

Ergebnisse des Status-Workshops
„Anforderungen an Deponie-
Oberflächenabdichtungssysteme“

Hans-Günter Ramke, Karl Josef Witt, Wolfgang Bräcker,
Michael Tiedt, Horst Düllmann, Stefan Melchior

Ergebnisbericht zum Status-Workshop

Anforderungen an Deponie-Oberflächenabdichtungssysteme

Fachhochschule Lippe und Höxter, Abteilung Höxter
30. November/01. Dezember 2006

veranstaltet vom
Arbeitskreis 6.1 - Geotechnik der Deponiebauwerke
der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik

und dem
Fachgebiet Abfallwirtschaft und Deponietechnik
Fachbereich Technischer Umweltschutz
Abteilung Höxter der Fachhochschule Lippe und Höxter

Die Publikation erscheint im Tagungsband zum Workshop:

Anforderungen an Deponie-Oberflächenabdichtungssysteme

Herausgeber: Hans-Günter Ramke, Karl Josef Witt,
Wolfgang Bräcker, Michael Tiedt

Höxteraner Berichte zu angewandten Umweltwissenschaften,
Band 6 (in Vorbereitung)

Eigenverlag: Fachbereich 8 (Technischer Umweltschutz)
und Fachbereich 9 (Landschaftsarchitektur und Umweltplanung)
der Fachhochschule Lippe und Höxter, Abteilung Höxter
An der Wilhelmshöhe 44, 37671 Höxter
www.fh-hoexter.de

Ergebnisse des Status-Workshops „Anforderungen an Deponie-Oberflächenabdichtungssysteme“

Hans-Günter Ramke, Karl Josef Witt, Wolfgang Bräcker,
Michael Tiedt, Horst Düllmann, Stefan Melchior

1 Zielsetzung und Ablauf des Status-Workshops

Mit der im Jahre 2006 begonnenen Überarbeitung und Zusammenführung des untergesetzlichen Regelwerkes im Bereich der Deponietechnik eröffnet sich die Möglichkeit, die bundesweiten Regelungen zur Gestaltung und Ausführung von Oberflächenabdichtungssystemen an den Stand der Technik anzupassen.

In den letzten Jahren wurden sowohl mit den konventionellen Abdichtungssystemen und -komponenten (tonmineralische Oberflächenabdichtung und Kombinationsabdichtung) als auch mit zahlreichen Alternativen umfangreiche theoretische und praktische Erfahrungen gesammelt. Etliche der alternativen Komponenten und Systeme haben mittlerweile eine Zulassung oder „offizielle Anerkennung“ (LAGA, GDA-Empfehlungen) erfahren, während an der Langzeitwirksamkeit der „Regelabdichtungssysteme“ Zweifel laut geworden sind.

Um diese aktuellen Erkenntnisse für den Entwurf der neuen Deponieverordnung aufzubereiten und um Betreibern, Planern und Behörden Werkzeuge für die Auswahl, Planung und Genehmigung von Oberflächenabdichtungssystemen an die Hand zu geben, wurde vom Arbeitskreis 6.1 „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der DGGT (Deutsche Gesellschaft für Geotechnik) am 30. November/1. Dezember 2006 am Standort Höxter der FH Lippe und Höxter ein Status-Workshop veranstaltet, der sich ausschließlich mit den Abdichtungskomponenten in Oberflächenabdichtungssystemen befasste.

Mit dem Status-Workshop wurden zwei Ziele verfolgt:

1. Erstellung einer systematischen Übersicht über die vorliegenden Erfahrungen mit grundsätzlich genehmigungsfähigen Oberflächenabdichtungen
2. Diskussion der Einsetzbarkeit dieser Systeme und der Anforderungen an Nachweise der Systemwirksamkeit und Eignungsprüfungen

Die Einladung richtete sich an Mitglieder der Fachausschüsse der DGGT, der DWA, des VKS, der LAGA sowie an Forschungsgruppen und Ingenieurbüros mit spezifischen Erfahrungen auf diesem Gebiet. Etwa 80 Fachleute aus ganz Deutschland haben an dem Status-Workshop teilgenommen.

In der Tabelle 1 sind die Organisatoren und Moderatoren des Status-Workshops aufgeführt.

Tabelle 1: Wissenschaftliche Leitung und Moderatoren des Status-Workshops

Prof. Dr.-Ing. Hans-Günter Ramke	Obmann der Arbeitsgruppe „Oberflächenabdichtungssysteme“ des AK 6.1 der DGGT Fachhochschule Lippe und Höxter, Abteilung Höxter
Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt	Obmann des AK 6.1 „Geotechnik der Deponiebauwerk“ der DGGT Bauhaus-Universität Weimar, Geotechnik Weimar
Dipl.-Ing. Wolfgang Bräcker	Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim - Zentrale Unterstützungsstelle Abfallwirtschaft und Gentechnik (Leiter der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“)
Dr. Michael Tiedt	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen (heute: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW)
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann	Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann, Aachen
Dr. habil. Stefan Melchior	melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft, Hamburg

Am ersten Tag des Status-Workshops wurden insgesamt 19 Tagungsbeiträge präsentiert. Bei dieser umfassenden Übersicht über Oberflächenabdichtungssysteme und -komponenten wurden „zugelassene Systeme“ nach gleichem Schema vorgestellt und die jeweiligen technischen Anforderungen an die Planung, die Ausführung, das Qualitätsmanagement und die Prüfverfahren spezifiziert. In der Tabelle 2 sind die Autoren und ihre Beiträge zusammengestellt.

Am zweiten Tag erfolgte mit allen Teilnehmern eine Grundsatzdiskussion über die Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme und generelle Fragen der Deponiestilllegung, danach wurden die Diskussionen in zwei parallelen Workshops thematisch vertieft:

- Workshop 1: Grundsätzliche Eignung von Komponenten und Systemen für die Oberflächenabdichtung verschiedener Deponieklassen
Leitung: Prof. Dr.-Ing. H.-G. Ramke, Dr. M. Tiedt, Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann
- Workshop 2: Anforderungen an Nachweise der Systemwirksamkeit und an Eignungsprüfungen
Leitung: Prof. Dr.-Ing. K. J. Witt, Dipl.-Ing. W. Bräcker, Dr. habil. St. Melchior

Zum Abschluss wurden die Workshop-Ergebnisse im Plenum vorgetragen. Mit dem hier vorliegenden Ergebnisbericht der Organisatoren und Moderatoren des Workshops soll versucht werden, den Ablauf des Workshops widerzuspiegeln und die wesentlichen Ergebnisse zusammenzufassen.

Tabelle 2: Übersicht über die Beiträge zum Status-Workshop

		Einführungsvorträge
1	<i>K. Wagner</i>	Mögliche Entwicklungen der Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme aus der Sicht des Bundes (mündlicher Vortrag)
2	<i>K. J. Witt</i>	Überlegungen zu geotechnischen Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme
3	<i>W. Bräcker</i>	Mögliche Entwicklungen der Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme aus der Sicht der LAGA Ad-hoc-AG "Deponietechnische Vollzugsfragen"
4	<i>B. Schulte</i>	Vorstellungen der Deponiebetreiber zu künftigen Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme
	Themenblock 1:	Systeme mit Kunststoffdichtungsbahnen
5	<i>K. Albers, W. Müller</i>	Kunststoffdichtungsbahnen als Abdichtungselement in Oberflächenabdichtungssystemen
6	<i>U. Henken-Mellies</i>	Kombinationsabdichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen
7.1	<i>U. Sehrbrock</i>	Kombi-Kapillardichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen
7.2	<i>Chr. Daehn</i>	Stand der Eignungsbeurteilung der Kombikapillarsperre durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“
8	<i>A. Rödel, S. Schwöbken, Chr. Witolla</i>	Kunststoffdichtungen mit Leckageortung in Oberflächenabdichtungssystemen
	Themenblock 2:	Tonmineralische Abdichtungen
9	<i>K. J. Witt</i>	Tonmineralische Abdichtungselemente in Oberflächenabdichtungssystemen
10	<i>P. Schick, E. Gartung</i>	Gemischtkörnige Abdichtungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen
11	<i>E. Reuter</i>	Bentonitmatten als Abdichtungselement in Oberflächenabdichtungssystemen
12	<i>H. Didik, W. Behrens</i>	Polymervergütete Abdichtungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen – TRISOPLAST® als Komponente zur Gestaltung von mineralischen Oberflächenabdichtungssystemen auf Deponien
	Themenblock 3:	Sonstige Systeme und Komponenten
13	<i>Th. Egloffstein, G. Burkhardt</i>	Asphaltabdichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen
14	<i>St. Melchior, D. Jelinek</i>	Kapillarsperren in Oberflächenabdichtungssystemen
15.1	<i>U. Stock</i>	Reststoffdichtungen aus mineralischen Stoffen – Überblick
15.2	<i>K.-J. Arlt, N. Wolsfeld</i>	Abdichtungen aus kornabgestuften Mineralstoffen – hier: der Stahlindustrie
16.1	<i>H. Düllmann</i>	Wasserglasvergütete Dichtungskomponenten in Oberflächenabdichtungen von Deponien
16.2	<i>J. U. Kügler, P. Belouschek</i>	Wiederverwertung von Klärschlamm zur Oberflächen-sicherung von Deponien nach der HYDROSTAB®-Technologie

2 Übersicht über Abdichtungssysteme und -komponenten

2.1 Bewertung der bisherigen Regelabdichtungssysteme

Die DEPONIEVERORDNUNG gibt direkt und indirekt durch die Bezüge auf die TA ABFALL und TA SIEDLUNGSABFALL den Standard der Oberflächenabdichtung durch so genannte „Regelabdichtungssysteme“ für die Deponieklassen I bis III vor.

