

# **Erfahrungen beim Freilegen einer 20 Jahre alten Kombinationsdichtung auf der Oberfläche der Sonderabfalldeponie Billigheim**

Dr.-Ing. Bertram Schulze

Prof. Dr.-Ing. Walter Lächler

Dr. Fred Dietzel

## **Inhaltsverzeichnis**

1. Allgemeines zur Sonderabfalldeponie Billigheim
2. Geotechnische Randbedingungen
3. Baumaßnahmen im Jahr 1990
4. Baumaßnahmen im Jahr 2010
5. Aufgrabungen in der Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1
6. Ergebnisse der Untersuchungen vor Ort und der Laborversuche
7. Beurteilung der mineralischen Dichtungsschicht
8. Fazit

## 1. Allgemeines zur Sonderabfalldeponie Billigheim

Die Sonderabfalldeponie (SAD) Billigheim ist die einzige noch betriebene oberirdische Deponie für die Ablagerung gefährlicher Abfälle zur Beseitigung in Baden-Württemberg. Sie liegt in Nordbaden zwischen den Städten Mosbach und Möckmühl, etwa 15 km westlich der BAB A81, Stuttgart-Würzburg (Abb. 1).



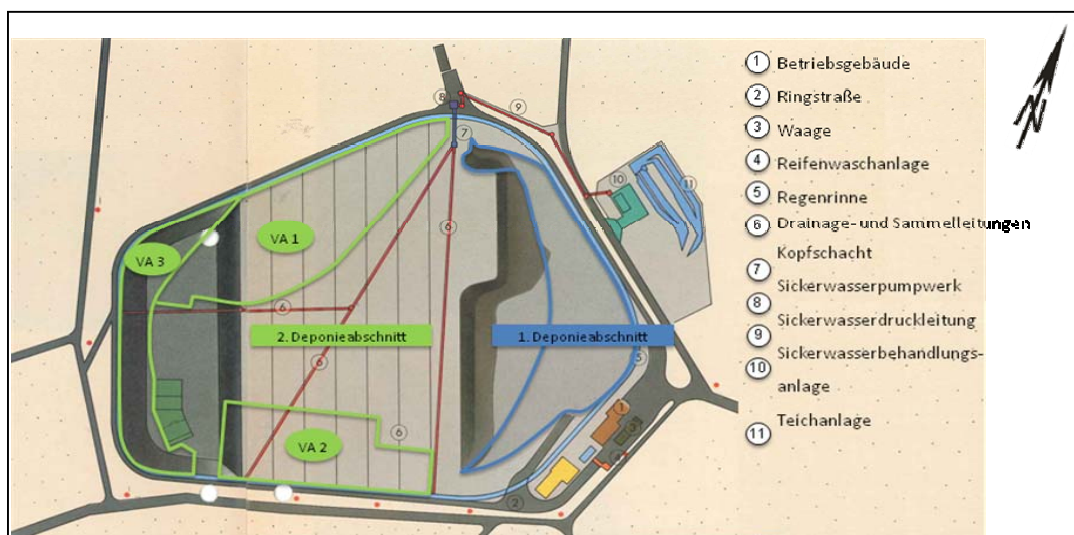
Abb. 1: Lage der SAD Billigheim

Träger dieser zentralen Einrichtung ist die SAD Sonderabfall-Deponiegesellschaft Baden-Württemberg GmbH; betrieben wird die Deponie seit dem Jahr 2000 von der HIM GmbH, Biebesheim.

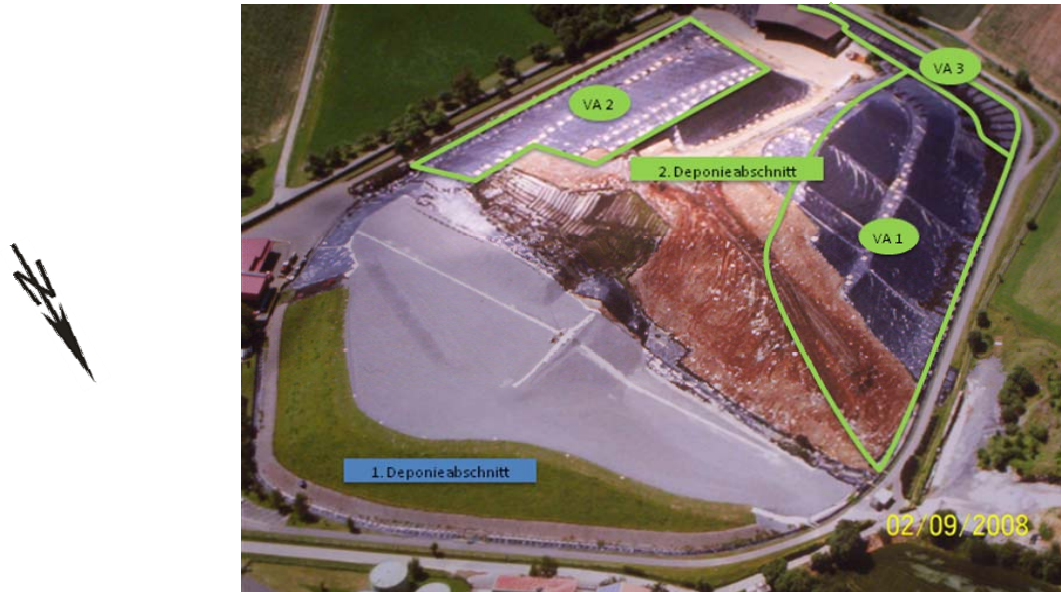
Die Entsorgungsanlage Billigheim umfasst eine Gesamtfläche von ca. 10,8 ha, wovon etwa 7,2 ha Deponiefläche und etwa 3,6 ha bebaute Flächen sowie Erschließungsflächen sind.

Das gesamte zur Verfügung stehende Deponievolumen betrug knapp 920.000 m<sup>3</sup> (entsprechend knapp 1,3 Mio. t). Im seit 1984 geschlossenen Deponieabschnitt DA 1 (Fläche ca. 2,1 ha) sind etwa 130.000 m<sup>3</sup> ( $\hat{=}$  180.000 t) besonders überwachungsbedürftige Abfälle eingelagert.

Im Deponieabschnitt DA 2 (Fläche ca. 5,1 ha) werden nun seit Sommer 2010 drei Teilflächen mit einer Oberflächenabdichtung versehen (siehe Abschnitt 4). Einen Überblick über die Gesamtsituation auf der SAD Billigheim vermitteln die Abb. 2 und 3.

