrad D_{Pr}	%	[U4], [U6]	≥ 95	≥ 95	≥ 95

Als feinkörniges Material für technologisch hergestellte Abdichtungskomponenten wurden drei Schichten der Prüfung unterzogen, die bei der Bohrkernansprache aufgrund ihrer visuellen und haptischen Eigenschaften als potenziell geeignet erschienen. Dabei handelt es sich um:

- Schicht S2.2 – sandige Schluffe/ Tone,
- Schicht S3.1 – Schluff, sandig und
- Schicht S3.3 – Geschiebemergel (Saalekaltzeit).

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen, anhand derer eine Eignung als Abdichtungskomponente im Deponiebau geprüft werden kann, sind in mit ihrer Bandbreite und dem arithmetischen Mittelwert in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt.

Bei nicht vorhandenen Laboruntersuchungen an ungestörten Proben zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes wurde dieser aus der Kornverteilung abgeleitet. Dazu kamen vergleichend die gängigen Verfahren nach USBR (U.S. Bureau of soil classification), KAUBISCH und MALLETT/PAQUANT zur Anwendung.

Schicht S2.2 – sandige Schluffe/Tone:

Tabelle 5.3 Eigenschaften der Schicht S2.2 (sandige Schluffe/Tone)

S2.2					
Parameter	Einheit	Proben- anzahl	Ergebnisse		
			min	max	mittel
Wasserdurchlässigkeit: (Ableitung aus der Kornver- teilungskurve)	m/s	7 Proben	4,0E-11	3,4E-07	3,9E-08
Tongehalt d < 0,002 mm	%	6 Proben	11	64	27,5
Aggregatgröße (Anteil > 32 mm)	%	7 Proben	keine Kornanteile > 32 mm enthalten		
Kalkgehalt:	Masse-%	3 Proben	6,01	11,50	8,60
organische Bestandteile (Glühverlust) [%]	Masse-%	2 Proben	2,5	3,86	3,18
Tonmineralgehalt	Masse-%	-	<i>nicht geprüft-</i>		
Reibungswinkel ϕ'	°	-	<i>nicht geprüft</i>		
Kohäsion c'	kN/m ²	-	<i>nicht geprüft</i>		
Deklarationsanalytik nach LAGA und DepV	-	1 Probe	Z0		

Nach Abgleich der für die Schicht S2.2 ermittelten Parameter mit den Anforderungen für feinkörnige mineralische Dichtungsschichten in Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2 wird eingeschätzt, dass eine grundsätzliche Eignung für den Einsatz als Baustoff für:

- eine geologische Barriere der Deponieklasse DK 0 nach DepV

gegeben ist.

Bei einer Lagerung ist das Material vor Austrocknung bzw. Vernässung zu schützen. Zur Homogenisierung und Einhaltung der Forderungen nach einer Aggregatgröße < 32 mm kann vor einem Wiedereinbau das Fräsen des Materials und die Einstellung des Wassergehaltes auf den optimalen Wassergehalt w_{Pr} erforderlich werden.

Schicht S3.1 – Schluff sandig:

Tabelle 5.4 Eigenschaften der Schicht S3.1 (Schluff, sandig)

S3.1					
Parameter	Einheit	Proben- anzahl	Ergebnisse		
			min	max	mittel
Wasserdurchlässigkeit: <i>(Ableitung aus der Kornver- teilungskurve)</i>	m/s	3 Proben	2,1E-09	5,7E-06	2,0E-06
Tongehalt d < 0,002 mm	%	2 Proben	9,1	22,6	15,9
Aggregatgröße: > 32 mm	%	3 Proben	keine Kornanteile > 32 mm enthalten		
Kalkgehalt:	Masse-%	2 Proben	4,6	13,4	9
organische Bestandteile (Glühverlust) [%]	Masse-%	1 Probe		1,64	
Tonmineralgehalt	Masse-%	-	<i>nicht geprüft</i>		
Reibungswinkel ϕ'	°	1 Probe		25,9	
Kohäsion c'	kN/m ²	1 Probe		44,2	
Deklarationsanalytik nach LAGA und DepV	-	2 Proben	Z0, > DepV Tab. 2, Sp. 4, <i>durch geringfügige Überschreitung pH-Wert mit 9,1 statt 9,0</i> Z0, < DepV Tab. 2, Sp. 4		

Die mittlere Wasserdurchlässigkeit des Materials der Schicht S3.1 entspricht entgegen den Erwartungen nicht den Anforderungen an das Material einer geologische Barriere gemäß Tabelle 5.1 und an natürliche mineralische Dichtungsbaustoffe (Basis-, Oberflächenabdichtungen) gemäß Tabelle 5.2.

Das Material ist dementsprechend **nicht** für die Verwendung als feinkörnige natürliche mineralische Abdichtungskomponente für Deponien **geeignet**.

Die Anforderungen gemäß LAGA und DepV wurden an zwei Proben untersucht. Dabei kam es an der Probe aus KB04 zu einer geringfügigen Überschreitung des Grenzwertes des pH-Wertes gemäß Eluatkriterien nach DIN EN 12457-4 (pH-Wert – Messwert: pH 9,1, Grenzwert: 9). Die Überschreitung erscheint für eine Verwertung tolerierbar. Vor einer Verwertung sollte diese Einschätzung durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

Schicht S3.3 – Geschiebemergel (Saalekaltzeit):

Die Schicht S3.3 saalezeitlicher Geschiebemergel wurde im Ergebnis der Bodenansprache als geeignet für feinkörnige mineralische Deponieabdichtungen eingeschätzt und im Rahmen der Erkundungskampagne umfangreich beprobt und einem umfassenden Laborprogramm unterzogen. In Tabelle 5.5 ist die Auswertung der Ergebnisse der labortechnischen Untersuchungen zusammengefasst.