Das Regelabdichtungssystem für Deponien der Klasse I ist ein Oberflächenabdichtungssystem mit einer tonmineralischen Abdichtungskomponente. Die wissenschaftlichen Untersuchungen und Erfahrungen der letzten Dekade haben jedoch gezeigt, dass tonmineralische Abdichtungsschichten anfällig sind (RAMKE ET AL., 2002):

- Kapillarer Aufstieg, konvektiver Wasserdampftransport und Durchwurzelung können zur Austrocknung der mineralischen Abdichtung führen.
- Die Folge können irreversible Trockenrisse sein, die die Abdichtung unwirksam werden lassen.

Von WITT, 2006 wurde der aktuelle Kenntnisstand zusammengefasst. Insbesondere tonmineralische Abdichtungen mit einem hohen Anteil plastischer Tone, die auf dem nassen Ast der PROCTOR-Kurve eingebaut werden, sind rissgefährdet. Es ist deshalb in Fachkreisen unstrittig, dass das Regelabdichtungssystem für Deponien der Deponiekategorie I revidiert werden muss.

Mit den folgenden Maßnahmen kann die Lebensdauer der mineralischen Abdichtungen verlängert werden (siehe WITT, 2006):

- Verwendung von leicht- bis mittelplastischen Böden oder gemischtkörnigen Bodenmaterialien
- Einbau unterhalb des optimalen Wassergehalts der PROCTOR-Kurve
- Schutz der Abdichtung durch eine mächtigere Rekultivierungsschicht mit einem hohen Wasserspeichervermögen
- Einbau einer Wurzelsperre oberhalb der Entwässerungsschicht
- zusätzlicher Schutz der mineralischen Abdichtung durch eine Sandschicht oder ein Vlies, keine unmittelbare Auflagerung der Entwässerungsschicht
- keine Verwendung von groben Dränmaterialien wie Kies der Körnung 16/32

Die Schutzwirkung des Systems muss im gesamten Lebenszyklus garantieren, dass keine unverträglichen Wassergehaltsschwankungen auftreten. Es muss jedoch betont werden, dass bisher keine Bemessungsregeln für Oberflächenabdichtungssysteme bestehen, die die Entstehung von Trockenrissen in einer tonmineralischen Abdichtung nachweislich ausschließen.

Damit stellt sich künftig die Frage, unter welchen Randbedingungen und für welche Deponieklassen bzw. Deponietypen tonmineralische Abdichtungskomponenten noch einsetzbar sind. Eine Revision des bisherigen Regelabdichtungssystems der Deponiekategorie I - mindestens in Hinblick auf die technischen Anforderungen - war für alle Teilnehmer des Status-Workshops zwingend.

Die Wirkungsweise von Kombinationsabdichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen und die vorliegenden Erkenntnisse mit diesem System wurden von HENKEN-MELLIES, 2006 erläutert und bewertet. Die Kombinationsabdichtung, bestehend aus einer tonmineralischen Abdichtungsschicht mit darauf aufliegender Kunststoffdichtungsbahn, ist Bestandteil des Regelabdichtungssystems für die Oberflächenabdichtung von Deponien der Deponiekategorien II und III.

In der Kombinationsabdichtung übernimmt die Kunststoffdichtungsbahn mehrere Funktionen:

- Konvektionssperre gegenüber eindringendem Niederschlagswasser
- Konvektionssperre gegenüber austretendem Deponiegas
- Schutz der mineralischen Abdichtungsschicht vor Austrocknung
- Schutz der mineralischen Abdichtungsschicht vor biologischer Aktivität (Durchwurzelung, Wühltätigkeit von Tieren)

Die mineralische Abdichtungskomponente hat zunächst die Funktion, im Verbund bei etwaigen kleinen Leckagen der Kunststoffdichtungsbahn den Wasserdurchtritt zu begrenzen. Auf lange Sicht (Zeitraum \gg 100 Jahre), wenn die Kunststoffdichtungsbahn unwirksam geworden ist, soll die mineralische Abdichtungskomponente eine dauerhafte Abdichtungsfunktion erfüllen. Mit dem Versagen der Kunststoffdichtungsbahn entfällt aber auch die Funktion als Wurzelsperre, und die mineralische Komponente ist partiell möglicherweise den gleichen Einwirkungen ausgesetzt wie eine einzelne mineralische Abdichtungsschicht im Regelsystem für die DK I (HENKEN-MELLIES, 2006).

Die mineralische Abdichtungskomponente unterliegt dadurch, dass sie während der Funktionsfähigkeit der KDB vor Wasserzutritt abgeschirmt wird, außerdem dem Risiko des Wasserentzugs infolge temperaturinduzierten Wassertransports. Bei einem überwiegend abwärts gerichteten Temperaturgradienten (wenn die Abdichtungskomponente an der Deponieoberfläche wärmer ist als der Deponiekörper) können mittel- bis langfristig Trockenrisse entstehen.

HENKEN-MELLIES, 2006 kommt zu dem Schluss, dass die Kombinationsabdichtung in der bisherigen Form, wie sie als Regelabdichtungssystem vorgegeben wird, nicht geeignet ist, langfristig, d.h. nennenswert über die Funktionsdauer der Kunststoffdichtungsbahn hinaus, das Einsickern von Wasser in den Deponiekörper zu verhindern, weil die mineralische Komponente in Form einer tonmineralischen Abdichtungsschicht mit hohem Feinkornanteil schrumpfrissanfällig und austrocknungsgefährdet ist.

Dieser kritischen Bewertung des „Regelabdichtungssystem“ für Deponien der Deponieklasse II und III schlossen sich die Teilnehmer des Status-Workshops durchgängig an.

2.2 Konventionelle und alternative Abdichtungssysteme und -komponenten

In den letzten beiden Jahrzehnten wurden in Deutschland umfangreiche praktische und wissenschaftliche Erfahrungen mit Oberflächenabdichtungssystemen gesammelt. Der erreichte Standard kann im globalen Vergleich als sehr hoch bezeichnet werden, die Mechanismen der Prüfung und Zulassung von Systemen und Komponenten sind etabliert.

In den schriftlichen Beiträgen und Vorträgen zum Status-Workshop wurde eine ausführliche Übersicht über die konventionellen und alternativen Abdichtungssysteme und -komponenten gegeben. Besonderer Wert wurde dabei auf eine dezidierte Darstellung der vorliegenden Erkenntnisse zum Langzeitverhalten der Abdichtungskomponenten und der Methoden der Eignungsprüfungen gelegt. Daneben enthalten die meisten Beiträge detaillierte Hinweise auf zu beachtende Planungsgrundsätze und zur Herstellung der Abdichtungen.

Ergänzt werden die Beiträge durch die Angabe der vorliegenden Zulassungen, Eignungsbeurteilungen und Regelwerke der wissenschaftlich-technischen Vereinigungen. Die Tabelle 3 gibt eine diesbezügliche Übersicht für die konventionellen und alternativen Oberflächenabdichtungen.

Produktabhängige Eignungsprüfungen und Zulassungen von Abdichtungskomponenten wurden und werden von verschiedenen Stellen vorgenommen.

Die BUNDESANSTALT FÜR MATERIALFORSCHUNG UND PRÜFUNG, Berlin (BAM) ist die einzige Prüfinstitution in Deutschland, bei der eine Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für den Einsatz in Abdichtungssystemen von Deponien gemäß DEPONIEVERORDNUNG erfolgen kann. Die BAM hat sehr frühzeitig einen hohen Prüfstandard etabliert, der auch die Untersuchungen der Langzeitbeständigkeit der Geokunststoffe einschließt.

Vom DEUTSCHEN INSTITUT FÜR BAUTECHNIK, Berlin (DIBt) wurden Mitte der neunziger Jahre weitere Zulassungen für Abdichtungskomponenten erteilt. Das DIBt musste seine Zulassungstätigkeit in diesem Bereich jedoch einstellen, weil hierüber kein Konsens mit den für den Vollzug des Abfallrechts zuständigen Bundesländern erzielt werden konnte. Die erteilten Zulassungen sind ausgelaufen.

Um weitere projektunabhängige Eignungsprüfungen für alternative Abdichtungssysteme oder -komponenten vornehmen zu können, wurde auf Beschluss der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) die Einrichtung einer Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ („Ad-hoc-AG“) beschlossen. Von dieser Ad-hoc-AG wurden Grundsätze für die Eignungsbeurteilung unter Verwendung von Abfällen

hergestellter mineralischer Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien erstellt und eine Eignungsbeurteilung abgeschlossen. Vier Anträge zur Eignungsbeurteilung befinden sich zurzeit noch in Bearbeitung.

