



**Antrag auf Planfeststellung der  
Mineralstoffdeponie Profen-Nord**

**Sickerwasserprognose**

**Anlage I/6.8.2**

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>1</b> <b>Veranlassung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b> <b>Rechtliche Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b> <b>Charakterisierung des Standortes</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b> <b>Aufbau des Deponiebasisabdichtungssystems</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b> <b>Untersuchungen zur Beurteilung des Sickerwasseranfalls</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1</b> <i>Versuchsfeld zur alternativen Basisabdichtung am Standort Profen-Nord</i> .....	10
<b>5.1.1</b> Zielstellung .....	10
<b>5.1.2</b> Aufbau des Versuchsfeldes .....	10
<b>5.1.3</b> Eingesetzte Messtechnik .....	11
<b>5.1.4</b> Auswertung der Lysimeterversuche .....	12
<b>5.2</b> <i>Versuchsfeld zur Dichtungsschicht aus Asche und Gießereialtsand am Standort TRL „Grube Siegfried“-Südteil</i> .....	14
<b>5.2.1</b> Zielstellung .....	14
<b>5.2.2</b> Versuchsdurchführung .....	15
<b>5.2.3</b> Auswertung .....	15
<b>5.2.4</b> Zusammenfassung .....	17
<b>5.3</b> <i>Säulenversuche zur Bestimmung des Abflussverhaltens von Dichtungsschichten aus Braunkohlenfilteraschen</i> .....	18
<b>5.3.1</b> Zielstellung .....	18
<b>5.3.2</b> Versuchsaufbau .....	18
<b>5.3.3</b> Versuchsdurchführung .....	20
<b>5.3.4</b> Auswertung .....	21
<b>5.4</b> <i>Untersuchung zur Versickerung bzw. Aufnahme von Niederschlagswasser durch eine lockere Schicht eines Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisches unter Annahme eines Starkregenereignisses</i> .....	22
<b>5.4.1</b> Zielstellung .....	22
<b>5.4.2</b> Ausgangsmaterial und Versuchsapparatur .....	22
<b>5.4.3</b> Versuchsdurchführung .....	22

5.4.4	Ergebnis der Untersuchung .....	23
5.4.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	27
5.5	<i>Untersuchung zur Versickerung von Niederschlagswasser auf ein frisch eingebautes Gießereialtsand-BFA-Gemisch unter Annahme eines Starkregenereignisses</i> .....	28
5.5.1	Zielstellung .....	28
5.5.2	Ausgangsmaterial und Versuchsapparatur .....	28
5.5.3	Versuchsdurchführung.....	28
5.5.4	Ergebnis der Untersuchung .....	29
5.5.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	31
5.6	<i>Statistische Auswertung von Deponiesickerwässern</i> .....	31
6	<b>Zusammenfassung</b> .....	31
7	<b>Literatur</b> .....	33

## **Tabellen**

Tabelle 5-1:	Aufbau des Versuchsfeldes .....	10
Tabelle 5-2:	Abflussmessungen.....	12
Tabelle 5-3:	Übersicht der Abflusssummen Versuchsfeld Profen-Nord [l/m <sup>2</sup> ].....	12
Tabelle 5-4:	Parameter Versuchsdurchführung .....	15
Tabelle 5-5:	Untersuchungsergebnisse Druckfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit....	16

## **Abbildungen**

Abbildung 5-1:	Blockbild der messtechnischen Ausrüstung des Versuchsfeldes .....	11
Abbildung 5-2:	Entwicklung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte .....	14
Abbildung 5-3:	Probefelder Aschestabilisat mit Gießereialtsand .....	16
Abbildung 5-4:	Bruchstücke aus den Probefeldern bei der Wasserlagerung .....	17
Abbildung 5-5:	Bruchstücke aus den Probefeldern .....	17
Abbildung 5-7:	Ausbildung der Oberfläche im Säulenversuch.....	19
Abbildung 5-8:	Versuchsstand Säulenversuche .....	20
Abbildung 5-9:	Grundgestell 1 m <sup>2</sup> , Höhe 40 cm .....	23
Abbildung 5-10:	Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Grundschicht .....	24
Abbildung 5-11:	Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Grundschicht (Höhe 23 cm).....	24
Abbildung 5-12:	Lockere Schicht (Höhe 7 cm).....	25
Abbildung 5-13:	Wasserzugabe (0 min).....	25
Abbildung 5-14:	Wasserzugabe (10 min).....	26
Abbildung 5-15:	Wasserzugabe (20 min).....	26
Abbildung 5-16:	Wasserzugabe (20 min); aufgeschlämme lockere Schicht.....	27
Abbildung 5-17:	Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch frisch eingebaut .....	29
Abbildung 5-18:	Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch 20 min abgebunden .....	29
Abbildung 5-19:	Wasser beaufschlagt, t = 0 min.....	30
Abbildung 5-20:	Wasser beaufschlagt, t = 20 min.....	30

## **1 Veranlassung**

In einem Teilbereich des ehemaligen Tagebaugeländes Profen-Nord ist geplant eine Deponie der Deponiekategorie I gemäß DepV zu errichten. Das Deponieinventar sind vorrangig Aschen und Schlacken aus der Verbrennung mitteldeutscher Braunkohle sowie Gießereialtsande. Daneben ist auch die Einlagerung von Bauschutt, Boden und ähnlichem Material vorgesehen.

Entsprechend der DepV für die Deponiekategorie I wird die geplante Mineralstoffdeponie Profen-Nord mit einem Basisabdichtungssystem mit einer Abdichtungskomponente errichtet. Bei der Entwässerung an der Deponiebasis ist gemäß DepV die DIN 19667, Ausgabe Oktober 2009, Dränung von Deponien zu berücksichtigen. Diese sieht eine flächenhafte Ableitung von Sickerwässern in der Entwässerungsschicht über Sammelrohre vor. Dabei ist die Zulauflänge von 15 m zu den Sammelrohren nicht zu überschreiten.

Entgegen der DepV ist am Standort Profen-Nord mit der Entwässerungsschicht die Ausbildung eines Flächenfilters mit einer Schichtstärke von 0,5 m und einer randlich angeordneten Entwässerungsleitung zur Sickerwassersammlung geplant.

Mit Hilfe dieser Sickerwasserprognose soll nun abgeschätzt werden, ob in der geplanten Entwässerungsschicht des Basisabdichtungssystems ein Sickerwasseranfall aufgrund des geplanten Deponieinventars möglich ist.

Dabei muss unterschieden werden zwischen einem Sickerwasseranfall

- für Bereiche auf denen der Ablagerungsbetrieb stattfindet und welche eine freie Oberfläche besitzen (hier der maßgebliche Fall) und
- für Bereiche welche mit einer Rekultivierungsschicht abgedichtet sind.

Aufgrund von durchgeführten Untersuchungen soll über den praktischen Nachweis die Sickerwasserprognose geführt werden. Dabei kommen folgende Untersuchungsmethoden zum Einsatz:

- Errichtung von Versuchsfeldern
- Durchführung von Säulenversuchen

Neben der Darstellung und Beschreibung der Versuche sowie der Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln der geplante Deponiestandort und das Basisabdichtungssystem näher beschrieben.

Abschließend wird die Sickerwasserprognose noch durch ein Beispiel aus der Literatur ergänzt.

## **2 Rechtliche Grundlagen**

Der Begriff des Sickerwassers und die Sickerwasserprognose werden vom Gesetzgeber wie folgt definiert:

### **DepV**

*Anhang 5 Information, Dokumentation, Kontrollen, Betrieb (zu § 4 Nummer 2, den §§ 9, 10 Absatz 2, § 11 Absatz 2, § 12 Absatz 1 bis 3, § 13 Absatz 1 bis 3 und 5, § 17 Absatz 2, § 23 Satz 1)*

#### *,6. Sickerwasser*

*Der Deponiebetreiber hat den Anfall von Sickerwasser so gering zu halten, wie dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Wird eine Entwässerungsschicht nach Anhang 1 Nummer 2.2 Tabelle 1 Nummer 4 errichtet, hat der Deponiebetreiber das anfallende Sickerwasser zu fassen und nach Maßgabe von Nummer 3.2 Tabelle Nummer 2.1 und 2.2 zu kontrollieren. Gefasstes Sickerwasser und eventuelle Rückstände aus einer Sickerwasserreinigung sind ordnungsgemäß unter Beachtung von Anhang 51 der Abwassererverordnung zu entsorgen, soweit es nicht in den Deponiekörper nach § 25 Absatz 4 infiltriert wird.“*

### **BBodSchV**

#### *§ 2 Begriffsbestimmungen*

##### *,5. Sickerwasserprognose:*

*Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone“*

Allgemeine Regelungen über die Durchführung einer Sickerwasserprognose enthält Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV. Zur Abschätzung der zu erwartenden Stoffkonzentrationen und -frachten im Sickerwasser und des Schadstoffeintrages in das Grundwasser am Ort der Beurteilung (Sickerwasserprognose) werden drei Verfahrensweisen genannt, auf die eine Sickerwasserprognose gestützt werden kann.