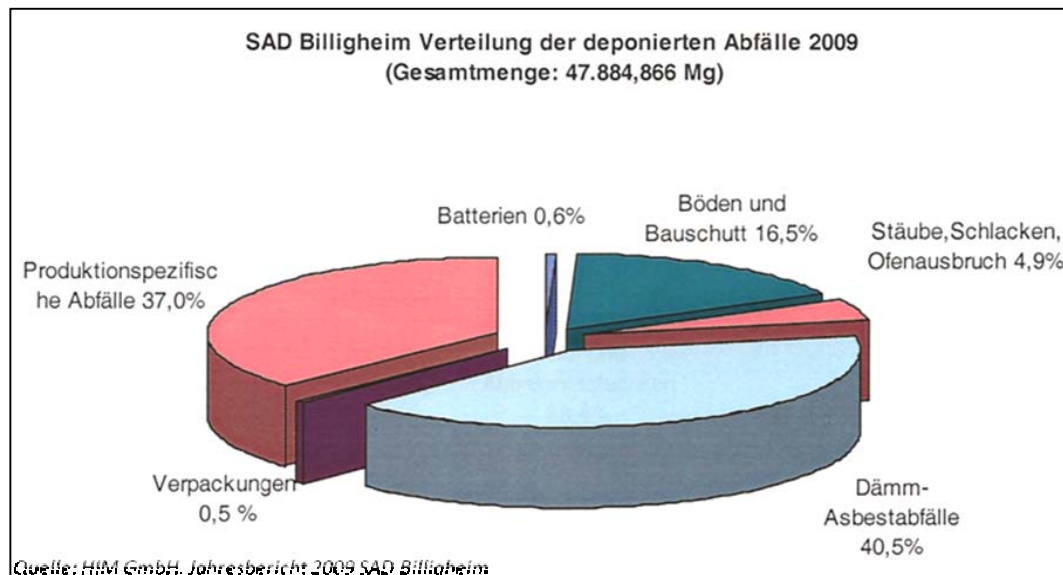


**Abb. 2:** Schematischer Überblick über die Entsorgungsanlage Billigheim (aus [1])



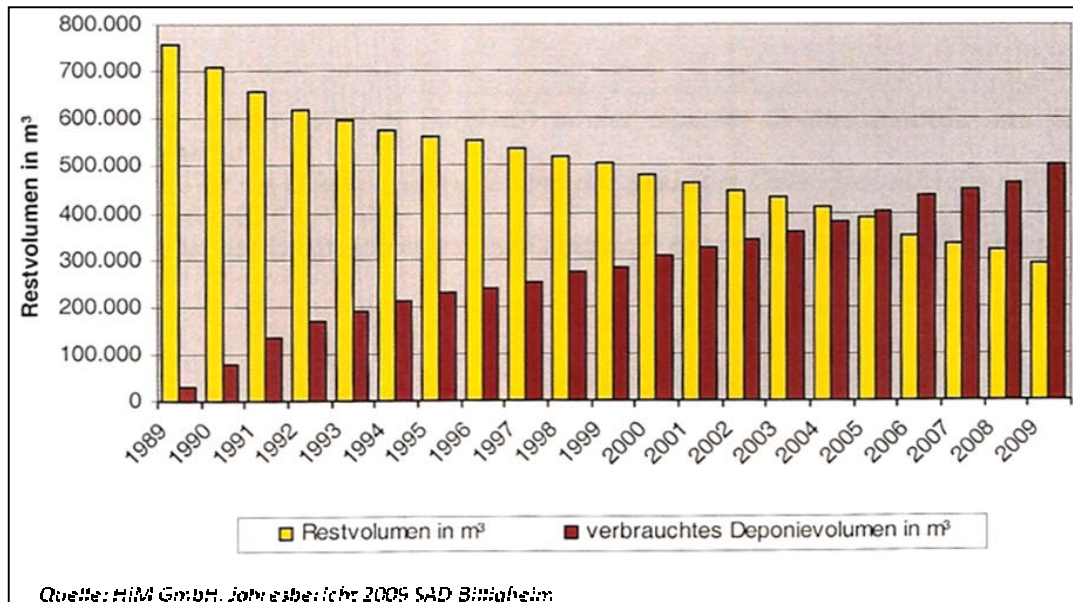
**Abb. 3:** Luftbild der Entsorgungsanlage Billigheim, Sept. 2008 (zur Verfügung gestellt von der SAD Baden-Württemberg GmbH)

Zwischenzeitlich wurden mit Stand Januar 2009 etwa 590.000 m<sup>3</sup> besonders überwachungsbedürftige Abfälle abgelagert. Diese setzen sich - exemplarisch für das Jahr 2009 - wie folgt zusammen (Abb. 4):



**Abb. 4:** Zusammensetzung der eingelagerten Abfälle (aus [2])

Wie die Abb. 5 zeigt, liegen die Anlieferungen zur Deponie seit Beginn der Einlagerung im Deponieabschnitt 2 im Jahr 1989 recht konstant bei etwas über 20.000 m<sup>3</sup>/Jahr. Mit Stand Januar 2009 waren etwa 60 % des Deponievolumens verbraucht.



**Abb. 5:** Zeitliche Entwicklung der Anlieferungsmengen und des Deponie-Restvolumens (aus [2])

## 2. Geotechnische Randbedingungen

Die geologische Barriere für die Deponie bilden bindige Deckschichten mit unterschiedlichen Mächtigkeiten über den Festgesteinen des Oberen Muschelkalks. Der höchste zu erwartende Grundwasserspiegel liegt etwa 20 m unter der Deponiesohle.

Die Deponie verfügt über eine Basisabdichtung, bestehend aus einer 3 m mächtigen, lagenweise eingebauten mineralischen Dichtung mit bindigen Erdstoffen aus Tongruben der näheren Umgebung und einer darüber liegenden Kunststoffdichtungsbahn (Kombinationsdichtung), die im Deponieabschnitt 2 in den Jahren 1988/1989 fertiggestellt wurde. Die Anforderungen an die Dichtigkeit der mineralischen Dichtung wurden in Abstimmung mit den Fachbehörden festgelegt, da zum damaligen Zeitpunkt die TA Abfall erst „im Entstehen“ war. Über den Bau der Basisdichtung wurde ausführlich in [3] berichtet.