Tabelle 3: Übersicht über Zulassungen, Eignungsbeurteilungen und Regelwerke konventioneller und alternativer Oberflächenabdichtungen

Abdichtungskomponente/-system	Zulassung/Eignungsbeurteilung/ Arbeitsblatt/sonstige Standards
Systeme mit Kunststoffdichtungsbahnen	
Kunststoffdichtungsbahnen	BAM-Zulassung
Kombinationsabdichtungen	GDA-Empfehlungen
Kombikapillarsperre	Eignungsbeurteilung durch LAGA Ad-hoc-AG in Bearbeitung
Dichtungskontrollsysteme für Kunststoffdichtungsbahnen	BAM-Eignungsgutachten
Tonmineralische Abdichtungen	
Mineralische Abdichtungsschichten	GDA-Empfehlungen
Gemischtkörnige Abdichtungsschichten	DIBt-Zulassungen, 2003 abgelaufen
Bentonitmatten	GDA-Empfehlung E 2-36, Eignungsbeurteilung durch LAGA Ad-hoc-AG in Bearbeitung, DIBt-Zulassungen für Deponieklasse I 2002 bzw. 2003 abgelaufen
Polymervergütete Abdichtungsschichten	Eignungsbeurteilung durch LAGA Ad-hoc-AG vom 09.01.2007
Sonstige Systeme und Komponenten	
Asphaltabdichtungen	DVWK-Merkblatt 237/96, DIBt-Zulassung für Basisabdichtungen 2001 abgelaufen
Kapillarsperren	GDA-Empfehlung E 2-33
Wasserglasvergütete Abdichtungskomponenten	DIBt-Zulassung 2003 abgelaufen
Abdichtungskomponenten aus Abfällen	Grundsätze für die Eignungsbeurteilung unter Verwendung von Abfällen hergestellter mineralischer Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien vom 04.01.2005, LAGA Ad-hoc-AG

Für projektspezifische Eignungsprüfungen, für die keine herstellerspezifischen Produkte eingesetzt werden, stehen die Arbeitsblätter wissenschaftlich-technischer Vereinigungen zur Verfügung.

Für die Regelabdichtungssysteme der Deponieklassen DK I, II und III bestehen eine ganze Reihe von GDA-Empfehlungen (Empfehlungen zur Geotechnik der Deponien und Altlasten, DGGT), die entsprechend der Gliederung der GDA-Empfehlungen Hinweise zum Entwurf, zu Eignungsprüfungen, zur Herstellung und zum Qualitätsmanagement geben. Der DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU) hat ein Merkblatt für die Anwendung von Asphaltabdichtungen bei Deponien erarbeitet.

Die Hinweise in Tabelle 3 auf vorliegende Zulassungen sind nur summarisch, ohne konkreten Bezug auf einzelne Produkte, zu verstehen. Einzelheiten über vorliegende Zulassungen können den schriftlichen Beiträgen entnommen werden.

3 Generelle Strategie im Umgang mit Deponien

3.1 Entlassung aus der Nachsorge

Die Auswahl von Oberflächenabdichtungssystemen ist auch vor dem Hintergrund der Frage der Entlassung der Deponien aus der Nachsorge zu sehen. Die Kriterien, anhand derer zu beurteilen ist, wann eine Deponie aus der Nachsorge entlassen werden kann, sind bereits in der aktuellen Fassung der DEPONIEVERORDNUNG relativ klar geregelt.

Die Konsequenzen der Entlassung einer Deponie aus der Nachsorge waren in der Plenumsdiskussion am zweiten Tag des Status-Workshops noch einmal herauszuarbeiten:

- Unstrittig ist, dass zum Zeitpunkt der Entlassung aus der Nachsorge kein Aufwand mehr für Bauarbeiten, die Emissionsminderung und die Überwachung der Deponie erkennbar sein darf.
- Für den bisherigen Betreiber endet damit die juristische und auch finanzielle Verantwortung für die Deponie.
- Formalrechtlich wird die Deponie damit vom Wirkungsbereich des KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZES in den Wirkungsbereich des BUNDES-BODENSCHUTZGESETZES überführt.
- Bei einem Gefahrenpotential in der Größenordnung, wie es durch eine Deponie verkörpert wird, ist jedoch davon auszugehen, dass auch im Wirkungsbereich des BBODSCHG eine - zumindest sporadische - Überwachung (Grundwassermonitoring) erforderlich wird.
- Überwachungsmaßnahmen wären durch den Grundstückseigentümer und die untere Bodenschutzbehörde zu gewährleisten, bei den meisten Siedlungsabfalldeponien also durch den Kreis bzw. die kreisfreie Stadt.

Die weiterhin erforderliche Überwachung der Deponie entspricht auch dem Charakter der Deponie als Bauwerk. Dies bedeutet aber auch, dass Deponien zwar rechtlich aus der Nachsorge, faktisch aber nicht aus der Beobachtung entlassen werden können.

Bei einer Reihe von Deponien muss ferner davon ausgegangen werden, dass diese nie aus der Nachsorge entlassen werden können:

- Deponien ohne Basisabdichtung mit dauerhaftem Gefährdungspotential
- Grubendeponien ohne freie Entwässerung
- Deponien mit Sicherung durch eine Schlitzwand und dauerhafter Wasserhaltung

Schließlich wurde deutlich, dass Regelungen für Deponien gefunden werden müssen, die zum Zeitpunkt der Stilllegung ein erhebliches Reaktionspotential aufweisen.

3.2 Umgang mit Deponien mit einem erheblichen Reaktionspotential

Zu den Deponien, die zum Zeitpunkt der Stilllegung noch ein erhebliches Reaktionspotential aufweisen, zählen praktisch alle Siedlungsabfalldeponien (DK II), die mit unbehandelten Haushaltsabfällen befüllt wurden („HMD 2005“). Dagegen können Deponien für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle (MBA-Deponien) und MVA-Asche (Schlacke-Deponien) wegen der erfolgten Abfallvorbehandlung als reaktionsarme Deponien betrachtet werden.

Der Umgang mit den Deponien, die noch ein erhebliches Reaktionspotential aufweisen, wurde kontrovers diskutiert. Die folgende Mehrheitsposition wurde deutlich:

- Im Sinne der DEPONIEVERORDNUNG können nur Deponien aus der Nachsorge entlassen werden, deren biologische Abbauprozesse, sonstige Umsetzungs- oder Reaktionsvorgänge weitgehend abgeklungen sind.
- Eine Deponie des Typs „HMD 2005“, die unmittelbar nach dem Ende der Verfüllung abgedichtet würde, sollte nicht aus der Nachsorge entlassen werden, weil die Umsetzungsprozesse in diesen Deponien aufgrund von Wassermangel nur unterbrochen, nicht jedoch beendet würden.
- Bei den Deponien mit einem erheblichen Reaktionspotential sollte deshalb eine in-situ-Behandlung des Deponiekörpers vorgenommen werden, um diese Deponien aus der Nachsorge entlassen zu können.
- Voraussetzung für eine in-situ-Behandlung ist jedoch ein funktionsfähiges Basisabdichtungssystem.
- Ein durchgreifender Behandlungserfolg wie bei einer MBA ist jedoch nicht zu erwarten.

Insbesondere von Vertretern der Neuen Bundesländer wurde jedoch auch eine partiell abweichende Auffassung dargelegt:

- Viele Deponien in den neuen Bundesländern haben keine Basisabdichtung, gleichwohl erscheint unter bestimmten Umständen eine in-situ-Behandlung möglich.
- In diesem Fall ist eine Abwägung zwischen den Anforderungen des Grundwasserschutzes und dem Ziel einer weitgehend reaktionsarmen Deponie erforderlich.

In der neuen Deponieverordnung sollten klare Regelungen enthalten sein, wann eine Deponie aus der Nachsorge entlassen werden kann, unter welchen spezifischen Umständen eine in-situ-Behandlung möglich wird, und wie die erreichten Wirkungen quantifiziert und bewertet werden können. Damit würde für die Betreiber von Deponien mit einem erheblichen Reaktionspotential ein Anreiz geschaffen, um auch für diese Deponien eine Entlassung aus der Nachsorge zu erreichen.

4 Grundsätzliche Eignung von Komponenten und Systemen

4.1 Deponieklassen und Deponietypen

Um die Anforderungen an das Oberflächenabdichtungssystem besser auf den Einzelfall abstimmen zu können, wurden die verschiedenen Deponieklassen, und hier insbesondere die Deponiekategorie II, weiter ausdifferenziert.

Im Zuge der Diskussion zeigte sich das Modell, das in der Tabelle 4 dargestellt wird, als konsensfähig. Bei der „Typisierung“ wurden Abfalleigenschaften und Basisabdichtungssysteme, die für einen bestimmten Deponietyp charakteristisch sind, exemplarisch zusammengefasst.

