

# **Anhang 9**

## **Bericht zur Dimensionierung der Geologischen Barriere**

**Umtec**



**Prof. Biener I  
Sasse I Konertz**

**Partnerschaft  
Beratender Ingenieure  
und Geologen mbB**

# **Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg**

## **Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

erstellt im Auftrag der

**Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG)**

durch

**Umtec  
Prof. Biener I Sasse I Konertz  
Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB**

März 2022

Partner  
**Dipl.-Ing. Torsten Sasse  
Dr. Klaus Konertz  
Dipl. -Geol. Christoph Meyer  
Dr. Tobias von Mücke**

Haferwende 7  
28357 Bremen  
Telefon  
042120 75 9-0  
Telefax  
042120 75 9-999  
info@umtec-partner.de  
www.umtec-partner.de



**Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

**Inhaltsverzeichnis**

Kapitel		Seite
1	Veranlassung	1
2	Unterlagenverzeichnis	2
3	Regelanforderungen und Beschreibung der Systematik zur Dimensionierung	3
4	Dimensionierung und Darstellung der Arbeitsergebnisse	7
4.1	Schritt 1: Dimensionierung auf Basis der Wasserdurchlässigkeit	7
4.2	Schritt 2: Dimensionierung auf Basis des Schadstoffrückhaltevermögens	7
5	Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse	9
6	Literatur	12

**Anlagenverzeichnis**

**Anlage 1 Dimensionierung im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit**

**Anlage 2 Dimensionierung im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen**

## **Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

### **1 Veranlassung**

Bei der Planung der Basisbauabschnitt BA 7/8 Süd und BA 7 West ist die Ausbildung der geologischen Barriere zu beachten. Zur Beurteilung der vorhandenen geologischen Barriere wurden im Dezember 2017 bis April 2018 Untergrunderkundungen im Bereich der benannten Basisbauabschnitte durchgeführt. Gemäß den dokumentierten Ergebnissen (siehe nachfolgendes Unterlagenverzeichnis in Kap. 2) sind hierbei vergleichbar den Ergebnissen aus dem Bau der benachbarten Bauabschnitte 7.1-7.4 und 8.5 bis 8.7 im Bereich der in der Regel 5 m mächtigen geologischen Barriere im Fein- bis Mittelsande in Form von Sandlinsen mit erhöhten Wasserundurchlässigkeiten vorhanden. Dies gilt hierbei für den Basisbauabschnitt BA 7/8 Süd, währenddessen im BA 7 West keine entsprechenden Sandlinsen in relevanten Tiefenlagen angetroffen wurden.

Es gilt daher zu bewerten, ob und in welchem Umfang technische Ergänzungen entsprechend den Regelungen der Deponieverordnung im BA 7/8 Süd notwendig sind.

Vor diesem Hintergrund erfolgte im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG) durch die Umtec I Prof. Biener I Sasse I Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB auf Basis bisher für den Standort existierender Untersuchungsergebnisse zunächst im Januar 2018 eine Grobdimensionierung der Technischen Maßnahmen zur Verbesserung der Geologischen Barriere. Nach Vorlage der Erkundungsergebnisse im Aufstandsbereich der BA 7/8 Süd kann diese Grobdimensionierung nunmehr konkretisiert werden. Die Ergebnisse dieser Konkretisierung unter Beachtung der Vorlage der Ergebnisse aus den Untergrunderkundungen und den darauf aufbauenden Laborversuchen werden nachfolgend beschrieben und das planerische Konzept der Geologischen Barriere im Bereich des BA 7/8 Süd dargelegt.

## **Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

### **2 Unterlagenverzeichnis**

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Kurzberichtes standen die nachfolgend aufgelisteten Unterlagen im Wesentlichen zur Verfügung:

- [1] Gutachterliche Stellungnahme zu den Baugrundverhältnissen und zur mineralischen Abdichtung für die Bauabschnitte 7.1-7.4 und 8.5-8.7 der Deponie Ihlenberg; erstellt im Auftrag der IAG durch Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittdorf, Lübeck; 12.12.2008
- [2] Untersuchungsbericht Fremdüberwachung für mineralische Baustoffe beim Ausbau für die Bauabschnitte 7.1-7.4 und 8.5-8.7 der Deponie Ihlenberg; erstellt im Auftrag der IAG durch Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittdorf, Lübeck; 14.10.2009
- [3] Eignungsprüfung zum Material der mineralischen Dichtung für die Multifunktionelle-Abdichtung (MFA) der Deponie Ihlenberg, BA 1; erstellt im Auftrag der Heilit Umwelttechnik GmbH durch upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH, Rostock; 21. Juni 2012
- [4] Deponie Ihlenberg, Basisergänzung BA 7/8 Süd, Bericht zur Grobdimensionierung der Geotechnischen Barriere; erstellt im Auftrag der IAG durch Umtec I Prof. Biener I Sasse I Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen; 10. Januar 2018
- [5] Deponie Ihlenberg, Basisergänzung BA 7/8 Süd, Mantelbericht zur Grundlagenermittlung und Vorplanung; erstellt im Auftrag der IAG durch Umtec I Prof. Biener I Sasse I Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen; 17. Mai 2018
- [6] Deponie Ihlenberg – Eignungsprüfung, Mineralische Komponenten der Oberflächenabdichtung- und Basisabdichtung von Deponien, Mineralische Dichtung, Material MD 1, Deponie Ihlenberg; erstellt im Auftrag der IAG durch Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittdorf, Lübeck; 17. Mai 2018
- [7] Deponie Ihlenberg – Eignungsprüfung, Mineralische Komponenten der Oberflächenabdichtung- und Basisabdichtung von Deponien, Mineralische Dichtung, Material MD 2, Deponie Ihlenberg; erstellt im Auftrag der IAG durch Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittdorf, Lübeck; 17. Mai 2018
- [8] Deponie Ihlenberg – Basisbauabschnitt BA 7/8 Süd, Geotechnischer Untersuchungsbericht; erstellt im Auftrag der IAG durch Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittdorf, Lübeck; 23. Mai 2018
- [9] Deponie Ihlenberg – Basisbauabschnitt BA 7 West, Geotechnische Standortuntersuchung für den Bereich der temporären Reifenwäsche West; erstellt im Auftrag der IAG durch Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittdorf, Lübeck; 18. Juni 2018



