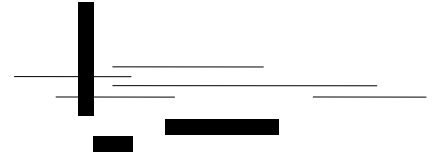


Anlage 16

Betrachtung Auswirkung potentieller Schadensfall MFA

Planfeststellungsantrag zum Ergänzenden Verfahren zum Vorhaben
Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA)

Umtec



**Prof. Biener |
Sasse | Konertz**

**Partnerschaft
Beratender Ingenieure
und Geologen mbB**

**Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieab-
schnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung
(MFA) – RN 11/03**

**Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in
der MFA**

erstellt im Auftrag der

Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG)

durch

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

im Januar 2022

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

Haferwende 7
28357 Bremen
Telefon
0421 20 75 9-0
Telefax
0421 20 75 9-999
info@umtec-partner.de
www.umtec-partner.de

**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
1	Veranlassung	1
2	Unterlagenverzeichnis	1
3	Rechtliche Rahmenbedingungen	3
4	Fiktiver Versagensmechanismus und dessen Bewertung	5
5	Lage und Ausdehnung einer fiktiven Leckage	9
5.1	Ausdehnung einer fiktiven Leckage	9
5.2	Lage einer fiktiven Leckage	12
6	Abschätzung der theoretischen Durchsickerungsrate	16
6.1	Berechnungsmodell	16
6.2	Berechnungsannahmen	17
6.3	Berechnungsergebnis	19
7	Abschätzung der Durchsickerungsdauer	19
8	Zusammenfassende Bewertung	20
9	Literatur	24

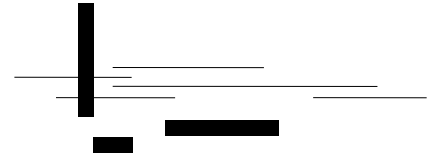
**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Tabellenverzeichnis

Tabelle	Seite
Tab. 1: Basisabdichtungssysteme des Altdeponiekörpers unterhalb der MFA (Auszug aus [2])	14

Abbildungsverzeichnis

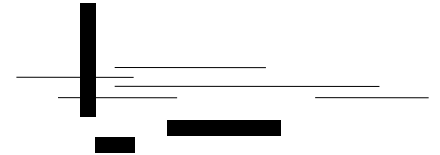
Abbildung	Seite
Abb. 1: Deponie Ihlenberg, Aufbau der MFA	5
Abb. 2: Auszug aus dem BAM-Zulassungsschein 06/BAM IV.3/02/07 zur im MFA-BA1 eingesetzten Kunststoffdichtungsbahn	9
Abb. 3: Deponie Ihlenberg, Regeldetail Durchdringung mit Rückstaulinie (blau) des Sickerwassers, aus [4]	11
Abb. 4: Deponie Ihlenberg, Rückstaulänge des Sickerwassers vor dem Durchdringungsbauwerk, aus [4]	11
Abb. 5: Deponie Ihlenberg, Lageplan Basisabdichtungssysteme [4] (rote Linie = Grenze der Basisabdichtungsabschnitte, blau Linie = Grenze MFA, grüne Pfeile = Fließrichtung Sickerwasser im Entwässerungssystem der MFA)	13
Abb. 6: Schadensursache bei der Detektion von Leckagen an Kunststoffdichtungsbahnen im Deponiebau (Quelle: Sensor DDS: Denn Kontrolle ist besser, Firmenmaterial)	21



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Verzeichnis der Anhänge

- Anhang 1 Berechnung der fiktiven Durchsickerungsmenge der MFA
- Anhang 2 Probenahmepläne der Eigenüberwachung zur Mineralischen Dichtung im MFA-BA2
- Anhang 3 Berechnung der fiktiven Durchsickerungsdauer der MFA



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

1 Veranlassung

Die Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG) ist Betreiberin der Deponie Ihlenberg in Selmsdorf, Mecklenburg-Vorpommern. Zur Sicherung der Entsorgungssicherheit soll der aktuell betriebene Deponieabschnitt (DA) 7 mit der Errichtung einer multifunktionalen Abdichtung (MFA) an die aktuellen abfallrechtlichen Anforderungen der Deponieverordnung (DepV) /1/¹ angepasst werden. Durch den Bau dieser MFA kann ein ordnungsgemäßer Deponiebetrieb im geändert zugeschnittenen DA 7 nach dem Stand der Technik und unter Berücksichtigung der umweltrechtlichen Anforderungen gesichert fortgeführt werden.

Für das Projekt der MFA ist ein Planfeststellungsverfahren inkl. einer Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Es soll bewertet werden, inwiefern durch einen fiktiven Schadensfall in der MFA eine Gefährdung der im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) /2/ benannten Schutzgüter zu besorgen ist.

Für die Durchführung einer derartigen gutachterlichen Betrachtung wurde die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB mit Schreiben der IAG vom 15. März 2019 beauftragt. Der diesbezügliche Bericht zu den durchgeführten Betrachtungen wird hiermit vorgelegt.

2 Unterlagenverzeichnis

Grundlage des hier vorliegenden Berichtes sind folgende Unterlagen:

- [1] Deponie Ihlenberg, Gefährdungsabschätzung zum sogenannten Anlehnungsbereich, erstellt durch Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG), Bremen, November 2011

¹ Die in Schrägstriche gesetzten Ziffern, z.B. /1/, beziehen sich auf das Literaturverzeichnis in Kap. 9

**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

- [2] Deponie Ihlenberg, Plangenehmigung nach § 35 Abs. 3 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) für die Errichtung einer Multi-Funktionalen Abdichtung (MFA), ausgestellt vom Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg, Schwerin, 29. Januar 2013

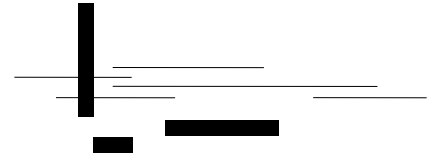
- [3] Deponie Ihlenberg, Deponieabschnittstrennung mittels MFA, Ausführungsplanung und Baudokumentation zu den Bauabschnitt MFA-BA 1 bis MFA-BA 3 [Anlage 2.1 bis 2.3 der MFA-Antragsunterlage], erstellt durch Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG), Bremen, Dezember 2021

- [4] Deponie Ihlenberg, Flexibilitätsversuch an Mineralische Dichtung, Tonmiete Lübeck, Prüfbericht Projekt-Nr. L-8772, erstellt durch Limes GmbH im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG), Lünen, Februar 2013

- [5] Deponie Ihlenberg, Flexibilitätsversuch an Mineralische Dichtung, Tonmiete Pampau, Prüfbericht Projekt-Nr. L-8272, erstellt durch Limes GmbH im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG), Lünen, Februar 2013

- [6] Deponie Ihlenberg, Endbericht der Eigenüberwachung zur Herstellung der mineralischen Komponenten der Multi-Funktionalen-Abdichtung (MFA) für die Deponie Ihlenberg, BA 2, erstellt durch upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH, Niederlassung Nord im Auftrag der Strabag Umwelttechnik GmbH, Rostock, Februar 2016

- [7] Deponie Ihlenberg, Abschlussbericht der Fremdprüfung zur Herstellung der multifunktionalen Abdichtung im 2. Bauabschnitt der Deponie Ihlenberg, erstellt durch S.I.G – Dr.-Ing. Steffen GmbH im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG), Bentwisch, April 2016



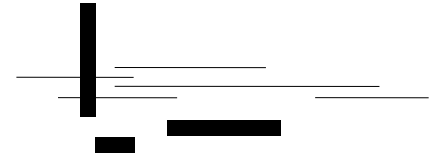
**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

- [8] Deponie Ihlenberg, Bericht Grundwassermonitoring 2020, rev02, erstellt durch die Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag der Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG), Hamburg, Juli 2021 [Anlage 21.2 der MFA-Antragsunterlage]
- [9] Oberverwaltungsgericht Mecklenburg-Vorpommern, Beschluss mit Aktenzeichen 5 K 12/14 in dem Verwaltungsstreitverfahren NABU Deutschland, Landesverband Mecklenburg-Vorpommern gegen Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg

3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Der Gesetzgeber hat über die Deponieverordnung (DepV) /1/ gesetzliche Mindestvorgaben an die Errichtung und den Betrieb von Deponien formuliert. Die dortigen Mindestvorgaben haben hierbei aus technischer und betrieblicher Sicht das im Abfall- und Deponierecht ab Mitte der 1980ziger Jahre in der Bundesrepublik entwickelte Multibarrierenkonzept als Grundlage. Nach diesem erstmals von STIEF /3/ im Jahr 1986 formulierten Konzept gelten Deponien als umweltverträglich, wenn mehrere, voneinander unabhängige technische und künstliche Barrieren die Freisetzung von Schadstoffen aus dem abgelagerten Abfall in die Umwelt verhindern. Bestandteile und Kernansätze des Multibarrierenkonzeptes sind /4/:

- Deponiestandort
Die hydrogeologischen Verhältnisse am Deponiestandort sollen sicherstellen, dass sich Schadstoffe nur langsam, vorhersagbar und in tolerierbarer Verdünnung ausbreiten können.
- Basisabdichtung
Auch die heutigen Methoden der Abfallvorbehandlung können die Entstehung von Sickerwasser nicht gänzlich verhindern. Der Schwerkraft folgend strömt das Sickerwasser der Deponiebasis zu. Das dortigen Basisabdichtungs- und Entwässerungssystem soll die Ausbreitung von Sickerwasser in den Deponieuntergrund verhindern.

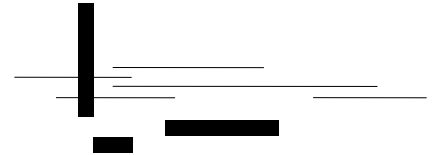


**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

- Oberflächenabdichtung
Für die späteren Rekultivierungs- und ggf. Nutzungsmaßnahmen verhindert die Oberflächenabdichtung u.a. das Eindringen von Niederschlagswasser sowie die Erosion des Deponiekörpers. Das entsprechende Entwässerungssystem führt das Niederschlagswasser ab.
- Deponiekörper
Der Deponiekörper und dessen Abfall fungiert als Schadstoffsene, der potentielle Stoffe emittiert. Der deponierte Abfall muss mechanisch stabil und so beschaffen sein, dass dieser nur eine begrenzte Emissionsquelle darstellt.
- Nachsorge
In der Nachsorgephase werden die Barrieren auf Wirksamkeit und Funktionstüchtigkeit langfristig kontrolliert. Messergebnisse sollen frühzeitig auf Abweichungen hinweisen und so die Einleitung von Gegenmaßnahmen ermöglichen.

Das Änderungsvorhaben der IAG verfolgt diese allgemeinen Grundsätze und die daraus resultierenden Anforderungen der Deponieverordnung.

