

Landkreis Schweinfurt, Deponie Rothmühle, Erweiterung DK II-Deponie

Geologisches Gutachten für Bestands- und Erweiterungsfläche geotechnische und umwelttechnische Bewertung für Erweiterungsfläche

Ort: Bergheimfeld
Auftraggeber: Landratsamt Schweinfurt
Postfach 1450
97404 Schweinfurt
Projektleiter: Dr.-Ing. H.-J. Franke
GMP-Projektnr.: 217100\g1 Gra/fr
Datum: 30.07.2018

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen | Hedanstraße 17 | 97084 Würzburg
Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG
Beratende Ingenieure und Geologen
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

Pers. haft. Gesellschafterin:
GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRB 10485

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke
Dipl.-Ing. Hubert Hansel
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen
Dr. Verena Herrmann

Akkreditiertes Prüflabor
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005
DAkkS-Akkreditierungsnr.
D-PL-14479-01-00

Unterlagen:

Bundesregierung und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:

- /1/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009 (BGB i.s. 900), zuletzt geändert durch Artikel 5, Abs. 28 des Gesetzes vom 24.02.2012 (BGBl.I S.212)

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen:

- /2/ LfU Deponie Info-Merkblatt 1: Mineralische Deponieabdichtungen (2009)

Bayerisches Geologisches Landesamt:

- /3/ Geologische Karte von Bayern, Blatt 5926 Geldersheim, M = 1:25.000 (1969)
- /4/ Erläuterung zur Geologischen Karte von Bayern, Blatt 5926 Geldersheim, M = 1:25.000 (1969)
- /5/ Geologische Karte von Bayern, Blatt 5927 Schweinfurt, M = 1:25.000 (1982)
- /6/ Erläuterung zur Geologischen Karte von Bayern, Blatt 5927 Schweinfurt, M = 1:25.000 (1982)

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:

- /7/ Hydrogeologisches Gutachten zur geplanten Mülldeponie Rothmühle, Landkreis Schweinfurt, 15.10.1984

Dipl.-Ing. Dr. Kurt Magar, Beratende Ingenieure für Baugrund und Ingenieurgeologie:

- /8/ Bodenmechanische und grundbautechnische Gutachten für die geplante Mülldeponie Rothmühle - 1. BA, vom 05.12.1984
- /9/ Kreismülldeponie Rothmühle, Fertigstellung des 1. BA, Schlussbericht über Verdichtungs- und Dichtigkeitsprüfung, 01.10.1987

Geotechnisches Institut Prof. Dr. Magar & Partner:

- /10/ Kreismülldeponie Schweinfurt, 2. BA, Geotechnischer Abnahmebericht über Kontrollprüfungen, Eignungsprüfungen, Probefelder und Fachbauleitung für Aufstandsfläche und mineralische Basisabdichtung
- /11/ Erdaushub- und Bauschuttdeponie Rothmühle, geotechnische Stellungnahme vom 08.09.2004 (GMP-Projektnr. 204233)
- /12/ Erdaushub- und Bauschuttdeponie Rothmühle, geotechnische Stellungnahme vom 04.07.2006 (GMP-Projektnr. 204233)
- /13/ Erdaushub- und Bauschuttdeponie Rothmühle, geotechnische Stellungnahme vom 24.10.2007 (GMP-Projektnr. 204233)
- /14/ Erdaushub- und Bauschuttdeponie Rothmühle, geotechnische Stellungnahme vom 04.10.2010 (GMP-Projektnr. 204233)

LGA Bautechnik mbH, Grundbauinstitut:

- /15/ Weiterbetrieb der Deponie Rothmühle nach dem 15.07.2009 als Deponie der Klasse II, Gleichwertigkeitsgutachten vom 13.12.2007
- /16/ Weiterbetrieb der Deponie Rothmühle nach dem 15.07.2009 als Deponie der Klasse II, Ergänzung zum Gleichwertigkeitsgutachten, Schadstofftransportberechnungen, Gutachten vom 13.08.2008

Wasserwirtschaftsamt Bad Kissingen:

- /17/ Schreiben zum Antrag des Landkreises Schweinfurt auf Überplanung und Erweiterung der Deponie Rothmühle vom 10.09.2014

Bayerisches Landesamt für Umwelt:

- /18/ Stellungnahme zum Antrag auf Überplanung und Erweiterung der Deponie für Boden und Inertabfälle des Landkreises Schweinfurt vom 11.09.2014

Behringer + Dittmann Bohrgesellschaft mbH:

- /19/ Dokumentation Erkundungsbohrungen Deponie Rothmühle KB 1 - KB 3

AU Consult GmbH:

- /20/ Landkreis Schweinfurt, Deponie Rothmühle, Erweiterung DK II-Deponie; Vorbereitung einer Eintragskonferenz/Scopingtermin, Entwurf Version 04/2017
- /21/ SW 08 - Erweiterung Deponie Rothmühle, Vorabstimmung Scopingtermin, Besprechungsprotokoll vom 24.07.2017
- /22/ SW08-Erweiterung Deponie Rothmühle, Vorabstimmung Scopingtermin, Besprechungsprotokoll vom 26.04.2018

Landratsamt Schweinfurt - Umwelt-Wasserrecht:

- /23/ Vollzug der Wassergesetze; Niederbringen von drei Aufschlussbohrungen und Neuausbau der bestehenden GWM B 3b im Bereich der Deponie Rothmühle 02.05.2017
- /24/ Vollzug der Wassergesetze; Niederbringen von drei weiteren Erkundungsbohrungen und der Ausbau zu Grundwassermessstellen im Bereich der Deponie Rothmühle auf Fl.-Nr. 2016/1 der Gemarkung Bergheinfeld vom 07.07.2017

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG:

- /25/ Erweiterung Bauschuttdeponie Rothmühle Bergheinfeld, Aktenvermerk Nr. 01 vom 25.06.2015 (GMP-Projektnr. 215093)
- /26/ Erweiterung der Aushub- und Bauschuttdeponie Rothmühle, Bergheinfeld, Bericht vom 24.07.2015 (GMP-Projektnr. 215093)
- /27/ Erweiterung Bauschuttdeponie AWZ Abfallwirtschaftszentrum Rothmühle, Bergheinfeld, Errichtung einer Grundwassermessstelle, Aktenvermerk Nr. 03 vom 21.06.2016 (GMP-Projektnr. 215093)

- /28/ Erweiterung Bauschuttdeponie Abfallwirtschaftszentrum Rothmühle, Bergheinfeld, Hydrogeologisches Gutachten vom 27.01.2017 (GMP-Projektnr. 215093)
- /29/ Erweiterung DKII-Deponie, Abfallwirtschaftszentrum Rothmühle, Wertung geologische Barriere für Erweiterungsfläche und Bestand, Aktenvermerk Nr. 03 vom 24.11.2017 (GMP-Projektnr. 217100-av03)
- /30/ Landkreis Schweinfurt, Deponie Rothmühle, Erweiterung DK II-Deponie, Hydrogeologisches Gutachten vom 30.07.2018 (GMP-Projektnr. 217100\g2)

- Anlagen:**
1. Übersichtslageplan M = 1:25.000
 - 2.1 Lageplan aller Aufschlüsse mit Angaben zur Durchlässigkeit, M = 1:2.000
 - 2.2 Lageplan der Aufschlüsse M = 1:1.000
 3. Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Bayern (Blatt 3926 und 5927), M = 1:25.000
 - 4.1 - 4.3 Schnitte mit Tiefenprofilen M = 1:500/100
 - 5.1 - 5.5 Auswertung Versickerungsversuche in den Schürfen
 - 6.1 - 6.9 Auswertung Eingießversuche Kernbohrungen
 - 7.1 - 7.3 Bilddokumentation KB 1 bis KB 3
 - 8.1 - 8.15 Bilddokumentation Schürfe
 - 9.1 - 9.2 Bodenprobentabelle Geotechnik und Umwelttechnik
 10. Zusammenstellung der Laborversuche
 11. Bestimmung der Körnungslinien nach DIN EN ISO 17892-4
 12. Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1
 13. Bestimmung der Proctorkurve nach DIN 18127

- Anhang:** AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg:
- Prüfbericht 2692205 - 642778 vom 17.11.2017
 - Prüfbericht 2692205 - 642780 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642781 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642782 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642783 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642784 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642785 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642791 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642792 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642794 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642795 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642798 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642804 vom 17.11.2018
 - Prüfbericht 2692205 - 642807 vom 17.11.2018

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang und Veranlassung	8
2. Lage und Örtlichkeit.....	9
3. Geologische Verhältnisse	10
4. Vorgaben Deponieverordnung.....	11
5. Erkundungen und Untersuchungen.....	11
5.1 Untergrunderkundung	12
5.1.1 Bestandsfläche	12
5.1.2 Erweiterungsfläche.....	12
5.1.2.1 Aufschlussbohrungen	14
5.1.2.2 Schürfe	14
5.1.3 Feldversuche Durchlässigkeit.....	15
5.1.3.1 Eingießversuche Aufschlussbohrungen.....	15
5.1.3.2 Versickerungsversuche Schürfe	15
5.2 Geotechnische Laborversuche.....	16
5.3 Umwelttechnische Untersuchungen	17
5.3.1 Bewertungsgrundlagen.....	17
5.3.2 Durchgeführte Untersuchungen.....	17
6. Geologische Bewertung der DK II-Erweiterungsfläche	18
6.1 Untergrundverhältnisse	18
6.1.1 Oberboden (Mu).....	18
6.1.2 Auffüllungen (A)	18
6.1.3 Quartäre Lehme (q)	19
6.1.4 Fels des Mittleren Keuper (km).....	19
6.2 Grundwasser.....	20
6.3 Auswertung Laborversuche	20
6.3.1 Wassergehalte	20
6.3.2 Korngrößenverteilung	20
6.3.3 Konsistenzgrenzen	22
6.3.4 Wasseraufnahmevermögen.....	22
6.3.5 Kalkgehalt.....	23
6.3.6 Proctordichte.....	23
6.3.7 Wasserdurchlässigkeit	24
6.3.8 Kationenaustauschkapazität.....	25
6.4 Auswertung der Wasserdurchlässigkeit.....	26
6.4.1 Versickerungsversuche Schürfe.....	26
6.4.2 Eingießversuche Kernbohrungen.....	27
6.5 Bewertung der geologischen Barriere.....	28

7.	Geologische Bewertung der DK II-Bestandsfläche	30
7.1	Bewertung Archivunterlagen	30
7.1.1	Standorterkundung der DK II-Bestandsfläche.....	31
7.1.2	Gleichwertigkeitsgutachten zum Weiterbetrieb der Deponie nach dem 15.07.2009	32
7.2	Bewertung Umfeld DK II-Bestandsdeponie	33
7.3	Geologische Bewertung der Bestandsfläche	35
8.	Geotechnische und umwelttechnische Bewertung Erweiterungsfläche.....	36
8.1	Umwelttechnische Bewertung.....	36
8.1.1	Analysenergebnisse.....	36
8.1.2	Orientierende Bewertung	39
8.2	Geotechnische Bewertung.....	41
9.	Zusammenfassung.....	43
9.1	Geologische Bewertung Erweiterungsfläche	43
9.2	Geologische Bewertung Bestandsfläche.....	43
9.3	Umwelt- und geotechnische Bewertung	44
9.3.1	Umwelttechnische Untersuchungen.....	44
9.3.2	Geotechnische Untersuchungen.....	44

1. Vorgang und Veranlassung

Der Landkreis Schweinfurt betreibt auf der Flurnummer 2016/1 der Gemarkung Bergheinfeld ein Abfallwirtschaftszentrum mit einem Wertstoffhof und einer Deponie zur Ablagerung von Material der Klasse DK 0, DK I und DK II.