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

### 3 Regelanforderungen und Beschreibung der Systematik zur Dimensionierung

Die Anforderungen an die materielle Ausbildung der geologischen Barriere sind im Anhang 1 der Deponieverordnung /1/<sup>1</sup> und der dortigen Nr. 1.2 beschrieben. Hier heißt es (Zitat):

*„Der Untergrund einer Deponie muss folgende Anforderungen erfüllen:*

1. Der Untergrund muss sämtliche bodenmechanischen Belastungen aus der Deponie aufnehmen können, auftretende Setzungen dürfen keine Schäden am Basisabdichtungs- und Sickerwassersammelsystem verursachen.
2. Der Untergrund der Deponie und der im weiteren Umfeld soll auf Grund seiner geringen Durchlässigkeit, seiner Mächtigkeit und Homogenität sowie seines Schadstoffrückhaltevermögens eine Schadstoffausbreitung aus der Deponie maßgeblich behindern können (Wirkung als geologische Barriere), sodass eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder sonstige nachteilige Veränderung seiner Beschaffenheit nicht zu besorgen ist.
3. Die Mindestanforderungen an die Wasserdurchlässigkeit (k) und Dicke (d) der geologischen Barriere gemäß Ziffer 2 ergeben sich aus Tabelle 1 Nummer 1. Erfüllt die geologische Barriere in ihrer natürlichen Beschaffenheit nicht diese Anforderungen, kann sie durch technische Maßnahmen geschaffen, vervollständigt oder verbessert werden. Im Fall von Satz 2 kann die Dicke (d) auf eine Mindestdicke von 0,5 Meter reduziert werden, wenn über eine entsprechend geringere Wasserdurchlässigkeit die gleiche Schutzwirkung wie nach Satz 1 erzielt wird.
4. Abweichend von Ziffer 2 gilt bei einer Deponie, die über keine geologische Barriere gemäß Ziffer 2 verfügt, die Ziffer 3 Satz 2 mit der Maßgabe, dass die technischen Maßnahmen in der Mindestdicke nach Tabelle 1 Nummer 1 ausgeführt werden.“

Die besagte Tabelle 1 weist für die hier gegebene Deponieklasse III eine Dicke (d) von  $\geq 5,0$  m und eine Wasserdurchlässigkeit (k) von  $\leq 1 \times 10^{-9}$  m/s aus.

---

<sup>1</sup> Die in Schrägstrichen gesetzten Ziffern, z.B. /1/, beziehen sich auf das Literaturverzeichnis in Kap. 6.



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

Im Fall der Basisherstellung im BA 7/8 Süd befinden sich entsprechend den Darstellungen im Geotechnischen Untersuchungsbericht [8]<sup>2</sup> die angetroffenen Sandlinsen<sup>3</sup> innerhalb eines Geschiebemergels. Der Geschiebelehm bzw. -mergel (kalkhaltig) weist gemäß den Ergebnissen in [8] Wasserdurchlässigkeiten zwischen  $k = 2,2 \times 10^{-10}$  m/s und  $k = 4,3 \times 10^{-11}$  m/s (14 Laborversuche an ungestörten entnommenen Bodenproben) auf. Aus der Qualitätsüberwachung der realisierten benachbarten Bauabschnitte [1], [2] wurden an einer Vielzahl von Proben Wasserdurchlässigkeiten von  $k < 1 \times 10^{-9}$  m/s sowie Schichtmächtigkeiten des Geschiebemergels unterhalb der Aufstandsfläche der Basisbauabschnitt von  $> 5$  m festgestellt Lokale Ausnahmen bilden die vorbenannten Sandlinsen.

Vor diesem Hintergrund ist in den aktuellen Planungen vorgesehen, im Bereich der Sandlinsen die Geologische Barriere durch technische Maßnahmen zu vervollständigen. Hierzu ist beabsichtigt, im Bereich der eingelagerten Sande den Untergrund bis zu einem festzulegenden Höhenniveau mit geeignetem Dichtungsmaterials (sogenanntes Material der geotechnischen Barriere) auszutauschen.

Die Ziffern 3 und 4 des oben dargestellten Zitates aus Anhang 1, Nr. 1.2 der DepV lassen hierbei eine Mindestdicke der vervollständigten geologischen Barriere von 0,5 m zu, wenn die Deponie über eine geologische Barriere gemäß Ziffer 2 verfügt. Liegt keine geologische Barriere nach Ziffer 2 vor, ist die geotechnische Barriere in der Mindestdicke nach Tabelle 1 Nr. 1 im Anhang 1 der DepV auszuführen (hier 5 m).

