

- O Oberflächenabdichtung mit Dichtungsbahnen, Kapillarsperre und Kapillarblockbahnen**
  - Bauausführung auf der Deponie "Am Lemberg"**

Dipl.-Ing. Albrecht Tschackert, Ludwigsburg

## 1. Ausgangssituation

Die Deponie "Am Lemberg" liegt östlich der Stadt Ludwigsburg. Sie wurde 1960 durch die damals noch selbstständige Gemeinde Poppenweiler am Fuß des Lembergs eingerichtet. Die Zuständigkeit ging über die Stadt Ludwigsburg dann 1975 auf den Landkreis Ludwigsburg über. Die Deponie hatte in dieser Phase die Funktion der Zentraldeponie eines der bevölkerungsreichsten Landkreise Baden-Württembergs. Im Altteil der Deponie, der ab 1960 auf einer Fläche von etwa 8 ha betrieben wurde, wurde lediglich der Hochwald gefällt und die Abfälle ohne weitere Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers abgelagert. Erst mit der Übernahme der Verantwortung durch den Landkreis wurde in drei weiteren Bauabschnitten und auf weiteren 8 ha Fläche eine zeitgemäße Basisabdichtung aufgebracht, die ursprünglich eine Dicke von 0,6 m und eine Wasserdurchlässigkeit von  $k = 10^{-8}$  m/s aufwies. Der erste basisgedichtete Abschnitt ging 1977 in Betrieb. Für die Basisabdichtung fand schon damals eine bautechnische Fremdüberwachung durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt und ein geotechnisches Fachbüro statt.

Die Deponie "Am Lemberg" ist eine Hangdeponie. Ihre Aufschüttung erfolgte in der Weise, dass ein dem Hang vorgelagerter Kegelstumpf entstand, der eine obere Plateaufläche von 5,15 ha aufweist. Alle Hangböschungen (etwa 11 ha) wurden während der Betriebsphase nach dem damaligen Stand der Technik mit Boden abgedeckt und bepflanzt. Der aufwachsende Jungwald hat heute eine Wipfelhöhe von rund 10 m.

Insbesondere in der ersten Betriebsphase ab 1960 wurden in der Deponie große Mengen industrieller Abfälle aus metallverarbeitenden Betrieben abgelagert. Als Folge des Deponieinventars und des Fehlens der Basisabdichtung liegt eine Grundwasserbeeinträchtigung mit chlorierten Kohlenwasserstoffen vor. Zumindest die Mitverursachung durch die Deponie ist nachgewiesen. Das Monitoring der Grundwasserverunreinigung begann 1989, in dem Jahr, in dem auch die Annahme von Hausmüll auf der Deponie "Am Lemberg" eingestellt wurde und die Deponie "Burghof" bei Vaihingen/Enz die alleinige Entsorgungsfunktion im Landkreis übernahm.

Der Deponie wurde dann nicht die notwendige Aufmerksamkeit gewidmet. Die Verantwortlichen befassten sich in den folgenden Jahren intensiv mit dem Versuch eines großtechnischen Deponierückbaus der Deponie "Burghof". Erst 1998 wurden Arbeiten zur systematischen Erkundung der Gesamtsituation aufgenommen, die unter anderem den Bau einer Oberflächenabdichtung zur Folge hatten. Mit der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Regierungspräsidium Stuttgart (RPS), wurde vereinbart, dass zunächst nur die Plateaufläche gleichwertig zur Regeldichtung nach der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) /1/

abgedichtet werden muss. Frühestens drei Jahre nach Abschluss der Rekultivierungsarbeiten auf der Abdichtung soll dann die Grundwasserverunreinigung neu bewertet werden, um eine Entscheidung zur Erfordernis der Oberflächenabdichtung der Böschungsf lächen zu treffen.

## **2. Planung, Genehmigung und Landesförderung**

Die Planungsarbeiten wurden im März 1999 aufgenommen. Wesentliche Kriterien für das später realisierte Gesamtkonzept waren

- eine möglichst geringe Überhöhung der bereits bis zur Endhöhe verfüllten Deponie;
- die landschaftsgerechte Einbindung der Deponie in das Landschaftsbild mit dem kleinen aber markanten Lemberg-Gipfel;
- die Reduzierung der Verkehrsbelastung in der Ortsdurchfahrt von Poppenweiler, die nicht sinnvoll umfahren werden kann.

Vor diesem Hintergrund entstand die Idee, das erforderliche Mindestgefälle von 5 % (Ziff. 10.4.1.4 b TASI) durch die Anordnung eines Faltdachprofils als Auflage der Abdichtung einzustellen. So wurden an der Deponieoberfläche 6 Dachflächen mit einer Neigung von etwa 12 % geplant, die alle gleichmäßig über eine Strecke von etwa ca. 100-150 m und mit einer Neigung von 1,5 – 7 % nach Norden entwässern.