Bei Siedlungsabfalldeponien der Deponiekategorie II wurden die folgenden „Deponietypen“ herausgearbeitet:

- HMD 1985
Hausmülldeponie, die in den frühen achtziger Jahren betrieben wurde, ohne oder mit mangelhaftem Basisabdichtungssystem, Deponiekörper bestehend aus weitgehend ausreagiertem Abfall
- HMD 1995
Hausmülldeponie, die in den frühen neunziger Jahren betrieben wurde, noch kein Basisabdichtungssystem nach TA Siedlungsabfall, organische Abfälle bereits partiell abgebaut

- HMD 2005
Hausmülldeponie betrieben bis zum 31.05.2005,
regelgerechtes Basisabdichtungssystem (Kombinationsabdichtung)
verfüllt mit unbehandeltem Haushaltsabfall und anderen Siedlungsabfällen,
gegebenenfalls Weiterbetrieb mit DK II - Abfall
- HMD 2010 - MBA/Schlacke
Siedlungsabfalldeponie gemäß ABFABLV und DEPv,
Ablagerung von MBA - Abfall, MVA - Asche und DK II - Abfall

Tabelle 4: Charakterisierung verschiedener Deponietypen

Deponie- klasse	Deponietyp/ Charakterisierung	Abfalleigenschaften	Basisabdichtung
DK I	BD - alt	Bauschutt	ohne/mangelhaft
	DK I - gemischt	Bauschutt Boden	regelgerecht
	DK I - Mono	DK I Monoablagerung	regelgerecht
DK II	HMD 1985	Hausmüll geringe Emissionen	ohne/mangelhaft
	HMD 1995	Hausmüll partiell abgebaut	mineralisch
	HMD 2005	Hausmüll DK II - Abfälle	regelgerecht
	HMD 2010 - MBA	MBA - Abfälle DK II - Abfälle	regelgerecht
	HMD 2010 - Schlacke	MVA - Asche DK II - Abfälle	regelgerecht
DK III	SAD - gemischt	gemischter Industrieabfall	regelgerecht
	SAD - Mono	DK III Monoablagerung	regelgerecht

Bei den Deponien der Deponieklasse I können Bauschuttdeponien ohne bzw. mit mangelhafter Basisabdichtung, Deponien für Bauschutt und Boden mit regelgerechter Basisabdichtung und Monodeponien für DK I - Abfälle mit regelgerechter Basisabdichtung unterschieden werden. Bei den Deponien für gefährliche Abfälle (DK III) ist zwischen Deponien für gemischte Industrieabfälle, die als gefährliche Abfälle eingestuft werden, und Monoablagerungen für gefährliche Abfälle zu differenzieren.

Bei der Diskussion über die Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme wurde auf dieser Typisierung, die die meisten der vorhandenen und jetzt oder künftig abzudichtenden Deponien umfasst, aufgebaut.

Die folgenden Aspekte wurden in der nachfolgenden Diskussion im Plenum und im Workshop 1 angesprochen, ohne dass in allen Punkten bereits Lösungen vorgeschlagen werden konnten oder sogar durchgängig breiter Konsens herzustellen war:

- Redundanz von Abdichtungskomponenten
- Kontrollierbarkeit von Oberflächenabdichtungssystemen
- Akzeptanz von Sickerwasserneubildung bei verschiedenen Deponietypen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes
- Ersatz von einzelnen Abdichtungskomponenten durch Kontrollsysteme oder eine gezielte Abfallvorbehandlung

Die Diskussion beschränkte sich dabei aus Zeitgründen auf mögliche Anforderungen an die Deponietypen der Deponieklasse II und die gemischte Industrieabfalldeponie der Deponieklasse III.

4.2 Redundanz

Basierend auf dem bisherigen Regelabdichtungssystem für Deponien der Deponieklassen II und III - der Kombinationsabdichtung - war die Frage zu klären, was mit einer Kombinationsabdichtung als Abdichtungskomponente im Oberflächenabdichtungssystem erreicht werden soll.

Die Kombinationsabdichtung wurde in der bisherigen Form aus dem Basisabdichtungssystem unverändert auf das Oberflächenabdichtungssystem übertragen, obwohl an der Deponiebasis völlig andere Bedingungen herrschen als an der Deponieoberfläche, und demzufolge die spezifischen Vorteile der Kombination einer Kunststoffdichtungsbahn mit einer mineralischen Abdichtung nicht zu Tragen kommen:

- Die Kunststoffdichtungsbahn wirkt als Konvektionssperre und als Diffusionsperre für anorganische Schadstoffe.
- Die mineralische Abdichtung verringert die Permeation weitgehend und soll Fehlstellen der KDB ausgleichen.
- Die Diffusion organischer Schadstoffe ist reziprok zur Schichtdicke der mineralischen Abdichtung, d.h. nimmt mit zunehmender Schichtdicke infolge der Verringerung des Konzentrationsgradienten ab.
- Die mineralische Abdichtung verfügt über eine gewisse Adsorptionsfähigkeit zum Rückhalt von Schwermetallen und verhindert den Austrag organischer Schadstoffe.

Die unmittelbar stoffbezogenen Wirkungen - Verringerung der Diffusion, Adsorption der Schadstoffe - der Kombinationsabdichtung sind an der Deponieoberfläche nicht erforderlich. Deshalb bleibt von dem Konzept der Kombinationsabdichtung für die Deponieoberfläche nur die gegebenenfalls redundante Wirkung von zwei unabhängigen Abdichtungselementen zur Minderung oder Unterbindung der Durchsickerung übrig. Eine detailliertere Reflektion erbrachte die folgenden Anforderungen an redundante Abdichtungselemente:

- in der Wirkung gleichartig
(das heißt Begrenzung der Sickerwasserneubildung)
- im Versagensverhalten jedoch unterschiedlich
(das heißt Elemente aus unterschiedlichen Materialien)
- und in der Versagensabfolge zeitlich versetzt
(das zweite Element ist noch wirksam, wenn das erste Element versagt).

Idealerweise würde also, wenn eine weitgehende Verringerung der Sickerwasserneubildung notwendig ist, eine Konvektionssperre (z.B. aus Geokunststoffen) mit einer mineralischen Komponente kombiniert. Hierdurch könnten kurzzeitig Fehlstellen der Konvektionssperre ausgeglichen werden, und langfristig würde die mineralische Komponente die Geokunststoffkomponente ersetzen.

Ein solches System sollte aber - im Unterschied zum bisherigen Kombinationsabdichtungssystem - als Verbundabdichtung bezeichnet werden.

4.3 Kontrollierbarkeit

Die Diskussion zeigte, dass bei der Kontrollierbarkeit der Oberflächenabdichtungssysteme zwischen drei verschiedenen Aufgaben zu unterscheiden ist:

- Herstellungskontrolle

Die Kontrolle bei der Herstellung muss auch künftig über die Integration der Qualitätssicherung in das Qualitätsmanagementsystem mit den Komponenten Eigenprüfung, Fremdprüfung und behördliche Überwachung erfolgen.

- Kontrolle der Wirksamkeit

Die Kontrolle der Wirksamkeit der Abdichtung erfolgt direkt über Lysimeter und indirekt über umfassende Messungen zum Wasserhaushalt und deren Auswertung.

- Kontrolle der Unversehrtheit

Die Kontrolle der Unversehrtheit der Abdichtungselemente ist flächenhaft mit Hilfe von Leckageortungssystemen oder Kontrolldränen und punktuell durch Aufgrabungen möglich.

Bei der Herstellung von Oberflächenabdichtungssystemen ist ein durchgreifendes Qualitätsmanagementsystem unabdingbar.

Die Kontrolle der Wirksamkeit des Systems ist naturgemäß nur dann umfassend, wenn die Deponie eine Basisabdichtung mit einem Basisentwässerungssystem hat. Nur dann kann mit Hilfe der Kontrolle des Basisabflusses nachgewiesen werden, ob und wie weit die Sickerwasserneubildung verringert wurde.

Bei fehlendem Basisentwässerungssystem bleibt nur die Bilanzierung der Wasserhaushaltsgrößen. Bei einer Oberflächenabdichtung mit einer Konvektionssperre sollte die Summe der rechnerischen Verdunstung und des Dränabflusses der Höhe des Niederschlags entsprechen. Diese indirekte Nachweisführung ist zwar - wie bisher schon gefordert - auch künftig auf allen Deponien durchzuführen, aber mit relativ großen Unsicherheiten behaftet, so dass Leckagen nicht in jedem Fall erkannt werden können. Ferner können Leckagen mit diesem Verfahren nicht geortet und die Oberflächenabdichtung zielgerichtet repariert werden. Bei der Verwendung von Lysimetern kann nur die grundsätzliche Funktion der Abdichtung überwacht werden, nicht jedoch deren punktuell oder partielles Versagen.