Tabelle 5.5 Eigenschaften der Schicht S3.3 (Geschiebemergel)

S3.3					
Parameter	Einheit	Probenanzahl	Ergebnisse		
			min	max	mittel
Wasserdurchlässigkeit	m/s	10 Proben	5,1E-11	7E-10⁵	2,7E-10 ⁶
Tongehalt d < 0,002 mm	%	24 Proben	0	39	22 ⁷
Aggregatgröße > 32 mm	%	24 Proben	0	2	0
Kalkgehalt	Masse-%	17 Proben	1,6	26,1⁸	10,5 ⁹
Organische Bestandteile (Glühverlust)	Masse-%	17 Proben	0,2	4,4	2,3
Tonmineralgehalt	Masse-%	5 Proben	19	37	30,2
Schadstoffrückhaltevermögen, Gesamttongehalt GT (bezogen auf eine Schichtstärke von 1 m)	kg/m ²	5 Proben	418	814	664,4
Reibungswinkel φ'	°	5 Proben	15,9	29,8	25,4
Kohäsion c'	kN/m ²	5 Proben	13,9	46,8	28,7
Deklarationsanalytik nach LAGA und DepV	-	4 Proben	> DepV., Sp. 4 (KB02 10,90-11,20 m) Z0, < DepV, Sp. 4 (KB11 14,10-15,20 m) Z1.2, < DepV, Sp. 4 (KB09 10,00-14,00 m) Z2, > DepV, Sp. 4 (KB10, 6,00-10,00 m)		

⁵ Überschreitung der Minimalanforderung für Deponieabdichtungssysteme von $k_f \leq 5E-10$ m/s an einer von 10 Prüfungen

⁶ Der Mittelwert ohne Berücksichtigung des Maximalwertes von 7E-10m/s beträgt 2,1 E-10 m/s

⁷ Unterschreitung der Minimalanforderung von ≥ 20 % für Basisabdichtungen an 13 von 24 Proben = 54%

⁸ Überschreitung der Anforderung für geol. Barriere und Basisabdichtung von ≤ 15 % an einer von 17 Prüfungen

⁹ Der Mittelwert ohne Berücksichtigung des Maximalwertes von 26,1 % beträgt 9,5 % m/s

Nach Abgleich der für die Schicht S3.3 ermittelten Parameter mit den Anforderungen für feinkörnige mineralische Dichtungsschichten in Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2 wird eingeschätzt, dass eine grundsätzliche Eignung für den Einsatz als Baustoff für:

- eine geologische Barriere der Deponieklasse DK 0 bis DK III nach DepV
- mineralische Oberflächenabdichtung DK 0 bis DK III nach DepV

gegeben ist.

In die Bodenmatrix sind vereinzelt Grobkiese > 32 mm eingeschlossen, was infolge des geringen Masseanteils < 5 % und des untergeordneten Vorkommens (Nachweis in einer Kornverteilung von insgesamt 24 Untersuchungen) als tolerierbar eingeschätzt wird.

Ebenfalls als tolerierbar werden die einmalige Überschreitung der Kennzahlen Kalkgehalt und Wasserdurchlässigkeitsbeiwert bewertet, da durch den Aushub und einem schichtenweisen Einbau des Materials eine Durchmischung erfolgt und sich so die Wahrscheinlichkeit von Prüfchargen mit Abweichungen von den Qualitätsanforderungen weiter reduziert.

Die Ermittlung des Schadstoffrückhaltevermögens/ Gesamttongehaltes erfolgte durch Berechnung aus dem Tonmineralgehalt der Gesamtprobe und dem Mittelwert der an ungestörten Proben ermittelten natürlichen Feuchtdichte von 2,2 kg/m³.

Es ist nicht auszuschließen, dass in im Geschiebemergel genetisch bedingt Steine enthalten sind. Diese sind nach Möglichkeit bereits bei der Zwischenlagerung bzw. vor einer Wiederverwendung des Materials auszusortieren.

Bei einer Lagerung ist das Material vor Austrocknung bzw. Vernässung zu schützen. Zur Homogenisierung und Einhaltung der Forderungen nach einer Aggregatgröße < 32 mm kann vor einem Wiedereinbau das Fräsen des Materials und die Einstellung des Wassergehaltes auf den optimalen Wassergehalt w_{Pr} erforderlich werden.

Die Deklarationsanalyse an Probenmaterial der Schicht S3.3 aus der Bohrung KB10 wurde aufgrund eines zu hohen Sulfatgehalts (Messwert 66 mg/l > Grenzwert 50 mg/l) als Z2-Material eingestuft und erfüllt aus demselben Kriterium nicht die Anforderungen der Tabelle 2 der DepV für Deponieersatzbaustoffe für die geologische Barriere. Die Probe aus KB02 überschreitet ebenfalls den Grenzwert für Sulfat (Messwert 1.200 mg/l > Grenzwert 50 mg/l) und infolgedessen auch den Grenzwert für den Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen (Messwert 2.000 mg/l > Grenzwert 400 mg/l) gemäß Anforderungen der Tabelle 2 der DepV für Deponieersatzbaustoffe für die geologische Barriere. Bei dem Aushubmaterial der Schicht S3.3 - Geschiebemergel handelt es sich um natürliche mineralische Ablagerungen, welche durch ihre Genese und eine Pyritverwitterung natürlichen Ursprungs geogen mit erhöhten Sulfatwerten vorbelastet sind. Aus diesem Grund wird erwartet, dass keine grundsätzlichen Einschränkungen für eine Verwertung des

Aushubmaterials infolge der Überschreitung der Grenzwerte für Sulfat bestehen. Wir empfehlen zur Absicherung des Sachverhaltes eine Abstimmung mit der Behörde.