Die bestehende DK 0-Deponie liegt im südwestlichen Teil des Abfallwirtschaftszentrums und wurde im Jahr 2016/2017 um 11.000 m² erweitert. Die bestehende DK II-Deponie liegt im Zentrum des Geländes und erstreckt sich in nördlicher Richtung. Im Rahmen der geplanten Deponieerweiterung soll eine Fläche in nordöstlicher Richtung genutzt werden.

Das derzeit an der Deponie Rothmühle noch zur Verfügung stehende DK II-Deponievolumen reicht bei der durchschnittlichen Ablagerungsmenge der letzten Jahre (etwa 90.000 t/Jahr), noch ca. drei bis vier Jahre. Die Erweiterung der Deponie um ca. 5 ha ist erforderlich, um die notwendige Planungssicherheit für den Landkreis Schweinfurt zu realisieren. Die Erweiterung schließt unmittelbar im Nordosten der bestehenden Deponie an. Geplant ist eine Anlehnung an den bestehenden Deponiekörper. Die vorgesehene Erweiterungsfläche wurde im Planfeststellungsantrag vom 30.11.1984 vermerkt. Durch die Erweiterung steht ein Volumen von zusätzlich 1,5 Mio. m³ zur Ablagerung von DK II-Material zur Verfügung.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde mit Schreiben vom 24.03.2017 vom Landratsamt Schweinfurt beauftragt, auf Grundlage des Angebotes vom 16.03.2017 die Begutachtung zu den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen der geplanten Erweiterungsfläche zu erstellen. Bestandteil der Begutachtung ist auch die Bewertung der geologischen Barriere im Bereich der Bestandsdeponie (aktuell genutzte DK II-Deponie) sowie die geotechnische und umwelttechnische Bewertung des Abtragungsmaterials der Erweiterungsfläche zum Wiedereinbau.

Die Bewertung der geologischen Barriere im Bereich der geplanten DK II-Erweiterungsfläche erfolgt auf der Grundlage von Kernbohrungen und Baggerschürfen auf dem Gelände sowie anhand von Versickerungs- bzw. Schluckversuchen. Die Beschreibung der Maßnahmen und Ergebnisse ist im vorliegenden Bericht erläutert.

Zur Bewertung der Bestandsdeponie werden die Ergebnisse aus vorhandenen Untersuchungen der Deponiefläche sowie die aktuellen Ergebnisse genutzt. Die geologische Bewertung der Bestandsfläche ist notwendig, da durch die Anlehnung der geplanten Deponieerweiterung an die Bestandsdeponie ein Überschneidungsbereich der Deponieerweiterung mit dem Bestand erzeugt wird.

Zur Herstellung einer Basisfläche werden im Erweiterungsbereich der DK II-Deponie Abtragungen des bestehenden Geländes von maximal ca. 9 m im südwestlichen Bereich erforderlich. Im östlichen sowie im südwestlichen Bereich muss hingegen bis zu ca. 2,5 m an Material aufgetragen werden. Für die Beurteilung der Materialeigenschaften wurden Laborversuche durchgeführt. Die Versuche sind in Kapitel 5.2 erläutert.

Zur umwelttechnischen Eignungsprüfung der Abtragsmaterialien aus der Erweiterungsfläche als Deponieersatzbaustoff insbesondere zur gegebenenfalls notwendigen Ertüchtigung der geologischen Barriere im Bereich der Erweiterungsfläche wurden ausgewählte Misch-/Materialproben auf den entsprechenden Parameterumfang der DepV, Anhang 2, Tabelle 2 untersucht und orientierend umwelttechnisch bewertet.

Ein zweites Gutachten beschreibt die hydrogeologischen Verhältnisse im Deponiebereich mit Untersuchungen und dem Umbau der Grundwassermessstellen /30/.

2. Lage und Örtlichkeit

Das Abfallwirtschaftszentrum und der Wertstoffhof Rothmühle (Rothmühle 2, 97493 Bergheinfeld) bilden die Entsorgungszentrale des Landkreises Schweinfurt. Das Abfallwirtschaftszentrum liegt ca. 500 m nordöstlich des Autobahndreiecks Werntal, im Norden grenzt das Abfallwirtschaftszentrum an die Wern. Der Standort ist im Lageplan in Anlage 1 ersichtlich.

Die bestehende DK 0-Deponie liegt im südwestlichen Teil des Abfallwirtschaftszentrums und grenzt an den bestehenden Fuß- und Fahrradweg an.

Die bestehende DK II-Deponie liegt im zentralen Bereich des Abfallwirtschaftszentrums. Sie hat insgesamt eine Länge von ca. 350 m und eine Breite von rund 250 m und wird im Norden durch ein Waldstück begrenzt. Die geplante Erweiterungsfläche schließt nordöstlich an die bestehende DK II-Deponie an und wird in östliche Richtung durch den bestehenden Wald begrenzt.

Ein Übersichtslageplan ist in Anlage 1 beigelegt, Anlage 2.2 zeigt einen Detaillageplan der Erweiterungsfläche. Im Detaillageplan sind die Ansatzpunkte der Kernbohrungen sowie Schürfe, die auf der Erweiterungsfläche durchgeführt wurden, eingezeichnet. Zur geologischen und hydrogeologischen Standortbewertung wurden insgesamt 15 Schürfe (Sch 1 - Sch 15) und drei Kernbohrungen (KB 1 - 3) erstellt.

3. Geologische Verhältnisse

Die geologischen Verhältnisse im Bereich der Deponie Rothmühle sind aus zahlreichen Erkundungen der angrenzenden Flächen sowie aus der Geologischen Karte, Blatt 5926 /2 - 3/ und 5927 /4 - 5/ bekannt. Ein Auszug aus der Geologischen Karte im Bereich des Untersuchungsgebietes ist in Anlage 3 angelegt.

Im Untergrund des Abfallwirtschaftszentrums stehen unter geringmächtigen Lösslehmen die Gesteine der Myophorienschichten, des Mittleren Keuper an. Die geologische Karte zeigt, dass über die gesamte Deponiefläche keine Störungen bekannt sind. Der Mittlere Keuper besteht im Untersuchungsgebiet vorwiegend aus roten Tonen und verwitterten, rotbraunen Schiefertonen, häufig auch grünlich gefärbt. Die Tone sind plattig bis dünnschiefelig geschichtet, stellenweise sind Sande eingelagert. Die Mächtigkeit dieser stratigraphischen Einheit beträgt etwa 35 m. Im Liegenden stehen die Wechselfolgen von Karbonatlagen, Schiefertone und Quarzitschiefern des Unteren Keuper an. Die Schichtgrenze Mittlerer Keuper/Unterer Keuper wurde in keiner der durchgeführten Aufschlussbohrungen bzw. Grundwassermessstellen bis zu einer maximalen Endteufe bis 31,0 m unter Gelände angetroffen.

4. Vorgaben Deponieverordnung

Die geologischen und hydrogeologischen Standortbedingungen zur Errichtung und Betrieb einer DK II-Deponie sind in /1/ beschrieben.

Von hydrogeologischer Seite ist der Nachweis eines permanenten Abstandes der Oberkante der geologischen Barriere vom höchsten zu erwartenden freien Grundwasserspiegel von mindestens 1 m zu erbringen.

Die Standorteigenschaften gem. /1/ zum Betrieb einer DK II-Deponie setzen eine Mächtigkeit von ≥ 1 m und eine Durchlässigkeit der geologische Barriere von $\leq 1 \times 10^{-9}$ m/s voraus. Sollte die natürlich vorhandene geologische Barriere diesen Bedingungen nicht entsprechen, kann durch geotechnische Maßnahmen die geforderte Durchlässigkeit und Mächtigkeit hergestellt werden. Im Falle einer künstlich erzeugten geologischen Barriere kann die Dicke auf 0,5 m reduziert werden, wenn über eine entsprechend geringere Wasserdurchlässigkeit die nach /1/ geforderte Schutzwirkung erzielt wird.

Die Gleichwertigkeitsuntersuchungen /15 - 16/ können seit Inkrafttreten der DepV vom 24.02.2012 nicht mehr für die Beurteilung herangezogen werden.

5. Erkundungen und Untersuchungen

Alle Untergrunderkundungen und Untersuchungen der DK II-Erweiterungsfläche wurden auf Grundlage des Umgriffes der ursprünglich geplanten Erweiterungsfläche geplant und ausgeführt. In den Anlagen 2.1 und 2.2 ist der Umgriff der reduzierten Erweiterungsfläche ersichtlich. Zur Beurteilung der Erweiterungsfläche (Kapitel 6 und 8) werden die zur aktuellen Planung relevanten Aufschlüsse und Versuche ausgewertet.

5.1 Untergrunderkundung

5.1.1 Bestandsfläche

Zur geologischen Bewertung der DK II-Bestandsfläche wurden keine direkten Untersuchungen des Untergrundes durchgeführt. Die Bohrkern der alten Kernbohrungen wurden erneut geologisch bewertet. Zu früheren Erkundungen der Bestandsfläche wurden Altdaten aus dem Archiv ausgewertet.

Die Bewertung der geologischen Verhältnisse im Bereich der Bestandsdeponie erfolgt auf Grundlage der Aktenlage im Vergleich mit den aktuellen Ergebnissen der Erweiterungsfläche.

5.1.2 Erweiterungsfläche

Auf der DK II-Erweiterungsfläche wurden zu Untergrunderkundung Aufschlussbohrungen ausgeführt.

Die Aufschlüsse wurden in Anlehnung an das LfU Deponie Info-Merkblatt 1 /2/ Kap. 3.2.1.1 in einem Untersuchungsrastrer von ca. 1.000 m² auf der Erweiterungsfläche angesetzt. Das durchgeführte Untersuchungsrastrer entspricht somit auch den Anforderungen in /2/ an die Qualitätsprüfung von eingebauten mineralischen Deponieabdichtungen.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Lageplan der Anlage 2.2 im Maßstab 1:1.000 eingetragen. Farbfotos der Aufschlusstellen sind in den Anlagen 7 und 8 dokumentiert.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von höhenorientierten Tiefenprofilen in drei schematische Geländeschnitte eingezeichnet (siehe Anlage 4.1 - 4.3).

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben und die geologischen Kennzeichnungen.

Die am Untersuchungstag angetroffenen Grund- und Sickerwasserstände sind links neben den Tiefenprofilen eingezeichnet. Dort sind außerdem die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben angegeben.

Die verwendeten Signaturen der Tiefenprofile und die Kurzzeichen für Boden- und Felsarten sind in den Legenden der Anlage 4.0 erläutert.

Die Aufschlüsse (Bohrungen und Schürfe) wurden im Bezugssystem mNN eingemessen. Seit 30. Juni 2017 wurde deutschlandweit das Höhenbezugssystem DHHN 2016 eingeführt, bei dem die Höhen der Einmessung in m NHN angegeben werden. Gegenüber dem bisherigen Höhenbezugssystem (mNN) ergeben sich damit Abweichungen von mehreren Zentimetern.