Eine wirksame Kontrolle der Unversehrtheit der Oberflächenabdichtungssysteme ist nur mit Leckageortungen oder Kontrolldränen (über einer Kontrolldichtung) erreichbar. Es bestand Einigkeit darüber, dass moderne Leckageortungssysteme zuverlässig funktionieren. Die bestehenden Eignungsbeurteilungen beziehen sich auf eine Funktionsdauer von mindestens dreißig Jahren. Darüber hinaus ist eine wirksame Langzeitkontrolle des Oberflächenabdichtungssystems nur mit einem zusätzlichen Kontrolldrän möglich, wobei auch hier Probleme mit der Ortung von Leckagen bestehen.

4.4 Anforderungen für verschiedene Deponietypen

Die Auswahl möglicher Oberflächenabdichtungssysteme und Abdichtungskomponenten wurde sowohl unter dem Aspekt der Eigenschaften der verschiedenen Systeme bzw. Komponenten als auch der Anforderungen unterschiedlicher Deponieklassen und -typen diskutiert.

Die erreichten Ergebnisse sind - soweit möglich - in Form einer Matrix in der Tabelle 5 aufgeführt.

Es war weitgehend unstrittig, dass ein Oberflächenabdichtungssystem für eine Deponie der Deponiekategorie III für gemischten Industrieabfall auf jeden Fall mit

- einem redundanten System
- einem Kontrollsystem
- und einer Konvektionssperre

ausgestattet werden sollte. Eine Gassperre ist nur bei Bedarf einzubauen. Diese Anforderungen markieren damit das „Maximum“ an derzeit möglicher Sicherheit.

Tabelle 5: Übersicht über die Anforderungen an das Oberflächenabdichtungssystem verschiedener Deponietypen

Deponieklasse	DK II	DK II	DK II	DK II	DK II	DK III
Deponietyp	HMD 1985	HMD 1995	HMD 2005	HMD 2010 - MBA -	HMD 2010 - Schlacke -	SAD - gemischt -
Abfalleigenschaften	Hausmüll geringe Emissionen	Hausmüll partiell abgebaut	Hausmüll DK II - Abfall	MBA Sonstige	Asche Sonstige	gemischter Industrieabfall
Basisabdichtung	ohne/ mangelhaft	mineralisch	regel- gerecht	regel- gerecht	regel- gerecht	regel- gerecht
Redundanz	im Einzelfall	im Einzelfall	reaktiv: ja stabil.: nein	nein	nein	ja
Kontrollierbarkeit/ Wirksamkeit	WHB	WHB	WHB	WHB	WHB	ja
Konvektionssperre	<i>einzelfall- abhängig</i>	<i>einzelfall- abhängig</i>	ja	ja	ja	ja
zulässige Permeationsrate	<i>GWS - ETI</i>	<i>GWS - ETI</i>	<i>sehr gering</i>	<i>sehr gering</i>	<i>sehr gering</i>	<i>keine</i>
Gassperre	nein	(ja)	reaktiv: ja stabil.: nein	evtl.	nein	evtl.

kursive Angaben: dem Diskussionsverlauf entsprechende Einsetzungen der Verfasser

Bei Deponien der Deponieklasse DK II, auf denen nur MBA-Abfälle, MVA-Aschen oder sonstige DK II-Abfälle abgelagert wurden, und die über ein regelgerechtes Basisabdichtungssystem verfügen (HMD 2010 - MBA/Schlacke), könnte nach überwiegender Meinung der Teilnehmer wegen des geringen Emissionspotentials auf ein Oberflächenabdichtungssystem mit redundanten Abdichtungselementen verzichtet werden.

Die Kontrolle der Wirksamkeit des Oberflächenabdichtungssystems erfolgt durch die Messung des Sickerwasserabflusses an der Deponiebasis und den Vergleich mit der Differenz von Niederschlag abzüglich Verdunstung und Dränabfluss im Oberflächenabdichtungssystem (Wasserhaushaltsbilanzierung, WHB). Ein Abdichtungselement, das als Konvektionssperre wirkt bzw. die Sickerwasserneubildung weitgehend verringert, wurde jedoch für unverzichtbar gehalten, da ansonsten eine sehr langwierige Sickerwasserbehandlung erforderlich würde, bevor die Sickerwässer ungereinigt direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden dürften. Eine wirksame Gassperre wäre ggf. nur bei MBA-Deponien erforderlich.

Problematischer ist die Situation bei den zahlreichen Siedlungsabfalldeponien der Deponieklasse II zu bewerten, die bis zum 31.05.2005 mit unbehandeltem Hausmüll befüllt wurden (HMD 2005). Wegen des hohen Emissionspotentials sollte in der Regel ein Abdichtungssystem mit zwei redundanten Abdichtungskomponenten eingesetzt werden, dessen eine Komponente aus einer Konvektionssperre besteht. Erforderlich ist auch eine Gassperre, um die Effizienz der Gasfassung zu steigern.

Anders wäre die Situation zu bewerten, wenn das Emissionspotential dieser Deponien deutlich reduziert würde. Dies könnte zum Beispiel durch eine in-situ-Stabilisierung geschehen. Allerdings wurden die Erfolgsaussichten dieser Methode in Hinblick auf eine weitgehende Stabilisierung des ganzen Deponiekörpers kritisch gesehen.

Bei einer erfolgreichen, sehr weitgehenden Stabilisierung könnten die Anforderungen an das Oberflächenabdichtungssystem dann an die Anforderungen für Deponien des Typs „HMD 2010 - MBA/Schlacke“ angepasst werden. Notwendig bliebe aber auch hier eine Konvektionssperre bzw. eine permeable Abdichtung mit sehr geringer Permeationsrate, um nicht langfristig auf eine funktionsfähige Sickerwasserfassung und ggf. Sickerwasserreinigung angewiesen zu sein.

Die Anforderungen für Oberflächenabdichtungssysteme von „Altdeponien“, also für die Deponietypen HMD 1985 und 1995, werden auch entscheidend durch die Anforderungen des Grundwasserschutzes geprägt.

Die Frage, ob bei diesen Altdeponien - oder älteren Bauabschnitten einer Deponie - eine Konvektionssperre und eventuell eine Verbundabdichtung erforderlich wird, konnte nicht im Konsens beantwortet werden. Die folgenden kontroversen Argumente wurden vorgebracht:

- Das Vorsorgeprinzip sowohl des Abfall- als auch des Wasserrechts lässt keine Zusickerung von Niederschlagswasser in Deponien ohne Basisabdichtung zu.
- Eine Konvektionssperre ist dann erforderlich, wenn eine Grundwasserbeeinträchtigung zu besorgen ist.
- Bei der Bewertung der Notwendigkeit einer Konvektionssperre sollte bei diesen Deponien nach dem „ETI-Prinzip“ - Bewertung der Emissionen, der Transmissionsprozesse und der Immissionssituation - vorgegangen werden.

Verschiedene Teilnehmer neigten eher dem aus der Altlastenbeurteilung entlehnten Ansatz der Bewertung nach dem „ETI-Prinzip“ zu. In Abhängigkeit von der tatsächlichen Grundwassergefährdung sollte im Einzelfall beurteilt werden, welche Abdichtungsmaßnahme erforderlich ist.

Diese Sichtweise entspräche den bisherigen Regelungen der TA SIEDLUNGSABFALL, die Ausnahmeregelungen für bereits rekultivierte Deponieabschnitte zulässt, wenn

das anfallende Sickerwasser hinsichtlich Menge und Qualität zu keiner Grundwasserbeeinträchtigung führt.

Bei anderen Deponien, die keinen Bestandsschutz genießen, bedürfte diese Vorgehensweise einer Änderung des Abfallrechts.

4.5 Mögliche Kombinationen von Abdichtungskomponenten

Wenn ein redundantes Abdichtungssystem erforderlich wird, sollte nach einhelliger Auffassung der Teilnehmer immer eine Konvektionssperre mit einer mineralischen Abdichtung kombiniert werden. Die Konvektionssperre ist dabei immer oberhalb der permeablen mineralischen Abdichtung anzuordnen, da es im umgekehrten Fall zu einem unerwünschten Aufstau auf der Konvektionssperre und damit in der mineralischen Abdichtung käme.

Eine Verbesserung des bisherigen Regelabdichtungssystems für die Deponien der DK II und III bestünde darin, die mineralische Abdichtung durch eine qualifizierte mineralische Abdichtung (z.B. als gemischtkörnige Abdichtung) zu ersetzen und zusätzlich eine Rekultivierungsschicht einzubauen, die den Sickerwasseranfall standortspezifisch wirksam vermindern kann.

Alternativ zu diesem „modifizierten Regelabdichtungssystem“ sind die folgenden Verfahrenskombinationen denkbar:

- KDB + Kapillarsperre
- Kombikapillarsperre
- KDB + Bentonitmatte
- KDB + polymervergütete Abdichtungsschicht

Die Kunststoffdichtungsbahn kann auch durch eine Asphaltabdichtung ersetzt werden, wenn die Einbauverträglichkeit mit den darunter liegenden Materialien sichergestellt ist.

Alle noch nicht zugelassenen bzw. in der Prüfung befindlichen alternativen Systeme (Kombikapillarsperre, Bentonitmatten, polymervergütete Abdichtungsschicht) werden jedoch erst zum Einsatz kommen, wenn die jeweiligen Verfahren der LAGA Ad-hoc-AG abgeschlossen sind.