Nach Festlegung dieser Oberflächengestalt wurde im nächsten Planungsschritt die Kapillarsperre als Dichtungssystem ausgewählt. Wesentliche Kriterien dafür waren

- die Beständigkeit der mineralischen Baustoffe;
- die konkrete Aussicht auf Förderfähigkeit aus den Mitteln des Kommunalen Investitionsfonds des Landes Baden-Württemberg.

Obwohl der Nachweis geführt werden konnte, dass bei 95 % der zu erwartenden Niederschlagsbelastungen (bis zu 1,4 mm/d) die konservativ geschätzte Durchsickerung lediglich 0,5 % betragen würde (d.h. eine Abscheideleistung von etwa 99,5 %) hat das RPS darauf bestanden, das für die Gleichwertigkeit zur TASI-Regeldichtung erforderliche Multibarrierenkonzept umzusetzen. Dies führte unmittelbar dazu, den mineralischen Dichtungsteil durch eine weitere Komponente zu ergänzen. Es geht auf die Beratung der baden-württembergischen Landesanstalt für Umweltschutz zurück, dass in der Planung der gewählte Dichtungsaufbau mit einer BAM-zugelassenen Kunststoffdichtungsbahn unterlegt wurde. Die

Folie übernimmt im Dichtungssystem im wesentlichen die Funktion der Konvektionssperre, da die Deponie nach wie vor entgast. Daneben ist sie die zweite hydraulische Barriere.

Die so ergänzte Planung wurde im April 2000 dem RPS zur abfallrechtlichen Genehmigung nach § 31 Abs. 3 KrW-/AbfG vorgelegt. Nach einer umfangreichen Anhörung von Trägern öffentlicher Belange wurde dem Landkreis Ludwigsburg im Februar 2001 die Genehmigung zum Bau der geplanten Abdichtungsvariante erteilt.

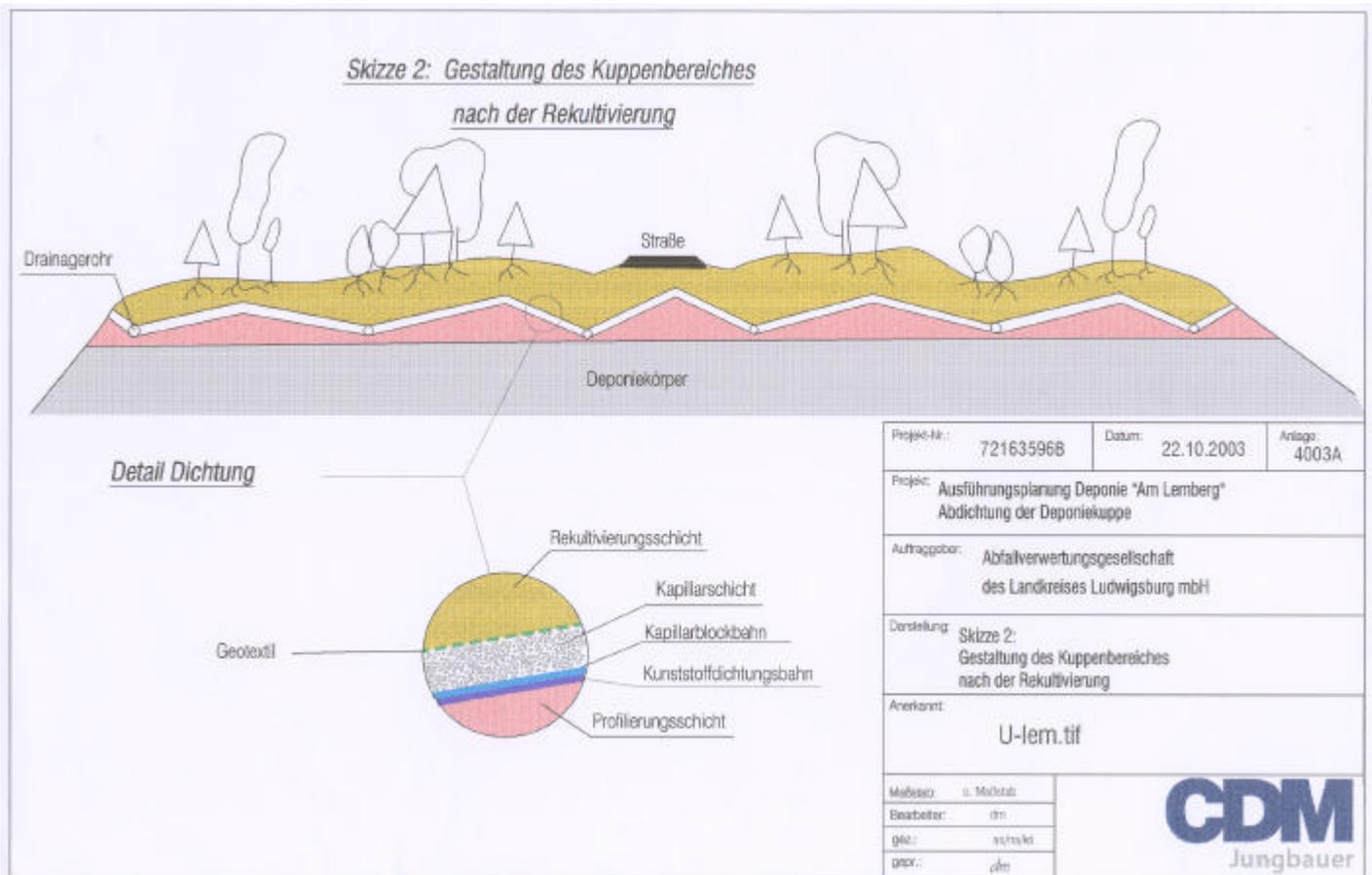
Dem baden-württembergischen Ministerium für Umwelt und Verkehr wurde im Mai 2000 der Antrag auf Förderung aus dem Kommunalen Investitionsfonds übergeben. Das Ministerium hat den Antrag im März 2001 bewilligt. Als innovatives Element hat das Ministerium das Dachprofil als Dichtungsaufleger sowie die Kombination KDB/Kapillarsperre mit unterliegender KDB gewertet. Die Förderung beträgt 30 % der auf diese Elemente entfallenden Kosten oder ungefähr 540.000 €.