Tabelle 1: Werte der Vermessung

Aufschluss	X-Wert	Y-Wert	Höhe Ansatzpunkt m ü NN	Endteufe	Koordinatensystem
Sch 1	4368462,769	5545316,502	232,037	4,20	GK4
Sch 2	4368406,841	5545271,568	232,262	4,90	GK4
Sch 3	4368403,081	5545219,531	230,458	4,40	GK4
Sch 4	4368496,909	5545271,827	232,381	4,40	GK4
Sch 5	4368440,225	5545243,71	231,165	4,70	GK4
Sch 6	4368499,376	5545218,466	230,663	4,60	GK4
Sch 7	4368570,141	5545213,676	231,631	4,10	GK4
Sch 8	4368633,602	5545171,023	232,418	4,70	GK4
Sch 9	4368556,783	5545141,75	232,262	4,80	GK4
Sch 10	4368457,729	5545185,125	229,856	4,70	GK4
Sch 11	4368490,459	5545101,008	232,268	4,10	GK4
Sch 12	4368471,921	5545046,158	231,706	3,90	GK4
Sch 13	4368410,162	5545070,637	229,827	4,40	GK4
Sch 14	4368453,513	5545107,926	230,751	4,65	GK4
Sch 15	4368412,613	5545157,707	229,568	5,00	GK4
KB 1	4368414,878	5545331,068	234,975	15,00	GK4
KB 2	4368493,445	5545153,339	230,618	15,00	GK4
KB 3	4368496,004	5544984,002	233,736	15,00	GK4

Die Höhen der Grundwassermessstellen wurden im neuen Bezugssystem eingemessen. Eine Umrechnung von mNN zu m NHN wurde nicht durchgeführt. Bei den weiteren Planungen sind die unterschiedlichen Höhensysteme zu berücksichtigen

Tabelle 2: Werte der Vermessung der GWM (ermittelt: IB Vogl, Würzburg), Koordinatensystem GK 4

GWM	X-Wert	Y-Wert	Höhe Pegel- oberkante (POK) m ü NHN	Filterstrecke m unter Gelände	Endtiefe Ausbau m unter Gelände
GWM B1	4368563,97	5545483,17	225,60	5,05 – 25,05 27,05 – 29,05	30,05
GWM B2	4368102,14	5545279,11	226,49	7 - 24	24,0
GWM B3b	4368262,54	5544601,27	231,65	20 - 30	30,0
GWM B4	4368263,56	5545359,77	224,84	7 – 20 22 - 24	25,5
GWM B5	4368618,23	5545246,22	234,46	7 – 20,10 22,10 – 24,10	25,10
GWM B6	4368522,28	5545025,18	235,07	9,10 – 25,10	25,10
GWM B7	4368095,17	5545003,97	228,12	10 - 25	25
GWM B8	4367863,95	5544724,11	224,05	15 - 30	30

5.1.2.1 Aufschlussbohrungen

Zur Erkundung der tieferliegenden geologischen Verhältnisse und der Grundwasser-
 verhältnisse wurden durch die Behringer + Dittmann Bohr GmbH drei Aufschluss-
 bohrungen (KB 1 - KB 3) mit durchgehender Kerngewinnung bis 15 m unter Ansatz
 niedergebracht. Die Aufschlussbohrungen wurden im Zentrum vom 27.07.2017 bis
 zum 09.08.2017 abgeteuft. Die Lage der Kernbohrungen auf der Erweiterungsfläche
 ist in Anlage 2.2 zu sehen, die durch die Kernbohrungen aufgeschlossenen Tiefen-
 profile sind in den Profilschnitten 4.1 - 4.3 ersichtlich.

An den Kernbohrungen wurden Eingießversuche in verschiedenen Tiefen vorge-
 nommen. Die Durchführung ist in Kap. 5.1.3.1 beschrieben.

5.1.2.2 Schürfe

Zur Erkundung der oberflächennahen geologischen Verhältnisse wurden im Bereich
 der Erweiterungsfläche der DK II-Deponie 15 Schürfe (Sch 1 - Sch 15) unter fach-
 technischer Anleitung durch GMP bis in Tiefen von 4,1 - 5,0 m ausgehoben und
 ingenieurgeologisch aufgenommen. Größere Eingriffstiefen waren aufgrund der be-
 grenzten Baggertiefe nicht möglich. Die Erkundungsarbeiten fanden am 12. und
 13.06.2017 statt. Die Lage der Schürfe auf der Erweiterungsfläche ist in Anlage 2.2
 ersichtlich.

An ausgewählten Schürfen wurden Versickerungsversuche durchgeführt. Die Durchführung ist in Kap. 5.1.3.2 beschrieben.

5.1.3 Feldversuche Durchlässigkeit

5.1.3.1 Eingießversuche Aufschlussbohrungen

Um die Durchlässigkeit im tieferen Untergrund beurteilen zu können, wurden in den Kernbohrungen KB 1 bis KB 3 im Zeitraum vom 26.07.2017 bis 07.08.2017 durch die Firma Behringer & Dittmann GmbH Eingießversuche durchgeführt. Diese reichen bis in Tiefen von max. 12 m unter Gelände.

Die Eingießversuche wurden an den Aufschlussbohrungen in unterschiedlichen Endtiefen und Verrohrungstiefen durchgeführt. Eine Übersicht über die verschiedenen Kernbohrungen sowie zugehörigen Ergebnissen sind in Tabelle 3 in Kapitel 6.4.2 ersichtlich. Die Auswertung der Eingießversuche ist als Anlage 6.1 bis 6.9 angefügt.

Die Kernbohrungen wurden bis auf maximal 12 m unter Ansatz niedergebracht und teilweise durch eine Verrohrung abgesperrt. Nach dem vollständigen Füllen der Bohrung mit Wasser wurde die Absenkung in Abhängigkeit der Zeit gemessen. Die Versuchsauswertung ist in Kapitel 6.4.1 zusammengefasst.

In allen Kernbohrungen wurden Eingießversuche in zwei unterschiedlichen Tiefenbereichen mit jeweils zwei Wiederholungen (vgl. Tabelle 2) durchgeführt. Die Eingießversuche in KB 1 bei einer Endteufe von 5 m wurden nicht ausgewertet.

5.1.3.2 Versickerungsversuche Schürfe

Zur Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit der oberflächennahen Schichten wurden in den Schürfen Sch 7, Sch 8, Sch 10, Sch 13 und Sch 14 Versickerungsversuche durchgeführt. Die Schürfe wurden mit Wasser befüllt und im Anschluss die Absenkung des Wasserspiegels in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Eine weitere Zugabe von Wasser erfolgte nicht.

5.2 Geotechnische Laborversuche

Nach dem LfU-Deponie-Info Merkblatt 1 /2/ zu konkretisierende Anforderungen an zu verdichtende Deponieabdichtungskomponenten aus natürlichen, mineralischen Materialien sind folgende Untersuchungen der anstehenden Böden mindestens erforderlich:

- Bestimmung des Wassergehaltes (Kapitel 5.2.1)
- Bestimmung der Korngrößenverteilung (Kapitel 5.2.2)
- Bestimmung der Konsistenzgrenzen (Kapitel 5.2.3)
- Bestimmung der Wasseraufnahme (Kapitel 5.2.4)
- Bestimmung des Glühverlustes
- Bestimmung des Kalkgehaltes (Kapitel 5.2.5)
- Geologische Beschreibung, Bestimmung der Tonminerale
- Bestimmung der Proctordichte (Kapitel 5.2.6)
- Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit (Kapitel 5.2.7)
- Bestimmung der Festigkeit und Zusammendrückbarkeit

Zur Bestimmung der bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen insgesamt 67 gestörte und 12 ungestörte Proben sowie acht Felskerne entnommen, die in Tabelle 1, Anlage 9 zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlagen 4.1 - 4.3 angegeben.

Bei der Baugrunderkundung wurden keine organischen Bestandteile in den anstehenden Böden festgestellt. Bestimmungen des Glühverlusts wurden nicht durchgeführt. Zur Bestimmung der Festigkeit und Zusammendrückbarkeit wurden keine separaten Versuche durchgeführt. Die Beurteilung dieser Eigenschaften erfolgt über Erfahrungswerte in vergleichbaren geologischen Verhältnissen.

Die Versuchsergebnisse sind in Kapitel 6.3 dargestellt und bewertet.

5.3 Umwelttechnische Untersuchungen

5.3.1 Bewertungsgrundlagen

Zu orientierenden umwelttechnischen Bewertung wird folgende Bewertungsgrundlage herangezogen:

- Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) vom 27.09.2017 /1/.
Nachfolgend: DepV

5.3.2 Durchgeführte Untersuchungen

Im Zuge der Probenahme wurde aus den Schürfen (Sch) und Aufschlussbohrungen (KB) im Abtragssbereich der Erweiterungsfläche insgesamt 21 Boden-/Materialproben für orientierende Untersuchungen nach DepV Anhang 3, Tabelle 2 entnommen, bei GMP gesichtet und hinsichtlich der Fragestellung als Einsatz als Deponieersatzbaustoff beurteilt. In Sch 5 (0,20 – 0,70 m) wurden <1% Ziegel als Fremdbestandteile angetroffen.

Die Tabelle 1 mit den für die orientierende Einstufung als Deponieersatzbaustoff nach DepV Anhang 3, Tabelle 2 entnommenen Boden-/Materialproben mit Angabe der Verwendung für die Mischprobenherstellung sowie der durchgeführten Analytik ist in der Anlage 9.1 zu finden.

Die Mischproben wurden anhand der Erkenntnisse aus der Probensichtung aller Einzelproben aufgrund ähnlicher Materialbeschaffenheit sowie deren räumlichen Bezug zueinander zusammengestellt. Die für die Herstellung der Mischproben verwendeten Einzelproben sind der Tabelle 1 der Anlage 9.2 zu entnehmen.

Die Einzel- und Mischproben aus den Auffüllungen sowie des natürlichen Untergrundes wurden auf den Parameterumfang - Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) Anhang 3, Tabelle 2 /1/ laboranalytisch untersucht:

Die chemischen Analysen wurden von dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditieren Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg durchgeführt.

6. Geologische Bewertung der DK II- Erweiterungsfläche

6.1 Untergrundverhältnisse

Nach dem Ergebnis der Baugrunderkundung stehen im Untersuchungsbereich Festgesteine des Mittleren Keuper an, welche von quartären Lehmen und bereichsweise von anthropogenen Auffüllungen überlagert werden. Den Geländeabschluss bildet der Oberboden.

Aus geotechnischer Sicht kann der Untergrundaufbau vereinfacht mit vier Schichten dargestellt werden:

1. Oberboden (Mu)
2. Auffüllungen (A)
3. Quartäre Lehme (q)
4. Fels des Mittleren Keuper (km)

Die genaue Schichtenfolge und Mächtigkeit in den verschiedenen Aufschlüssen kann den Tiefenprofilen der Anlagen 4.1 - 4.3 entnommen werden.