#### *Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV:*

*„Diese Abschätzung kann annäherungsweise*

- durch Rückschlüsse oder Rückrechnungen aus Untersuchungen im Grundwasserabstrom unter Berücksichtigung der Stoffkonzentration im Grundwasseranstrom, der Verdünnung, des Schadstoffverhaltens in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone sowie des Schadstoffinventars im Boden,*
- auf der Grundlage von In-situ-Untersuchungen oder*
- auf der Grundlage von Materialuntersuchungen im Labor (Elution, Extraktion), bei anorganischen Stoffen insbesondere der Elution mit Wasser, gemäß Tabelle 2 auch unter Anwendung von Stofftransportmodellen erfolgen.“*

Da es sich bei der neu geplanten Deponie Profen-Nord nicht um eine Altlast handelt, sind die Punkte für eine Sickerwasserprognose gemäß BBodSchV nur bedingt zutreffend. Dennoch wird sich im Rahmen der vorliegenden Sickerwasserprognose an die Verfahrensweise des Nachweises auf der Grundlage von Material- und Felduntersuchungen angelehnt.

### **3 Charakterisierung des Standortes**

Der Standort der Mineralstoffdeponie Profen-Nord ist durch die bergbauliche Inanspruchnahme des Tagebaus Profen-Nord überprägt, der hauptsächlich durch den Einsatz zweier gekoppelter Abraumförderbrücken gekennzeichnet war.

So befinden sich im zentralen und südlichen Bereich der geplanten Mineralstoffdeponie die typischen Kippenstrukturen der Abraumförderbrücke, welche durch annähernd parallel verlaufende und lang gezogene Kipprippen und Kipptäler charakterisiert sind.

Typisch für den Abraum dieses Tagebaus war die durchgehende Verbreitung der Domserner Sande, die den Hauptgemenetiel der Abraumförderbrücken-Kippe darstellen. Des Weiteren wurden Domsener Schluffe, Quarzitbrocken und untergeordnet Geschiebemergel und Löß verkippt. Das durch die Verkippung entstandene Mischbodenmaterial kann demnach wie folgt angesprochen werden:

- Schluff bis schluffiger Feinsand
- Fein- bis Mittelsand

Unterhalb der Abraumförderbrücken-Kippe folgen die tertiären und prätertiären Ablagerungen in ihrer natürlichen Schichtenfolge mit folgenden Gesteinsarten:

- Luckenauer Ton (Liegendton Flöz III)
- Wechsellagerung von Tonen und Sanden mit dem unregelmäßig verbreiteten Flöz I
- prätertiärer Untergrund (Buntsandstein und Zechstein)

Bezüglich des Grundwasserstandes können in Auswertung der Ergebnisse des hydrologischen Mess- und Kontrollprogrammes folgende Wasserstände angegeben werden (Stand MIBRAG 05/2014):

- Pegel 14988 (südwestlich der Deponiefläche) (Kippen-GWL): +116,05 mNN
- Pegel 14990 (östlich der Deponiefläche) (Kippen-GWL): +120,25 mNN
- Pegel 14958 (nördlich der Deponiefläche) (Kippen-GWL): +121,25 mNN

Diese waren im Zeitraum 2000 bis 2014 relativ konstant auf diesem Niveau.

Klimatologisch betrachtet gehört der Standort des Tagebaus Profen-Nord zum mitteldeutschen Binnenklima und befindet sich am Rande eines Trockengebietes, das durch die Lee-wirkung des Harzes beeinflusst wird und zu den niederschlagsärmsten Gebieten Deutschlands gehört. Insgesamt hat die Region ein kontinental geprägtes, gemäßigt warmes Klima. Die Niederschlagsmengen (Zeitreihe 1981-2010, Standort Hohenmölsen) können mit durchschnittlich 558 mm/a angegeben werden.

## 4 Aufbau des Deponiebasisabdichtungssystems

Die Deponieverordnung (DepV) fordert im Anhang 1 Punkt 1, dass der dauerhafte Schutz des Bodens und des Grundwassers durch die Kombination aus geologischer Barriere und einem Deponiebasisabdichtungssystem zu erreichen ist.

Für die Deponie der Deponiekategorie I wird gemäß DepV eine geologische Barriere von 1 m Mächtigkeit bei einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f \leq 10^{-9}$  m/s gefordert. Erfüllt die geologische Barriere auf Grund ihrer natürlichen Beschaffenheit nicht die Anforderungen, kann sie durch technische Maßnahmen künstlich geschaffen, vervollständigt und verbessert werden.

Da eine oberflächennahe geologische Barriere im Sinne der Deponieverordnung am Standort nicht vorhanden ist, wird entsprechend vorgenannter Regelung eine künstliche geologische Barriere geplant. Diese wird im Folgenden als technogene Barriere bezeichnet.

Es erfolgt die Herstellung der technogenen Barriere mit einer Mächtigkeit von ca. 1,0 m bei einem  $k_f$ -Wert von  $k_f \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s aus geeigneten Materialien gemäß BQS 1-0. Dazu wird Lößlehm zweilagig, verdichtet eingebaut

Der Aufbau der technogenen Barriere sowie des nachfolgend beschriebenen Basisabdichtungssystems sind schematisch im Profil 1 dargestellt.



Profil 1: Aufbau des Basisabdichtungssystems für die Mineralstoffdeponie Profen-Nord

Mit diesem Aufbau der technogenen Barriere werden die Anforderungen an die geologische Barriere nach DepV hinreichend erfüllt.

#### Mineralische Dichtungsschicht

Nach DepV Anhang 1, Tabelle 1, ist für die Basisabdichtung eine erste Abdichtungskomponente erforderlich. Diese besteht hier aus einer 2-lagigen mineralischen Dichtungsschicht aus Ton mit einer Gesamtschichtstärke von mindestens 0,5 m und einem  $k_f$ -Wert  $\leq 5 \times 10^{-10}$  m/s. Sie ist oberhalb der technogenen Barriere angeordnet.

#### Geotextile Schutzhülle

Zum Schutz der mineralischen Dichtung vor Beschädigungen (z.B. Eindringen von Dränkies) wird vor Aufbringen der Drainageschicht eine Schutzhülle aus einem Geotextil mit einem Flächengewicht von  $\geq 300$  g/m<sup>2</sup> aufgebracht.

Die Eignung der zu verwendenden Geotextilien ist in Anlehnung an die Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten" – GDA nach Abschnitt E 2-9, nachzuweisen.

Dabei sind mindestens folgende Unterlagen bzw. Nachweise des Herstellers/Lieferanten zur Prüfung vorzulegen:

- Produktbeschreibung und Datenblatt mit Angabe der Robustheitsklasse
- Werksnachweis zur Prüfung des Flächengewichtes
- Werksnachweis zur Prüfung der Höchstzugkraft (quer/längs)
- Zulassungsschein der BAM für den Rohstoff

#### Drainageschicht

Das Entwässerungssystem besteht aus der 0,5 m mächtigen Drainageschicht und einer randlich angeordneten Entwässerungsleitung zur eventuellen Sickerwassersammlung.

Die Drainageschicht erfüllt die folgenden Qualitätsanforderungen:

- Material: Kies
- Körnung: 16/32 mm,
- Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f \geq 1 \times 10^{-3}$  m/s (langfristig),
- maximal 20 Gew.-% Kalziumcarbonatanteil und
- Beständigkeit gegenüber den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Sickerwassers.

#### Geotextile Trennschicht

Zur Trennung der Drainageschicht vom Abfallkörper wird ein Geotextil mit einem Flächengewicht von  $\geq 300$  g/m<sup>2</sup> angeordnet.

#### Schutzhülle

Auf der geotextilen Trennschicht erfolgt der Auftrag einer ca. 1,0 m mächtigen Schutzhülle. Diese besteht aus einem Gemisch aus behandelter Filterasche und Gießereialtsanden und hat die Funktion, das Dichtungssystem vor witterungsbedingten Einflüssen zu schützen. Untersuchungen dieses Gemisches aus diesen reaktiven Materialien belegen, dass nach ca. 8 Stunden der Abbindeprozess bzw. die Aushärtung der Schicht einsetzt. Damit wird ein Auswaschen von Feinbestandteilen und Verfrachten in die Entwässerungsschicht vermieden. Der betonähnliche Abbindeprozess verläuft weiter, sodass nach 28 Tagen eine einaxiale Druckfestigkeit von ca. 10 kN/m<sup>2</sup> erreicht wird. Verbunden mit dieser Festigkeit ist eine extrem geringe Durchlässigkeit dieser Schicht. Weiterhin ist diese Schicht in der Lage, das auftreffende Niederschlags- bzw. Sickerwasser chemisch zu binden.