Die Materialeigenschaften der Baugrundsicht S3.3 erfüllen ausgenommen eines Tongehaltes von $\geq 20\%$ aus [U13] und [U14] auch Anforderungen an mineralische Basisabdichtung der DK 0 bis DK III. Die Anforderung an den Tongehalt $\geq 20\%$ wird in mehr als 50 % der Untersuchungen nicht erfüllt. Damit ist die Eignung als nicht grundsätzlich gesichert zu bewerten. Da die Unterlagen [U13] und [U14] für Sachsem-Anhalt jedoch nur empfehlende Wirkung haben, sehen wir eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde für zielführend an, um die Verbindlichkeit der über den BQS 2-1 „Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus natürlichen mineralischen Baustoffen“ [U4] hinausgehenden Forderung zum Tongehalt $\geq 20\%$ für den Einsatz des Aushubmaterial der Schicht 3.3 in der Basisabdichtung der geplanten Erweiterungsfläche zu klären.

5.2 Baustoff für Dränageschichten von Deponien

Die Anforderungen an die Dränageschichten von Deponien sind in der Deponieverordnung (DepV) [U1], der DIN 19667 [U16] und den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) [U7] und [U9] geregelt.

Die aktuellen Anforderungen an Dränageschichten von Deponien sind in der nachfolgenden Tabelle 5.6 zusammengestellt.

Tabelle 5.6 Anforderungen an Dränageschichten von Deponiebasis- und -Oberflächenabdichtungen

Parameter	Einheit	Quelle	Dränageschicht Basisabdichtung		Dränageschicht Oberflächenabdichtung
			DK0	DK I bis DKIII	DK0 bis DKIII
Schichtstärke d^{1011}	m	[U1]	$\geq 0,30$	$\geq 0,50$	$\geq 0,30$
Gefälle ⁴	%	[U1]	---	> 5	> 5

¹⁰ Für Oberflächenabdichtungen: Die Behörde kann auf Antrag des Deponiebetreibers Abweichungen von Mindestdicke, Durchlässigkeitsbeiwert und Gefälle zulassen, wenn nachgewiesen wird, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit der Entwässerungsschicht und die Standsicherheit der Rekultivierungsschicht dauerhaft gewährleistet ist.

¹¹ Basisabdichtungen: Wenn nachgewiesen wird, dass es langfristig zu keinem Wasseranstau im Deponiekörper kommt, kann mit Zustimmung der zuständigen Behörde bei Deponien der Klasse I, II und III die Entwässerungsschicht mit einer geringeren Schichtstärke oder anderer Körnung hergestellt werden.

Parameter	Einheit	Quelle	Dränageschicht Basisabdichtung		Dränageschicht Oberflächenabdichtung
			DK0	DK I bis DKIII	DK0 bis DKIII
Wasserdurchlässigkeit k_f ⁴ dauerhaft	m/s	[U1]	$\geq 1E-03$ ¹²	$\geq 1E-03$	$\geq 1E-03$
Wasserdurchlässigkeit k_f , Einbauzustand	m/s	[U16]	$\geq 1E-02$	$\geq 1E-02$	$\geq 1E-02$
Körnung d/D	-	[U16]	16/32 ¹³	16/32	---
Feinkorngehalt $d < 0,063$ mm	Masse %	[U7], [U16]	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
Kalkgehalt V_{Ca}	Masse %	[U7]	≤ 20 (≤ 1 ¹⁴)	≤ 20 (≤ 1 ⁸)	---
org. Bestandteile V_{GI}	Masse %	[U7]	≤ 1 ¹⁵	≤ 1 ⁹	---
Kornform Rundkorn	-	[U7], [U16]	mit gebrochenen Körnern ≤ 10 Masse % Körner, deren Verhältnis Länge: Dicke $> 3:3$ ≤ 20 Masse%		
Kornform Splitt, doppelt gebrochen	-	[U7], [U16]	Körner, deren Verhältnis Länge: Dicke $> 3:3$ ≤ 20 Masse%		

Die im Aushubbereich vorhandenen feinkörnigen (bzw. bindigen) Schichten S1.2 - Auffüllung Bodenlager, S2.1 – Löss, Feinsand, S2.2 – sandige Tone/Schluffe, S3.1 – Schluff sandig und S3.3 – Geschiebemergel sind als Dränagematerialien als grundsätzlich ungeeignet zu bewerten.

Die Eignung der grobkörnigen Schichten S2.3 – Sand, schluffig und S3.2 – Sand wurde anhand der vorliegenden Laboruntersuchungen geprüft. Infolge eines Feinkorngehaltes $d < 0,063 \geq 0,5$ % und eines Sandanteils zwischen ca. 95 und 100% werden die Anforderungen an Deponiedränageschichten für Basisabdichtungen auch von diesen beiden überwiegend grobkörnigen Baugrundsichten nicht erfüllt.

Abweichend davon ist ein Einsatz als Dränageschicht von Oberflächenabdichtungssystemen grundsätzlich möglich, da es hier nicht auf die Korngröße, sondern auf die hydraulische

¹² Nicht erforderlich bei Lieferkörnung 16/32, für grobe Dränmaterialien mit $d > 8$ mm Abschätzung aus der Kornverteilung nach WITTMANN 1981 oder andere bewährte Verfahren

¹³ Mindestens in den unteren 0,30 m, darüber kann zur Erreichung der Mindestdicke eine weitere mineralische Schicht eingebaut werden

¹⁴ Bei Gesteinen deren Komponenten calcitisch gebunden sind

¹⁵ Nicht erforderlich bei grober Körnung, wenn offensichtlich keine organischen Bestandteile enthalten sind

Leistungsfähigkeit ankommt. Diese kann über die Parameter Neigung und Schichtdicke planarisch beeinflusst werden.

Laborative Prüfungen zur Wasserdurchlässigkeit k_f ergaben für die Schicht S2.3 Ergebnisse von 1,8 E-09 und 6,9E-05 m/s und für die Schicht S3.2 2,1 E-05 und 3,0 E-05 m/s.