6.1.1 Oberboden (Mu)

Die Schürfe und Kernbohrungen wurden im Bereich von Grünflächen niedergebracht, so dass zunächst aufgefüllter Oberboden mit einer Mächtigkeit von 0,05 - 0,30 m aufgeschlossen wurde. Mutterboden wird nach DIN 4023 mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

6.1.2 Auffüllungen (A)

Im nordwestlichen Bereich der Erweiterungsfläche (KB 1, Sch 5, Sch 10) befinden sich Auffüllungen. Bei einer Ansprache nach der Kornverteilung sind die Auffüllungen als feinsandig-tonige Schluffe überwiegend mit kiesigen Beimengungen (Kurzzeichen: U, fs, t, g) zu bezeichnen. Bei KB 1 wurden zwischen 1,6 - 2,6 m unter Ansatz außerdem Steine festgestellt. Die lehmigen Auffüllungen sind bei KB 1 von steifer bis halbfester, bei den Schürfen Sch 3 und Sch 5 von halbfester bis fester Konsistenz.

Die Schichtunterkante wurde bei KB 1 bei ca. 3,0 m unter Ansatz erreicht. Der Ansatzpunkt von KB 1 liegt ca. 3 - 4 m über den Ansatzpunkten der weiteren Aufschlüsse. Bei Sch 5 und Sch 10 wurde die Schichtunterkante bei 0,7 m unter Ansatz erkundet. Die NN-Höhen der Unterkante der Auffüllungen variieren zwischen 229,20 mNN und 232,00 mNN.

Anthropogene Bestandteile wurden in den Auffüllungen in Form von Ziegel- und Gipsresten festgestellt, deren Anteil auf ≤ 1 % abgeschätzt wurde.

6.1.3 Quartäre Lehme (q)

Bei KB 1 wurde unter den Auffüllungen, bei den weiteren Aufschlüssen direkt unter dem Oberboden Lösslehme und Lehme angetroffen. Diese besitzen eine Kornverteilung aus tonigen Schluffen mit überwiegend kiesigen und/oder feinsandigen Beimengungen (Kurzzeichen: U, t, g/fs). Den Lehmen wurde vor Ort eine halbfeste bis feste Konsistenz zugesprochen. Die Schichtunterkante wurde bei den Kernbohrungen in Tiefen von 2,0 - 3,7 m unter Ansatz erreicht. Mit den Schürfen wurde die Basis des Quartärs zwischen 0,5 - 1,4 m unter Ansatz festgestellt. Die Unterkante variiert damit zwischen 227,6 mNN und 231,7 mNN. Die Mächtigkeit variiert zwischen 3,0 m (KB 2) und 0,3 m (Sch 7).

6.1.4 Fels des Mittleren Keuper (km)

In Tiefen von 0,5 - 3,7 m unter Ansatz wurde das Festgestein des Mittleren Keuper erkundet. Hierbei handelt es sich um Tonstein (Kurzzeichen: Tst). Bei KB 2 wurde zwischen 8,7 - 8,8 m unter Ansatz Mergelstein (Mst) festgestellt. Die Felsschichten sind überwiegend nur mäßig verwittert bis unverwittert. Vor allem im Übergangsbereich zum Quartär sind die Tonsteine stark bis vollständig verwittert.

Der Schichtflächenabstand der Ton- bzw. Mergelsteine ist feinlaminiert bis sehr dünn. Der Kluff- und Schieferungsflächenabstand ist sehr engständig bis engständig.

6.2 Grundwasser

In den Schürfen mit einer maximalen Tiefe von 4,2 m u. GOK wurde kein Grundwasser angetroffen. An KB 1 wurde der Grundwasserspiegel am 09.08.2017 bei 10,7 m unter Ansatzpunkt (224,28 mNN), bei KB 2 am 07.08.2017 bei 8,4 m (222,22 mNN) und bei KB 3 bei 7,6 m unter Ansatz (226,14 mNN) am 31.07.2017 aufgeschlossen.

Genauere hydrogeologische Eigenschaften der Deponieerweiterungsfläche sind im hydrogeologischen Gutachten /30/ dargestellt.

6.3 Auswertung Laborversuche

An repräsentativ ausgewählten Proben wurden Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt. Die Proben sind in Anlage 9, Tabelle 1 fett markiert. Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 10 zusammengestellt. Die übrigen Proben wurden als Rückstellproben eingelagert.

6.3.1 Wassergehalte

In den Decklehm und den Verwitterungslehm wurde der natürliche Wassergehalt im Labor zu $w_n = 13 - 25 \%$ ermittelt. Die Tonsteine des Mittleren Keuper weisen Wassergehalte von $w_n = 8 - 22 \%$ auf.

6.3.2 Korngrößenverteilung

Die Ergebnisse der Kornverteilungsanalysen sind in Anlage 11 angefügt und in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Bei einigen Proben erfolgte auf Grund der festgestellten Kornzusammensetzung die Kornverteilung nur für die nicht bindigen Kornfraktionen (Korngrößen $> 0,063$ mm). Für die Körnung $< 0,063$ mm (Tone und Schluffe) wurde nur der Gesamtanteil bestimmt (Ermittlung abschlämmbarer Bestandteile).

Tabelle 3: Kornverteilung

Aufschluss	Probe Nr.	Ton ¹⁾ [Gew.- %]	Schluff ¹⁾ [Gew.-%]	Sand ¹⁾ [Gew.-%]	Kies ¹⁾ [Gew.-%]	Bodengruppe DIN 18196	Anlage
Sch 1	17/1430	16,0	10,7	31,2	42,1	GT*	9.1
Sch 1	17/1432 A	3,5		15,6	80,9	GI	9.5
Sch 1	17/1432 B	8,2		84,0	7,7	SU/ST	9.5
Sch 2	17/1433	31,1	46,5	9,1	13,3	-- ²⁾	9.1
Sch 3	17/1437	55,2	30,9	13,9	--	-- ²⁾	9.1
Sch 3	17/1439	18,6	16,0	49,8	15,6	ST*	9.1
Sch 6	17/1451	36,1	34,3	24,2	5,4	-- ²⁾	9.1
Sch 7	17/1456	29,0	19,3	21,0	30,8	-- ²⁾	9.2
Sch 8	17/1461	29,5	41,9	27,1	1,5	-- ²⁾	9.2
Sch 9	17/1466	28,9	26,7	31,6	12,7	-- ²⁾	9.2
Sch 9	17/1468	12,7		60,7	26,6	SU/ST	9.2
Sch 11	17/1473	24,5	19,4	39,6	16,6	-- ²⁾	9.2
Sch 12	17/1477	16,6	20,0	49,8	13,5	SU*	9.3
Sch 13	17/1481	38,1	31,5	25,2	5,3	-- ²⁾	9.3
Sch 14	17/1486	34,3	30,6	22,3	12,8	-- ²⁾	9.3
Sch 15	17/1491	38,5	22,4	12,9	26,2	-- ²⁾	9.3
KB 3	17/1772	26,0	52,6	21,4	--	-- ²⁾	9.3
KB 3	17/1773	50,8	38,9	10,3	--	-- ²⁾	9.4
KB 3	17/1774	29,3	35,0	31,4	4,3	-- ²⁾	9.4
KB 2	17/1793	16,0	23,9	41,6	18,5	SU*	9.4
KB 1	17/1819	23,3	49,1	14,1	13,5	-- ²⁾	9.4

1) Korngrößen: Ton: < 0,002mm, Schluff: 0,002 – 0,063 mm, Sande: 0,063 – 2,0 mm, Kiese: 2,0 – 63,0 mm

2) Klassifizierung anhand der Kornverteilung bei dieser Probe nicht möglich

6.3.3 Konsistenzgrenzen

Bei den durchgeführten Versuchen wurden folgende Konsistenzgrenzen nach DIN 18122-1 ermittelt:

Tabelle 4: Ergebnisse Konsistenzgrenzenbestimmung

Aufschluss	Probe Nr.	w _L [l]	w _P [l]	I _P [l]	Überskorn [%]	I _{c, <0,4}	Konsistenz	Bodengruppe DIN 18196	Anlage
Sch 1	17/1430	0,442	0,198	0,244	0,0	1,234	halbfest	TM	12.1
Sch 2	17/1433	0,434	0,196	0,238	0,0	1,135	halbfest	TM	12.2
Sch 3	17/1437	0,571	0,258	0,313	0,0	1,220	halbfest	TA	12.3
Sch 3	17/1439	0,393	0,189	0,204	0,0	1,411	halbfest	TM	12.4
Sch 4	17/1443	0,358	0,187	0,171	0,0	1,390	halbfest	TM	12.5
Sch 6	17/1451	0,401	0,204	0,197	0,0	1,046	halbfest	TM	12.6
Sch 7	17/1456	0,468	0,227	0,241	0,0	1,281	halbfest	TM	12.7
Sch 8	17/1461	0,382	0,186	0,197	0,0	1,267	halbfest	TM	12.8
Sch 9	17/1466	0,396	0,218	0,178	0,0	1,485	halbfest	TM	12.9
Sch 11	17/1473	0,441	0,198	0,242	0,0	1,344	halbfest	TM	12.10
Sch 12	17/1477	0,304	0,177	0,127	0,0	1,536	fest	TL	12.11
Sch 13	17/1481	0,427	0,235	0,192	0,0	1,456	halbfest	TM	12.12
Sch 14	17/1486	0,531	0,240	0,291	0,0	1,255	halbfest	TA	12.13
Sch 15	17/1491	0,614	0,232	0,382	0,0	1,032	halbfest	TA	12.14
KB 3	17/1772	0,373	0,191	0,182	0,0	0,918	steif	TM	12.15
KB 3	17/1773	0,602	0,227	0,374	0,0	0,958	steif	TA	12.16
KB 3	17/1774	0,326	0,179	0,147	0,0	1,288	halbfest	TL	12.17
KB 2	17/1793	0,277	0,162	0,115	0,0	1,625	fest	TL	12.18
KB 1	17/1819	0,338	0,182	0,156	0,0	1,050	halbfest	TL	12.19

6.3.4 Wasseraufnahmevermögen

Insgesamt wurde an zehn Proben aus den Deckschichten und den verwitterten Felschichten das Wasseraufnahmevermögen bestimmt. Es wurde eine kurze Versuchsdurchführung (≤ 1 h) nach DIN 18132 gewählt.

Wie in Anlage 10 dargestellt, wurden bei den Versuchen Wasseraufnahmevermögen an den Lößlehm und Verwitterungslehm sowie an den verwitterten Tonsteinen von ca. 42 – 57 % ermittelt. Das Wasseraufnahmevermögen der anstehenden Böden ist als niedrig einzustufen.

6.3.5 Kalkgehalt

An zehn der entnommenen Proben wurde der Kalkgehalt nach DIN 18129 ermittelt. Der Ergebnisse sind in Anlage 10 zusammengefasst. An den Proben aus den Lehmen und Tonsteinen wurden Kalkgehalte von $V_{Ca} = 11,3 - 24,4 \%$ ermittelt.