## 5 Untersuchungen zur Beurteilung des Sickerwasseranfalls

### 5.1 Versuchsfeld zur alternativen Basisabdichtung am Standort Profen-Nord

#### 5.1.1 Zielstellung

In den ersten Planungen war für die Mineralstoffdeponie Profen-Nord ein Basisabdichtungssystem vorgesehen, welches als Alternative zur Kombinationsabdichtung nach DepV geplant war. Dieses System bestand zum überwiegenden Anteil aus Braunkohlenaschen. Zum Nachweis der Funktionalität dieses Basisabdichtungssystems und der Gleichwertigkeit zum System nach DepV wurde ein Versuchsfeld am Standort Profen-Nord errichtet.

Neben der eigentlichen Erprobung der Herstellbarkeit, bildeten der Nachweis der Wasser-durchlässigkeit und der Verformung/Setzung einen Untersuchungsschwerpunkt.

#### 5.1.2 Aufbau des Versuchsfeldes

Das Versuchsfeld wurde im Zentrum eines Tales zwischen zwei Kippripen zum Nachweis von Daten unter reproduzierbaren und natürlichen Bedingungen errichtet.

Das Versuchsfeld besteht aus zwei Prüffeldern (Teilfläche 1 und 2), die gleichzeitig die Plateaufläche bilden und jeweils eine Größe von 10 m x 10,5 m (Fläche je 105 m<sup>2</sup>, Gesamtfläche 210 m<sup>2</sup>) aufweisen.

Das Versuchsfeld wird von Böschungen umgrenzt, die eine Neigung von 1:1,5 aufweisen. Der Schichtaufbau des Versuchsfeldes besitzt in Nord-Süd-Richtung ein Gefälle von 1:50 (2 %). Diese Neigung wird später auch auf der Mineralstoffdeponie realisiert werden.

In Ost-West-Richtung wird ein Gefälle von 1:20 (5 %) ausgebildet.

Das Versuchsfeld untergliedert sich in 2 Teilflächen. Diese sind wie folgt aufgebaut (von unten nach oben):

Tabelle 5-1: Aufbau des Versuchsfeldes

Bezeichnung der Schicht	Teilfläche 1	Teilfläche 2
Aufstandsfläche	Umgestaltung der AFB-Kippe mit teilweiser Talverfüllung unter Verwendung von Grobasche	Umgestaltung AFB-Kippe ausschließlich mit Kippenmaterial
Technogene Barriere	Asche-Kippenmaterial-Schicht (30 % unbehandelte Filterasche, 70 % Kippenmaterial), Mächtigkeit $\geq 0,5$ m	technogene Barriere unter Verwendung von behandelter Filterasche, Mächtigkeit $\geq 1,0$ m
Mineralische Dichtungsschicht	zweistufig behandelte Filterasche (KW Lippendorf), Mächtigkeit $\geq 0,5$ m	
Überdeckungsschicht	Behandelte Filterasche, Mächtigkeit $\geq 1,5$ m	
Entwässerungsschicht	Kies 16/32, Mächtigkeit $\geq 0,5$ m	
Auflastkörper	zur Simulation des Deponiekörpers, bestehend aus AFB-Kippenmaterial, Mächtigkeit $> 3,0$ m	

### 5.1.3 Eingesetzte Messtechnik

Neben Messtechnik zur Erfassung der meteorologischen Daten wurden zur Charakterisierung des Sickerwassers hinsichtlich der Qualität und der Quantität in das Versuchsfeld Bodenlysimeter installiert. Hierbei erfolgt die Abflussmessung horizontdifferenziert, d. h. in jeder Teilfläche wurde jeweils ein PEHD-Bodenlysimeter (kreisrund, Durchmesser 1,96 m) mit dem Messhorizont an der Basis der technogenen Barriere, der mineralischen Dichtungsschicht und der Entwässerungsschicht eingebaut. Die jeweilige Sickerwassermenge wird über einen Kippzähler kontinuierlich erfasst. Das gefasste Sickerwasser kann anschließend beprobt werden. Die messtechnische Ausrüstung zur Abflusserfassung ist schematisch in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

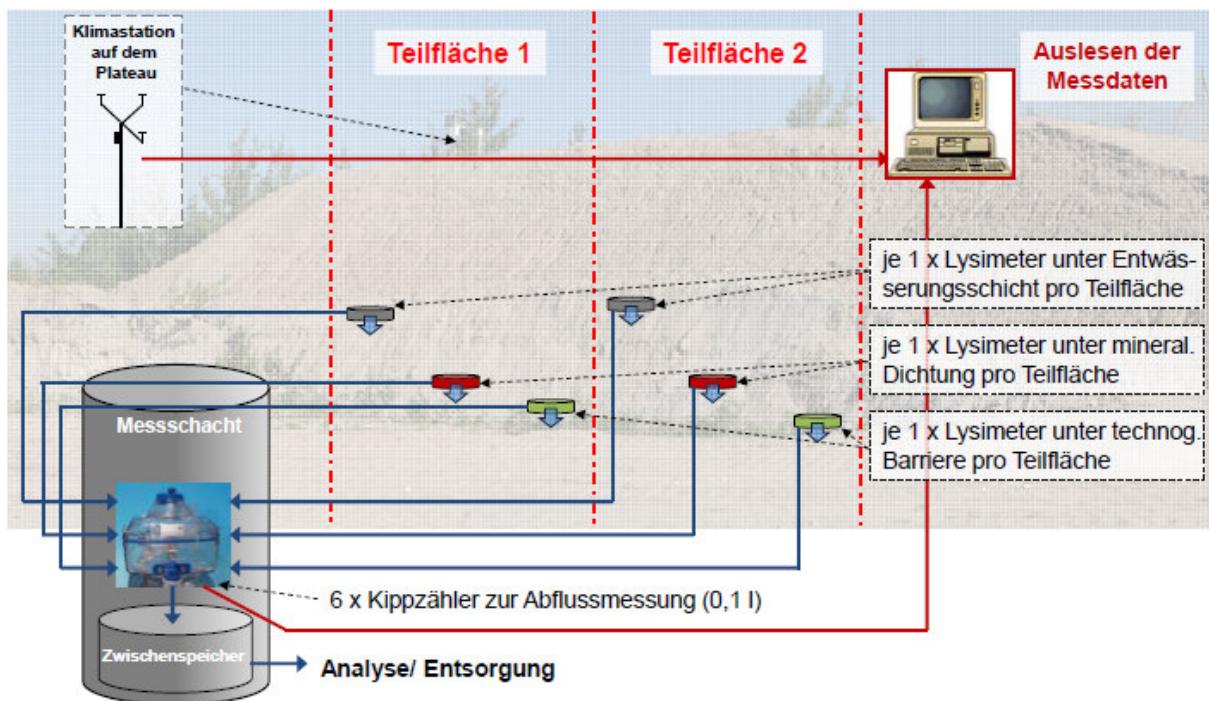


Abbildung 5-1: Blockbild der messtechnischen Ausrüstung des Versuchsfeldes

Die Aufnahme der meteorologischen Messdaten und der Abflusswerte (Kippzähler) wird über einen Datenlogger sichergestellt. Die Messdaten werden im Datenlogger als Stundenwerte erfasst. In regelmäßigen Abständen werden die Daten ausgelesen. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung und Auswertung werden die abgerufenen Daten durch Summen- und Mittelwertbildung in Tageswerte umgerechnet.

### 5.1.4 Auswertung der Lysimeterversuche

Während der Bauphase sind in den Lysimetern unterhalb der Entwässerungsschicht Sickerwässer aufgetreten, die mit dem Baufortschritt des Auflastkörpers und mit einem zeitweise Offenliegen der Lysimeter (niederschlagsbedingter Einfluss) begründet werden können und plausibel sind. In der Bauphase ist hier eine bauzeitliche Entwässerung vorgesehen.

Bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Versuchsfeldes wurden in den Lysimetern unterhalb der mineralischen Dichtung und der technogenen Barriere Teilfläche 1 und Teilfläche 2 Kondenswasserabflüsse in geringem Umfang festgestellt. Aufgrund der Eigenwärmeentwicklung der Aschen, verbunden mit den luftgefüllten Hohlräumen in den Lysimetergefäß und Abflussleitungen, sind die erfassten Abflüsse auf eine Kondenswasserbildung zurückzuführen. Das belegen auch die durchgeführten Analysen an den gefassten Abflüssen, die Bestandteil des Berichtes der Eigenüberwachung sind [ 1 ]. Hierbei zeigen die gefassten Abflüsse deutlich geringere Werte in den Leitparametern pH-Wert und Sulfat-Gehalt, als es für Eluate aus Braunkohlenaschen charakteristisch ist.