5.3 Baustoff für Rekultivierungsschichten von Deponien

Anforderungen

Die Anforderungen an die Rekultivierungsschichten von Deponien, welche nicht als technische Funktionsschichten genutzt werden, sind in der Deponieverordnung (DepV) [U1] und dem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard (BQS) [U10] geregelt und in der nachfolgenden Tabelle 5.7 zusammengestellt.

Tabelle 5.7 Anforderungen an Rekultivierungsschichten auf Deponien

Parameter	Einheit	Quelle	Rekultivierungsschicht DK0 bis DK III
Schichtstärke d	m	[U1], [U10]	$\geq 1,00$
Nutzbare Feldkapazität nFK	mm	[U1], [U10]	$\geq 140^{16}$
Luftkapazität LK	Vol.-%	[U10]	8
Humusgehalt anhand TOC	Masse-%	[U10]	≤ 5 , optimal 1...2

Anhand der visuellen Bodenansprachen wurden die Schichten S1.2 - Auffüllung Bodenlager, S2.1 – Löss, Feinsand, S2.2 – sandige Tone/Schluffe, S2.3 – Sand schluffig und S3.1 – Schluff sandig für den Einsatz in Rekultivierungsschichten als geeignet eingeschätzt. Zur Nachweisführung wurden entsprechende laborative Untersuchungen veranlasst.

Abschätzung des TOC

Beim TOC handelt es sich um den Gesamtanteil organisch gebundenen Kohlenstoffs. Dieser wird bestimmt, indem man den Boden ansäuert, wodurch der anorganische Kohlenstoff in der Probe als CO_2 abgeschieden wird, und danach verglüht wird, wodurch der organische Kohlenstoffanteil in CO_2 umgewandelt wird. Der Verlust wird durch Wiegung ermittelt. Der TOC fällt dementsprechend kleiner als der Glühverlust aus, da bei diesem auch anorganische Anteile des

¹⁶ Bezogen auf die Gesamtdicke der Rekultivierungsschicht

Gesamtkohlenstoffgehalts erfasst werden. Eine näherungsweise Abschätzung des TOC anhand des Glühverlusts ist nach [U15] jedoch wie folgt möglich:

$$TOC [Masse - \%] = \frac{Glühverlust}{1,72}$$

In Tabelle 5.8 wurden die gemittelten Werte des Glühverlust für die Abschätzung des TOC herangezogen, siehe letzte Spalte.

Folgende Böden werden als potenziell geeignet für den Aufbau einer Rekultivierungsschicht eingeschätzt und der Prüfung unterzogen:

Tabelle 5.8 Materialien für die Rekultivierungsschicht - Abschätzung des TOC

Schicht	Bezeichnung	Glühverlust [Masse-%]			TOC [Masse-%] abgeschätzt
		min	max	mittel	
S1.2	Auffüllung	0,87	2,50	1,56	0,91
S2.1	Löss, Feinsand	1,30	2,89	1,92	1,12
S2.2	Sandige Tone/ Schluffe	2,50	3,86	3,18	1,85
S2.3	Sand, schluffig		0,72		0,42
S3.1	Schluff, sandig		1,64		0,95

Die in Tabelle 5.8 zusammengestellten Werte für den abgeschätzten TOC erfüllen in allen untersuchten Schichten die Anforderung ≤ 5 . Optimale TOC-Werte zwischen 1...2 weisen die Schichten S2.1 und S2.2 auf.

Nutzbare Feldkapazität

Neben dem über den TOC bestimmbaren Humusgehalt des Bodens ist seine nutzbare Feldkapazität und seine Luftkapazität entscheidend für die Eignung eines Bodenmaterials als Rekultivierungsschicht. Die nutzbare Feldkapazität wurde für die in Tabelle 5.9 aufgeführten Proben mit Laborversuchen bestimmt. Für fein- und grobkörnige Böden wurden dabei jeweils Untersuchungen an drei unterschiedlichen vorgegebenen Trockendichtestufen durchgeführt:

- feinkörnige Proben: 1,5 g/cm³; 1,6 g/cm³; 1,7 g/cm³
- grobkörnige Proben: 1,7 g/cm³; 1,8 g/cm³; 1,9 g/cm³

Ein Volumenanteil von 14% entspricht dabei der in Tabelle 5.7 enthaltenen Anforderung von 140 mm (bezogen auf 1 m Schichtdicke). Des Weiteren wurden die Einstufungen gemäß LAGA

Boden und ergänzend dazu die Einstufung gemäß der Deponieverordnung in die Tabelle 5.9 aufgenommen.

Tabelle 5.9 Laborergebnisse nFK, LAGA, DepV

Schicht	Aufschluss	Probenahmetiefe [m]	nutzbare Feldkapazität [Vol-%]			Einstufung gemäß	
			6,32	10,20	10,30	LAGA	DepV
S1.2	KB 06/2021	1,00 - 2,00	6,32	10,20	10,30	Z 0	< DepV, Sp. 9
	KB 12/2021	3,00	14,34	15,03	16,73	-	< DepV, Sp. 9
	KB 13/2021	2,50	13,84	15,53	16,33	Z 0	< DepV, Sp. 9
S2.1	KB 09/2021	6,00 - 8,00	13,44	14,13	14,83	Z 1.1	< DepV, Sp. 9
	KB 13/2021	5,80 - 10,30	19,51	22,69	23,26	Z 0	< DepV, Sp. 9
S2.2	KB 08/2021	5,00 - 7,00	24,54	25,11	25,20	Z 0	< DepV, Sp. 9
S2.3	KB 11/2021	3,00	5,32	5,74	4,52	-	< DepV, Sp. 9
S3.1	KB 04/2021	3,00 - 4,00	11,00	13,46	14,24	-	-
	KB 04/2021	4,00 - 5,00	-	-	-	Z 0	< DepV, Sp. 9

Ergänzend dazu wurde die nutzbare Feldkapazität und die Luftkapazität gemäß [U10] anhand der Kornverteilungen der Böden abgeschätzt. Entscheidend dafür sind der Ton- und Schluffgehalt des Bodens nach rechnerischer Eliminierung des Aggregatanteils > 2 mm. Zur Veranschaulichung wurden die Ergebnisse der Einzelversuche unter Zuordnung zu den untersuchten Schichten als farbige Punkte in die Abbildung 5.1 eingefügt.