### **3. Die Kapillarsperre mit unterliegender Kunststoffdichtungsbahn**

Auf den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise einer Kapillarsperre soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Es wird auf die einschlägige Fachliteratur, insbesondere auf JELINEK /2/, VON DER HUDE U.A. /3/ sowie die im Entwurf vorliegende GDA EMPFEHLUNG E2-33 /4/ verwiesen.

#### **3.1 Dichtungsaufbau im Anwendungsfall auf der Deponie "Am Lemberg"**

Insgesamt wurden auf dem Plateau unter Verwendung von Baurestmassen, Schlacken und Gießereireststoffen sechs gleichförmige Dachflächenelemente profiliert, die auf jeder Fläche ein Mindestgefälle von 12 % aufweisen. In der Mitte zwischen den Dachflächen liegen Dränrohre (PP, -geschlitzt, DN 150), die mit einem durchschnittlichen Gefälle von 3 % nach Norden, zu einer am Rand des Plateaus befindlichen Sammeltransportleitung (PE-HD-Vollrohre, DN 300) entwässern. An den Einmündungspunkten in die Sammelleitung werden Sammel- und Kontrollschächte angeordnet, die es ermöglichen, zukünftig jede einzelne Dränleitung zu kontrollieren und zu spülen. Darüber hinaus kann so auch die Sickerwasserspende von jeweils zueinander geneigten 2 Dachflächen gemessen werden.



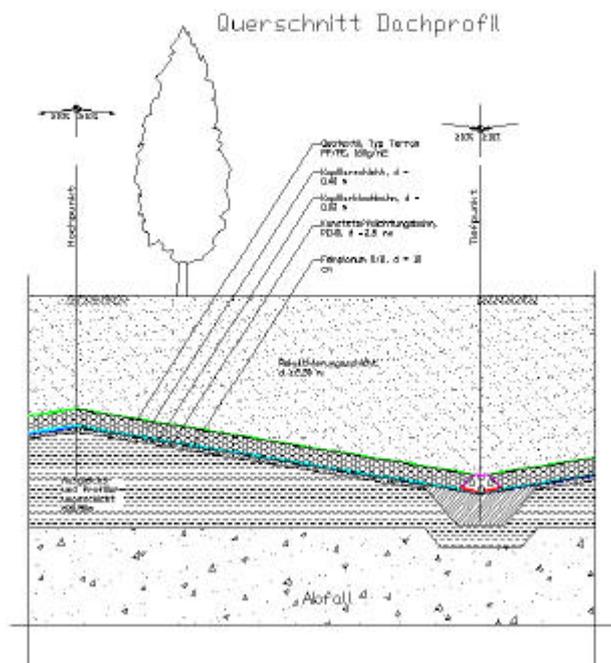
**Abb. 1:** Skizze zum Aufbau der Oberflächenabdichtung der Deponie "Am Lemberg"

Auf die Profilierungsschicht wird eine Feinkornschicht (0/8 mm) in einer Dicke von 0,1 m aufgebracht. Das Feinkorn wurde aus angelieferten Baurestmassen vor Ort ausgesiebt und eingebracht. In wenigen Steiflächen wurde dieses Feinkorn durch 0/8 mm-Muschelkalksplitt ersetzt, um die Standsicherheit zu gewährleisten.

Auf die Feinkornschicht wird die BAM-zugelassene Kunststoffdichtungsbahn PE-HD 2,5 mm aufgelegt, darauf dann die Kapillarbruchschicht aufgebracht. Diese Schicht wird in Form einer Kapillarblockbahn ausgeführt. Hierauf wird in Ziffer 3.4 näher eingegangen. Auf die Kapillarblockbahn wird die Kapillarschicht mit einer Dicke von 0,4 m aus Sanden 0,063/2 mm aufgebracht. Die Abschlagslängen betragen zwischen 25 m bis 34 m. Für die Kapillarschicht wurde bei einer Abschlagslänge von 25 m eine maximale laterale Dränkapazität bis zum Durchbruch von 5,6 mm/m<sup>2</sup> ermittelt.