Eine konkretisierte, generelle Festlegung über das grundsätzliche Vorliegen einer geologischen Barriere nach oben zitierter Ziffer 2 in der DepV, Anhang 1 Nr. 1.2 existiert im Hinblick z.B. auf Homogenität und Schadstoffrückhaltvermögen jedoch auf Bundesebene nicht. Der Bundeseinheitliche Qualitätsstandard 1-0 (BQS 1-0) beschreibt beispielsweise „Technische Maßnahmen betreffend der geologischen Barriere“ und führt aus, dass die zuständige Behörde ggf. unter Hinzuziehen weiterer Fachstellen entscheidet, ob eine geologische Barriere vorhanden und diese ausreichend ist.

---

<sup>2</sup> Die in eckigen Klammern gesetzten Ziffern, z.B. [1], beziehen sich auf das Unterlagenverzeichnis in Kap. 2.

<sup>3</sup> Gemäß den Ergebnissen in [8] zeigen sich im Aufstandsbereich des BA 7/8 Süd und bis 5 m unter zukünftiger Oberkante der Geologischen Barriere insgesamt 5 unterschiedlich ausgeprägte Sandlinsen auf. Beispielsweise weist das Bodenprofil in RKS 36/17 beginnend ab ca. 2,8 m unter UK Geologische Barriere eine 4,7 m mächtige Ausbildung eines schluffigen Fein und Mittelsandes aus.



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

Diesbezügliche Handlungsanleitungen für die zuständigen Behörden und Fachstellen im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern sind nicht bekannt. Hilfsweise werden daher im nachfolgenden die diesbezüglichen Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung aus dem Arbeitsblatt 13 des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) dargelegt und berücksichtigt /3/. Gemäß Arbeitsblatt 13, Nr. 1.2.3 liegt keine geologische Barriere vor (und kann damit keine Mächtigkeitsreduzierung vorgenommen werden), wenn der Untergrund (Zitat):

- „Eine höhere Durchlässigkeit als  $k = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  aufweist oder
- Nicht mit einer Mächtigkeit von mehreren Dezimetern flächig verbreitet ist oder
- Inhomogenitäten aufweist, die die Wirkung als geologische Barriere vermindern oder
- einen Tonmineralgehalt aufweist, der nur eine unmaßgebliche Schadstoffrückhaltung bewirkt.“

Hierzu wird folgendes im Hinblick auf den BA 7/8 Süd auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse im Geotechnischen Untersuchungsbericht [8] und den vorliegenden Unterlagen aus den benachbarten Bauabschnitten bewertet:

- Der Geschiebemergel liegt oberhalb als auch unterhalb der vorbenannten Sandlinsen in mehreren Dezimetern Mächtigkeit und mit Wasserdurchlässigkeiten von deutlich  $<< 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$  vor.
- Die Sandlinsen werden gemäß den nachfolgenden Ergebnissen ausgetauscht und die damit ggf. als Inhomogenität interpretierte Beeinflussung auf die Schutzfunktion der geologischen Barriere beseitigt. Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den angetroffenen Sandschichten gemäß den Bewertungen in [1] und [8] nicht um einen zusammenhängenden, geschlossenen Grundwasserleiter handelt. Vielmehr sind die Sandschichten von geringer lateraler Ausdehnung und aufgrund der fehlenden vertikalen Zusammenhänge wenig ergiebig.
- Der Gesamttonmineralanteil in der Schluff- und Tonfraktion des Geschiebemergels beträgt gemäß den jüngsten Ergebnissen in [8] im Mittel 17 % und den älteren Ergebnissen in [1] 17 % bis 18 %. Eine unmaßgebliche Schadstoffrückhaltung wird daher dem anstehenden Untergrund nicht unterstellt.

Im Sinne des Arbeitsblattes 13 des LANUV kann das Vorhandensein einer Geologischen Barriere bestätigt werden. Eine Mächtigkeitsreduzierung kann folglich angesetzt werden.



## **Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

Nachfolgend wird unter Anwendung des Arbeitsblattes 13 die Grobdimensionierung der geotechnischen Barriere vorgenommen. Hierbei benennt das Arbeitsblatt im Kapitel 1.2.2 unter Berücksichtigung der DepV folgende konkretisierte Anforderungen im Hinblick auf eine Deponie der Klasse III:

a) Wasserdurchlässigkeit:

Die Durchsickerungsmenge im Bezugszeitraum von 500 Jahren muss dem des Regelaufbaus entsprechen (oder weniger).

b) Schadstoffrückhaltevermögen:

Bezogen auf die Gesamtmächtigkeit der geotechnischen Barriere wird ein Schadstoffrückhaltevermögen, definiert als Gesamttongehalt (GT), von  $GT \geq 1.300 \text{ kg/m}^2$  empfohlen.

Nachfolgend werden für diese beiden Parameter projektspezifisch die Dimensionierungen für die geotechnische Barriere vorgenommen.