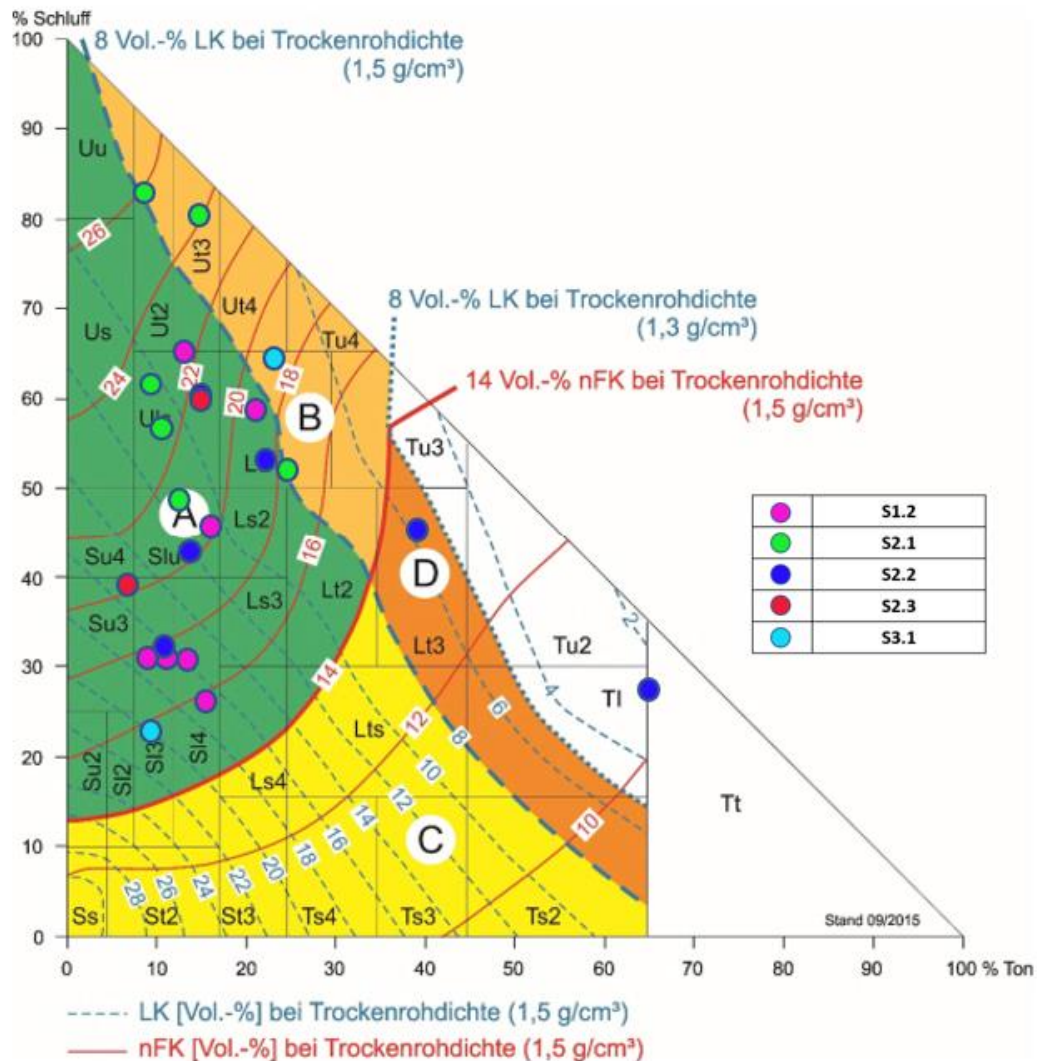


Abbildung 5.1 Abschätzung der nutzbaren Feldkapazität nFK und der Luftkapazität LK anhand der Kornverteilungen gemäß [U10]

Die in Abbildung 5.1 farblich hervorgehobenen Bodenarten sind mit folgenden Eignungseinschätzungen verbunden:

- **A:** die Böden erweisen sich in der Prüfung sehr wahrscheinlich als geeignet, d.h. bei einer Mindestschichtdicke von 1 m und mittlerer Lagerungsdichte (1,5 g/cm³) und Beachtung der Hinweise in [U10] ist eine nFK von 140 mm und eine LK von 8% erreichbar
- **B:** die Böden müssen mit lockerer Lagerung eingebaut werden, um die nötige LK zu erreichen. Vorverdichtete Böden müssen unter geeigneten Bedingungen aufbereitet werden. Eine bodenschonende Bearbeitung der Rekultivierungsschicht ist sehr wichtig, um Verdichtung zu vermeiden.

- **C:** Böden, die eine gute LK aufweisen, aber bei der Mindestdicke von 1 m auch bei optimalem Einbau nicht die nötige nFK von 140 mm erreichen können. Die Schichtdicke ist entsprechend zu erhöhen.
- **D:** Böden erfordern einen lockeren Einbau und eine höhere Schichtdicke als 1 m. Je nach Bodenkonsistenz ist dies u.U. nur schwer erreichbar.