Die Oberfläche der Kapillarschicht wird nochmals durch ein Geotextil, Typ Terram PP/PE, 160 g/cm<sup>2</sup>, geschützt, bevor der unbelastete Rekultivierungsboden aufgeschüttet wird. Dieses Geotextil übernimmt auch die Aufgabe einer Wasserverteilerschicht zur Vergleichmäßigung des durchsickernden Oberflächenwassers. Um den neuen Bewuchs auf der Fläche

hinreichenden Wurzelraum zu bieten, wird im Einvernehmen mit der Forstbehörde eine Schichtdicke von 2,5 m im Bereich der Dachflächenfirse aufgebracht. Im Bereich der Dachflächentraufen werden sich Schichtstärken  $\gg 2,5$  m ergeben. Hierin ist die Wiederbegründung eines Laubwaldes beabsichtigt. Es steht damit auch ein erhebliches Potential zur Wasserspeicherung zur Verfügung, das auch dafür sorgen wird, dass durchsickerndes Wasser auch bei starken Niederschlägen sehr stark verlangsamt auf der Kapillarschicht ankommen wird.



**Abb. 2:** Querschnitt durch das Dachprofil

In den linienförmigen Bereichen entlang der Dränrohre zwischen den Dachprofilen kann die Kapillardichtung nicht aufgebracht werden. Da an dieser Stelle deshalb ein Abdichtungselement fehlen würde, wird das Rohraufleger der Dränrohre unterhalb der KDB als mineralische Dichtungsschicht mit  $d = 0,5$  m und  $k = 5 \times 10^{-9}$  m/s ausgeführt. Dieses zusätzliche Dichtungselement hat eine Breite von 2,5 m. Damit ist auch in diesem Bereich das Multibarrierenkonzept der TASI gewahrt.

### 3.2 „Gleichwertigkeitsnachweis“ für den Dichtungsaufbau

Der Nachweis der Gleichwertigkeit des Dichtungsaufbaus mit dem Regelaufbau nach Ziffer 10.4.1.4 TASI wurde mit einer Vergleichbarkeitsstudie durch PROF. DR. STEFAN WOHLICH /5/, seinerzeit noch Ludwig-Maximilians-Universität München, geführt.

Grundlage für die Feststellung der Gleichwertigkeit sind die Grundsätze des DEUTSCHEN INSTITUTES FÜR BAUTECHNIK (DIBt) /5/ sowie die Anforderungen, die nach TASI gestellt werden. Die Beurteilungskriterien umfassen die zu erbringenden Leistungen Dichtigkeit, mechanische Widerstandsfähigkeit, Beständigkeit und Herstellbarkeit. Für den Nachweis wurden die zum Zeitpunkt des Gutachtens (März 2000) vorliegenden Erfahrungen aus mehreren Testfeldern und großmaßstäblichen Laborversuchen herangezogen.

Die geforderte Dichtigkeit einer Kapillarsperre ist jedoch abweichend von den DIBt-Grundsätzen nur unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen im Einzelfall nachweisbar. Dies folgt aus dem grundsätzlich unterschiedliche Funktionsprinzip von Regeldichtung und Kapillarsperre. Nach DIBt werden als hydraulische Einwirkungen hydrostatische Aufstauhöhen über der Dichtungsschicht angegeben. Während die Dichtwirkung einer mineralischen Abdichtung auf einer sehr geringen gesättigten Wasserleitfähigkeit beruht, funktioniert eine Kapillarsperre nur unter wasserungesättigten Bedingungen. Ein Wasseraufstau mit der damit einhergehenden Wasserübersättigung führt zwangsläufig zu einem Versagen der Kapillarsperre und darf daher in diesem System zu keinem Zeitpunkt auftreten. Dieses Kriterium eignet sich daher nicht zur Beurteilung des Gesamtsystems. Die Eignungsfeststellung muss deshalb über ein Verfahren erfolgen, das an das System angepasst ist. Hauptkriterien sind dabei die zu erwartende hydraulische Belastung, die Leistungsfähigkeit der gewählten Materialkombination der Kapillarsperre sowie Hangneigung und Abschlagslängen. Der Nachweis wird in einem Großrinnenversuch erbracht, in dem die geplante Kapillarsperre mit den später einzusetzenden Baustoffen im Maßstab 1:1 eingebaut und unter verschiedenen hydraulischen Belastungen getestet wird.

Die mit dem HELP-Modell für die Deponie "Am Lemberg" berechnete hydraulische Belastung wurde mit einer Unterschreitungshäufigkeit von 98 % bei 2,0 mm/d ermittelt und ist damit verhältnismäßig gering. In Kapillarsperren, deren Aufbau vergleichbar der Planung war, wurde eine laterale Dränkapazität von 5,6 mm/d bei einer Hangneigung von 1:10 ermittelt. Die Durchsickerung erreicht dabei einen Anteil von max. 1 % der aufgegebenen Wassermenge.

