
Materialien

Nr. 31

Umsetzung der TA Siedlungsabfall
bei Deponien in NRW



Landesumweltamt
Nordrhein-Westfalen

Materialien

Nr. 31

Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Deponien in NRW

Fortbildungsveranstaltung am 27./28. Juni 1995
im Bildungszentrum für die Entsorgungs-
und Wasserwirtschaft GmbH (BEW) in Essen

Essen 1996

IMPRESSUM:

Herausgegeben vom
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen • Telefon (02 01) 79 95 - 0

ISSN 0947-5206

Redaktion: Dipl.-Ing.'in Ilse Polednik

Gedruckt auf 100 % Altpapier ohne Chlorbleiche

Vorwort

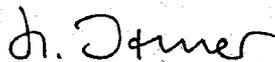
Unter Federführung des Landesumweltamtes NRW (LUA NRW) und mit Beteiligung von Fachleuten aus der Abfallwirtschaft, der Entsorgungswirtschaft und von Ingenieurbüros ist das „Merkblatt zur Anwendung der TA Siedlungsabfall bei Deponien“ erarbeitet worden. Das Merkblatt konkretisiert und erläutert die Anforderungen der TA Siedlungsabfall für Deponien und soll insbesondere die Behörden bei der Umsetzung des Standes der Technik im konkreten Einzelfall unterstützen.

In einer gemeinsamen Fortbildungsveranstaltung des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW und des Landesumweltamtes NRW wurde am 27./28. Juni 1995 im Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (BEW) in Essen der Entwurf des Merkblattes vorgestellt. Darüber hinaus wurde das derzeit lebhaft diskutierte Thema „Gleichwertigkeit alternativer Abdichtungssysteme“ in einem gesonderten Vortragsblock aufgegriffen.

Die Vorträge sollen mit dieser Publikation einem größeren Kreis von Fachleuten zugänglich gemacht werden. Sie geben die persönliche Auffassung der Referenten und Referentinnen wieder.

Mein Dank gilt allen an dieser Veranstaltung Beteiligten. Ich hoffe, daß durch das Merkblatt eine Hilfestellung bei der Umsetzung der TA Siedlungsabfall gegeben wird, und daß die Diskussion der Themen zu einer Fortentwicklung des technischen Standards bei Deponien führt.

Essen, im September 1996



Dr. Ing. Harald Irmer
Präsident des
Landesumweltamtes NRW

Inhalt	Seite
Vorwort _____	3
Liste der Referentinnen und Referenten _____	7
Begrüßung und Einführung <i>RD Dr. Bauer, MURL NRW</i> _____	9
Grundsätze zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall in NRW <i>MR Dierkes, MURL NRW</i> _____	11
Rechtliche Instrumente zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Altdeponien <i>RR'in Wender, MURL NRW</i> _____	17
Beurteilungshilfe zur Ablagerung von Abfällen <i>RR z.A. Dr. Malorny, LUA NRW</i> _____	22
Standortsuchverfahren und Hinweise zur Beurteilung der Geologischen Barriere <i>RBD Anemüller, Bezirksregierung Arnsberg</i> _____	37
Materialanforderungen an Abdichtungs- und Entwässerungsschichten <i>Dipl.-Ing. Schicketanz, Ing.-Büro Schicketanz</i> _____	53
Optimierung der Betriebsführung und Hinweise zur Sickerwasserminimierung <i>Dipl.-Ing. Amann, Verw.-Zentrum Erftkreis</i> _____	69
Deponiegaserfassung bei Altdeponien <i>Prof. Dr. Ehrig, Universität GHS Wuppertal</i> _____	76
Anforderungen an die Überwachung und Kontrollen nach TA Siedlungsabfall <i>ORR'in Dr. Winkler, StUA Aachen</i> _____	85
Auswirkung von unterschiedlichen Oberflächenabdeckungen/Abdichtungen auf das Emissionsverhalten von Altdeponien <i>Dipl.-Biol.'in Krümpelbeck</i> _____	96
Entwurf einer neuen Richtlinie zur Selbstüberwachung bei Deponien, Teilbereich Wasser <i>Prof. Dr. Lendermann, GHS Paderborn</i> _____	109

Angaben für die Vorlage von Jahresberichten nach TA Siedlungsabfall und TA Abfall *) <i>Dr. Prabucki, SIG Essen</i> _____	-
Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Beurteilung der Gleichwertigkeit von alternativen Abdichtungssystemen durch das DIBt <i>BD Dipl.-Ing. Herold, DIBt Berlin</i> _____	118
Einsatzmöglichkeiten von erweiterten Kapillarsperren <i>Dr. Melchior, Bernd Steinert, Karin Burger und Günter Miehlisch, Universität Hamburg</i> _____	136
Anforderungen an Asphaltabdichtungen *) <i>Prof. Dr.-Ing. Steffen, SIG Essen</i> _____	-
Erfahrungen mit Wasserglassystemen <i>Prof. Dr.-Ing. Düllmann, Geotechn. Büro Düllmann</i> _____	156
Einbaukriterien und Qualitätssicherung bei Bentonitmatten <i>Dipl.-Ing. Heyer, TU München</i> _____	174
Liste der bisher erschienenen LUA-Materialien _____	188

*) Eine schriftliche Fassung des Vortrages lag zum Zeitpunkt der Drucklegung nicht vor.

Referentenliste

Dipl.-Ing. Amann

Trieneckens Entsorgung GmbH, Niederlassung Verwertungszentrum Erftkreis,
Seestr. 2a, 50374 Erftstadt-Liblar

RBD Anemüller

Bezirksregierung Arnberg, Postfach, 59817 Arnberg

RD Dr. Bauer

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW,
40190 Düsseldorf

MR Dierkes

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW,
40190 Düsseldorf

Prof. Dr.-Ing. Düllmann

Geotechnisches Büro Prof. Düllmann, Neuenhofstr. 112, 52078 Aachen

Prof. Dr. Ehrig

Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, Abfall- und Siedlungswasser-
wirtschaft, Pauluskirchstr. 7, 42285 Wuppertal

BD Herold

Deutsches Institut für Bautechnik, Kolonnenstr. 30, 10829 Berlin

Dipl.-Ing. Heyer

Prüfamt für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik der Technischen Universität
München, Baumbachstr. 7, 81245 München

Dipl.-Biol.'in Krümpelbeck

Oskar-Hoffmann Str. 15, 44789 Bochum

Prof. Dr. Lendermann

Königsfuhr 3, 33154 Salzkotten

RR z. A. Dr. Malorny

Landesumweltamt NRW, Postfach 102363, 45023 Essen

Dr. Melchior

Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende Platz 2,
20146 Hamburg

Dr. Prabucki

Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH, Postfach 185543, 45205 Essen

Dipl.-Ing. Schicketanz
Ingenieurbüro Schicketanz, Graf-Schwerin Str. 1, 52066 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Steffen
Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH, Postfach 185543, 45205 Essen

RR'in Wender
Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW,
40190 Düsseldorf

ORR'in Dr. Winkler
Staatliches Umweltamt Aachen, Franzstr. 49, 52064 Aachen

Begrüßung und Einführung

RD Dr. Bauer, MURL NRW

Ich begrüße Sie zur gemeinsamen Fortbildungsveranstaltung des Landesumweltamtes NRW und des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft im Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft mit dem Titel:

"Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Deponien in Nordrhein-Westfalen".

Gestatten Sie mir zu Beginn dieser Veranstaltung einen kurzen Rückblick auf den zu behandelnden Gesamtkomplex.

Die Bundesregierung hat am 21. April 1993 die TA Siedlungsabfall verabschiedet, die am 1. Juni 1993 in Kraft getreten ist. Somit liegen sowohl für die Sonderabfallentsorgung als auch für die Siedlungsabfallentsorgung zwei Regelwerke vor, mit deren technischen Vorgaben sich die deutsche Entsorgungswirtschaft in einer Vorreiterrolle befindet.

Mit der TA Siedlungsabfall wird das Kapitel "Alte Hausmüllentsorgung" abgeschlossen.

Die TA Siedlungsabfall fordert emissions- und nachsorgearme Deponien.

Die Schadstoffentfrachtung und Restabfallbehandlung durch biologische oder thermische Verfahren werden in der Zukunft besondere Aufmerksamkeit erfahren. Es sind erhöhte Anstrengungen zu unternehmen, insbesondere die biologischen Verfahren weiter zu entwickeln, denn die zu deponierenden Reststoffe sollen so stabil sein, daß möglichst keine erheblichen chemischen Reaktionen mehr im Deponiekörper stattfinden können.

Vorerst baut die TA Siedlungsabfall besonders auf die thermische Behandlung, ohne die die im Anhang B vorgeschriebenen restlichen organischen Anteile des Reststoffes zur Zeit noch nicht eingehalten werden können, obwohl die sogenannten "Kalten Verfahren" einen sehr hohen technischen Standard erreicht haben.

Von verschiedenen Seiten wird immer wieder die einseitige Fixierung der TA Siedlungsabfall auf die thermische Behandlung kritisiert. Der Bundesrat hat dem Rechnung getragen und der Bundesregierung den Auftrag erteilt, bis Ende 1995 die Maßstäbe für eine ausnahmsweise oder uneingeschränkte Zulassung der umweltverträglichen Ablagerung von Rückständen aus biologisch-mechanischen Verfahren für Siedlungsabfälle zu benennen.

Nicht eingehen möchte ich in diesem Zusammenhang auf den Entwurf der EG-Deponie-Richtlinie, der einen niedrigeren Stand ansetzt als die TA Siedlungsabfall.

Zielsetzung dieser Veranstaltung ist es, einen Überblick zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall in Nordrhein-Westfalen zu vermitteln.

In dieser Veranstaltung wird der Entwurf eines Merkblattes vorgestellt werden, das unter Federführung des Landesumweltamtes mit Beteiligung von Fachleuten aus der Abfallwirtschaftsverwaltung aus Ingenieurbüros, der Entsorgungswirtschaft etc. erarbeitet wurde mit dem Titel: "Anwendung der TA Siedlungsabfall bei Deponien".

Dazu werden selbstverständlich auch interessante Randprobleme zur Sprache kommen.

Das Merkblatt konkretisiert und interpretiert die Anforderungen der TA Siedlungsabfall für Deponien. Es soll insbesondere die Behörden bei der Umsetzung des Standes der Technik im konkreten Einzelfall unterstützen. Hierzu gehören Planung, Errichtung, Betrieb und Nachsorge von Deponien, um nur die wichtigsten Gliederungspunkte des Merkblattes aufzuzeigen.

Ich sehe diese Veranstaltung, die als Fortbildung deklariert ist, nicht nur als solche, sondern auch vielleicht als kleines Forum, das versucht, sich in 2 Tagen mit der TA Siedlungsabfall und ihren Folgen detailliert auseinanderzusetzen. Dies ist grundsätzlich notwendig für alle in der Entsorgung tätigen Fachleute und Entscheidungsträger, denn Sie müssen ihr zukünftiges Handeln nach den neuen Maximen und Zielen ausrichten.

Ich hoffe, daß Ihnen und allen Interessierten mit diesem Merkblatt in erster Linie eine Hilfestellung bei der Bearbeitung und Verarbeitung wesentlicher Fragen im Zusammenhang mit der TA Siedlungsabfall gegeben wird und daß auch diese Veranstaltung ihren Beitrag dazu leistet.

Zum Schluß meiner Einführung möchte ich nicht die Gelegenheit versäumen, denjenigen zu danken, die diese Veranstaltung organisierten und durchführen.

Ich wünsche der Veranstaltung besonders interessante Diskussionen, einen guten Verlauf und es würde mich freuen, wenn die Teilnahme an dieser Veranstaltung für alle ein Gewinn sein würde.

Vielen Dank!

Grundsätze zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall in Nordrhein-Westfalen

MR Dierkes, MURL NRW

Die TA Siedlungsabfall, die Anforderungen an die Entsorgung von Abfällen nach dem Stand der Technik enthält, hat im Bereich der Ablagerung weitreichende Auswirkungen auf die Planung, den Bau und Betrieb neuer Deponien und auf die Anpassung von Altdeponien.

Beim Aufzeigen von Grundsätzen zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall in Nordrhein-Westfalen wird nachfolgend - beschränkt auf Deponien - auf folgende Punkte eingegangen:

- Geltungsbereich
- Nachträgliche Anordnungen bei Altdeponien
- Fristen für die Durchsetzung der Ablagerung mineralischer Restabfälle
- Zuordnungswerte
- Maßnahmen zur Vereinheitlichung des Vollzugs.

1. Geltungsbereich

1.1 Abfallarten

Die TA Siedlungsabfall gilt gemäß Nr. 1.2 für Deponien, auf denen

- Siedlungsabfälle entsorgt werden,
- produktionsspezifische und besonders überwachungsbedürftige Abfälle abgelagert werden, die gemeinsam mit Siedlungsabfällen oder wie diese entsorgt werden können.

Produktionsspezifische Abfälle im Sinne der TA Siedlungsabfall sind Abfälle, die nach Art, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können.

Die Zuordnung von Abfällen zu den Deponieklassen I und II erfolgt grundsätzlich anhand der Zuordnungskriterien des Anhangs B (Nr. 4.2). Zur Prüfung der Zulässigkeit von Ausnahmen sind andere Regelungen, insbesondere die

- Ausnahmeregelungen in Nr. 2.4,
- Regelungen für Monodeponien in Nr. 4.2.4 oder
- Ausnahmen von der Zuordnung bei Deponien in Nr. 12.1

heranzuziehen.

1.2 Altdeponien

Altdeponien sind nach Nr. 2.2.1 Deponien, die am 01.06.1993

- noch betrieben wurden,
- zugelassen waren oder
- im Planfeststellungsverfahren öffentlich bekannt gemacht worden waren.

1.3 Neue Deponien

Neue Deponien sind gemäß v.g. Nummer Anlagen, deren Vorhaben am 01.06.1993 noch nicht in einem Planfeststellungsverfahren bekannt gemacht worden waren. Für diese Deponien sind seit diesem Zeitpunkt die Maßstäbe der TA Siedlungsabfall zugrunde zu legen.

2. Nachträgliche Anordnungen bei Altdeponien

Anforderungen, die bei Altdeponien einzuhalten sind bzw. eingehalten werden sollen, ergeben sich aus den Abschnitten

- Anforderungen an Altanlagen (Nr. 11)
 - + mit den allgemeinen Anforderungen (Nr. 11.1) und
 - + mit den baulichen und betrieblichen Anforderungen (Nr. 11.2)
- Übergangsvorschriften (Nr. 12).

Anpassungsmaßnahmen bei bestehenden Deponien anzuordnen, stellt für die zuständigen Behörden keine neue Aufgabe dar. Für die Anpassungen, die die TA Siedlungsabfall fordert, ist es erforderlich,

- sich einen Überblick über die notwendigen Anpassungsmaßnahmen bei allen Altdeponien zu verschaffen,
- auf der Grundlage dieses Überblicks Prioritäten zu setzen.

Auf dieser Basis können die jeweiligen Behörden den von ihnen in diesem Bereich abzuarbeitenden Aufgabenumfang ermitteln.

2.1 Allgemeine Anforderungen an Altanlagen

Für alle Altdeponien sind spätestens bis zum 01.06.1996 nachträgliche Anordnungen mit folgenden Maßgaben zu erlassen:

- a) Spätestens bis zum 01.06.1999 sind die Anforderungen an die Organisation und das Personal sowie an die Information und Dokumentation einzuhalten (Nr. 11.1 Buchstabe a).

- b) Spätestens bis zum 01.06.2002 sind die aus dem Abschnitt 7 "Übergreifende Anforderungen an Zwischenlager, Behandlungsanlagen und Deponien" relevanten Anforderungen umzusetzen.

Diese umfassen bei Altdeponien insbesondere

- die Einrichtung verschiedener Anlagenbereiche und
- die Festlegung anlagenspezifischer Anlieferungsbedingungen.

Die speziellen Anlieferungsbedingungen sind in der Betriebsordnung vorzugeben.

2.2 Nachrüstprogramm

Für Altdeponien soll die zuständige Behörde gemäß Nr. 11.2.1 nachträgliche Anordnungen mit der Maßgabe erlassen, daß

- ein Nachrüstprogramm aufzustellen ist und
- innerhalb von zwei Jahren nach Anordnung vollständige und prüffähige Pläne vorzulegen sind.

Hierbei sind bestimmte Anforderungen (Nr. 11.2.1 Buchstaben e) bis h)) zu beachten.

Die Soll-Vorschrift in Nr. 11.2.1, Buchstabe a), eröffnet der zuständigen Behörde die Möglichkeit, in begründeten Einzelfällen auf ein Nachrüstprogramm zu verzichten. Dies ist z.B. möglich, wenn die erforderliche Nachbesserung einer Deponie durch eine nachträgliche Auflage nach §§ 8 Abs. 1 AbfG erreicht werden kann.

Die TA Siedlungsabfall gibt für die o.g. nachträglichen Anordnungen und für die Einhaltung dieser Anforderungen keine festen Termine vor.

Dies war zum einen nicht möglich, da der TA Siedlungsabfall eine große Anzahl von Hausmüll-, Bauschutt- und Klärschlammdeponien sowie Deponien für produktionsspezifische Abfälle unterfallen. Zum anderen sind die Zeiträume, die

- die Behörden für die Anordnungen zur Aufstellung eines Nachrüstprogrammes,
- die Betreiber für die Erarbeitung dieses Nachrüstprogramms und
- die Behörden für die Durchführung des Zulassungsverfahrens

benötigen, je nach Gegebenheiten der Einzelfälle höchst unterschiedlich.

Wenn die TA Siedlungsabfall auch keinen ausdrücklichen Zeitraum vorgibt, in dem die Aufstellung eines Nachrüstprogramms anzuordnen ist, so ergibt sich aus deren Sinn für die zuständigen Behörden dennoch das Erfordernis, hierbei zügig und nötigenfalls nach einer begründeten Prioritätenfolge vorzugehen.

Die Maßnahmen, die Bestandteil des Nachrüstprogramms sind, sollen nach Nr. 11.2.1, Buchstabe d), von den Behörden mit der Maßgabe zugelassen oder angeordnet werden, daß diese spätestens sechs Jahre, nachdem die Zulassung oder Anordnung rechtskräftig geworden ist, einzuhalten sind.

Bei der Festlegung dieser Frist haben die Behörden in Nordrhein-Westfalen zu beachten, daß § 1 LAbfG die Einhaltung des Standes der Technik fordert. Hierzu verpflichtet § 25a LAbfG ausdrücklich denjenigen, der eine Abfallentsorgungsanlage errichtet oder betreibt.

Für Hausmülldeponien, die Altdeponien darstellen, gibt Nr. 11.2.1 Abs. 2 Anforderungen vor, die mindestens einzuhalten sind:

1. Die Deponie muß Anforderungen

- an die Stabilität (Nr. 10.5) und
- an den Betrieb (Nr. 10.6)

erfüllen.

2. Das Deponiegas ist nach Möglichkeit zu fassen und zu verwerten.

3. Das Sickerwasser ist soweit wie möglich zu erfassen, zu kontrollieren und ggf. zu behandeln.

4. Abschnitte sind nach Verfüllung mit einem Oberflächenabdichtungssystem zu versehen. Wenn große Setzungen zu erwarten sind, kann zunächst eine Abdeckung vorgenommen werden.

Diese Anforderungen gelten gemäß Nr. 11.2.2 auch für sonstige Deponien. Hier kann die zuständige Behörde bezogen auf den Einzelfall entscheiden, welche dieser Anforderungen in das Nachrüstprogramm aufzunehmen sind.

Das Nachrüstprogramm ermöglicht dem Zulassungsinhaber, hierin geeignete Anpassungsmaßnahmen vorzuschlagen, die den Anforderungen für Altdeponien genügen.

3. Fristen für die Durchsetzung der Ablagerung mineralischer Abfälle

Nach der Übergangsvorschrift in Nr. 12.1 kann die zuständige Behörde für bestimmte Abfälle für unterschiedliche Zeiträume Ausnahmen von den Zuordnungswerten des Anhangs B zulassen.

Diese Ausnahmen sind begrenzt auf die Abfallarten:

- Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlamm und andere organische Abfälle (bis 01.06.2005),
- Bodenaushub, Bauschutt und andere mineralische Abfälle (bis 01.06.2001).

Voraussetzung für eine befristete Ausnahme ist, daß bei diesen Abfällen aus Gründen mangelnder Behandlungskapazitäten die Zuordnungskriterien nicht erfüllt werden können.

Entsprechende Ausnahmen können sowohl für Deponien der Klasse II als auch für Deponien der Klasse I zugelassen werden.

Die zuständigen Behörden sind gehalten, unter Beachtung der Gegebenheiten des jeweiligen Einzelfalls den Zeitraum möglichst kurz zu halten.

Zur Befristung wird auf die nächstgehefteten Ausführungen von Frau Wender zum Thema "Rechtliche Instrumente zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Altdeponien" verwiesen.

4. Zuordnungswerte

Nr. 12.2 der TA Siedlungsabfall sieht vor, daß die zuständige Behörde bis zum 01.06.1995 nachträgliche Anordnungen zu erlassen hat zur Einhaltung

- der Zuordnungskriterien für die Ablagerung (Nr. 4.2) und
- der Fristen nach Nr. 12.1.

Bei der Vorgabe der Anforderungen, denen die abzulagernden Abfälle zu genügen haben, hat die Bundesregierung hinsichtlich der Reduzierung organischer Schadstoffgehalte das Leistungsvermögen von Verbrennungsanlagen zu Grunde gelegt.

Da in der TA Siedlungsabfall Anforderungen festzulegen sind, die durch Anlagen nach dem Stand der Technik erreichbar sind, ist folgerichtig, daß der Bund als Maßstab für die Reduzierung der organische Gehalte der Abfälle strenge Zuordnungswerte bei den Parametern Glühverlust und TOC (Gesamtgehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff) vorgegeben hat.

Die Zuordnungswerte für Schwermetalle und Salze hat der Bund überwiegend aus der TA Abfall, Teil I, abgeleitet, indem dortige Werte für die Deponieklasse II auf die Hälfte und diese Werte für die Deponieklasse I noch einmal auf ein Fünftel reduziert worden sind.

Der Bund hat die Deponie-"Input-Kriterien" für Schwermetalle durchweg ohne fachliche und wasserwirtschaftliche Erfordernisse sehr eng begrenzt.

Bei den Deponien kann es zu einer Auswaschung von Schwermetallen erst kommen, wenn der pH-Wert der Abfälle erheblich abgesenkt wird. Dies kann bei den Deponien

nach der TA Siedlungsabfall zum einen wegen der ausschließlichen Ablagerung von mineralischen Abfällen und zum anderen wegen der Oberflächenabdichtungen ausgeschlossen werden. Schwermetalle, die während der Einbauphase in geringen Mengen ausgewaschen werden können, werden über die Sickerwassererfassung einer Abwasserbehandlungsanlage zugeführt. Vor diesem Hintergrund wäre eine Anhebung der Zuordnungswerte für Schwermetalle auch mit dem Gewässerschutz vereinbar gewesen.

Es ist zu erwarten, daß es aufgrund der o.g. engen Begrenzungen Probleme gibt mit der Zuordnung vieler produktionsspezifischer Abfälle zu den Deponieklassen I und II der TA Siedlungsabfall. Bei diesen liegen zwar Überschreitungen verschiedener Zuordnungswerte dieser Deponieklassen vor, ohne daß aus wasserwirtschaftlicher Sicht das Erfordernis besteht, diese Abfälle einer Sonderabfalldeponie zuzuführen.

Hinsichtlich des Vorgehens bei der Festlegung der Zuordnungskriterien wird auf den vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen im Auftrag des MURL erarbeiteten Entwurf der Beurteilungshilfe zur Ablagerung von Abfällen verwiesen.

5. Maßnahmen zur Vereinheitlichung des Vollzugs der TA Siedlungsabfall

Für eine landeseinheitliche und lösungsorientierte Umsetzung der TA Siedlungsabfall sind zu einer Vielzahl ihrer Regelungen zusätzliche Erläuterungen und Konkretisierungen erforderlich.

Das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) des Landes NRW kann sich dabei auf Vorarbeiten stützen und hat zusätzliche eine Reihe von Maßnahmen veranlaßt.

Hingewiesen wird in diesem Zusammenhang auf

- den Runderlaß des MURL vom 28.10.1993 zu "Mineralischen Deponieabdichtungen" (Richtlinie des Landesumweltamtes NRW),
- die vom Landesumweltamt eingeleitete Erarbeitung eines Entwurfs einer "Allgemeinen Auswertevorschrift" für die von den Deponiebetreibern zu erstellenden Jahresübersichten (Nr. 6.4.4.2),
- die Erarbeitung eines Merkblattes des LUA zur Anwendung der TA Siedlungsabfall bei der Ablagerung von Siedlungsabfällen, das deren z.T. allgemeine und nicht immer klare Vorschriften dezidiert interpretiert und konkretisieren soll.

Das MURL beabsichtigt, dieses Merkblatt durch einen im Ministerialblatt veröffentlichten Runderlaß zur Beachtung zu empfehlen.

Rechtliche Instrumente zur Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Altdeponien

RR'in Wender, MURL NRW

1. Allgemeines

Die TA Siedlungsabfall (TASi) ist eine allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung und konkretisiert gem. § 4 Abs. 5 AbfG die Anforderungen an die Entsorgung von Abfällen nach dem Stand der Technik. Sie füllt damit den Grundsatz des § 2 Abs. 1 Satz 2 AbfG aus, wonach Abfälle so zu entsorgen sind, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Zwar ist für die Zulassung der Errichtung und des Betriebs von Deponien nicht Voraussetzung, daß diese dem Stand der Technik entsprechen, jedoch sind die in der TA Siedlungsabfall zum Stand der Technik enthaltenen Vorgaben wesentliche Kriterien für die Beurteilung, ob bestimmte Anordnungen zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit erforderlich sind. Dabei gehen die Anforderungen der TASi allerdings insoweit über den Begriff "Wohl der Allgemeinheit" i.S.d. § 2 AbfG hinaus, als ihr Zweck nicht nur die Verhinderung gegenwärtiger Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit i.S. von Gefahrenabwehr durch die Festlegung von Schutzstandards ist, sondern sie auch Vorsorgestandards zur Verhinderung zukünftiger Altlasten enthält.

Die TASi schreibt mit ihrem Inkrafttreten den geltenden Stand der Technik fest. Nach § 1 LAbfG ist der Stand der Technik, so wie er in den Verwaltungsvorschriften des Bundes zum Ausdruck kommt, geltendes Recht. § 25 a des Landesabfallgesetzes in der Fassung vom 1. Mai 1995 enthält eine Ermächtigungsgrundlage zur Umsetzung des Standes der Technik.

Als Verwaltungsvorschrift hat die TASi keine unmittelbare rechtliche Außenwirkung gegenüber den Bürgern, insbesondere den Betreibern von Abfallentsorgungsanlagen, sondern richtet sich nur an die Vollzugsbehörden.

Anforderungen an Altdeponien enthält die TASi in den Ziffern 11 sowie 12. Der Begriff der "Altanlage" ist in Ziffer 2.2.1 definiert: Es handelt sich dabei um Anlagen,

- deren Betrieb noch nicht abgeschlossen ist,
- deren Errichtung und Betrieb zum Zeitpunkt des Inkrafttretens zugelassen ist oder
- deren Vorhaben im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens öffentlich bekannt gemacht worden ist.

Zu den sich aus Ziffern 11 und 12 ergebenden einzelnen Anforderungen wird auf die Ausführungen von Herrn Dierkes verwiesen.

Die Anforderungen der TASI bei Altdeponien sind umzusetzen entweder durch nachträgliche Anordnungen nach § 8 Abs. 1 Satz 3 AbfG (bzw. § 9 bei Altanlagen, die schon vor dem 11.06.1972 betrieben wurden) oder durch eine Zulassung nach § 7 Abs. 2 oder 3 AbfG, falls die Anpassungsmaßnahme eine wesentliche Änderung darstellt. Die Erteilung von Auflagen im Rahmen eines Zulassungsverfahrens nach § 7 i.V.m. § 8 Abs. 1 Satz 1 sowie der Erlaß nachträglicher Auflagen nach § 8 Abs. 1 Satz 3 AbfG stehen grundsätzlich im Ermessen der zuständigen Behörde. Voraussetzung dafür ist, daß die Anordnung zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit erforderlich ist.

Die TASI konkretisiert insoweit die unbestimmten Rechtsbegriffe "Wohl der Allgemeinheit", "erforderlich" sowie "Stand der Technik" durch generelle Standards, die einen gleichmäßigen und berechenbaren Gesetzesvollzug sicherstellen sollen (normkonkretisierende Verwaltungsvorschrift). Da die Anordnung von Auflagen sowie nachträgliche Anordnungen zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit im Ermessen der zuständigen Behörde liegen, gibt die TASI insoweit auch Vorgaben für eine gleichmäßige und dem Grundsatz der Gleichbehandlung entsprechende Ermessensausübung der Behörde (ermessenslenkende Verwaltungsvorschrift). Entsprechend der Art des Zustandekommens der TASI insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Anhörung der beteiligten Kreise und die Zustimmung des Bundesrates verkörpern die in der TASI niedergelegten Standards in hohem Maße wissenschaftlich-technischen Sachverstand und haben daher eine gegenüber gewöhnlichen Verwaltungsvorschriften herausgehobene Bedeutung

2. Bindungswirkung

Für die Frage, inwieweit die TASI im Hinblick auf die Normauslegung sowie Ermessensausübung als Verwaltungsvorschrift Bindungswirkung für die Vollzugsbehörde entfaltet bzw. inwieweit die Behörde im Einzelfall von den Vorgaben der TASI abweichende Anordnungen treffen kann, ist nach Sinn und Zweck allgemeiner Verwaltungsvorschriften zu beurteilen. Darüber hinaus kommt es auf den Inhalt der einzelnen Regelung der Verwaltungsvorschrift selbst an.