Die erfassten Abflüsse traten nur unmittelbar zu Beginn des Messbetriebes auf (Kamerabefahrung am 30.04.2013 und Beginn des Versuchsbetriebes am 23.05.2013). Im weiteren Messbetrieb waren die Abflüsse stark rückläufig und nicht weiter feststellbar (siehe Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Abflussmessungen

	Abflüsse [l]	30.04.2013	23.05.2013	12.06.2013	Summe
TF 1	Entwässerungsschicht	40,0	0,0	0,0	40,0
	Mineralische Dichtung	0,1	0,2	0,0	0,3
	Technogene Barriere	0,0	0,1	0,0	0,1
TF 2	Entwässerungsschicht	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mineralische Dichtung	0,2	0,2	0,0	0,4
	Technogene Barriere	0,1	0,2	0,0	0,3

Die kumulierten Abflüsse der einzelnen Lysimeter im Untersuchungszeitraum 23.05.2013 bis 30.06.2014 sind tabellarisch nachfolgend zusammengefasst:

Tabelle 5-3: Übersicht der Abflusssummen Versuchsfeld Profen-Nord [l/m<sup>2</sup>]

	Teilfeld 1 (TF 1)	Teilfeld 2 (TF 2)
Niederschlag [mm bzw. l/m <sup>2</sup> ]		584,00
Entwässerungsschicht [l/m <sup>2</sup> ]	1,90	1,13
Dichtungsschicht [l/m <sup>2</sup> ]	0,00 (0,07)*	0,00 (0,07)*
Technogene Barriere [l/m <sup>2</sup> ]	0,00 (0,03)*	0,00 (0,07)*

\*) Die Abflüsse in den Klammerausdrücken wurden am 23.05.2013 erfasst und resultieren aus der Kondenswasserbildung (vgl. Tabelle 5-2), im weiteren Untersuchungsverlauf wurden keine Abflüsse in den Lysimetern gemessen.

Ausgehend von der gemessenen Niederschlagssumme von 584,0 l/m<sup>2</sup> wurden im o.g. Untersuchungszeitraum in den Lysimetern unterhalb der Entwässerungsschicht 0,33 % (TF 1) bzw. 0,19 % (TF 2) der Niederschlagssumme gefasst. Die Ursache für die geringen Abflusswerte ist in dem aus Kippenmaterial bestehendem Auflastkörper (Mächtigkeit  $h \geq 3$  m) zu sehen. In vorliegenden Altgutachten und -untersuchungen wird das Kippenmaterial (Domsener Sand-Schluff-Gemisch) als grundwasserleitende Bodenschicht mit mittleren Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten von  $k_f = 1 \times 10^{-5}$  m/s bzw.  $k_f = 1 \times 10^{-7}$  m/s beschrieben (durchlässig bis schwach durchlässig nach DIN 18130).

Grundsätzlich entsprechen die abgebildeten Randbedingungen im Versuchsfeld (schwach durchlässige Auflastschicht, Mächtigkeit  $h \geq 3$  m) und die damit verbundenen gegenwärtigen Abflussverhältnisse den späteren Bedingungen im Deponiebetrieb. So wird der Deponiekörper der zukünftigen Mineralstoffdeponie aus zwei Deponiescheiben mit einer Höhe von jeweils ca. 10 m aufgebaut. Dabei unterteilt sich eine Deponiescheibe in fünf Einbauscheiben mit einer Einzelhöhe von ca. 2 m. Bei den abgelagerten Mineralstoffen wird es sich überwiegend um mineralische Reststoffe aus der Braunkohlenindustrie (Aschen und Schlacken) mit Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten in der Bandbreite von ca.  $1 \times 10^{-7}$  m/s bis  $1 \times 10^{-11}$  m/s handeln. Gegenüber dem verwendeten Kippenboden im Auflastkörper über der Entwässerungsschicht des Versuchsfeldes weisen diese Mineralstoffe aufgrund der ablaufenden Hydratations- und Verfestigungsprozesse zusätzliche Wasserbindungspotenziale auf, so dass am Standort langfristig von keinem bzw. einem stark verminderter Anfall von Sickerwasser auszugehen ist. Betriebserfahrungen der MUEG mit dem Einbau von Aschen aus der Verbrennung mitteldeutscher Braunkohle bestätigen den v. g. Sachverhalt.

In den Lysimetern unterhalb der Dichtungsschicht und der technogenen Barrieren TF 1 und TF 2 wurden bis Mai 2015 keine sickerwasserbedingten Abflüsse gemessen. Lediglich nach Errichtung der jeweiligen Dichtungskomponenten bzw. zur Inbetriebnahme des Versuchsfeldes (23.05.2013) wurden Kondenswasserabflüsse in geringem Umfang aufgrund der Eigenwärmeentwicklung der eingesetzten Aschen festgestellt. Trotz der geringen Abflüsse unterhalb der Entwässerungsschicht und der damit nur eingeschränkten Perkolationswasserverfügbarkeit für die darunter liegenden Schichten (Überdeckungsschicht, Dichtungsschicht und technogene Barriere) entsprechen die im Versuchsfeld simulierten Verhältnisse den tatsächlichen Einbaubedingungen im Deponiebetrieb. Die Wirksamkeit der mineralischen Dichtungsschicht wird somit durch die Messergebnisse bestätigt.

Neben dem laufenden Versuchsfeldbetrieb unter realen Verhältnissen wurden zwei Wasserdurchlässigkeitsversuche mit Probekörpern aus der mineralischen Dichtungsschicht, die im Rahmen der Fremdüberwachung gemäß Qualitätsmanagementplan QMP begleitend in der Errichtungsphase durchgeführt wurden, fortgesetzt (siehe Abbildung 5-2). Die Fortführung dieser Triaxialversuche dient der Beschreibung des hydraulischen Verhaltens über einen längeren Zeitraum. Die Versuchsrandsbedingungen mit einem hydraulischen Gefälle von  $i = 30$  gemäß den technischen Regelwerken (u. a. Bundeseinheitliche Qualitätsstandards, GDA-Empfehlungen) stellen hierbei konservative Verhältnisse dar, die im Versuchsfeld nicht darstellbar sind (Mächtigkeit der mineralischen Dichtungsschicht  $h_{mD} = 0,5$  m bedeutet Wasserstau oberhalb der mineralischen Dichtung von  $h_{Auf} = 15$  m). Die Versuche wurden im Mai 2013 gestartet (zuvor 28 d Wasserbad der Proben). Seit August 2013 wurden und werden keine bzw. keine signifikanten Abflüsse gemessen. Zu jedem Zeitpunkt der laufenden Untersuchungen wurden die festgelegten Anforderungen von  $k_f = 1 \times 10^{-9}$  m/s bzw.  $k_f = 5 \times 10^{-10}$  m/s gemäß QMP (gestrichelte Linie, siehe Abbildung 5-2) eingehalten.

Sowohl die Messergebnisse unter Versuchsfeldbedingungen als auch die Laboruntersuchungen unter konservativeren Versuchsrandsbedingungen belegen die Wirksamkeit der alternativen mineralischen Dichtung zum Untersuchungszeitpunkt.

Eine ähnliche Dichtungswirkung kann auch der über der Drainageschicht angeordneten Schutzschicht zugeordnet werden. Bereits mit dem Aufbau der Schutzschicht wird das Entstehen von Sickerwasser in der Drainageschicht gehemmt, da die einzubringenden Brau-

kohlenaschen durch ihr Hdratationsverhalten in der Lage sind, das anfallende Niederschlagswasser chemisch zu binden.