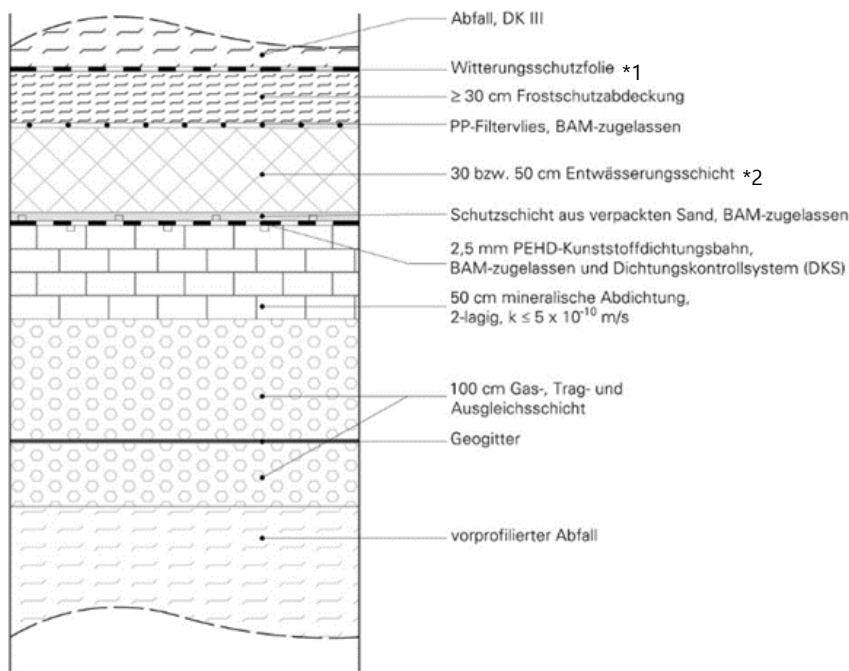
Das Oberverwaltungsgericht Greifswald hat in seinem Beschluss mit dem Aktenzeichen 5 K 12/14 unter Bezugnahme auf die Besonderheiten einer mehrfachfunktionalen Abdichtung auf die Gefahr von erheblichen, ungleichmäßigen Setzungen des Deponiebereichs unterhalb der MFA und damit womöglich verbundenen Rissen in der Kunststoffdichtungsbahn der MFA abgestellt sowie auf die damit verbundene Gefahr des Durchsickerns von Niederschlagswasser in den Deponiebereich unterhalb der MFA und des Schadstoffeintrags in das Grundwasser. Nachfolgend werden daher Betrachtungen und Berechnungen durchgeführt, die die hydraulischen Auswirkungen unterstellter Risse in der Kunststoffdichtungsbahn der MFA vor dem Hintergrund ebenfalls unterstellter erheblicher, ungleichmäßiger Setzungen des Deponiebereichs unterhalb der MFA darlegen und bewerten.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

4 Fiktiver Versagensmechanismus und dessen Bewertung

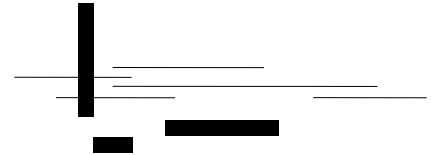
Nachfolgend wird hypothetisch unterstellt, dass aufgrund ungleichmäßiger Setzungen im der MFA unterlagernden Deponiekörper ein Versagen einer Abdichtungs-komponente der MFA eintritt. Der nachfolgenden Abbildung kann der grundsätzliche Aufbau der MFA auf der Deponie Ihlenberg entnommen werden.



*1 = Die dargestellte Witterungsschutzfolie wird vor Einbau des DK III- Materials wieder entfernt.
*2 = Entwässerungsschicht mit 30 bzw. 50 cm Schichtstärke (konkrete Schichtstärke jeweils in Abhängigkeit von den tatsächlichen Erfordernissen, insbesondere von der hydraulischen Kapazität)

Abb. 1: Deponie Ihlenberg, Aufbau der MFA

Die MFA enthält demnach als abdichtende Komponenten eine Kunststoffdichtungsbahn (mit gültiger BAM-Zulassung) sowie eine zweilagige insgesamt mindestens 50 cm mächtige Mineralische Dichtung. Die beiden Komponenten wirken als sogenannte Kombinationsabdichtung im Pressverbund.



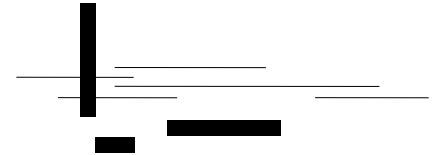
**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Die Kunststoffdichtungsbahn wird zudem mittels Dichtungskontrollsystem (mit BAM-Zulassung) auf eventuelle Leckagen flächendeckend überwacht.

Bei der Bewertung eines hypothetischen Versagensfalls einer Dichtungskomponente sind folgende Zusammenhänge zu berücksichtigen:

- Für PEHD-Dichtungsbahnen sind Dehnungen von 3% bis 6% verträglich², währenddessen für Mineralische Dichtungen bis max. ca. 3% Dehnung eine gleichbleibende Funktion erwartet wird/5/.
- Für die Deponie und im Speziellen für die Deponieabschnittstrennung MFA wurden und werden Setzungsberechnungen durchgeführt und die mit den Setzungen entstehenden Verformungen im Hinblick auf deren Wirkung auf die abdichtenden Elemente bewertet. Zudem werden regelmäßig im bestehenden Messnetz Setzungsmessungen durchgeführt. Unverträgliche Verformungen sind nach den aktuellen Auswertungen (siehe separaten Bericht, Anlage 7 der MFA-Antragsunterlagen) nicht erkennbar.
- Das Abdichtungssystem sieht zusätzlich eine 100 cm mächtige Gas-, Trag- und Ausgleichsschicht vor, die zusammen mit einem zusätzlichen Geogitter Setzungen vergleichmäßiggt.
- Für die Mineralische Dichtung der MFA auf der Deponie Ihlenberg wurden Eignungsprüfungen nach den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) /6/ und hier im speziellen nach BQS 2-0 und 2.1 (Mineralische Basisabdichtungskomponenten) durchgeführt. Mit dem Plangenehmigungsbescheid zur MFA vom 29. Januar 2013 [2] wurde ergänzend unter Nebenbestimmung 2.7 der Nachweis gefordert, dass die mineralische Dichtungskomponente bis zu einem Krümmungsradius von 200 m ohne Erhöhung der Durchlässigkeit verformbar ist. Entsprechende Eignungsuntersuchungen am eingesetzten Material („Tonmiete Lübeck-Kronsforders Landstraße“ bzw. „Ton Pampau“) weisen darüberhinausgehend zulässige Radien von ca. 31,0 m bzw. 22,0 m aus, bei denen eine Einschränkung bzw. Verlust der Funktionalität nicht anzunehmen ist ([4], [5]). Das eingesetzte Material der Mineralischen Dichtung der MFA der Deponie Ihlenberg weist demnach ein gutes plastisches Verhalten auf.

² Siehe auch nachfolgende Erläuterungen zur Bruchdehnung von BAM-zugelassenen Kunststoffdichtungsbahnen.



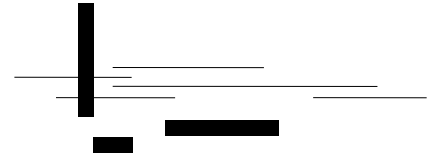
Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

- Die Abdichtung der MFA besteht aus einer Kombinationsabdichtung mit zwei abdichtenden Komponenten. Diese haben in ihrer Wirkweise grundsätzlich unterschiedliche Ansätze. Während die Kunststoffdichtungsbahn aufgrund ihrer Rohstoffe und deren Verarbeitung als grundsätzlich konvektionsdicht eingestuft werden kann, verfügt die Mineralische Dichtung über ein Schadstoffrückhaltevermögen, jedoch dem Gesetz von Darcy folgend, eine (wenn auch sehr geringfügige) Restdurchlässigkeit (bei Vernachlässigung eines Grenzgradienten i_0).

Zusammenfassend kann das Abdichtungssystem gegenüber möglicherweise auftretenden Setzungsdifferenzen als robust und verformungsfähig eingestuft werden.

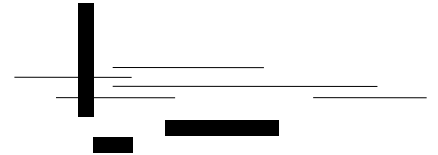
In seinem Beschluss mit Aktenzeichen 5 K 12 [8] verweist das OVG Mecklenburg-Vorpommern auf die Gefahr einer Beschädigung der KDB. Als Bestandteil der Umweltverträglichkeitsprüfung wird daher, unabhängig von der o.g. allgemeinen Einschätzung zum Multibarrierenkonzept und zur Robustheit und Verformbarkeit der realisierten Abdichtungskomponenten, folgender fiktiver Versagensfall angenommen:

- Eine der beiden Abdichtungskomponenten (KDB oder Mineralische Dichtung) in der MFA versagt. Diese Fallkonstellation (statt eines gleichzeitigen Versagens von Mineralischer Dichtung und KDB an gleicher Stelle) wird als sachgerecht angesehen, weil, wie im Folgenden noch gezeigt wird, die zu erwartenden Setzungsbeanspruchungen der MFA von den einzelnen Komponenten, wie z.B. KDB und Mineralischer Dichtung, werkstoffverträglich aufgenommen werden können. Insofern ist für den fiktiven Versagensfall von einem Herstellfehler auszugehen, der dann in Verbindung mit einer an und für sich zulässigen Verformungsbeanspruchung zu dem Versagen einer Systemkomponente führt. Das ein entsprechender Herstellfehler von zwei ganz unterschiedlichen Materialien (hier: KDB und Mineralischer Dichtung) ausgerechnet an der gleichen Stelle vorliegt, ist dabei nicht zu erwarten.
- Da die KDB konvektionsdicht ist, ist das (Teil-) Versagen der Mineralischen Dichtung daher nicht weiter zu untersuchen (bei unbeschädigter KDB kann kein Wasser die Mineralische Dichtung durchfließen). Dies erfolgt auch vor dem Hintergrund, dass die Auswirkungen von eventuellen Rissen in der Mineralischen Dichtung auf den permeationsbedingten Schadstofftransportvorgang zu vernachlässigen ist.



Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

- Ein Eintrag von Sickerwasser aus dem Bereich des mit der MFA gesicherten Deponieabschnittes in den unterlagernden Deponiebereich kann demnach nur erfolgen, wenn die Kunststoffdichtungsbahn versagt. Hier gilt die Besonderheit, dass Kunststoffdichtungsbahnen bis zum Versagen durch z.B. Zugkräfteintrag (z.B. durch ungleichmäßige Setzungen) sehr hohe Dehnungen aufnehmen können. Beispielhaft ist in der nachfolgenden Abbildung ein Auszug aus der BAM-Zulassung einer in der MFA auf der Deponie Ihlenberg eingesetzten Kunststoffdichtungsbahn dargestellt. Lt. Zulassungsschein muss die KDB eine Dehnung allgemein (ohne Materialveränderung) von 3 % sowie eine einaxiale Bruchdehnung von mindestens 400 % aufnehmen können (Hinweis: lt. Anlage 7.1 der Antragsunterlagen (Fachgutachten der Setzungsabschätzung) betragen die aus den Setzungsmessungen Stand November 2020 abgeleiteten Dehnungen zwischen 0,03 % und 0,09 %).
- Die Kunststoffdichtungsbahn der MFA auf der Deponie Ihlenberg wird mittels Dichtungskontrollsystem auf Leckagen überwacht. Die Besonderheit des hier anstehenden ergänzenden genehmigungsrechtlichen Verfahrens mit bereits erfolgter Bauausführung lässt die Aussage in diesem Fachgutachten zu, dass die KDB ohne detektierte Leckagen eingebaut wurde (außer Testleckagen zum Nachweis der Funktionsfähigkeit des eingebauten Dichtungskontrollsystems welche fachgerecht wieder verschlossen wurden) und seit 2013 (beginnend mit MFA-BA 1) ohne Auffälligkeiten quartalsweise überwacht wird.
- Der hier fiktiv unterstellte Versagensfall einer Beschädigung der KDB kann daher als sehr unwahrscheinlich eingestuft werden.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

ANLAGE 1 ZUM ZULASSUNGSSCHEIN 06/BAM IV.3/02/07 BUNDESANSTALT FÜR MATERIALFORSCHUNG UND -PRÜFUNG			
Prüfverfahren und Anforderungen im Rahmen der Fremdüberwachung der Herstellung der PE-HD Bahnen			
Prüfgröße	Prüfverfahren*)	Anforderungen und Toleranzen	
11. Zugbeanspruchung, Streckspannung Streckdehnung, Bruchdehnung**)	siehe Tabelle 6, 6.6	längs	quer
		$\sigma_s: \geq 15 \text{ N/mm}^2$	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$
		$\epsilon_s: \geq 10 \%$	$\geq 10 \%$
		$\epsilon_R: \geq 400 \%$	$\geq 400 \%$

Abb. 2: Auszug aus dem BAM-Zulassungsschein 06/BAM IV.3/02/07 zur im MFA-BA1 eingesetzten Kunststoffdichtungsbahn

5 Lage und Ausdehnung einer fiktiven Leckage

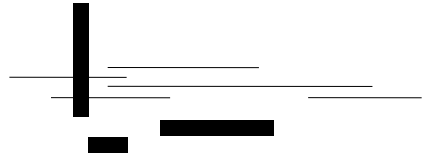
Im Folgenden wird, trotz der Unwahrscheinlichkeit des Ereigniseintrittes, untersucht, an welcher Stelle eine fiktive Leckage zu den nachteiligsten Beeinflussungen hinsichtlich einer Restemission in das Grundwasser führen würde. Maßgeblich hierfür sind zum einen die Größe einer leakagebedingten Durchströmung des Abdichtungssystems der MFA samt darunter befindlichem Deponiekörper und zum anderen die Barrierewirkung der darunter befindlichen Systeme aus Basisabdichtung und geologischer Barriere.

5.1 Ausdehnung einer fiktiven Leckage

Bei der Betrachtung eines fiktiven Versagensfalls der Kunststoffdichtungsbahn und dessen Auswirkungen auf die Umwelt (hier: Schutzgut Grundwasser) sind folgenden Aspekte zu beachten:

Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

- Eine Durchströmung der Mineralischen Dichtung unterhalb der Kunststoffdichtungsbahn ist überhaupt nur dann möglich, wenn sich oberhalb der beschädigten KDB ein Sickerwasseraufstau einstellt. Es sind also im Folgenden Bereiche festzulegen, in denen von einer max. hydraulischen Belastung, gekennzeichnet durch eine entsprechende Aufstauhöhe des Sickerwassers auf der Abdichtung, auszugehen ist.
- Ein Sickerwasseraufstau wird durch das Gefälle der Abdichtung sowie durch die hydraulische Leistungsfähigkeit der mineralischen Entwässerungsschicht der MFA definiert. Für die Ablagerungsphase weisen die hydraulischen Berechnungen (siehe separate Anlage 10.1 des gegenständlichen Verfahrens) folgende maximale Aufstauhöhen in der mindestens 30 cm mächtigen Entwässerungsschicht (bei Mindestgefälle nach Setzungen und in der Ablagerungsphase) aus:
 - Böschungsbereiche im MFA-BA 3
 (längste Einzugsflächen): 7 cm
 - Plateaubereich im MFA-BA2
 (geringstes Gefälle): 2 cm
- Die vorgenannten maximalen Aufstauhöhen ergeben sich nicht flächig, sondern im Übergangsbereich zu den Sickerwassersammelleitungen.
- Ein weiterer maßgeblicher Aufstaubereich oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn befindet sich unmittelbar unterhalb der Sickerwassersammelleitungen (vgl. Plan Nr.1501EV560 und 570 in Anlage 2.2 des gegenständlichen Verfahrens)
- Demnach tritt das Sickerwasser im linienförmigen Tiefpunkt der MFA erst ab einer Einstauhöhe von ca. 20 cm in das PEHD-Teilsickerrohr ein. Durch das Längsgefälle entlang des Sickerwassersammlers wird jedoch das Sickerwasser zunächst unterhalb des Teilsickerrohres dem Gefälle folgend zum Entwässerungstiefpunkt dem Rand der Abdichtungsfläche zugeführt.
- Dort ist entsprechend den Darstellungen ein Rohrdurchdringungsbauwerk angeordnet (vgl. Plan Nr. 1501EV550 in Anlage 2.2 des gegenständlichen Verfahrens). Das Sickerwasser staut sich demnach erst unmittelbar vor dem Durchdringungsbauwerk auf und tritt nach einer Aufstauhöhe von ca. 20 cm in das Teilsickerrohr ein.
- Die Rückstaulinien vor dem Durchdringungsbauwerk kann der nachfolgenden Abb. 3, die entsprechende Rückstaufläche der nachfolgenden Abb. 4 entnommen werden.



Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

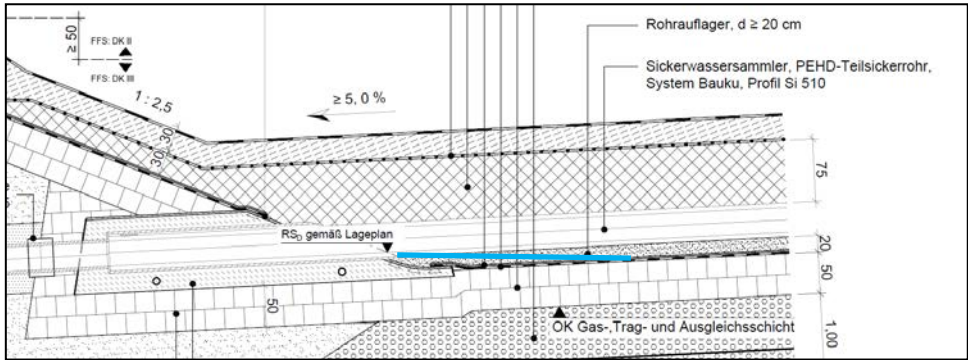


Abb. 3: Deponie Ihlenberg, Regeldetail Durchdringung mit Rückstaulinie (blau) des Sickerwassers, aus [3]

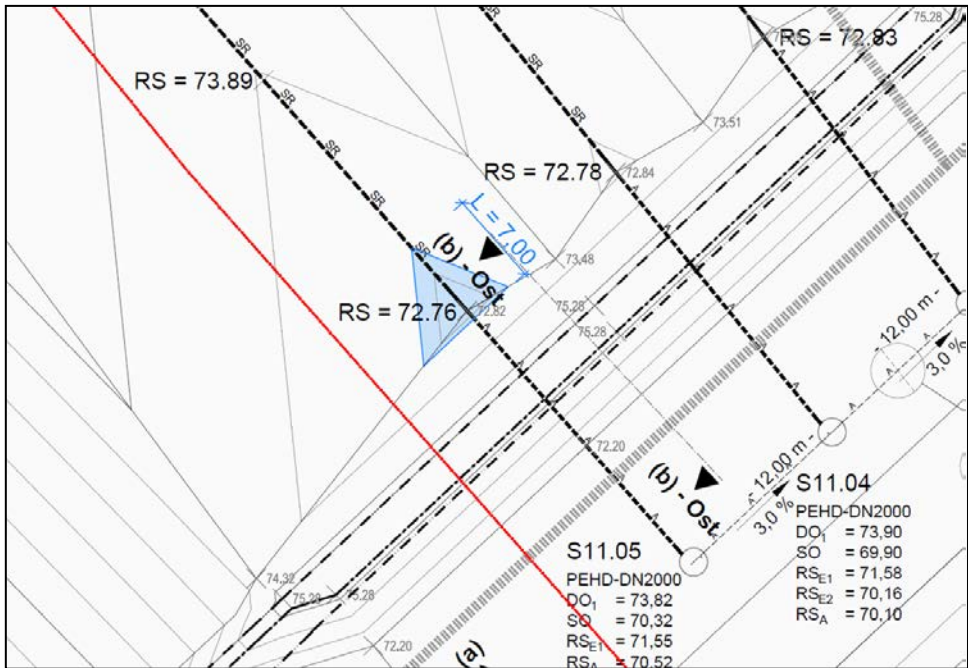
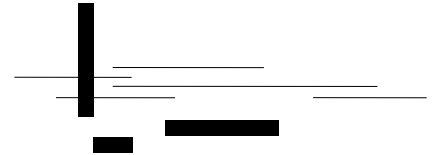


Abb. 4: Deponie Ihlenberg, Rückstaulänge des Sickerwassers vor dem Durchdringungsbauwerk, aus [3]



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

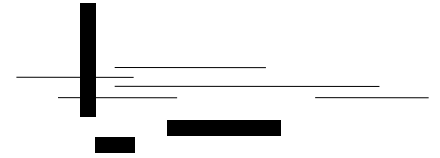
Die in Abb. 4 dargestellte Rückstaulänge von ca. 7 m ergibt sich hierbei im Zustand unmittelbar nach Herstellung der MFA, zum Zeitpunkt des Einlagerungsbeginns (mit überhöhtem Quer- und Längsgefälle). Im nachfolgenden wird auf der für die Durchflussrate sicheren Seite liegend unterstellt, dass die Längsneigung nach Setzungen nur noch 1,0 % (zulässiges Längsgefälle nach Setzung nach [2]) beträgt. Bei einer Aufstauhöhe vor dem Durchdringungsbauwerk von ca. 20 cm ergibt sich damit eine Aufstaulänge von rechnerisch ca. 20 m.

Für die Berechnungen der Durchsickerungsrate und –dauer der Mineralischen Dichtung der MFA wird nachfolgend als worst-case-Szenario unterstellt, dass die KDB exakt in dem vorgenannten Rückstaubereich von 20 m Länge auf einer Breite von 20 cm versagt.