Grundsätzlich stellen die Regelungen der TASI für Deponien Mindestanforderungen dar, die die Auslegung unbestimmter Rechtsbegriffe und das Ermessen für den Regelfall lenken. Dies gilt auch für die Frage der Verhältnismäßigkeit im Rahmen der Ermessensprüfung, deren Beurteilung in dem der Verwaltungsvorschrift zugrundeliegenden Regelfall ebenfalls vorweggenommen ist. Eine Abweichung ist nur dann zulässig, wenn der Stand der Technik nachweislich weiter fortgeschritten ist oder aber ein atypischer, in wesentlichen Punkten vom Regelfall abweichender Einzelfall vorliegt und die strikte Anwendung der TASI in diesem Einzelfall zu einem Verstoß gegen den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz führen würde.

2.1 Inhalt der TASI

Die Reichweite der Bindungswirkung ist darüber hinaus davon abhängig, inwieweit die Anforderungen der TASI selbst konkretisierungsbedürftig sind bzw. Ermessen einräumen. Denn die TASI enthält mit "Muß"-, "Soll"- und "Kann"-Vorschriften selbst unterschiedliche Ermessensstufen, die jeweils eine unterschiedliche Bindung der Vollzugsbehörde begründen. Des weiteren ist bei Zweifelsfragen der Inhalt der Regelung im Wege der Auslegung zu ermitteln.

Im Fall von "Muß"- und "Soll"-Vorgaben besteht ebenfalls eine Bindung der Behörde für den Regelfall, von der sie in atypischen Einzelfällen abweichen kann. Hierzu zählen z.B. die allgemeinen Anforderungen nach Ziffer 11.1, die die Behörde im Wege nachträglicher Anordnungen umzusetzen "hat".

Das gleiche gilt für die "Soll"-Vorgabe gem. Ziffer 11.2.1, bei Hausmülldeponien unter Beachtung der Mindestanforderungen nach Buchst. e) bis h) ein Nachrüstprogramm aufzustellen. In begründeten Einzelfällen kann ggf. auf ein Nachrüstprogramm verzichtet und die jeweilige Anforderung unmittelbar im Wege der nachträglichen Anordnung umgesetzt werden.

Eine reine Einzelfallentscheidung stellt dagegen die Regelung der Ziffer 11.2.2. bei sonstigen Deponien dar. Zwar verweist auch diese auf die Anforderungen nach Ziffer 11.2.1. Über die Anforderungen entscheidet die Behörde jedoch im Einzelfall. Hier beschränkt sich daher die Prüfung der Behörde nicht auf die Frage, ob besondere Umstände des Einzelfalls eine Abweichung von den Vorgaben rechtfertigen. Vielmehr hat die Behörde im Rahmen ihrer Ermessensausübung eine Abwägung aller Gesichtspunkte des Einzelfalls für die Frage vorzunehmen, ob eine nachträgliche Anordnung nach Ziffer 11.2.1 zu erlassen ist.

Das gleiche gilt für "Kann"-Vorschriften. Auch hier hat die Behörde die Erforderlichkeit der Anordnung im jeweiligen konkreten Einzelfall zu prüfen. Eine solche Regelung stellt die Übergangsvorschrift der Ziffer 12.1 dar.

Für die Frage, ob und in welcher Form bei Altanlagen Abweichungen von den Anforderungen möglich sind, ist entscheidend, inwieweit die konkrete Anlage von dem den Verwaltungsvorschriften zugrunde liegenden Fall abweicht.

Für Altdeponien sieht die TASI in Ziffer 11.2.1 für Hausmülldeponien bestimmte Mindestanforderungen vor, die bei der Neuzulassung von Anlagen gelten und die bei Altdeponien im Rahmen eines Nachrüstprogramms angeordnet werden sollen. Entscheidend für die Beurteilung des "Regelfalls" oder eines atypischen Sachverhalts ist damit, inwieweit die Altdeponie mit einer Neuanlage zu vergleichen ist. Hierbei kann es auf die Restlaufzeit sowie das Restvolumen ankommen sowie auch auf den technischen Mehraufwand, der im Vergleich zu einer Neuanlage mit einer bestimmten Maßnahme verbunden ist.

Soweit es allerdings um die Vorbereitung der Nachsorge von Anlagen geht, macht es grundsätzlich keinen Unterschied, ob es sich um eine Neu- oder Altanlage handelt. Diese Anforderungen sind grundsätzlich auch bei Altanlagen umzusetzen.

Falls die Vollzugsbehörde feststellt, daß ein atypischer Einzelfall vorliegt, ist im Rahmen der Abwägung im Hinblick auf den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz des weiteren zu berücksichtigen, ob bzw. inwieweit eine Abweichung von den Anforderungen der TASI erfolgen sollte.

Maßstab ist hier zum einen, ob es um die Abwehr einer konkreten Gefahr geht bzw. wie groß die Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts unter Berücksichtigung seiner Folgen ist. Je schwerwiegender die zu erwartenden Umweltbeeinträchtigungen sein können, desto eher ist an den Anforderungen der TASI festzuhalten.

Des weiteren ist von Bedeutung, wie schwerwiegend die einzelne Maßnahme für den Betroffenen selbst wäre. Ist eine Maßnahme leicht umzusetzen, wie etwa die Anforderungen an die Organisation, das Personal oder die Überwachung, haben entsprechende Anordnungen zu erfolgen.

2.2. Problem: Basisabdichtung

Die in Ziffer 11.2.1 Buchst. e) bis h) aufgeführten Mindestanforderungen beinhalten nicht eine Basisabdichtung entsprechend den Vorgaben bei Neuanlagen nach Ziffer 10.4.1.3, insbesondere im Hinblick auf eine Kombinationsdichtung gem. Ziffer 10.4.1.3.2. Vor allem bei der Einrichtung eines bereits zugelassenen Deponieabschnitts, dessen Zulassung nicht diesen Anforderungen entspricht, stellt sich die Frage, inwieweit hier ggf. eine Regelungslücke besteht und auf Grundlage der TASI entsprechende Anforderungen nachträglich verlangt werden können oder sogar müssen.

Die TA Abfall, Teil 1, fordert in Ziffer 11.2 Buchst. g) ausdrücklich auch die Anforderungen an Deponiebasisabdichtungssysteme bei neu einzurichtenden Deponieabschnitten einzuhalten. Daraus läßt sich schließen, daß die TASI hier keine Regelungslücke enthält, sondern der Vorschriftengeber bewußt von der Notwendigkeit einer Basisabdichtung gem. den Vorgaben nach Ziffer 10.4.3.1 abgesehen hat.

Die Vollzugsbehörde hat daher bei der Frage der Art einer Basisabdichtung eine vollständige Ermessenprüfung im Einzelfall vorzunehmen, ohne daß das Ermessen wie bei den übrigen Anforderungen der Buchst. e) bis h) durch ein Regel-Ausnahme-Verhältnis eingeschränkt wäre.

2.3 Übergangsvorschrift Ziff. 12

Nach Ziffer 12.1 kann die zuständige Behörde Ausnahmen von den Zuordnungskriterien der Ziff. 4.2 zulassen, wenn absehbar ist, daß der Abfall aus Gründen mangelnder Behandlungskapazität die Zuordnungskriterien nicht erfüllen kann. Bei Hausmüll,

hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, Klärschlamm und anderen organischen Abfällen können Ausnahmen bis zum 1. Juni 2005, bei Bodenaushub, Bauschutt und anderen mineralischen Abfällen bis zum 1. Juni 2001 zugelassen werden. Die Zulassung ist mit den in den Buchst. a) bis c) enthaltenen Auflagen zu versehen. Nachträgliche Auflagen zur Einhaltung der Ziffer 4.2. sowie der Fristen nach Ziffer 12.1 sind bei Altanlagen gemäß Ziffer 12.2 bis zum 1. Juni 1995 zu erlassen.

Das Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen hat im März und April dieses Jahres in zwei Fällen im Eilverfahren entschieden, daß eine entsorgungspflichtige Körperschaft gesetzlich nicht verpflichtet ist, die thermische Behandlung von Restabfällen im Rahmen ihrer Abfallwirtschaftskonzepte bis zum Jahre 1999 sicherzustellen. Vor dem Hintergrund dieser OVG-Beschlüsse wird diese, bisher als restriktiv zu handhabende Ausnahmevorschrift angesehene Regelung, zukünftig flexibel, allerdings auf den Einzelfall bezogen, gehandhabt werden.

3. Ziffer 2.4

Ziffer 2.4 der TASI enthält eine allgemeine Ausnahmeregelung, wonach die zuständige Behörde Abweichungen von den Anforderungen der TASI zulassen kann, wenn im Einzelfall nachgewiesen wird, daß durch andere geeignete Maßnahmen das Wohl der Allgemeinheit - gemessen an den Anforderungen der TASI - nicht beeinträchtigt wird.

Die Auslegung dieser Vorschrift ist im Hinblick darauf umstritten, ob Maßstab für die Ausnahme die einzelnen Anforderungen der TASI selbst sind, etwa die im Anhang B enthaltenen Werte, oder aber ein allgemeinerer Maßstab zugrunde zu legen ist. Da die Regelung Ausnahmen von den "Anforderungen der TASI" zuläßt, wäre es ein Zirkelschluß, wenn die Möglichkeit einer Ausnahme wiederum an diesen Anforderungen gemessen würde. Ausnahmen wären danach kaum möglich. Vielmehr ist ein weiterer Maßstab zugrunde zu legen und der Begriff "Anforderungen" je nach Zusammenhang unterschiedlich zu interpretieren, wobei die übergeordneten Zielvorstellungen und Vorgaben der TASI entscheidend sind. Im Fall der Ablagerung sind daher maßgeblich etwa die Minimierung von Schadstoffen in Abfällen, die Vermeidung potentieller Altlasten, die weitgehende Inertisierung abzulagernder Abfälle, das Multibarrierenkonzept sowie die möglichst nachsorgefreie Deponie.

Beurteilungshilfe zur Ablagerung von Abfällen

RR z.A. Dr. Malorny, LUA NRW

Ziel der Beurteilungshilfe

Für die Entsorgung von Abfällen stehen mittlerweile die unterschiedlichsten Verfahren zur Verfügung. Sie werden alternativ oder in Kombination genutzt, häufig in einer Kette von Einzelschritten, die notwendig sind, um verwertbare oder ablagerungsfähige Stoffe zu gewinnen. Abb. 1 zeigt die starke Vernetzung der möglichen Entsorgungswege einschließlich Verwertung und läßt erkennen, welche Bedeutung die Abfall- und Reststoffbewertung für eine sachgerechte Zuordnung zu diesen Entsorgungswegen hat. Die Deponie hat eine besondere Bedeutung, da viele Entsorgungswege letztendlich zu ihr hinführen.

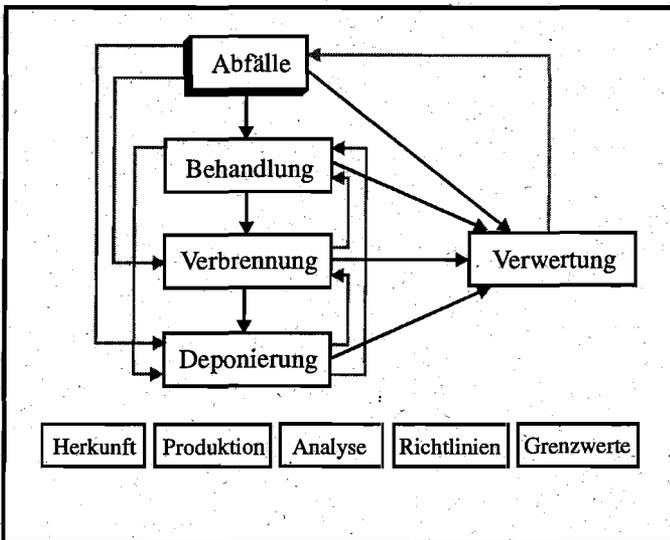


Abb. 1: Entsorgungswege und die sie bestimmenden Faktoren

Mit der Einführung der Zweiten und Dritten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall, Teil 1 [1] und TA Siedlungsabfall [2]) wurden einheitliche Entsorgungsstandards entsprechend dem Stand der Technik festgelegt, insbesondere für die Ablagerung. Hieraus ergab sich für das Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (vormals Landesamt für Wasser und Abfall) das Erfordernis, den Entwurf einer Richtlinie über die Untersuchung und Beurteilung von Abfällen, Teil 2 vom Juni 1987 [3], grundlegend zu überarbeiten. Dieser Entwurf ist 1987 in Form eines Gelbdrucks veröf-

fentlicht und zur Diskussion gestellt, später jedoch nicht als Richtlinie eingeführt worden.

Die TA Abfall, Teil 1 gilt für besonders überwachungsbedürftige Abfälle, die TA Siedlungsabfall für Siedlungsabfälle sowie für produktionsspezifische und besonders überwachungsbedürftige Abfälle, die gemeinsam mit Siedlungsabfällen oder wie diese entsorgt werden können. Die Ausweitung des Geltungsbereiches der TA-Siedlungsabfall auf produktionsspezifische Abfälle entspricht den abfallwirtschaftlichen Zielen, da die Erzeuger dieser Abfälle deren Schadstoffgehalte und schädlichen Eigenschaften durch geeignete Maßnahmen soweit reduzieren sollten, daß die Abfälle entweder stofflich verwertet oder in den Entsorgungsanlagen für Siedlungsabfälle behandelt bzw. abgelagert werden können [4]. Beide Verwaltungsvorschriften, die TA Abfall, Teil 1 und die TA Siedlungsabfall, enthalten Anforderungen an den Umgang und die Entsorgung von Abfällen nach dem Stand der Technik. Als Verwaltungsvorschriften stellen sie kein unmittelbar für Dritte geltendes Recht dar, sie entfalten eine Bindungswirkung für die Verwaltungsbehörden bei der Zulassung und Überwachung von Entsorgungsanlagen und legen für den Regelfall die behördliche Vorgehensweise fest.

Die TA Abfall, Teil 1 und die TA Siedlungsabfall regeln aber nicht jede Einzelfrage. Zum Treffen von konkreten Entscheidungen sind daher Konkretisierungen und Erläuterungen erforderlich. Jeweils in Nr. 2.4 der beiden Verwaltungsvorschriften ist eine allgemeine Ausnahmeregelung getroffen. Danach kann die zuständige Behörde Abweichungen von den Anforderungen dieser Technischen Anleitungen zulassen, wenn im Einzelfall der Nachweis erbracht wird, daß durch andere geeignete Maßnahmen *"das Wohl der Allgemeinheit,"* gemessen an den Anforderungen der TA Abfall, Teil 1 und der TA Siedlungsabfall, nicht beeinträchtigt wird. Der allgemeine Ausdruck *"das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt"*, der aus dem Abfallgesetz übernommen ist, ermöglicht den Vollzugsbehörden einen entsprechenden Ermessens- und Beurteilungsfreiraum.

Ausnahmen lassen die beiden Verwaltungsvorschriften zu in den Übergangsvorschriften für Altdeponien und in den Vorgaben der Zuordnungswerte unter besonderer Berücksichtigung stoff- bzw. deponiespezifischer Bedingungen. Für die Ausübung behördlichen Ermessens aufgrund dieser Regelungen soll die Beurteilungshilfe die TA Abfall, Teil 1 und TA Siedlungsabfall inhaltlich erläutern, konkretisieren und hierzu

- eine allgemein methodische Anleitung für Abfalluntersuchungen und Beurteilungen liefern,
- geeignete Untersuchungsparameter und -methoden zur Beurteilung von Abfällen darstellen,
- Kriterien für die Bewertung der Untersuchungsergebnisse und für die Zuordnung von Abfällen zu Entsorgungswegen aufzeigen und
- einen einheitlichen Vollzug im Land Nordrhein-Westfalen unterstützen.

In Deponien werden Abfälle auf Dauer abgelagert. Der Betrieb einer Deponie bedarf daher einer besonderen Sorgfalt, um das *"Wohl der Allgemeinheit"* vor Beeinträchtigungen zu schützen. Die TA Abfall, Teil 1 und die TA Siedlungsabfall sehen unter

diesem Grundsatz in den Eigenschaften eines Abfalls ein integrales Element ihrer Sicherheitsüberlegungen. Abfälle, die deponiert und nicht schadlos verwertet werden können, sollen nach dem Multi-Barrieren-Konzept selbst eine wirksame und dauerhafte Barriere gegen einen Schadstoffeintrag in die Umwelt darstellen. Diese "stoffliche Barriere" wird durch bestimmte Parameter definiert, die in den Zuordnungswerten der Anhänge D der TA Abfall, Teil 1 und B der TA Siedlungsabfall aufgeführt sind. Bei Überschreitung dieser Zuordnungswerte ist die Verbringung der Abfälle auf eine bestimmte Deponieklasse (DK) grundsätzlich ausgeschlossen.

Tabelle 1: Zuordnungswerte nach TA Siedlungsabfall und TA Abfall

Parameter	TA Si - DK I		TA Si - DK II		TA Abfall	
Festigkeit						
Flügelstabilität	≥ 25 KN/m ²		≥ 25 KN/m ²		≥ 25 KN/m ²	
Axiale Verformung	≤ 20 %		≤ 20 %		≤ 20 %	
Einaxiale Druckfestigkeit	≥ 50 KN/m ²		≥ 50 KN/m ²		≥ 50 KN/m ²	
Org. Anteil des Trockenrückstandes d. Originalsubstanz						
bestimmt als Glühverlust	≤ 3	Masse-%	≤ 5	Masse-%	≤ 10	Gew.-%
bestimmt als TOC	≤ 1	Masse-%	≤ 3	Masse-%	---	
Extrahierbare lipophile Stoffe	≤ 0,4	Masse-%	≤ 0,8	Masse-%	≤ 4	Gew.-%
Eluatkriterien						
pH-Wert	5,5 - 13		5,5 - 13		4 - 13	
Leitfähigkeit	≤ 10.000	µS/cm	≤ 50.000	µS/cm	≤ 100.000	µS/cm
TOC	≤ 20	mg/l	≤ 100	mg/l	≤ 200	mg/l
Phenole	≤ 0,2	mg/l	≤ 50	mg/l	≤ 100	mg/l
Arsen	≤ 0,2	mg/l	≤ 0,5	mg/l	≤ 1	mg/l
Blei	≤ 0,2	mg/l	≤ 1	mg/l	≤ 2	mg/l
Cadmium	≤ 0,05	mg/l	≤ 0,1	mg/l	≤ 0,5	mg/l
Chrom VI	≤ 0,05	mg/l	≤ 0,1	mg/l	≤ 0,5	mg/l
Kupfer	≤ 1	mg/l	≤ 5	mg/l	≤ 10	mg/l
Nickel	≤ 0,2	mg/l	≤ 1	mg/l	≤ 2	mg/l
Quecksilber	≤ 0,005	mg/l	≤ 0,02	mg/l	≤ 0,1	mg/l
Zink	≤ 2	mg/l	≤ 5	mg/l	≤ 10	mg/l
Fluorid	≤ 5	mg/l	≤ 25	mg/l	≤ 50	mg/l
Ammonium-N	≤ 4	mg/l	≤ 200	mg/l	≤ 1.000 (NH ₄)	mg/l
Chlorid	---		---		≤ 10.000	mg/l
Cyanide	≤ 0,1	mg/l	≤ 0,5	mg/l	≤ 1	mg/l
Sulfat	---		---		≤ 5.000	mg/l
Nitrit	---		---		≤ 30	mg/l
AOX	≤ 0,3	mg/l	≤ 1,5	mg/l	≤ 3	mg/l
Abdampfrückstand	≤ 3	Masse-%	≤ 6	Masse-%	≤ 10	Gew.-%

Nach Nr. 4.4.3.1 Abs. B der TA Abfall, Teil 1 und Nr. 4.2.1 der TA Siedlungsabfall sind Abfälle, bei denen aufgrund der Herkunft oder Beschaffenheit durch die Ablagerung wegen ihres Gehaltes an langlebigen oder bioakkumulierbaren organisch toxischen Stoffen eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu besorgen ist, grundsätzlich nicht einer oberirdischen Deponie zuzuordnen. Für Abfälle, die die Zuordnungswerte einer Deponieklasse nicht einhalten (s. Abb. 2), ist zu prüfen, ob die Kriterien der nächst höheren Deponieklassen erfüllt werden. Abfälle mit hohem organischen Anteil, die die Parameter Glühverlust und/oder TOC überschreiten, sind nach dem Stand der Technik thermisch zu behandeln. Weiterhin besteht für einige Schadstoffe die Möglichkeit, durch chemisch-physikalische Behandlung die Ablagerungsfähigkeit zu erreichen, z.B. durch Cyanidentgiftung oder Verfestigung. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die TA Siedlungsabfall, im Gegensatz zur TA Abfall, Teil 1, nicht die Möglichkeit eröffnet, Abfälle, die die Zuordnungswerte des Anhangs B der TA Siedlungsabfall überschreiten (mit Ausnahme der Parameter 1), nach Verfestigung auf Siedlungsabfalldeponien abzulagern (Karriereverbot) [5]. Vor einer Entsorgung ist nach Nr. 4.1 der TA Abfall, Teil 1 und der TA Siedlungsabfall zu beachten, daß Abfälle vorrangig zu verwerten sind.

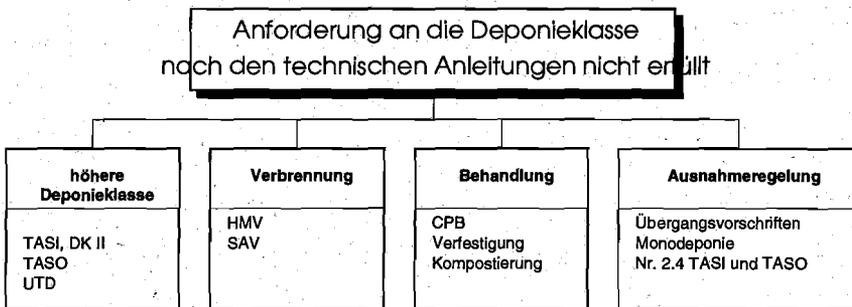


Abb. 2: Vorgehensweise bei Überschreitung der Zuordnungswerte des Anhangs D der TA Abfall, Teil 1 (TASO) und Anhang B der TA Siedlungsabfall (TASI)

Ausnahmen von den Zuordnungswerten der Anhänge D und B der technischen Anleitung Abfall ermöglichen

- die Übergangsvorschriften (Nr. 12.1.2 TA Abfall, Teil 1 und Nr. 12.1 TA Siedlungsabfall),
- die Ablagerung des Abfalls auf Monodeponien oder im gesonderten Monobereich einer Deponie (Nr. 4.4.3.3 TA Abfall, Teil 1 und Nr. 4.2.4 TA Siedlungsabfall) sowie
- die allgemeine Ausnahmeregelung Nr. 2.4 der TA Abfall, Teil 1 und TA Siedlungsabfall (s. Abb. 2).

Dabei ist zu beachten, daß Ausnahmen von den grundsätzlichen Schutzziele dieser technischen Anleitungen nicht möglich sind. Abweichungen von den konkreten Vor-

gaben der technischen Anleitungen können also nur dann erfolgen, wenn durch eine Gesamtbetrachtung nachgewiesen wird, daß die grundsätzlichen Schutzziele mit anderen Mitteln erreicht werden.

Ausnahmeregelungen zu den Zuordnungswerten in dem Anhang D der TA Abfall, Teil 1 und Anhang B der TA Siedlungsabfall können im Rahmen von Einzelfallentscheidungen getroffen werden. Die Zuordnungswerte können danach überschritten werden, wenn bei der Beurteilung des Abfalls nach Nr. 2.4 der beiden technischen Anleitungen folgende konkretisierende Kriterien in die Entscheidung (Gesamtbetrachtung) mit einbezogen werden (s. Abb. 3).

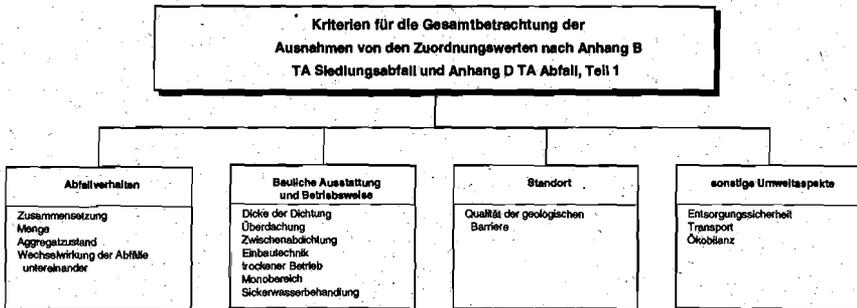


Abb. 3: Kriterien für die Gesamtbetrachtung bei der Abweichung nach Nr. 2.4 TA Abfall, Teil 1 und TA Siedlungsabfall

Neben den Zuordnungswerten in den Anhängen D und B der TA Abfall, Teil 1 bzw. der TA Siedlungsabfall, die mit ihren 20 Parametern nur den Regelfall darstellen, können fallweise stoffangepaßte Untersuchungen weiterer signifikanter Parameter, die sich aus der Herkunft und/oder der Zusammensetzung des Abfalls ergeben, zu einer sachgerechten Beurteilung erforderlich sein (s. auch Nr. 4.4.3.1, Abs. b der TA Abfall, Teil 1 und Nr. 4.2.1 der TA Siedlungsabfall). Die Beurteilungshilfe wird daher über die Zuordnungswerte der TA Abfall, Teil 1 bzw. TA Siedlungsabfall weitere Parameter benennen. Diese zusätzlichen Zuordnungswerte sollen den Charakter von Grenz- oder Prüfwerten erhalten. Prüfwerte stellen keine Höchstwerte im Sinne einer oberen Begrenzung der Deponieklasse dar. Es handelt sich vielmehr um Werte, bei deren Überschreitung eine Einzelfallentscheidung für notwendig gehalten wird. Für diese Einzelfallentscheidung muß das Wissen um das Verhalten des Abfalls vervollständigt werden, um eine sachgerechte Beurteilung vornehmen zu können. Dies kann durch Wertung z.B. der Gesamtgehalte, der Elution nach DEV S 4 und durch die NRW-Methode (pH-stat. bei pH-Werten von 4 und 11) geschehen.

Die Beurteilungshilfe soll nicht nur bei der Einzelfallbetrachtung Hilfestellung zur Anwendung der beiden Verwaltungsvorschriften geben, sondern auch den Bezirksregierungen eine Hilfe an die Hand geben für die Festlegung der Zuordnungswerte in

den Genehmigungsbescheiden der Deponien (Anpassung der Deponien an Stand der TA Abfall).

Die Anhänge D und B der TA Abfall, Teil 1 bzw. der TA Siedlungsabfall sollten in den Genehmigungsbescheiden der Deponien als Basisliste entsprechend aufgeführt werden. Darüber hinaus sollte der Genehmigungsbescheid um die überarbeiteten organischen Parameter der Tabelle 2 des Richtlinienentwurfes "Untersuchung und Beurteilung von Abfällen, Teil 2" ergänzt werden [6]. Dies sollte aber nur dann geschehen, wenn damit zu rechnen ist, daß die Abfälle, für diese bestimmte Deponie, entsprechende Kontaminationen aufweisen. Diese zusätzlichen Zuordnungswerte sollen ebenfalls den Charakter von Prüfwerten erhalten. Ebenso kann es sinnvoll aber nicht zwingend notwendig sein, zusätzliche Eluatparameter in den Genehmigungsbescheid mit aufzunehmen. Dies sollte aber auch wiederum nur nach Datenlage geschehen, d.h. wenn mit entsprechenden Kontaminationen zu rechnen ist. Auf die Angabe zusätzlicher Zuordnungswerte für anorganische Gesamtgehalte sollte verzichtet werden. Für die Deponieklasse I der TA-Siedlungsabfall sollten keine zusätzlichen Zuordnungswerte über denen des Anhangs B der TA Siedlungsabfall benannt werden.

Für eine Monodeponie können entsprechend den technischen Anleitungen die Zuordnungswerte der Anhänge B und D überschritten werden, mit Ausnahme des Zuordnungswertes für die Festigkeit. Als abzulagernde Abfälle kommen solche in Frage, die in großen Mengen anfallen und bei gemeinsamer Ablagerung ein gleiches Reaktionsverhalten zeigen. In der Beurteilungshilfe werden für diesen Deponietyp keine Grenzwerte/Prüfwerte aufgeführt. Dies soll der Einzelfallbetrachtung vorbehalten bleiben im Sinne der Beurteilungshilfe. Die Kriterien für eine Ablagerung auf Monodeponien sind in den Punkten Nr. 4.4.3.3 der TA Abfall, Teil 1 und Nr. 4.2.4 der TA Siedlungsabfall aufgeführt.