Reine Sande (in Abbildung 5.1: „Ss“) sowie die in Abbildung 5.1 nicht farblich unterlegten Bodenmaterialien sind i.d.R. nicht für die Herstellung von Rekultivierungsschichten geeignet. Sie können aber u.U. zur Herstellung von Dränschichten oder Mischsubstraten verwendet werden. Bei einer vorgesehenen Verwendung in einem Mischsubstrat ist ihre Eignung bodenkundlich zu beurteilen.

Reine Tone (in Abbildung 5.1: Tt) sind aufgrund ihrer schwierigen Aufbereitung generell ungeeignet.

Desweiteren ist bei der Verwendung der Böden auf Erosionsanfälligkeit, Quellverhalten, Verschlämmungs-, Verkrustungs-, Verdichtungs- und Verhärtungsanfälligkeit zu achten.

Detaillierte Angaben zu den zu beachtenden Eigenschaften der einzelnen in Abbildung 5.1 aufgeführten Bodenmaterialien sind in [U10] enthalten.

Bewertung

Die Ermittlung des TOC und der Parameter nFK und LK für die Bodenmaterialien der Schichten S1.2, S2.1, S2.2, S2.3 und 3.1 lässt die folgenden Einschätzungen zu:

Schicht S1.2 „Auffüllung“:

Die Schicht weist einen mittleren TOC auf, der geringfügig unter dem optimalen TOC-Gehalt liegt, siehe Tabelle 5.8.

Die nutzbare Feldkapazität wurde an drei Proben in Laborversuchen ermittelt (siehe Tabelle 5.9). Zwei Proben erfüllen die Anforderungen von $nFK \geq 14\%$. Eine Probe (KB6) unterschreitet mit Werten zwischen 6,3 und 10,3 diese Anforderung deutlich.

Die Abschätzungen von nFK und LK anhand der Kornverteilung (siehe Abbildung 5.1) zeigen eine Zuordnung aller untersuchten Proben zum Bereich A, d.h. dass eine sehr wahrscheinliche Eignung hinsichtlich der erforderlichen nutzbaren Feldkapazität von $nFK \geq 14\%$ gegeben ist.

Unter der Berücksichtigung, dass das Material während des Aushubs und eines qualifizierten Wiedereinbaus in eine Rekultivierungsschicht mehrfach durchmischt wird, schätzen wir die Unterschreitung der Anforderungen an den nFK in der Probe aus der KB6 als tolerierbar ein.

Die Deklarationsanalysen der untersuchten Bodenproben erfüllen die Grenzwerte der LAGA Z0 und der DepV, Tabelle 2, Spalte 9.

Das Bodenmaterial der Schicht S1.2 „Auffüllung“ wird als **geeignet** zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht auf Deponien gemäß Anforderungen in Tabelle 5.7 eingeschätzt.

Schicht 2.1 „Löss, Feinsand“:

Das Material erfüllt die Anforderungen an einen TOC-Gehalt ≤ 5 . Der abgeschätzte TOC-Wert liegt mit 1,12 im optimalen Bereich (siehe Tabelle 5.8).

Die nutzbare Feldkapazität nFK der Bodenschicht wurde an 2 Proben labortechnisch bestimmt. Die Ergebnisse erfüllen die Anforderung $nFK \geq 140$ mm bzw. 14 Vol.-% (siehe Tabelle 5.9).

Die Abschätzungen von nFK und LK anhand der Kornverteilung (siehe Abbildung 5.1) zeigen eine Zuordnung der Mehrzahl der untersuchten Proben zum Bereich A. Nur eine Probe liegt im Grenzbereich zwischen A und B. Daraus ist einzuschätzen, dass eine sehr wahrscheinliche Eignung hinsichtlich der erforderlichen nutzbaren Feldkapazität von $nFK \geq 14$ % gegeben ist.

Die Deklarationsanalysen der untersuchten Bodenproben erfüllen die Grenzwerte der LAGA Z0 bzw. Z1.1 und der DepV, Tabelle 2, Spalte 9.

Das Bodenmaterial der Schicht S2.1 „Löss, Feinsand“ wird als **geeignet** zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht auf Deponien gemäß Anforderungen in Tabelle 5.7 eingeschätzt. Eine Rekultivierungsschicht aus diesem Material ist bodenschonend zu bewirtschaften.

Schicht 2.2 „Sandige Tone/ Schluffe“:

Das Material erfüllt die Anforderungen an einen TOC-Gehalt ≤ 5 . Der abgeschätzte TOC-Wert liegt mit 1,85 im optimalen Bereich (siehe Tabelle 5.8).

Die nutzbare Feldkapazität nFK der Bodenschicht wurde an einer Probe labortechnisch bestimmt. Das Ergebnis erfüllt die Anforderung $nFK \geq 140$ mm bzw. 14 Vol.-% (siehe Tabelle 5.9).

Die Abschätzung von nFK und LK anhand der Kornverteilung (siehe Abbildung 5.1) zeigen eine mehrheitliche Zuordnung des Materials zum Bereich A. Daraus ist einzuschätzen, dass eine sehr wahrscheinliche Eignung hinsichtlich der erforderlichen nutzbaren Feldkapazität von

nFK ≥ 14 % gegeben ist. Zwei Proben sind der weniger geeigneten Kategorie D zuzuordnen. Unter der Berücksichtigung, dass das Material während des Aushubs und eines qualifizierten Wiedereinbaus in eine Rekultivierungsschicht mehrfach durchmischt wird, schätzen wir die Unterschreitung der Anforderungen an den nFK als tolerierbar ein.

Die Deklarationsanalyse der untersuchten Bodenprobe erfüllt die Grenzwerte der LAGA Z0 und der DepV, Tabelle 2, Spalte 9.

Das Bodenmaterial der Schicht S2.1 „Löss, Feinsand“ wird als **geeignet** zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht auf Deponien gemäß Anforderungen in Tabelle 5.7 eingeschätzt. Eine Rekultivierungsschicht aus diesem Material ist bodenschonend zu bewirtschaften.