Eine prinzipiell denkbare Erklärung für ein entsprechendes Schadensbild könnte in der Herstellung einer Schweißnaht mit deutlich ungenügender Qualität liegen, die bereits bei relativ geringer Dehnungsbeanspruchung vollständig versagen würde. Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass ein derartiger Versagensmechanismus auf Basis der obligatorischen Qualitätssicherung gemäß der KDB-Zulassung durch die BAM in Verbindung mit der fortlaufenden Überprüfung der qualitätsgerechten Herstellung der Schweißnähte durch die Fremdprüfung „Polymere Bauteile“ während der Bauphase sowie der Nachweis der Dichtigkeit durch ein Dichtungskontrollsystem hypothetisch und insgesamt sehr unwahrscheinlich ist, zumal durch die Lage am Fußpunkt des Entwässerungssystems nur von vergleichsweise geringen Auflasten und somit auch geringen Setzungen, insbesondere Setzungsunterschieden, auszugehen ist.

5.2 Lage einer fiktiven Leckage

Die Lage der fiktiv beschädigten MFA-KDB kann dann eine Relevanz im Hinblick auf den Zustrom möglicher Sickerwässer in das Schutzgut Grundwasser haben, wenn sich diese oberhalb oder auch im Einzugsbereich eines Basisabschnittes im unterlagerten Deponiekörper befindet, welcher nicht DepV-konform errichtet wurde. In der nachfolgenden Abbildung sind daher die Grenzen der mit unterschiedlichen Basisabdichtungssystemen ausgestatteten Bauabschnitte des Deponiekörpers gemeinsam mit den Sickerwassersammelleitungen (im Lageplan mit „SR“ beschriftet) der MFA



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

dargestellt (Fließrichtungen des Sickerwassers vgl. auch Plan Nr. 1501EV130 in Anlage 2.2 des gegenständlichen Verfahrens).

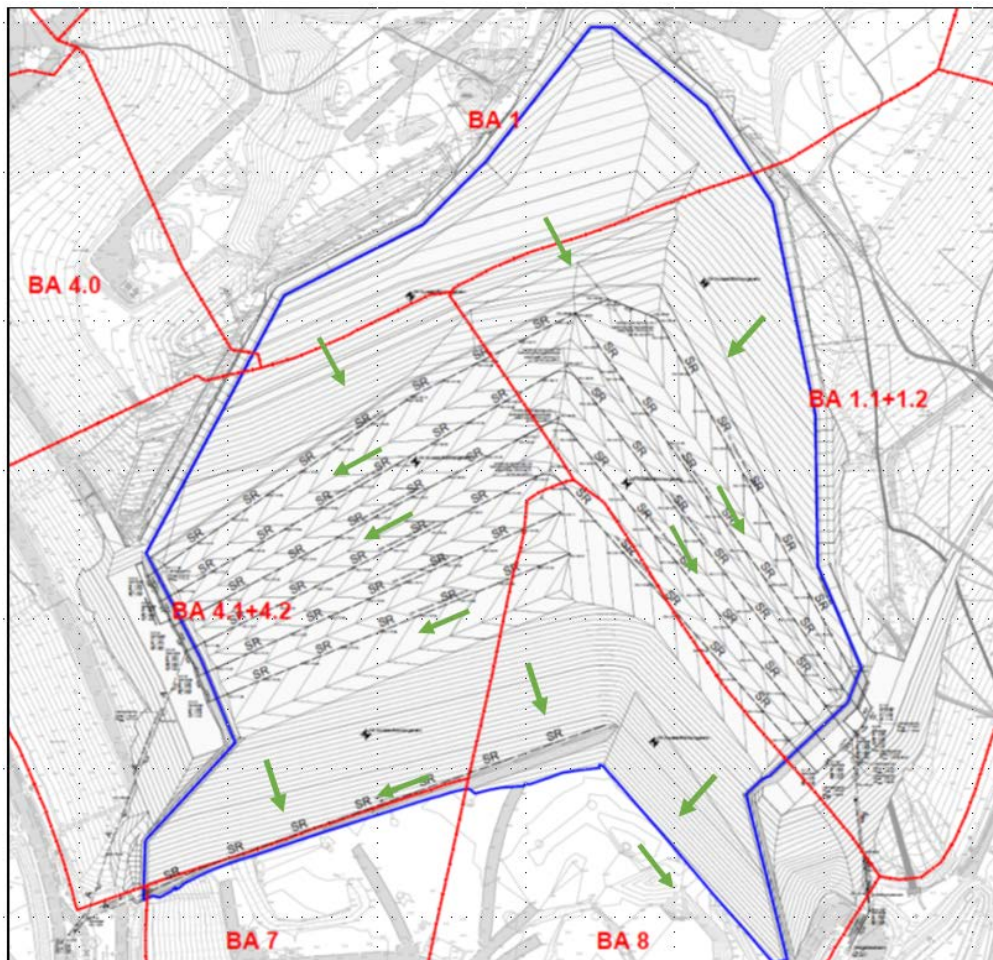


Abb. 5: Deponie Ihlenberg, Lageplan Basisabdichtungssysteme [3] (rote Linie = Grenze der Basisabdichtungsabschnitte, blau Linie = Grenze MFA, grüne Pfeile = Fließrichtung Sickerwasser im Entwässerungssystem der MFA)

**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
 Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

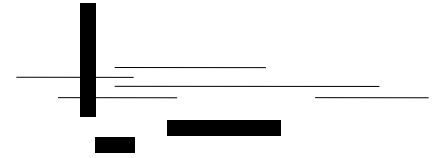
Hinsichtlich des Aufbaus der Basisabdichtungssysteme im Bereich der in der Stilllegungsphase befindlichen Deponieabschnitte (DA 1) erfolgte eine vertiefende Auswertung im Zuge der Gefährdungsabschätzung im Jahr 2011 [1]. Demnach verfügen die BA 4.0 und 4.1+4.2 (1992/1993) über ein Basisabdichtungssystem gemäß TA Abfall /9/, die BA 4.1+4.2 (2006), BA 7 und BA 8 über ein System gemäß DepV /1/.

Die nachfolgende Tabelle (Auszug aus der Gefährdungsabschätzung [1]) vermittelt darüber hinaus einen Überblick über den Aufbau der Basisabdichtung in den sonstigen, unterhalb der MFA befindlichen Basisbauabschnitten:

Tab. 1: Basisabdichtungssysteme des Altdeponiekörpers unterhalb der MFA (Auszug aus [1])

Bauabschnitt	Entwässerungsschicht	Schutzschicht	Kunststoffdichtungsbahn	Mineralische Dichtungsschicht
BA 1 (1979-1984)	k. A.	nicht vorh.	nicht vorh.	d = 0,3 m k = unbekannt
BA 1.1, BA 1.2 (ab 1990)	d = 0,3 m Kies 0/8	nicht vorh.	PEHD-Platten, Fa. SLT, d = 2,5 mm	d = 1,0 m k < 1,7 x 10 ⁻¹⁰ m/s

In Verbindung mit den Betrachtungen zur Ausdehnung der fiktiven Leckage in der MFA in Kap. 5.1 und den Darstellungen in Abb. 3 zum Entwässerungssystem der MFA wurden Bereiche bestimmt, in denen von der maßgeblichen Relevanz hinsichtlich eines eventuellen Schadstoffaustritts (i.S. eine Restdurchsickerung) auszugehen ist. Diese fiktiven MFA-Leckagen befinden sich (unmittelbar vor den Durchdringungsbauwerken) im westlichen Tiefpunktbereich oberhalb der Aufstandsflächen der BA 4.1+4.2 und BA 7 (Abdichtungssystem gemäß TA Abfall bzw. DepV) beziehungsweise im östlichen Tiefpunkt oberhalb des BA 1.1+1.2. Die maßgebliche fiktive MFA-Leckagestelle befindet sich damit nicht oberhalb und auch nicht im Einzugsbereich des BA 1 (Basisabdichtung ohne Kombinationsabdichtung, siehe auch nachfolgende Abbildung).



Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

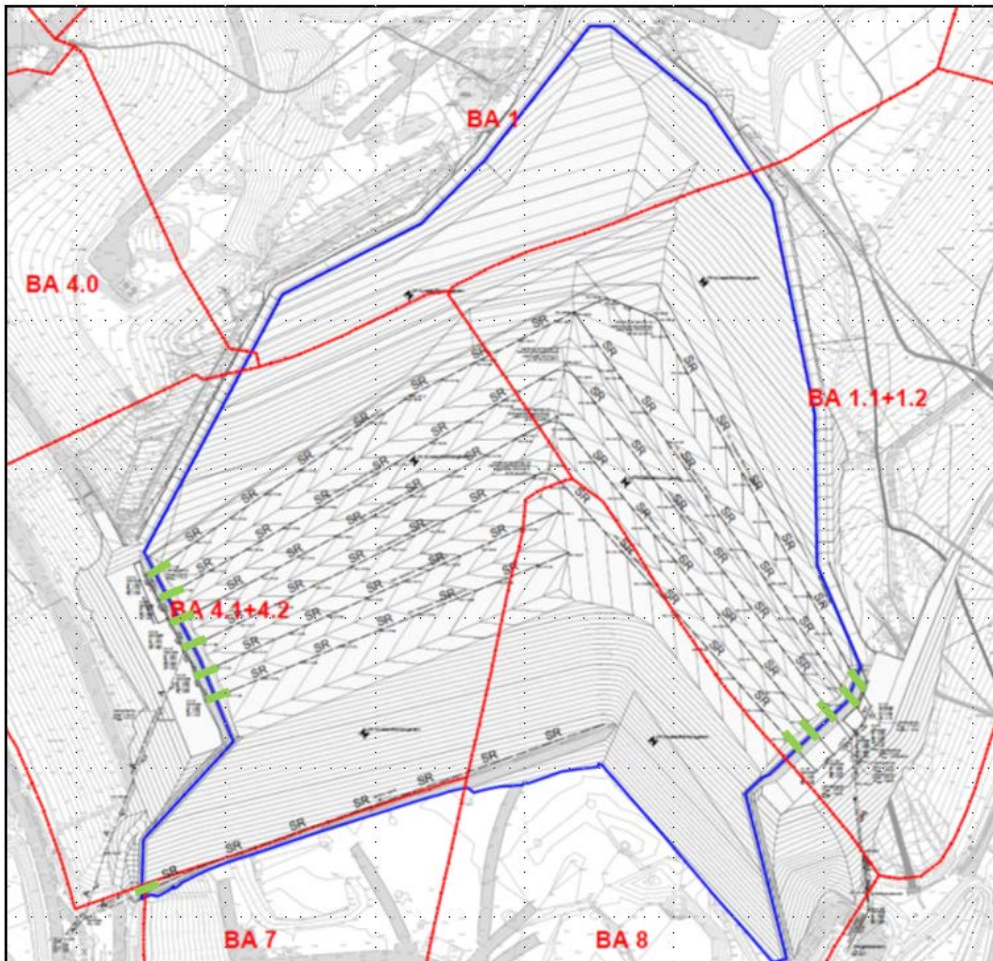
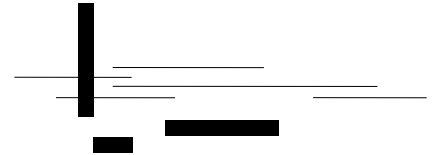


Abb. 6: Deponie Ihlenberg, Lageplan Basisabdichtungssysteme [3] (rote Linie = Grenze der Basisabdichtungsabschnitte, blau Linie = Grenze MFA, grüne Striche = Lage der Durchdringungsbauwerke der MFA)

Vielmehr ist für die Bereiche der MFA oberhalb des BA 1 aufgrund der dort sehr geringen Sickerwasseraufstauhöhe oberhalb einer theoretisch beschädigten Kunststoffdichtungsbahn der MFA, bedingt durch die geringen Einzugsflächen sowie dem dort gegebenen großen Generalgefälle vom BA 1 weg von nur minimalen Auswirkungen auszugehen.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Nachfolgend werden daher die hydraulischen Betrachtungen für den Fall durchgeführt, dass sich die fiktive Leckage vor einem der Durchdringungsbauwerke oberhalb des BA 1.1+1.2 und damit im östlichen Tiefpunktbereich der MFA befindet.