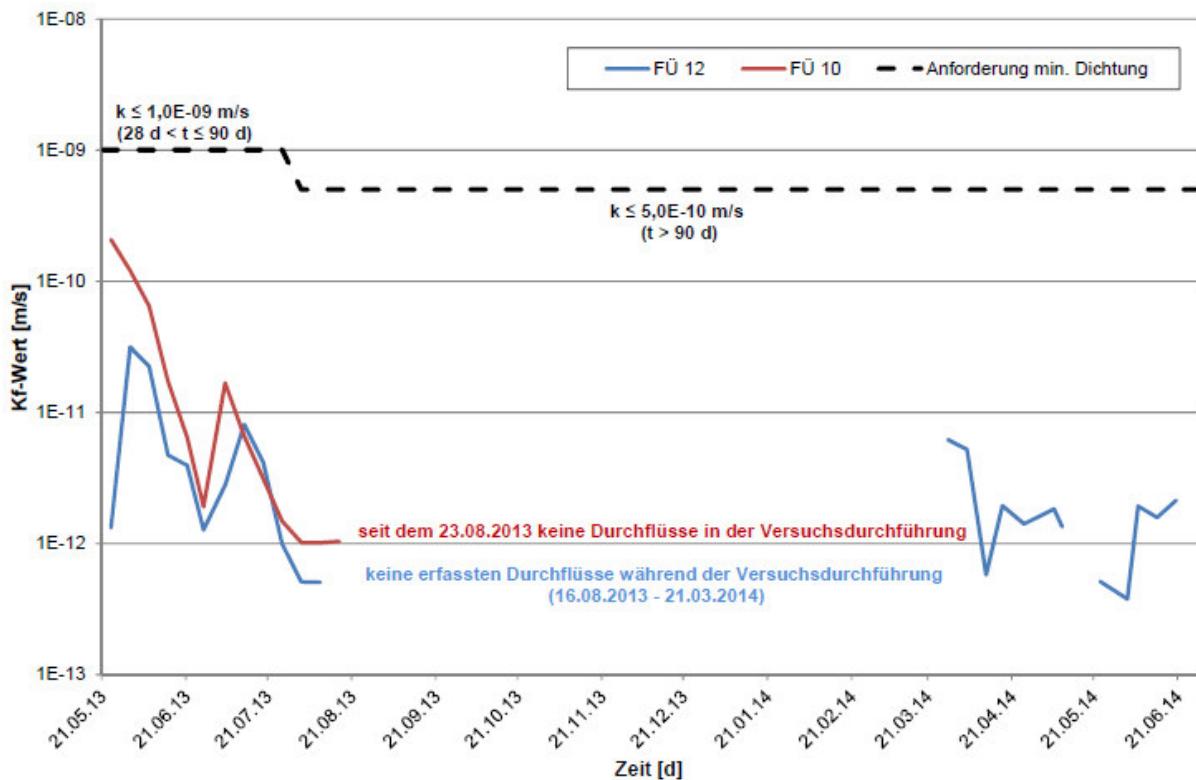


Abbildung 5-2: Entwicklung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte

## 5.2 Versuchsfeld zur Dichtungsschicht aus Asche und Gießereialtsand am Standort TRL „Grube Siegfried“-Südteil

### 5.2.1 Zielstellung

Am Standort TRL „Grube Siegfried“ wurde untersucht, ob Gießereialtsande der Verwertungsanlage für Kraftwerksreststoffe (VK) und damit den Braunkohlenfilteraschen hinzugemischt werden können. Anschließend wurde das Asche-Gießereialtsand-Gemisch in einem Versuchsfeld eingebaut und die materialtechnologischen Eigenschaften untersucht.

Die wesentlichen Ziele des Versuches waren

- die technische Erprobung der Verfestigung von Gießereialtsand mittels Braunkohlenfilterasche mit der vorhandenen Anlagentechnik
- die Untersuchung des Einbauverhaltens
- die Bestimmung der chemischen und physikalischen Eigenschaften des verfestigten Materials in Abhängigkeit vom Gießereialtsandanteil
- die Herstellung eines Stabilisates aus Kraftwerksreststoffen und Gießereialtsanden, welches den Anforderungen an den Einbau, hier im Südteil des TRL „Grube Siegfried“, genügt.

Mit der Untersuchung dieses Gemisches, seiner Herstellung und dem Einbau, können demzufolge auch Rückschlüsse auf die 1 m-mächtige geplante Schutzschicht über der Entwässerungsschicht gezogen werden.

### **5.2.2 Versuchsdurchführung**

Der Versuch wurde an der Verwertungsanlage für Kraftwerksreststoffe (VK) am Standort TRL „Grube Siegfried“ in Trebnitz durchgeführt.

Zur Versuchsdurchführung kamen folgende Stoffe zum Einsatz:

- Gießereialtsand der Firma Halberg-Guss
- Braunkohlenfilterasche aus der Wirbelschichtfeuerung (WSA)
- Wasser

Die Gießereialtsande wurden als Zuschlagstoff dem Aufgabebunker für Fremdstoffe mit jeweils 30, 40 und 50 Gew.-% im Materialgemisch aufgegeben. Über die Wasserdosierung erfolgt die Zufuhr von Wasser. Das aufbereitete Material wird anschließend mittels Gurtförderer ausgetragen. Das Gemisch aus Aschestabilisat, Gießereialtsand und Wasser ist in der Konsistenz erdfeucht und staubfrei.

Nach Kalibrierung der Förderschnecke zur Dosierung des Gießereialtsandes wurden die Versuche mit folgenden technischen Parametern durchgeführt:

**Tabelle 5-4: Parameter Versuchsdurchführung**

	Einheit	Gießereialtsand und WSA (30%)	Gießereialtsand und WSA (40%)	Gießereialtsand und WSA (50%)
Leistung Mischer 1	t/h	18	15	13
W/A Mischer 1	-	0,2	0,2	0,2
Dosierung Gießereialtsand	t/h	7	10	13
W/A Mischer 2	-	0,14	0,14	0,15
Besonderheiten		-	-	zweimal Störung wegen Metallteilen

(W/A: Verhältnis Masse Wasser zu Masse Asche bei der Wasserdosierung)

Mit dem behandelten Stabilisat wurden nach dem Austrag aus der Verwertungsanlage Probefelder durch einfache Verdichtung mittels Erdbautechnik hergestellt. Es wurde jeweils ein Probefeld aus der Versuchsmischung mit 30, 40 und 50 Gew.-% Gießereialtsand errichtet. Aus den Probefeldern wurden mittels Stahlstutzen Proben entnommen und hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften untersucht.

### **5.2.3 Auswertung**

#### **5.2.3.1 Probefelder**

Mit dem aus der Verwertungsanlage ausgetragenen Aschestabilisat mit 30, 40 und 50 Gew.-% Gießereialtsand wurden im Bereich des Südteiles drei Probefelder errichtet. Diese wurden mit einfacher mobiler Erdbautechnik eingebaut und verdichtet.

Beim Bau der Probefelder konnte, analog dem Behandlungsvorgang in der Verwertungsanlage, eine geringere Brüdenentwicklung festgestellt werden. Dies ist auf den verringerten Ascheanteil im Gemisch zurückzuführen.



Abbildung 5-3: Probefelder Aschestabilisat mit Gießereialtsand

#### 5.2.3.2 Druckfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit

Druckfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit wurden an den aus dem Versuchsfeld entnommenen Proben (Stutzen) untersucht. Nach 28 Tagen wurden dabei folgende Werte ermittelt:

Tabelle 5-5: Untersuchungsergebnisse Druckfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit

Parameter	Einheit	Gießereialtsand und WSA (30%)	Gießereialtsand und WSA (40%)	Gießereialtsand und WSA (50%)
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	5,8	5,0	5,3
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	m/s	$7,8 \times 10^{-10}$	$8,9 \times 10^{-10}$	$5,7 \times 10^{-10}$

Im Rahmen dieses Versuches wurden Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen  $5,7 \times 10^{-10}$  m/s und  $8,9 \times 10^{-10}$  m/s bestimmt. Nach DIN 18130 ist das Material somit als sehr schwach durchlässig einzustufen.

Bei der Bestimmung der Druckfestigkeit wurden Werte zwischen 5,0 N/mm<sup>2</sup> und 5,8 N/mm<sup>2</sup> gemessen.

#### 5.2.3.3 Wasserlagerung

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Untersuchungen wurden Wasserlagerungsversuche mit Bruchstücken aus den Probefeldern durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass nach 28 Tagen Wasserlagerung keine signifikanten Veränderungen der Bruchstücke aufgetreten sind. Die Gewichtszunahme um 120 bis 115 % im Vergleich zum Trockengewicht verdeutlicht die Saugfähigkeit bzw. Wasserspeicherkapazität dieses verfestigten Materials.



Abbildung 5-4: Bruchstücke aus den Probefeldern bei der Wasserlagerung



Abbildung 5-5: Bruchstücke aus den Probefeldern

#### 5.2.4 Zusammenfassung

Anhand der durchgeföhrten Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass das Asche-Gießereialtsand-Gemisch sehr geringe Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte erreicht. Zudem wurden Druckfestigkeiten von  $> 5 \text{ N/mm}^2$  bestimmt. Auf der Grundlage der Abdichtungswirkung und der Einhaltung der chemischen Grenzwerte bei einem Gießereialtsand-Anteil von ca. 50% wurde der Einbau des Asche-Gießereialtsand-Gemisches zum Einsatz bei der Sanierung und Sicherung der Altlast im TRL „Grube Siegfried“-Südteil genehmigt.

Bezugnehmend auf das geplante Basisabdichtungssystem am Standort Profen mit der vorgesehenen 1 m-mächtigen Schutzschicht aus Asche und Gießereialtsand über der Entwässerungsschicht kann dieser Schicht ein nachweislich gutes Wasserrückhaltevermögen der Größenordnung  $10^{-10}$  m/s zugeschrieben werden. Für das im regulären Einbaubetrieb hergestellte und eingebaute Asche-Gießereialtsand-Gemisch ist eine Übertragung der Versuchsergebnisse ebenfalls möglich.

## **5.3 Säulenversuche zur Bestimmung des Abflussverhaltens von Dichtungsschichten aus Braunkohlenfilteraschen**

### **5.3.1 Zielstellung**

Mit Hilfe der Säulenversuche können insbesondere das Abflussverhalten und ggf. auftretenden Verfrachtungen infolge von Wassertransport (Konvektion) untersucht werden.