Da zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Vergleichbarkeitsstudie die AVL die Materialauswahl noch nicht durchgeführt hatte, konnte ein Rinnenversuch zur Bestätigung der Funktionstüchtigkeit und der Dränkapazität des gewählten Aufbaus noch nicht durchgeführt werden. Es wurde deshalb mit dem RPS vereinbart, dass der Rinnenversuch nach der Materialauswahl,

die im Zuge der Ausschreibung erfolgen sollte, durchgeführt und damit der Gleichwertigkeitsnachweis abgeschlossen wird.

Prof. Wohnlich kam in seiner Studie /5/ zusammengefasst zu folgenden Ergebnissen:

Kriterium	TASi-Regelsystem	System "Am Lemberg"
<b>Systemdichtigkeit</b>		
Wasserdurchlässigkeit (KDB nicht berücksichtigt)	ständig: $6,5 \times 10^{-9}$ m/s veränderlich: $8,0 \times 10^{-9}$ m/s	ständig: $8,1 \times 10^{-11}$ m/s veränderlich: $1,4 \times 10^{-10}$ m/s
Gasdichtigkeit (KDB intakt)	gasdicht	gasdicht
<b>Mechanische Widerstandsfähigkeit</b>		
Standsicherheit	für Standort "Am Lemberg" unkritisch	für Standort "Am Lemberg" unkritisch
Verformungssicherheit	stark setzungsempfindlich	wenig setzungsempfindlich
Hydraulische Widerstandsfähigkeit	Erosionsschutz durch Rekultivierungsschicht	Erosionsschutz durch Rekultivierungsschicht, auf Suffosionsbeständigkeit der KS/KBS ist zu achten.
Wassergehaltsänderungen	Gefahr der Rissbildung durch Austrocknung	unempfindlich
<b>Beständigkeit</b>		
Chemische Einwirkungen	keine Beeinträchtigungen	keine Beeinträchtigungen
Biologische Einwirkungen	Verstärkung der Rissbildung durch Wurzeln möglich	bisher keine Beeinträchtigungen bekannt
Temperatureinwirkungen	Gefahr der Rissbildung durch Austrocknung	Geringer Effektivitätsverlust bei nach außen gerichtetem Temperatur-Gradienten
Witterung	nach Einbau witterungsunempfindlich	nach Einbau witterungsunempfindlich
<b>Herstellbarkeit</b>		
Bautechnische Ausführung	aufwändig	relativ einfach, Schichtgrenze muss exakt ausgeführt werden
Anforderungen an Baustoffe	mineralische Dichtung: gute Verdichtbarkeit KDB: Zulassung/Ü-Siegel	Kapillarsperre: steile Sieblinien, Filterstabilität KDB: Zulassung/Ü-Siegel
Witterungsabhängigkeit (Einbau)	stark witterungsabhängig	kaum witterungsabhängig
Qualitätssicherung	aufwändig	einfach (Kapillarsperre)
Materialverfügbarkeit	KDB: verschiedene Anbieter min. Dichtung: aufwändig, wenn nicht ortsnah verfügbar	KDB: verschiedene Anbieter Kapillarsperre: Materialien oft ortsnah verfügbar

**Tab.1:** Zusammenfassung der Ergebnisse der Vergleichbarkeitsstudie /5/.

Generell erbringt der für die Deponie "Am Lemberg" gewählte Dichtungsaufbau KDB + Kapillarsperre eine dem TASI-Regelsystem mindestens gleichwertige Leistung. Besonders hinsichtlich der Langzeitstabilität sowie der Herstellbarkeit weist die Kapillarsperre nach dem seinerzeitigen Wissenstand Vorteile gegenüber dem Regelsystem auf.

### **3.3 Großrinnenversuch zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit**

Im Zuge der Ausschreibung des 2. Bauabschnittes wurde auch die Lieferung des Kapillarsperrenmaterials angefragt. Während die Planung einen Kapillarblock mit  $d = 0,2$  m in einer an die Kapillarschicht angepassten Körnung vorsah, wurde von der später auch beauftragten ARGE „OFA Lemberg“ der Einsatz einer Kapillarblockbahn (KBB) als Nebenangebot vorgelegt. Die technische Gleichwertigkeit des Nebenangebotes war für die AVL dann gegeben, wenn im Großrinnenversuch die grundsätzliche Eignung des Dichtungsaufbaus mit der KBB nachgewiesen werden würde. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten entschied sich die AVL dafür, den Großrinnenversuch direkt mit der KBB durchzuführen.