Über der Basisabdichtung ist zur Entwässerung der Deponiesohle eine Flächendränage, bestehend aus mineralischen Material in einer Stärke von 40 cm und einer Kombination aus Saug- (d = 200 mm) und Sammelleitungen (d = 300 mm), eingebaut, die das anfallende Si-

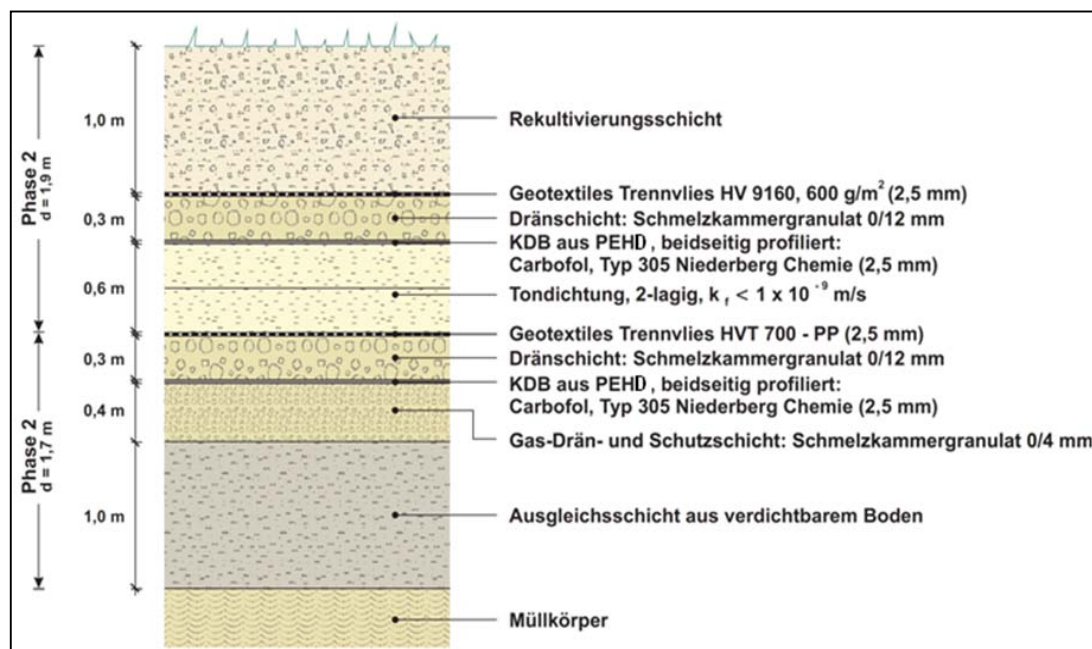


ckerwasser zum Tiefpunkt der Deponiebasis im Norden ableitet (siehe Abb. 2). Von dort wird das Sickerwasser über ein Pumpwerk zu einer Sickerwasserbehandlungsanlage am Standort geleitet. Das vorbehandelte Sickerwasser wird dann zur Kläranlage geleitet.

Zur Minimierung des Sickerwasseranfalles ist für die gesamte Deponie eine Oberflächenabdichtung vorgesehen. Auf die im Deponieabschnitt 1 bereits im Jahr 1990 abgeschlossenen Arbeiten zur Oberflächenabdichtung wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen.

### 3. Baumaßnahmen im Jahr 1990

Die TA Abfall, die erst seit 01.04.1991 die gesetzliche Grundlage u. a. für die Oberflächenabdichtung von Deponien mit besonders überwachungsbedürftigen Abfällen bildet, war zum Zeitpunkt der Planung und der Herstellung der Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt 1 noch nicht verabschiedet. Mit Anordnung des Regierungspräsidiums Karlsruhe vom 16.08.1990 wurde als Ergänzung zum Planfeststellungsänderungs- und -ergänzungsbeschluss vom 16.12.1987 [4] eine in zwei zeitlich getrennten Phasen aufzubringende, kontrollierbare Oberflächenabdichtung in Anlehnung an die damals in Bearbeitung befindliche TA Abfall gefordert. Diese sah folgenden Aufbau vor (Abb. 6):



**Abb. 6:** Aufbau der Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1

Mit dem Aufbringen der Oberflächenabdichtung in zwei Phasen sollte eine möglichst zeitnahe Abdichtung der Oberfläche der Abfälle erfolgen (Phase 1). Nach Abklingen etwaiger Setzungen sollte erst in einer zweiten Phase die endgültige Oberflächenabdichtung aufgebracht werden. Durch die Flächendränage zwischen der unteren Dichtung (KDB) und der oberen Dichtung (Kombinationsdichtung aus KDB über mineralischer Dichtung) ist aber vor allem eine Kontrolle der Kombinationsdichtung möglich. Über die Einteilung der Oberfläche in Sektoren mit entsprechenden Rohrleitungssträngen kann im Falle eines Wasseraustritts in der Kontrolldränage der entsprechende Bereich eingegrenzt und gegebenenfalls nachgebessert werden.

Da davon ausgegangen werden konnte, dass die bereits bis zum Jahr 1990 im Deponieabschnitt DA 1 eingelagerten Abfälle nur noch in geringem Umfang Setzungen bzw. Nachsackungen erleiden würden, wurde beschlossen, beide Phasen der Oberflächenabdichtung ohne Zeitverzug innerhalb einer Baumaßnahme aufzubringen.

Dem Thema des Vortrages entsprechend erläutern wir nachfolgend im Wesentlichen nur die für die Bewertung der mineralischen Dichtung relevanten Randbedingungen.

Als **Qualitätsanforderungen** wurden, teilweise über die Anforderungen gemäß TA Abfall hinausgehend, formuliert:

- Verdichtungsgrad:  $D \geq 97 \% D_{Pr}$
- Luftporengehalt:  $n_a \leq 5 \%$
- Einbauwassergehalt:  $w_E \leq w_{opt} + 2 \%$
- Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f \leq 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$