4.6 Weitere Gesichtspunkte zu Systemen und -komponenten

Abschließend werden weitere Gesichtspunkte zur Gestaltung von Oberflächenabdichtungssystemen, die in die Diskussion eingebracht wurden, zusammengestellt.

Die genannten Aspekte erscheinen den Verfassern prüfenswert:

- Da alle mineralischen Abdichtungen eine Restdurchlässigkeit haben, sollte die zulässige Permeabilität der mineralischen Komponenten für die verschiedenen Einsatzzwecke im Rahmen der jeweils geforderten Systemwirksamkeit festgelegt werden.

Denkbar wäre die Vorgabe einer sehr geringen zulässigen Permeationsrate bei alleinigem Einsatz in einem Oberflächenabdichtungssystem.

In einer Verbundabdichtung mit einer Konvektionssperre könnte eine höhere Permeationsrate zugelassen werden, die hinreicht, um den Ausfluss aus einer möglichen Schadstelle der Konvektionssperre zu minimieren und auch langfristig - nach einem Versagen der Konvektionssperre - akzeptabel wäre.

- Unter bestimmten Umständen könnte ein Kontrollsystem eine Abdichtungskomponente ersetzen.

In einem geforderten Verbundsystem wäre dann die mineralische Komponente durch eine Kontrolleinrichtung zu ersetzen.

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass für die durch die BAM geprüften Dichtungskontrollsysteme eine Beständigkeit der erdgebundenen Komponenten nur über einen Zeitraum von 30 Jahren nachgewiesen wurde.

Eine langfristige Kontrolle der Oberflächenabdichtung kann nur mit einem Kontrolldränsystem mit einer mineralischen Entwässerungsschicht erreicht werden.

Alternativ wäre - bei vorhandenem Basisabsichtungssystem - auch die Kombination der Kontrolle der Unversehrtheit der Abdichtung an der Oberfläche mit der langfristigen Wirksamkeitskontrolle durch Überprüfungen des Basisabflusses denkbar. Allerdings ist dann keine Lokalisierung der Schäden möglich.

- Eine Wasserhaushaltsschicht, die in Hinblick auf eine standortspezifische Gegebenheiten ausgelegt wurde, könnte in Verbindung mit einem Gehölzbewuchs ggf. eine Abdichtungskomponente ersetzen

5 Anforderungen an Nachweise der Systemwirksamkeit und an Eignungsprüfungen

5.1 Grundsätzliche Überlegungen

Bei der Diskussion um die Festlegung von Anforderungen an Nachweise der Systemwirksamkeit und an Eignungsprüfungen im Workshop 2 sind die verwendeten Begriffe wie folgt definiert worden:

- (Oberflächenabdichtungs-)System

Der Begriff „System“ bezieht sich auf das gesamte Oberflächenabdichtungssystem von der Ausgleichsschicht bis zum Bewuchs.

- Komponenten

Das Oberflächenabdichtungssystem besteht aus einzelnen Komponenten wie der Ausgleichsschicht, den Abdichtungsschichten oder Abdichtungselementen, der Entwässerungsschicht und der Rekultivierungsschicht.

Die Komponenten können mehrschichtig aufgebaut sein (wie z.B. die Kapillarsperren).

Der bisherige Ansatz der Vorschriften in der Deponietechnik, bei dem für alternative Abdichtungssysteme oder -komponenten ein Nachweis der Gleichwertigkeit im Vergleich zum Regelabdichtungssystem zu führen ist, hat sich als nicht zielführend erwiesen. Die Gleichwertigkeit einer in ihrer Lebensdauer beschränkten Konvektionssperre und einer langfristig funktionsfähigen permeablen Abdichtungskomponente ist nur unter der Annahme einer Reihe von Prämissen zu erbringen, die generell eine Reihe von subjektiven Annahmen enthalten müssen.

Es wurde deshalb einheitlich für richtig gehalten, die Forderung der Gleichwertigkeit nicht mehr aufrechtzuerhalten, sondern Systeme oder Komponenten nach einer Eignungsbeurteilung durch unabhängige Institutionen oder andere Fachgremien zuzulassen. Es bestand ferner genereller Konsens darin, dass auch permeable Abdichtungskomponenten und Abdichtungssysteme zulässig sein müssen, um durch eine größere System- und Materialvielfalt das Versagensrisiko breiter zu streuen.

Vor dem Hintergrund der verschiedenen Rechtsprinzipien des Abfallrechts, des Wasserrechts und des Altlastenrechts ist es jedoch schwierig, die erforderliche Abdichtungswirkung eines Oberflächenabdichtungssystems im Rahmen einer Eignungsbeurteilung festzulegen. Wünschenswert ist deshalb in der neuen Deponieverordnung die Vorgabe einer zulässigen Permeationsrate für verschiedene Deponieklassen und -typen.

Beim Nachweis der Systemwirksamkeit wäre für die permeablen Systeme die Permeationsrate zu prognostizieren, während für die Einzelkomponenten die erforderlichen Eignungsnachweise zu erbringen wären. Bei allen Systemen wäre die mutmaßliche Lebensdauer abzuschätzen.

5.2 Nachweise der Systemwirksamkeit

Beim Nachweis der Systemwirksamkeit permeabler Systeme - also der Ermittlung der Permeationsrate (der Höhe der Infiltration in den Deponiekörper, der Sickerwasserneubildung) - könnte zwischen der kurz- und der langzeitigen Systemwirksamkeit unterscheiden werden.

Hierbei wären unterschiedliche Bezüge für die Beurteilung der Systemwirksamkeit denkbar. Basierend auf den Definitionen in Abbildung 1 könnten die folgenden Bezüge definiert werden:

- jährliche Höhe der Sickerwasserneubildung

$$I_P = A_{SW} \quad [\text{mm/a}]$$

$$I_P = \text{Permeationsrate} \quad [\text{mm/a}]$$

$$A_{SW} = \text{Sickerwasserneubildung} \quad [\text{mm/a}]$$

- Bezug auf den Niederschlag

$$\eta_N = (N - A_{SW}) / N \quad [\% N]$$

$$\eta_N = \text{auf den Niederschlag bezogener Wirkungsgrad} \quad [\% N]$$

$$N = \text{Niederschlag} \quad [\text{mm/a}]$$

$$\varepsilon_N = A_{SW} / N \quad [\% N]$$

$$\varepsilon_N = \text{Anteil der Sickerwasserneubildung am Niederschlag} \quad [\% N]$$

- Bezug auf die Durchsickerung der Rekultivierungsschicht

$$\eta_{ASR} = (N - ET_a - A_O - A_I - A_{SW}) / A_{SR} = (A_{SR} - A_{SW}) / A_{SR} \quad [\% A_{SR}]$$

$$\eta_{ASR} = \text{auf die Durchsickerung der Rekultivierungsschicht bezogener Wirkungsgrad} \quad [\% A_{SR}]$$

$$A_{SR} = \text{Durchsickerung der Rekultivierungsschicht} \quad [\text{mm/a}]$$

$$\varepsilon_{ASR} = A_{SW} / A_{SR} \quad [\% A_{SR}]$$

$$\varepsilon_{ASR} = \text{Anteil der Sickerwasserneubildung an der Durchsickerungsrate der Rekultivierungsschicht} \quad [\% A_{SR}]$$

Der Bezug der Sickerwasserneubildung auf die Höhe der Durchsickerung der Rekultivierungsschicht hätte den Vorteil, dass die Wirksamkeit verschiedener Abdichtungskomponenten unabhängig von den Einflüssen der Rekultivierungsschicht verglichen werden könnten. Dies wäre jedoch nur ein relativer, systembezogener Maßstab.