Anwendung der Beurteilungshilfe

Abfälle sind in der Regel Stoffgemische mit unterschiedlichem Gefährdungspotential und Reaktionsvermögen, welche aus den jeweiligen Einzelkomponenten resultieren. Nach den Vorgaben des Abfallgesetzes sind Abfälle so zu entsorgen, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 2, Abs. 1 AbfG). Dies erfordert für den einzelnen Abfall einen spezifischen Entsorgungsweg. Dieser Entsorgungsweg ist durch eine Abfallbeurteilung mit anschließender Abfallklassifizierung unter den Aspekten Umweltverträglichkeit und Verhältnismäßigkeit festzulegen. Die Festlegung des spezifischen Entsorgungsweges stellt sich als komplexer Prozeß dar, der eine gestufte Vorgehensweise erfordert.

Der Einstiegspunkt zur Beurteilung ist die Herkunft und Entstehungsgeschichte des Abfalls. Hieraus ergeben sich schnell und übersichtlich Grundinformationen zum Abfall. Diese Informationen zur Herkunft dürfen sich nicht in allgemeinverbindlichen Begriffen wie z.B. Gewerbliche Wirtschaft oder Chemische Industrie erschöpfen. Vielmehr ist der Herkunft des Abfalls soweit nachzugehen, daß Informationen zu allen wichtigen Einflußgrößen wie z.B. Produktionsverfahren, eingesetzte Stoffe und Ver-

fahrensführung zu sammeln sind und diese dann zu einem ersten Bild über den Abfall ausgewertet werden. Aussagen hierüber finden sich z.B. in den Entsorgungsnachweisen, wenn der Abfallerzeuger aufgrund § 11, Abs. 2 oder 3 AbfG der Nachweispflicht unterworfen ist (s.a. Nr. 4.4.1 TA Abfall, Teil 1). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse lassen einen ersten Schluß auf die stoffliche Beschaffenheit und den möglichen Entsorgungsweg des Abfalls zu.

Die Zuordnung eines Abfalls zu einem Abfallschlüssel (AS) des LAGA-Abfallartenkatalogs erfolgt dann anhand der Kriterien

- Zusammensetzung,
- Herkunft,
- Aggregatzustand.

Hierbei ist zu beachten, daß im LAGA-Abfallartenkatalog nicht Abfälle, sondern Abfallarten aufgelistet sind, zur Entsorgung jedoch Abfälle angedient werden.

Information, die aus dem Durchforsten der Vergangenheit des Abfalls gewonnen werden, können aber eine Abfallanalyse nicht ersetzen. Sie führen jedoch dazu, den zu untersuchenden Parameterumfang auf abfallbestimmende Komponenten und entsorgungswegspezifische Parameter zu konzentrieren. Hinweise auf eine Umweltrelevanz und den Entsorgungsweg werden in der Regel durch die Auswertung der Parameter der Zuordnungswerte des Anhangs D und B der TA Abfall, Teil 1 und der TA Siedlungsabfall erhalten (s. Abb. 4).

Nr.	Parameter ¹⁾	Zuordnungswert	CPB	Verbrennung	UTD
D1	Festigkeit ²⁾				
D1.01	Flügelscherfestigkeit	≥ 25 kN/m ²	}	}	}
D1.02	Axiale Verformung	≤ 20 %			
D1.03	Einaxiale Druckfestigkeit (Fließwert)	≥ 50 kN/m ²			
D2	Glüherlust des Trockenrückstandes der Originalsubstanz	≤ 10 Gew.-%			
D3	Extrahierbare lipophile Stoffe	≤ 4 Gew.-%			
D4	Eluatkriterien				
D4.01	pH-Wert	4 - 13			
D4.02	Leitfähigkeit	≤ 100 000 µS/cm			
D4.03	TOC	≤ 200 mg/l			
D4.04	Phenole	≤ 100 mg/l			
D4.05	Arsen	≤ 1 mg/l			
D4.06	Blei	≤ 2 mg/l			
D4.07	Cadmium	≤ 0,5 mg/l			
D4.08	Chrom-VI	≤ 0,5 mg/l			
D4.09	Kupfer	≤ 10 mg/l			
D4.10	Nickel	≤ 2 mg/l			
D4.11	Quecksilber	≤ 0,1 mg/l			
D4.12	Zink	≤ 10 mg/l			
D4.13	Fluorid	≤ 50 mg/l			
D4.14	Ammonium	≤ 1 000 mg/l			
D4.15	Chlorid	≤ 10 000 mg/l			
D4.16	Cyanide, leicht freisetzbar	≤ 1 mg/l			
D4.17	Sulfat	≤ 5 000 mg/l			
D4.18	Nitrit	≤ 30 mg/l			
D4.19	AOX	≤ 3 mg/l			
D4.20	Wasserlöslicher Anteil	≤ 10 Gew.-%			

¹⁾ Analysevorschriften siehe Anhang B.
²⁾ D1.02 kann gemeinsam mit D1.03 gleichwertig zu D1.01 angewandt werden

Abb. 4: Entscheidende Parameter für die Wahl des Entsorgungsweges nach Nr. 4.4.3.1 TA Abfall [7]

Als Beispiel sei hier zinkhaltiger Galvanikschlamm (AS 511 05) erwähnt. Zinkhaltiger Galvanikschlamm fällt bei der Entgiftung und Neutralisation zinkhaltiger galvanischer Bäder aus Galvanikbetrieben oder galvanotechnischen Teilbetrieben an. Von der stofflichen Zusammensetzung ist es ein schwermetallhaltiger Hydroxidschlamm mit erhöhtem Zinkanteil und organischen Verunreinigungen aus der Entfettung. Der Schlamm wurde über eine Kammerfilterpresse entwässert und deponiefähig gemacht.

Tabelle 2: Analysenwerte von zinkhaltigem Galvanikschlamm in Gegenüberstellung mit den Zuordnungswerten der TA Abfall, Teil 1 und der TA Siedlungsabfall (Überschreitungen von Grenzwerten sind dunkel hinterlegt)

Parameter	Zuordnungswerte			
	Analysenwert	TASIDKII	TASO	Einheit
aus der Elution nach DEV S4				
AOX	0,1500	1,5000	3,0000	mg/l
Arsen	< 0,0010	0,5000	1,0000	mg/l
Blei	2,0000	1,0000	2,0000	mg/l
Cadmium	< 0,0200	0,1000	0,5000	mg/l
Chlorid	112,1000		10.000,0000	mg/l
Chrom (gesamt)	< 0,0500			mg/l
Chrom-(VI)	< 0,0500	0,1000	0,5000	mg/l
Cyanide (gesamt)	0,8000	0,5000	1,0000	mg/l
Cyanide (leicht freisetzbar)	0,6400			mg/l
Fluorid	17,7000	25,0000	50,0000	mg/l
Kupfer	0,3800	5,0000	10,0000	mg/l
Leitfähigkeit	1.485,0000	50.000,0000	100.000,0000	mS/cm
Nickel	0,0700	1,0000	2,0000	mg/l
Nitrat	10,1000			mg/l
Nitrit	0,5000		30,0000	mg/l
pH-Wert	8,3	5,5 - 13,0	4,0 - 13,0	
Phosphat	< 1,0000			mg/l
Quecksilber	< 0,0005	0,0200	0,1000	mg/l
Sulfat	104,000		5.000,0000	mg/l
TOC	49,4000	100,0000	200,0000	mg/l
Wasserlöslichkeit	1.000,0000			mg/l
Zink	8,7200	5,0000	10,0000	mg/l
aus der Originalsubstanz				
Extrahierbare lipophile Stoffe	1,3200	0,8000	4,0000	%
Glühverlust	22,8000	5,0000	10,0000	%
Kohlenwasserstoffe	2.700,0000			mg/kg
TOC	1,5000	3,0000		%
Wassergehalt	78,4000			%
sonstiges				
Abdampfrückstand	1.048,0000	6.000,0000	10.000,0000	mg/l
Flügelscherfestigkeit	19,8000	≥ 25,0000	≥ 25,0000	kN/m ³
Glührückstand	848,0000			mg/l

Die entscheidenden Parameter für die Wahl des Entsorgungsweges (s. Abb. 4) nach Nr. 4.4.3.1 lassen eine Deponierung des Abfalles zu (Stufe 2). Der entsprechende Zuordnungswert für die Festigkeit der technischen Anleitungen (Flügelscherfestigkeit) wird eingehalten. Bei den Festigkeitsparametern ist zubeachten, daß sie bei der Deponierung weicher, schlammiger Abfälle, die der Gruppe "Bodenähnlicher Abfälle" zugeordnet werden können, relevant sind. Für feste Abfälle, z.B. Siedlungsabfälle, ge-

werbliche Abfälle, Schlacken, rollige und gemischt körnige Abfälle, sind diese Nachweise in der Regel nicht erforderlich. Die Beurteilungshilfe wird die Festigkeitsparameter der TA Abfall ausführlich erläutern.

Die Analysenergebnisse der Probe (Stufe 3) des zinkhaltigen Galvanikschlammes zeigen, daß einige Parameter in den Konzentrationen über den Zuordnungswerten der TA Siedlungsabfall liegen. Der Zuordnungswert für den Glühverlust überschreitet auch den Grenzwert für die TA Abfall, Teil 1. Da bei Galvanikschlamm zu erwarten ist, daß der Glühverlust durch anorganische Verbindungen (z.B. Hydroxide) verursacht wird, ist eine nähere Betrachtung erforderlich. Denn nach Nr. 4.4.3.1, Abs. c kann eine oberirdische Ablagerung zugelassen werden, wenn durch die entsprechenden Punkte (Nr. 1 - 7) des Entsorgungsnachweises der Nachweis erbracht wird, daß der Abfall unter Ablagerungsbedingungen zu keinen Reaktionen führt, durch die Schadstoffe in erhöhtem Maße freigesetzt werden können, oder nachgewiesen wird, z.B. über den Feststoff-TOC, daß die Überschreitung des Parameters Glühverlust nicht auf den Gehalt an organischen Kohlenstoff zurückzuführen ist. Wie die Analysendaten zeigen, liegt der Feststoff-TOC mit einem Wert von 1,5 %, in einem Bereich der eine Ablagerung auf einer Sonderabfalldeponie ermöglicht. Der hohe Glühverlust ist auf die Hydroxide zurückzuführen.

Entscheidung: Ablagerung auf einer Sonderabfalldeponie

Gründe:

- ⇒ Glühverlust überschritten aufgrund hoher Hydroxidgehalte,
- ⇒ TOC gemäß 4.4.3.1 c eingehalten.

Der Ausnahmefall der Abfallbeurteilung zeigt sich, wenn sich aus der Herkunft Hinweise auf signifikante Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen ergeben, die nicht durch die Zuordnungswerte der beiden technischen Anleitungen begrenzt sind, die aber aufgrund ihrer Toxizität und Verfügbarkeit für eine Zuordnung relevant sind, z.B. Thallium oder PCB*) (gemäß Nr. 4.4.3 Buchstabe b), so daß eine Einzelfallbetrachtung durchzuführen ist. Z.B. können PCB-Gehalte zu einem Ausschluß der Ablagerung auf einer Deponieklasse führen.

Bei dem zusätzlichen Untersuchungsumfang nach Datenlage kann es sich um Bestimmungen aus der Originalsubstanz und/oder dem Eluat nach DEV S4 handeln. Darüber hinaus kann es im Einzelfall sinnvoll für die Beurteilung sein, Eluatwerte nach pH_{stat}-Versuch bei pH 4 und pH 11 (NRW-Methode) mit einzubeziehen. So ist die Beurteilung des Auslaugverhaltens gemäß DEV S4 immer dann als schwierig anzusehen, wenn Metalle und/oder Metalloide in nicht leichtlöslicher Form vorliegen. Denkbar sind hier sulfidische, oxidische und carbonatische Phasen. Auch anionisch und kationisch vorkommende Spezies zeigen ein differenziertes Mobilitätsverhalten. Diesen unterschiedlichen Bindungsformen muß zur Risikoprognose ein Eluattest Rechnung tragen. Darüber hinaus ist das Mobilitätsverhalten von Metallen und Metalloiden pH-abhängig. So kann z.B. die Mobilisierung von Kupfer im sauren Medium als Kation erfolgen und im alkalischen Bereich als Hydroxidkomplex, also als Cuprat. Ähnliches

*) siehe Nr. 4.4.3.1 Abs. B der TA Abfall, Teil I und Nr. 4.2.1 der TA Siedlungsabfall

gilt für die Elemente Blei und Zink. Ein analoges Verhalten zeigen die Elemente Arsen, Antimon, Selen und Chrom. Der Grund für eine pH-abhängige Mobilisierung ist hier in der Bindungsform zu suchen. So können die vorgenannten Spezies in kationischer Form oder anionisch als Anionenkomplexe vorliegen. Eine Beurteilung der Meßergebnisse sollte sich aus Untersuchungen gemäß pH_{stat}-Versuch, der Auslaugung gemäß DEV S4 und aus der Bestimmung der Gesamtgehalte gemäß DEV S7 zusammensetzen, um eine Einschätzung der Verfügbarkeit des Schadstoffes zu ermöglichen.

Beispiel für den Ausnahmefall bei der Abfallbewertung

Eine Einzelfallentscheidung wird am Beispiel Shredderleichtfraktion (AS 578 01 "Shredderrückstände [Leichtfraktion]") dargestellt. Shredderleichtfraktion stammt aus dem Betrieb von Shredderanlagen zur mechanischen Aufbereitung von metallhaltigen Abfällen, vorwiegend von Autowracks. Das Material weist einen hohen Heizwert auf (ca. 19 MJ/kg) und besteht überwiegend aus Kunststoffen, Textilfasern, Holzfasern, Leder, Lacken, Unterbodenschutzmaterialien sowie Glas, NE-Metallen und Eisen. An umweltrelevanten Stoffen werden häufig erhöhte Konzentrationen an PCB, PAK und Kohlenwasserstoffen nachgewiesen (Stufe 1).

Tabelle 3 zeigt eine typische Analyse einer Shredderleichtfraktion. Die entscheidenden Parameter für die Wahl des Entsorgungsweges (s. Abb. 6) nach Nr. 4.4.3.1 lassen eine Deponierung des Abfalles zunächst nicht zu (Stufe 2). Aufgrund der Analyseergebnisse insbesondere des Glühverlustes, des Feststoff-TOC und des Heizwertes sollte der Abfall in einer Sonderabfallverbrennungsanlage entsorgt werden. Für den Fall, daß eine Verbrennung nicht möglich ist, z.B. keine Kapazitäten vorhanden, muß über eine Deponierung nach TA Abfall, Teil 1 bzw. TA Siedlungsabfall (Ausnahmeregelung Nr. 2.4 der technischen Anleitungen bzw. Übergangsregelungen) entschieden werden.

Da der organische Anteil der Shredderleichtfraktion sich vorwiegend aus Materialien die keinem biologischen Abbau zugänglich sind (z.B. Kunststoffe) zusammensetzt, ist trotz des hohen Organikanteils mit keinen Reaktionen zu rechnen, die eine erhöhte Schadstofffreisetzung bedingen, wie sie bei einem biologischen Abbau entstehen können (s. Nr. 4.4.3.1 Abs. c). Zur Beurteilung des Abfall hinsichtlich einer Deponierung reichen die Zuordnungswerte im Anhang D und B der TA Abfall, Teil 1 und der TA Siedlungsabfall nicht aus (Stufe 3). Vielmehr sind die o.g. umweltrelevanten Stoffe PCB und PAK zur Beurteilung mit heranzuziehen. Hier wird die Beurteilungshilfe wie oben erwähnt Hilfestellung leisten. Ein Vergleich der Analysenwerte mit den zusätzlichen Zuordnungswerten in der Beurteilungshilfe zeigt, daß die dort genannten Werte für die Deponieklasse II nicht überschritten werden.

Tabelle 3: Shredderrückstände (Leichtfraktion)

Parameter	Zuordnungswerte			
	Analysenwert	TASI DKII	TASO	Einheit
aus der Elution nach DEV S4				
AOX	< 0,0020	1,5000	3,0000	mg/l
Arsen	< 0,0020	0,5000	1,0000	mg/l
Blei	< 0,0100	1,0000	2,0000	mg/l
Cadmium	< 0,0200	0,1000	0,5000	mg/l
Chlorid	48,0000		10.000,0000	mg/l
Chrom (gesamt)	0,200			mg/l
Chrom-(VI)	0,17	0,1000	0,5000	mg/l
Cyanide (gesamt)	0,0600	0,5000	1,0000	mg/l
Cyanide (leicht freisetzbar)	< 0,0500			mg/l
Eisen	< 0,1000			mg/l
Fluorid	1,2500	25,0000	50,0000	mg/l
Kupfer	0,1000	5,0000	10,0000	mg/l
Leitfähigkeit	1.217,0000	50.000,0000	100.000,0000	mS/cm
Nickel	0,0400	1,0000	2,0000	mg/l
Nitrat	12,0000			mg/l
Nitrit	< 10,0000		30,0000	mg/l
pH-Wert	7,1	5,5 - 13,0	4,0 - 13,0	
Phosphat	< 0,0200			mg/l
Quecksilber	< 0,0020	0,0200	0,1000	mg/l
Sulfat	334,000		5.000,0000	mg/l
TOC	97	100,0000	200,0000	mg/l
Wasserlöslichkeit	1.000,0000			mg/l
Zink	0,0600	5,0000	10,0000	mg/l
aus der Originalsubstanz				
Cyanide (gesamt)	8,3500			mg/kg
Extrahierbare lipophile Stoffe	3,2400	0,8000	4,0000	%
Glühverlust	33,4000	5,0000	10,0000	%
PAK (EPA)	71,0000			mg/kg
PAK (TVO)	10,0000			mg/kg
PCB (nach DIN)	9,8			mg/kg
TOC	19,5000	3,0000		%
Wassergehalt	4,8000			%
sonstiges				
Abdampfrückstand	988,0000	6.000,0000	10.000,0000	mg/l
Glührückstand	682,0000			mg/l
Heizwert	18,7500			MJ/kg

Dem steht entgegen, daß die Zuordnungswerte für Chrom-VI und extrahierbare lipophile Stoffe der DK II überschritten ist. Da von einer Reduktion des toxischen Chrom-VI zu Chrom-III im Deponiekörper auszugehen ist und der Chrom-VI Wert nur geringfügig den Grenzwert überschreitet, kann hier ebenfalls eine Ablagerung auf der DK II

zugestimmt werden. Die Überschreitung des Zuordnungswertes "extrahierbare lipophile Stoffe" kann auch toleriert werden, da der TOC im Eluat unter dem zugehörigen Grenzwert liegt und daher die Verfügbarkeit der extrahierbaren lipophilen Stoffe als gering angesehen werden kann.

Entscheidung: Deponierung auf Deponieklasse II im Rahmen der Übergangsregelung.

Gründe:

- ⇒ keine Verbrennungskapazitäten vorhanden,
- ⇒ PCB-Wert mit 9,8 mg/kg liegt innerhalb des Zuordnungswertes der DK II entsprechend den fachtechnischen Stellungnahmen des Landesamtes,
- ⇒ PAK-Wert mit 71 mg/kg liegt innerhalb des Zuordnungswertes der DK II entsprechend den fachtechnischen Stellungnahmen des Landesamtes,
- ⇒ Cr-VI wird im Deponiekörper zu Cr-III reduziert,
- ⇒ Überschreitung des Zuordnungswertes "extrahierbare lipophile Stoffe" kann auch toleriert werden, da der TOC im Eluat gering ist.

Neben zusätzlichen Zuordnungswerten für umweltrelevante Schadstoffe wird die Beurteilungshilfe auch Entsorgungshinweise für einzelne Abfälle, z.B. Brandschutt, Shred-derleichtfraktion und teerhaltigem Straßenaufbruch geben. Es ist beabsichtigt, diesen Teil der Beurteilungshilfe in unregelmäßigen Abständen durch weitere Entsorgungshinweise für konkrete Abfälle zu ergänzen und fortzuschreiben.

Handelt es sich bei dem Abfall um ein völlig unbekanntes Material, welches zur Entsorgung ansteht, so sind möglichst weitgefächerte Untersuchungen zur Ermittlung des Schadstoffpotentials durchzuführen, um vermeidbare Emissionen zu erfassen. Abfälle unbekannter Herkunft sollten daher aus Vorsorgegründen in einer Entsorgungsanlage mit möglichst hoher Wertigkeit verbracht werden.

Literatur

- [1] Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen und biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12.03.1991 (GMBI. S. 139).
- [2] Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14.05.1993 (BAnz. Nr. 99a).
- [3] Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen "Untersuchung und Beurteilung von Abfällen, Teil 2", Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Juni 1987.

- [4] Ökologische Abfallwirtschaft, Bd. 12, "Technische Anleitung (TA) Siedlungsabfall", Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, 1993.
- [5] LWA-Materialien Nr. 1/94: "Beurteilung von Verfahren zur Verminderung der Mobilität von Schadstoffen in abzulagernden Abfällen".
- [6] MURL-Erlaß vom 04.10.1993, Az.: IV A 6 - 180/IV A 4 - 541.2.
- [7] Schmidt, W.:
"Wohin mit dem Abfall? Zuordnung zu Entsorgungswegen", Essener Tagung 1995.

Standortsuchverfahren und Hinweise zur Beurteilung der Geologischen Barriere

RBD Anemüller, Bezirksregierung Arnsberg

1. Einführung

In der Vergangenheit wurden Deponiestandorte häufig unter nicht nachvollziehbaren Bedingungen "ausgedeutet". Dabei gaben nicht selten rein politische Gründe, infrastrukturelle Kriterien oder andere sachfremde Argumente den Ausschlag für eine Standortentscheidung.

Ansätze für ein systematisches Standortauswahlverfahren sind in der Literatur seit längerem bekannt (DEWEY [1]). Die breite Anwendung in konkreten Fällen findet jedoch weitgehend erst seit der 2. Hälfte der 80er Jahre statt. Mit dieser Anwendung erfolgte zugleich auch die Entwicklung differenzierter Untersuchungsschritte und Kriterienkataloge. Das für die Bezirksregierung Arnsberg seit 1988 durchgeführte Standortsuchverfahren für eine bezirkseigene Sonderabfalldeponie [2, 3] hat einen erheblichen Anteil an dieser Entwicklung. Weiterhin sind in den zurückliegenden Jahren auch die technischen Anforderungen an den Standort selbst sowie auch die gesetzlichen Ansprüche an ein Standortsuchverfahren deutlich gestiegen. Mit den nachfolgenden Ausführungen, die sich am "Entwurf eines Merkblattes zur Anwendung der TA Siedlungsabfall" [4] orientieren, sollen sowohl die Untersuchungsschritte und anzuwendenden Kriterien, als auch die Mindestanforderungen an den Standort von Siedlungsabfalldeponien dargelegt werden.

2. Planungsrechtliche Grundlagen für die Standortsicherung

Planungsrechtliche Grundlage für die Standortsicherungen von Deponien sind das Raumordnungsgesetz (ROG) und das Landesplanungsgesetz (LPIG) für die landesplanerische sowie das Abfallgesetz (AbfG) bzw. ab Oktober 1996 das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) und das Landesabfallgesetz (LAbfG) für die fachplanerischen Festlegungen. In NordrheinWestfalen gilt, daß Deponiestandorte mit einem Flächenbedarf von 10 ha und mehr landesplanerisch zu sichern sind.

Die Standortsicherung erfolgt durch

- Aufnahme des ausgesuchten Standortes in den Abfallentsorgungsplan (AEP) gemäß § 6 AbfG/§ 29 KrW-/AbfG, §§ 16,17 LAbfG,
- Aufnahme in den Gebietsentwicklungsplan (GEP) gemäß § 15 LPIG (in anderen Bundesländern: Durchführung eines Raumordnungsverfahrens (ROV) gemäß Raumordnungsgesetz (ROG)).

Ob und wie der planerisch gesicherte Deponiestandort mit einer Anlage belegt werden kann, hängt vom Ausgang des Planfeststellungsverfahrens (PFV) nach § 7 Abs. 2 AbfG bzw. § 31 Abs. 2 KrW-/AbfG ab. In der Regel findet das Genehmigungsverfahren nach § 7 Abs. 3 AbfG bzw. § 31 Abs. 3 KrW-/AbfG für regional bedeutsame Deponien nicht Anwendung.

Die ROV-/GEP-Verfahren und die abfallrechtlichen Zulassungsverfahren haben den Bestimmungen des Umweltverträglichkeitsgesetzes (UVPG), insbesondere § 16 UVPG zu genügen. Im raumordnerischen GEP-Verfahren sind gemäß § 6a Raumordnungsgesetz (ROG) die raumbedeutsamen Auswirkungen des Vorhabens auf die in § 2 ROG genannten Belange unter überörtlichen Gesichtspunkten zu prüfen. Im anlagenbezogenen Planfeststellungsverfahren sind die Auswirkungen des Vorhabens auf die in § 2 UVPG genannten Schutzgüter zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten (Umweltverträglichkeitsprüfung - UVP). Die Ergebnisse des raumordnerischen Verfahrensteils sind im anlagenbezogenen Verfahrensteil zu berücksichtigen, um Doppelprüfungen zu vermeiden. Tabelle 1 verdeutlicht die Abfolge der einzelnen Planungs- und Verfahrensschritte.

Tabelle 1: Abfolge der Planungs- und Verfahrensschritte [4]

Art des Verfahrens	Zuständige Stelle	Gesetzliche Grundlagen
AEP	Bezirksregierung	AbfG, LABfG
GEP	Bezirksplanungsbehörde bei der Bezirksregierung, Bezirksplanungsrat	ROG, LPIG
Standortbezogenes Planfeststellungsverfahren (einschließlich anlagenbezogene UVP)	Bezirksregierung bzw. Landesoberbergamt bzw. Untere Abfallwirtschaftsbehörde	AbfG, LABfG, UVPG, VwVfG NW

Die landes- und fachplanerische Sicherung eines ausgewählten Standortes im AEP und GEP soll zweckmäßigerweise parallel erfolgen. Die entsprechenden GEP- und AEP-Änderungen müssen jedoch vor der abfallrechtlichen Zulassung der Deponie abgeschlossen sein.

3. Methode der Standortfindung

Die Standortfindung für Deponien muß von ihrem Aufbau her nachvollziehbar und aufgrund der anlagenbedingten Problematik (z.B. Umwelrelevanz, Akzeptanz und Durchsetzbarkeit einer Deponie) eine ausreichende Prüftiefe im Standortsuchverfahren aufweisen (NIEHAUS [5]).

In der Praxis hat sich in den zurückliegenden Jahren ein Standortfindungsverfahren als günstig herausgestellt, das in den drei wesentlichen Phasen:

- Standortvorerkundung,
- Standorthaupteckung,
- Objektplanung

abläuft. Dabei ist in der Regel jede Phase in Einzelstufen oder -schritte unterteilt. Der generelle Ablauf erfolgt durch sukzessive Eingrenzungen potentieller Standortflächen innerhalb eines Suchraumes, der z.B. einen Kreis/eine kreisfreie Stadt, einen Regierungsbezirk, ein Bundesland oder jeweilige Teilbereiche derselben umfassen kann. Die im "Rahmenkonzept zur Planung von Sonderabfallentsorgungsanlagen" des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NW (MURL) [6] beschriebene Vorgehensweise ist grundsätzlich auch für Deponien nach TA Siedlungsabfall anwendbar.

3.1 Standortvorerkundung (Phase 1)

Die Standortvorerkundung als erste Phase des systematischen Standortauswahlverfahrens beinhaltet die systematische Einbeziehung von Umweltbelangen bereits im frühen Planungsstadium. In dieser ersten Phase wird das gesamte Entsorgungsgebiet in mehreren Arbeitsschritten auf Grundlage vorhandener Unterlagen und Materialien (z.B. Auswertung von Literatur, thematischen Karten, Gutachten, Berichte oder Verzeichnisse von Bohrungen aus der näheren Umgebung) daraufhin untersucht, welche Flächen für die Anlage einer Deponie auszuschließen sind (Ausschlußkriterien) und für welche Flächen weitergehende Betrachtungen und Abwägungen hinsichtlich bestehender Einschränkungen vorgenommen werden müssen (Abwägungskriterien).

Die TA Siedlungsabfall definiert in Nr. 10.3.1 unter a) bis c), e) und g) Kriterien, die zunächst als **Ausschlußkriterien** bei der Standortsuche gelten:

- Karstgebiete und Gebiete mit klüftigem Untergrund (a),
- festgesetzte, vorläufig sichergestellte oder fachbehördlich geplante Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete (b),
- festgesetzte, vorläufig sichergestellte oder fachbehördlich geplante Überschwemmungsgebiete (c),
- ausgewiesene oder sichergestellte Naturschutzgebiete u. a. (e),
- 300 m Randbereich zu vorhandenen oder ausgewiesenen Siedlungsgebieten (g).

Nur wo außerhalb dieser Flächen keine geeigneten Standorte existieren, können auch Flächen innerhalb dieser Zonen a), b) und g) in Frage kommen. Weiterhin ergeben sich aus Nr. 10.3.2 und 10.3.3 weitere geologische/hydrogeologische Anforderungen an den Standort, die bei Nichterfüllung dieser Standortvoraussetzungen ggf. eingeschränkt durch technische Maßnahmen ausgeglichen werden können (s. Abschnitt 4).

Karstgebiete und Gebiete mit besonders wasserwegsamem Untergrund gelten als Abwägungskriterium nur für die Deponieklasse I.