Für die Versuchsdurchführung wurden im Herbst 2002 die Institute der Ruhr-Universität Bochum, der TU Darmstadt und der Universität Hamburg-Harburg angefragt. Nach kaufmännischer Würdigung der Angebote und zur Fortführung der sehr konstruktiven Zusammenarbeit mit Prof. Wohnlich wurde dessen Arbeitsgruppe an der Ruhr-Universität Bochum mit der Durchführung beauftragt /7/. Der Versuch wurde zur Jahreswende 2002/03 über einen Zeitraum von 8 Wochen durchgeführt.

Die Versuchsanlage besteht aus der Versuchsrinne mit einer Länge von 6,0 m, einer Breite von 0,6 m und einer Tiefe von 1,0 m sowie einer Beregnungsanlage zur Simulation der hydraulischen Belastung. Die Hangneigung beim durchgeführten Versuch betrug 1:10, was den örtlichen Verhältnissen der Deponie "Am Lemberg" in den flachsten Bereichen unter Berücksichtigung möglicher Setzungen entsprach. Der Versuchsaufbau simulierte damit die Verhältnisse, wie sie in den untersten 6 m des Gesamthanges herrschen.

Eine Trennwand im Stirnbereich der Rinne ermöglichte die getrennte Ableitung und quantitative Bestimmung der Abflüsse aus der Kapillarschicht und der KBB. Das eingesetzte Messsystem ermöglichte eine Messauflösung von 3,7 ml. Ein Datenlogger registrierte die Messimpulse.

Die im Versuch verwendeten Materialien, Sand und Kies, entsprachen den geplanten Baustoffen. Das Material der KBB wurde jedoch nicht – wie auf der Baustelle – als vorkonfektio-

nierte Ware verwendet. Es kam „nur“ das darin befindliche rollige Schüttgutmaterial, ein Kies 2/5 mm, in der Mächtigkeit von  $d = 2$  cm zum Einsatz. Es sollte damit der Zersetzungsprozess der Kunststoffumhüllung der KBB vorweg genommen und die erst langfristig zu erwartende Situation simuliert werden.

Ziel des Versuches war es, die laterale Dränkapazität der Materialkombination zu bestimmen. Es war also die maximale Wassermenge zu ermitteln, die in der Kapillarschicht lateral abgeführt werden kann, ohne dass es zu einem Wasserdurchbruch in die KBB kommt. Dazu wurde die hydraulische Belastung der Kapillarsperre stufenweise erhöht, bis es zu einem signifikanten Versagen des Systems kam. Nach diesem Ereignis wurde die Belastung wieder stufenweise reduziert, um Informationen über die Regenerationszeit der Kapillarsperre zu bekommen. Zur Prüfung der Filterstabilität wurde nach Versuchsende an zwei Profilen der Rinne Aufgrabungen durchgeführt.

Als Ergebnis des achtwöchigen Versuches kann festgehalten werden, dass es erst beim Überschreiten eines Grenzwertes von  $4,9 \text{ mm/m}^2$  zu einem begrenzten Wasserübertritt von der Kapillarschicht in die Kapillarbruchschicht und damit zum Auftreten eines Basisabflusses kommt. Die maximale laterale Dränkapazität der Kapillarschicht beträgt bei 25 m Abschlagslänge  $5,6 \text{ mm/m}^2$ , bis es zu einem Wasserdurchbruch kommt. Aufgrund der maximal zu erwartenden hydraulischen Belastung von  $2,4 \text{ mm/m}^2$  ist bei der geplanten Dimensionierung der Kapillarsperre eine ausreichende Reserve vorhanden.

Bei den Ausgrabungen wurde überprüft, ob es während der vorangegangenen hydraulischen Belastungen und auch gezielten Überlastungen der Kapillarsperre zu Ausspülungen von Sand aus der Kapillarschicht in die Kapillarbruchschicht kam. Ziel war die Überprüfung der Filterstabilität der Materialkombination, da beim Versuch auf den Einbau eines Geotextils zur einwandfreien Trennung beider Materialien verzichtet worden war, um die vollständige Zersetzung nichtmineralischer Komponenten im Systemaufbau zu simulieren.

An beiden Profilen konnten keinerlei Sandeinspülungen in die Kapillarbruchschicht festgestellt werden. Die Schichtgrenze zeigte auch zum Abschluss des Versuches eine exakte Trennung der beiden Materialien.

Prof. Wohnlich kam in seiner Beurteilung zu dem Ergebnis, dass die untersuchte Materialkombination eine gute Kapillarsperrenfunktion hat. Die laterale Dränkapazität bietet eine Reserve von rund 100 % und auch die Filterstabilität ist gegeben. Aufgrund dieser Beurteilung gab das RPS die Freigabe für die Verwendung der ausgewählten Materialien.

### 3.4 Einsatz der Kapillarblockbahn

Auf das Nebenangebot über die Lieferung und Verlegung einer KBB konnte nach den positiven Ergebnissen des Großrinnenversuchs der Zuschlag erteilt werden.