Als mineralisches **Dichtungsmaterial** wurden, wie bereits vorweg für die Basisdichtung in den Deponieabschnitten DA 1 und DA 2, bindige Erdstoffe verwendet, die aus Tongruben der näheren Umgebung gewonnen wurden. Hierbei handelte es sich um mittelplastische Tone mit Fließgrenzen in einer engen Bandbreite von  $40 \% \leq w_L \leq 50 \%$ . Über umfangreiche Eignungsprüfungen wurde vorab die Bandbreite der Materialeigenschaften überprüft, so dass während der Bauausführung der „Baustoff“ Boden sicher bewertet werden konnte. Darüber hinaus haben wir über eine Vielzahl von Korrelationen von aus Labor- und Feldversuchen gewonnenen Daten die Materialabhängigkeiten dokumentiert, so dass auf der Baustelle z. B. bei ausreichender Verdichtungsarbeit, kontrolliert über die Anzahl der Walzübergänge der vor Ort eingesetzten Walzen, alleine über eine Wassergehaltsbestimmung mit hinrei-

chender Genauigkeit eine Aussage zum – für die Qualität der Dichtung entscheidenden – Durchlässigkeitsbeiwert getroffen werden konnte, was einen kontinuierlichen und durch die unerlässlichen Überwachungstätigkeiten nicht gestörten Arbeitsfortschritt beim Einbau der mineralischen Dichtung ermöglichte. Über nachlaufende Beprobungen und Kontrollen wurden dann die absoluten Kennwerte (z. B. Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$ ) bestimmt. Im Ergebnis können die in Tabelle 1 dokumentierten Kenngrößen des Bodens der nachfolgenden Bewertung zugrunde gelegt werden:

Parameter	Bandbreite <sup>(1)</sup>
Tonanteil < d = 0,002 mm	30 % - 45 %
Fließgrenze $w_L$	40 % - 50 %
Proctordichte $\rho_{Pr}$	1,70 g/m <sup>3</sup> - 1,80 g/m <sup>3</sup>
optimaler Wassergehalt $w_{opt}$	16 % - 19 %
<u>nach Einbau</u>	
Wassergehalt $w_n$ bzw. $w_E$	18 % - 20 %
Trockendichte $\rho_d$	1,65 g/cm <sup>3</sup> - 1,80 g/cm <sup>3</sup>
Feuchtdichte $\rho_f$	2,00 g/cm <sup>3</sup> - 2,15 g/cm <sup>3</sup>
Verdichtungsgrad D	95 % $D_{pr}$ – 105 % $D_{pr}$
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$	$10^{-9}$ m/s – $10^{-11}$ m/s

<sup>(1)</sup> Bei  $\geq 90$  % aller Verbrauchswerte

**Tabelle 1:** Kenngrößen des Tonmaterials für die mineralische Dichtung

#### 4. Baumaßnahmen im Jahr 2010

Im Deponieabschnitt DA 2 haben drei Verfüllabschnitte VA 1 bis VA 3 (auf einer Fläche von insgesamt gut 22.000 m<sup>2</sup>) die Endhöhen erreicht und werden seit Sommer 2010 mit einer Oberflächenabdichtung versehen. Gesetzliche Grundlagen dafür sind im Wesentlichen

- die Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts (DepV) vom 27.04.2009,
- das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) vom 27.09.1994 in der Fassung des Artikelgesetzes vom 03.08.2001, zuletzt geändert am 22.12.2008 und KrW-AbfG) sowie
- der Genehmigungsbescheid des Regierungspräsidiums Karlsruhe für die Aufbringung der endgültigen Oberflächenabdichtung in den Verfüllabschnitten VA 1 – VA 3 des Deponieabschnittes DA 2 der Sonderabfalldeponie Billigheim vom 23.12.2009 ([5]).



Die Lage der abzudichtenden Bereiche geht aus dem Übersichtsplan in Abb. 2 hervor. Der Aufbau der Oberflächenabdichtung in den Teilbereichen des Deponieabschnittes DA 2 entspricht dem des im Deponieabschnitt DA 1 bereits hergestellten Abdichtungssystems (siehe Abb. 6) mit folgenden, nach dem aktuellen Stand der Technik erforderlichen Änderungen/Ergänzungen:

- Die Geokunststoffe (KDB und Geotextilien) müssen die BAM-Zulassung haben.
- Die Anforderungen an die Materialien für die Rekultivierungsschicht wurden angepasst (insbesondere an die GDA Empfehlung E 2-31).
- Die abfalltechnischen Anforderungen an die Böden für die Profilierungs-/ Ausgleichsschicht und die Rekultivierungsschicht wurden angepasst (DepV).

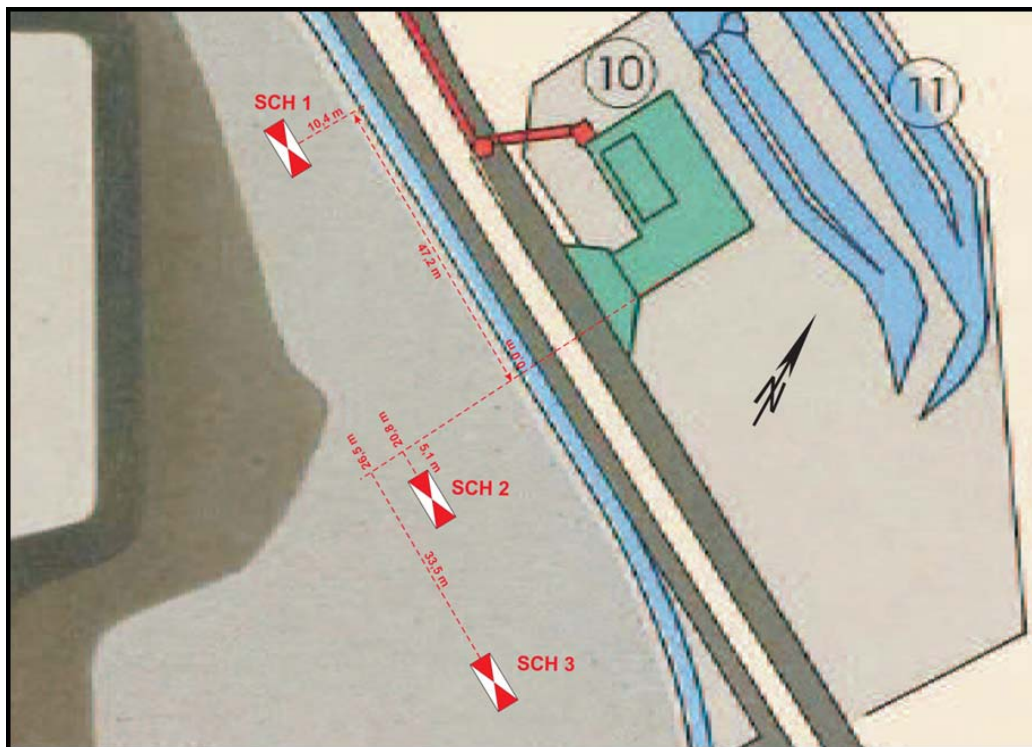
Nach dem Ergebnis durchgeführter Setzungsmessungen ist es auch im Deponieabschnitt DA 2 nicht erforderlich, die Abdichtungsphasen 1 und 2 zeitlich voneinander getrennt aufzubringen.