Zu den besonders abwägungsrelevanten Kriterien (**Abwägungskriterien**) gehören die in Nr. 10.3.1 TA Siedlungsabfall aufgeführten Kriterien:

- Gruben ohne Sickerwasserableitung in freiem Gefälle (d),
- erdbebengefährdete Gebiete und Gebiete mit tektonisch aktiven Störungszonen (h),
- Gebiete und Hangrutschungen, Erdfälle, Bergsenkungen, Tagesbrüche u.a. (i),
- setzungsempfindliche, verfüllte Tagebaue und sonstige Restlöcher (k).

In der Regel können in fraglichen Gebieten diese Einschränkungen durch technische Maßnahmen ausgeglichen werden.

Eine weitere Eingrenzung kann sich aufgrund weiterer Ausschluß- und Abwägungskriterien, wie z.B. geschützte Landschaftsbestandteile oder besonders geschützte Biotopteile (§ 20c BNatG), Abgrabungs- und Tagebauflächen, Schutzbereiche für militärische Anlagen, Leitungstrassen und Richtfunkstrecken, Verkehrstrassen mit überörtlicher Bedeutung usw. ergeben. Weiterhin wird auch auf die Kriterienkataloge in [2, 6] hingewiesen, die hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bei Siedlungsabfalldeponien gesondert zu überprüfen sind.

Erfahrungen aus Standortsuchprozessen (z.B. [2]) zeigen, daß die aufgeführten Kriterien im einzelnen detailliert festgelegt sowie allgemeine Begriffe (z.B. "Siedlungsgebiet") eindeutig definiert werden müssen. Unterschiedliche Bedeutung hat auch das zunehmend in Standortsuchprozesse eingeführte Abwägungskriterium "Vorbelastung" (s. Abschnitt 5).

Durch Überlagerung der Ausschlußflächen werden die verbleibenden Suchräume kartographisch ausgewiesen. Ergebnis dieser ersten Phase sind eine größere Anzahl (3 - 5) von potentiell geeigneten Standorten.

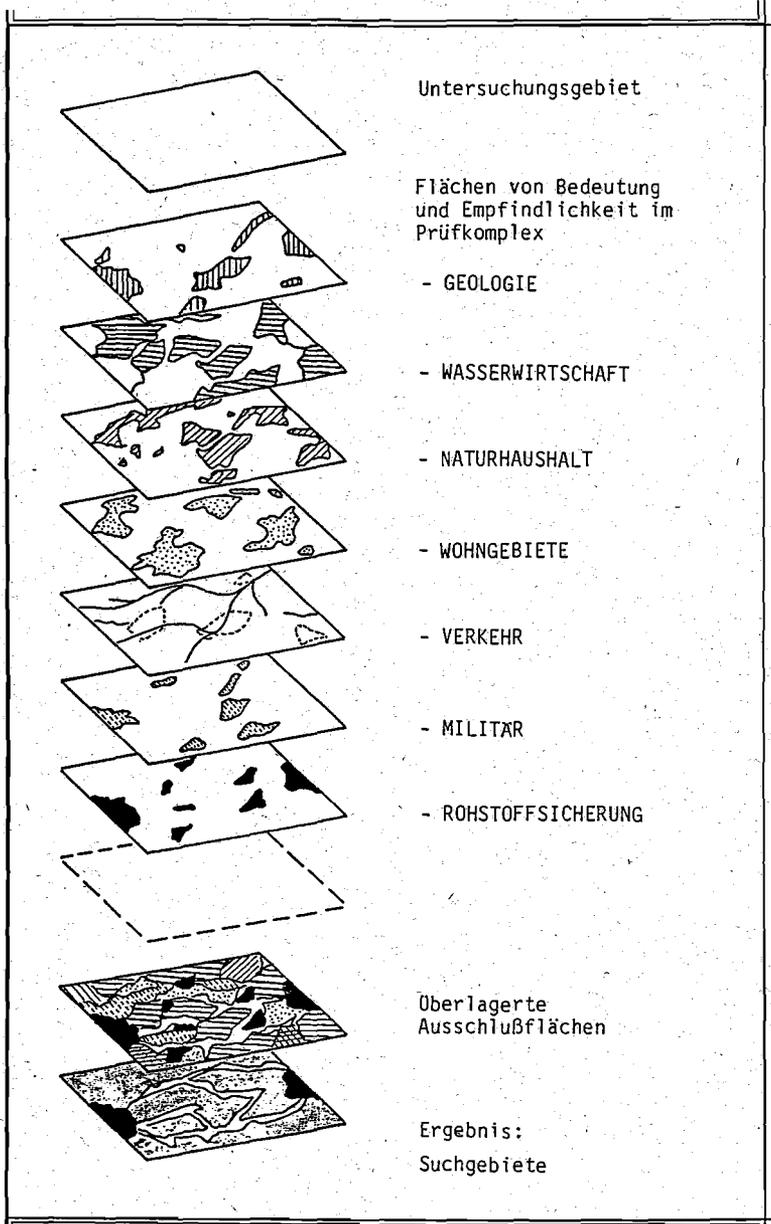


Abb. 1: Beispielhafte Anwendung von Kriterien zur Eingrenzung von Suchgebieten

3.2 Standorthaupteerkundung (Phase 2)

Die Standorthaupteerkundung stellt eine geologisch-wasserwirtschaftliche Eignungsuntersuchung der ausgewählten Standortflächen sowie eine vergleichende Raum- und Umweltverträglichkeitsprüfung dar. Ziel der Haupteerkundung ist die Darstellung abwägungs- und entscheidungsrelevanter Kriterien, die die geologisch-wasserwirtschaftliche Eignung und die Langzeitsicherheit des Standortes beschreiben. Hierzu gehören:

- Grundwasserabstand und -flurverhältnisse,
- räumliche Erstreckung und Tiefenlage der Barrieregesteine bzw. Überlagerungsmächtigkeit durch Deckschichten,
- Beschaffenheit der Barrieregesteine hinsichtlich Mächtigkeit, Homogenität (Störungen), Tonmineralgehalt und Löslichkeit,
- Wasserwegsamkeit bzw. Dichtigkeit der Barrieregesteine sowie
- Tragfähigkeit des Untergrundes.

Das dazu erforderliche Untersuchungsprogramm kann aus hydrologisch-geologischen und geophysikalischen Methoden bestehen:

- ausreichende Anzahl von Sondierungen und/oder Bohrungen mit Probengewinn,
- Erkundung der einzelnen Grundwasserleiter bei mehreren Grundwasserstockwerken,
- hydrologische Bohrlochmessungen zur genauen Beurteilung der Grundwasserhältnisse und der Gebirgsdurchlässigkeit,
- Feststellung des Retentionsverhaltens und des Adsorptionsvermögens des Untergrundes,
- ergänzende geophysikalische Messungen in den Bohrungen,
- ggf. ergänzende bohrloch-geophysikalische Messungen.

Weitere hydrogeologische und geologische Erkundungen werden in der Regel erst bei der detaillierten Untersuchung des ausgewählten Standortes in Phase 3 (Objektplanung) erforderlich.

Ein weiterer Schritt der Standorthaupteerkundung ist der Standortvergleich unter Gesichtspunkten der Umwelt- und Raumverträglichkeit. Dieser Schritt trägt insbesondere den raumbezogenen Unterschieden der Deponiestandorte Rechnung. (Bei der Bewertung der Standortuntersuchungsergebnisse sind die Anforderungen an die geologische Barriere gem. Nr. 10:3:2 TA Siedlungsabfall zu berücksichtigen (s. Abschnitt 4).)

Der Standortvergleich wird Bestandteil der Umweltverträglichkeitsprüfung, die im Planfeststellungsverfahren erforderlich ist. Das Ergebnis des Standortvergleiches ist die Auswahl eines oder mehrerer Standorte. Diese sind in den Abfallentsorgungsplan und, soweit sie mit konkurrierenden räumlichen Nutzungsansprüchen verträglich sind und die geplante Deponie regionale Bedeutung hat, in den Gebietsentwicklungsplan nach Durchführung eines förmlichen Verfahrens aufzunehmen.

Das im Oktober 1996 in Kraft tretende Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz setzt für die fachplanerische und damit auch für die landesplanerische Sicherung von Deponiestandorten geologisch-wasserwirtschaftliche Eignungsuntersuchungen nicht grundsätzlich voraus. Nach § 29 Abs. 3 KrW-/AbfG kann eine Fläche als geeignet angesehen werden, "wenn ihre Lage, Größe und Beschaffenheit im Hinblick auf die vorgesehene Nutzung in Übereinstimmung mit den abfallwirtschaftlichen Zielsetzungen im Plangebiet steht und Belange des Wohls der Allgemeinheit nicht offensichtlich entgegenstehen". Bei derartigen Standortflächen kann daher auf die Teiluntersuchung verzichtet werden, wenn aus vorliegenden Unterlagen (Karten, Gutachten, vorhandenen Bohrungen u.ä.) und aus Vergleichsbetrachtungen eine geologisch-wasserwirtschaftliche Eignung der Standorte nicht offensichtlich ausgeschlossen werden kann. In der Regel wird man auf geologisch-wasserwirtschaftliche Eignungsuntersuchungen nur dann verzichten, wenn ausschließlich eine Standortsicherung im Gebietsentwicklungsplan und/oder Abfallentsorgungsplan vorgenommen werden soll. Die im Zuge der Standorthaupterkundung durchzuführenden geologisch-wasserwirtschaftlichen Eignungsuntersuchungen sind in diesen Fällen in der Phase 3 (Objektplanung) vorzunehmen.

3.3 Objektplanung (Phase 3)

Die eigentliche Objektplanung ist Grundlage für das Planfeststellungsverfahren. Der nach Abwägung aller Raum- und Umweltgesichtspunkte für die Planfeststellung ausgewählte Deponiestandort ist auf der Grundlage von abfallwirtschaftlichen Planungsdaten (Abfallaufkommen, erforderliches Deponievolumen, Flächenbedarf für die Deponie und erforderliche Vorschaltanlagen) möglichst parzellenscharf festzulegen. Unter Berücksichtigung aller Prüfkriterien (z.B. Wasserhaushalt, Natur- und Landschaftsschutz, Wohnumfeld, Erholungswert, Landschaftsbild, verkehrsmäßige Anbindung, Lage zum Entsorgungsgebiet, land- und forstwirtschaftliche Produktionsflächen, Möglichkeiten der Ver- und Entsorgung, Wirtschaftlichkeit) ist die Eignung des Standortes vom Planungsträger für das Planfeststellungsverfahren nach § 7 Abs. 2 AbfG detailliert zu untersuchen und zu beschreiben.

Im Rahmen der konkreten Deponieplanung und der nach UVPG erforderlichen Erfassung der naturräumlichen Ausgangssituation sind in der Regel weitere Untersuchungen durchzuführen. Zur Verdichtung und Absicherung der hydrogeologischen, geologischen und bodenmechanischen Ergebnisse aus Phase 2 sind in der Regel zusätzliche Bohrungen notwendig. Sie sind Grundlage der Emissionsberechnungen und Wirkungsabschätzungen.

Die Bohrungen sind z.T. als Grundwassermeßstellen (Anzahl entsprechend den örtlichen Grundwasserverhältnissen) auszubauen. Bei mehreren Grundwasserstockwerken sind bevorzugt getrennte Meßstellen in gesonderten Bohrungen zu errichten. Bei entsprechender Lage und Ausbau können die Meßstellen später in das Grundwasserüberwachungskonzept aufgenommen werden.

Die hydrogeologischen Verhältnisse sind unter Berücksichtigung folgender Inhalte darzustellen:

- Grundwassergleichen der bekannten oder zu erwartenden extremen Grundwasserstände,
- hydrogeologisches Einzugsgebiet (ober- und unterirdisch) anhand von Karten und ermittelten Daten,
- Anstrom- und Abstrombereiche der Deponie und ihres näheren Umfeldes unter Berücksichtigung der Abstandsgeschwindigkeiten und Durchlässigkeiten,
- hydrochemische Grundwasserbeschaffenheit unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen,
- im Deponieumfeld vorhandene Grundwasserentnahmestellen, vornehmlich im Abstrom der Deponie und insbesondere in Sumpfungsbereichen sowie
- hydrologische Gegebenheiten des Deponiestandortes (Niederschlag, Verdunstung, Oberflächenabfluß, Infiltration, Vorfluter, Grundwasser).

Die zuvor aufgezeigten hydrogeologischen Verhältnisse sind erforderlich für:

- Ermittlung der maßgeblichen hydrogeologischen Wirkungszusammenhänge,
- Ermittlung der im Schadensfall möglichen Betroffenen,
- Ermittlung der möglichen Auswirkungen der Deponie auf den Naturhaushalt,
- Beurteilung des grundwasserbezogenen ökologischen Risikos unter Berücksichtigung von Folge- oder Wechselwirkungen mit anderen Schutzgütern.

Neben den hydrogeologischen Verhältnissen spielen Eignungsfragen des Untergrundes für die Aufnahme von Bauwerkslasten eine nicht geringere Rolle. Von daher sind bei den Untergrunduntersuchungen ebenfalls die Schichten und Tiefenbereiche zu erfassen, die durch Spannungen und Verformungen - bewirkt durch den Deponiekörper, Sonderbauwerke, Veränderungen des Grundwasserstandes usw. - beeinflußt werden. Hinweise über Lastannahmen und Anforderungen an den Untergrund und an das Deponieauflager gibt z.B. die LWA-Richtlinie Nr. 18 "Mineralische Deponieabdichtungen" [7].

Ein besonderes Augenmerk ist auch auf die Steifigkeit und Setzungsempfindlichkeit des Untergrundes zu richten. Neben den bereits vorhandenen Feld- und Laborversuchen können ergänzend weitere direkte Erkundungsmethoden mittels Bohrungen und Schürfe (DIN 4021) bzw. indirekte Verfahren mittels Druck- und Rammsondierungen (DIN 4094) erforderlich werden. Bei unzureichenden Basisdaten sind Belastungsversuche und Setzungsmessungen sinnvoll.

Zur Beurteilung der Setzungsempfindlichkeit des Standortes und zur Festlegung möglicher technischer Maßnahmen sind für die Deponiebasis Verformungsbetrachtungen durchzuführen. Danach können Maßnahmen zur Verbesserung des Untergrundes erforderlich werden. In der Praxis haben sich nachstehende Verbesserungsmaßnahmen als geeignet herausgestellt:

- Einbau einer Ausgleichs- oder Polsterschicht mit definierter Verdichtung,
- Einsatz eines Tiefenverdichtungsverfahrens (z.B. Rütteldruck- oder Rüttelstopfverdichtung, dynamische Intensivverdichtung),

- Bodenverbesserung durch Zugabe von Additiven, Injektionen oder nach dem Soilcrete-Verfahren,
- Verwendung von Biokunststoffen oder
- Anlage von Vertikal- oder Horizontaldrainagen zur Konsolidierung von wasser-gesättigten Böden in Verbindung mit einer statischen Vorbelastung (Auflast, Vakuum usw.).

Die Objektplanung fließt in den Planfeststellungsantrag nach AbfG bzw. KrW-/AbfG ein. Dabei gilt zu berücksichtigen, daß möglichst frühzeitig das nach § 5 UVPG erforderliche Scoping-Verfahren als Teil des unselbständigen Verfahrens der Umweltverträglichkeitsprüfung eingeleitet wird. Dadurch können relevante Fragestellungen, besondere Betriebszustände, Wirkungszusammenhänge u.ä. bereits bei der Erarbeitung der Fachgutachten im Zuge der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) berücksichtigt werden.

4. Beurteilung der geologischen Barriere

Heute ist allgemein der Stand des Wissens, daß nur Deponiebauwerke errichtet werden dürfen, die von ihrem Bauwerkscharakter her eine Langzeitsicherheit garantieren. Deshalb wird für Deponien eine geologische Barriere gefordert. Insofern hat eine Standortsuche unter besonderer Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse im Suchraum stattzufinden! Sie stellt im Multibarrieren-Konzept der TA Siedlungsabfall ein wesentliches Sicherheitselement dar und wird von dem natürlichen Untergrund gebildet, der bis zum Deponieplanum und im Umfeld einer Deponie ansteht.

Aus den Barriereigenschaften ergeben sich folgende Anforderungen an den geologischen Untergrund (FRIEDRICH u.a. [8], LIEBER [9]):

- geringe kontaminierbare Grundwassermenge,
- geringe Gebirgsdurchlässigkeit,
- große Mächtigkeit,
- große Homogenität,
- hohe Rückhalteigenschaften gegenüber Schadstoffen.

Die Barrierewirkung eines geologischen Standortes und damit die Sicherheit der Deponie ergibt sich aus der Summe der positiven Einflußfaktoren, zu denen insbesondere zählen:

- die Gebirgsdurchlässigkeit,
- die Gesteinsmächtigkeit,
- die Gesteinshomogenität (Klüftung, Störungen, Verkarstung),
- die Lagerungsverhältnisse der Gesteine,
- die Durchsatzmenge,
- die Grundwasserfließgeschwindigkeit und -fließrichtung (in Abhängigkeit vom hydraulischen Gefälle),
- die Lage im hydraulischen System,

- die Nähe zum Vorfluter,
- die hydro-/gesteinschemische Ausgangssituation.

Die TA Siedlungsabfall stellt in Nr. 10.3.2 die grundlegende Forderung, daß die Schadstoffausbreitung maßgeblich zu behindern ist. Die in der Vorschrift aufgeführten erforderlichen Eigenschaften, wie Durchlässigkeit, Mächtigkeit, Gehalt an adsorptionsfähigen Tonmineralien, sind Hilfsgrößen, die den Versuch einer indirekten Erfassung der wesentlichen Eigenschaft "Schadstoffrückhaltepotential" darstellen (STOLPE [10], STRIEGEL [11]).

Die TA Siedlungsabfall definiert in Nr. 10.3.2 weitgehend nur umschreibende Anforderungen an die geologische Barriere. Daher ist eine ergänzende Erläuterung erforderlich:

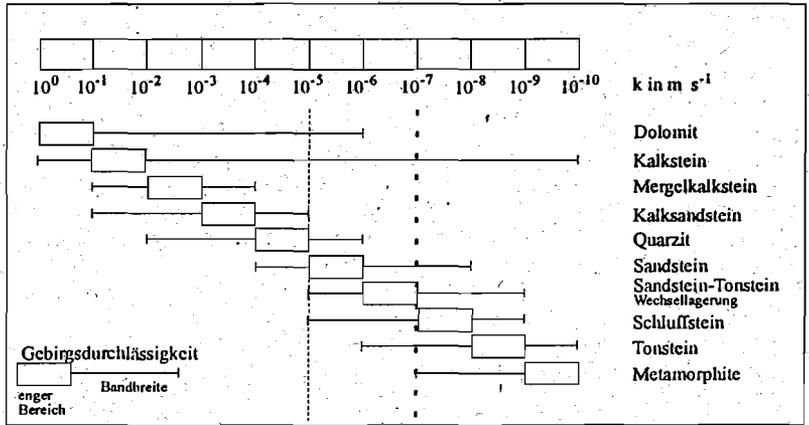
- **Schwach durchlässige Locker- bzw. Festgesteine (DIN 18130)**

Nach DIN 18130 bezeichnet "schwach durchlässig" einen Durchlässigkeitsbeiwert von $K_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s bis $\leq 1 \times 10^{-8}$ m/s. Diese Werte beziehen sich auf Laborbestimmungen. Die für die Durchlässigkeitsbestimmung gewonnenen Bodenproben (Probenkörper) müssen für den gesamten zu betrachtenden Gebirgskörper repräsentativ sein und insbesondere Inhomogenitäten berücksichtigen.

Bei Festgesteinen und wechselfesten Gesteinen, bei denen Laborbestimmungen nicht sinnvoll sind, wird die Durchlässigkeit in situ bestimmt. Der Laborwert $K_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s entspricht einer Gebirgsdurchlässigkeit von $K_f \leq 1 \times 10^{-5}$ m/s als Mindestforderung. Als Untersuchungsmethoden für die Durchlässigkeitsbestimmung in situ kommen hydraulische Tests in Bohrlöchern (in der Regel Bohrlochauffüllversuche, sogenannten open-end-tests sowie Druck- bzw. Wasserabpreßversuche, in selteneren Fällen Pumpversuche) in Frage. Grundsätzlich sollte die Durchlässigkeit mit mindestens zwei verschiedenen hydraulischen Verfahren ermittelt werden, um verfahrenabhängige Fehler zu minimieren.

Die geforderte geringe Durchlässigkeit liegt im allgemeinen bei folgenden Lockergesteinen vor: Löß, schluffiger Sand, Lößlehm, Geschiebelehme, sandiger Ton, Ton, verwitterter Tonstein usw. Feinsande scheiden in der Regel als geologische Barriere aus, da ihr Gehalt an adsorptionsfähigen Tonmineralien in der Regel sehr gering ist. Eine Orientierung für die zu erwartenden Durchlässigkeiten von Lockergesteinen und Festgesteinen gibt Abbildung 2.

Gebirgsdurchlässigkeiten im oberflächennahen Bereich (Auflockerungszone) der Festgesteine (KRAPP 1979)



Durchlässigkeit der Lockergesteine und Verwitterungszonen der Festgesteine

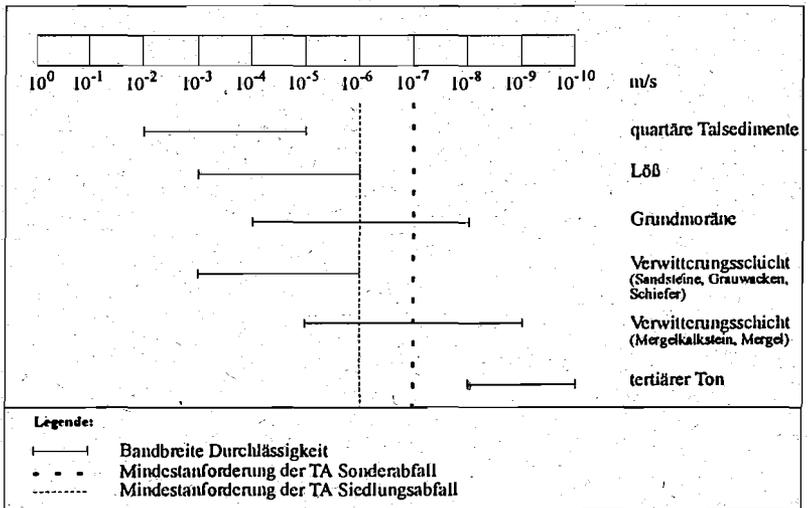


Abb.2: Durchlässigkeit von Lockergesteinen und Festgesteinen nach KRAPP [11]

- **Gehalt an adsorptionsfähigen Tonmineralien**

Tonmineralgemische wirken sich im allgemeinen günstig auf das Schadstoffrückhaltevermögen aus. Deshalb soll der Tonmineralegehalt 5 % nicht unterschreiten. Da grundsätzlich alle Tonminerale als adsorptionsfähig gelten, wurde bei der Kommentierung ([4]) der TA Siedlungsabfall keine Differenzierung in mehr oder weniger adsorptionsfähige Tonmineralien vorgenommen. Dies gilt nicht in allen Bundesländern.

- **Mehrere Meter Mächtigkeit**

Die Anforderung "mehrere Meter Mächtigkeit" ist in der Regel bei einer Schichtmächtigkeit von 3 m erfüllt.

- **Homogenität und flächige Verbreitung**

Die Homogenität und flächige Verbreitung der geologische Barriere sind in Abhängigkeit von der wasserwirtschaftlichen Sensibilität des Standortes und der Mächtigkeit und Qualität des Barriere-"Gesteins" im Einzelfall zu bewerten.

Insgesamt ist bei der Bewertung der Untergrundverhältnisse auf die Gesamtschau aller die Barriereigenschaften bestimmenden Einzelparameter, die für die Beurteilung des Standortes und der erforderlichen bautechnischen Maßnahmen maßgeblich sind, abzustellen.

Die TA Siedlungsabfall fordert grundsätzlich das Vorhandensein einer geologischen Barriere, läßt aber in den Fällen, in denen die genannten Anforderungen nicht in vollem Umfang erfüllt werden, Nachbesserungen am Standort zu. Diese Nachbesserungsmöglichkeit geht auf einen Vorschlag des Bundesrates zurück, der u.a. wie folgt begründet wurde (BR Drucksache 594/92 (Beschl.), dort Nr. 132, S. 83):

"Die Anforderungen an die geologische Barriere müssen eine nach den Maßstäben der TA Siedlungsabfall ausreichende Wirksamkeit dieses Sicherungselementes des Multibarriersystems gewährleisten. Gleichzeitig muß es aber möglich bleiben, in Entsorgungsgebieten mit ungünstigen geologischen Verhältnissen die erforderlichen Deponien zu errichten. Die bautechnische "Nachbesserung" nicht in vollem Umfang geeigneter geologischer Barrieren muß deshalb zulässig bleiben, (...). Die vorgeschlagene Fassung soll zugleich aber sicherstellen, daß der Standortsuchprozeß darauf ausgerichtet wird, Standorte festzulegen, die die Anforderungen an die geologische Barriere weitgehend erfüllen".

Die Nachbesserung des Standortes ist durch geeignete Maßnahmen vorzunehmen (z.B. flächenhafter Auftrag geeigneter Materialien, Bodenaustausch, Bodenvergütung).

Eine weitere Ausnahme läßt TA Siedlungsabfall in den Fällen zu, in denen die o.a. Anforderungen bis zu einer Tiefe von 3 m unter dem Deponieplanum nicht erfüllt sind.

Hiermit wird der Sonderfall geregelt, daß z.B. durch Schichtwechsel die geologische Barriere innerhalb der Prüftiefe von 3 m nicht ausreichend homogen ausgebildet ist. Da bei sonst guter geologischer Eignung einzelne Bereiche (Schichtglieder, Kluffzonen, Erosionsrinnen usw.) die Mindestanforderungen an die Homogenität nicht erfüllen, können im Schadensfall bevorzugte Wasserwege zur linienhaften Ausbreitung von Schadstoffen führen. In diesen Fällen sind die betreffenden Bereiche bis in eine Tiefe von 3 m nachzubessern. Das dabei zu verwendende Material soll im geotechnischen Verhalten und im Tonmineralgehalt dem natürlich anstehenden Untergrundmaterial angepaßt sein. Ziel dieser Maßnahme ist insbesondere die vollständige Ausräumung bevorzugter Fließwege im Untergrund bis zu einer Referenztiefe von 3 m. Die bautechnische Nachbesserung des Standortes bzw. der geologischen Barriere ist Bestandteil der Errichtung der Deponie. Sie unterliegt damit der abfalltechnischen Überwachung und Abnahme nach § 24 LAbfG.

Besondere Anforderungen an die geologische Barriere werden bei Deponien der Klasse I nicht gestellt.

Eine weitere Anforderung stellt die TA Siedlungsabfall hinsichtlich der Lage des Deponieplanums zum Grundwasser. Nach Nr. 10.3.3 muß das Deponieplanum so angelegt werden, daß es nach Abklingen der Untergrundsetzungen unter der Auflast der Deponie mindestens 1 m über der höchsten zu erwartenden Grundwasseroberfläche bzw. Grundwasserdruckfläche bei freiem oder gespanntem Grundwasser nach DIN 4049, Teil 1 liegt. Die Forderung nach dem Mindestabstand zwischen Grundwasseroberfläche und Deponieplanum von 1 m gilt als Mindestanforderung für die Deponieklassen I und II. Die Bestimmung der höchsten zu erwartenden Grundwasserspiegel erfolgt in der Regel durch Auswertung langfristiger Aufzeichnungen über den Grundwasserstand in nahegelegenen Meßstellen. Wo dies nicht möglich ist, können auch theoretische Ansätze zur Berechnung maximaler Grundwasserstände auf der Basis von Wasserhaushaltsbetrachtungen herangezogen werden.

Für gespanntes Grundwasser läßt die TA Siedlungsabfall höhere Druckspiegel zu, wenn nachgewiesen wird, daß das am Grundwasserkreislauf aktiv teilnehmende Grundwasser nicht nachteilig beeinträchtigt wird. Die Zulässigkeit höherer Druckspiegel ist auf solche Deponiestandorte zu beschränken, deren Untergrund und weiteres Umfeld aus sehr gering durchlässigen Schichten ($K_f \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s) von mindestens 5 m Mächtigkeit besteht. In allen anderen Fällen sind höhere Druckspiegel durch technische Maßnahmen dauerhaft und sicher auszuschließen [11].

5. Abschließende Bemerkung

Angesichts der fehlenden Akzeptanz der Abfallentsorgungsanlagen, insbesondere Deponien, werden die Anforderungen an die Auswahl von Anlagenstandorten und an die Berücksichtigung von Standortalternativen kontinuierlich erhöht. Das Standortsuchverfahren gerät daher in der Praxis mittlerweile zu einer Suche nach dem optimalen Standort, weil der Entsorgungsanlage an allen Orten nach Meinung der Betroffenen andere Belange entgegenstehen: Wald, Ackerland, Naherholungsgebiete, die es fast

überall gibt oder die geplant werden (z.T. als Gegenstrategie zur Abfallentsorgungsanlage), dürfen nach Ansicht der Betroffenen auf keinen Fall der Abfallentsorgungsanlage geopfert werden. Die Standortentscheidung, die inzwischen als "Schicksalsfrage der Anlagengenehmigung" und als Schlüsselproblem des gesamten Planungs- und Genehmigungsrechts gilt, ist bei der Zulassung von Abfallentsorgungsanlagen von zentraler Bedeutung. Daher kommt einer planerisch logisch und nachvollziehbar konzipierten Standortsuche, auch vor dem Hintergrund des UVP-Gesetzes, eine besondere Bedeutung zu.