Lieferant der KBB ist die Fa. Gebrüder Friedrich GmbH, Salzgitter. Die werkseitig hergestellte KBB besteht aus einem beidseitig beschichteten PEHD-Doppelabstandsgewebe, mit einer Füllung aus Feinkies 2/5 mm und einer mittleren Dicke von  $d = 2$  cm. Das Flächengewicht beträgt etwa  $30 \text{ kg/m}^2$ .

Die Länge der vorkonfektionierten Bahnen richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen auf der Deponie "Am Lemberg" und ergibt sich aus dem KBB-Verlegeplan. Die Bahnenbreite beträgt 2,1 m. Die Längskanten sind keilförmig ausgebildet, um einen optimalen Überlappungsbereich ohne Aufkantung zu erhalten. Die Auslaufbreite und damit auch der Überlappungsbereich beträgt 0,2 m. Die Produktion und die eingesetzten Materialien unterliegen einem Qualitätsmanagement, das eine gleichbleibende Fertigungsqualität sicherstellt. Die Ergebnisse der Eigenüberwachung werden mit den spezifischen Produktionsdaten jeder Rolle in einem Werksprüfungszeugnis dokumentiert. Die einzelnen Rollen sind fortlaufend so gekennzeichnet, dass eine exakte Zuordnung sichergestellt ist. Mit Lieferung der Rollenware zur Deponiebaustelle wird ein Lieferschein mit Rollenanzahl, -nummer und Bahnenlänge sowie das Werksprüfungszeugnis mit dem Schichtdickenmessprotokoll übergeben.

Das umfassende werkseitige Qualitätsmanagement des Lieferanten reduziert den Aufwand der baustellenseitigen Qualitätssicherung beim Einbau der Kapillarbruchschiicht. Die KBB wird auf einer Fläche von rund 4,4 ha ausgelegt. Bei der geringen Schichtdicke wird gerade einmal eine Menge von  $880 \text{ m}^3$  Kies eingesetzt. Es wird deshalb im Zuge der Fremdüberwachung der Kapillarbruchschiicht nur eine Untersuchung des Kieses hinsichtlich der Kornverteilung und der Schadstoffbelastung durchgeführt.

Auf der Baustelle werden die Transportfahrzeuge mit Bagger mit entsprechender Ausrüstung entladen. Das Ausrollen erfolgt mit einem Langstielbagger mit Traverse. Die Blockbahnen werden auf den Dachflächen nicht in Fallrichtung, sondern in einem  $45^\circ$ -Winkel dazu verlegt. Die Verlegung wird so vorgenommen, dass die obere Bahn die untere dachziegelartig überlappt. Die Blockbahnen haben an den Überlappungsbereichen einen eingewebten farbigen Streifen, der im sonst weißen Gewebe deutlich erkennbar ist. Dies ermöglicht auch unter Baustellenbedingungen eine korrekte Verlegung des Überlappungsbereiches. Das Gewicht der Bahnen ist nicht zu groß, so dass Bahnen mit nicht ordnungsgemäß überlappenden

Randbereichen nach dem Ausrollen noch manuell zurecht gerückt werden können. Die korrekte Verlegung ist Teil der Überwachungsaufgaben des Fremdüberwachers.

Im Bereich von Durchdringungen, hier insbesondere durch Deponiegasdome und Kontrollschächte, wird die KBB aufgeschnitten und mit einer Handnähmaschine wieder vernäht. Durch diese einfache Methode kann die KBB an die unterschiedlichsten Geometrien des Dachflächenprofils angepasst werden. Insgesamt ist eine relativ witterungsunabhängige und zügige Verlegung auf der Baustelle möglich.

Das Befahren der KBB mit Baugerät oder Fahrzeugen ist nicht gestattet. Oberhalb der KBB wird der Sand der Kapillarschicht deshalb im Vor-Kopf-Verfahren aufgebracht. Diese Bauphase entspricht dann wieder den Abläufen beim Aufbau einer konventionellen Kapillarsperre, jedoch treten nicht die Behinderungen durch eine mögliche Vermischung von Sand und Kies infolge der Bautätigkeit auf, die auch zu dauernden Prüfaufwand führen würden.

Der Einsatz der KBB auf der Deponie "Am Lemberg" hat für das Bauprojekt verschiedene Vorteile gebracht:

- Es steht ein definiertes und werkseitig qualitätsgesichertes Produkt zur Verfügung.
- Baustellenseitig reduziert sich der Prüfungsaufwand für dieses Bauteil der Dichtung.
- Die Verlegearbeiten gehen rasch vor sich und sind relativ witterungsunabhängig.
- Durch die reduzierte Kapillarbruchschicht wird weniger Kies benötigt und damit natürliche Ressourcen geschont.
- Die Verlegung der KBB auf der empfindlichen KDB reduziert das Risiko von Beschädigungen der KDB durch den Bauablauf.
- Im Anwendungsfall konnten 7.900 m<sup>3</sup> zusätzliches Ablagerungsvolumen genutzt werden.