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

### 4 Dimensionierung und Darstellung der Arbeitsergebnisse

#### 4.1 Schritt 1: Dimensionierung auf Basis der Wasserdurchlässigkeit

Die rechnerischen Ergebnisse zur Dimensionierung auf Basis der Wasserdurchlässigkeit können der beiliegenden Anlage 1 entnommen werden. Auf folgendes wird hingewiesen:

- Die rechnerische Nachweisführung erfolgte in Anlehnung an das Merkblatt 42 (Gleichwertigkeit von Deponiesystemkomponenten Teil 1: Geologische Barriere) des Landesumweltamtes NRW /4/.
- Die Nachweisführung basiert auf dem Ansatz, dass bei einem Vergleichszeitraum von 500 Jahren die Durchsickerungsrate der geotechnischen Barriere maximal so groß ist, wie die Durchsickerungsrate bei der Regelausbildung der Geologischen Barriere. ( $d \geq 5,0$  m und  $k \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s).
- Hierbei wird entsprechend Arbeitsblatt 13 des LANUV eine Überstauhöhe von  $h_D = 0,03$  m oberhalb des Deponieplanums (OK Geotechnische Barriere) rechnerisch angesetzt.

Die weiteren Ansätze und Ergebnisse können der Anlage 1 entnommen werden. Letztlich wird bei einer Mindestmächtigkeit der geotechnischen Barriere von 2,0 m ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 7 \times 10^{-10}$  m/s sowie ab einer Mindestmächtigkeit der Geotechnischen Barriere von 3,0 m ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 8 \times 10^{-10}$  m/s empfohlen.

Gemäß den in [6], [7], [8] aufgezeigten Ergebnissen wurden am örtlich anstehenden Geschiebemergel Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte zwischen  $k = 2,2 \times 10^{-10}$  m/s und  $k = 4,3 \times 10^{-11}$  m/s im Labor gemessen. Die vorgenannten Anforderungen können damit als sicher erfüllt betrachtet werden.

#### 4.2 Schritt 2: Dimensionierung auf Basis des Schadstoffrückhaltevermögens

Die rechnerischen Ergebnisse zur Dimensionierung im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögens können der beiliegenden Anlage 2 entnommen werden. Auf folgendes wird hingewiesen:



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

- Lt. LANUV Arbeitsblatt 13 wird das Schadstoffrückhaltevermögen lediglich über den Tonanteil (Kornfraktion) und nicht über den Tonmineralanteil abgeschätzt. Dies wird mit dem erhöhten Aufwand für den Analyse des Tonmineralgehaltes begründet.
- Die Berechnungen unter Berücksichtigung des anstehenden Geschiebemergels zeigen auf, dass der mittlere Tonanteil (angesetzt mit  $c_t = 22$  Gew.%) erst ab einer rechnerischen Mächtigkeit von ca. 3,6 m zu dem empfohlenen Gesamttongehalt (GT) von 1.300 kg/m<sup>2</sup> führt.
- Ergänzend wurden auch Betrachtungen auf Basis des Tonmineralgehaltes durchgeführt. So ist für den Geschiebemergel aus Untersuchungen in [6], [7] und [8] zu entnehmen, dass nennenswerte Anteil der Tonminerale auch in der Schlufffraktion vorliegen. So werden in den vorbenannten Unterlagen folgende Gesamttonmineralgehalte (Ton bis Kies)  $c_{tm(ges.)}$  benannt:

- mittlerer Tonmineralanteil an den Proben B6-UP2, B9-UP2 und B11-UP2 (Hinweis: diese ungestörten Bodenproben entstammen aus dem Bereich der planmäßigen Geologischen Barriere:

$c_{tm(ges.), 1}$ : 27 Gew.-% (aus 24, 28, 29 Gew.-%)

- mittlerer Tonmineralanteil an den Proben MD 1 und MD 2 (Hinweis: diese Bodenproben entstammen aus Bereichen des Geschiebemergels, welcher oberhalb des Deponieplanums (OK Geologischen Barriere) ansteht und als Material für die geotechnische Barriere (oder auch Mineralische Dichtung) genutzt werden kann:

$c_{tm(ges.), 2}$ : 35,5 Gew.-% (aus 24, 28, 29 Gew.-%)

- Gemäß den Berechnungsergebnissen in Anlage 2, bei denen der mittlere Tonmineralanteil von  $c_{tm(ges.), 1} = 27$  Gew.-% berücksichtigt wurde, lässt sich auf Basis dieser ergänzenden Betrachtung rechnerisch ableiten, dass eine Mächtigkeitsreduzierung der geotechnischen Barriere auf ein Maß von 3,0 m zur Erzielung des im Arbeitsblatt 13 empfohlenen Zielwertes für das Schadstoffrückhaltevermögen möglich ist.
- In einem weiteren Arbeitsschritt wurde zudem der alternative Einsatz eines lokal verfügbaren leicht- bis mittelplastischen Tons betrachtet. Für ein derartiges Material liegt aus Baumaßnahmen der IAG eine Eignungsprüfung (Material Groß Pampau) u.a. in [3] vor. Unter Ansatz eines für dieses Material nachgewiesenen Tonmineralanteils in der Gesamtprobe von durchschnittlich 38 % [3] wä-

## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

re bei einer Gesamtmächtigkeit der Geotechnischen Barriere von ca. 2,15 m der in /3/ empfohlenen Wert im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen gegeben.