Die TA Siedlungsabfall greift die inzwischen in der Praxis eingeführten Methoden der Standortfindung auf und formuliert insbesondere technische Anforderungen an den Standort und das Deponiebauwerk. Die in Nr. 10.3.1 aufgeführten Ausschluß- und Abwägungskriterien stellen jedoch nicht abgeschlossene Kriterienkataloge dar. In der Praxis zeigt sich, daß weitergehende Anforderungen aus der jeweiligen örtlichen Situation sich ergeben können.

Ein weiteres, in den letzten Jahren verstärkt in den Standortsuchprozeß einbezogenes Kriterium, ist die "Vorbelastung" eines Standortes. Sie wird aus der jeweiligen Interessenlage der Beteiligten/Akteure definiert und in den Standortsuchprozeß eingeführt. Durch das unterschiedliche Begriffsverständnis (meßbare Belastungen, wie Staub, Lärm, Geruch; Vorleistungen eines Teilraumes gegenüber bisher von Deponien nicht betroffenen Teilräumen; Zusammenfassung aller Negativverfahren mit vorhandenen oder erweiterten Belastungen aller Art) ist die Einführung und Berücksichtigung dieses Kriteriums in das Standortsuchverfahren mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Nach AK STANDORTSUCHE ABFALLENTSORGUNGSANLAGEN [12] sind räumliche Vorbelastungen und planerische Aspekte der Konzentration oder der Verteilung belastender Nutzungen im Raum Abwägungsgesichtspunkte, die von den zuständigen politischen Gremien bei der Standortvorauswahl bzw. Standortwahl einbezogen werden können. In Tabelle 2 sind die Vorbelastungen aus der Sicht verschiedener Akteure im Standortsuchprozeß aufgezeigt.

Die in den Phasen 1 und 2 (Standortvorerkundung, Standorthaupteerkundung) der Standortfindung erhobenen Sachverhalte sind, soweit es sich nicht um harte Ausschlußkriterien handelt, beim Standortvergleich einer Bewertung zu unterziehen. Für die Bewertung stehen unterschiedliche Methoden mit jeweils spezifischen Anwendungsbereichen zur Verfügung. Die Auswahl der Bewertungsmethoden sollte der Komplexität der Entscheidungssituation und der Güte der ermittelten Daten bzw. dem jeweiligen Verfahrensschritt angepaßt werden.

Da Standortsuchverfahren für Deponien Konflikte in sich bergen, die zu schwierigen und oftmals langwierigen Auseinandersetzungen zwischen den jeweiligen Interessengruppen (Projekträger, Politiker, betroffene Bürger) führen, sind Wege für eine breitere Informationsstrategie und das Einräumen von "Beteiligungsrechten" in den Schritten des Standortsuchverfahrens zu prüfen [13,14]. Die bisherigen Beteiligungsfälle haben fast ausnahmslos gezeigt, daß das klassische "Mediationsverfahren" im Rahmen der Standortsuche aus verschiedenen Gründen nicht zum Erfolg führt.

Tabelle 2: Vorbelastung aus der Sicht der verschiedenen Akteure im Standort-suchprozeß [12]

Akteure	Begriffsverständnis	Beurteilungsmaßstab	angestrebte Ebene der Berücksichtigung	Ziel der Berücksichtigung
Projektträger, Gutachter	Immissionsschutz, meßbare Belastungen (z.B. Lärm, Staub, Geruch)	Meßwerte, vorhandene Richt-, Grenzwerte	Standauswahl	Abwägung
Politiker	Vorleistung eines Teilraumes gegenüber bisher von Deponien betroffenen Teilräumen	Lage und Zeitdauer des Betriebes vorhandener Deponien	Standortvorauswahl	Abwägung, z.T. Ausschluß von Teilräumen; Minderung des politischen Konfliktpotentials
Betroffene im Teilraum mit vorhandener Deponie	Zusammenfassung aller Negativ-Erfahrungen mit vorhandener Deponie und weiteren Belastungen aller Art	Meßwerte, gesundheitliche Beeinträchtigungen, subjektiv empfundene Beeinträchtigungen	Standortvorauswahl	Ausschluß betroffener Teilräume
Betroffene in sonstigen Teilräumen mit Standortbereichen	Zusammenfassung aller Negativ-Erfahrungen mit vorhandenen oder erwarteten Belastungen aller Art	Meßwerte, Art und Anzahl vorhandener oder geplanter emittierender Anlagen und anderer Belastungsquellen (z.B. Verkehrsanlagen)	Standortvorauswahl	Abwägung, z.T. Ausschluß von Teilräumen

6. Literaturnachweis

- [1] DEWEY, F.-J.: Probleme der Standortfindung für Sonderabfall-Beseitigungsanlagen. In Thome-Kosmiensky (Hrsg.): Sonderabfallbeseitigung, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 5, Bielefeld 1977.
- [2] REGIERUNGSPRÄSIDENT ARNSBERG (Hrsg.): Umwelt- und Raumverträglichkeitsstudie für Standorte einer Sonderabfalldeponie - Teil 1 Standortauswahl. Gutachten der AHU-Büro für Hydrogeologie und Umwelt, Aachen, Planungsgruppe Ökologie und Umwelt, Hannover, 1991 (unveröffentlicht).
- [3] ANEMÜLLER, M.: Systematischer Standortsuchprozeß für eine Sonderabfalldeponie. In Meiners, G. u. H. Stolpe (Hrsg.): AHU Umwelt Texte, Jg. 1991/92, Aachen 1992.
- [4] LANDESUMWELTAMT: Entwurf einer Richtlinie zur Anwendung der TA Siedlungsabfall. Unveröffentlichter Arbeitsentwurf, Essen 1995.

- [5] NIEHAUS, H.T.:
Methoden der Standortsuche für Sonderabfalldeponien. In: Jessberger (Hrsg.):
Neuzeitliche Deponietechnik, Balkema, Rotterdam 1990.
- [6] MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT NW: Rahmenkonzept zur Planung von Sonderabfallentsorgungsanlagen. 4. Auflage, Düsseldorf 1994.
- [7] LANDESAMT für WASSER und ABFALL NW: Mineralische Deponieabdichtungen (Richtlinie Nr. 18). Abfallwirtschaft NRW, Düsseldorf 1993.
- [8] FRIEDRICH, H., M. LIEBER und H. STOLPE:
Die vergleichende Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) - Kern der Standortauswahl für eine Deponie. In Meiners, G. und H. Stolpe (Hrsg.): AHU Umwelt Texte, Jahrgang 1992/93, Aachen 1993.
- [9] LIEBER, M.:
Gestaltung des Untersuchungsrahmens bei Umweltverträglichkeitsprüfungen für Deponiestandorte - Grundlagen, Rahmenbedingungen, Beispiele. In: Meiners, G. und H. Stolpe (Hrsg.): AHU Umwelt Texte, Jahrgang 1993/94, Aachen 1994.
- [10] STOLPE, H.:
Anforderungen an die Standortauswahl für Deponien der Deponieklassen nach der TA Siedlungsabfall. In: Meiners, G. und H. Stolpe (Hrsg.): AHU Umwelt Texte, Jahrgang 1993/94, Aachen 1994.
- [11] STRIEGEL, K.-H.:
Anforderungen an die Standortauswahl von Deponien der Deponieklassen nach TA Siedlungsabfall. In: Landesumweltamt (Hrsg.): Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Deponien (Materialien Nr. 2), Essen 1994.
- [12] AK STANDORTSUCHE ABFALLENTSORGUNGSANLAGEN:
Berücksichtigung von Vorbelastungen bei der Standortsuche. in Meiners, G. und H. Stolpe (Hrsg.): AHU Umwelt Texte, Jg. 1994/95, Aachen 1995.
- [13] ANEMÜLLER, M.:
Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Standortsuche für eine Sonderabfalldeponie. In Schimmelpfeng (Hrsg.): Altlasten - Deponietechnik - Kompostierung. Academia Verlag, St. Augustin 1993.
- [14] STOLPE, H. und M. LIEBER:
Thesenpapier zu den Aufgaben von Mediatoren, Planungsberatern und Gutachtern bei der Durchführung von Standortsuchprozessen für Deponien. In Meiners, G. und H. Stolpe (Hrsg.): AHU Umwelt Texte, Jg. 1992/93, Aachen 1993.

Materialanforderungen an Abdichtungs- und Entwässerungsschichten

Dipl.-Ing. Schicketanz, Ing.-Büro Schicketanz, Aachen

1. Einleitung

Aus einsichtigen Gründen ist es erforderlich, oberirdische Deponien, auf denen schadstoffhaltige Abfälle gelagert werden sollen, so nach dem Stand der Technik zu planen und zu bauen, daß für die Umwelt und die Bewohner in der nahen und fernen Umgebung langfristig keine negativen Beeinträchtigungen zu befürchten sind.

Auch wenn nach den gültigen Verwaltungsvorschriften (TA-Abfall, TA-Siedlungsabfall [1], [2]) zukünftig der Barriere "Abfall" selbst aufgrund strenger Anforderungen die Bedeutung des wichtigsten und sichersten Schutzes gegen Schadstoffaustrag zukommt, bleiben die bautechnischen Anforderungen an Dichtungsmaterial und Ausführung weiterhin von erheblicher Bedeutung.

Während "Barrieren" bei ausreichend geringer Durchlässigkeit mehr ein hohes **Rückhaltepotential** aufweisen sollen, müssen "Dichtungen" durch eine **sehr geringe Durchlässigkeit** und eine **hohe Beständigkeit** gegen chemische, biologische und physikalische Einwirkungen charakterisiert sein.

Schon frühzeitig wurden deshalb im Bundesland Nordrhein-Westfalen Richtlinien zu speziellen Materialeinsätzen erarbeitet:

- Richtlinie (Entwurf) über Deponiebasisabdichtungen mit Dichtungsbahnen, LWA **1981**,
- dito, Weißdruck; LWA **1985**,
- Mineralische Deponieabdichtungen; Entwurf einer Richtlinie; LWA **1991**,
- dito, Weißdruck; LWA **1993**.

Zu dieser Zeitperiode (1990) wurde auch von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) ein Richtlinienentwurf zum LAGA-Merkblatt M3 verfaßt, das länderübergreifend konkrete Anforderungen an die Materialien des Dichtungsbaus beschrieb.

Die heute gültigen Verwaltungsvorschriften, kurz **TA-Abfall** und **TA-Siedlungsabfall** genannt, beschreiben in mehr oder minder konkreter Form die Materialanforderungen an Abdichtungs- und Entwässerungsschichten, lassen jedoch auch Fragen offen, die für die TA Siedlungsabfall durch das im Entwurf nunmehr vorgelegte "Merkblatt zur Anwendung der TA Siedlungsabfall bei Deponien" des Landesumweltamtes NRW geregelt werden sollen.

2. Regelabdichtungssysteme

In den vorgenannten Verwaltungsvorschriften werden die Ausbildungen von Deponieabdichtungen und Anforderungen an die zu verwendenden Materialien als Regelfall beschrieben, wobei die Möglichkeit offengelassen wird, auch andere - **gleichwertige** - Abdichtungssysteme einsetzen zu können, dabei jedoch keine Kriterien für die Gleichwertigkeit aufgezeigt werden.

Da für das Bauwerk Deponie sowohl das Abfallrecht (Abfallgesetz 1986, 1993) primär, aber auch das Bauordnungsrecht (Musterbauordnung, 1993) zuständig ist, befaßt sich seit 1993 das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin, in dem Referat Deponietechnik mit der Bewertung von alternativen Abdichtungssystemen und den Kriterien der Gleichwertigkeit zu den bisherigen, bewährten Regelabdichtungssystemen.

Während für die Deponieklasse I rein mineralische Abdichtungsschichten vorgesehen sind, sind für die Deponieklasse II für die Regelabdichtungssysteme verschiedenartige Baumaterialien so sinnvoll miteinander zu kombinieren, daß durch die multiplikative Wirkungsweise der **Kombinationsdichtung**, bestehend aus einer Erdstoffdichtung im (Preß-)Verbund mit einer Kunststoffdichtungsbahn, der Schadstofftransport durch diese Konvektionssperre auf ein geringstmögliches Maß reduziert wird. Zur Wirkungsweise der Regelabdichtung siehe auch [3, 4].

Die Regelabdichtungen wurden bis heute bei überaus zahlreichen **Basisabdichtungen** ausgeführt und sind deshalb aufgrund der dabei gesammelten umfangreichen planerischen und bautechnischen Erfahrungen als **Stand der Technik** anzusehen. "Kinderkrankheiten" in der Bauausführung, wie sie jedem neuen System leider über einen mehr oder minder längeren (Anfangs-)Zeitbereich anhaften, gelten als ausgestanden. Eine Vielzahl von bauausführenden Fachunternehmen sind heute im ganzen Bundesgebiet in der Lage, die Bauausführung nach den festgelegten Qualitätsmerkmalen ordnungsgemäß vorzunehmen. Dabei sollte nicht verkannt werden, daß dieser heutige Stand nicht zuletzt auch mit auf die Bemühungen vieler Behörden und der in den Verwaltungsvorschriften festgeschriebenen Fremdprüfinstitutionen vor Ort zurückzuführen ist.

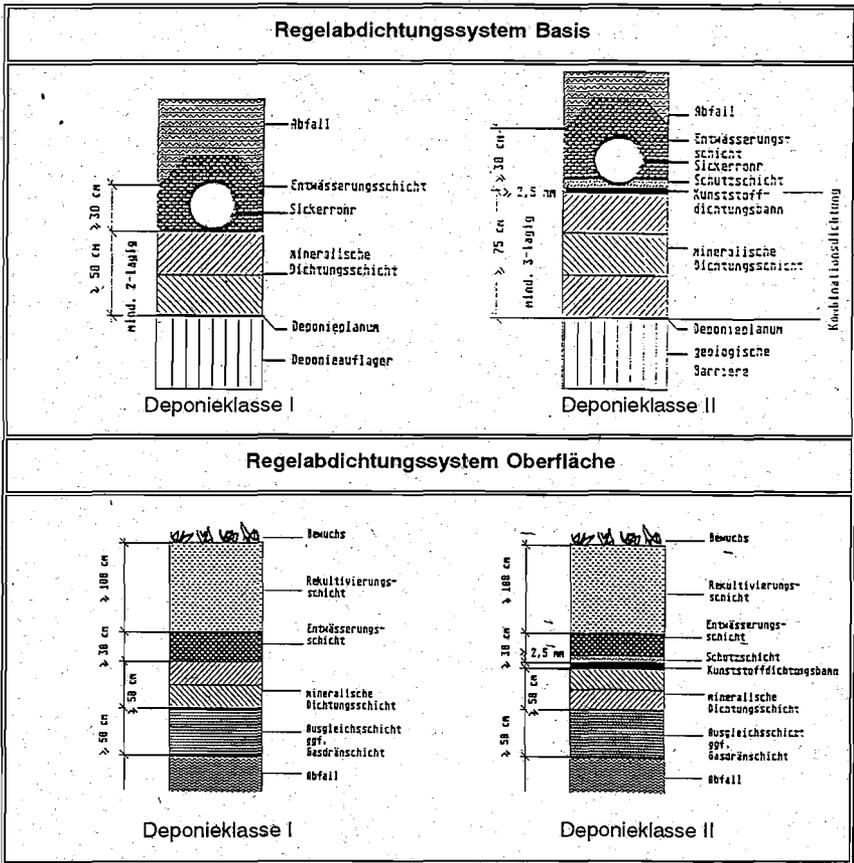


Abb. 1: Regelabdichtungssysteme Basis/Oberfläche

Diese positive Bewährung gilt nicht in vollem Umfang für **Oberflächenabdichtungen**. Aufgrund der bestehenden Setzungsproblematik der zumeist noch nicht der TA-Siedlungsabfall entsprechenden Abfallkörperzusammensetzung wird deshalb zum Beispiel eine "Zwei-Phasen-Dichtung" in der Literatur diskutiert. Dabei wird zur Minimierung des Sickerwasseranfalls zunächst eine "Abdeckung" empfohlen, der nach weitgehendem Abklingen der Setzungen des Deponiekörpers eine "Abdichtung" folgt [7].

Bei dieser Vorgehensweise haben Materialalternativen ein breites Einsatzfeld.

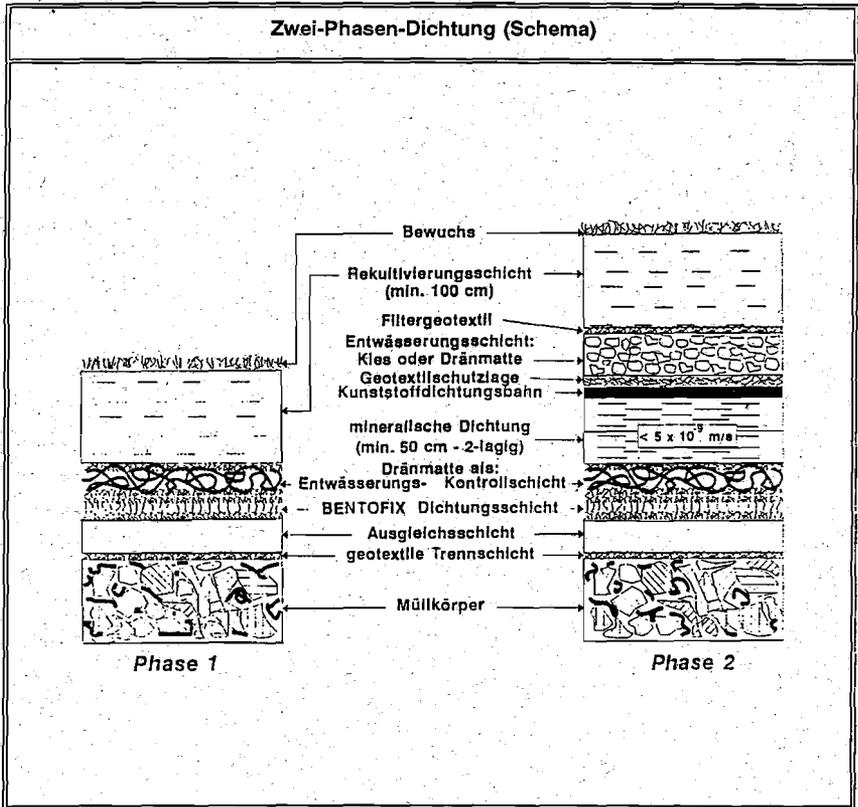


Abb. 2: Zwei-Phasen-Dichtung (Schema)

3. Anforderung an Abdichtungsschichten

Die materialtechnische Anforderung an die Abdichtungsschichten wird in den Verwaltungsvorschriften durch Mindest- bzw. Maximalwerte oder Rahmenbedingungen gefordert.

Zur Berücksichtigung auch zusätzlicher projektbezogener Anforderungen ist ein **Qualitätssicherungsplan** vor Beginn jeder Deponiebaumaßnahme aufzustellen (s. auch [9]).

3.1 Geologische Barriere (TASi, 10.3.2)

Anmerkung: Die geologische/technische Barriere soll ein möglichst hohes Schadstoffrückhaltepotential bei geringer Durchlässigkeit besitzen, aber **keine zweite Dichtungsschicht** darstellen. Deshalb ist hier eine große Masse an Adsorptions- und Fällungsmaterial verlangt und nicht eine sehr dünne Lage aus hochreaktivem Material (z.B. Bentonit) mit geringstmöglicher Durchlässigkeit.

Anforderungen an die geologische/technische Barriere		
TA Siedungsabfall	Merkblatt	
Barriere "schwach durchlässig" "mehreren Metern Mächtigkeit" "hohes Maß Schadstoffrückhaltepotential"	Labor: In-stu: Tiefe: Tonmineralanteil:	$k \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s (DIN 18 130) $k \leq 1 \times 10^{-5}$ m/s (Gebirgsdurchlässigkeit) ≥ 3 m min. 5 Gew.-%, bevorzugt 10 Gew.-%
Ertüchtigung (Nachbesserung)	Labor: Tonmineralanteil: Tiefe:	$k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s (DIN 18 130) ≥ 5 Gew.-% ≥ 3 m
Ausgleich (Einbau)	Labor: Tiefe: Ausräumung bevorzugter Fließwege etc.	$k \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s ≥ 3 m

3.2 Abdichtungssysteme (TASi, 10.4.1)

Allgemein:

Aufgabe	Anforderung
<ul style="list-style-type: none">- Austrag von Schadstoffen in den Untergrund unterbinden und Sickerwasser ableiten- Eindringen von Niederschlag in den Deponiekörper verhindern und anfallendes Niederschlagwasser ableiten	<ul style="list-style-type: none">- Beständigkeit gegenüber allen chemischen Beanspruchungen- Dichtigkeit- Verformbarkeit, um evtl. auftretende Setzungen und Verformungen schadensfrei aufzunehmen- Rückhaltevermögen gegen Sickerwasserinhaltsstoffe- Standsicherheit- Beständigkeit gegen Einwirkungen aus Folgenutzungen und Erosionsvorgängen- Kontrollierbarkeit der Funktionsfähigkeit anhand der Meßeinrichtungen gemäß Nr. 10.6.6.2 (Deponiebetrieb)

3.2.1 Basisabdichtung

Die Basisabdichtung hat die Aufgabe, über einen sehr langen Zeitraum (>> 100 Jahre) den Durchtritt von wirksamen Schadstoffmengen in den Untergrund zu verhindern.

Mineralische Abdichtung

Anforderungen nach [2]			
Material- und Einbauparameter	Deponieklasse I	Deponieklasse II	Merkblatt
Dicke der Dichtung	≥ 0,5 m	≥ 0,75 m	gilt
k _f -Wert (max.)	≤ 5 x 10 ⁻¹⁰ m/s (i = 30)	≤ 5 x 10 ⁻¹⁰ m/s (i = 30)	≤ 1 x 10 ⁻¹⁰ m/s (Labor, A1)
Suffusionsbeständigkeit	ja	ja	ja
Feinstkorngehalt (< 0,002 mm)	≥ 20 %	≥ 20 %	nur Tonmineralgehalt
Tonmineralgehalt	≥ 10 %	≥ 10 %	gilt; ergänzende tabellarische Angaben zum Adsorptionsvermögen
Größtkorn *)	20 mm	20 mm	gilt
Stückigkeit (Konglomerate)	≤ 32 mm	≤ 32 mm	gilt
Kalziumkarbonatanteil	≤ 15 %	≤ 15 %	gilt, DIN 18 129
Einbauwassergehalt **)	W _{pr} < w < w _{0,95}	W _{pr} < w < w _{0,95}	gilt
Luftporenanteil bei Abweichungen im Wassergehalt n _a	≤ 5 %	≤ 5 %	Orientierung an W _{on} : n _a ≤ 5 % Gemischtkörnung: n ≤ 25 %
Einbaudichte D _{pr}	≥ 95 %	≥ 95 %	gilt
Anteil fein verteilte org. Substanz	≤ 5 %	≤ 5 %	gilt

*) kein Grobkies zulässig (nach DIN 4022: Grobkies ab 20 mm)

**) w_{pr} = Wassergehalt bei 100 % Proctordichte

w_{0,95} = Wassergehalt bei 95 % Proctordichte auf dem nassen Ast der Proctorkurve

Die LWA-Richtlinie Nr. 18 gibt Hinweise zu Bestimmungsmethoden und Auswertungen in Ergänzung zum Normenwerk. }

Kunststoffdichtungsbahnen

Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungssysteme bedürfen eines Eignungsnachweises durch einen Zulassungsbescheid.

Zulassungen erteilt derzeit nur die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; nach einer Überleitungszeit (voraussichtlich nach 1996) das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt).

Die Anforderungen an die Kunststoffdichtungsbahnen als Konvektionssperre sind in der "Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen als Bestandteil einer

Kombinationsdichtung für Siedlungs- und Sonderabfalldeponien sowie für Abdichtungen von Altlasten" der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, in der aktuellen Ausgabe Juli 1992 zusammengefaßt. Die Anforderungen und Prüfmethode basieren darin teilweise auf den Festlegungen der NRW-Richtlinie Deponiebasisabdichtungen an Dichtungsbahnen (z.B. die Liste der Prüfmedien).

Sie regelt neben den materialtechnischen Maßnahmen auch die Anforderungen an die Herstellung und Verlegung der Kunststoffdichtungsbahnen als Teil der Kombinationsdichtung gemäß der Vorgabe von Anhang E, Abschnitt 2.2 der TA Siedlungsabfall.

Folgende allgemeine Anforderungen sind zu erfüllen:

Anforderungen an Kunststoffdichtungsbahnen (Auswahl nach [2, 8])	
Materialparameter	Deponieklasse II
Material	PE-HD (Dichte: 0,932 - 0,942 g/cm ³ , natur)
Dicke (DIN 53 353)	2,5 mm (+ 0,3/- 0 mm)
Streckspannung (DIN 53 455)	≥ 15 N/mm ²
Streckdehnung (DIN 53 455)	≥ 10 %
Reißdehnung (DIN 53 455)	≥ 400 %
Schrumpf nach Warmlagerung (1 h/120 °C; DIN 53 377)	glatt: ≤ 1 % Struktur: ≤ 1,5 %
Zweiachsiger Zugversuch (DIN 53 861)	≥ 15 %
zulässige Zeitstanddehnung	bis 3 %

Bezüglich der Verbindungstechnik von Kunststoffdichtungsbahnen wird auf die Richtlinie 2225, Teil 1 bis 3, des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V., Düsseldorf, verwiesen.

Nachfolgende Tabelle zeigt den Stand von Zulassungen in aktueller Form:

BAM-Zulassungen für Dichtungsbahnen [10]			
Zulassung	Hersteller	Oberfläche	Gültig bis
08/BAM/ 312/01/89	HT-AG	glatt/glatt	31.12.97
06/BAM/ 312/05/90	AGRU	glatt/glatt	31.12.97
08/BAM 3.6/01/91	HT-AG	KaNo/Orga	31.12.97
08/BAM 3.6/02/91	HT-AG	Orga/glatt	31.12.97
08/BAM 3.6/03/91	HT-AG	KaNo/glatt	31.12.97
08/BAM 3.6/08/91	HT-AG	glatt/glatt 3 mm	31.12.97
08/BAM 8.3/03/93	HT-AG	KaNo/Orga 3 mm	31.12.97
06/BAM 8.3/04/93	AGRU	glatt/glatt 3 mm	31.12.97
07/BAM 8.3/07/93	NSC, Naue	glatt/glatt 3 mm	31.05.96
07/BAM 8.3/12/93	NSC, Naue	rauh/(halb)rauh	31.12.96
07/BAM 8.3/13/93	NSC, Naue	glatt/rauh	31.12.96
13/BAM 8.3/17/93	SSL	glatt/glatt	31.03.99
13/BAM 8.3/18/93	SLT	DRS	31.12.96
13/BAM 8.3/19/93	SLT	MRS	31.12.96
13/BAM 8.3/20/93	SLT	glatt/glatt 3 mm	31.03.99
13/BAM 8.3/21/93	SLT	DRS 3 mm	31.12.96
13/BAM 8.3/22/93	SLT	MRS 3 mm	31.12.96
08/BAM 8.3/08/94	HT-AG	S2/S5	31.03.99
13/BAM 8.3/18/94	SLT/Polyfelt	glatt/glatt	31.12.96
13/BAM 8.3/19/94	SLT/Polyfelt	DRS	31.12.96
13/BAM 8.3/20/94	SLT/Polyfelt	MRS	31.12.96
07/BAM 8.3/01/95	NSC	glatt/glatt	31.12.96
06/BAM 8.3/03/95	AGRU	Spike/Gitt	31.12.96

Abkürzungen: DRS (beidseitig rauh), MSR (einseitig rauh), KaNo, Orga, Gitt, S2, S5 bezeichnen verschiedene aufgeprägte Oberflächenmuster.

Neben den Kunststoffdichtungsbahnen ist auch ein Nachweis der Eignung von darauf aufliegenden **Schutzschichten** durch einen **Zulassungsschein** erforderlich. Auch diese Zulassungen erteilt derzeit nur die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin. Nach 1996 erfolgt eine Überleitung an das DIBt, Berlin.

Anforderungen an Schutzschichten (Auswahl nach [2, 8])	
Materialparameter	Deponieklasse II
Vliesstoffe	
Flächengewicht (DIN 53 854)	≥ 1.200 g/m ² (x - s)
Festigkeit (DIN 54 307-A)	> 3,5 KN (GKR 5)
Beständigkeit (ISO 175) (hochkonzentrierte flüssige Medien: 1, 2, 5 + HNO ₃)	Masseänderung ≤ 15 % Änderung Höchstzugkraft F _H und Dehnung ε _H ≤ 25 %
Änderung der Kristallinität (DSC)	< 10 %
Beständigkeit gegen Mikroorganismen (CEN TC 189/WG5/D)	ΔF _H ; Δε _H ≤ 10 %, visuell
Schutzwirksamkeit (BAM; GDA E 3-9)	≤ 0,25 % / 40 °C / 1.000 h

In dem vorgestellten Merkblatt heißt es zu den Schutzmaßnahmen:

Geeignete Maßnahmen zum Schutz der Kunststoffdichtungsbahnen von auflastbedingten Beschädigungen bestehen zum einen in der Auswahl stofflicher und geometrischer Eigenschaften des Auflageplanums (Kornstruktur, Absatzhöhen, Trockenrisse, Vererdung etc. s.a. BAM-Zulassungsrichtlinie 07/1992, Abschnitt 8.3) und zum anderen in der Auswahl einer langfristig geeigneten Schutzlage zur Verteilung der Punktlasten aus der Flächenfilterkörnung (es ist ein Schutzwirksamkeitsnachweis gemäß BAM-Zulassungsrichtlinie, 07/1992, Abschnitt 8.7 und GDA-Empfehlung E 3-9, Abschnitt 2.2.3 erforderlich).