6.3.6 Proctordichte

Zur Bestimmung der Verdichtbarkeit und Wiedereinbaufähigkeit wurden Proctorversuche nach DIN 18127 durchgeführt. Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 5: Ergebnisse Proctorversuch

Aufschluss	Probe Nr.	ρ_{Pr} [t/m ³]	w_{opt} [%]	Dpr bei w_n [%]	min w / max w für 97% ρ_D [%]
Sch 1	17/1430 (Tst, zersetzt)	1,799	17,8	91,3	15,6 / 20,1
Sch 1	17/1432 A (Tonstein)	1,999	12,7	94,5	9,9 / ---
Sch 2	17/1433 (Lößlehm)	1,719	19,5	93,6	17,4 / 21,7
Sch 2	17/1435 (Tst, verwittert)	1,931	14,4	94,1	12,6 / 16,4
Sch 4	17/1443 (Tst, zersetzt)	1,765	19,0	< 90	17,1 / 21,6
Sch 4	17/1444 (Tst, verwittert)	1,869	15,6	92,6	13,2 / 17,9
Sch 5	17/1448 (Tst, verwittert)	1,928	14,1	93,7	12,8 / ---
Sch 11	17/1473 (Verw.lehm)	1,742	19,3	89,0	17,1 / 21,7

6.3.7 Wasserdurchlässigkeit

An 18 Proben wurde die Wasserdurchlässigkeit im Labor nach DIN 18130-1 ermittelt. Bei fünf der Proben wurden zudem die Durchlässigkeitsbeiwerte k_f bei optimalem Wassergehalt w_{opt} bestimmt. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 zusammengefasst:

Tabelle 6: Durchlässigkeitsbeiwerte bei w_n

Aufschluss	Probe Nr.	w_n	w_{opt}	k_f bei w_n [m/s]	Hauptbodenart
Sch 2	17/1433	16,4 %	19,5 %	$6,9 \times 10^{-10}$	Schluff (Lösslehm)
Sch 3	17/1439	10,5 %	---	$7,6 \times 10^{-11}$	Sand (Tst, verwittert)
Sch 6	17/1451 (UP)	19,5 %	---	$7,7 \times 10^{-11}$	Ton (Verw.lehm)
Sch 7	17/1456 (UP)	15,9 %	---	$7,7 \times 10^{-8}$	Kies (Verw.lehm)
Sch 8	17/1461 (UP)	13,3 %	---	$2,2 \times 10^{-11}$	Schluff (Verw.lehm)
Sch 9	17/1466 (UP)	13,2 %	---	$3,9 \times 10^{-11}$	Sand (Verw.lehm)
Sch 12	17/1477 (UP)	10,9 %	---	$6,0 \times 10^{-10}$	Sand (Tst, zersetzt)
Sch 13	17/1481 (UP)	14,8 %	---	$1,5 \times 10^{-10}$	Ton (Verw.lehm)
Sch 14	17/1486 (UP)	16,6 %	---	$5,1 \times 10^{-10}$	Ton (Tst, zersetzt)
Sch 15	17/1491 (UP)	22,0 %	---	$4,5 \times 10^{-11}$	Ton (Tst, zersetzt)
KB 3	17/1774 (UP)	13,7 %	---	$1,4 \times 10^{-9}$	Sand (Verw.lehm)
KB 2	17/1793 (UP)	9,0 %	---	$6,5 \times 10^{-8}$	Sand (Tst, völlig verwittert)
KB 1	17/1819 (UP)	17,4 %	---	$2,2 \times 10^{-10}$	Schluff (Tst, zersetzt)

Tabelle 7: Durchlässigkeitsbeiwerte bei w_n und w_{opt}

Aufschluss	Probe Nr.	w_n	w_{opt}	k_f bei w_n [m/s]	k_f bei w_{opt} [m/s]	Hauptbodenart
Sch 1	17/1430	14,1 %	17,8 %	$3,4 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-10}$	Kies (Tst, zersetzt)
Sch 2	17/1435	11,6 %	14,4	$3,1 \times 10^{-7}$	$2,1 \times 10^{-7}$	Kies (Tst, verwittert)
Sch 4	17/1443	12,0 %	19,0	$5,4 \times 10^{-6}$	$3,5 \times 10^{-9}$	Schluff (Tst, zersetzt)
Sch 4	17/1444	11,7 %	15,6	$2,1 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-7}$	Kies (Tst, verwittert)
Sch 5	17/1448	10,9 %	14,1	$3,6 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-10}$	Kies (Tst, verwittert)

6.3.8 Kationenaustauschkapazität

Die Kationenaustauschkapazität der untersuchten Bodenproben variiert zwischen 15,8 und 26,4 mmol(eq)/100 g. Die Variationen der Kationenaustauschkapazität sind unabhängig von der Lage auf der Erweiterungsfläche sowie der entnommenen Proben-tiefe.

Mit einer Schwankung der Kak im Bereich von etwa 15 - 26 mmol (eq)/100 g lassen sich die Werte nach DIN 4220 (Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung von Bodenkennwerten) als „hoch“ bis „sehr hoch“ einstufen. Damit ergeben sich generell gute Bodeneigenschaften hinsichtlich des Schadstoff-rückhaltevermögens.

Durch die Analyse wurden ebenso die primär ausgetauschten Kationen von den Oberflächen der Tonminerale bestimmt. Die Kationen Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ und Na^+ wurden bestimmt. In allen Proben zeigt die Kalziumkonzentration mit Anteilen von 48 - 78 % den größten Anteil. Die Magnesiumionen bilden mit Anteilen von 15 - 35 % den zweitgrößten Anteil. Die Konzentrationen von Kalium und Natrium liegen im Bereich < 12 %.

Generell sind in Proben geringerer Kationenaustauschkapazität (Sch 4 und Sch 5) geringere Anteile an Kalziumionen, dafür ein höherer Anteil Magnesiumionen vorhanden.

6.4 Auswertung der Wasserdurchlässigkeit

6.4.1 Versickerungsversuche Schürfe

Um die Durchlässigkeit der anstehenden Böden beurteilen zu können wurden in den Schürfen Sch 7, Sch 9, Sch 10, Sch 13 und Sch 14 vor Ort Versickerungsversuche durchgeführt. Sch 7 und Sch 9 liegen in der ursprünglich geplanten Erweiterungsfläche. Da diese Fläche nicht mehr als DK II-Deponie ausgebaut werden soll, werden die Werte aufgeführt, aber für die Bewertung nicht herangezogen.

Die Schurfgruben wurden bis 4,00 - 4,60 m unter Ansatz niedergebracht und mit Wasser befüllt. Im Anschluss wurde die zeitliche Absenkung gemessen.

Die Auswertung der Versickerungsversuche im Schurf erfolgt nach ZUNKER (1930). Bei diesem Verfahren wird im Wesentlichen eine versickerte Wassermenge innerhalb des jeweiligen Zeitintervalls in Verhältnis zur Schurffläche (Schurfsohle und benetzte Wandung) gesetzt.

Bei den Versickerungsversuchen wurden folgende Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt. Die berechneten hydraulischen Durchlässigkeiten sind in der Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse der Versickerungsversuche

Aufschluss	Datum	getesteter Tiefenbereich [m u. GOK]	k _r -Wert [m/s]	Bemerkungen
Sch 7	13.06.2017	0,46 bis 4,0	8,5 x 10 ⁻⁸	Quartäre Lehme, Tonstein
Sch 9	13.06.2017	0,54 bis 4,6	7,3 x 10 ⁻⁸	Quartäre Lehme, Tonstein
Sch 10	13.06.2017	0,48 bis 4,4	9,1 x 10 ⁻⁸	Auffüllungen, Tonstein
Sch 13	12.06.2017	0,43 bis 4,3	3,8 x 10 ⁻⁸	Quartäre Lehme, Tonstein
Sch 14	14.06.2017	0,22 bis 4,3	5,7 x 10 ⁻⁸	Quartäre Lehme, Tonstein

Bei diesen Versuchen wurden hydraulische Durchlässigkeiten zwischen 3,8 und 9,1 x 10⁻⁸ m/s bestimmt.

In den Anlage 5.1 - 5.5 sind die detaillierten Messungen angefügt.

Der Untergrund im Bereich der Erweiterungsfläche ist entsprechend DIN 18130-1 als „schwach durchlässig“ zu bezeichnen.

6.4.2 Eingießversuche Kernbohrungen

Die Auswertung der Eingießversuche wurde nach USBR (Earth Manual) durchgeführt. Zur Auswertung sind die Oberfläche des nicht abgesperrten Bohrlochbereiches sowie die mittlere Infiltrationsrate bei Sättigung ausschlaggebend. Die mittlere Infiltrationsmenge wird aus der Absenkung im Bohrloch nach Sättigung des Bodens abgeschätzt. Die Versuchsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle und in Anlage 6 dargestellt.

Tabelle 9: Ergebnisse der Eingießversuche an Kernbohrungen

KB Nr.	Versuch Nr.	Tiefe Bohrloch [m]	Tiefe Verrohrung [m]	Sickerstrecke [m]	Bohrlochdurchmesser [mm]	Durchlässigkeit (k_f) [m/s]		
						1.Versuch	2.Versuch	Mittelwert
KB1	1.	5	4	1	146	nicht auswertbar		
	2.	12	4	8	146	5,0E-08	5,0E-08	5,0E-08
KB2	1.	5	4	1	146	nicht auswertbar	1,8E-07	1,8E-07
	2.	10	4	6	146	7,5E-08	7,5E-08	7,5E-08
KB3	1.	9	3	6	146	1,1E-07	1,0E-07	1,1E-07
	2.	12	3	9	146	2,0E-08	1,6E-08	1,8E-08

Die Auswertung der Versuche zeigt, dass die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte im Tiefenbereich von 3 - 12 m im Bereich zwischen $1,1 \times 10^{-7}$ und $1,8 \times 10^{-8}$ m/s liegen.

Die Versuche der KB 1 in einer Versuchstiefe von 4,0 - 5,0 m sowie der 1. Versuch in KB 2 (4,0 - 5,0 m) wurden nicht zur Beurteilung herangezogen, da über die Versuchsdauer keine konstante Infiltrationskapazität erreicht wurde.

Der tiefere Untergrund im Bereich der Erweiterungsfläche ist entsprechend DIN 18130-1 als „schwach durchlässig“ zu bezeichnen.

6.5 Bewertung der geologischen Barriere

Zur geologischen Beurteilung der DK II-Erweiterungsfläche wurden im Jahr 2017 insgesamt 15 Schürfe und 3 Kernbohrungen auf der Erweiterungsfläche nördlich bis nordöstlich der bestehenden DK II-Deponie durchgeführt. An ausgewählten Schürfen und den Kernbohrungen wurden Sicker- bzw. Eingießversuche durchgeführt. Die Ergebnisse wurden vorab in /29/ beschrieben.

Aufgrund der in Anlage 2.2 ersichtlichen Änderungen des Umgriffes der geplanten DK II-Erweiterungsfläche werden für die geologische Beurteilung und Bewertung nur die Erkundungen innerhalb des aktuellen Umgriffes herangezogen.

In den Aufschlüssen wurden über den Festgesteinen des Mittleren Keuper quartäre Lehme, teilweise anthropogene Auffüllungen und eine geringmächtige Mutterbodenaufgabe erkundet. Die Oberbodenaufgabe wird für die Bewertung der geologischen Barriere nicht berücksichtigt, da sie abgetragen wird.