Zusammenfassend wird eingeschätzt, dass das Material der Schicht S2.2 „Sandige Tone/Schluffe“ **geeignet** zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht auf Deponien gemäß Anforderungen in Tabelle 5.7 ist. Bei dieser Einschätzung wird davon ausgegangen, dass lokal auftretende Partien mit ungeeigneten hochbindigen Tonen beim Aushub identifiziert und gesondert verwertet werden.

Schicht 2.3 „schluffiger Sand“:

Das Material erfüllt grundsätzlich die Anforderungen an einen TOC-Gehalt ≤ 5 (siehe Tabelle 5.8). Der abgeschätzte TOC-Wert fällt jedoch mit 0,42 relativ gering aus, sodass hier eine u.U. eine Humuszugabe o.ä. erforderlich werden kann.

Die nutzbare Feldkapazität nFK der Bodenschicht wurde an einer Probe labortechnisch bestimmt (siehe Tabelle 5.9). Das Ergebnis erfüllt die Anforderung nFK ≥ 140 mm bzw. 14 Vol.-% nicht.

Die Abschätzungen von nFK und LK anhand der Kornverteilung (siehe Abbildung 5.1) zeigen eine Zuordnung von zwei untersuchten Proben zum Bereich A, d.h. dass eine entgegen der labortechnischen Bestimmung der Feldkapazität sehr wahrscheinlich eine Eignung hinsichtlich der erforderlichen nutzbaren Feldkapazität von nFK ≥ 14 % gegeben ist.

Die Deklarationsanalyse der untersuchten Bodenprobe erfüllt die Grenzwerte der DepV, Tabelle 2, Spalte 9.

Infolge des geringen TOC-Wertes und der widersprüchlichen Aussagen zur nutzbaren Feldkapazität nFK wird das Material der Schicht 2.3 „schluffiger Sand“ als **bedingt geeignet** für die Herstellung einer Rekultivierungsschicht auf Deponien gemäß Anforderungen in Tabelle 5.7 eingeschätzt.

Die Verwendung als Zuschlagsstoff zur Herstellung eines Mischsubstrats mit anderen Schichten ist der alleinigen Verwendung vorzuziehen.

Schicht 3.1 „sandiger Schluff“:

Das Material erfüllt grundsätzlich die Anforderungen an einen TOC-Gehalt ≤ 5 (siehe Tabelle 5.8). Der abgeschätzte TOC-Wert liegt mit 0,95 geringfügig unter dem optimalen TOC-Gehalt von 1 ...2 .

Die nutzbare Feldkapazität nFK der Bodenschicht wurde an einer Probe labortechnisch bestimmt (siehe Tabelle 5.9). Das Ergebnis erfüllt die annähernd Anforderung nFK ≥ 140 mm bzw. 14 Vol.-%.

Die Abschätzungen von nFK und LK anhand der Kornverteilung (siehe Abbildung 5.1) zeigen eine Zuordnung untersuchten Proben zu den Bereichen A und B. Daraus ist einzuschätzen, dass eine sehr wahrscheinliche Eignung hinsichtlich der erforderlichen nutzbaren Feldkapazität von nFK ≥ 14 % gegeben ist.

Die Deklarationsanalyse der untersuchten Bodenprobe erfüllt die Grenzwerte der LAGA Z0 und der DepV, Tabelle 2, Spalte 9.

Das Bodenmaterial der Schicht S1.2 „Auffüllung“ wird **bei lockerem Einbau als geeignet** zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht auf Deponien gemäß Anforderungen in Tabelle 5.7 bewertet.

5.1 Baustoff für Ausgleichs- und Profilierungsschichten

Die Anforderungen an Ausgleichs- und Profilierungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien sind im Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard (BQS) [U8] geregelt.

Als materialspezifische Anforderung an die Kornverteilung ist die Bedingung enthalten, dass der Feinkorngehalt, also der Gesamtgehalt an Schluff und Ton die Obergrenze von 10 Masse-% nicht überschreiten darf, sofern die Beschaffenheit der aufliegenden Dichtungsschicht keine anderen Bestimmungen bedingt.

Im Aushubbereich werden aufgrund ihrer visuellen und haptischen Beschaffenheit während der Schichtansprache die Schichten S2.3 (schluffige Sande) und S3.2 (Sand) in die Bewertung hinsichtlich der Eignung als Ausgleichs- und Tragschicht einbezogen.

Die Auswertung der Kornverteilungen für beide Schichten ist Tabelle 5.10 zusammengefasst.

Tabelle 5.10 Eignungsprüfung Ausgleichs-/Tragschicht Oberflächenabdichtung nach Feinkornanteil

Schicht	Probenanzahl	Ergebnisse $d < 0,06 \text{ mm}$ [%]		
		min	max	mittel
S2.3	6 Proben	2,5	74,7	26,7
S3.2	10 Proben	3,2	56,4	16,7

Im Ergebnis ist festzustellen, dass keine der geprüften Schichten die o.g. Anforderung über ihren gesamten Verbreitungsbereich erfüllen, siehe Kornbänder in Anlage 3.4 und Anlage 3.6. Es ist jedoch u.U. während des Aushubs möglich, die bindigeren Bereiche insbesondere der Schicht S 3.2 ohne größeren Aufwand vom rolligen Material zu separieren, sodass das verbliebene rollige Material als Ausgleichs- und Tragschicht verwendet werden kann.

5.2 Sonstige Einsatzmöglichkeiten

Ergänzend zu den vorab beschriebenen Einsatzmöglichkeiten der Aushubmassen als Baustoffe für feinkörnige mineralische Abdichtungen, Rekultivierungsschichten sowie Ausgleichs- und Profilierungsschichten von Deponien wurden weitere Verwertungsmöglichkeiten geprüft.