Der Schutzwirksamkeitsnachweis kann entfallen, wenn der "Regelaufbau" dieser Schutzlage aus einem mechanisch gebundenen Vliesstoff (Nennflächengewicht 1.200 g/m²) und einer 0,15 m dicken Brechkornschicht 0/8 mm besteht und nach den vorliegenden Versuchsergebnissen eine Auflast von 900 KN/m² nicht überschritten wird. Nähere Hinweise dazu s.a. BAM-Zulassungsrichtlinie von Kunststoffdichtungsbahnen, 07/1992, Abschnitt 8.3 und 8.7.

BAM-Zulassungen für Dichtungsbahnen [10]			
Zulassung	Hersteller	Oberfläche	Gültig bis
08/BAM 8.3/09/94	Naue	Vlies PE	31.12.1996
08/BAM 8.3/10/94	Naue	Vlies PP	31.12.1996
08/BAM 8.3/12/94	Huesker	Vlies PP	31.12.1996
08/BAM 8.3/13/94	Polyfeld	Vlies PP	31.12.1996
08/BAM 8.3/15/94	Gebr. Friedrich	Sandmatte	31.12.1996
08/BAM 8.3/17/94	Naue	Depomat	31.12.1996

Die Werksfertigung von Kunststoffdichtungsbahnen und Schutzschichten ermöglicht die Vorlage von **Werks- oder Abnahmeprüfzeugnissen** sinngemäß nach DIN 50 049

(EN 10 204) mit Ergebnissen der Eigenprüfung als Nachweis der Lieferqualität. Alternativ haben sich **Freigabeproofungen im Werk** des Herstellers vor Anlieferung auf die Baustelle bewährt, bei denen im Rahmen einer Ordnungs- und einer technischen Prüfung der "Lebenslauf" und damit die Qualität des Produktes überprüft werden kann.

Kunststoffdichtungsbahnen, Schutzsysteme und (temporäre) Halteelemente (z.B. Geogitter) sind nach einem vorher festgelegten **Verlegeplan** einzubauen.

Der Verlegeplan hat die Notwendigkeit einer ganzflächigen Planlage der Kunststoffdichtungsbahn zu berücksichtigen. Er ist von der Fremdprüfung freizugeben und der zuständigen Überwachungsbehörde zur Freigabe vorzulegen.

Zum Schutz des Dichtungselementes, zur Sicherung seiner ordnungsgemäßen Planlage und zur Vermeidung von Tauwasserbildung unter der Dichtungsbahnlage soll der Einbau der darauf aufliegenden geotextilen und insbesondere mineralischen Schutz- und (ggfs.) Filtermaterialien **einbautätig** erfolgen.

3.2.2 Oberflächenabdichtung

Gemäß TA-Siedlungsabfall, Nr. 11.2.1 (h), kann bei Altdeponien sinnvoll sein, temporär auch eine vorläufige **Oberflächenabdeckung** aufzubringen. Hierzu sei auf den Vorschlag der "Zwei-Phasen-Abdichtung" hingewiesen.

Oberflächenabdichtungen haben folgenden Anforderungen zu genügen:

Mineralische Abdichtung

Anforderungen nach [2]			
Material- und Einbauparameter	Deponieklasse I	Deponieklasse II	Merkblatt
Dicke der Ausgleichsschicht	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m	gilt; Einsatz von Sekundärrohstoffen
Dicke der Entgasungsschicht	(≥ 0,3 m)	≥ 0,3 m	gilt; gemischt- oder feinkörnig
Dicke der Dichtung	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m	gilt
Dicke des Bodens	≥ 1,0 m	≥ 1,0 m	gilt; nach Abdichtung und Bewuchs
k_{ϕ} -Wert (max.) (t = 30)	≤ 5 x 10 ⁻⁹ m/s	≤ 5 x 10 ⁻⁹ m/s	≤ 1 x 10 ⁻¹⁰ m/s
Suffusionsbeständigkeit	ja	ja	ja
Feinstkorngehalt (< 0,002 mm)	≥ 20 %	≥ 20 %	(?)
Tonmineralgehalt	≥ 10 %	≥ 10 %	gilt
Größtkorn *)	20 mm	20 mm	gilt
Stückigkeit (Konglomerate)	≤ 32 mm	≤ 32 mm	gilt
Kalziumkarbonatanteil (Entgasungsschicht)	(≤ 10 %)	≤ 10 %	gilt
Kalziumkarbonatanteil Dichtung	≤ 15 %	≤ 15 %	gilt
Einbauwassergehalt **)	$w_{pr} < w < w_{0,95}$	$w_{pr} < w < w_{0,95}$	gilt
Luftporenanteil bei Abweichungen im Wassergehalt n_{α}	≤ 5 %	≤ 5 %	Orientierung an w_{opt} : $n_{\alpha} \leq 5 \%$ Gemischtkörnig: $n \leq 25 \%$
Einbaudichte D_{pr}	≥ 95 %	≥ 95 %	gilt
Anteil fein verteilte org. Substanz	≤ 5 %	≤ 5 %	gilt

*) kein Grobkies zulässig (nach DIN 4022: Grobkies ab 20 mm)

**) w_{pr} = Wassergehalt bei 100 % Proctordichte

$w_{0,95}$ = Wassergehalt bei 95 % Proctordichte auf dem nassen Ast der Proctorkurve

Kunststoffdichtungsbahnen

Kunststoffdichtungsbahnen für **Oberflächenabdichtungen** müssen ihre Eignung durch einen Zulassungsbescheid nachweisen. Dazu weitere Informationen unter 3.2.1.

Erwünscht ist der Einsatz von Kunststoffdichtungsbahnen aus Recyclat, **wenn** deren Eignung durch einen Zulassungsbescheid nachgewiesen ist.

Rekultivierungsboden

Die auszuführende Schichtdicke der Rekultivierungsschicht ist in Abhängigkeit von dem Abdichtungssystem und dem vorgesehenen Bewuchs gemeinsam mit den zuständigen Fachbehörden festzulegen. Sie ist in der Regel deutlich größer als 1 m.

Eine Durchwurzelung der Dränschicht ist durch sorgfältige Auswahl und Pflege des Bewuchses auf der Oberfläche der Rekultivierungsschicht zu vermeiden.

Unter Beachtung der nach Nr. 10.6.6.2 in Verbindung mit Tabelle 1 des Anhangs G der TA Abfall zu erfassenden meteorologischen Datenreihen und unter Anwendung von Wasserhaushaltsbetrachtungen ist der Bewuchs darüber hinaus so auszuwählen, daß die Infiltration von Niederschlagswasser in das Entwässerungssystem minimiert wird.

4. Anforderungen an Entwässerungsschichten

Die Sickerwasserableitung auf der Basisdichtung erfolgt durch die Flächenfilterschicht, die Sammlung in Sickerrohren, die an Durchdringungsbauwerken zur Austragung aus der Dichtungsfläche angeschlossen sind.

Als Entwässerungsschicht der Oberflächenabdichtung können anstelle eines Mineral-korgemisches auch geeignete **geotextile Dränschichten** zum Einsatz gelangen. Nachzuweisen ist in diesem Fall deren Transmissivität (Abflußleistung) und die Gleitsicherheit des Systems.

Für die mineralische Entwässerungsschicht (Flächenfilter) gelten folgende Anforderungen:

Anforderungen an die Entwässerungsschicht [2]		
Material- und Einbauparameter	TA Siedlungsabfall Deponieklasse I und II	Merkblatt
Dicke	≥ 0,3 m	Basis: ≥ 0,5 m (0,3 m + 0,2 m für Eintrag Abfallfeinanteile); kein Filtervlies auf Basisflächenfilter! Oberfläche: ≥ 0,3 m; geotextile Dränschichten weisen geringere Dicken auf
Durchlässigkeitsbeiwert k	≥ 1 x 10 ⁻³ m/s	<u>langfristige</u> Sicherstellung; Kornanteil < 2 mm max. 5 Gew.-% (DIN 4226/TL-Min StB 83)
Beständigkeit	chemisch/physikalisch und mechanisch beständig und stabil	gilt
Kalziumcarbonatanteil	≤ 20 Gew.%	gilt
Kornverteilung	16/32 mm, auch 8/16 mm, "gewaschenes Material, Rundkorn bevorzugt"	Basis: gilt; abschlembbarer Gehalt ≤ 0,5 Gew.-%; Anteil Kornform l/d > 3:1 max. 20 Gew.-%; Ø < 2 mm max. 5 Gew.-% Oberfläche: gilt; Einsatz von Sekundärrohstoffen prüfen

Für die **Sickerwassersammelrohre** gelten nachfolgende Anforderungen:

Anforderungen an die Sickerwassersammler [2]		
Material- und Einbauparameter	TA Siedlungsabfall Deponieklasse I und II	Merkblatt
Durchmesser	"DN 300 mm"	D _i ≥ 250 mm
Ausführung	"2/3 gelocht oder geschlitzt"	DIN 4266, T1-T3 ≥ 3 Längsreihen
Standsicherheit	"... muß nachgewiesen werden"	DIN 19 667, ATV-M 127, geprüfter Nachweis
Einbau	"DIN 19 667 (in Vorbereitung)"	DIN 19 667 (DIN 4033); gelenkiger Anschluß an Festbauwerke

Bei den Sickerwassersammlern haben sich unter größerer Auflast (biegeweiche) Rohre aus PE-HD nach DIN 8074/8075 gegenüber (biegesteifen) Rohren aus Steinzeug oder Beton besser bewährt.

Bezüglich des Rohraufagers ist unbedingt darauf zu achten, daß ein trag- und verdichtungsfähiges Material eingebaut wird. Mancherorts vorgeschlagene Sand-Bentonit-Mischungen (z.B. "Depomix 20") haben sich auch aus baupraktischen Gründen nicht bewährt. Der Erfolg neuerer Vorschläge über eine Sand-Bentonit-Füller(Zement)-Mischung bleibt abzuwarten.

5. Einsatz von Sekundärrohstoffen

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen als Teil von Dichtungsschichten blieb bisher auf spezielle Einzelfälle beschränkt, da eine zumeist erforderliche "Ertüchtigung" nicht zu dem gewünschten Eignungserfolg führte.

Hingegen konnten Erfolge mit **Schmelzkammergranulat** z.B. als mineralische Schutzlage (Körnung 0/8 mm) erzielt werden.

Der Einsatz einer **Hochfenschlacke** als mineralische Schutzschicht führte dagegen z.B. zu erheblichen Ausfällungen in den Rohrleitungen und Armaturen der Sickerwasserleitung.

Ferner wird angestrebt, sortenreines **Kunststoffrecyclat** für die Herstellung von Dichtungsbahnen für Oberflächenabdichtungen zu nutzen. Bisher entzogen sich Prototypen jedoch aufgrund ihrer schwankenden Eigenschaftswerte einer positiven Beurteilung mit erforderlicher Zulassung.

6. Zusammenfassung

Die Verwaltungsvorschrift TA Siedlungsabfall beschreibt in unterschiedlich konkreter Form die Materialanforderungen an Abdichtungs- und Entwässerungsschichten.

Durch das Merkblatt NRW als Umsetzungsempfehlung sollen noch offene Fragen konkretisiert und geregelt werden. Die vorliegende Ausarbeitung stellt zusammengefaßt dar, welche wesentlichen Ergänzungen bezüglich der Materialanforderungen bei der Auslegung der Verwaltungsvorschrift in NRW beachtet werden sollten.

Literaturverzeichnis

- [1] Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn 1991.
- [2] Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn 1993.

- [3] August, H. et al.:
Kunststoffdichtungsbahnen - Kombinationsdichtung, Grundlagen, Funktionsprinzip, Eigenschaften, Materialanforderungen, Einbaukriterien;
Schriftreihe angewandte Geologie Karlsruhe, Band 30, Karlsruhe 1994.
- [4] Schicketanz, R.:
Wirkungsweise der Kombinationsdichtung und Anforderungen an die mineralische Oberfläche; Müll + Abfall, Heft 5, 1992.
- [5] Holzlöhner, U. et al.:
Deponieabdichtungssysteme, Statusbericht; Forschungsbericht 201, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin 1994.
- [6] Herold, Chr.:
Grundlagen für die Beurteilung der Gleichwertigkeit und Zulassung von alternativen Abdichtungssystemen durch das DIBt;
Die sichere Deponie, Würzburg 1995.
- [7] Heerten, G. et al.:
Geosynthetische Tondichtungsbahnen als Oberflächenabdichtung;
Schriftenreihe angewandte Geologie Karlsruhe, Band 34, Karlsruhe 1994.
- [8] Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen als Bestandteil einer Kombinationsabdichtung für Siedlungs- und Sonderabfalldeponien sowie für Abdichtungen von Altlasten; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin 1992.
- [9] Schicketanz, R.:
Der Qualitätssicherungsplan für die Herstellung von Kombinationsdichtungen als Instrument der Zusammenarbeit von Eigenprüfern, Fremdprüfern und behördlicher Überwachung; Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 54, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1993.
- [10] Müller, Dr., W.:
BAM-Zulassungen für Kunststoffdichtungsbahnen und Schutzschichten in der Kombinationsdichtung nach TA Abfall und TA Siedlungsabfall; Müll und Abfall, Heft 4, 1995.

Optimierung der Betriebsführung und Hinweise zur Sickerwasserminimierung

Dipl.-Ing. Amann, Verw.-Zentrum Erftkreis

1. Einleitung

Seit den Anfängen der geordneten Abfallentsorgung mit Inkrafttreten des Abfallgesetzes 1972 haben sich die Vorgaben des Gesetzgebers in technischer wie organisatorischer Hinsicht fortlaufend erhöht. Die Mindestanforderungen an die Organisation und den Betrieb einer Abfallentsorgungsanlage werden heute durch die TA-Abfall und TA-Siedlungsabfall beschrieben. Das Umwelthaftungsgesetz hat die Beweispflicht umgekehrt und die Betreiber solcher Anlagen verpflichtet, den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage zu jeder Zeit dokumentieren.

Gleichzeitig haben die erhöhten Anforderungen an Technik und Organisation - neben anderen Ursachen - zu rasant ansteigenden Abfallentsorgungskosten geführt. Auch hierdurch ergibt sich für den Deponiebetreiber die Pflicht, unter Berücksichtigung der genehmigungsrechtlich vorgegebenen Rahmenbedingungen für eine optimale Betriebsführung zu sorgen und damit die Höhe der Betriebskosten zu minimieren. Dazu können neben Überlegungen zur Auslastung von Anlagen durch Verbundkonzepte im Deponiebereich insbesondere Maßnahmen zur Sickerwasserminimierung beitragen.

2. Organisation der Betriebsführung

Anforderungen an die Organisation und das Personal von Deponien sind in der TA-Siedlungsabfall unter Punkt 6 festgeschrieben.

Diese gelten nicht für sogenannte "unbedeutende" Anlagen mit weniger als 10 Abfallarten, weniger als 5.000 t/a Anlieferungsmenge und weniger als 6 Mitarbeitern sowie für Anlagen, die in engem räumlichen und betrieblichen Zusammenhang mit Produktionsanlagen stehen. Diese Definition hat nichts zu tun mit der Differenzierung bei der Wahl des Genehmigungsverfahrens nach § 7 (2) AbfG oder § 7 (3) AbfG, sondern soll Kleinanlagen nicht mit zu hohen Personalkosten belasten. Für alle übrigen Deponien sind umfangreiche organisatorische und personelle Maßnahmen zu ergreifen.

Als Teil des Betriebshandbuches ist ein Organisationsplan zu erstellen, der die verantwortlichen Mitarbeiter namentlich benennt. In der Abb. 1 ist ein solcher Organisationsplan beispielhaft für ein Unternehmen dargestellt, das mehrere Deponien betreibt. Die durchgezogenen Linien zeigen dabei die direkte Verantwortlichkeit mit Vorgesetztenfunktion, während die gestrichelten Verbindungslinien eine beratende Tätigkeit ausdrücken.

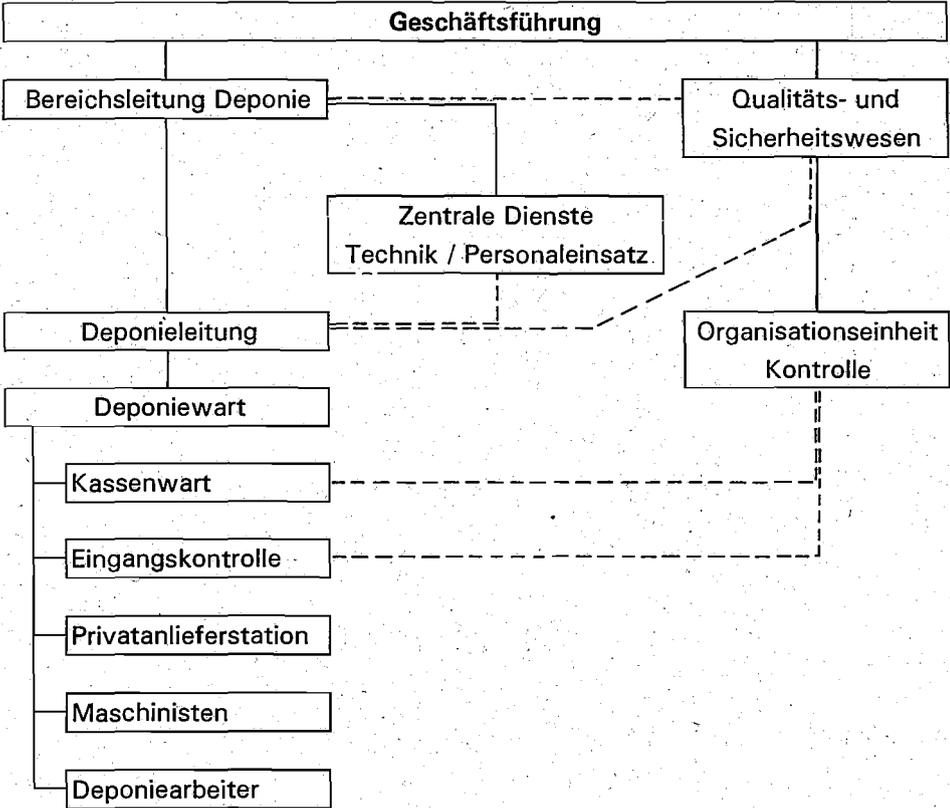


Abb. 1: Organisationsplan

Der sogenannten "Organisationseinheit Kontrolle", die von den anderen betrieblichen Einheiten personell getrennt arbeiten muß, kommt dabei eine wichtige Aufgabe im Rahmen der Annahmekontrolle und Umsetzung der Selbstüberwachung gemäß § 25 LAbfG zu. Die Tätigkeit umfaßt die Überwachung der Annahmekontrollen mit Erfassung der Abfallart, Abfallmenge, Sichtkontrolle (Veranlassung der Kontrollanalyse), Sicherstellung von nicht zugelassenen Abfällen und Information der zuständigen Behörde sowie die Kontrolle der Überwachung der Deponie z.B. bezüglich der Grundwasserqualität und der Sickerwasserqualität, der Durchführung von Setzungs- und Verformungsmessungen sowie der Erhebung der Wetterdaten.

Die Ergebnisse dieser Tätigkeit sind in einem Betriebstagebuch zu dokumentieren. Hier kann der Deponiebetrieb nur durch den Einsatz geeigneter EDV-Programme zur Betriebstagebuchführung optimal gestaltet werden. Neben der Erfassung der für die Überwachung der Deponie notwendigen Daten kann mit Hilfe eines solchen Betriebstagebuches die Betriebsführung durch die Erstellung zusätzlicher statistischer Daten (z.B. Personaleinsatz für das Papiersammeln) erleichtert werden bis hin zu einer automatischen Verbindung zur Lohnbuchhaltung, die die eingetragenen Überstunden einzelner Mitarbeiter direkt abrechnen könnte.

Außer dem Betriebstagebuch ist zum Betrieb der Deponie eine Betriebsordnung und ein Betriebshandbuch mit den Angaben zur Verantwortlichkeit, Arbeitsanweisungen sowie den Informationen - Dokumentations- und Aufbewahrungspflichten zu erstellen.

Die Aufbauorganisation einer Deponie wird künftig sicherlich durch die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9000 ff. (QMS) deutlich an Effizienz und Transparenz gewinnen und somit im positiven Sinne die Betriebsführung durch einheitliche Verfahrensweisungen und Arbeitsanweisungen unterstützen. Insbesondere die Ablauforganisation wird von den in einem Qualitätsmanagementhandbuch festgeschriebenen Verfahrens- und Arbeitsanweisungen profitieren.

Hieraus ergibt sich eindeutig die Forderung, daß künftig nach einem angemessenen Übergangszeitraum ausschließlich zertifizierte Unternehmen mit der Betriebsführung beauftragt werden dürfen.

3. Personal

Ein Deponiebetreiber ist auf die Qualifikation, Erfahrung und Zuverlässigkeit seines Personals angewiesen. Fehler können erhebliche wirtschaftliche Nachteile bis zum Widerruf der Betriebsgenehmigung bedeuten.

Auch hier wird die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems zur Fehlerreduzierung und Fehlerbeseitigung durch vorgegebene Verfahrensweisungen und Arbeitsanweisungen hilfreich sein.

Das gesamte Betriebspersonal muß über die Fach- und Sachkunde verfügen. Nur durch regelmäßige Schulungen kann die Qualifikation des Personal aufrechterhalten werden.

Betriebliche Schulungen sind bedarfsgerecht zu gestalten und systematisch durchzuführen und zu dokumentieren.

4. Information und Dokumentation

Ein geeignetes leistungsfähiges Informations- und Dokumentationssystem trägt wesentlich zur Optimierung der Betriebsführung bei.

Es ist noch relativ einfach und unkompliziert, eine Betriebsordnung für eine Deponie aufzustellen und die Grundinformationen für die Anlieferer und das Personal über grundsätzliche Verhaltensweisen in kurzer und übersichtlicher Form festzulegen. Hierzu zählt die Festlegung der Annahmebedingungen, der Durchführung der Annahmekontrolle, der Abrechnungsgrundlagen und der Hinweise zur Sicherheit und Ordnung sowie zur Haftung und Konsequenzen bei der Feststellung von Ordnungswidrigkeiten, die durch Aushang den Benutzern zugänglich gemacht werden müssen.

Um ein Vielfaches komplizierter wird es jedoch, ein geeignetes für den täglichen praktischen Betrieb nutzbares Betriebshandbuch aufzustellen. Nur allzuoft wird die Erstellung des Betriebshandbuches als lästige, quälende Arbeit angesehen, was dann zur Folge hat, daß ein Handbuch an der Praxis vorbei erstellt wird, das dann - weil nicht praktikabel - in den Aktenschränken verschwindet und über ein Alibidasein nicht hinauskommt.

Zur Erstellung eines Betriebshandbuches sollte daher auf die Fachkunde erfahrener Deponiebetreiber bzw. geeigneter Planungsbüros zurückgegriffen werden.

Das Betriebshandbuch dient zur internen Anleitung der Betriebsführung und umfaßt Regelungen zu

- Verantwortlichkeiten
- Gefahrenabwehrplänen
- Unterweisungs- und Weiterbildungsrichtlinien
- Dokumentationsvorschriften
- Prüfungsvorschriften und -intervalle
- Arbeitsordnung
- Unfallverhütung und Arbeitsschutz
- Betriebsordnung
- Betriebsanweisungen.

Da sich der Deponiebetrieb im Laufe der Zeit durch den Verfüllfortschritt ändert und durch weitere Genehmigungsbescheide zusätzliche Auflagen ergeben, ggfs. auch zusätzliche Anlagentechniken für den Standort umgesetzt werden, muß ein solches Betriebshandbuch fortgeschrieben werden. Als Beispiel mag die Erstellung eines Feuerwehreinsatzplanes dienen, der regelmäßig auf die geänderte Gestalt der Deponie und ggfs. durchgeführte Erweiterung technischer Anlagen angepaßt werden muß. Hier ist es sinnvoll, bei der Erstellung eines Betriebshandbuches durch ein Ingenieurbüro ent-

sprechende Regelungen zu treffen, die eine kontinuierliche Aktualisierung des Betriebshandbuches enthalten.

Als tägliches Betriebsführungsdokument hat jede Deponie ein Betriebstagebuch zu führen. Das Betriebstagebuch dokumentiert den ordnungs- und bestimmungsgemäßen Betrieb der Deponie. Die gewonnenen und erfaßten Daten werden zu Jahresberichten zusammengefaßt und bis zur Entlassung aus der Nachsorgephase aufbewahrt.

Die Daten können effektiv durch die Installation geeigneter Meß-, Steuer- und Regeltechnik und Leitsysteme mit automatischer Datenaufzeichnung bewältigt werden. Durch den Aufbau derartiger Systeme ist es möglich, eine strukturierte Datenverwaltung für die

- Betriebsoptimierung
- Instandhaltung
- Reparatur
- besondere Vorkommnisse
- Betriebstagebuch
- Jahresübersicht

zu erhalten.

Das Betriebstagebuch unterliegt einer regelmäßigen Überprüfung durch den Leiter der "Organisationseinheit Kontrolle".

5. Betriebsablaufplanung

Als Teil des Betriebshandbuches ist ein Betriebsplan aufzustellen, der neben den technischen Anforderungen zur Fassung von Gas, Sickerwasser und sonstigem Abwasser Angaben zum Aufbau des Deponiekörpers insbesondere im Hinblick auf die abzulagernden Abfallarten und Einbautechnik für jeden einzelnen Betriebsabschnitt enthält.

Während des Betriebes wird die Ablagerung in Form von Ablagerungsplänen dokumentiert mit Darstellung der abgelagerten Abfallarten sowie dem gewählten Einbaubetrieb. Hierbei wird die Deponiefläche in Ablagerungsabschnitte von je 2.500 m² mit einer Verfüllhöhe von 2 m unterteilt. Basis für die Ablagerungspläne bilden die zuvor erstellten Betriebspläne.

Nach Beendigung der Verfüllung eines Abschnittes erfolgt die Erstellung von Bestandsplänen zur Dokumentation der technischen Maßnahmen einschließlich des Ablagerungsplanes.

Nach heutigem Verständnis sind moderne Deponien komplexe Ingenieurbauwerke. Dies betrifft auch den Abfallkörper selbst. Zur Gewährleistung der Stabilität und der Verhinderung von nachteiligen Reaktionen von Abfallstoffen untereinander sowie zur Minimierung der vom Abfall ausgehenden Emissionen erscheint es sinnvoll, solche

Pläne im Vorfeld der Inbetriebnahme eines Abschnittes zu erstellen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, das der Betreiber nur relativ begrenzten Einfluß auf die Art und Menge der angelieferten Abfallstoffe hat und infolgedessen Abweichungen vom Betriebsplan zu erwarten sind. Um so wichtiger ist es jedoch, für die konsequente Umsetzung der erstellten Betriebspläne zu sorgen und diese für den Fall zu überarbeiten, daß aufgrund einer veränderten Anlieferungsstatistik die Randbedingungen bei der Erstellung der ursprünglichen Pläne nicht eingehalten werden können.

6. Maßnahmen zur Sickerwasserreduzierung

Die Jahreskosten einer Deponie setzen sich zusammen aus den Kosten für die Abschreibung der Investitionen und ihrer Verzinsung sowie aus Betriebskosten. Einen wesentlichen Bestandteil der Betriebskosten stellen die Kosten zur Sickerwasseraufbereitung nach dem Stand der Technik dar. Vor dem Hintergrund insgesamt steigender Entsorgungskosten können Maßnahmen zur Sickerwasserminimierung zu einer Senkung der Betriebskosten führen, unabhängig von dem gleichzeitig auftretenden Effekt der Umweltvorsorge.

Im nachfolgenden sollen prinzipielle Möglichkeiten zur Sickerwasserreduzierung angesprochen werden und am Beispiel erläutert werden.

Prinzipielle Möglichkeiten:

- Deponieabschnitt so anlegen, daß möglichst schnell die Endhöhe erreicht wird und das endgültige Oberflächenabdichtungssystem aufgebracht werden kann.
- Bereits eingerichtete Betriebsflächen, jedoch nicht mit Abfall beschickten Flächen, werden temporär abgedeckt und getrennt entwässert.
- Deponieabschnitt so anlegen, daß alle nicht aktuell betriebenen, jedoch schon mit Abfall belegten Betriebsflächen temporär abgedeckt werden und nur die aktuelle Betriebsfläche offenliegt. Noch nicht mit Abfall beschickte, jedoch eingerichtete Betriebsflächen sind abgedeckt. Die Entwässerung erfolgt in jedem Fall getrennt.
- Deponieabschnitt so anlegen, daß alle bereits mit Abfall beschickten Betriebsflächen temporär abgedeckt sind. Die Abfallanlieferung erfolgt in einer Annahmehalle mit entsprechendem Pufferraum. Der Abfalleinbau erfolgt nur zu stabilen Trockenwetterlagen.
- Deponieüberdachung.