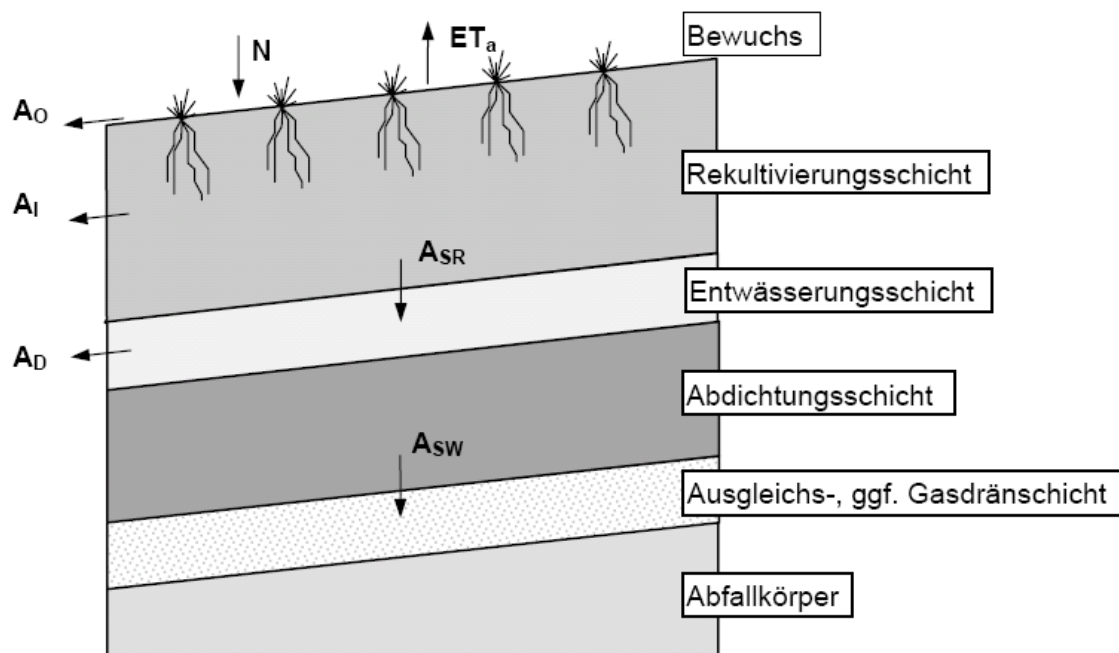


Abbildung 1: Wasserhaushaltsgrößen eines Oberflächenabdichtungssystems

Im Rahmen einer Verordnung erschiene die absolute Vorgabe einer zulässigen Permeationsrate oder des prozentualen Anteils der Sickerwasserneubildung am Niederschlag sinnvoll, weil diese Größen einfach bestimmbar und damit justitiabel wären. Bei der Vorgabe eines Anteils am Niederschlag oder eines niederschlagsbezogenen Wirkungsgrades bestünde jedoch die Gefahr, dass bei Standorten mit höheren Niederschlägen weniger gute Abdichtungen eingebaut werden könnten.

Der Bezug der Sickerwasserneubildung auf die Durchsickerung der Rekultivierungsschicht würde faktisch einen Bezug auf die Höhe der Grundwasserneubildung (Infiltrationsrate) darstellen. Die deponie- bzw. systembezogene Größe A_{SR} könnte deshalb durch die regionale Höhe der Grundwasserneubildung ersetzt werden. Dies hätte bei Betrachtungen zum Grundwasserschutz den Vorteil des unmittelbaren Schutzgutbezuges.

Die kurzzeitig (in den Anfangsjahren nach der Aufbringung der Abdichtung) zu erwartende Permeationsrate und der kurzzeitige Wirkungsgrad des Oberflächenabdichtungssystems können für alle permeablen Systeme nur mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen prognostiziert werden.

Das Vorgehen bei der Modellierung des Wasserhaushalts von Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien wird in der GDA-Empfehlung E 2-30 und bei RAMKE ET AL., 2000 ausführlich dargestellt.

Allerdings haben komplexe Wasserhaushaltsmodelle den inhärenten Nachteil, dass die Ergebnisse von einer Vielzahl von Einflussparametern abhängen, die innerhalb einer plausiblen Spannweite häufig frei wählbar sind. Damit besteht im Grundsatz die Möglichkeit, auch bei der Verwendung realer Datensätze der Vergangenheit die resultierende Permeationsrate rechnerisch „zu optimieren“. Ergänzend zum Nachweis der erforderlichen Systemwirksamkeit sollte deshalb bei den permeablen Systemen die Einhaltung komponentenspezifischer Vorgaben wie Durchlässigkeitsbeiwerte, Permittivitäten oder laterale Dränkapazitäten im Rahmen der Eignungsprüfungen nachgewiesen werden.

Im Unterschied zu den kurzzeitigen Nachweisen wirft die langzeitige Prognose des Systemverhaltens wesentlich größere Probleme auf. Die Teilnehmer am Workshop 2 stimmten darin überein, dass ein umfassender Nachweis der langzeitigen Systemwirksamkeit für die verschiedenen permeablen Oberflächenabdichtungssysteme derzeit nicht leistbar ist und künftig auch vermutlich nicht leistbar sein wird, da die langfristigen Einwirkungen und Wechselwirkungen in den Systemen zu komplex sind, um durch Modelle abgebildet werden zu können.

Als Beispiele hierfür seien die folgenden Phänomene genannt:

- Rekultivierungsschichten

Rekultivierungsschichten unterliegen durch die Ausbildung des Wurzelraumes und durch die Bodenreifung einer Veränderung der hydraulischen und bodenphysikalischen Eigenschaften, die eine langfristige Berechnung des Wasserhaushalts dieser Schichten nicht präzise zulassen.

- Kombinationsabdichtungen - Regelabdichtung

Das Langzeitverhalten der Kunststoffdichtungsbahnen kann derzeit nur halbquantitativ durch die Angabe einer Funktionsdauer abgeschätzt werden.

Die Einwirkungen auf die darunter liegende mineralische Abdichtung (Austrocknung durch temperaturinduzierten Wassertransport) sind im Prinzip bekannt und können im Grundsatz modelliert werden, eine zuverlässige Prognose der Veränderung der Eigenschaften der mineralischen Abdichtung ist aber nicht leistbar, weil bereits kleine Änderungen der Randbedingungen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

- tonmineralische Abdichtungsschichten und Bentonitmatten

Um die tonmineralischen Abdichtungsschichten vor Austrocknung zu schützen, darf die Abdichtung nicht durchwurzelt werden, und die Wasserspannung oberhalb der Abdichtung darf die Grenzspannung, bei der Risse entstehen, nicht übersteigen.

Die maßgeblichen Prozesse, die zu Rissen in tonmineralischen Abdichtungen oder Bentonitmatten führen, sind zwar bekannt und können im Grundsatz modelliert werden (siehe RAMKE ET AL., 2002), eine Nachbildung des gesamten Geschehens einschließlich der Prozesse des konvektiven Wasserdampftransport in der Entwässerungsschicht, der Entwicklung der Wurzelzone bei Trockenheit der Rekultivierungsschicht und Rissfortpflanzung in mineralischen Abdichtungen und Bentonitmatten entzieht sich jedoch wegen seiner Komplexität einem Modellansatz (WITT, 2006).

Eine langfristige Prognose muss ferner daran scheitern, dass die derzeitige Klimaentwicklung eine lineare Übertragung der bisherigen Klimadaten nicht mehr zulässt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass künftig auch in Regionen mit bisher regenreichen Sommern über mehrere Monate hinweg kaum Niederschlag fällt.

Eine langzeitige standortspezifische Bemessung einer Oberflächenabdichtungssysteme mit einer tonmineralischen Abdichtung ist deshalb nicht möglich.

- Kapillarsperren

Kapillarsperren arbeiten nur dann zuverlässig, wenn die laterale Dränkapazität nicht überschritten wird und auch langfristig erhalten bleibt. Die zeitliche Variabilität der Dränspende und die daraus resultierende Wirksamkeit der Kapillarsperre kann mit Wasserhaushaltsmodellen relativ gut abgeschätzt werden.

Problematisch ist aber die Prognose der langfristigen Veränderung der Dränkapazität infolge von Durchwurzelung oder der Verlagerung von Inhaltsstoffen aus der Rekultivierungsschicht in die Kapillarschicht. Die mittel- bis langfristig zu erwartende Abnahme der lateralen Dränkapazität ist nicht prognostizierbar.

Diese beispielhaft zusammengestellten Alterungserscheinungen können noch nicht zuverlässig modelliert werden, sie müssten jedoch in die Systemauslegung und die Entscheidung über die Systemauswahl einfließen.

Beim derzeitigen Wissensstand können Alterungsprozesse nur auf der Grundlage empirisch gewonnener Erkenntnisse berücksichtigt werden.

Dies können im Fall der Kapillarsperre Abminderungen der lateralen Dränkapazität der Kapillarschicht sein, bei mineralischen Abdichtungen wären Zuschläge auf die Wasserdurchlässigkeit denkbar (wobei im ungünstigsten Fall die Abdichtungswirkung weitgehend verloren gehen kann), und bei Rekultivierungsschichten könnten Phänomene wie präferentieller Fluss in die Modellierung des Wasserhaushalts einbezogen werden.

5.3 Eignungsprüfungen

Durch die Eignungsprüfung wird die Leistungsfähigkeit der Komponenten des Oberflächenabdichtungssystems bei systemspezifischen Einwirkungen unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Widerstände ermittelt. Im Rahmen einer Eignungsprüfung sind die folgenden Aufgaben zu bearbeiten:

- Abdichtungswirkung gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser
- Mechanische Widerstandsfähigkeit (Standicherheit, Verformbarkeit)
- Beständigkeit
- Herstellbarkeit und Qualitätsmanagement

Grundsätzlich kann bei den Eignungsprüfungen von Abdichtungskomponenten zwischen zwei Aufgabenstellungen unterschieden werden:

- produktbezogene Eignungsprüfungen

Die produktbezogenen Eignungsprüfungen umfassen werkmäßig hergestellte Komponenten, deren grundsätzliche Eignung standortunabhängig geprüft wird. Sie sind je nach System im Einzelfall durch eine projektbezogene Bemessung zu ergänzen.

- projektbezogene Eignungsprüfungen

Bei den projektbezogenen Eignungsprüfungen erfolgt für den jeweiligen Einzelfall eine Eignungsprüfung beispielsweise der Wasserhaushaltsschicht, der Kapillarsperre oder der tonmineralischen Abdichtungen.