Als geologische Barriere stehen die Tonsteine des Mittleren Keuper zur Verfügung. Aus /3/, /15/ sind Mächtigkeiten des Tonstein von mindestens 30,0 m abzuleiten.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- inhomogener Schichtenaufbau bis 3,7 m unter GOK durch teilweise Auffüllungen
- quartäre Lösslehme bis maximal 3,7 m unter GOK
- Tonsteine des Mittleren Keuper bis minimal 15 m unter GOK
- hydraulische Durchlässigkeit von $3,8 \times 10^{-8}$ m/s bis $9,1 \times 10^{-8}$ m/s aus den Versickerungsversuchen (0 - 5 m) in den Schürfen
- hydraulische Durchlässigkeit von $1,1 \times 10^{-7}$ bis $1,8 \times 10^{-9}$ m/s in den Aufschlussbohrungen durch Eingießversuche (3 - 12 m)
- hydraulische Durchlässigkeit von $6,5 \times 10^{-8}$ bis $7,7 \times 10^{-11}$ m/s bestimmt durch Laborversuche (0,2 - 3,6 m) nach DIN 18130

Insgesamt wurden damit durch unterschiedliche Verfahren hydraulische Durchlässigkeiten zwischen $1,1 \times 10^{-7}$ m/s bis $7,7 \times 10^{-11}$ m/s bestimmt. Zu den einzelnen Verfahren sind die folgenden Anmerkungen zur Versuchstechnik zu bemerken:

a) Versickerungsversuch in Baggerschürfen:

- Geometrie der Baggerschürfe ist nicht genau bestimmbar.
- Auflockerung des Untergrundes durch Aufschlussverfahren relativ hoch
- instationäre, ungesättigte Verhältnisse
- großes Beprobungsvolumen

b) Versickerungsversuch in unausgebautem Bohrloch („Eingießversuch“)

- Geometrie des Bohrloches ist nicht genau bestimmbar
- Auflockerung des Untergrundes durch Bohrverfahren mittel
- instationäre, ungesättigte Verhältnisse
- geringes Beprobungsvolumen

c) Laborversuche an ungestörten Proben:

- Geometrie definiert
- Auflockerung durch Aufschlussverfahren sehr gering
- Stationäre, gesättigte Verhältnisse
- Sehr geringes Beprobungsvolumen

Aus diesen Randbedingungen/Bewertungen lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen:

- Aufgrund der hohen Auflockerung und des großen Beprobungsvolumens liefern die Baggerschürfe vermutlich Versuchsergebnisse, die den obersten Wert der Gebirgsdurchlässigkeit darstellen.
- Aufgrund der geringen Auflockerung und des mittleren Beprobungsvolumens liefern die Versickerungsversuche im unausgebauten Bohrloch Werte zwischen der maximalen und minimalen Gebirgsdurchlässigkeit.
- Aufgrund der sehr geringen Auflockerung und der klar definierten Versuchsanordnung liefern die Versuchsergebnisse der Laborversuche nach DIN 18130 die realistische Bandbreite der hydraulischen Durchlässigkeit des Gesteins.

Da selbst die am besten abgesicherte Versuchstechnik hydraulische Durchlässigkeiten $k_f \geq 1 \times 10^{-9}$ m/s liefert, werden die nach DepV (2009) geforderten Eigenschaften an die geologische Barriere im Bereich der geplanten Erweiterung nicht erfüllt.

Da die natürlichen Eigenschaften der geologischen Deckschichten in der Durchlässigkeit nicht den Anforderungen einer DK II-Deponie entsprechen, ist die Planumsfläche durch geotechnische Maßnahmen zu ertüchtigen.

Mit dem vorliegenden Grundwasserflurabstand von maximal 7,6 m u. GOK sind die Vorgaben der DepV von ≥ 1 m erfüllt.

7. Geologische Bewertung der DK II-Bestandsfläche

7.1 Bewertung Archivunterlagen

Zur Bewertung der geologischen Barriere im Bereich der bestehenden DK II-Deponie werden Archivunterlagen zur Erkundung der DK II-Bestandsfläche sowie Erkundungen zu umliegenden Flächen herangezogen. Die verwendeten Unterlagen sind:

1. Archivunterlagen zur
 - Standorterkundung der DK II-Bestandsfläche /7/, /8/
 - Dichtigkeitsprüfung von Abdichtungsschichten /8/, /9/
 - Konformitätsuntersuchung zum Weiterbetrieb der Deponie nach dem 15.07.2009 /23/, /24/

2. Erkundungsergebnisse zu umliegenden Flächen der
 - DK 0-Deponie /25/, /28/
 - geplanten DK II-Deponieerweiterung (Kapitel 6)

Die geologischen Verhältnisse aus den unterschiedlichen Untersuchungen werden im Folgenden erläutert und auf die aktuelle Bewertung der Bestandsfläche übertragen.

7.1.1 Standorterkundung der DK II-Bestandsfläche

Zur Standorterkundung der aktuell genutzten DK II-Fläche liegen /7/ und /8/ vor.

/7/ beschreibt die Erkundung der Deponiefläche durch insgesamt fünf Kernbohrungen. In den ca. 10 m tiefen Bohrungen B 01 und B 02 wurden insgesamt zehn Sickersversuche zur Ermittlung der Gesteinsdurchlässigkeit durchgeführt. Eine Zuordnung der hydraulischen Durchlässigkeit zu untersuchten Tiefen ist nicht aufgeführt. Die Auswertung der Sickersversuche beschreibt k_f -Werte zwischen $3,3 \times 10^{-6}$ und $1,1 \times 10^{-7}$ m/s. Die Lage der Kernbohrung B 02 ist im Lageplan in Anlage 2.1 ersichtlich.

An den Grundwassermessstellen B 1 - B 3 wurden Kurzpumpversuche durchgeführt. Die Grundwassermessstellen B 1 und B 2 entsprechen den heute vorhandenen Messstellen. Sie sind bis in eine Tiefe von 31 m unter GOK ausgebaut. Die aus den Pumpversuchsergebnissen ermittelten k_f -Werte liegen zwischen $6,4 \times 10^{-6}$ und $8,1 \times 10^{-8}$ m/s und damit in der gleichen Größenordnung, der aus den Sickersversuchen gewonnenen Daten.

Eine hydraulische Durchlässigkeit $\leq 1 \times 10^{-9}$ m/s wurde in keiner der Untersuchungen erreicht. Die Auswertung der Ergebnisse zeigen, dass auch die 1984 geforderte Durchlässigkeit von $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s nicht erreicht wird. Es wird auf entsprechende bodenmechanische Maßnahmen verwiesen, damit die Anforderungen der geltenden Deponierichtlinien erfüllt werden.

/8/ wurde als Ergänzung zum Gutachten /6/ erstellt. Das bodenmechanische Gutachten prüft die lückenlose Abdeckung der Deponiefläche mit tonigem Material mit einer Mindestmächtigkeit von 0,6 m und $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s. Zur Erkundung wurden auf der Deponiefläche 11 Schürfe ausgeführt. Die Lage der Schürfe und zugehörige Durchlässigkeiten sind im Lageplan in Anlage 2.1 eingezeichnet. Insgesamt wurden an 17 ungestörten und gestörten Bodenproben Laborversuche durchgeführt, um Bodenkennwerte in ausreichender Zahl zu erhalten.

In ungestörten Bodenproben der Lehmschicht wurden Durchlässigkeiten zwischen $1,1 \times 10^{-8} \leq k_f \leq 4,1 \times 10^{-11}$ m/s durch Laborversuche ermittelt.

In Versuche an ungestörten Tonmergelproben wurden Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $1,2 \times 10^{-7} \leq k_f \leq 6,4 \times 10^{-9}$ m/s ermittelt.

Die Ergebnisse beschreiben aufgrund der durchgeführten Laborversuche, dass die Lehme und Verwitterungslehme im natürlichen Zustand einen k_f -Wert $< 1 \times 10^{-8}$ m/s haben, im oberflächennahen Bereich verursachen Wurzelröhren und Wurmlöcher größere Durchlässigkeitswerte. Somit kann festgestellt werden, dass in den verwitterten Tonmergeln flächendeckend ein Durchlässigkeitsbeiwert von 1×10^{-8} m/s nicht erreicht wird.

Es wurde in /8/ empfohlen, im Zentralbereich der Deponiefläche auf der gesamten Sohle und den Flanken eine Dichtungsschicht von 60 cm Mächtigkeit aufzubringen.

Die Ergebnisse der Gutachten /7/ und /8/ zeigen, dass die 1984 geforderte Durchlässigkeit der geologischen Barriere von 1×10^{-8} m/s nicht flächendeckend erreicht wird. In beiden Gutachten werden geotechnische Verbesserungsmaßnahmen zur Einhaltung der Durchlässigkeit der geologischen Barriere empfohlen.

In /8/, /9/ werden die Durchführung und Prüfung der auf der DK II-Deponiefläche durchgeführten geotechnischen Verbesserungsmaßnahmen der geologischen Barriere beschrieben. Über die Bestandsfläche werden Durchlässigkeiten von $1,1 \times 10^{-9}$ m/s bis $1,4 \times 10^{-11}$ m/s erreicht. Für den ersten Ausführungsabschnitt beträgt die Durchlässigkeit im Mittel $3,0 \times 10^{-10}$ m/s.

7.1.2 Gleichwertigkeitsgutachten zum Weiterbetrieb der Deponie nach dem 15.07.2009

In den Jahren 2007 und 2008 wurde die geologische Barriere hinsichtlich der Gleichwertigkeit zum Regelabdichtungssystem zum Weiterbetrieb der Deponie nach dem 15.07.2009 überprüft /15/, /16/.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Begutachtung aus dem Jahr 2007 /15/ bzw. 2008 /16/ zusammengefasst:

- Sickerversuche in Bohrungen haben k_f -Werte 10^{-6} m/s $\leq k_f \leq 10^{-8}$ m/s ergeben
- Für den obersten Meter der geologischen Barriere wird die Anforderung $k_f \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s nur annähernd erfüllt.
- Im Untergrund der Deponie werden gering durchlässige, tonige Schichten mit einer Mächtigkeit von 30 m nachgewiesen.
- Auffällig ist die geringe Ergiebigkeit der Grundwassermessstellen bei der Probenahme für die Deponieüberwachung.

- Es besteht eine Abweichung vom Regelaufbau nach DepV DK II, da keine Kunststoffdichtungsbahn (KDB) vorhanden ist.
- eine gleichwertige Kombination von Systemkomponenten aus einer besseren Qualität der geologischen Barriere in Kombination mit der mineralischen Basisabdichtung und der Wirkung der Grenzschicht zwischen mineralischer Dichtung und Entwässerungsschicht als „Biomembran“ ist lt. damaliger Begutachtung vorhanden.
- Die Begründung für den Weiterbetrieb im Jahr 2007 bestand in der „besonderen Qualität“ der geologischen Barriere.

Zur abschließenden Bewertung der Begutachtung in /23/ wurde ein Gutachten zum Schadstofftransport /24/ erstellt. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass *„durch die Barrieren an der Basis der Deponie Rothmühle (mineralische Basisabdichtung + außergewöhnlich mächtige geologische Barriere) der dauerhafte Schutz des Bodens und Grundwassers in gleicher Weise erreicht wird, wie mit dem Regelsystem für DK II gemäß DepV. Damit sind hinsichtlich der geologischen Barriere und des Basisabdichtungssystems die Voraussetzungen für einen unbefristeten Weiterbetrieb der Deponie Rothmühle als Deponie der Deponieklasse II erfüllt“* (kursiv: Zitat aus /24/).

Die Begutachtung wurde vor Inkrafttreten der Deponieverordnung (DepV) vom 27.04.2009 erstellt.