Die vorgenannten prinzipiellen Möglichkeiten sind teilweise mit relativ hohen Investitionskosten behaftet. Dies gilt insbesondere für die Durchführung einer Deponieüberdachung oder die Annahme von Abfällen in einer Annahmehalle mit späterem Einbau bei Trockenwetterlagen. Es gibt jedoch auch relativ kostengünstige Maßnahmen, die ergriffen werden können, wenn bereits bei der Depo-

nieplanung der Aspekt der Sickerwasserminimierung berücksichtigt wird und entsprechend Deponieabschnitte festgelegt werden können. In jedem Fall sollte auch bei bereits betriebenen Deponien eine betriebswirtschaftliche Betrachtung bzgl. sickerwasserminimierender Maßnahmen durchgeführt werden. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund steigender Sickerwasseraufbereitungskosten nach dem Stand der Technik.

7. Zusammenfassung

Organisatorische Maßnahmen, personelle Besetzung und Informations- und Dokumentationssysteme sollen einen bestimmungs- und ordnungsgemäßen Deponiebetrieb in optimierter Art und Weise sicherstellen.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben sind zur Deponiebetreibung künftig - nach Ablauf einer angemessenen Übergangsfrist - nur noch nach DIN EN ISO 9000 ff. zertifizierte Unternehmen zu beauftragen und zuzulassen.

Zur Unterstützung einer optimierten Betriebsführung und zur Dokumentation eines ordnungsgemäßen Betriebes ist bei neuen Deponien - und soweit erforderlich bzw. betriebswirtschaftlich vertretbar bei Altanlagen - eine geeignete leistungsfähige Meß-, Steuer- und Regeltechnik und Leitsysteme mit automatischer Datenaufzeichnung aufzubauen oder nachzurüsten.

Ein im Vorfeld des Betriebsbeginns erstellter Betriebsplan regelt die Ablagerung der verschiedenen Abfallarten und sorgt so für eine Minimierung der durch Abfallarten verursachten Probleme im Tagesbetrieb. Gleichzeitig dient der während des Betriebs erstellte Ablagerungsplan zur Dokumentation des ordnungsgemäßen Betriebes.

Maßnahmen zur Sickerwasserreduzierung sind auf den Einzelfall zugeschnitten und unter Berücksichtigung der Betriebs- und Kostensituation umzusetzen. Prinzipielle Möglichkeiten dazu sind temporäre Abdeckungen und Deponieüberdachungen in verschiedenen Varianten.

Verfasser:

Rainer Baumgart
Abteilungsleiter Deponietechnik
U.T.G. Gesellschaft für Umwelttechnik GmbH
Gladbacher Straße 106
41747 Viersen

Deponiegaserfassung bei Altdeponien

Prof. Dr. Ehrig, Universität GHS Wuppertal

1. Einleitung

Bei allen Deponien, auf denen Siedlungsabfälle, auch weitgehend separiert, abgelagert werden, bildet sich Deponiegas. Die Fassung, Ableitung und Entsorgung dieses Gases wird bereits seit etlichen Jahren gefordert und auf einer Reihe von Deponien durchgeführt. Hier stand bisher der Sicherheitsaspekt im Vordergrund und nachfolgend die Möglichkeit der Energiegewinnung aus dem Deponiegas. Nachdem aber immer klarer wird, welch wirksames Treibhausgas das Methan im Deponiegas ist, kommt einer weitgehend Zerstörung dieses Gases eine immer größere Bedeutung zu. Das ist auch ein wesentlicher Grund, weshalb in der TA Siedlungsabfall (TASi) eine Entgasung schon bald nach Betriebsbeginn einer Deponie gefordert wird.

Die Entgasung von Deponien ist durchaus keine neue Technik und wird auf einer großen Zahl von Deponien betrieben. Bei der Bewertung von Entgasungssystemen muß man aber immer wieder feststellen, daß viele Punkte, die zwar nicht in Regelwerken festgelegt, wohl aber in der Fachwelt allgemein als richtig und notwendig erachtet werden (so etwas ähnliches wie allgemein anerkannte Regeln der Technik oder auch Stand der Technik), sehr häufig nicht befolgt wurden. Aus diesem Grunde sind viele, vielleicht manchmal als banal empfundene, Punkte in der TASi (Anhang G) festgelegt worden. Die Punkte dieses Anhangs G basieren zu einem erheblichen Teil auf einem nicht veröffentlichten Entwurf eines Deponiemerkblattes des Landes NRW.

2. Gas in Alt- und Übergangsdeponien

Siedlungsabfälle enthalten auch bei sehr weitgehender Separierung organischer Fraktionen noch soviel organische Verbindungen, daß bei der Ablagerung in Deponien mit einer erheblichen Biogasproduktion gerechnet werden muß. Dieses Biogas besteht aus den beiden Hauptkomponenten Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2). Dieses Gasgemisch ist brennbar und kann bei bestimmten Mischungen bei Vorhandensein eines Zündfunken explosibel sein. Daneben kann es in Räumen und im Boden die Luft verdrängen und so zu Erstickungen (auch von Pflanzen) führen. Ein typisches Mischungsverhältnis der beiden Gase ist 55 % CH_4 und 45 % CO_2 . Sehr häufig sind die Anteile geringer, weil bei der Probenahme noch Sauerstoff und/oder Stickstoff erfaßt werden. Diese beiden Komponenten sind ein Zeichen dafür, daß Luft mit erfaßt wird, da sie nicht bei der biologischen Umsetzung des Abfalls produziert werden. Dabei zeigt die Relation von Sauerstoff zu Stickstoff an, auf welchem Wege die Luft zur Gasentnahmestelle gelangt ist. Ist das Verhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff ähnlich dem in der Luft, so ist diese auf direktem Wege, ohne intensiven Kontakt mit dem Abfall, zur Entnahmestelle gelangt. Sobald die Sauerstoffkonzentrationen gegenüber den Stick-

stoffwerten absinken, kann man davon ausgehen, daß die Luft intensiven Kontakt mit dem Abfall hat und anaerobe Prozesse im Abfall ablaufen. Im zuerst genannten Fall wird man häufig diesen unerwünschten Luftzutritt ganz oder weitgehend abstellen können, während bei einem intensiven Kontakt der Luft mit dem Abfall in der Regel wesentlich aufwendigere Maßnahmen erforderlich sind. Gelangt Sauerstoff in den Deponiekörper, so besteht immer die Gefahr, daß wärmeentwickelnde Reaktionen im Abfallkörper den Zündfunken für das Deponiegas-Luft-Gemisch bilden und dann daraus langwierige Deponiebrände entstehen. Auch außerhalb des Deponiekörpers kann dieses Gemisch bei Vorhandensein einer Zündquelle zu Bränden führen. Bei einem bestimmten Mischungsverhältnis von Deponiegas und Luft führen Zündquellen zu Explosionen (Abb. 1). Im Explosionsdreieck in Abb. 1 sind auf den Achsen die Konzentrationen von Methan, Kohlendioxid und Luft dargestellt (Die Konzentrationen werden jeweils in Richtung der Achsenmarkierungen abgelesen.). Im unteren linken Teil dieses Dreiecks sind zwei Bereiche dargestellt in denen das Gemisch explosibel ist. Die Bereiche gelten für eine Inertisierung mit Kohlendioxid (CO_2) bzw. Stickstoff (N_2). Da hier die Inertisierung mit CO_2 aus dem Deponiegas und mit N_2 aus der Luft erfolgt, gilt ein mittlerer Bereich. Geht man von einem mittleren CH_4/CO_2 -Verhältnis von 55 % zu 45 % aus, so erkennt man deutlich, daß erheblich Luftzutritte (Rohrbrücke, große Klüfte und Spalten) notwendig sind, um in diesen Explosionsbereich zu gelangen. Dagegen führt das Eindringen von Deponiegas in geschlossene Räume (mit 100 % Luft) schon bei geringen Mengen zu explosiblen Gemischen.

Ablagerungen weitgehend separierter Siedlungsabfälle (inkl. separierter organischer Fraktionen) lassen sich nach den bisherigen Erfahrungen relativ schlecht verdichten, d.h., es verbleiben Hohlräume. Derartige Hohlräume lassen Außenluft in den Abfallkörper eindringen. Es wird damit in vielen Fällen nicht möglich sein, die Mischung von Deponiegas und Luft und damit die Bildung brennbarer oder explosibler Gemische zu vermindern. Bisher ist die Handhabung derartiger Gemische nicht erprobt und sicherheitstechnisch nicht abgesichert. Um die Forderungen der TASI für derartige Ablagerungen zu erfüllen, sind noch erhebliche Überlegungen und Entwicklungen erforderlich.

Bei alten Deponien kann der Methangehalt bis auf ca. 70 % ansteigen. Dies ist in der Regel ein Zeichen für eine geringe restliche Gasproduktion.

Neben den beiden Hauptkomponenten Methan und Kohlendioxid enthält Deponiegas eine große Anzahl von Spurenstoffen (Tab. 1). Dies sind z.T. leicht flüchtige Inhaltsstoffe des Abfalls, aber auch Verbindungen, die bei den im Abfallkörper ablaufenden Prozessen gebildet werden. Angesichts der geringen Konzentrationen dieser Verbindungen und der generellen Erstickungsgefahr durch höhere Gehalte von Deponiegas sind die primären Gefahren aus den Spurenstoffen nur gering. Allerdings sind Langzeitschäden nicht auszuschließen. Außerdem können bei der thermischen Entsorgung daraus noch wesentlich problematischere Verbindungen gebildet werden. Daneben sind die Spurenstoffe im Deponiegas ein wesentlicher Grund für die Geruchsprobleme bei Deponien.

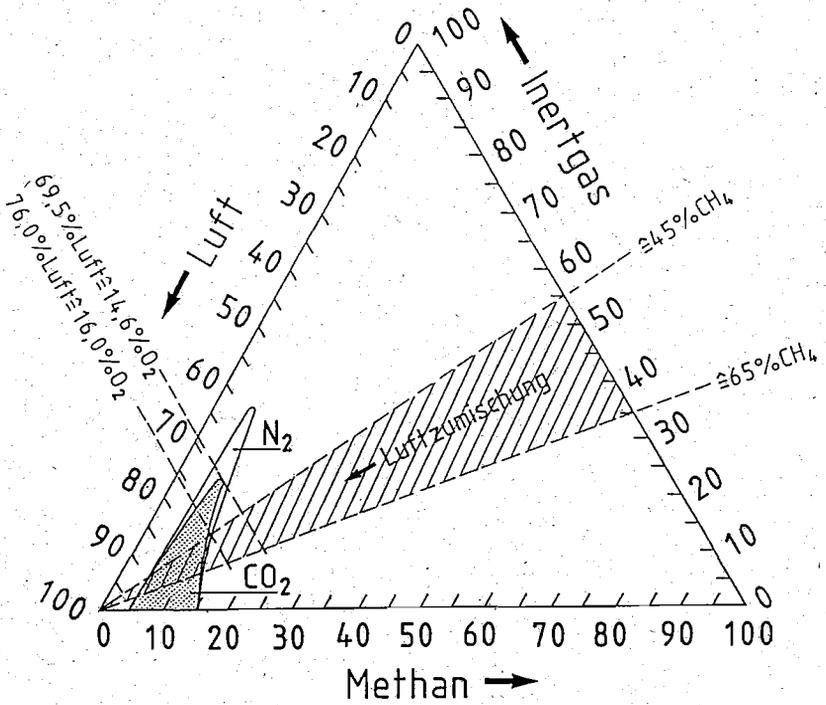


Abb. 1: Dreistoffdiagramm für den Explosionsbereich des Systems Methan, Luft und Inertgas (CO₂) (Die Werte sind jeweils in Richtung der Achsenkalierung zu lesen.) (Der gestrichelte Keil stellt Deponiegas mit Methangehalten von 45 bis 65 % dar, dem Luft zugemischt wird.)

Tabelle 1: Spurenstoffe in luftfreiem Deponiegas [4]

Ethan	C_2H_6	0,8- 48
Ethen	C_2H_4	0,7- 31
Propan	C_3H_8	0,04 - 10
Butan	C_4H_{10}	0,3 - 23
Buten	C_4H_8	1 - 21
Pentan	C_5H_{12}	0 - 12
2 Methylpentan	C_5H_{14}	0,02 - 1,5
3 Methylpentan	C_6H_{14}	0,02 - 1,5
Hexan	C_6H_{14}	3 - 18
Cyclohexan	C_6H_{12}	0,03 - 11
2 Methylhexan	C_6H_{16}	0,04 - 16
3 Methylhexan	C_6H_{20}	0,04 - 13
Cyclohexen	C_6H_{12}	2 - 6
Heptan	C_7H_{16}	3 - 8
2 Methylheptan	C_8H_{18}	0,05 - 2,5
3 Methylheptan	C_8H_{18}	0,05 - 2,5
Oktan	C_8H_{18}	0,05 - 75
Nonan	C_9H_{20}	0,05 - 400
Cumol	C_9H_{12}	0 - 32
Bicyclo(3,2,1)Oktan-2,3-Methyl-4-Methylen	$C_{10}H_{16}$	15 - 350
Dekan	$C_{10}H_{22}$	0,2 - 137
Bicyclo(3,1,0)Hexan-2,2-Methyl-5-Methylethyl	$C_{10}H_{13}$	12 - 153
Undekan	$C_{11}H_{24}$	7 - 48
Dodekan	$C_{12}H_{26}$	2 - 4
Tridekan	$C_{13}H_{28}$	0,2 - 1
Benzol	C_6H_6	0,03 - 7
Ethylenbenzol	C_8H_{10}	0,5 - 236
1,3,5-Methylbenzol	C_9H_{12}	10 - 25
Toluol	C_7H_8	0,2 - 615
m/p/Xylol	C_8H_{18}	0,376
o-Xylol	C_8H_{10}	0,2 - 7
Trichlorfluormethan	CCl_3F	1 - 84
Dichlordifluormethan	CCl_2F_2	4 - 119
Chlortrifluormethan	$CClF_3$	0 - 10
Dichlormethan	CH_2Cl_2	0 - 6
Trichlormethan	$CHCl_3$	0 - 2
Tetrachlormethan	CCl_4	0 - 0,6
1,1,1-Trichlorethan	$C_2H_3Cl_3$	0,5 - 4
Chlorethan	C_2H_3Cl	0 - 264
Dichlorethen	$C_2H_2Cl_2$	0 - 294
Trichlorethen	C_2HCl_3	0 - 182
Tetrachlorethen	C_2Cl_4	0,1 - 142
Chlorbenzol	C_6H_5Cl	0 - 0,2

In der Regel enthält der Abfallkörper soviel Feuchtigkeit, daß das gebildete Biogas Wasser bis zur Sättigung aufnimmt. Angesichts der hohen Temperaturen im Deponiekörper aus den biologischen Aktivitäten (ca. 30 bis 70 °C) ist der Sättigungswassergehalt des Gases hoch. Sobald das Gas den Deponiekörper verläßt, wird es abgekühlt und ein Teil des Wassers kondensiert und mit dem Wasser die leicht flüchtigen Substanzen im Gas. Dieser Stoffgruppe gehören vor allem leicht flüchtige halogenierte Verbindungen an, die dann das anfallende Kondensat belasten.

Während die Gaszusammensetzung sehr leicht an jeder Deponie überprüft werden kann, ist die Abschätzung der Gasmenge und deren spätere Überprüfung relativ schwierig und ungenau. In der TASI werden für die Gasmenge 150 - 250 m³/t Siedlungsabfall genannt. Diese Angabe muß als äußerst optimistisch bezeichnet werden. Als realistisch können Werte von 60 - 180 m³/t Siedlungsabfall angesetzt werden. Je intensiver Papier und organische Fraktionen vom Siedlungsabfall separiert werden, um so geringer ist das produzierbare Gasvolumen. Für die Auslegung eines Entgasungssystems ist diese Gesamtgasmenge aber nur von geringer Bedeutung. Dafür ist die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs der Gasproduktion erforderlich. Eine erste Abschätzung kann durch eine Prognoserechnung nach dem folgenden exponentiellen Ansatz durchgeführt werden:

$$G_t = M * G * k * e^{-k*t} \text{ (Nm}^3\text{/a)}$$

In dieser Gleichung bedeuten:

M = abgelagerte Abfallmenge in t (bei Betriebsdeponie jährliche Abfallmenge und die ermittelte Gasmenge über alle Jahre aufaddiert; bei abgeschlossenen Deponien kann die gesamte abgelagerte Abfallmenge eingesetzt werden)

G = produzierbare spezifische Gasmenge = Nm³/t

k = Koeffizient (Abbaukonstante) = $-(\ln 0,5)/t_{0,5}$

t_{0,5} = Halbwertszeit = 3 - 10 a (je intensiver die Gasproduktion, um so geringer die Halbwertszeit)

t = Zeit seit der Ablagerung (abzüglich der Verzögerungszeit bis zum Start der Gasproduktion von ca. 0,5 - 3 Jahren) in Jahre

Mit sinkenden organischen Anteilen in den Siedlungsabfällen wird die Halbwertszeit in der Regel größer.

Die einzusetzende Gesamtmenge ergibt sich aus den oben genannten Zahlen, während die Halbwertszeit abgeschätzt werden muß. Angesichts der großen möglichen Schwankungsbereiche beider Werte, die nur sehr schwer verifiziert werden können, ist es sinnvoll, mit mehreren Rechengängen die Schwankungsbreite der Gasmengen abzuschätzen. Spezielle Feldversuche zur Abschätzung der Gasmengen sind sehr aufwendig und liefern in der Regel keine exakten Ergebnisse, da zwar die Gasmenge exakt erfaßt

wird, aber der Einzugsbereich nur schwer abzuschätzen ist. Sinnvoll erscheinen nur Feldversuche an Teilentgasungssystemen oder noch nicht voll ausgebauten Entgasungssystemen. Damit ist eine Optimierung des Entgasungssystems möglich. Allerdings ist dafür eine sehr sorgfältige Kontrolle des Versuches über mind. 1 Monat erforderlich [5]. Zur Abschätzung ist auch eine Abfallprobenahme bei der Erstellung der Erfassungselemente mit anschließenden Laborversuchen zur Gasentwicklung möglich.

3. Entgasung von Deponien

In der TASI wird gefordert, daß Deponien bereits während des Betriebes entgast werden sollen und die Entgasungsanlage spätestens 6 Monate nach Ablagerungsbeginn betriebsbereit sein soll. Diese Betriebsbereitschaft wird allerdings in der Regel noch nicht einen derart frühen Betrieb der Anlage beinhalten. Allerdings ist zur Erfassung eines Großteils des produzierten Gases eine möglichst frühe weitgehende Entgasung schon während Betriebes erforderlich. Nach den bisherigen Beobachtungen an Deponien verläuft die Gasproduktion sehr zügig und intensiv, so daß zum Betriebsende einer Ablagerung in der Regel bereits 50 oder mehr Prozent der Gesamtgasmenge produziert worden sind.

Eine effektive Gasentsorgung ist in der Regel nur mit einer aktiven Entgasung realisierbar. Eine passive Entgasung ist nur bei sehr geringen Gasmengen alter Deponien einsetzbar. Eine Ausnahme könnten schwer verdichtbare Ablagerungen weitgehend separierter Abfälle sein, bei denen Luft in weite Bereiche des Deponiekörpers eindringt. Ist eine aktive Entgasung wegen des Sicherheitsrisikos auszuschließen, so sollte evtl. mit modifizierten passiven Entgasungen das Problem der Deponiegasemissionen so weit wie möglich reduziert werden.

Das Deponiegas sollte möglichst energetisch genutzt werden. Um diese Nutzung zu optimieren, kann es sinnvoll sein, ein Schutz- und ein Nutzentgasungssystem zu installieren. Die Auslegung und der Bereich derartig geteilter Systeme müssen allerdings sehr variabel und sorgfältig durchgeführt werden. Das bedeutet, daß jedes Fassungsselement kurzfristig jeweils einem der beiden Systeme zugeordnet werden kann. In der TASI werden folgende Fassungsselemente unterschieden:

- punktförmige,
- vertikale flächige und linienförmige,
- horizontale flächige und linienförmige,
- Kombination aus horizontalen und vertikalen Fassungsselementen.

Berücksichtigt man allerdings die verschiedenen Randbedingungen wie

- Entgasung schon früh während des Betriebes der Deponie,
- keine Inanspruchnahme des Entwässerungssystems für die Entgasung,
- Vermeidung des Eintritts von Luft in das Erfassungssystem,
- langfristige Betriebssicherheit,

so muß man feststellen, daß die oben angegebene Auswahl an Fassungselementen stark eingeschränkt ist. So sind punktförmige Fassungselemente auch nach TASI kaum langfristig sicher zu betreiben. Flächige Elemente (horizontal und vertikal) sind bisher nicht erprobt und dürften mehr Probleme denn Möglichkeiten einer sicheren Entgasung aufweisen. Als Ausnahme kann die bei einer Oberflächenabdichtung erforderliche Entgasungsschicht angesehen werden. Obwohl es bis heute eine Reihe von Beispielen für vertikale, linienförmige Systeme während des Betriebes gibt, so muß doch festgestellt werden, daß deren Einzugsbereich angesichts der dabei auftretenden Einbauprobleme nur gering sein kann. Soll das Entgasungssystem den gesamten Abfallkörper erfassen, sind die Fassungselemente so eng zu setzen, daß der Einbaubetrieb praktisch nicht mehr möglich ist. Obwohl diese Probleme bei horizontalen, linienförmigen Systemen ausgeschlossen werden können, ergibt sich bei diesen ein eingeschränkter Einsatz durch die zu erwartende begrenzte Zeit der Funktionstüchtigkeit.

Um die Forderungen der TASI zu erfüllen, wird die z.Z. absehbare Regelentgasung aus einem horizontalen, linienförmigen Erfassungssystem während der Betriebsphase und einem danach errichteten vertikalen linienförmigen Erfassungssystem bestehen. Da bei derartigen Kombinationen die geforderte Lebensdauer der horizontalen Elemente begrenzt ist, sollte abweichend von der TASI auch bei deren Konstruktion darauf Rücksicht genommen werden.

Wichtig bei der Gestaltung von Fassungselementen unterschiedlicher Art ist, daß diese soweit wie möglich gegeneinander abgeschottet werden, da sich sonst Lufteinbrüche in ein System gleich gravierend auswirken. So sollen Gasdränagen unter Oberflächenabdichtungen nicht an Brunnen angeschlossen werden, da davon auszugehen ist, daß Lufteinbrüche in die Gasdrainage schneller und häufiger erfolgen können als in vertikale gut abgedichtete Gasbrunnen.

Sobald das abgasaugte Gas den Deponiekörper verläßt, wird es abgekühlt. Dabei bildet sich Kondensat, das in der Regel vor allem mit leicht flüchtigen Verbindungen, die ebenfalls kondensieren, belastet ist. Die Zusammensetzung der Kondensatbelastung unterscheidet sich häufig von der des Sickerwassers. Nur wenn für beide Abwasserströme die Sickerwasserreinigung das geeignete Behandlungsverfahren ist, kann eine gemeinsame Behandlung durchgeführt werden. Das besondere Problem dieser Kondensate ist häufig die hohe Belastung mit leicht flüchtigen halogenierten Verbindungen (AOX). Da diese sich deutlich vom AOX in Sickerwässern unterscheiden, kann eine Vorbehandlung oder getrennte Entsorgung erforderlich werden.

Die Kondensate werden in Kondensatabscheidern vom Deponiegas abgetrennt. Da diese Abtrennung häufig nicht vollständig ist, sind in der Regel mehrere Abscheider bzw. besondere Konstruktionen erforderlich, um das gesamte Kondensat abzutrennen und von den nachfolgenden Anlagen fernzuhalten.

Da aufgrund der abgasaugten Gasmengen nicht festzustellen ist, welcher Anteil der produzierten Gasmenge erfaßt wird, kann dieses nur indirekt über eine Wirkungskontrolle erfolgen. Dabei ist sowohl an der Deponieoberfläche (nach Abschluß des Betriebes) als auch an Entgasungseinrichtungen und Bauwerken zu kontrollieren, ob Gase

austreten. Diese Überprüfungen können in vielen Fällen mit den Sicherheitskontrollen kombiniert werden. Die Ergebnisse von Wirkungskontrollen sind mit den Daten der Gasproduktionsschätzungen und den abgesaugten Gasmengen zu verknüpfen. Diskrepanzen zwischen den Daten gehören nicht in die Ablage, sondern sind soweit möglich aufzuklären.

4. Zusammenfassung

Bei allen Ablagerungen von Siedlungsabfällen, die noch biologisch reagieren, ist mit der Produktion von Deponiegas zu rechnen. Dieses Deponiegas entsteht bei der biologischen Umsetzung organischer Siedlungsabfallfraktionen unter Ausschluß von Sauerstoff = anaerober Abbau. Es besteht aus ca 55 Vol-% Methan und ca. 45 Vol-% Kohlendioxid. In der Regel sind außerdem in der Summe weniger als 1 % verschiedenster Spurenstoffe enthalten, die u.a. zu erheblichen Geruchsbelastungen führen können. Aufgrund des Methangehaltes hat das Deponiegas Heizwerte von 3,5 bis 5,5 kWh/m³ je nach Methananteil). Gemische von Deponiegas und Luft sind in Konzentrationen von ca. 5 - 15 Vol-% Methan explosibel und bei höheren Methangehalten besteht Brandgefahr.

Das Deponiegaspotential bei wenig vorsortiertem Hausmüll liegt im Bereich von 60 - 180 m³ Gas/t Hausmüll. Bei einer weitgehenden Reduktion der organischen Fraktionen in den abgelagerten Abfällen wird vor allem der obere Wert deutlich absinken und sich zusätzlich die Gasbildungsgeschwindigkeit verändern.

Das Deponiegas muß erfaßt werden, um Brand- und Explosionsgefahren zu verringern. Beeinträchtigungen des Pflanzenwuchses zu reduzieren und um die Emission des Methans (eines starken Treibhausgases) soweit wie möglich zu vermindern. Eine ausreichende Gasfassung kann in der Regel nur durch eine aktive Entgasung (Absaugung mit Unterdruck) erreicht werden. Nur bei geringer Gasbildung bei alten Deponien kann eine passive Entgasung ausreichen. Dies gilt evtl. auch bei der Ablagerung von Siedlungsabfällen mit sehr geringem organischen Anteil und geringer Verdichtbarkeit. Da nach Untersuchungen der letzten Jahre die Gasproduktion sehr schnell und intensiv nach Ablagerung der Abfälle einsetzt, ist eine Entgasung während des Deponiebetriebes unabdingbar. Die Menge des produzierten Gases kann durch rechnerische Prognosemodelle und/oder durch Feldversuche ermittelt werden.

Die Erfassung des Deponiegases erfolgt durch sogenannte Fassungs-elemente (Kollektoren) unterschiedlichster Art: z.B.

- punktförmig,
- vertikal flächig und linienförmig,
- horizontal flächig und linienförmig.

Diese Systeme können evtl. kombiniert werden und sind der jeweiligen Ablagerung und deren Aufbau anzupassen. Das gesamte Fassungs- und Gassammlungssystem ist so auszulegen, daß keine wesentlichen Migrationen aus der Deponie stattfinden und

gleichzeitig der Sauerstoffanteil soweit wie möglich minimiert wird. Wichtig bei der gesamten Dimensionierung ist die Berücksichtigung von Unsicherheiten bei der Abschätzung der Gasmengen sowie aus Mengenänderungen im zeitlichen Verlauf. Angesichts der Explosionsgefahren bei Zutritt von Luft in das Entgasungssystem ist ein besonderes Augenmerk auf die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen zu richten. Die Funktionstüchtigkeit und Sicherheit des Entgasungssystems ist in regelmäßigen Abstände zu überprüfen. Dazu gehört die kontinuierliche Erfassung von wichtigen Betriebskennwerten. Da die Gaserfassungsrate nicht exakt ermittelt werden kann, ist zusätzlich eine regelmäßige Wirkungskontrolle zum Schutz der Einrichtungen auf und in der Umgebung.

5. Literatur

- [1] LAGA Informationsschrift: "Deponiegas", Müll-Handbuch, Hrsg. G. Hösel, W. Schenkel, H. Schnurer, 1983, KZ. 4720.
- [2] K. Müller und G. Rettenberger: "Sicherheitstechnische Aspekte von Entgasungs- und Gasverwertungsanlagen", Beihefte zu Müll und Abfall, Heft 26, 1987.
- [3] Bundesverband der Unfallversicherungsträger der Öffentlichen Hand - BA-GUV Sicherheitsregeln für Deponien (GVV 17.4) Oktober 1991.
- [4] O. Tabasaran und G. Rettenberger: Grundlagen zur Planung von Entgasungsanlagen, Müll-Handbuch, Hrsg. G. Hösel, W. Schenkel, H. Schnurer (1987) KZ 4547.
- [5] Landesumweltamt NRW, Merkblatt zur Anwendung der TA Siedlungsabfall bei Deponien, Entwurf 17.7.1995.