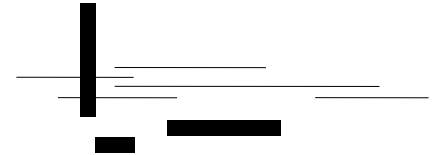
6 Abschätzung der theoretischen Durchsickerungsrate

6.1 Berechnungsmodell

Die Berechnung der Durchsickerung der mineralischen Abdichtungskomponente erfolgt entsprechend dem Arbeitsblatt 13, Anhang 1 „Hinweise zur Permeabilitätsberechnung der geologischen Barriere“ /7/ des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) unter ergänzender Berücksichtigung des ehemaligen Entwurfes zum Merkblatt Nr. 42 des LANUV /8/.

Das Arbeitsblatt 13 des LANUV /7/ ist im Internet frei zugänglich. Insofern wird hier auf weitere Erläuterungen bzgl. der Berechnungsgrundlagen und Verfahren verzichtet. Es sei jedoch erwähnt, dass grundsätzlich bei den Berechnungen hierbei das Gesetz nach Darcy mit $Q = A \cdot v$ (mit Q = Durchflussrate, A = Durchflussquerschnitt und v = Durchflussgeschwindigkeit) angewandt wird.

Die Berechnung erfolgt für den im benannten Arbeitsblatt definierten Fall 1 mit Aufnahme des hydraulischen Drucks in der obersten Schicht. Dieser Fall liegt laut Arbeitsblatt 13 /7/ vor, wenn eine relativ gering durchlässige Schicht über einer stärker durchlässigen Schicht liegt und der hydraulische Überdruck nicht hoch genug ist, um sich bis in die untere Schicht auszuwirken. Die Filtergeschwindigkeit in der oberen Schicht (mit Überdruck) ist dann kleiner als in der unteren Schicht. Für den Standort der Deponie Ihlenberg und der MFA bedeutet dies, dass ausschließlich die Wirkung der Mineralischen Dichtung und deren Durchlässigkeitsbeiwert berücksichtigt werden. Weitere durchflussreduzierende Wirkungen, z.B. aus dem eigentlichen Ablagerungskörper, werden damit vernachlässigt.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

6.2 Berechnungsannahmen

Die Berechnungsannahmen sind in Anhang 1 und Anhang 2 näher dargestellt und können wie folgt zusammengefasst werden:

- Mächtigkeit der Mineralischen Dichtung: 0,50 m

Hinweis: Dies entspricht der tatsächlich realisierten Mindestmächtigkeit, gemäß dem Bericht der Eigenprüfung in [6] bzw. der Fremdprüfung in [7].

- Durchlässigkeitsbeiwert der Mineralischen Dichtung: $k = 2,35 \times 10^{-10}$ m/s

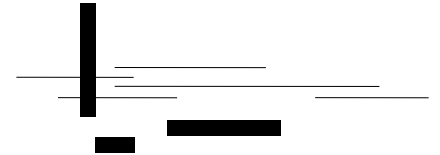
Für den Ansatz dieses Kennwertes wurde der Bericht der Eigenprüfung zum MFA-BA 2 [6] ausgewertet. Dies stellt den Bauabschnitt mit den hier betrachteten Durchdringungsbauwerken im östlichen Tiefpunkt dar. Es wurden die Versuchsergebnisse der im Umfeld der Durchdringungsbereiche entnommenen Sonderproben aus der Mineralischen Dichtung berücksichtigt. Die entsprechende Auswertung und Lagepläne der Probeentnahmepunkte können der beiliegenden Anhang 1 und Anhang 2 entnommen werden.

- Versickerungswirksame Fläche: 4,0 m²

Entsprechend den Beschreibungen im Kap. 5 aufgrund der angenommenen Risslänge von 20 m und eine betroffene Nahtbreite von 20 cm (aufgelöster Pressverbund durch fehlende Doppelnaht).

- Mittlere Aufstauhöhe: 12 cm

Entsprechend der geometrischen Ansätze einer Mindestneigung (nach Setzungen) von 1,0 %, einer Aufstauhöhe vor dem Durchdringungsbauwerk von 20 cm und einer angenommen Risslänge von 20 m ergibt sich eine mittlere Aufstauhöhe von 10 cm. Hinzuzurechnen sind 2 cm aufgrund der aus den hydraulischen Berechnungen bekannten rechnerischen Aufstauhöhe in der Entwässerungsschicht von 2 cm (siehe Kap. 5.1).



Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

- Wirksamer hydraulischer Gradient

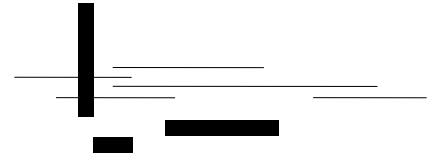
In schluffig-tonigen Böden ähneln die Fließbewegungen des Wassers aufgrund der (sehr) geringen Porendurchmesser denen von Dickstoffen in Röhren, wobei der innere Widerstand des fließenden Wassers stark gegenüber dem Reibungswiderstand an den Porenwänden hervortreten kann. Neben der Adsorption und Adhäsion zwischen angelagertem Wasser und Bodenteilchen beeinflussen auch elektromolekulare Oberflächenkräfte das Fließverhalten des Wassers. Bei derartigen Verhältnissen beginnt das molekular gebundene Wasser, nach mehrfach vertretener Meinung, erst bei Überschreiten eines hydraulischen Grenzgefälles i_0 (in der Literatur, z.B. Grundbau-Taschenbuch /11/ und Handbuch für Bauingenieure /12/, überwiegend als Stagnationsgradient i_0 bezeichnet) zu fließen. Dann gilt für bindige Böden die erweiterte DARCY-Gleichung:

$$Q = A \cdot k_f \cdot (i - i_0) \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Grundsätzlich wird wohl davon auszugehen sein, dass umso feinkörniger ein durchstömter Boden ist, desto eher ein Stagnationsgradient i_0 auftreten kann. ZILCH/KATZENBACH et al. /12/ halten dazu fest, dass „*bei Böden, deren Tonanteil über 20% liegt, aufgrund des hohen Anteils des gebundenen Wassers erst dann eine Strömung einsetzen kann, wenn i größer als der sogenannte Stagnationsgradient i_0 ist*“ (Handbuch für Bauingenieure /12/). Das Auftreten eines Stagnationsgradienten wird von ZILCH/KATZENBACH et al. /12/ also an die Bedingung eines Tongehaltes von mindestens 20% geknüpft (siehe auch Kornverteilungskurven in Anhang 3).

Die Bestimmung von i_0 ist sehr schwierig und hat bisher nur zu wenig zufriedenstellenden oder auch harmonisierten Ergebnissen geführt. Für Schluffe werden jedoch zum Beispiel in /13/ Stagnationsgradienten von $i_0 = 0-5$ und für Tone von $i_0 = 0-18$ angegeben (Quelle: Spektrum.de /13/).

Die Existenz des Stagnationsgradienten i_0 ist in der Fachwelt umstritten. Aktuelle Untersuchungen von DÜLLMANN /16/ kommen zu dem Ergebnis der Existenz eines Stagnationsgradienten, dessen Ansatz zu einer deutlich verringerten Restdurchsickerung der Mineralischen Dichtung führt.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Untersuchungen von HEYER /14/ wiederum kommen zu dem Ergebnis, dass das Gesetz von DARCY auch für sehr schwach durchlässige Böden und sehr geringe hydraulische Gradienten Gültigkeit besitzt. Zu dem gleichen Ergebnis kommt auch DEGEN /15/.

Ein Grund für diese Abweichungen ist nicht bekannt (WITT /11/). Auf der sicheren Seite liegend wird der Ansatz eines Stagnationsgradienten im Rahmen der hier durchgeführten Berechnungen nicht berücksichtigt.

6.3 Berechnungsergebnis

Gemäß den Darlegungen in Anhang 1 ergibt sich bei den beschriebenen Berechnungsannahmen rechnerisch eine theoretische Durchsickerungsrate der MFA von $0,037 \text{ m}^3/\text{a}$ (37 l/a).

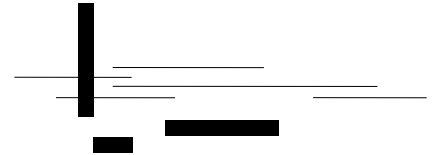
7 Abschätzung der Durchsickerungsdauer

Die Berechnungsannahmen zur Abschätzung der theoretischen Durchsickerungsdauer der MFA sind in Anhang 3 dargestellt und entsprechen grundsätzlich denen zur Abschätzung der theoretischen Durchsickerungsrate, gem. Gesetz von DARCY.

Die Durchsickerungsdauer beträgt gemäß den in Anhang 3 dargestellten Annahmen und Berechnungsansätzen rechnerisch ca. 65 Monaten.

Nach Entstehung eines Risses in der Kunststoffdichtungsbahn würde demnach das „erste“ Sickerwasser nach ca. 65 Monaten die Mineralische Dichtung durchflossen haben und in den unterlagernden Deponiekörper mit einer rechnerischen Rate von 37 l/a einsickern.

Eine zusammenfassende Bewertung folgt im nachfolgenden Kap. 8.



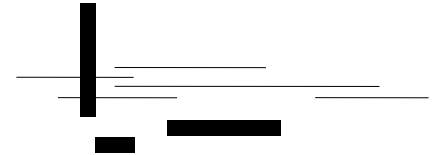
**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

8 Zusammenfassende Bewertung

Auftragsgemäß sowie unter Berücksichtigung der Hinweise im Beschluss des OVG Mecklenburg-Vorpommern (Aktenzeichen 5 K 12/14) [9] wurden Betrachtungen über mögliche Auswirkungen eines fiktiven Schadenfalls in der MFA auf der Deponie Ihlenberg durchgeführt.