- Die Anlage 2 enthält auch abschließende, allgemeingültige Hinweise für den Einsatz anderweitiger Materialien. So ist eine Reduzierung der Austauschtiefe und damit die Herstellung der Geotechnischen Barriere auf eine Mindestdicke von ca. 2,0 m möglich, wenn der Gesamttongehalt des eingesetzten Materials in etwa 40 Gew.% (bei einer Trockendichte von ca. 1,6 g/cm<sup>3</sup>) beträgt.

### 5 Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse

Die vorliegenden Erkundungsergebnisse im Bereich des BA 7/8 Süd dokumentieren, dass im Bereich des BA 7/8 Süd grundsätzlich eine Geologische Barriere vorhanden ist. Im Bereich einzelner Sandlinsen ist eine Verbesserung/Vervollständigung notwendig. Vorzusehen sind lokale Bodenaustauschmaßnahmen. Im Ergebnis der vorliegenden Betrachtungen ist unter Ansatz der Konkretisierungen und Empfehlungen aus dem LANUV-Arbeitsblatt 13 (Hinweis: bundesweit geltende Konkretisierungen zur Dimensionierung einer geotechnischen Barriere existieren nicht) folgendes zusammenfassend festzustellen:

- Bei einer Mächtigkeit der Geotechnischen Barriere von 2,0 m ist im Hinblick auf die Restdurchsickerung ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 7 \times 10^{-10}$  m/s zu empfehlen. Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte in dieser Größenordnung konnten bereits beim Bau der BA 7.1-7.4 sowie 8.1 bis 8.7 und der dortigen Herstellung der Geotechnischen Barriere (Bodenaustausch im Bereich von Sandlinsen) aus dem im Baufeld gewonnenen Geschiebemergel erzielt werden [2].
- Im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen kann dem Geschiebemergel auf Basis der Ergebnisse zum Gesamttonanteil ein gutes Materialverhalten bescheinigt werden.
- Bei Ansatz des im Mittel festgestellten Tonmineralanteils (Kornfraktion) von ca. 27 % ist rechnerisch unter Berücksichtigung des o.g. Arbeitsblattes eine geotechnische Barriere aus dem vor Ort gewonnenen Geschiebemergel in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 3,0 m ausreichend.
- Bei Ansatz des mittleren kornanalytischen Tonanteils von 22 % ergibt sich eine Mindestmächtigkeit der Geotechnischen Barriere von ca. 3,6 m.
- Der Logik und Systematik des Arbeitsblattes A 13 des LANUV folgend, dass im Zuge der späteren Qualitätssicherung die kornanalytische Bestimmung des



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

Tonanteils (vereinfachend mittels Bestimmung der Korngrößenverteilung) möglich ist, wird für die Geotechnischen Barriere eine Mindestmächtigkeit von 3,6 m empfohlen.

- Ergänzend werden in den Bereichen mit Sandlinsen zwischen ca. 3,6 m und 5,0 m unter OK Deponieplanum Maßnahmen zur Vervollständigung/Verbesserung der geologischen Barriere erforderlich. Empfohlen wird für diese Bereiche ein Austausch des anstehenden Untergrundes bis 0,5 m unter OK Deponieplanum vorzunehmen und den örtlich vorhandenen, durch z.B. Bodenfräsen homogenisierten Geschiebemergel einzusetzen und qualitätsüberwachend einzubauen.
- Bei der benannten Mindestmächtigkeit der Geotechnischen Barriere von 3,6 m wird ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 8 \times 10^{-10}$  m/s empfohlen.
- Der Empfehlung zu einer von der Regelmächtigkeit von 5 m abweichenden Mindestmächtigkeit der Geotechnischen Barriere auf 3,6m liegen hierbei auch die Erkenntnisse aus den Setzungsabschätzungen der Deponiebasis des BA 7/8 Süd als auch der BA 7 und BA 8 zu Grunde. So zeigen die vorliegenden Laborergebnisse für den setzungsrelevanten Parameter des Steifemodus, dass der nach Austausch der Sandlinsen wieder eingebaute (gestörte) Geschiebemergel einen um den Faktor 4 bis 5 kleineren Steifemodus besitzt, als der natürliche (ungestörte) Geschiebemergel. Der natürlich anstehende Geschiebemergel setzt sich durch die Deponieauflast dementsprechend geringer als der im Austauschbereich wieder eingebaute Geschiebemergel. Je größer die Austauschtiefe, desto größer verstärkt sich dieses bei der Planung zu berücksichtigende differenzierte Setzungsverhalten. Eine Reduzierung der Austauschtiefe von 5 m auf 3,6 m führt in dem Sinne zu einem verbesserten Setzungsverhalten an der Deponiebasis.

Die in [8] vorliegenden Lagepläne und Volumenermittlungen zeigen die auf Basis der vorliegenden Erkundungen zu erwartenden Austauschbereiche und –volumen auf. Die Maßnahmen zur Herstellung der Geotechnischen Barriere sind durch den späteren Fremdprüfer zu begleiten und in diesem Zuge auf Basis des im Baufeld angetroffenen Baugrundes ggf. notwendige Anpassungen (z.B. im Hinblick auf seitliche Ausbreitung der Sandlinsen und Austauschbereiche) vorzunehmen.

Abschließend sei erwähnt, dass eine Reduzierung der Austauschtiefe und damit Herstellung der Geotechnischen Barriere auf eine Mindestdicke von ca. 2,0 m dann möglich ist, wenn der Gesamttongehalt des eingesetzten Materials in etwa 40 Gew.% (bei einer Trockendichte von ca.  $1,6 \text{ g/cm}^3$ ) beträgt. Da die für die Schadstoffadsorption maßgeblichen Tonminerale auch in der Schlufffraktion existieren können, erscheint jedoch auch der Ansatz eines Tonmineralanteiles von ca. 40 % gerechtfertigt.



**Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Thomas Wemhoff

Umtec, Prof. Biener I Sasse I Konertz  
Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB

Bremen, den 29.03.2022

  
\_\_\_\_\_  
(Wemhoff)



## Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere

### 6 Literatur

- /1/ Bund  
Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)  
Ausfertigungsdatum: 27.04.2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel  
2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I Nr. 32, S. 1533)
- /2/ Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall  
LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“, Bundeseinheitlicher Qualitätsstandards  
(BQS), veröffentlicht unter:  
<https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Informationen-Bundeseinheitliche-Qualitaetsstandards.html>
- /3/ Landesamt für Natur, Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-  
Westfalen (LANUV NRW)  
Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme  
Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung, Arbeitsblatt  
13, Recklinghausen 2015
- /4/ Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)  
Merkblätter Nr. 42, Gleichwertigkeit von Deponiesystemkomponenten Teil 1:  
Geologische Barriere, vorliegend im Entwurf (Bearbeitungsstand 21.08.2006);  
Essen 2006



**Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

**Anlagen**



**Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

**Anlage 1**

**Dimensionierung im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit**

**Baumaßnahme:** Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
**Bauherr:** IAG

**Anlage 1: Dimensionierung im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit**

**a) Formel und Bezeichnungen**

Die Dimensionierung erfolgt über folgende rechnerische Zusammenhänge (aus LUA Merkblatt 42):

$$q = I * k * 3600 * 24 * 365 = \frac{d + h_D}{d} * k * 3600 * 24 * 365 \quad \text{(Formel 1)}$$

mit:

- q: Durchsickerungsrate, in m<sup>3</sup> / (m<sup>2</sup> \* a)
- k: Wasserdurchlässigkeit, in m/s
- hd: Überstauhöhe auf Planum, in m
- d: Dicke der Geologischen Barriere, in m

$$t = \frac{d}{k * \frac{d + h_D}{d}} * \frac{1}{3600 * 24 * 365} \quad \text{(Formel 2)}$$

mit:

t = Wirkzeit, in a

$$Q = q * (T - t) \quad \text{(Formel 3)}$$

mit:

- Q: fiktiver Vergleichswert für die Durchsickerungsmenge in einem bestimmten Zeitraum, in m<sup>3</sup> / (m<sup>2</sup> \* a)
- T = Vergleichszeitraum

**b) Berechnungsannahmen:**

- Zielwert für den Durchlässigkeitsbeiwert der geotechnischen Barriere, k ≤: 8,00E-10 m/s
- Zielwert für die Dicke der geotechnischen Barriere, d: 2,00 m

Kennwerte für den Vergleichswert Q (Regelanforderung):

- Mächtigkeit der Geologischen Barriere (DK III), d = 5 m
- Wasserdurchlässigkeit der Geologischen Barriere, k = 1,00E-09 m/s
- Vergleichszeitraum, T = 500 a
- Überstauhöhe h<sub>d</sub>: 0,03 m

**c) Berechnungen**

**c1) Vergleichswert Q zum Regelaufbau (R 6 aus Merkblatt 42, Anlage 4)**

Berechnet wird für den Vergleichszeitraum die Durchsickerungsmenge beim Regelaufbau.

$$t = \frac{d}{k * \frac{d + h_D}{d}} * \frac{1}{3600 * 24 * 365} \quad \text{(Formel 2)}$$

mit:

- k = 1,00E-09 m/s
- d = 5 m
- h<sub>D</sub> = 0,03 m

ergibt sich:

t = 158 a

**Baumaßnahme:** Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
**Bauherr:** IAG

**Anlage 1: Dimensionierung im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit**

$$q = I * k * 3600 * 24 * 365 = \frac{d + h_D}{d} * k * 3600 * 24 * 365 \quad (\text{Formel 1})$$

q = 0,0317 m<sup>3</sup>//m<sup>2</sup>\*a)

Q = q x (T - t) (Formel 3)

mit:

T = 500 a  
 t = 158,00 a

ergibt sich:

**Q = 10,8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>**

**c2) Vergleichswert Q zur geotechnischen Barriere (s.a. Beispiel 5 aus Merkblatt 42, Anlage 4)**

Berechnet wird für den Vergleichszeitraum die Durchsickerungsmenge für die angedachte Geotechnische Barriere. Dieser Veraleichswert O muss kleineraleich sein als der Veraleichswert O des Reaelaufbaus.