Darüber hinaus können aus den Versuchsständen Sickerwasserproben zur weiteren Bestimmung der Qualität und Quantität gewonnenen werden.

Der vorliegende Versuch wurde dazu genutzt, um das Abflussverhalten von Niederschlagswasser durch eine Ascheschicht abzubilden, die nach erfolgtem Einbau offenliegt.

Da bei der geplanten Mineralstoffdeponie über der Entwässerungsschicht ebenfalls eine Schutzschicht aus Aschen i.V.m. Gießereialtsanden errichtet werden soll bzw. das Deponeinventar zum überwiegenden Teil aus mineralischen Reststoffen der Braunkohlenindustrie besteht, sind die hierbei gewonnenen Erkenntnisse durchaus übertragbar und können für eine Abschätzung des Sickerwasseranfalls genutzt werden.

### **5.3.2 Versuchsaufbau**

Der Labormessstand bestand aus insgesamt vier Plexiglassäulen. Hierbei war der Aufbau des Probekörpers in jedem Versuch identisch. Zur statistischen Absicherung der Versuchsergebnisse wurden an drei Säulenversuchen regelmäßige Wasserbeaufschlagungen vorgenommen. Der vierte Säulenversuch diente als Nullvariante ohne weitere Wasserbeaufschlagung und stellte somit die Referenzprobe für die chemischen Analysen nach Versuchsschluss dar.

Der identische Aufbau der zylinderförmigen Probekörper (Innendurchmesser der Plexiglasröhren 19 cm) setzte sich wie folgt zusammen (von unten nach oben, siehe Abbildung 5-6):

- ca. 5 cm Dränage aus Kies 2/8 und 8/16,
- ca. 25 cm Kippenboden (Einbaudichte 1,5 g/cm<sup>3</sup>) sowie
- ca. 25 cm Filterasche KW Lippendorf (Einbaudichte 1,5 g/cm<sup>3</sup>, Einbauwassergehalt 20 Gew.-%).

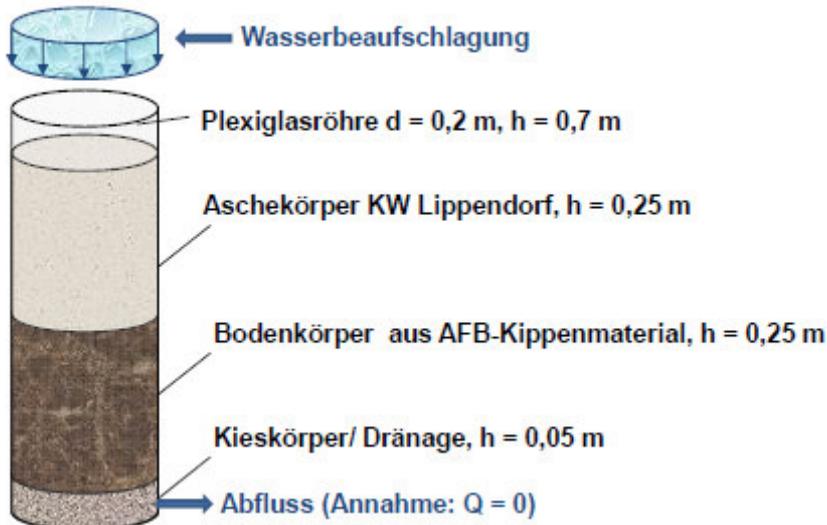


Abbildung 5-6: Versuchsschema Säulenversuch

Mit dem gewählten Schichtenaufbau im Säulenversuch mit verminderter Einbaumächtigkeit der Dichtungsschicht wurde der maßgebende Zustand in der Bauphase abgebildet. Somit erfolgten im Hinblick auf eine mögliche Perkolation durch den Schichtenaufbau infolge Wasserbeaufschlagung die Versuche unter konservativen Randbedingungen. Durch die geringe Einbaumächtigkeit der Filterrasche in die Probekörper wurde das Wassereinbindepotenzial der Filterrasche im Versuch zudem reduziert.

Um Randgängigkeiten zwischen dem Probekörper und der Innenwand der Plexiglassäulen zu unterbinden und somit eine Verfälschung der Versuchsergebnisse auszuschließen, wurden die Oberflächen der Probekörper im Säulenversuch konkav ausgebildet (siehe Abbildung 5-7).

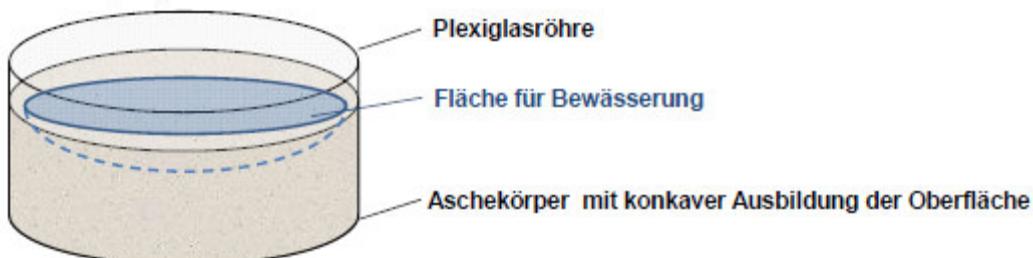


Abbildung 5-7: Ausbildung der Oberfläche im Säulenversuch

Vor dem Einbau der Probekörper in die Plexiglassäulen wurden von den Ausgangsmaterialien (Kippenboden und Filterrasche des Kraftwerkes Lippendorf) Proben zur Durchführung von chemischen Analysen (Dokumentation des Ausgangszustandes) entnommen. Nach Beendigung des Versuches wurden die Plexiglassäulen aufgetrennt, um erneut Probenmaterial aus der Kippenbodenschicht für chemische Analysen zu gewinnen. Anhand dieser zweiten Analysenreihe können eventuelle Verfrachtungen von Schadstoffen aus dem Aschekörper in die Kippenbodenschicht eindeutig identifiziert werden.

### 5.3.3 Versuchsdurchführung

Nach dem Einbau der Säulenversuche gemäß Abbildung 5-6 wurde mit der regelmäßigen Bewässerung als Niederschlagssimulation begonnen. Im Hinblick auf die nachzubildende Bauphase als maßgebenden Zustand wurde bezugnehmend auf die monatlichen Niederschlagssummen in der Region ein erhöhter Monatsniederschlag von ca. 75 mm/ Säulenversuch als aufzubringende Wassermenge gewählt. Bezogen auf die zu bewässernde kreisrunde Oberfläche der Aschekörper entspricht diese gewählte Niederschlagshöhe einer Gesamtwassermenge von ca. 2,1 l/ Säulenversuch. Die regelmäßige Wasserbeaufschlagung wurde ca. 1 Monat lang, arbeitstäglich mit einer durchschnittlichen Wassergabe von ca. 130 ml/ Säulenversuch durchgeführt. Neben einer Nullvariante, welche nicht bewässert wurde, wurden 3 Säulenversuche mit Wasser beaufschlagt.

Sowohl während der Versuchsdurchführung als auch nach Beendigung der Wasserbeaufschlagung war in den bewässerten 3 Säulenversuchen ein Sickerwasserabfluss mengenmäßig nicht messbar. Lediglich visuell war das Ausbilden eines feuchteren Horizontes unmittelbar unter den Aschenkörpern festzustellen (siehe Abbildung 5-8).

Nach Beendigung der Wasserbeaufschlagung wurden Kippenmaterial-Proben aus den Säulenversuchen entnommen. Die Probennahme erfolgte nach dem Auftrennen der Plexiglas-Röhren dahingehend, dass aus allen vier Säulen in der Zone von ca. 1 cm bis 3 cm unter der Unterkante des jeweiligen Aschekörpers entnommen wurden. Aufgrund des geringen Umfangs an Probenmaterial aus den Bereichen der feuchteren Horizonte wurde eine Mischprobe aus den Zonen 0 bis 1 cm unter der Unterkante der Aschekörper der Säulenversuche MUEG 3 und MUEG 4 hergestellt.



Abbildung 5-8: Versuchsstand Säulenversuche

### **5.3.4 Auswertung**

Vor Verwendung der Probenmaterialien in den Säulenversuchen wurden die Ausgangsstoffe Kippenboden und Lippendorfer Filterasche chemisch analysiert. Als Prüfumfang wurden dabei die Anforderungen des Anhangs 3, Tabelle 2 DepV sowie als Ergänzung die Maßnahme- und Prüfwerte der BBodSchV herangezogen.

Die Untersuchungsergebnisse sind umfassend in [ 2 ] enthalten und in diesem zusammenge stellt, sodass hier nur darauf verwiesen wird.