Bei der Bewertung der in den Kap. 6 und 7 dargestellten rechnerischen Berechnungsergebnisse sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Die Berechnungen beruhen auf der Annahme eines 20 m langen Risses in der Kunststoffdichtungsbahn im Bereich mit der höchsten Aufstauhöhe des Sickerwassers in der Entwässerungsschicht.
- Dieser Bereich wird vor den östlichen Durchdringungsbauwerken der Sickerwassersammelleitungen verortet (siehe auch Abb. 5 in Kap. 5).
- Gemäß den vorlaufenden Bewertungen in Kap. 3 und 4 zur langfristigen Funktionsweise der MFA wird die Wahrscheinlichkeit eines derartigen Versagensfalls als sehr gering eingeschätzt. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund des beschriebenen Materialverhaltens sowie dem Umstand, dass mit dem installierten und aktiv betriebenen Dichtungskontrollsystem der Nachweis erbracht wurde, dass in der Bauphase keinerlei Beschädigungen der KDB erfolgt sind (Hinweis: Erfahrungsgemäß treten Beschädigungen von Kunststoffdichtungsbahnen in der Regel in der Einbauphase auf, siehe nachfolgende Abbildung) und auch im Rahmen des Anlagenbetriebes bisher keine Leckagen festgestellt worden sind.



Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA

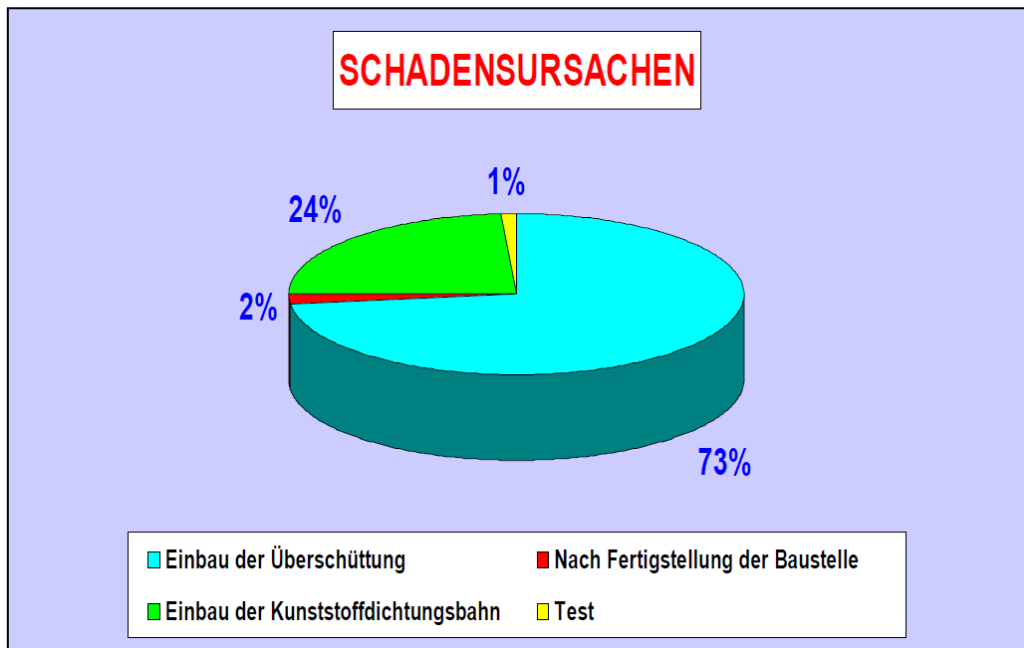
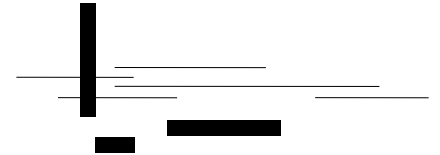


Abb. 7: Schadensursache bei der Detektion von Leckagen an Kunststoffdichtungsbahnen im Deponiebau (Quelle: Sensor DDS: Denn Kontrolle ist besser, Firmenmaterial)

- Für den fiktiven Fall der beschädigten KDB in der MFA fließt rechnerisch erstmals nach ca. 65 Monate eine Menge von ca. $0,037 \text{ m}^3/\text{a}$ dem unterlagernden Deponekörper zu. Weitere reduzierende Effekte wie z.B. der Ansatz eines eventuellen Stagnationsgradienten i_0 sind dabei auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt worden.
- Die hydraulische Berechnungen zum Entwässerungssystem der MFA basieren entsprechend der GDA Empfehlung 2-14 /10/ auf einer Dränspende von $1,157 \text{ l}/(\text{s} \times \text{ha})$. Bei einer Abdichtungsfläche der MFA von ca. $14,0 \text{ ha}$ ergibt sich bei diesem Bemessungswert eine rechnerisch anzusetzende jährliche Sickerwassermenge von ca. 500.000 m^3
- Der Anteil des theoretischen Durchflusses an diesem Bemessungswert beträgt $0,000007 \%$.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

- Tatsächlich beträgt die durchschnittliche, jährlich gefasste Sickerwassermenge etwa 100.000 bis 120.000 m³. Der Anteil des theoretischen Durchflusses beträgt 0,000034 %. Gleichzeitig zeigen die absoluten Werten der rechnerisch anzusetzende jährlichen Sickerwassermenge gemäß den Bemessungswerten (500.000 m³ nur für den Bereich der MFA) und den gemessenen jährliche Sickerwassermengen (100.000 – 120.000 m³ für den Gesamtstandort), welche Reserven letztlich bei den hydraulischen Berechnungen gegeben sind.
- Der Bereich der hier angenommenen fiktiven Leckage der MFA befindet sich oberhalb der Bauabschnitte 1.1+1.2. Diese verfügen über ein Kombinationsabdichtungssystem inkl. einer konvektionsdichten Kunststoffdichtungsbahn. Schäden an dem auf natürlich anstehendem Untergrund (Geologische Barriere ohne Gefahr besonderer ungleichmäßiger Setzungen) aufgebauten Basisabdichtungssystem sind nicht bekannt (siehe auch Ergebnisse des GW-Monitoring in [8]). Eine Funktionstüchtigkeit der dortigen Basisabdichtung / Geologischen Barriere wird unterstellt.
- Selbst wenn obendrein äußerst vorsorglich zusätzlich noch unterstellt werden würde, dass im BA 1.1+1.2 wegen einer fehlenden Schutzschicht für die KDB diese nicht mehr (voll) funktionsfähig wäre, ergäbe sich durch die dort in der Basisabdichtung in einer Mächtigkeit von d = 1,0 m hergestellte Mineralische Dichtungsschicht gleichwohl immer noch eine hochwirksame Abdichtungskomponente. Es kann dabei davon ausgegangen werden, dass der seinerzeit im Rahmen der Qualitätssicherung festgestellte Durchlässigkeitsbeiwert $k_{\max} = 1,7 \times 10^{-10}$ m/s sich durch die auflastbedingten Konsolidierungsvorgänge noch weiter verbessert hat. Insofern ist davon auszugehen, dass selbst bei diesem äußerst vorsorglich unterstellten zusätzlichen Schadensfall überhaupt nur ein sehr geringer %-Satz des „Leckagewasseranfalls“ von 0,037 m³/a die Basisabdichtung der BA 1.1+1.2 durchsickern würde.
- Vor diesem Hintergrund kann abgeleitet werden, dass selbst, wenn noch ein ungünstigeres Schadensszenario angenommen wird (z.B. Verdoppelung der Leckagefläche, höherer Aufstau von Sickerwasser, geringerer Durchlässigkeitsbeiwert der Mineralischen Dichtung der MFA) keine maßgeblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Grundwasser ableitbar sind.
- Dies gilt insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass mit den hier dargestellten Szenarien auch unterstellt wurde, dass sowohl die KDB der MFA als auch die KDB-Abdichtung der Basisabdichtung im BA 1.1+1.2 versagen würden.



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

- Das in Kap. 3 beschriebene Multibarrierenkonzept ist in der ergänzenden Wirkung aus den Entwässerungs- und Abdichtungskomponenten der MFA und der Basisabdichtung des BA 1.1+1.2 übererfüllt.
- Das am Standort praktizierte Setzungsmonitoring dient hierbei ergänzend zur Leckageüberwachung mittels Dichtungskontrollsystem als frühzeitige Kontrollmechanismen.

Zusammenfassend sind aus den hier vorgelegten Betrachtungen keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf ein in § 2 Abs. 1 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung /2/ genanntes Schutzgut erkennbar. Vielmehr wird deutlich, dass durch die Herstellung der MFA positive Auswirkungen auf das Schutzgut Grundwasser erreicht werden, da diese als Oberflächenabdichtung für die bereits eingelagerten Abfälle wirkt.

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Folke Becker

Dipl.-Ing. Thomas Wemhoff

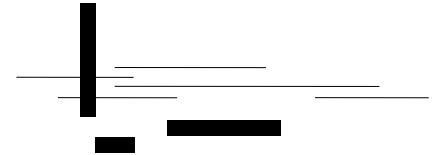
Bremen, den 19. Januar 2022

Sasse

Beratender Ingenieur

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Deponiebau, Erdbau und Baggeregut





**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

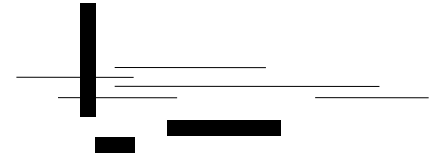
9 Literatur

- /1/ Bund: DepV
Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV), vom 27.04.2009, veröffentlicht im BGBl. I Nr. 22, S.900, zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 30.06.2020 (BGBl. I Nr. 32, S. 1533)
- /2/ Bund: UVPG
Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) vom 18. März 2021; BGBl. I, Nr. 14, S. 540, geändert durch Artikel 14 des Gesetzes vom 10. September 2021, BGBl. I, Nr. 63, S. 4147
- /3/ Stief, K.
Das Multibarrierenkonzept als Grundlage von Planung, Bau, Betrieb und Nachsorge von Deponien. In Müll und Abfall, Nr. 1 Erich Schmidt Verlag, Berlin 1986, S 15-20
- /4/ Fotiadou I., Finck M.
Das Multibarrierenkonzept zur Deponierung von Siedlungsabfällen in den europäischen und deutschen Rechtsnormen. In Müll und Abfall, Nr. 4 Erich Schmidt Verlag, Berlin 2001, S 221-225
- /5/ Müller
Handbuch der PE-HD-Dichtungsbahnen in der Geotechnik, Birkhäuser Verlag, ISBN 978-3-7643-6504-2, 2001
- /6/ LAGA-Ad-hoc-AG „Deponietechnik“
Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard
veröffentlich unter: <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Informationen-Bundeseinheitliche-Qualitaetsstandards.html>