7.2 Bewertung Umfeld DK II-Bestandsdeponie

Im Umfeld der bestehenden DK II-Deponie wurden Untersuchungen im Rahmen von Deponieerweiterungen durchgeführt. Die untersuchten Flächen grenzen südwestlich und nordöstlich an die DK II-Fläche an.

Erweiterungsfläche DK 0-Deponie

Zur Erweiterung der DK 0-Deponie wurden im Jahr 2015 Untersuchungen zur Beurteilung der Aufstandsflächen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in /25/ und /28/ beschrieben und ausgewertet. Die beurteilten Flächen grenzen südlich und südöstlich an die bestehende DK II-Fläche. Die untersuchte Fläche ist im Lageplan in Anlage 2.1 gekennzeichnet.

Zur Untersuchung wurden auf der Fläche insgesamt sieben Schürfe angelegt. Zusätzlich wurden acht ungestörte Bodenproben entnommen, an denen Laborversuche

durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Schürfe zeigen, dass unter wenigen Dezimeter mächtigen Mutterboden/Lösslehmschichten die Myophorienschichten des Mittleren Keuper anstehen. Die Keupertone sind teilweise stark verwittert. Im Bereich der Talmulde wurden zudem abgeschwemmte, stark tonige, quartäre Lehme erkundet. Anhand der Ergebnisse der Baggerschürfe ist eine geologische Barriere > 1 m Mächtigkeit nachgewiesen. Bis in eine Erkundungstiefe von 1,6 m unter Gelände wurde kein Grundwasser angetroffen.

Die Laboruntersuchungen der ungestörten Bodenproben aus einer Tiefe von maximal 0,25 m unter Gelände zeigen einen mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von 5×10^{-10} m/s. Das Material setzt sich aus 10 - 60 % Ton mit Restbestandteilen von Schluff, Sand und Kies zusammen. Der Tongehalt liegt im Mittel bei 20 - 30 %.

In /28/ sind die Schichtenverzeichnisse der auf dem Gelände abgeteuften Pegelbohrungen gezeigt. Die insgesamt neun Pegelbohrungen wurden in Tiefen zwischen 25,5 - 31 m unter GOK abgeteuft.

In allen Bohrungen sind unter einer geringmächtigen Mutterbodenauflage und Lösslehm/Lehmen die Gesteine des Mittleren Keuper bis zur Endtiefe aufgeschlossen. Unter den quartären, durch Verwitterung gebildeten Lösslehm/Lehmen folgen in fast allen Bohrungen un- bis mäßig verwitterte Tonsteine. Eine Ausnahme bildet Bohrung B 3b, bei der unter den quartären Ablagerungen Feinsandsteine und Schluffsteine angesprochen sind.

Erkenntnisse zur aktuellen Beurteilung:

- Geologische Barriere > 1 m Mächtigkeit nachgewiesen
- Durchlässigkeitsbeiwerte der quartären Abdeckung im Bereich von 5×10^{-10} m/s
- Mittlerer Tonanteil des Materials 20 - 30 % (maximal 60 %)
- Südlich DK II-Deponie bis 1,6 m unter GOK kein Grundwasser
- Tonsteine des Mittleren Keuper bilden Festgestein über gesamte Deponiefläche, Mächtigkeit > 25 bzw. 31 m

Erweiterungsfläche DK II-Deponie

Zur geplanten Erweiterung der DK II-Deponie in nordöstlicher Richtung wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse der Untergrunderkundungen und Beurteilung zur geologischen Barriere sind in Kapitel 6 beschrieben. Die ermittelten Durchlässigkeitswerte sind im Lageplan in Anlage 2.1 eingetragen.

7.3 Geologische Bewertung der Bestandsfläche

Die aktuelle Bewertung der geologischen Deckschichten in der Aufstandsfläche der bestehenden DK II-Deponie wird auf Grundlage der beschriebenen Erkundungen und Ergebnisse vorgenommen.

Im Bereich der DK 0-Erweiterung weist die geologische Barriere mit einer Mächtigkeit von > 1 m und Durchlässigkeitsbeiwerten der quartären Abdeckung im Bereich von 5×10^{-10} m/s die Kriterien der Deponieverordnung zu einer DK II-Deponie auf. Auch ist mit einem Flurabstand des Grundwassers von mehr als 1,6 m die Vorgabe von > 1 m eingehalten.

Die nordöstlich angrenzende, geplante Erweiterungsfläche erfüllt das Kriterium zum Abstand des Grundwassers zur Planumsfläche. Die durch die Deponieverordnung geforderten Durchlässigkeiten $\leq 1 \times 10^{-9}$ m/s werden in diesem Bereich nicht flächenhaft und in unterschiedlichen Tiefen erreicht.

Zur geologischen Barriere im Bereich der DK II-Bestandsfläche können auf Grundlage der Archivunterlagen keine neuen Ergebnisse ermittelt werden.

Die Erkundungen der Aufstandsfläche im 1. BA beschreiben hydraulische Durchlässigkeiten im Bereich von $1,2 \times 10^{-7} \leq k_f \leq 4,1 \times 10^{-11}$ m/s.

Aufgrund dieser zu großen Durchlässigkeit wurden Ertüchtigungsmaßnahmen ausgeführt, die flächig Durchlässigkeiten $8,7 \times 10^{-10} \leq k_f \leq 4,2 \times 10^{-11}$ m/s über eine Mächtigkeit von 60 cm herstellen. Diese ertüchtigten Schichten sind auch heute noch im Bestandsbereich vorhanden.

Die Untersuchungen im Jahr 2007 und 2008 beschreiben die Ergebnisse der ursprünglichen Erkundung der DK II-Deponie. Die Anforderung $\leq 1 \times 10^{-9}$ m/s ist nur annähernd erfüllt. Da im Untergrund der Deponie nur gering durchlässige, tonige

Schichten mit einer Mächtigkeit von 30 m nachgewiesen sind, ist ein Betrieb aufgrund der „besonderen Qualität“ der geologischen Barriere auch nach 2009 erlaubt.

Auf dieser Grundlage können keine neuen Erkenntnisse zur geologischen Barriere im Bereich der Bestandsdeponie gewonnen werden. Die geologischen Eigenschaften sind, wie in /7/, /8/, /9/, /15/, /16/ beschrieben, vorhanden.

8. Geotechnische und umwelttechnische Bewertung Erweiterungsfläche

8.1 Umwelttechnische Bewertung

8.1.1 Analysenergebnisse

DepV Anhang 3, Tabelle 2

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus den Auffüllungen sowie des natürlichen Untergrundes sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle wird die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung sowie die Überschreitungen der Richtwerte für einzelne Verwendungsarten als Deponieersatzbaustoff gemäß DepV Anhang 3, Tabelle 2 (2009) /1/ dargestellt.

**Tabelle 10: Orientierende Einstufung der Wiederverwertbarkeit der Aus-
 hubmaterialien nach DepV Anhang 3, Tabelle 2**

Aufschluss (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende Einstufung nach DepV				
		Geologische Barriere (Spalte 4)	DK 0 (Spalte 5)	DK I (Spalte 6)	DK II (Spalte 7)	DK III (Spalte 8)
Sch 1 (1,8 – 2,8 m)	Natürlicher Untergrund: Tonstein Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,5 %)²	Glühverlust (4,5 %)²	Glühverlust (4,5 %)²	--	--
Sch 2 (0,3 – 0,8 m)	Natürlicher Untergrund: Lösslehm Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,1 %)²	Glühverlust (4,1 %)²	Glühverlust (4,1 %)²	--	--
Sch 2 (0,8 – 1,4 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, tonig, kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,6 %)²	Glühverlust (4,6 %)² (pH (E) 9,19)¹	Glühverlust (4,6 %)²	--	--
Sch 2 MP 1 (1,4 – 3,5 m)	Natürlicher Untergrund: Tonstein und Schluff, tonig, kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,6 %)²	Glühverlust (4,6 %)²	Glühverlust (4,6 %)²	--	--
Sch 3 (0,3 – 0,55 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, tonig, schwach feinsandig, Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,9 %)²	Glühverlust (4,9 %)²	Glühverlust (4,9 %)²	--	--
Sch 3 (0,55 – 0,8 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,9 %)²	Glühverlust (4,9 %)²	Glühverlust (4,9 %)²	--	--
Sch 4 (0,3 – 1,1 m)	Auffüllung: Schluff, tonig, kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (5,3 %)³	Glühverlust (5,3 %)³	Glühverlust (5,3 %)³	Glühverlust (5,3 %)³	Glühverlust (5,3 %)³
Sch 4 MP 2 (1,1 – 2,8 m)	Natürlicher Untergrund: Tonstein und Schluff, tonig, kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (5,0 %)²	Glühverlust (5,0 %)² (pH (E) 9,13)¹	Glühverlust (5,0 %)²	--	--
Sch 5 (0,2 – 0,7 m)	Auffüllung: Schluff, tonig, schwach feinsandig, 5% Humus Fremdbestandteile: <1% Ziegel	Glühverlust (5,6 %)³	Glühverlust (5,6 %)³	Glühverlust (5,6 %)³	Glühverlust (5,6 %)³	Glühverlust (5,6 %)³

Aufschluss (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende Einstufung nach DepV				
		Geologische Barriere (Spalte 4)	DK 0 (Spalte 5)	DK I (Spalte 6)	DK II (Spalte 7)	DK III (Spalte 8)
Sch 5 (1,0 – 2,0 m)	Natürlicher Untergrund: Tonstein und Schluff, tonig, kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (5,0 %) ²	Glühverlust (5,0 %) ² (pH (E) 9,2) ¹	Glühverlust (5,0 %) ²	--	--
Sch 6 (0,3 – 0,8 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, tonig, kiesig, schwach feinsandig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,3 %) ²	Glühverlust (4,3 %) ²	Glühverlust (4,3 %) ²	--	--
Sch 11 (0,2 – 0,6 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, tonig, schwach feinsandig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (4,0 %) ²	Glühverlust (4,0 %) ²	Glühverlust (4,0 %) ²	--	--
Sch 11 (0,6 – 1,1 m)	Natürlicher Untergrund: Tonstein und Schluff, tonig, kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (5,3 %) ²	Glühverlust (5,3 %) ²	Glühverlust (5,3 %) ²	--	--
KB 1 MP3 (0,1 – 3,0 m)	Auffüllung: Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach kiesig Fremdbestandteile: keine	Glühverlust (3,5 %) ²	Glühverlust (3,5 %) ²	Glühverlust (3,5 %) ²	--	--

E: Eluat; --: keine Richtwertüberschreitung

DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV); Stand 27.09.2017

¹: Bei der chemischen Untersuchung der Laborprobe wurde ein pH-Wert im Eluat entsprechend des Zuordnungswertes DK 0 gemäß DepV Anhang 3.2, Tabelle 2 (2009) festgestellt. Dies stellt nach Fußnote 8 „kein Ausschlusskriterium dar. Bei Über- oder Unterschreitung ist die Ursache zu prüfen. [...]“

²: Bei der Untersuchung der Laborproben wurde ein Glühverlust > Richtwert DK I gemäß DepV Anhang 3, Tabelle 2 festgestellt. Nach Fußnote 2 gilt: „Nummer 1.01 [Glühverlust] kann gleichwertig zu Nummer 1.02 [TOC] angewandt werden.“ Da hinsichtlich des TOC keine Richtwertüberschreitung besteht, ist der Glühverlust in diesem Fall als nicht einstufigsrelevant zu bewerten.