Einsatz als Frostschutz und Schottertragschichten

Material für Frostschutzschichten und Schottertragschichten zeichnet sich vor allem durch eine sehr grobe Körnung aus. Aufgrund der überwiegend feinkörnigen Sande und des hohen bindigen Anteils im Aushub ist davon auszugehen, dass das Aushubmaterial für diesen Einsatzzweck ungeeignet ist.

Einsatz als Gassperre

Als technische Trennschichten zwischen Deponiekörper mit und ohne Gasbildung eignen sich bodenschichten mit Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten von $k_f \leq 1E-07 \text{ m/s}$. Gemäß Bewertung unter Abschnitt 5.1 ist die Schichten S2.2, S3.1 und S3.3 als grundsätzlich geeignet zu bewerten.

Unter Berücksichtigung der jeweiligen projektspezifischen Anforderungen muss eine zusätzliche Prüfung der Eignung im Einzelfall erfolgen.

Einsatz als technische Funktionsschicht nach BQS 7-4a [U12]

Eine grundsätzliche Eignung als technische Funktionsschicht für Photovoltaik auf Deponien gemäß BQS 7-4a [U12] wird den Bodenschichten S1.2, S2.1, S2.2, S2.3 und 3.1 zugeordnet,

welche auch als grundsätzlich geeignet für die Herstellung von Rekultivierungsschichten auf Deponien eingestuft wurden.

Einsatz als Verfüllmaterial und für Geländeprofilierungen

Alle Aushubmassen sind als unbelastetes Material der Zuordnungsklassen Z0 bzw. Z1.1 nach LAGA einzustufen. Einzelne Überschreitungen des Grenzwertes für Sulfat sind geogen bedingt und nicht auf anthropogene Einflüsse wie Boden- oder Grundwasserkontamination zurückzuführen.

Es wird eingeschätzt, dass alle untersuchten Bodenschichten (ausgenommen Schicht S1.1 – Mutterboden) wiedereinbaufähig und gut verdichtbar sind. Voraussetzung dafür ist, dass insbesondere die feinkörnigen Aushubmassen bei Transport und Zwischenlagerung vor Vernässung der Austrocknung geschützt werden. Infolge des hohen Feinkorngehaltes ist in allen Schichten und bei Veränderungen des Wassergehaltes, von einer geringeren Tragfähigkeit als bei ausgeprägt grobkörnigen Böden auszugehen.

Bei einer Verwertung als Verfüllmaterial oder für Geländeprofilierungen sind die Anforderungen projektspezifisch zu überprüfen, dazu gehören z.B. die Wasserdurchlässigkeit, Festigkeitsparameter etc.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Eignungsuntersuchungen der im Projekt anfallenden Aushubmassen in Vorbereitung einer ressourcenschonenden und hochwertigen Verwertung zusammen. Die Ergebnisse sind in Kurzfassung nachfolgender Tabelle 6.1 zusammengestellt.

Tabelle 6.1 Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

Schicht	Gesamt- volumen ohne Auflockerung	Verwertungsmöglichkeiten
S1.1 - Mutterboden	1.550 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • nach Aufbereitung durch Fräsen als Mutterboden
S1.2 - Auffüllung	238.020 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Rekultivierungsschicht für Deponien • technische Funktionsschicht für Photovoltaik auf Deponien • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen
S2.1 - Löss, Feinsand	184.470 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Rekultivierungsschicht für Deponien • technische Funktionsschicht für Photovoltaik auf Deponien • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen
S2.2 - sandige Schluffe/ Tone	354.710 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • geologische Barriere der Deponieklasse DK 0 nach DepV, • Rekultivierungsschicht für Deponien, • Gassperre, • technische Funktionsschicht für Photovoltaik auf Deponien • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen
S2.3 - Sand schluffig	152.650 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • bedingt als Rekultivierungsschicht für Deponien • technische Funktionsschicht für Photovoltaik auf Deponien • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen • Dränschicht für Oberflächenabdichtungssystem
S3.1 - Schluff, sandig	73.920 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Rekultivierungsschicht für Deponien • technische Funktionsschicht für Photovoltaik auf Deponien • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen
S3.2 - Sand	43.320 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen • Dränschicht für Oberflächenabdichtungssystem


Schicht	Gesamt- volumen ohne Auflockerung	Verwertungsmöglichkeiten
S3.3 - Geschiebemergel	200.360 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Gassperre • geologische Barriere der Deponieklasse DK 0 bis DK III nach DepV, • mineralische Oberflächenabdichtung DK 0 bis DK III nach DepV, • bei Zustimmung der Behörde zur Unterschreitung der Anforderungen an den Tongehalt als mineralische Basisabdichtung der DK 0 bis DK III • Verfüllmaterial, Geländeprofilierungen

Bei einer Verwertung ist der Zeitpunkt des bereitgestellten Volumens der Bodenmaterialien der einzelnen Schichten in Abhängigkeit vom Bau der einzelnen Deponieabschnitt zu berücksichtigen, siehe Tabelle 4.1.

Es ist eine horizontale Schichtung unterschiedlich geeigneter Massen (rollig, bindig) vorhanden. Dies erfordert für eine fachgerechte Verwertung eine Separierung der Aushubmassen und eine geotechnische Aushubbegleitung. Um die Massengewinnung und -separierung baupraktisch sinnvoll zu gestalten, werden ausschließlich Schichtmächtigkeiten > 1 m als separierbar bewertet.

Die vorliegenden Untersuchungen geben eine erste Einschätzung zu einer möglichen Verwertung. Eignungsuntersuchungen gemäß den BQS-Standards werden bei Verwertung der Aushubmassen im Deponiebau zusätzlich erforderlich.

CDM Smith Consult GmbH
2021-12-20

i.V. 
Dipl.-Ing. Grit Renker

i.A. 
M. Sc. Martin Lehmann