**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

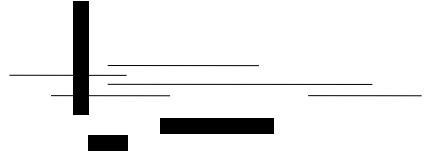
- /7/ LANUV: Arbeitsblatt 13
Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme, Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Dritte aktualisierte Neuauflage Recklinghausen 2015

veröffentlich unter: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/40013.pdf
- /8/ LUA NRW: Merkblatt Nr. 42
Gleichwertigkeit von Deponiesystemkomponenten, Teil 1: Geologische Barriere, Entwurf, Fassung für das Anhörungsverfahren, Bearbeitungsstand: 21.8.2006, Landesumweltamt NRW, Essen 2005
- /9/ Bund:
Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall), Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen und biologischen Behandlung und Verbrennung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen; vom 10. April 1990, BMBl., S. 170
- /10/ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)
Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, veröffentlicht unter: <https://www.gdaonline.de/>
- /11/ Grundbau-Taschenbuch; Ernst & Sohn, Prof. Dr.-Ing. K. J. Witt, 8. Auflage, 2017 (Teil 1), 2018 (Teil 2)
- /12/ Handbuch für Bauingenieure, Technik, Organisation und Wirtschaftlichkeit; Springer, K. Zilch (Ed), C. J. Diederichs (Ed), R. Katzenbach (Ed), K. J. Beckmann, 2. Auflage, 2012
- /13/ Spektrum.de, Darcy-Gesetz: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/darcy-gesetz/2895> - Abrufdatum 11.06.2021



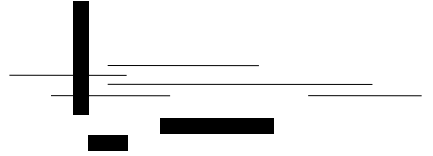
**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

- /14/ D. Heyer:
Die Durchlässigkeit mineralischer Dichtungsstoffe unter besonderer Berücksichtigung des Sättigungsvorganges; Herausgegeben von Univ.-Prof. Dr.-Ing. R. Floss Ordinarius für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik; Lehrstuhl und Prüfamt für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik der Technischen Universität München, Schriftenreihe Heft 30, TU München, 2001
- /15/ W. Degen
Sekundärsetzung in reinen Tonen: Untersuchungen zur Nichtlinearität des Gesetzes von Darcy bei sehr kleinen hydraulischen Gradienten; vdf, Institut für Geotechnik, Band 206 2/94, ETH Zürich, 1994
- /16/ H. Düllmann
Zur Existenz eines Anfangsgradienten oder prälinearen Bereiches bei der Durchströmung feinporiger mineralischer Dichtungsschichten bei niedrigen Überstauhöhen; erstellt durch das Geotechnischen Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, Aachen, 2020 (unveröffentlicht)



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Anhänge



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Anhang 1:

Berechnung der fiktiven Durchsickerungsmenge der MFA

Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 1: Berechnung der fiktiven Durchsickerungsmenge der MFA

1 Berechnungsannahme

Mindestmächtigkeit der Dichtung	d	=	0,50 m
Durchlässigkeitsbeiwert	k	=	2,35E-10 m / s

*gewählt aus Bericht der Eigenprüfung (upi-Bericht 039.011.02.06-13 vom 05.02.2016),
im Baufeld der MFA-BA 2, Nahbereich der Durchdringungen:*

- P 24, 1. Lage (BF Ost)	k	=	1,44E-10 m / s
- P 38, 1. Lage (BF Ost)	k	=	1,22E-10 m / s
- P 32, 2. Lage (BF Ost)	k	=	2,37E-10 m / s
- P 45, 2. Lage (BF Ost)	k	=	2,46E-10 m / s
- P 31, 1. Lage (BF Nord)	k	=	nur Dichtebest. mit 98,7 % der Proctordichte
- P 32, 1. Lage (BF Nord)	k	=	3,06E-10 m / s
- P 43, 2. Lage (BF Ost)	k	=	3,55E-10 m / s
- Mittelwert			<hr/> 2,35E-10 m / s

versickerungswirksame Fläche <i>Abmessungen einer fiktiven Leckage von 0,20 x 20 m</i>	A	=	4,00 m ²
---	---	---	---------------------

Überstauhöhe <i>mittlere Aufstauhöhe</i>	h _w	=	0,12 m
---	----------------	---	--------

2 Berechnung

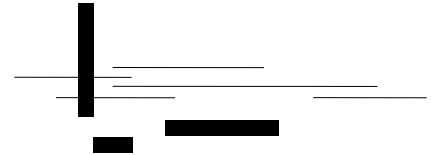
Formel aus LANUV Arbeitsblatt A 13, Anhang 1:

$$q = I * k * 3600 * 24 * 365 = \frac{d + h_w}{d} * k * 3600 * 24 * 365 \quad \text{in m}^3/\text{m}^2 \text{ a}$$

fiktiver Vergleichswert q für die Durchsickerungsrate	q	=	2,91E-10 m ³ / m ² s
		=	0,009 m ³ / m ² a

mit Q = q * A ergibt sich:

jährlicher Durchfluss durch fiktive Leckage	Q	=	0,037 m³ / a
--	----------	----------	--------------------------------



**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Anhang 2:

Probenahmepläne der Eigenüberwachung zur Mineralischen Dichtung im MFA-BA2

Deponie Ihlenberg

Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung

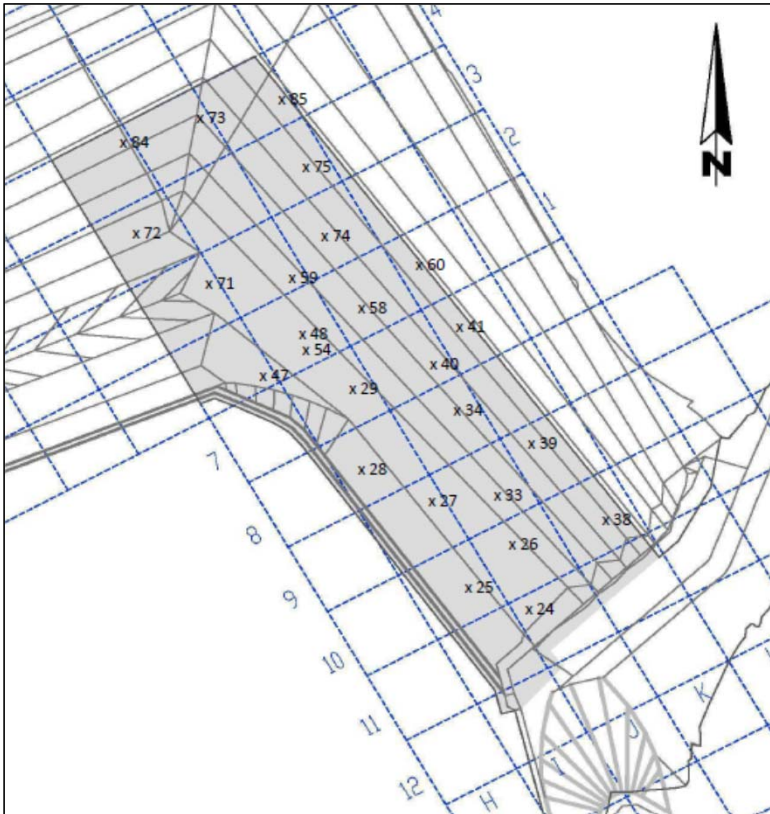
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03

Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 2: Probenahmepläne der Eigenüberwachung zur Mineralischen Dichtung im MFA-BA2

BF Ost, 1. Lage

upi-Bericht 039.011.02.06-13 vom 05.02.2016, S 454,

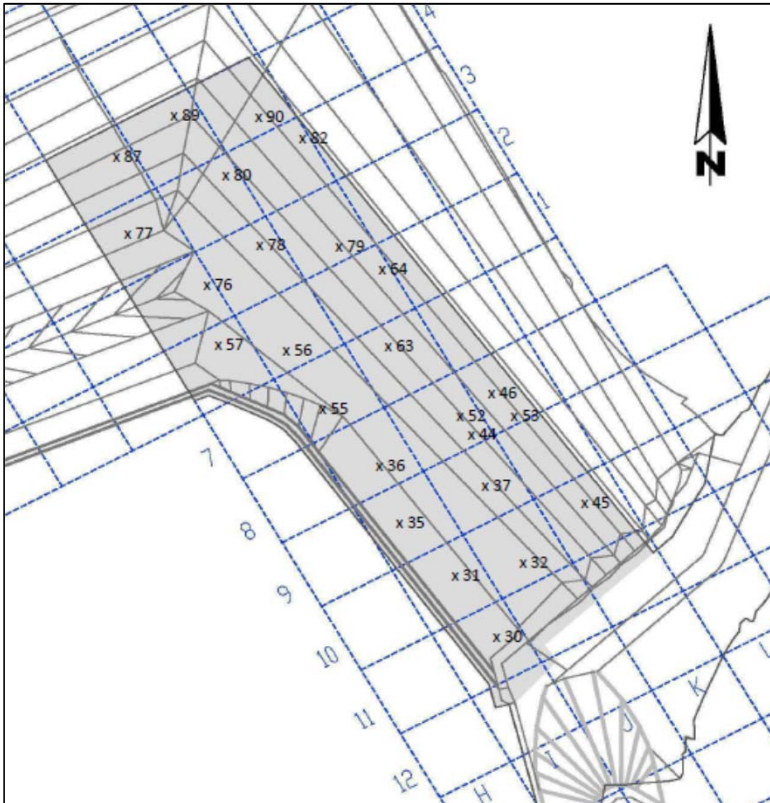


Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 2: Probenahmepläne der Eigenüberwachung zur Mineralischen Dichtung im MFA-BA2

BF Ost, 2. Lage

upi-Bericht 039.011.02.06-13 vom 05.02.2016, S 514

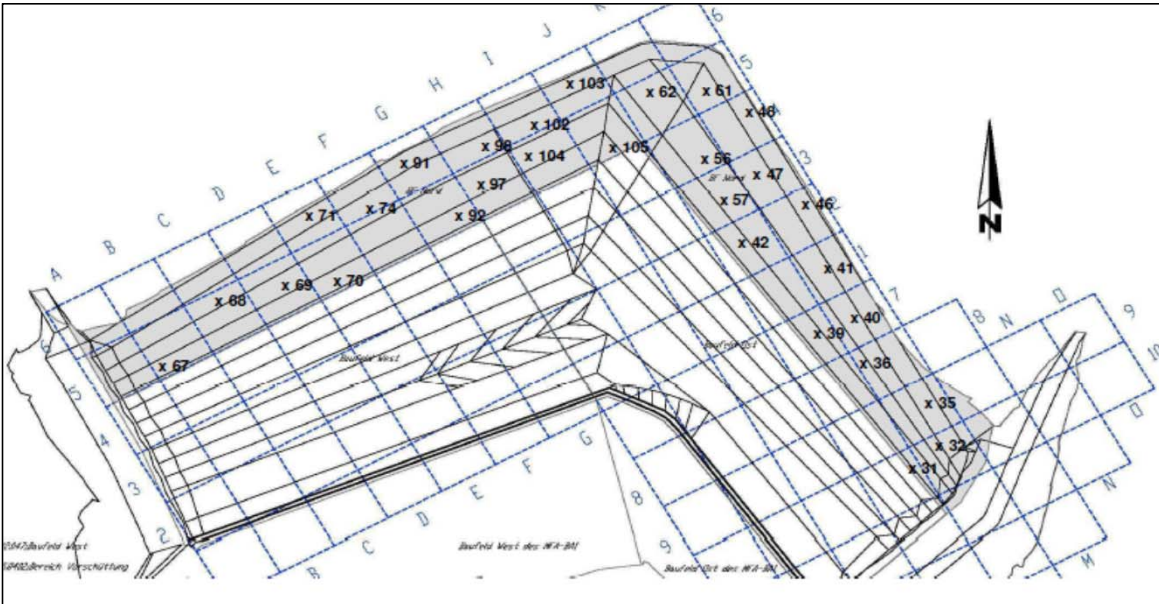


Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 2: Probenahmepläne der Eigenüberwachung zur Mineralischen Dichtung im MFA-BA2