Zur Bestimmung der Eluatkriterien wurde analog zu den vorangegangenen Untersuchungen das Standardverfahren nach DIN 38414-4 (DEV-S4) eingesetzt. Aus der Gegenüberstellung der Messergebnisse mit den Grenzwerten des zuvor festgelegten Parameterumfangs aus DepV und BBodSchV wird ersichtlich, dass keine Überschreitungen in den Materialproben feststellbar sind. Die in den Ausgangsuntersuchungen ermittelten erhöhten Gehalte für die Parameter Sulfat und Molybdän sind im Kippenmaterial nach Versuchsende nicht nachweisbar. Eine Mobilisierung von Schadstoffen aus den Aschekörpern und Verfrachtung als gerichteter Materialstrom (Konvektion) in die Kippenbodenschicht hat somit nicht stattgefunden.

Zwischen der Nullvariante (Säulenversuche MUEG 1: ohne Wasserbeaufschlagung) und den regelmäßig bewässerten Säulenversuchen MUEG 2 bis MUEG 4 sind hinsichtlich der ermittelten Analyseergebnisse keine Unterschiede festzustellen. Daraus ist zu schlussfolgern, dass infolge der Wasserbeaufschlagung auf den Aschekörper unter konservativen Versuchsbedingungen (erhöhte Niederschlagsmenge, verminderte Mächtigkeit des Aschekörpers) keine Mobilisierung von Schadstoffen erzeugt wurde.

Bei den feuchteren Zonen unmittelbar unter den Ascheschichten der Säulenversuche (jeweils ca. 0 bis 1 cm unter der Unterkante des Aschekörpers) ist von einer diffusen Durchfeuchtung zu sprechen, da eine Schadstoffverfrachtung gegenüber der Nullvariante (MUEG 1) auch für diesen Bereich nicht nachweisbar ist. Die Erhöhung der Feuchtigkeit in dieser Bodenzone lässt sich aus der Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit ableiten, die auf eine Konzentrationszunahme von OH<sup>-</sup> - Ionen zurückzuführen ist. Während bei der Probe MUEG 3+4 (Probenahmepunkt 0 – 1 cm unter UK Ascheschicht) eine elektrische Leitfähigkeit von 121 µS/cm ermittelt wurde, liegen die Proben MUEG 2 bis MUEG 4 (ca. 1 – 3 cm unter UK Ascheschicht) um 20 µS/cm.

Bei der Bewertung der Untersuchungsergebnisse sind die Versuchsrandbedingungen zu berücksichtigen. In den Säulenversuchen wurde eine Extrem situation abgebildet, die in dieser Form auch während der Bauphase nicht auftreten kann. Hierbei wurde im Versuch der Zustand simuliert, dass nach Einbau einer Dichtungslage (ca. 25 cm Mächtigkeit) die Oberfläche dieser Dichtungslage der freien Witterung bei einem erhöhten Niederschlagsaufkommen (ca. 75 mm/ mon) für ca. einen Monat ausgesetzt ist. Aufgrund der Erfahrungen der MUEG beim Dichtungsbau unter Verwendung von Deponieersatzbaustoffen aus der Braunkohlenindustrie sind derartige Verhältnisse während der Bauphase auszuschließen.

Ähnlich wie bei diesem Versuch werden die 1 m-mächtige Schutzschicht sowie das spätere Deponieinventar zum überwiegenden Teil aus Braunkohlenaschen bestehen. Auf diese Weise wird ein Dichtungsbauwerk errichtet mit mehreren Metern Mächtigkeit, welches ein Wassereinbindevermögen von mehreren Jahresniederschlägen besitzt.

Das in den Säulenversuchen dargestellte Szenario bildet somit eine „worst case“-Situation ab. Es wurde unter den gewählten Randbedingungen (verminderte Schichtstärke der Dichtungsschicht, erhöhtes Niederschlagsaufkommen pro Zeiteinheit) gezeigt, dass sich auch unter diesen konservativen Verhältnissen keine messbaren Abflüsse erzeugen lassen.

Des Weiteren zeigen Untersuchungen im Rahmen des Versuchsfeldbetriebes zum Nachweis der Eignung der Filteraschen aus dem Kraftwerk Lippendorf als mineralische Dichtung

im Tagebaurestloch Peres, dass mit Fortschreiten des Hydratationsprozesses die Elutionsneigung der Inhaltsstoffe weiter absinkt. Dazu wurden Probekörper (Bohrkerne) aus der Dichtungsschicht des Versuchsfeldes VF 2.2. (einlagiger Einbau der Dichtungsschicht, Überdeckungsschicht aus REA-Gips) entnommen und sowohl nach 56 Tagen als auch nach 180 Tagen unter Anwendung des Trogverfahrens als Elutionsmethode untersucht. Die Ergebnisse der Elutionsuntersuchung lassen eine deutliche Reduzierung der Konzentrationen im Eluat mit zunehmender Zeitdauer erkennen. Neben den Schwermetallen (z. B. Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink) haben sich auch die braunkohlenspezifischen Überhöhungen der Parameter Chlorid und Sulfat signifikant verringert. Aufgrund dieses zeitlich begrenzten Zeitraums bis zum vollständigen Aushärten des Aschekörpers, der mit der Aufnahme und dem Verbrauch von Wasser verbunden ist, ist ein Herauslösen von Substanzen aus der Braunkohlenasche zu keinem Zeitpunkt möglich. Die Entstehung eines Eluats in diesem Zeitfenster ist ausgeschlossen.

Zusammenfassend ist somit aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen festzustellen, dass konvektive Durchflüsse verbunden mit einer Schadstoffverfrachtung in den Untergrund bei Verwendung von Filterasche der mitteldeutschen Braunkohlenindustrie als Dichtungsschicht unter wirklichkeitsnahen Bedingungen nicht zu besorgen sind.

## **5.4 Untersuchung zur Versickerung bzw. Aufnahme von Niederschlagswasser durch eine lockere Schicht eines Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisches unter Annahme eines Starkregenereignisses**

### **5.4.1 Zielstellung**

Vor dem Hintergrund der Errichtung der Mineralstoffdeponie (DK 1 – Deponie) Profen Nord sollte gezeigt werden, dass auf einer frisch errichteten Dichtungsschicht durch eine lockere Schicht eines Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisches die Wassermenge eines Starkniederschlags aufgenommen werden kann.

### **5.4.2 Ausgangsmaterial und Versuchsapparatur**

Als Ausgangsmaterial diente ein durch 20 Masse-% Wasser angefeuchtetes Gemisch aus Gießereialtsand und Braunkohlenflugasche (Masseverhältnis 60/40), wie es in den Anlagen der MUEG mbH am Standort Deuben hergestellt wird.

Als Versuchsapparatur diente ein Holzgestell mit den Maßen 1x1x0,4 m (BxTxH; Abbildung 5-9).

### **5.4.3 Versuchsdurchführung**

Als Grundsicht wurde das frisch hergestellte Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch mit einer Höhe von 23 cm eingebaut, händisch verdichtet (Abbildung 5-10, Abbildung 5-11) und 0,5 h zum Abbinden stehen gelassen. Anschließend wurden 7 cm desselben Gemisches locker beaufschlagt (Abbildung 5-12). Im Folgenden wurden 20 l Wasser gleichmäßig verteilt addiert und der zeitliche Verlauf nach 0 min (Abbildung 5-13), 10 min (Abbildung 5-14) und 20 min (Abbildung 5-15) fotografisch dokumentiert.

Anmerkungen zur Versuchsdurchführung:

- Als Berechnungsgrundlage für die beaufschlagte Wassermenge diente die Angabe eines Starkregenereignisses von 215,3 l/(ha\*s) über eine Zeitspanne von 15 min. Dies entspricht einer Wassermenge von 19,4 l/m<sup>2</sup> oder einer Wassersäule von 19,4 mm.
- Eine gleichmäßige, Regen simulierende Zugabe von Wasser würde bei dieser Grundfläche und der veranschlagten Zeit von 15 min einer sekündlichen Wasserzugabe von 20 ml gleichkommen. Da dies nicht real umsetzbar ist, wurde die Wassermenge direkt und mit einem Mal beaufschlagt.
- Rechnerisch ergibt sich dabei ein W/F von ca. 0,3. Damit ist das Gießbereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch in der Lage das Wasser im Nachgang vollständig einzubinden.

#### **5.4.4 Ergebnis der Untersuchung**



**Abbildung 5-9: Grundgestell 1 m<sup>2</sup>, Höhe 40 cm**



**Abbildung 5-10: Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Grundschicht**



**Abbildung 5-11: Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Grundschicht (Höhe 23 cm)**



**Abbildung 5-12: Lockere Schicht (Höhe 7 cm)**



**Abbildung 5-13: Wasserzugabe (0 min)**



**Abbildung 5-14: Wasserzugabe (10 min)**



**Abbildung 5-15: Wasserzugabe (20 min)**



Abbildung 5-16: Wasserzugabe (20 min); aufgeschlämme lockere Schicht

Aus der Abbildung 5-13 bis Abbildung 5-16 wird ersichtlich, dass die beaufschlagte Wassermenge vollständig aufgenommen wird und die Grundsicht ihre Dichtungseigenschaft beibehält. Das aufgenommene Wasser verdunstet teilweise wieder und die lockere Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Schicht bindet im Nachgang weiter ab.