- Zielwert für den Durchlässigkeitsbeiwert der geotechnischen Barriere, k ≤: 8,00E-10 m/s
- Zielwert für die Dicke der geotechnischen Barriere, d: 2,00 m

$$t = \frac{d}{k * \frac{d + h_D}{d}} * \frac{1}{3600 * 24 * 365} \quad (\text{Formel 2})$$

mit:

k = 8,00E-10 m/s  
 d = 2,00 m  
 h<sub>D</sub> = 0,03 m

ergibt sich:

t = 78 a

$$q = I * k * 3600 * 24 * 365 = \frac{d + h_D}{d} * k * 3600 * 24 * 365 \quad (\text{Formel 1})$$

q= 0,0256 m<sup>3</sup>//m<sup>2</sup>\*a)

Q = q x (T - t) (Formel 3)

mit:

T = 500 a  
 t = 78,00 a

ergibt sich:

**Q = 10,8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>**

**Baumaßnahme:** Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
**Bauherr:** IAG

**Anlage 1: Dimensionierung im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit**

Bewertungen:

Die Vergleichswerte der Durchsickerung sind identisch. Die Zielwerte der geotechnischen Barriere sind damit gleichwertig zum Regelaufbau. Empfohlen werden:

bei einer Mächtigkeit der GTB von **2,0 m**:

- ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 7 \times 10^{-10}$  m/s (Vergleichwert Q damit =  $9,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ).

bei einer Mächtigkeit der GTB von **3,0 m**:

- ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 8 \times 10^{-10}$  m/s (Vergleichwert Q damit =  $9,7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ).

bei einer Mächtigkeit der GTB von **3,6 m**:

- ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k \leq 8 \times 10^{-10}$  m/s (Vergleichwert Q damit =  $9,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ).



**Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
Bericht zur Dimensionierung der Geotechnischen Barriere**

**Anlage 2**

**Dimensionierung im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen**

**Baumaßnahme:** Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
**Bauherr:** IAG

**Anlage 2: Dimensionierung im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen**

**a) Formel und Bezeichnungen**

Die Dimensionierung erfolgt zunächst über dem Gesamttongehalt. Dieser berechnet sich aus:

$$GT \left[ \text{kg} / \text{m}^2 \right] \cong 10 \cdot c_t \left[ \text{Gew.} - \% \right] \cdot \rho_d \left[ \text{t} / \text{m}^3 \right] \cdot d \left[ \text{m} \right] \quad (\text{Formel 1})$$

mit:

- GT: Gesamttongehalt über die betrachtete Mächtigkeit, in kg/m<sup>2</sup>
- c<sub>t</sub>: spezifischer Tongehalt, in %
- r<sub>d</sub>: Trockendichte, in t/m<sup>3</sup> bzw. g/cm<sup>3</sup>
- d: Dicke der geotechnischen Barriere (bzw. der betrachtete Schicht), in m

weitere nachfolgende Bezeichnungen:

- c<sub>ut</sub>: spezifischer Ton- und Schluffgehalt, in %
- c<sub>tm(ges.)</sub>: spezifischer Tonmineralgehalt (in der Gesamtprobe), in %
- c<sub>tm(ut)</sub>: spezifischer Tonmineralgehalt im Ton- und Schluffkorn, in %

**b) Berechnungsannahmen:**

- Zielwert für den Gesamttongehalt, GT ≥ 1.300,00 kg/m<sup>2</sup>
- Zielwert für die Dicke der geotechnischen Barriere, d: 2,00 m

Kennwerte des vorhandenen Geschiebemergels lt [6], [7], [8]:

- mittlerer spezifischer Tongehalt, c<sub>t</sub>: 22 %
- mittlerer spezifischer Schluff- und Tongehalt, c<sub>ut</sub>: 63 %
- mittlere Tonmineralanteil der Gesamtprobe (nicht fraktioniert) c<sub>tm(ges.)</sub>: 27 %
- mittlere Trockendichte r<sub>d</sub> bei 95 % der Proctordichte: 1,76 g/m<sup>3</sup>

Kennwerte Alternativmaterial Groß Pampau lt [3]:

- mittlerer spezifischer Tongehalt Material, c<sub>t</sub>: 25 %
- mittlerer spezifischer Schluff- und Tongehalt, c<sub>ut</sub>: 70 %
- mittlere Tonmineralanteil der Gesamtprobe (nicht fraktioniert) c<sub>tm(ges.)</sub>: 38 %
- mittlere Trockendichte r<sub>d</sub> bei 95 % der Proctordichte: 1,6 g/cm<sup>3</sup>

**c) Berechnungen**

**c1) Betrachtung 1, Gesamttongehalt Geschiebemergel**

Bei der aufgezeigten Zielmächtigkeit, d, der geotechnischen Barriere, welche aus dem vorhandenen Geschiebemergel hergestellt wird, ergibt sich der Gesamttongehalt, GT aus:

$$GT \left[ \text{kg} / \text{m}^2 \right] \cong 10 \cdot c_t \left[ \text{Gew.} - \% \right] \cdot \rho_d \left[ \text{t} / \text{m}^3 \right] \cdot d \left[ \text{m} \right] \quad (\text{Formel 1})$$

mit:

- c<sub>t</sub> = 22,0 %
- r<sub>d</sub> = 1,76 g/m<sup>3</sup>
- d = 2,00 m

ergibt sich:

**GT = 774,4 kg/m<sup>2</sup>**

**Baumaßnahme:** Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
**Bauherr:** IAG

**Anlage 2: Dimensionierung im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen**

Bewertung:

Bei der aufgezeigten Zielmächtigkeit (d) wird der empfohlene Gesamttongehalt (GT) nicht erreicht. Rechnerisch wird der Zielwert für den Gesamttongehalt ab einer Schichtdicke von ca. 3,35 m erreicht.  
 (aus  $1.300 / 774$ )  $\times 2,0 = 3,35$  m

Aufgrund insbesondere von Materialschwankungen etc. wird eine Mindestmächtigkeit **von 3,6 m** empfohlen.