Während der in der TA Abfall bzw. auch in der TA Siedlungsabfall vorgesehene Aufbau der Basisdichtung nie ernsthaft in Frage gestellt wurde, sieht man von Alternativen wie Bitumenabdichtungen ab, war der Aufbau der Oberflächenabdichtungen von Beginn an heftig umstritten. Über die Jahre hinweg wurde eine Vielzahl von Alternativen vorgeschlagen, über deren technische Gleichwertigkeit auch trefflich spekuliert werden konnte.

Unter anderem war ein immer wieder vorgetragenes Argument gegen die Verwendung von Ton als Dichtungsmaterial, dass diese „Baustoffe“ auf der Deponieoberfläche im Laufe der Zeit austrocknen und dabei ihre Dichtigkeit Schaden nehmen würde. Obwohl die für dieses Risiko vorgetragenen Argumente formal nicht vollständig entkräftet werden konnten, hat sich der Bauherr vorwiegend aus genehmigungsrechtlichen Gründen für die Beibehaltung des im Jahre 1990 für den Deponieabschnitt DA 1 gewählten Dichtungssystems auch für den Deponieabschnitt DA 2 entschieden. Allerdings sah eine der Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid des Regierungspräsidiums Karlsruhe vom 23.12.2009 vor, dass die Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1 an drei Stellen zu öffnen und die mineralische Dichtung insbesondere auf Veränderung des Wassergehaltes des Materials im Vergleich zum Einbauwassergehalt zu untersuchen sei. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen berichten wir nachfolgend.

## 5. Aufgrabungen in der Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1

Am 22.04.2010 wurden vom AN der Baumaßnahmen im Deponieabschnitt DA 2, HEILIT Umwelttechnik GmbH, unter fachtechnischer Begleitung der Fremdüberwachung, Smoltczyk & Partner GmbH, mit einem Kettenbagger 3 Baggerschürfe bis zur Oberfläche der mineralischen Dichtung, also bis in Tiefen von etwa 1,1 m bis 1,5 m hergestellt (Abb. 7).



**Abb. 7:** Lage der Baggerschürfe in der Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1

Dabei wurden die einzelnen mineralischen Lagen, Rekultivierungsschicht und Entwässerungsschicht, jeweils bis zu ihrer Unterkante vorsichtig, teilweise händisch, freigelegt, in ihrer Schichtdicke aufgenommen, geotechnisch begutachtet und beprobt. Nach Abschluss der Begutachtung der einzelnen Schichten erfolgte der weitere Aushub.

Die zwischen den einzelnen Schichten angeordneten Geokunststoffe, geotextiles Trennvlies zwischen Rekultivierungsschicht und Entwässerungsschicht und Kunststoffdichtungsbahn (KDB) zwischen Entwässerungsschicht und mineralischer Dichtung wurden vorsichtig mit einem Teppichmesser an 3 Seiten freigeschnitten und umgeklappt. (Abb. 8 und 9).



**Abb. 8:** Baggerschurf in der bestehenden Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1



**Abb. 9:** Freigelegte KDB



Die Oberfläche der mineralischen Dichtung wurde zunächst intensiv begutachtet (vgl. Abb. 10 und 11).



**Abb. 10:** Oberfläche der mineralischen Dichtung



**Abb. 11:** Oberfläche der mineralischen Dichtung (Detail)

Danach wurde etwa 10 cm unter der Oberfläche der mineralischen Dichtung eine 10 cm lange Sonderprobe mittels Ausstechzylinder (Durchmesser 10 cm) entnommen (Abb. 12 und 13).



**Abb. 12:** Vorbereitung der Entnahme der Sonderprobe



**Abb. 13:** Entnahme einer Sonderprobe



Nach der Begutachtung und Beprobung der mineralischen Dichtung wurde die Schichtdicke der mineralischen Dichtung durch Aufgraben bis zum unterliegenden geotextilen Trennvlies festgestellt.



**Abb. 14:** Schichtdickenbestimmung in der mineralischen Dichtung

Unmittelbar danach wurde das Probenloch durch lagenweises Einbringen des seitlich gelagerten Tonmaterials und Verdichten mit einem schweren Hammer wieder fachgerecht verschlossen. Die durch den Ausstechzylinder und die sonstige Beprobung fehlende geringe Materialmenge wurde durch Fremdmaterial (Tondichtung für den Deponieabschnitt DA 2) ausgeglichen. Die KDB (etwa 1 m x 1 m) wurde wieder zurückgeklappt und der gesamte Schurf mittels einer etwa 5 m x 5 m großen auf einem Holzgestell aufgebrachten 1,5 mm starken Kunststoffdichtungsbahn gesichert. Am 03.05.10 wurde auf die Probenahmestelle ein etwa 1,5 m x 1,5 m großer "Flicken" KDB verlegt und vom Verleger der KDB für den Deponieabschnitt DA 2 fachgerecht verschweißt. Vor dem weiteren Überschütten wurde die Schweißnaht von der Fremdüberwachung Kunststoff auf Dichtigkeit geprüft. Danach wurden die seitlich gelagerten weiteren Schichten lagenweise wieder eingebaut.



## 6. Ergebnisse der Untersuchungen vor Ort und der Laborversuche

Nachfolgend gehen wir auf die Untersuchungen an den einzelnen mineralischen Schichten: Rekultivierungsschicht, Entwässerungsschicht und mineralische Dichtung, ein. Die Geokunststoffe: Geotextiles Trennvlies und KDB, werden nur kurz abgehandelt, da sie nicht Ziel der Untersuchungen waren.

Rekultivierungsschicht:

In allen drei Schürfen wurde ein beige- bis gelbbrauner toniger, schwach sandiger, sehr schwach kiesiger Schluff festgestellt. Vereinzelt sind Ziegelbröckchen enthalten. Nennenswerte Fremdbestandteile wurden in den Schürfen SCH 1 und SCH 2 nicht, im Schurf SCH 3 nur im topografisch oberen Bereich (Kuppenbereich) festgestellt. Die Rekultivierungsschicht weist über ihre gesamte Mächtigkeit eine große Homogenität auf. Einzelne Einbaulagen waren nicht mehr festzustellen.