Vom DEUTSCHEN INSTITUT FÜR BAUTECHNIK wurden 1995 die „Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen“ (DIBT, 1995) erarbeitet. Hierbei wurden - ausgehend von den Regelabdichtungssystemen - die Einwirkungen und Anforderungen an die Leistungen für die Komponenten von Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen definiert. Basierend auf den DIBT-GRUNDSÄTZEN hat die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (siehe BRÄCKER, 2006) die Beurteilungsgrundsätze fortentwickelt und an den heutigen Kenntnisstand angepasst. Diese ALLGEMEINEN GRUNDSÄTZE wurden auf dem Workshop 2 als brauchbare, wenngleich weiter zu entwickelnde Grundlage für die Durchführung von Eignungsprüfungen für die Komponenten von Oberflächenabdichtungssystemen erachtet.

Von der LAGA Ad-hoc-AG wurde Bedarf an der Eignungsbeurteilung der folgenden (produktbezogenen) Abdichtungskomponenten festgestellt:

- Bentonitmatten (Antrag von 3 Herstellern)
- Polymervergütete Abdichtungen (Antrag vom Lizenznehmer)
- Kombikapillarsperre (Antrag vom Patentinhaber)
- Aufbereitetes Baggergut (Antrag von der Stadt Hamburg)
(MEHTA-Schlick)

Ferner hat die Ad-hoc-AG für Abdichtungskomponenten, die aus Abfällen hergestellt werden, Kriterien für die Eignungsprüfung entwickelt.

Die Methodik der LAGA Ad-hoc-AG ist im Grundsatz unstrittig.

Die generelle Frage des Nachweises der Langzeitbeständigkeit und die für diesen Nachweis zugrunde zu legenden Zeiträume wurden in der Vergangenheit zwischen der LAGA Ad-hoc-AG und einzelnen Herstellern kontrovers diskutiert. Es erscheint deshalb wünschenswert, dass in der neuen Deponieverordnung Vorgaben zur erforderlichen Funktionsdauer der einzelnen Systeme gemacht werden.

Bei der Durchführung von projektbezogenen Eignungsprüfungen haben sich die jeweiligen GDA-Empfehlungen in der Praxis bewährt.

Die Anforderungen an die hydraulische Wirkung der Abdichtungskomponenten sind aus übergeordneten und projektspezifischen Vorgaben zur Systemwirksamkeit abzuleiten.

Um daraus resultierende Permeationsraten oder den niederschlagsbezogenen Wirkungsgrad des Gesamtsystems einzuhalten, sind bei den permeablen Abdichtungskomponenten die hydraulisch und mechanisch relevanten Eigenschaften in Eignungsversuchen festzustellen:

- mineralische Abdichtungsschichten

Bei den mineralischen Abdichtungskomponenten ist der Durchlässigkeitsbeiwert nach DIN 18130 unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 3-1 durchzuführen.

Es wäre wünschenswert, wenn auch die Untersuchung des Austrocknungsverhaltens mineralischer Abdichtungsschichten methodisch und in Hinblick auf die zu berücksichtigenden Einwirkungen („Normklima“) standardisiert werden könnte, um den Schutz vor schädlichen Einwirkungen infolge von Wasserhaushaltsschwankungen zuverlässig bemessen zu können.

Der Grenzwassergehalt der Rissbildung lässt sich für die geplanten Einbauzustände und Überlagerungsspannungen in Laborversuchen ermitteln.

- Bentonitmatten

Bei Bentonitmatten ist die Permittivität im Laborversuch in Anlehnung an DIN 18130 unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 2-36 zu ermitteln.

Auch für Bentonitmatten lässt sich der Grenzwassergehalt der Rissbildung in Form eines produktspezifischen Kennwertes in Abhängigkeit des Spannungszustandes im Labor bestimmen.

Gegebenenfalls zu erwartende Auswirkungen des Ionenaustausches auf die Permittivität der Bentonitmatte sind bei Ermittlung der Systemwirksamkeit zu berücksichtigen.

Eine Erhöhung der Permittivität durch Rissbildung und Schrumpfung ist durch Schutz der Bentonitmatte vor Austrocknung auszuschließen.

- Kapillarsperren

Die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kapillarsperren kann nur durch die Bestimmung der lateralen Dränkapazität in einer Kipprinne ermittelt werden.

Hinweise zur Durchführung der Versuche geben MELCHIOR/JELINEK, 2006 und die GDA-Empfehlung E 2-33.

Die Systemwirksamkeit kann dann unter der Verwendung von Wasserhaushaltsmodellen abgeschätzt werden.

6 Anregungen zur Fortentwicklung des Standes der Technik

Die Teilnehmer am Status-Workshop waren sich darüber einig, dass auch nach dem Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung der Stand der Technik fortgeschrieben und bundeseinheitlich umgesetzt werden muss.

Um dies mit vertretbarem Aufwand zu gewährleisten, sollte ein länderübergreifender Sachverständigenrat aus Vertretern von Behörden, Hochschulen, Ingenieurbüros und Bauindustrie installiert werden.

Die Zulassung von Abdichtungskomponenten (Grundsatzprüfung) sollte durch (eine) zentrale Einrichtung(en) erfolgen, um den Aufwand für die regionalen bzw. lokalen Genehmigungsbehörden möglichst gering zu halten und die Fachkompetenz zu bündeln. Dies könnte weiterhin durch die BAM, das DIBt oder eine LAGA AG erfolgen. Es wäre hilfreich, wenn entsprechende Institutionen in der neuen Deponieverordnung benannt würden.

Die GDA-Empfehlungen als praxisbewährte Instrumente sind für Systeme ohne projektunabhängige Eignungsbeurteilung (Kapillarsperre etc.) fortzuschreiben.

Um die konsequente Weiterentwicklung und Umsetzung des Kenntnisstandes zu gewährleisten, sollten die folgenden Überlegungen, die teilweise im Nachgang zum Status-Workshop von einzelnen Teilnehmern zur Kenntnis gebracht wurden, regulativ bzw. administrativ berücksichtigt werden:

- Für mineralische Abdichtungskomponenten und sonstige Komponenten, die nicht produkt- oder patentgebunden sind, sollten auch künftig Forschungsvorhaben aufgelegt werden, um diese weiterhin entwickeln zu können.

- Die Praxiserfahrungen mit den verschiedenen Abdichtungssystemen sollten systematisch gesammelt, ausgewertet und als empirisches Regelwerk fortgeschrieben werden.
- Für bewährte Systeme sollten auf dieser Basis „Standardsysteme“ nach dem Stand der Technik definiert werden (Sachverständigenrat, GDA-Empfehlungen).
- Bei permeablen Abdichtungssystemen und Systemen mit Komponenten, deren Langzeitbeständigkeit noch nicht abschließend beurteilt werden kann, sollten Testfelder bzw. Lysimeter verpflichtender Teilbestandteil des Oberflächenabdichtungssystems werden.
- Die für die einzelnen Systeme und Komponenten erforderlichen Eignungsprüfungen sollten an den Kenntnisstand angepasst und weiterentwickelt werden.

Abschließend soll seitens der Organisatoren und Moderatoren des Workshops der Hoffnung Ausdruck verliehen werden, dass es gelungen ist, mit dem Workshop gute Anregungen für die weitere Gestaltung der neuen Deponieverordnung zu geben. Gleichwohl bleiben etliche grundsätzliche Fragen und Detailspekte offen, die einer weiteren intensiven Diskussion bedürfen.

7 Literaturverzeichnis

7.1 Allgemeine Literatur

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (DIBT), 1995: Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen

RAMKE, H.-G.; BERGER, K.; STIEF, K. (HRSG.), 2000: Wasserhaushalt der Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien und Altlasten – Anwendung des HELP-Modells und Gestaltung der Rekultivierungsschicht
Fachtagung, Hamburg
Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Band 47
Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg

RAMKE, H.-G.; GARTUNG, E.; HEIBROCK, G.; LÜKEWILLE, W.; MELCHIOR, S.; VIELHABER, B.; BOHNE, K.; MAIER-HARTH, U.; WITT, K. J. (HRSG.) 2002:
Austrocknungsverhalten mineralischer Abdichtungsschichten in Deponie-Oberflächenabdichtungssystemen, Status-Workshop, Höxter
Höxteraner Berichte zu angewandten Umweltwissenschaften, Band 3
Fachhochschule Lippe und Höxter, Abteilung Höxter

7.2 Beiträge zum Status-Workshop

(Veröffentlichung des Tagungsbandes in Vorbereitung)

BRÄCKER, W., 2006: Mögliche Entwicklungen der Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme aus der Sicht der LAGA
Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Deponietechnische Vollzugsfragen“

HENKEN-MELLIES, U., 2006: Kombinationsabdichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen

MELCHIOR, ST.; JELINEK, D., 2006: Kapillarsperren in Oberflächenabdichtungssystemen

WITT, K. J., 2006: Tonmineralische Abdichtungselemente in Oberflächenabdichtungssystemen