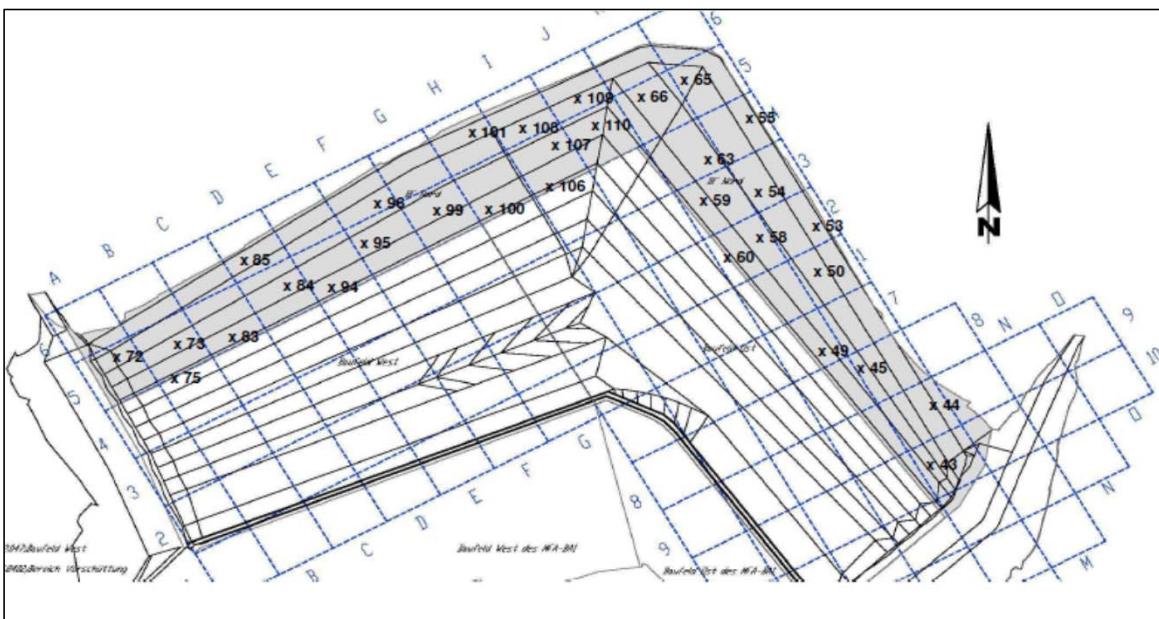
BF Nord 1. Lage

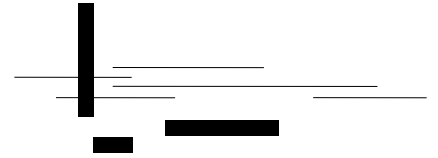
upi-Bericht 039.011.02.06-13 vom 05.02.2016, S 575



BF Nord 2. Lage

upi-Bericht 039.011.02.06-13 vom 05.02.2016, S 643





**Deponie Ihlenberg, Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Gutachterliche Betrachtung der Auswirkungen eines fiktiven Schadensfalls in der MFA**

Anhang 3:

Berechnung der fiktiven Durchsickerungsdauer der MFA

Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 3: Berechnung der fiktiven Durchsickerungsdauer der MFA

1 Berechnungsannahme, Materialbeschaffenheit der Mineralischen Dichtung

Mindestmächtigkeit der Dichtung $d = 0,50 \text{ m}$

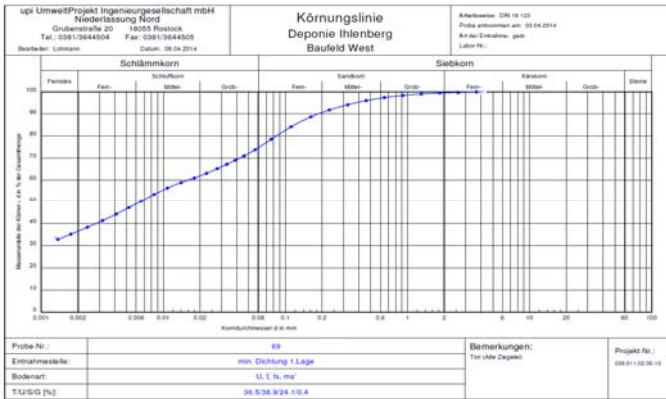
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 2,35E-10 \text{ m / s}$

*gewählt aus Bericht der Eigenprüfung (upi-Bericht 039.011.02.06-13 vom 05.02.2016),
im Baufeld der MFA-BA 2, Nahbereich der Durchdringungen:*

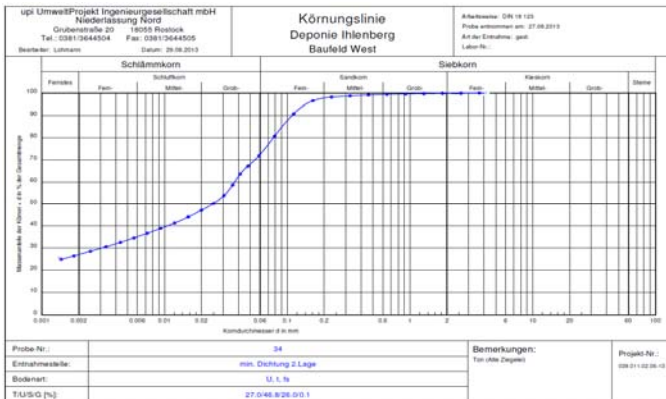
- P 24, 1. Lage (BF Ost) $k_f = 1,44E-10 \text{ m / s}$
- P 38, 1. Lage (BF Ost) $k_f = 1,22E-10 \text{ m / s}$
- P 32, 2. Lage (BF Ost) $k_f = 2,37E-10 \text{ m / s}$
- P 45, 2. Lage (BF Ost) $k_f = 2,46E-10 \text{ m / s}$
- P 31, 1. Lage (BF Nord) $k_f = \text{nur Dichtebest. mit 98,7 \% der Proctordichte}$
- P 32, 1. Lage (BF Nord) $k_f = 3,06E-10 \text{ m / s}$
- P 43, 2. Lage (BF Ost) $k_f = 3,55E-10 \text{ m / s}$
- Mittelwert $k_f = 2,35E-10 \text{ m / s}$

Überstauhöhe $h_w = 0,12 \text{ m}$
 mittlere Aufstauhöhe

Beispielhafte Kornverteilungskurven der Mineralischen Dichtung (aus o.g. Bericht der Eigenprüfung, 2.BA)



erste Lage



zweite Lage

Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 3: Berechnung der fiktiven Durchsickerungsdauer der MFA

2 Berechnungsformeln

Formeln aus Hölting: "Hydrogeologie, Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie"

$$Q = k_f \cdot F \cdot \frac{h}{l} = k_f \cdot F \cdot J = v_f \cdot F \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$k_f = \frac{Q}{F \cdot J} = \frac{v_f}{J} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$v_f = \frac{Q}{F} = k_f \cdot J \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$v_a = \frac{v_f}{P^*} \quad [m/s]$$

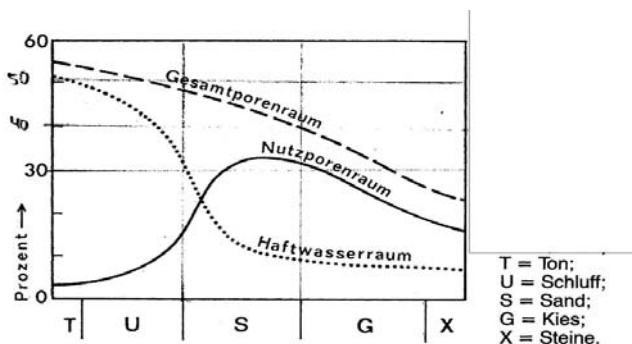
sowie

$$T = l / v_a$$

mit:

- k_f = Durchlässigkeitsbeiwert in m/s
- J = hydraulisches Gefälle, ohne Einheit
- h = Druckhöhenunterschied (hier $h_w + d$) in m
- h_w = Aufstauhöhe über der Mineralischen Dichtung, in m
- l = Fließlänge (entspricht Dicke (d) der Mineralischen Dichtung, in m
- v_f = Filtergeschwindigkeit, in m/s
- v_a = Abstandsgeschwindigkeit, in m/s
- P^* = Porositätsfaktor der nutzbaren Porosität, ohne Einheit
- T = Durchströmungsdauer der Mineralischen Dichtung, in s

Abschätzung des nutzbaren Porositätsfaktors nach folgender Abbildung (aus HÖLTING)



Beziehung zwischen Gesamtporen-, Nutzporen- und Haftwasserraum in Abhängigkeit von der Korngröße (aus HÖLTING)

P^* wird gewählt zu 0,10 (10 %)

Deponie Ihlenberg
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung
mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) – RN 11/03
Betrachtung fiktiver Schadensfall MFA

Anhang 3: Berechnung der fiktiven Durchsickerungsdauer der MFA

3 Berechnungen

Formel aus Hötting: "Hydrogeologie, Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie"

Durchlässigkeit	k_f	=	2,35E-10	m/s
Fließlänge	l (d)	=	0,50	m
<i>Aufstauhöhe</i>	h_w	=	0,12	m
Druckhöhenunterschied damit ($h_w + l$)	h	=	0,62	m
Filterschwindigkeit aus $v_f = k_f \times J = k_f \times (h_w + l / l)$ damit	v_f	=	2,91E-10	m/s
Porositätsfaktor	P^*	=	0,1	
<i>Abstandgeschwindigkeit aus</i> $v_a = v_f / P^*$ damit	v_a	=	2,91E-09	m/s
Durchströmungsdauer aus $T = l / v_a$ damit	T	=	1,72E+08	s
bzw. umgerechnet	T	=	65,00	Monate