³: Bei der Untersuchung der Laborproben wurde ein Glühverlust > Richtwertes DK II gemäß DepV Anhang 3.2, Tabelle 2 (2009) festgestellt. Nach Fußnote 2 gilt: „Nummer 1.01 [Glühverlust] kann gleichwertig zu Nummer 1.02 [TOC] angewandt werden.“ Da hinsichtlich des TOC keine Richtwertüberschreitung besteht, ist der Glühverlust in diesem Fall als nicht einstufigsrelevant zu bewerten.

8.1.2 Orientierende Bewertung

Einstufung in Deponieklassen

Der durch die Misch-/Einzelproben

- Sch 1 (1,8 - 2,8 m)
- Sch 2 (0,3 - 0,8 m)
- Sch 2 (0,8 - 1,4 m)
- Sch 2 MP 1 (1,4 - 3,5 m)
- Sch 3 (0,3 - 0,55 m)
- Sch 3 (0,55 - 0,8 m)
- Sch 4 MP 2 (1,1 - 2,8 m)
- Sch 5 (1,0 - 2,0 m)
- Sch 6 (0,3 - 0,8 m)
- Sch 11 (0,6 - 1,1 m)

charakterisierte natürliche Untergrund und die Auffüllungen von MP 3 KB 1 (0,1 - 3,0 m) wäre wegen des erhöhten Glühverlustes gemäß Deponieverordnung (DepV) orientierend als **DK II-Material (Spalte 7, DepV Anhang 3.2 Tabelle 2)** einzustufen. Materialien der Deponieklasse II (DK II) sind für die Ablagerung auf „oberirdischen Deponien für nicht gefährliche Abfälle“ geeignet.

Die Auffüllungen von Sch 4 (0,3 – 1,1 m) und Sch 5 (0,2 – 0,7 m) wären wegen des erhöhten Glühverlustes gemäß Deponieverordnung (DepV) orientierend als **DK III-Material (Spalte 8, DepV Anhang 3.2 Tabelle 2)** einzustufen. Materialien der Deponieklasse III (DK III) sind für die Ablagerung auf „oberirdischen Deponien für nicht gefährliche und gefährliche Abfälle“ geeignet.

Da TOC und Glühverlust gemäß DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Fußnote 2 alternativ zur Beurteilung des organischen Anteiles herangezogen werden können, ist der Glühverlust in diesen Fällen als nicht einstufigsrelevant zu bewerten.

Da an keiner Laborprobe erhöhte TOC-Anteile festgestellt wurden, bestehen deswegen hinsichtlich des organischen Anteils des Trockenrückstandes der Originalsubstanz keine Einschränkungen hinsichtlich des geplanten Einsatzbereiches als Deponeiersatzbaustoff.

Die erhöhten pH-Werte im Eluat im natürlichen Untergrund von Sch 2 (0,8 – 1,4 m), Sch 4 MP2 (1,1 – 2,8 m) und Sch 5 (1,0 – 2,0 m) sind aus gutachterlicher Sicht nicht einstufigsrelevant, da gemäß Deponieverordnung (DepV) Anhang 3.2 Tabelle 2 (2009) abweichende pH-Werte allein kein Ausschlusskriterium darstellen, sondern die Ursache zu prüfen ist. Die Ursache für erhöhte pH-Werte in den Proben liegt nach gutachterlicher Einschätzung im geogen erhöhten pH-Hintergrundwert des natürlichen Untergrundes (Tonstein bzw. Decklehm). Die Relevanz der pH-Werte für die geplanten Einsatzmaßnahmen der potentiellen Deponiersatzbaustoffe vor Ort ist vor Durchführung der Einbaumaßnahme mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen. Da der Wiedereinbau der Materialien vor Ort in vergleichbaren Tiefenregionen erfolgen soll, ist der erhöhte pH-Wert aus gutachterlicher Sicht als nicht relevant zu bewerten.

Verwertung als Deponiersatzbaustoff

Anhand der vorliegenden Analysenergebnisse sind alle durch die 14 Materialproben charakterisierten Aushubmaterialien orientierend aus umwelttechnischer Sicht zum Einsatz als Deponiersatzbaustoff für die Ertüchtigung der geologischen Barriere (DK 0 bis DK III) geeignet.

Dies umfasst für DK II Deponien die folgenden Einsatzbereiche:

- **Geologische Barriere**
 - Technische Maßnahmen zur Schaffung, Vervollständigung oder Verbesserung der geologischen Barriere

- **Basisabdichtungssystem**
 - Mineralische Abdichtungskomponente
 - Schutzlage/Schutzschicht
 - Mineralische Entwässerungsschicht

- Deponietechnisch notwendige Baumaßnahmen im Deponiekörper (z. B. Trenndämme, Fahrstraßen, Gaskollektoren), Profilierung des Deponiekörpers sowie Ausgleichsschicht und Gasdränschicht des Oberflächenabdichtungssystems bei Deponien oder Deponieabschnitten, die
 - alle Anforderungen an die geologische Barriere und das Basisabdichtungssystem nach DepV, Anhang 1 einhalten
 - mindestens alle Anforderungen an die geologische Barriere oder an das Basisabdichtungssystem nach DepV, Anhang 1 einhalten
 - weder die Anforderungen an die geologische Barriere noch die Anforderungen an das Basisabdichtungssystem nach DepV, Anhang 1 vollständig einhalten

- **Oberflächenabdichtungssystem**
 - Mineralische Abdichtungskomponente

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.

8.2 Geotechnische Bewertung

Für die Herstellung der künstlichen geologischen Barriere wird empfohlen, das Material der darüber liegenden Basisabdichtung zu beproben. Wird ein k_f -Wert $\leq 5 \times 10^{-10}$ erreicht, ist nach DepV eine Mächtigkeit der geologischen Barriere von 0,5 m ausreichend.

Sowohl für die Ertüchtigung der geologischen Barriere, als auch für die Basisabdichtung kann das Aushubmaterial (Decklehme, Tonsteine) genutzt werden. Da der Aushub überwiegend aus Tonstein besteht sind an den Einbau des Materials höhere Anforderungen an die Qualität und Durchführung der Verdichtung als auch die Überwachung zu stellen.

Aus geotechnischer Sicht ist der Einbau der Tonsteine anspruchsvoll, da beim unsachgemäßen Einbau Hohlräume in der Auffüllung verbleiben, die langfristig zu großen Sackungsbeträgen sowie hohen Durchlässigkeiten führen. Um die Anforderungen nach DepV einhalten zu können, empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

- Aushubmaterial nach Decklehmen und Tonsteinen separieren
- Aushubmaterial auf einem externen Mischfeld aufbringen (Mischungsverhältnis Decklehme/Tonsteine \geq ca. 1/3)
- Mehrfaches Fräsen der unverdichteten Lage und evtl. Einarbeiten von Bentonit
- Einbau in Lagen mit maximal ca. 25 cm unverdichteter Schüttstärke.
- Verdichtung der eingebrachten Lagen auf $\geq 1,0 D_{pr}$,

An die Verdichtung gelten folgende Anforderungen:

$$\begin{aligned} D_{pr} &\geq 1,0 \\ n_a &\leq 0,12 \\ k_f &\leq 5 \times 10^{-10} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Ein Verdichtungsnachweis mit statischen oder dynamischen Lastplattendruckversuchen ist ausgeschlossen.

Da vor Ort in mehreren Konstellationen getestet werden muss, wieviel Fräs- und Verdichtungsgänge erforderlich sind und welche Reihenfolge eingehalten werden muss, ist das Anlegen von Probefeldern auf einer Größe von 15,0 m x 6,0 m unabdingbar.

Eventuell ist zur Aufbereitung der Tonsteine die Zugabe von Bentoniten und Wasser erforderlich. Vorab gehen wir davon aus, dass eine ausreichende Dichtigkeit durch die Anpassung des Mischungsverhältnis Decklehme/Tonsteine zu erzielen ist. Sollte dies durch die Versuche in den Probefeldern nicht nachzuweisen sein, wird die Zugabe von Bentonit erforderlich. Wir schätzen die maximale Zugabemenge an Bentonit auf ca. 2 Gew. %. Ob und wieviel Wasser erforderlich ist, hängt von den Witterungsverhältnissen zum Bauzeitpunkt ab und kann nur zum Zeitpunkt der Ausführung mit Probefeldern getestet werden.

Aufgrund der erhöhten Anforderungen empfehlen wir dringend die konkretisierenden Anforderungen an zu verdichtende Deponieabdichtungskomponenten aus natürlichen, mineralischen Materialien gemäß LfU-Deponie-Info Merkblatt 1 zu berücksichtigen.

9. Zusammenfassung

9.1 Geologische Bewertung Erweiterungsfläche

Die Erkundungen und Untersuchungen im Bereich der geplanten DK II-Erweiterungsfläche zeigen, dass die geforderte Durchlässigkeit der geologischen Barriere von 1×10^{-9} m/s nicht flächendeckend eingehalten wird.

Die Ausführung von Ertüchtigungsmaßnahmen zur Herstellung der geforderten Durchlässigkeit zum Betrieb einer DK II-Deponie ist notwendig. Durch entsprechende Ertüchtigungsmaßnahmen kann die Mächtigkeit der Funktionsschicht auf 0,5 m reduziert werden, wenn eine hydraulische Durchlässigkeit der künstlichen, geologischen Barriere $k_f \leq 10^{-9}$ m/s flächendeckend nachgewiesen wird.

9.2 Geologische Bewertung Bestandsfläche

Zur geologischen Bewertung der DK II-Bestandsfläche können auf Grundlage der Archivunterlagen keine neuen Erkenntnisse beschrieben werden. Zum Betrieb der Bestandsfläche wurden auf Grundlage der Erkundungen Verbesserungsmaßnahmen ausgeführt. Diese haben bis heute Bestand.

Die Beurteilung der geologischen Barriere zum Betrieb einer DK I-/DK II-Deponie im Überschneidungsbereich ist durch eine Fachbehörde auszuführen.

9.3 Umwelt- und geotechnische Bewertung

9.3.1 Umwelttechnische Untersuchungen

Alle im Zuge der umwelttechnischen Untersuchungen analysierten Boden-/Materialproben sind für den Einsatz als Deponieersatzbaustoff zur Ertüchtigung der geologischen Barriere sowie den weiteren in Kapitel 8.1.2 aufgeführten Einsatzbereichen geeignet. Aus umwelttechnischer Sicht bestehen somit hinsichtlich der untersuchten Materialien keine Einschränkungen zur Verwertung dieser Materialien zur Ertüchtigung der geologischen Barriere.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.

9.3.2 Geotechnische Untersuchungen

Wie in Kapitel 8.2 beschrieben, werden Maßnahmen erforderlich, um die geologische Barriere künstlich zu erzeugen. Zur Ertüchtigung der geologischen Barriere kann bei entsprechender Aufbereitung das bei der Herstellung der Deponie anfallende Aushubmaterial verwendet werden.



Dr.-Ing. H.-J. Franke
(Geschäftsführer)



Dipl.-Geogr. E. Ehrt
(Projektleiter Umwelttechnik)

Verteiler: Landratsamt Schweinfurt, Herrn Orzol (3x Schriftform, 1x digital)