Die **Mächtigkeit** der Rekultivierungsschicht wurde im Schurf SCH 1 mit 80 cm bis 87 cm, im Schurf SCH 2 mit 104 cm bis 119 cm und im Schurf SCH 3 mit 57 cm bis 63 cm im Kuppenbereich und mit 112 cm bis 116 cm im unteren Bereich des Schurfes festgestellt.

Erosionsschäden waren an der mit Gras bewachsenen Rekultivierungsschicht nicht festzustellen.

Die **Korngrößenverteilung** weist einen Tonanteil von 24,9 %, einen Schluffgehalt von 58,8 % und einen Sandgehalt von 16,2 % auf.

Die **Konsistenz** der Rekultivierungsschicht war bei der Vor-Ort-Ansprache halbfest bis fest. Der **natürliche Wassergehalt** wurde an zwei Proben mit Werten von  $w_n = 17,2 \%$  und  $19,1 \%$  bestimmt.

Mittels einer Sonderprobe (Ausstechzylinder) wurde eine **Feuchtdichte** von  $\rho_f = 2,11 \text{ g/cm}^3$  und bei einem Wassergehalt von  $w_n = 19,1 \%$  eine **Trockendichte** von  $\rho_d = 1,775 \text{ g/cm}^3$  festgestellt. Daraus lässt sich ein **Luftporengehalt** von  $n_a = 0,3 \%$  und zusammen mit den Ergebnissen eines **Proctorversuches** mit Werten von  $\rho_{Pr} = 1,746 \text{ g/cm}^3$  bei einem **optimalen Wassergehalt** von  $w_{opt} = 17,7 \%$  ein **Verdichtungsgrad** von  $101,6 \%$  der einfachen Proctordichte ermitteln.

#### Geotextiles Trennvlies:

Unter der Rekultivierungsschicht war in allen drei Schürfen eine buntes geotextiles Trennvlies (Recyclat) mit etwa 3 mm bis 4 mm Stärke festgestellt. Das Trennvlies war dem Augenschein nach an allen drei Stellen intakt und wies keinerlei Beeinträchtigung durch die unter- bzw. überlagernden Böden und visuell keinerlei Alterungserscheinungen auf.

#### Entwässerungsschicht:

In allen drei Schürfen wurde unter dem geotextilen Trennvlies die Entwässerungsschicht angetroffen. Es handelt sich um ein leicht feuchtes, sandig-kiesiges Schmelzkammergranulat von schwarzer Färbung.

Die **Mächtigkeit** der Entwässerungsschicht schwankt innerhalb jedes Schurfes und zwischen den drei Schürfen nur wenig zwischen 27 cm und 32 cm.

Die **Korngrößenverteilung** weist einen Sandanteil von 56,9 % und einen Kiesanteil von 42,6 % auf. Der Feinanteil ( $d < 0,063$ ) liegt bei etwa 0,5 %. Das Größtkorn beträgt 10 mm. Aus der Korngrößenverteilungskurve lässt sich ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 6,7 \times 10^{-3}$  m/s abschätzen.

Der **natürliche Wassergehalt** wurde an einer Probe mit einem Wert von  $w_n = 3,1$  % festgestellt.

#### Kunststoffdichtungsbahn:

Unter der Entwässerungsschicht war in allen drei Schürfen eine schwarze Kunststoffdichtungsbahn von 2,5 mm Stärke und einer beidseitig nur schwach ausgeprägten KARO-förmigen Profilierung vorhanden. Die Kunststoffdichtungsbahn war dem Augenschein nach an allen drei Stellen, auch an den freigelegten Schweißnähten intakt und wies keinerlei Beeinträchtigungen oder auch nur Eindrücke durch die unter- bzw. überlagernden Böden auf. Alterungserscheinungen waren visuell nicht zu erkennen.

#### Mineralische Dichtung:

In allen drei Schürfen wurde hier ein hellbrauner, stark schluffiger, fein- und mittelsandiger Ton mit leicht feuchter Oberfläche festgestellt. In den obersten 1 cm bis 2 cm der freigelegten Oberfläche waren Verformungen (Fingereindrücke) möglich. Die Gitterstruktur der auch auf der Unterseite profilierten Kunststoffdichtungsbahn war auf der Oberfläche der minerali-

schen Dichtung klar und überall zu erkennen (Pressverbund). Die Oberfläche der mineralischen Dichtung war überall geschlossen. Risse, die auf Austrocknung zurückzuführen wären, waren nicht festzustellen. Zur Tiefe hin waren augenscheinlich und durch manuelle Versuche keine wesentlichen Änderungen im Wassergehalt und in der Konsistenz festzustellen. Material, das aus der Dichtung entnommen wurde, war über die gesamte Schichtstärke knetbar/plastisch verformbar.

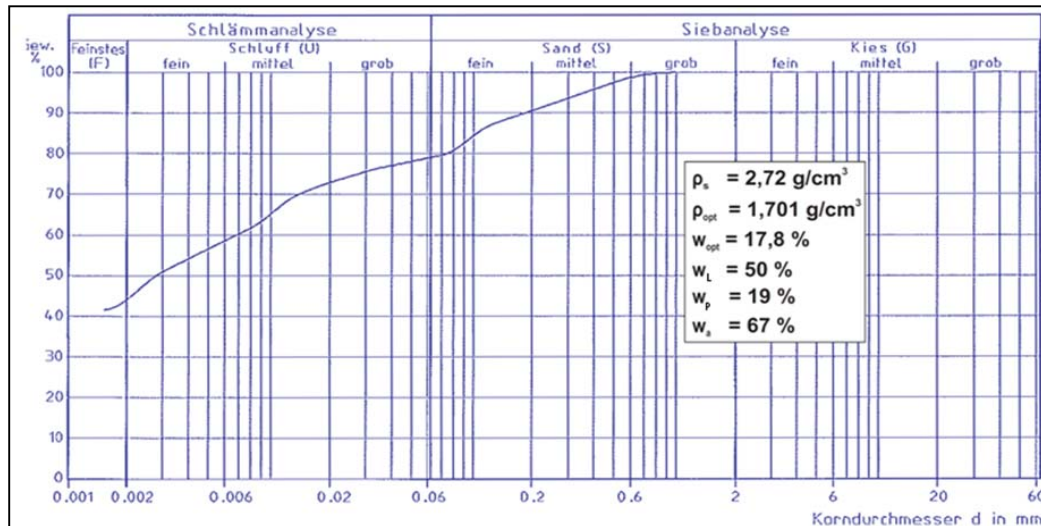
Nennenswerte Fremdbestandteile wurden in den Schürfen nicht festgestellt. Die mineralische Dichtung weist über ihre gesamte Mächtigkeit eine große Homogenität auf. Einzelne Einbaulagen waren nicht mehr festzustellen.