#### 5.4.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Als Schlussfolgerung der Untersuchung ist festzuhalten, dass selbst im Falle eines Starkregenereignisses eine vollständige Aufnahme des Niederschlagswassers erfolgt und die Dichtungseigenschaft der Schicht erhalten bleibt.

Im Falle eines drohenden Starkregens sollte demzufolge auf einem frisch eingebauten Dichtungsabschnitt eine lockere Schicht des Einbaumaterials verteilt werden, um die eventuell anfallende Wassermenge auffangen zu können.

Die Dichtheit der Grundsicht bleibt dabei uneingeschränkt bestehen.

## **5.5 Untersuchung zur Versickerung von Niederschlagswasser auf ein frisch eingebautes Gießereialtsand-BFA-Gemisch unter Annahme eines Starkregenereignisses**

### **5.5.1 Zielstellung**

Vor dem Hintergrund der Errichtung der Mineralstoffdeponie (DK 1 – Deponie) Profen Nord sollte gezeigt werden, dass eine Abdichtung durch ein frisch eingebautes Gemisch aus Gießereialtsand und Braunkohlenflugasche auch im Falle eines Starkregenereignisses gewährleistet ist.

### **5.5.2 Ausgangsmaterial und Versuchsapparatur**

Als Ausgangsmaterial diente ein durch 20 Masse-% Wasser angefeuchtetes Gemisch aus Gießereialtsand und Braunkohlenflugasche (Masseeverhältnis 60/40), wie es in den Anlagen der MUEG mbH am Standort Deuben hergestellt wird.

Als Versuchsapparatur diente eine Polycarbonatsäule (Innendurchmesser: 194 mm, Höhe: 1000 mm) mit im Boden verschraubtem Auslasshahn.

### **5.5.3 Versuchsdurchführung**

Der Säulenboden wurde mittels Kiesdrainage vorbereitet. Das frisch zubereitete Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch wurde bis zu einer Einbauhöhe von 500 mm eingefüllt und per Hand verdichtet. Der Rand des eingebauten Materials wurde leicht angehoben, damit ein Versickern zwischen Material und Säulenwand minimiert wird. Das Material wurde für 20 min zum Abbinden stehengelassen. Anschließend wurden mit einem Mal 33 mm Wasser beaufschlagt und das Versickern nach 20 min fotografisch dokumentiert.

#### Anmerkungen zur Versuchsdurchführung:

- Als Berechnungsgrundlage für die beaufschlagte Wassermenge diente die Angabe eines Starkregenereignisses von 215,3 l/(ha·s) über eine Zeitspanne von 15 min. Dies entspricht einer Wassermenge von 19,4 l/m<sup>2</sup> oder einer Wassersäule von 19,4 mm. Die im Versuch realisierte Wassersäule wurde zur Verdeutlichung zudem noch erhöht.
- Eine gleichmäßige, Regen simulierende Zugabe von Wasser würde bei diesem Säulendurchmesser und der veranschlagten Zeit von 15 min einer sekündlichen Wasserzugabe von 0,6 ml gleichkommen. Da dies nicht real umsetzbar ist, wurde die Wassermenge direkt und mit einem Mal beaufschlagt.

#### **5.5.4 Ergebnis der Untersuchung**



**Abbildung 5-17: Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch frisch eingebaut**



**Abbildung 5-18: Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch 20 min abgebunden**



**Abbildung 5-19: Wasser beaufschlagt,  $t = 0 \text{ min}$**



**Abbildung 5-20: Wasser beaufschlagt,  $t = 20 \text{ min}$**

Im Vergleich von Abbildung 5-19 und Abbildung 5-20 ist zu erkennen, dass die Höhe der Wassersäule nach 20 min unverändert bleibt.

### **5.5.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**

Als Schlussfolgerung der Untersuchung ist festzuhalten, dass selbst im Falle eines Starkregenereignisses keine wesentliche Versickerung stattfindet, selbst wenn das Gießereialtsand-Braunkohlenflugasche-Gemisch erst frisch (20 min) eingebaut wurde.

## **5.6 Statistische Auswertung von Deponiesickerwässern**

Neben den bereits beschriebenen Versuchen zum Abflussverhalten von Dichtungsschichten aus Braunkohlenfilteraschen, sind in der Literatur ebenfalls Werte zur Beschaffenheit von Deponiesickerwasser aus DK I-Deponien, bestehend aus Kraftwerksreststoffen, zu finden. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen hat hierzu einen Fachbericht [ 3 ] veröffentlicht, der den Datenbestand aus dem Informationssystem ADDIS auswertet, in dem die Analysedaten aller überwachungspflichtigen Deponien in Nordrhein-Westfalen abgelegt sind. In Nordrhein-Westfalen gibt es vier große Kraftwerksreststoffdeponien, die im Wesentlichen Verbrennungsaschen aus den großen Braunkohlenkraftwerken des Rheinischen Reviers aufnehmen.

Man geht davon aus, dass das Sickerwasser von Kraftwerksreststoffdeponien sich insbesondere hinsichtlich der Salzkonzentration vom Sickerwasser sonstiger Deponien der Klasse I unterscheidet. Das als Niederschlag zugeführte Wasser wird dort größtenteils von den Aschen gebunden. Sickerwasser entsteht nur in geringem Umfang und wird zur Befeuchtung der Betriebsflächen verwendet. Für vier Kraftwerksreststoffdeponien (zwei für Braunkohle- und zwei für Steinkohlenaschen) liegen Analysenwerte vor. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der pH-Wert liegt eher im alkalischen Bereich (bis pH 12,9).
- Die Kraftwerksaschen weisen im Vergleich zu anderen auf DK I-Deponien abgelagerten Abfällen vielfach einen höheren Anteil an Chlorid und Sulfat auf.
- Aufgrund der nahezu vollständigen Zerstörung organischer Bestandteile im Verbrennungsprozess sind die organischen Parameter bei Kraftwerksaschen ohne Bedeutung.
- Die natürlicherweise in den Pflanzen und somit auch in der Braunkohle in sehr geringer Konzentration gebundenen Schwermetalle werden durch die Kohlebildung und vor Allem durch den Verbrennungsprozess und den damit verbundenen Volumenverlust stark konzentriert. Dennoch liegen die Schwermetalle auf einem niedrigen Niveau.

## **6 Zusammenfassung**

Die Mineralstoffdeponie am Standort Profen-Nord ist eine Deponie der Deponiekategorie I die mit einem Regelbasisabdichtungssystem gemäß DepV geplant ist. Oberhalb der Drainageschicht ist eine 1 m-mächtige Schutzschicht aus Braunkohlenfilteraschen und Gießereialtsanden angeordnet, die in der Lage ist das auftreffende Niederschlagswasser chemisch zu binden.

Anhand von durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen konnte gezeigt werden, dass eine Durchsickerung einer abbindenden Asche-Gießereialtsand-Schicht über einen längeren Zeitraum nicht möglich ist. In der Bauphase des Basisabdichtungssystems erfolgt zudem eine bauzeitliche Entwässerung.

Mit der Höherentwicklung des Deponiekörpers, auch im Hinblick auf die vollständige Abdeckung der Oberfläche mit einer Wasserhaushaltsschicht, wird die Sickerwasserneubildung unter Berücksichtigung des Verbrauchs eventueller Restdurchsickerungen auf nahezu Null zurückgehen. Demzufolge wird auch der Sickerwasserablauf zurückgehen.

Neben der bereits erwähnten Eigenschaft der Braunkohlenaschen das Niederschlagswasser chemisch zu binden, trägt die Wahl des Deponiestandortes als niederschlagsarmer Standort ebenfalls dazu bei, die Sickerwasserbildung gering zu halten.

Weitere Maßnahmen zur Sickerwasserverringerung sind insbesondere:

- während des Deponiebetriebes
  - verdichteter Einbau der Abfälle
  - abschnittsweiser Aufbau mit möglichst früher Rekultivierung
- nach Deponieabschluss
  - Rekultivierung durch Pflanzen mit hohem Wasserverbrauch und hoher Verdunstungsrate
  - Gezielte Oberflächenwasserableitung

## **7 Literatur**

- [ 1 ] Zwischenbericht Versuchsfeld
- [ 2 ] Gleichwertigkeitsnachweis für ein alternatives Basisabdichtungssystem zur Errichtung der Mineralstoffdeponie Profen-Nord, upi UmweltProjekt Ingenieurgesellschaft mbH, Stendal, Juni 2013
- [ 3 ] Beschaffenheit von Deponiesickerwasser in Nordrhein-Westfalen, LANUV-Fachbericht 24, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2010, Korrigierte Fassung (siehe Kapitel Einführung) Januar 2012