#### **4. Ergebnisse der Ausschreibungen**

Die Baumaßnahme wurde wegen der erheblichen Dauer, die insbesondere für die zunächst erforderliche Profilierung mit rund 250.000 t Baurestmassen und den späteren Auftrag von ca. 235.000 t unbelasteten Bodenaushub absehbar war, in zwei Bauabschnitte unterteilt:

- Bauabschnitt 1      Planie und Profilierung
- Bauabschnitt 2      Abdichtung, Entgasungssystem, Rekultivierung

An der ersten öffentlichen Ausschreibung nahmen 12 Unternehmen und zwei Bietergemeinschaften, an der zweiten öffentlichen Ausschreibung 8 Unternehmen und eine Bietergemeinschaft teil. Der Zuschlag konnte jeweils auf den günstigsten Anbieter erteilt werden. Kalkulatorisches Können auf der Anbieterseite und Glück auf Seiten der AVL führten dazu, dass beide Bauabschnitte an die gleiche Arbeitsgemeinschaft vergeben werden konnte, so dass es weder zwischen den Bauabschnitten noch bei der Lieferung des Kapillarsperrenmaterials zu Schnittstellen im Bauablauf kommt.

Im Zuge der Ausschreibung wurden für die Bauteile der Abdichtung folgende Einheitspreise angeboten:

- Kunststoffdichtungsbahn, BAM-geprüft, 2,5 mm, glatt,  
liefern und verlegen (44.000 m<sup>2</sup>) 8,82 – 11,92 €/m<sup>2</sup>
- Kapillarbruchschicht, liefern und einbauen (8.800 m<sup>3</sup>) 17,58 – 33,87 €/m<sup>3</sup>
- Kapillarschicht, liefern und einbauen (17.600 m<sup>3</sup>) 16,83 – 43,17 €/m<sup>3</sup>

Die Angabe eines Einheitspreises für die KBB ist nicht aussagekräftig, da der Anbieter hier Einnahmen aus der weiteren Verfüllung des gewonnenen Ablagerungsvolumens einkalkuliert hat, so dass nur Daten aus einer Mischkalkulation vorliegen. Insgesamt war diese Variante jedoch kostengünstiger als der Einbau der konventionellen Kapillarbruchschicht.

## 5. Beteiligte Unternehmen und Institutionen

Bauherr	Abfallverwertungsgesellschaft des Landkr. Ludwigsburg mbH
Planung	CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart
Gleichwertigkeitsgutachten	Prof. Dr. Wohnlich, LMU München
Großrinnenversuch	Prof. Dr. Wohnlich, Ruhr-Universität Bochum
Genehmigung	Regierungspräsidium Stuttgart, Referat Abfallwirtschaft
Fachtechnische Aufsicht	Gewerbeaufsichtsamt Stuttgart
Bauleitung	CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart
SiGeKo	CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart
Eigenüberwachung	CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart
Fremdüberwachung	Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda & Partner, Karlsruhe

Bauausführung ARGE „OFA Lemberg“  
o Hermann Stumpp GmbH & Co. KG, Stuttgart  
o Ecosoil Sanierung GmbH, Ulm

Wesentliche Lieferanten

Kunststoffdichtungsbahn G<sup>2</sup> Geokunststoffgesellschaft GmbH, Krefeld

Kapillarblockbahn Gebrüder Friedrich GmbH, Salzgitter

Kapillarsand Karl Epple, Werk Seltz

Akquise der Baurestmassen ARGE „OFA Lemberg“ i. Z. m. der AVL

Akquise des Rekubodens ARGE „OFA Lemberg“ i. Z. m. der AVL

## Literatur

- /1/ DRITTE ALLGEMEINE VERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUM ABFALLGESETZ; Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TA Siedlungsabfall), 14. Mai 1993, BAnz. S. 4967 und Beilage.
- /2/ JELINEK; Die Kapillarsperre als Oberflächenbarriere für Deponien und Altlasten – Langzeitstudien und praktische Erfahrungen in Feldversuchen; Dissertation an der TU Darmstadt, 1996.
- /3/ VON DER HUDE, MENKE, MÖCKEL; Testfeldergebnisse der konventionellen Kapillarsperre und der Kapillarblockbahn im Oberflächenabdichtungssystem der Deponie Breiner Moor, in Beiträge zum 11. Karlsruher Deponie- und Altlastenseminar am 10. und 11. Oktober 2001; Herausgeber Burkhardt, Czurda, Egloffstein; Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2001.
- /4/ GDA-EMPFEHLUNGEN; <http://www.gdaempfehlungen.de>; in der Rubrik Downloads.
- /5/ WOHNLICH; Deponie „Am Lemberg“, Vergleichbarkeitsstudie zur geplanten Oberflächenabdichtung im Kuppenbereich; Gutachten im Auftrag der AVL; München, 13.03.2000.
- /6/ DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (DIBt); Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen; Berlin, 1995.
- /7/ WOHNLICH; Deponie „Am Lemberg“, Untersuchungsbericht zum Großrinnenversuch; Gutachten im Auftrag der AVL; Bochum, 24.02.2003.