Die **Mächtigkeit** der mineralischen Dichtung wurde im Schurf SCH 1 mit 68 cm, im Schurf SCH 2 mit 56 cm und im Schurf SCH 3 mit 50 cm gemessen.

Die **Korngrößenverteilung** weist einen Tonanteil von 44,6 %, einen Schluffgehalt von 34,4 % und einen Sandgehalt von 21,0 % auf (Abb. 15).

Die Konsistenz der mineralischen Dichtung war bei der Vor-Ort-Ansprache steif bis halbfest. Ein an einer Probe durchgeführter Laborversuch ergab einen **Wassergehalt an der Fließgrenze**  $w_L$  von 50 % und an der **Ausrollgrenze**  $w_P$  von 19 %. Damit ist das Material der mineralischen Dichtung ein mittel plastischer Ton (TM nach DIN 18 196).

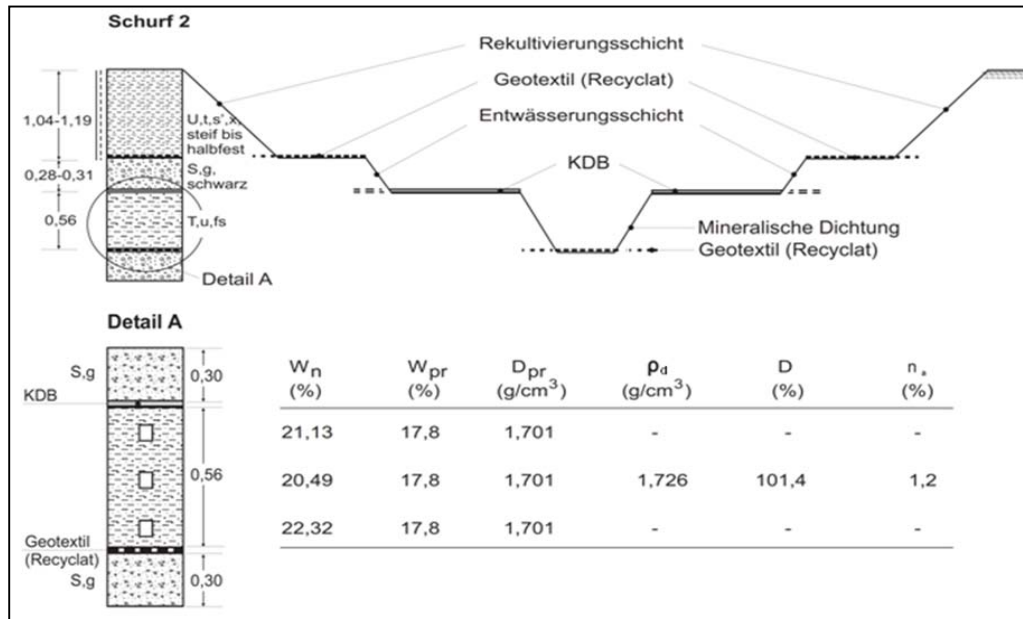
Der **natürliche Wassergehalt** wurde an insgesamt 10 Proben mit Werten von  $w_n = 20,0$  % bis 22,3 %, i.M. zu  $w_n = 21,0$  % bestimmt. Im Vergleich mit den Wassergehalten an der Fließ- und Ausrollgrenze haben damit alle 10 Proben eine steife Konsistenz, was die Vor-Ort-Ansprache bestätigt.



**Abb. 15:** Bodenmechanische Charakterisierung des Materials für die mineralische Dichtung

In jedem Schurf wurden jeweils 3 Proben aus dem oberen, dem mittleren und dem unteren Bereich der mineralischen Dichtung entnommen. Dabei wurde an den jeweils obersten Proben ein natürlicher Wassergehalt von i.M.  $w_n = 20,9 \%$ , an den jeweils mittleren Proben ein natürlicher Wassergehalt von i.M.  $w_n = 20,3 \%$  und an den jeweils untersten Proben ein natürlicher Wassergehalt von i.M.  $w_n = 22,3 \%$  festgestellt.

Mittels dreier Sonderproben (Ausstechzylinder) jeweils aus dem oberen bis mittleren Bereich der mineralischen Dichtung wurden **Feuchtdichten** von  $\rho_f = 2,06 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,08 \text{ g/cm}^3$  und  $2,11 \text{ g/cm}^3$  und bei zugehörigen Wassergehalten von  $w_n = 20,5 \%$ ,  $20,5 \%$  und  $20,0 \%$  **Trockendichten** von  $\rho_d = 1,71 \text{ g/cm}^3$ ,  $1,73 \text{ g/cm}^3$  und  $1,76 \text{ g/cm}^3$  festgestellt. Daraus lassen sich **Luftporengehalte** von  $n_a = 2,1 \%$ ,  $1,2 \%$  und  $0,2 \%$  und zusammen mit den Ergebnissen eines **Proctorversuches** mit Werten von  $\rho_{Pr} = 1,701 \text{ g/cm}^3$  bei einem optimalen Wassergehalt von  $w_{opt} = 17,8 \%$  Verdichtungsgrade von  $100,4 \%$ ,  $101,4 \%$  und  $103,4 \%$  der einfachen Proctordichte ermitteln (Abb. 16).



**Abb. 16:** Dichtebestimmung in der mineralischen Dichtung (exemplarisch: Schurf SCH 2)

## 7. Beurteilung der mineralischen Dichtungsschicht

Die Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt DA 1 der Sonderabfalldeponie Billigheim wurde im Jahr 1990 auf der Grundlage von Qualitätsanforderungen hergestellt, die 1991 in der TA Abfall im Anhang E: Material- und Prüfanforderungen bei der Herstellung von Deponieabdichtungssystemen unter Punkt 1.1 für mineralisches Dichtungsmaterial zusammengefasst sind:

- d) Das mineralische Material muss im eingebauten Zustand den nach Nr. 9.4.1.1 dieser Technischen Anleitung zu berechnenden Verformungen plastisch folgen können.
- e) Das Dichtungsmaterial muss im eingebauten Zustand homogen sein und einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweisen.
- f) Jede eingebaute Lage mineralischen Materials muss mindestens einen Verdichtungsgrad  $D_{Pr} > 95 \%$  aufweisen.
- g) Der Einbauwassergehalt ( $w$ ) muss über dem Proctorwassergehalt ( $w_{Pr}$ ) liegen. Es gilt:  $w_{Pr} < w < w(0,95)$ . Wird davon abgewichen, ist durch Erhöhung der Verdichtungsenergie ein Luftporenanteil  $n_a \leq 5 \%$  einzuhalten.