**c2) Betrachtung 2, Tonmineralgehalt Geschiebemergel**

Das Schadstoffrückhaltevermögen wird über den Tonmineralgehalt betrachtet. Tonminerale liegen im Ton- und Schluffkorn vor. Die Tonminerale in der Ton- bis Kiesfraktion wurde in [8] bestimmt. Es ergeben sich:

$$c_t = c_{tm(ges.)} \quad \text{(Formel 2)}$$

$$c_t = 27 \%$$

$$GT \left[ \text{kg} / \text{m}^2 \right] \cong 10 \cdot c_t [\text{Gew.} - \%] \cdot \rho_d \left[ \text{t} / \text{m}^3 \right] \cdot d \left[ \text{m} \right] \quad \text{(Formel 1)}$$

mit:

$$\begin{aligned} c_t &= 27 \% \\ r_d &= 1,76 \text{ g/m}^3 \\ d &= 2,00 \text{ m} \end{aligned}$$

ergibt sich:

$$GT = 950,4 \text{ kg/m}^2$$

Bewertung:

Bei der aufgezeigten Zielmächtigkeit (d) wird der empfohlenen Gesamttongehalt (GT) auch bei einer ausschließlichen Betrachtung der Tonminerale nicht erreicht.

Rechnerisch wird der Zielwert für den Gesamttongehalt ab einer Schichtdicke von ca. 2,74 m erreicht.

(aus  $1.300 / 950$ )  $\times 2,0 = 2,74$  m

Aufgrund insbesondere von Materialschwankungen etc. wird eine Mindestmächtigkeit **von 3,0 m** empfohlen.

**c3) Betrachtung 3, Gesamttongehalt Alternativmaterial (Groß Pampau)**

Bei der Zielmächtigkeit (d) der geotechnischen Barriere wird nachfolgend betrachtet, ob über einen lokal verfügbaren mittleren- bis leichtplastischen Ton der Zielwert für den Gesamttongehalt erreicht werden kann. Bei Ansatz der unter Buchstabe b) aufgeführten Materialkennwerte ergibt sich:

$$GT \left[ \text{kg} / \text{m}^2 \right] \cong 10 \cdot c_t [\text{Gew.} - \%] \cdot \rho_d \left[ \text{t} / \text{m}^3 \right] \cdot d \left[ \text{m} \right] \quad \text{(Formel 1)}$$

mit:

$$\begin{aligned} c_t &= 25 \% \\ r_d &= 1,60 \text{ g/cm}^3 \\ d &= 2,00 \text{ m} \end{aligned}$$

ergibt sich:

$$GT = 800 \text{ kg/m}^2$$

Bewertung:

Bei der aufgezeigten Zielmächtigkeit (d) wird der empfohlene Gesamttongehalt (GT) nicht erreicht. Rechnerisch wird die Zielwert für den Gesamttongehalt ab einer Schichtdicke von ca. 3,25 m erreicht.

(aus  $1.300 / 800$ )  $\times 2,0 = 3,25$  m

**Baumaßnahme:** Vorhaben Basisbauabschnitte BA 7/8 Süd und BA 7 West der Deponie Ihlenberg  
**Bauherr:** IAG

**Anlage 2: Dimensionierung im Hinblick auf das Schadstoffrückhaltevermögen**

**c4) Betrachtung 4, Tonmineralgehalt Alternativmaterial (Groß Pampau)**

Das Schadstoffrückhaltevermögen wird über den Tonmineralgehalt betrachtet. Tonminerale liegen jedoch im Ton- und Schluffkorn vor. Der Tonmineralanteil an der Gesamtprobe (nicht fraktioniert) wurde in [4] bestimmt. Es ergeben sich im vorliegenden Fall:

$$c_t = c_{tm(ges.)} \quad \text{(Formel 2)}$$

$$c_t = 38 \%$$

$$GT \left[ \text{kg} / \text{m}^2 \right] \cong 10 \cdot c_t [\text{Gew.} - \%] \cdot \rho_d \left[ \text{t} / \text{m}^3 \right] \cdot d \left[ \text{m} \right] \quad \text{(Formel 1)}$$

mit:

$$\begin{aligned} c_t &= 38 \% \\ r_d &= 1,60 \text{ g/cm}^3 \\ d &= 2,00 \text{ m} \end{aligned}$$

ergibt sich:

$$GT = 1.216 \text{ kg/m}^2$$

**Bewertungen:**

a) Bei der aufgezeigten Zielmächtigkeit (d) wird der empfohlene Gesamtton(mineral)gehalt (GT) bei einer ausschließlichen Betrachtung der Tonminerale rechnerisch nicht erreicht. Rechnerisch ergibt sich eine notwendige Gesamtmächtigkeit (bei  $c_{tm(ges.)} = 38 \%$ ) von 2,15 m.

$$\text{(aus } 1.300 / 1.216 \times 2,0 = 2,14 \text{ m)}$$

b) Unter Ansatz einer Trockendichte von  $r_d = 1,6 \text{ g/cm}^3$  und einer Mächtigkeit der geotechnischen Barriere von  $d = 2,0 \text{ m}$  ist der empfohlene Gesamttongehalt von  $GT = 1.300 \text{ kg/m}^2$  unter folgenden Voraussetzungen gewährleistet:

- Tongehalt (als Kornfraktion):  $\geq 40 \%$
- oder
- Tonmineralgehalt (gesamt):  $\geq 40 \%$