Mit den Beobachtungen und Untersuchungen bei den Baggerschürfen vom 22.04.10 kann die Qualität der mineralischen Abdichtung 20 Jahre nach ihrer Herstellung wie folgt beurteilt werden:

- Zu d.) Es gibt nach der visuellen Begutachtung keinerlei Hinweise darauf, dass zum Einen nennenswerte Verformungen im Oberflächenabdichtungssystem eingetreten sind und dass zum Anderen mechanisch bedingte (Quer-)Risse in der mineralischen Dichtung (oder Faltenbildungen in der KDB) vorliegen. Das mineralische Material ist noch immer plastisch verformbar (knetbar). Der vollflächige und dichte Verbund zwischen Kunststoffdichtungsbahn und mineralischer Abdichtung (Press-Verbund) ist nach wie vor gegeben.
- Zu e.) Das Dichtungsmaterial ist über die gesamte Schichtstärke von 50 cm (Schurf SCH 3) bis 68 cm (Schurf SCH 1) sehr homogen eingebaut. Der natürliche Wassergehalt liegt aktuell gleichmäßig zwischen  $w_n = 20 \%$  und  $w_n = 22,3 \%$ .
- Zu f.) Der Verdichtungsgrad, der an insgesamt 3 Proben bestimmt wurde, liegt zwischen 100,4 % und 103,4 % der einfachen Proctordichte. Die Forderung nach einem Einbau mit mindestens 95 % der einfachen Proctordichte ist damit bei Weitem erfüllt.
- Zu g.) Die Angaben zum Einbauwassergehalt  $w_E$  bei der Herstellung der mineralischen Dichtungen in den Jahren 1989 und 1990 in Tabelle 1 zeigen eine Bandbreite von  $18\% \leq w_E \leq 22 \%$ . Mit optimalen Wassergehalten in der Bandbreite von  $16\% \leq w_{opt} \leq 19 \%$  bedeutet dies einen Einbau des Materials auf der nassen Seite des Proctorastes. Mit der aktuell ermittelten Bandbreite des natürlichen Wassergehaltes von  $w_n = 20 \%$  bis  $22,3 \%$  kann eindeutig bestätigt werden, dass über den Zeitraum von mittlerweile 20 Jahren keinerlei negative Veränderungen im Wassergehalt der mineralischen Dichtungsschicht stattgefunden haben.
- Eine Gefährdung der mineralischen Dichtung durch Trockenrisse kann zumindest für die bisherige Betriebsdauer der Oberflächenabdichtung der SAD Billigheim ausgeschlossen werden.

## 8. Fazit

Die Vor-Ort-Untersuchungen und die Laborversuche zeigen eindeutig, dass die mineralische Dichtung auch nach 20 Jahren Betriebsdauer die Anforderungen der seinerzeit gültigen TA Abfall erfüllt und weiterhin dem aktuellen Stand der Technik nach DepV, Anhang 1, Nummer 2.1.1 genügt. Etwaige Befürchtungen hinsichtlich einer Austrocknung der mineralischen Dichtung an der Kontaktstelle zur oben liegenden Kunststoffdichtungsbahn oder an der Basis



der mineralischen Dichtung z. B. infolge dortiger Luftzirkulation sind im vorliegenden Fall unbegründet.

Die jüngst immer wieder erhobene Forderung nach einem Einbau des Dichtungsmaterials auf der trockenen Seite des Proctorastes halten wir mit den hier gewonnenen Erkenntnissen für nicht zielführend, da damit ein entscheidender Vorteil hinsichtlich des sicheren Erreichens der geforderten niedrigen Durchlässigkeitsbeiwerte aufgegeben wird.

Auch die anderen im Zuge der Baggerschürfe freigelegten mineralischen Schichten des Oberflächenabdichtungssystems wie Rekultivierungsschicht und Entwässerungsschicht sind in einwandfreiem, voll funktionsfähigem Zustand. Unsere Untersuchungen deuten auf eine hohe Qualität der seinerzeitigen Bauarbeiten und der Überwachung hin.

Dies gilt in gleichem Maße für die Geokunststoffe wie geotextile Trennvliese und Kunststoffdichtungsbahn. Auch diese sind zumindest visuell in einem einwandfreien Zustand, was die Qualität der Baustoffe, aber auch die Verlegearbeiten anbelangt. Alterungserscheinungen wie Verfärbungen, Versprödungen o. ä. sind an den drei Versuchsstellen nicht festgestellt worden.

Insgesamt ist die Oberflächenabdichtung im Deponieabschnitt 1 der Sonderabfalldeponie Billigheim auch 20 Jahre nach ihrer Herstellung in einem einwandfreien Zustand. Alle Schichten des Abdichtungssystems sind in ihren Abmessungen und in ihrer Einbauqualität mängelfrei und in voll funktionstüchtigem Zustand.

## 8. Literatur

- [1] Die Sonderabfalldeponie Billigheim (1989). Dokumentation der SBW Sonderabfallentsorgung Baden-Württemberg GmbH.
- [2] HIM GmbH (2009): Jahresbericht SAD Billigheim 2009.
- [3] Geyer, G. (1989): Qualitätssicherung einer Deponiebasisabdichtung, dargestellt am Beispiel der Sondermülldeponie Billigheim. 5. Nürnberger Deponieseminar, 1989.
- [4] Regierungspräsidium Karlsruhe (1990): Anordnung zur Änderung und Ergänzung von Auflagen zum Planfeststellungsänderungs- und –ergänzungsbeschluss für die Oberflächenabdichtung der Sonderabfalldeponie Billigheim vom 18.08.1990.
- [5] Regierungspräsidium Karlsruhe (2009): Genehmigungsbescheid für die Aufbringung der endgültigen Oberflächenabdichtung in den Verfüllabschnitten VA 1 – VA 3 des Deponieabschnittes II der Sonderabfalldeponie Billigheim vom 23.12.2009.
- [6] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1991): Darstellung der Laborergebnisse und der zugehörigen Parallelproben von der LfU und der HT (Eigenüberwachung Hochtief).