Anforderungen an die Überwachung und Kontrolle nach TA Siedlungsabfall

ORR'in Dr. Winkler, Staatliches Umweltamt Aachen

1. Rechtliche Grundlagen von Kontrollen

Betreiber von nach dem Abfallgesetz genehmigten oder planfestgestellten Deponien sind in der Regel durch die Zulassung verpflichtet, bestimmte Kontrollen an ihrer Deponie durchzuführen bzw. durchführen zu lassen. Die generelle Notwendigkeit von Kontrollen läßt sich aus dem Abfallgesetz ableiten, in dem gefordert wird, daß "Abfälle so zu entsorgen sind, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird".

Speziell ist die Kontrolle in Form einer Selbstüberwachung im LAbfG § 25 geregelt. Die Betreiber von Abfallentsorgungsanlagen werden darin verpflichtet, die "Errichtung und den Betrieb zu überwachen und im Einwirkungsbereich der Anlage anfallendes Sicker- und Oberflächenwasser und das Grundwasser sowie von der Anlage ausgehende Emissionen untersuchen und darüber Aufzeichnungen fertigen zu lassen". Zur Art und Häufigkeit der Untersuchungen gibt es - abgesehen von der durch Erlaß eingeführten WÜ-77 für die Wasseruntersuchungen - in NRW bislang noch keine expliziten Regelungen. § 25 Abs. 2 LAbfG enthält jedoch die Ermächtigung, daß das MURL durch ordnungsbehördliche Verordnung solche Regelungen treffen kann. Einige andere Bundesländer, z.B. Hessen, haben die Überwachungsanforderungen detailliert in einer Eigenkontroll-Verordnung formuliert. Die TA Siedlungsabfall und TA Abfall sind demnach in NRW zur Zeit die einzige rechtliche Grundlage, durch die die erforderlichen Überwachungsmaßnahmen an Deponien in ihrer Art und Häufigkeit vorgeschrieben sind.

2. Zweck der Deponiekontrollen gemäß TA Siedlungsabfall (TASI)

Inhaltlich geht die TASI auf Kontrollen in Nr. 10.6.6 ein, wo der Zweck der Kontrollen definiert wird, die erforderlichen Meßeinrichtungen aufgezählt werden und - durch den Verweis auf Anhang G der TA Abfall - festgelegt wird, welche Kontrollen wie oft durchzuführen sind. Anders als im Entwurf der TASI vom August 1992 gelten diese Anforderungen nur für die Deponieklasse II, während sie für die Deponieklasse I entsprechend den Erfordernissen des Einzelfalles reduziert werden können. Sie gelten jedoch uneingeschränkt für die Altdeponien nach Nr. 11.2, obwohl sich einige Messungen aufgrund fehlender konstruktiver Voraussetzungen in vielen Fällen als nicht durchführbar erweisen. Der Zweck der Eigenkontrollen ist aus zwei Bestimmungen der TASI abzuleiten (Abb. 1).

Abb. 1: Zweck/Ziel der Eigenkontrollen gemäß TASI

Nr. 10.6.6.1

Es ist "nachzuweisen, daß

- die **Anforderungen** an das **Deponieverhalten** eingehalten werden,
- ein **bestimmungsgemäßer Deponiebetrieb** erfolgt,
- die **Funktionsfähigkeit der Deponieabdichtungssysteme sowie der Grundwasserkontrollbrunnen** sichergestellt" sind.

Nr. 10.6.6.3

"Das Deponieverhalten ist durch den **zeitlichen Verlauf** der ... (verschiedenen Meßergebnisse) ... zu **dokumentieren**. Auf der Grundlage der Jahresauswertung ... ist eine **Erklärung zum Deponieverhalten** zu erstellen ... Dabei ist der **zeitliche Verlauf des Deponieverhaltens** ... darzustellen und **mit den rechnerischen ... und getroffenen Annahmen .. zu vergleichen**".

Zur Erreichung dieser Ziele nennt die TASI eine Reihe vorzuhaltender Meßeinrichtungen (Nr. 10.6.6.2) und ein entsprechendes Kontrollprogramm (Anhang G der TA Abfall).

3. Meßeinrichtungen und Meßprogramm

Im folgenden sind die nach TASI vorzuhaltenden Meßeinrichtungen und die nach Anhang G durchzuführenden Messungen in Stichworten genannt und mit erläuternden Anmerkungen versehen. Die Häufigkeit der Messungen ist hierbei in der Regel für die Betriebsphase angegeben. Die Vorgaben aus der TASI sind in Abbildungen übersichtlich zusammengefaßt.

3.1 Grundwasserüberwachungssystem

Abb. 1: Grundwasserüberwachungssystem

- 1 Meßstelle im Anstrom
- ausreichende Anzahl im Abstrom (mind. 4)
- gesamten GW-Abstrom ausreichend genau überwachen

Anhang G, Tabelle

- GW-Stand mind. monatlich
- GW-Beschaffenheit mind. alle 6 Monate
Analyse entsprechend der Sickerwasserzusammensetzung
WÜ-77 beachten

Ausbau der Filter- bzw. Vollrohre in DN 150, Bohrungsdurchmesser 300 mm, entsprechend den einschlägigen Vorschriften (Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten des LWA; DVGW-Regelwerke zum Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen);

Anzahl richtet sich nach den hydrogeologischen Verhältnissen am Standort; Abstand zum Deponiekörper im Anstrom so, daß beim Abpumpen kein GW aus Deponiebereich zufließt, Abstand im Abstrom möglichst gering; Wartung der Meßstellen durch wiederholtes Vermessen und Funktionsprüfungen (DVGW Regelwerk) erforderlich.

Die Qualitätsuntersuchung soll durch die geplante SüdWas (s. Vortrag Prof. Lendermann) neu geregelt werden

3.2 Setzungen und Verformungen des Deponiekörpers

Messung der Setzung des Deponiekörpers jährlich; tägliche Registrierung der für den Bestandsplan erforderlichen Daten (einschließlich Abfallkataster, TA Abfall 9.6.3) zwecks Kontrolle des Aufbaus und der Zusammensetzung des Deponiekörpers (Anhang G, Tabelle Nr. 3.2).

Für die Verfüllphase wird damit der Nachweis bezweckt, daß der Deponiekörper in Abhängigkeit von den Eigenschaften der abgelagerten Abfälle und von deren Einbau sowie von der Betriebsweise stabil ist. Diese Daten ergeben sich aus dem Betriebs- bzw. Ablagerungsplan, der Bestandteil des Bestandsplans wird (TASI 10.6.1 - 10.6.3). Für die Setzungs- und Verformungsmessungen eignen sich besonders photogrammetrische Aufnahmen durch Befliegung.

Abb. 3: Setzungen und Verformungen des Deponiekörpers

Anhang G, Tabelle

Daten zum Deponiekörper

- Aufbau und Zusammensetzung (Daten für den Bestandsplan); täglich
- Setzung des Deponiekörpers; jährlich

3.3 Setzungen und Verformungen der Deponieabdichtungssysteme

Messungen sind an dem Basis-, Oberflächen- und ggf Zwischenabdichtungssystem durchzuführen. Basis: Verformungen mittels durchgehender Höhenvermessung der Sickerrohre des Entwässerungssystems in jährlichen Intervallen kontrollieren; Oberfläche (Nachsorgephase): Die Verformung ist in jährlichen Intervallen zu ermitteln. Die erforderlichen Höhenmeßpunkte sind im Raster des Abfallkatasters (höchstens 1000 m², TA Abfall 9.6.2) anzulegen.

Zwischenabdichtung bzw. Abdeckung: nach 11.2.1 (h) derTASI (keine Angaben zu Setzungsmessungen); Verfahren zur Setzungs- und Verformungsmessung sind in Heft 4/93 der LWA-Materialien "Oberflächenabdichtungen für Deponien" zusammengestellt. Über Probleme und Erfahrungen der Höhenvermessung der Deponiebasis in Sickerrohren von Hausmülldeponien wurde auf der Tagung der TU Braunschweig 1994 berichtet. Nach Möglichkeit sind für die Verformungsmessungen getrennte Leitungen vorzusehen und - in Abhängigkeit von der jeweiligen Problemstellung - unterhalb der Abdichtung anzuordnen.

Als Orientierungswert für das Vermessungsraster von Setzungsmeßpegeln gilt ein Maß von 30 m x 30 m; es wird in kritischen Bereichen (z.B. durch unterschiedliche Schütthöhen, Wechsel der Abfallzusammensetzung, Veränderung der Betriebsweise) verdichtet oder in unkritischen Bereichen aufgeweitet.

Abb. 4: Setzungen und Verformungen der Deponieabdichtungssysteme

Anhang G, 3. 1. 1

Basis

- Höhenvermessungen der Sickerrohre im Entwässerungssystem; jährlich
- Vergleich mit Berechnungen

Anhang G, 3.2.2

Oberfläche

- jährliche Ermittlung
- Vergleich mit Prognosen
- Raster max. 1000 m²

TASI 11.2. 1

Abdeckung

- bis zum Abklingen der Hauptsetzungen
- *keine Angaben zu Setzungsmessungen*

Da an Altdeponien größere Setzungen auftreten, sind bei der Zwischenabdichtung und nach dem Aufbringen der Oberflächenabdichtung Verformungen und Setzungen in kürzeren Intervallen zu ermitteln. Es wird ein vierteljährliches Intervall empfohlen, das entsprechend den Meßergebnissen angepaßt werden kann.

3.4 Meteorologische Datenerfassung

Abb. 5: Meteorologische Datenerfassung

Anhang G, Tabelle

Niederschlagsmenge, Niederschlagsintensität, Temperatur (Min., 14.00 Uhr, Max.),
Windrichtung, Windstärke, Verdunstung (Lysimeter oder Berechnung)
- täglich (Tagessummenwert)
- Ermittlung nach DIN 19685

Die Verdunstung spielt bei den erforderlichen Wasserhaushaltsbilanzen eine wesentliche Rolle. Sie wird in der Regel nach *Haude* aus der Luftfeuchtigkeit und Temperatur von 14 Uhr und einem kulturspezifischen Koeffizienten berechnet. Für die offene Deponieoberfläche wird vermutlich meistens der Koeffizient für unbewachsenen Boden verwendet. Es ist allerdings fraglich, ob dieser das tatsächliche Verdunstungsvermögen eines Abfallkörpers widerspiegelt.

3.5 Erfassung der Wassermengen, die zur Aufstellung der Wasserhaushaltsbilanzen erforderlich sind

Messung der Oberflächenwassermengen von den überdachten, abgedeckten oder endabgedichteten Flächen und der Sickerwassermengen täglich (Anhang G, Tabelle Nr. 2.3 bzw. 2.1); Funktionsfähigkeitsprüfung des Oberflächenabdichtungssystems anhand der Wasserhaushaltsbilanz, Erfassung der Wasserabflüßmengen auf dem Deponieoberflächenabdichtungssystem und der Verdunstung in der Nachsorgephase (Anhang G, 3.2.3).

Neben der Niederschlagsmenge gehört hierzu die Erfassung des auf der Oberfläche der rekultivierten Deponie abfließenden Wassers, des an der Oberfläche im Dränagesystem gesammelten Wassers und die Erfassung der Sickerwassermenge. Bei größeren Betriebsabschnitten sind diese für die Wasserhaushaltsbilanzen getrennt zu untersuchen.

Ist die Oberflächenwassermenge für die gesamte Deponie nicht exakt zu ermitteln (z.B. wegen Fremdwassereinflüssen oder unkontrollierbaren Versickerungen), kann sie an einem repräsentativen Deponieabschnitt gemessen und für die Wasserhaushaltsbilanz der Gesamtanlage umgerechnet werden. Eine kontinuierliche Aufzeichnung der Meßergebnisse ist sicherzustellen. Prüfung der Funktionsfähigkeit der Sickerrohre durch vierteljährliche, oder (nach Erreichung von 2 m Abfallschütthöhe) jährliche Kamerabefahrung, ggf. Rohrreinigung (Anhang G, 3.1.2).

Sind direkte Prüfungen bei Altdeponien (beispielsweise wegen der Unzugänglichkeit der Sickerrohre) nicht möglich, ist die Deponie auf Sickerwassereinstau zu kontrollie-

ren; ggf. sind Sickerwasserförderbrunnen zu installieren. Die Erfassungssysteme des Oberflächenwassers sind ebenfalls regelmäßig zu überprüfen.

Abb. 6: Wassermengen zur Aufstellung der Wasserhaushaltsbilanzen

Anhang G, 3.2.3

Deponieoberflächenabdichtungssystem

- Wasserabflussmengen auf dem Deponieabdichtungssystem und die Verdunstung auf der Deponie erfassen
- Wasserhaushalt im System bilanzieren

Anhang G, Tabelle

Emissionsdaten

- Oberflächenwassermengen von den überdachten oder abgedeckten bzw. endabgedichteten Flächen; täglich (Tagessummenwert)
- Sickerwassermenge; täglich (Tagessummenwert)

Anhang G, 3. 1.2

Funktionsfähigkeit der Sickerrohre

- durchgehende Kamerabefahrung bis 2 m Abfallschütthöhe vierteljährlich, danach jährlich
- bei Inkrustationen Rohrreinigung

3.6 Erfassung der Qualität von Sickerwasser und sonstigen Wässern

Untersuchung von Oberflächenwasser und Sickerwasser im ersten Betriebsjahr monatlich; bei erwartbarer Gleichwertigkeit der Meßergebnisse während der Meßintervalle Ausdehnung auf bis zu 3 Monaten möglich; Untersuchungsparameter entsprechend der Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle; Sickerwasser: die Untersuchungsparameter müssen Abschätzungen zum Einfluß auf das Deponieabdichtungssystem und Betrachtungen zum Auslaugverhalten des Deponiekörpers ermöglichen (Anhang G, Fußnote 1 zur Tabelle).

Um Einflüsse des Alters, der Einbautechnik und der Abfallzusammensetzung erkennen zu können, ist nach Möglichkeit das Rohsickerwasser getrennt nach Entwässerungseinheiten zu beproben und zu analysieren. Unter "sonstigen Wässern" sind z.B. Oberflächenwasser gemäß Anhang G, Tabelle 2.3, und das Kondensat im Falle der Entgasung zu verstehen.

Weitere Erläuterungen werden im Vortrag von Prof. Lendermann zur geplanten Süd-Was gegeben.

Abb. 7: Qualität von Sickerwasser und sonstigen Wässern

Anhang G, Tabelle

- Sickerwasserzusammensetzung; regelmäßig (Analysen im 1. Betriebsjahr monatlich; bei Gleichwertigkeit größerer Intervalle aufgrund der Datenauswertung Ausdehnung auf bis zu 3 Monaten möglich)
- Oberflächenwasserzusammensetzung; regelmäßig

Anhang C, 5.3

- Kondensat; regelmäßig untersuchen
- Kondensatmenge (als Bemessungsgrundlage ist die Wassermenge anzusehen, die beim Abkühlen des Gases von 55 °C auf 20 °C entsteht)

3.7 Überwachung der Temperatur an der Deponiebasis

Jährliche Aufnahme von Temperaturprofilen in den Sickerrohren vor deren Spülung; gemäß Anhang G, 3.1.3 Ausdehnung des Meßabstandes auf bis zu 2 Jahre möglich (bei abgeschlossenen Deponieabschnitten und der Tendenz fallender Temperaturen).

3.8 Deponiegasmessungen und Gaspegel zur Emissionsüberwachung

Einrichtungen sind nur vorzusehen, wenn mit Deponiegas zu rechnen ist.

Abb. 8: Deponiegasmessungen und Gaspegel zur Emissionüberwachung

Anhang G, Tabelle

- Gasemissionen*; regelmäßig
*Durchführung der Deponiegasmessungen nach dem "Meßprogramm zur Ermittlung der Massenkonzentrationen relevanter Schadstoffe im Deponiegas und im Abgas von Deponiegasverbrennungsanlagen" (Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1989)

Anhang C

- Wirkungskontrollen der Entgasung auf
 - offenen Abschnitten wöchentlich durch Deponiebetreiber, vierteljährlich durch Fremdkontrolle
 - auf abgedichteten Abschnitten durch Fremdkontrolle, halbjährlich mittels FID und ggf. regelmäßige Messungen in den Gaspegeln
- Deponiegasuntersuchungen
 - gefaßtes Deponiegas mindestens jährlich
 - erforderliche Emissionsmessungen an den Verbrennungs- und Behandlungsanlagen

Bei den Deponien der Klasse I und II der TASI ist im allgemeinen nicht mit Gasbildung zu rechnen. Zum Nachweis sind einfache Kontrolleinrichtungen vorzusehen bzw. Kontrollen durchzuführen. Während der Verfüllung können dies regelmäßige Oberflächenbegehungen mit einem FID-Gasspürgerät und zur Ergänzung mit einem PID-Gasspürgerät sein. An festgestellten Gasaustrittsstellen lassen sich die Gasaustrittsraten durch eine Gasbox messen.

Um das Langzeitverhalten der Abfallablagerungen zu erfassen, eignen sich tiefendifferenzierte Gasmeßstellen, die mit der Abfallverfüllung hochgezogen oder nach Verfüllende in den Deponiekörper gebohrt werden müssen. Durch regelmäßige Gasabsaugversuche lassen sich die Gaskonzentrationen ermitteln. Die Meßstellen eignen sich auch zur Entnahme von Gasproben, anhand derer die Gaszusammensetzung hinsichtlich der Hauptbestandteile Methan, Kohlendioxid, Stickstoff und Sauerstoff sowie der Spurenstoffe (leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff, Mercaptane) zu bestimmen ist.

Zur Gasproblematik bei Altdeponien wird auf den Vortrag von Prof. Ehrig verwiesen.

4. Sonstige Kontrollen

Im Entwurf der TASI von 1992 waren unter den vorzuhaltenden Meßeinrichtungen auch Einrichtungen zur Erfassung von Staubemissionen und von Lärmemissionen ent-

halten. Sie wurden wegen des hohen meßtechnischen Aufwandes und der fraglichen Bedeutung der Ergebnisse wieder gestrichen. So ist davon auszugehen, daß seinerzeit Abfallentsorgungsanlagen einschließlich der Deponien wie Anlagen nach dem BImSchG betrachtet wurden; abgesehen von den Deponien, werden sie inzwischen rechtlich als BImSch-Anlagen eingeordnet. Dies ergibt sich auch aus der Tatsache, daß im Anhang G, Tabelle Nr. 2.5 und 2.6 die regelmäßige Überprüfung der Gasemissionen und der Geruchsemission gefordert wird.

Gasemissionen (Abb. 7): Durch den Hinweis auf das anzuwendende Meßprogramm (Fußnote 8) wird ersichtlich, daß es hier um die chemische Untersuchung des Rohgases und des bei der Beseitigung oder Verwertung des Deponiegases entstehenden Abgases geht. Gasfackeln und Gasmotorenkraftwerke sind genehmigungspflichtige Anlagen nach dem BImSchG (Nr. 1.2 oder 8.1 der 4. BImSchV). Es gilt demnach die TA Luft, die die Begrenzung, Messung und Bewertung der Emissionen anlagenspezifisch regelt. Daneben sind die maßgeblichen VDI-Richtlinien und Empfehlungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zu beachten.

Geruchsemission (Abb. 8): Die Fußnote 9 nennt VDI-Richtlinien, die die Olfaktometrie als Meßverfahren zur Ermittlung von Geruchsschwellen und der daraus abgeleiteten Geruchsstoffkonzentrationen behandeln. Dieses Verfahren ist jedoch zur Erfassung der von einer Deponie flächenhaft ausgehenden Geruchsbelastung nicht zweckmäßig. Vielmehr eignet sich hierfür die olfaktorische Erhebung im Rahmen einer Rasterbegehung mit Probanden. Die methodische Vorgehensweise ist in der Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) in Verbindung mit der VDI-Richtlinie 3940 dargestellt. Die Anwendung der GIRL ist im Januar 1995 vom MURL erlassen worden. Da die Erhebung des Geruchs für das Untersuchungsjahr repräsentativ sein muß, dauert sie mindestens ein halbes Jahr. Von daher wird es von den örtlichen Verhältnissen des Einzelfalles abhängen, ob und in welcher Form die Geruchsemissionsüberwachung regelmäßig durchgeführt wird.

Nach Nr. 3.2.1 Anhang G ist in der Nachsorgephase die Funktionsfähigkeit des Oberflächenabdichtungssystems zu kontrollieren. Ergeben sich aufgrund der Wasserhaushaltsbilanzen, Setzungsmessungen und Begehungen der Oberfläche Anhaltspunkte für ein Versagen der Oberflächenabdichtung, ist diese freizulegen und zu sanieren.

Zur Vervollständigung wird auf die Nr. 3.2.4 Anhang G verwiesen, in der weitere Selbstüberwachungsaufgaben zur Langzeitsicherung genannt sind (Zustand der Rekultivierung und des Entwässerungssystems, Nutzung der Oberfläche).

Abb. 9: Sonstige Kontrollen

Anhang G, Tabelle

- Geruchsemission*; regelmäßig (Betrieb) ggf. Kontrolle der Funktionstüchtigkeit der Gasdrainschicht (Nachsorge);

*Bestimmung entsprechend den VDI-Richtlinien

Anhang G, 3.2.4

- Langzeitsicherungsmaßnahmen, halbjährliche Begehungen auf stillgelegter Deponie

5. Bedeutung der Kontrollergebnisse

Die ermittelten Ergebnisse sollen den definierten Zweck der Kontrollen erfüllen (vgl. Abb. 1):

- Die Funktionsfähigkeit der Abdichtungssysteme wird durch Setzungs- und Verformungsmessungen, die Grundwasserqualität und die Wasserhaushaltsbilanzen nachgewiesen; für die Grundwassermeßstellen ist sie durch Vermessung, Befahrung, Pumpversuche usw. zu überprüfen.
- Der bestimmungsgemäße Deponiebetrieb ist vorrangig durch die im Betriebstagebuch und Betriebs- bzw. Ablagerungsplan aufgezeichneten Daten und ergänzend durch die Setzungs- und Verformungsmessungen des Deponiekörpers zu belegen.
- Weniger konkret ist die Vorgabe, mit den Kontrollergebnissen die Einhaltung der Anforderungen an das Deponieverhalten nachzuweisen. Denn Anforderungen sind, wenn überhaupt, nur allgemein gestellt (das Grundwasser darf nicht beeinträchtigt werden; die Sickerwassermenge ist gering zu halten; das Abdichtungssystem muß seine Funktion erfüllen usw.) und nicht eindeutig durch Zahlenwerte definiert. Von daher kommt der Auswertung und Bewertung der Ergebnisse eine besondere Bedeutung zu.

Wie die Kontrollergebnisse zielgerichtet ausgewertet werden können, wird im Kapitel "Erklärung zum Deponieverhalten" (TASI 10.6.6.3) deutlich. Danach dokumentieren die numerischen Meßergebnisse zunächst den jeweiligen Zustand der Deponie. Durch die Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Zahlenwerte wird die Entwicklung der Deponie nachvollzogen. Hieraus läßt sich erkennen, ob die Entwicklung den Annahmen und Erwartungen entspricht, die der Planung zugrundegelegt wurden. Das Verhalten der Deponie als komplexes, lebendiges System wird deshalb nicht allein durch die statistische Auswertung der Daten erfaßt, sondern erst durch die Interpretation aller Ergebnisse in ihrer Gesamtschau erklärbar.

6. Schlußfolgerung

Die Selbstüberwachung der Deponie ist seitens der Deponiebetreiber im eigenen Interesse durchzuführen - und nicht nur wegen der Erfüllung einer behördlichen Auflage. Von daher gilt es auch als selbstverständlich, daß die Deponiebetreiber die Ergebnisse der laufenden Untersuchungen rechtzeitig auf Auffälligkeiten hin überprüfen. Denn mit eigenverantwortlicher Selbstüberwachung im Sinne der Gesetzgebung ist es nicht verträglich, daß Deponiebetreiber oder eine beauftragte Stelle sich mit der Fülle der Kontrolldaten erst bei der Erstellung des Jahresberichtes befassen.

Auswirkungen von unterschiedlichen Oberflächenabdeckungen/Abdichtungen auf das Emissionsverhalten von Altdeponien

Dipl.-Biol.'in Krümpelbeck

1. Einleitung

Zur Zeit gibt es eine Reihe von Altdeponien, die noch nicht über eine Oberflächenabdichtung verfügen. Die 1993 in Kraft getretene TA Siedlungsabfall (TASI) fordert, daß nach Verfüllung eines Deponieabschnittes eine Oberflächenabdichtung aufzubringen ist. Ausnahmen sind nur bei bereits rekultivierten Deponieabschnitten möglich. Eine Zwischenlösung gibt es für Deponien, bei denen mit großen Setzungen gerechnet wird. Für diese gibt es die Möglichkeit, mit dem Aufbringen der Endabdichtung bis zum Abklingen der Hauptsetzungen zu warten. Für den dazwischen liegenden Zeitraum soll eine Abdeckung aufgebracht werden. Deren Ziel soll ebenfalls die Minimierung der Sickerwasserbildung und die Verhinderung der Deponiegasmigration sein. Hieraus ergeben sich einige bis heute noch nicht zur Genüge beantwortete Fragen. Bisher ist nicht bekannt, welche langfristigen Folgen für Sickerwasser und Gas durch die Aufbringung einer Abdichtung zu erwarten sind. Es ist ebenfalls größtenteils noch unbekannt, wie sich der minimierte Wasserzutritt auf die anaeroben Zersetzungsprozesse auswirkt. Ein weiteres Problem stellen die Setzungen dar. Aufgrund der Heterogenität des Altmüllkörpers ist die Dauer und die Größenordnung der Setzungen bis heute sehr schwierig zu prognostizieren.

Das Ziel einer im Auftrag des Landesumweltamtes NRW durchgeführten Studie zur Auswirkung von unterschiedlichen Oberflächenabdeckungen auf das Emissionsverhalten von Altdeponien ist die vergleichende Darstellung der ausgewählter Überwachungsdaten von 4 Altdeponien. Es soll das langfristige Emissionsverhalten dokumentiert und den aus Laborversuchen gewonnenen Erkenntnissen gegenübergestellt werden.

2. Charakterisierung der untersuchten Deponien

Bei den in dieser Studie untersuchten Deponien handelt es sich um Hausmülldeponien mit unterschiedlichen Anteilen an Bauschutt und Gewerbeabfällen. Die Deponien wurden zwischen 1972 und 1992 verfüllt. Die Deponie D wird zur Zeit noch verfüllt. Es handelt sich sowohl um endrekultivierte als auch „offene“ Deponien ohne definierte Oberflächenabdeckung. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der relevanten Depo-niedaten.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Deponiedaten

	Deponie A	Deponie B	Deponie C	Deponie D
Laufzeit	1976 - 1983	1972 - 1985	1973 - 1992	1983 - heute
Fläche	7,4 ha	10,8 ha	17 ha	6,5 ha
Entgasung	aktiv	aktiv	passiv	-
Abfallzusammensetzung	45 % Siedlungsabfälle, 55 % Bauschutt und Gewerbeabfälle.	50 % Siedlungsabfälle, 50 % Bauschutt und Gewerbeabfälle.	54 % Siedlungsabfälle, 46 % sonstige Gewerbeabfälle.	34,9 % Siedlungsabfälle, 65 % sonstige Gewerbeabfälle, 0,06 % Bauschutt.
Abfallvolumen	1,1 Mill. m ³	1,0 Mill. m ³	1,61 Mill. m ³	0,45 Mill. m ³
Rekultivierung	1984 - 1986	-	-	-
Zwischenrekultivierung	-	1989/90	-	teilweise 1990
K _r -Wert	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁸ m/s	5 x 10 ⁻⁸ m/s	-	?
verwendetes Material	20 cm Ausgleichsschicht, 50 cm Formsand, 20 cm Kies 0/32 mm als Flächen- drainage, 90 cm Rekultivierungsfähiger Boden, 10 cm Oberboden.	20 cm bis mehrere m Ausgleichsschicht, 30 cm Formsand, 10 - 15 cm Oberboden.	teilweise mit 1 m sandhaltigem Boden abgedeckt und 10 - 20 cm Rekultivierungsschicht.	50 cm bindiger Boden, 1 m kulturfähiger Boden.

2.1 Gasmengen

Für die Deponien wurden in Anlehnung an Rettenberger und Tabasaran [1981] und dem Handbuch Altlasten der LFU Baden-Württemberg [1992] Gasprognosen erstellt. Es wurden zwei Ansätze gewählt. Ansatz A gründet sich auf einen organischen Kohlenstoffanteil von 220 kg/t, einem k-Wert von 0,04 und einer Temperatur von 33 °C. Der Ansatz B geht von einem Kohlenstoffanteil von 180 kg/t, einem k-Wert von 0,03 und einer Temperatur von 22 °C aus. Für die Berechnung wurde nur der jeweilige Hausmüllanteil berücksichtigt. Es wurden außerdem keine weiteren Faktoren miteinbezogen. In Abb. 1 und 2 sind die Gasprognosen und die erfaßten Gasmengen der Deponie A und B dargestellt. Aus beiden Abbildungen ist zu ersehen, daß die Kurven der Daten der Gasmengenprognosen einen ähnlichen Verlauf zeigen.

In beiden Fällen erfolgt zunächst ein kontinuierlicher Anstieg, dann eine sehr langsame Abnahme. Der Kurvenverlauf der Daten der erfaßten Mengen ähnelt sich ebenfalls. Zuerst wird mehr Gas gefaßt als prognostiziert (A), dann verringern sich die Mengen schneller als erwartet (A und B). Das erste Phänomen kann bei der Deponie B nur tendenziell erkannt werden, da hier nur drei Jahresmeßwerte vorliegen.

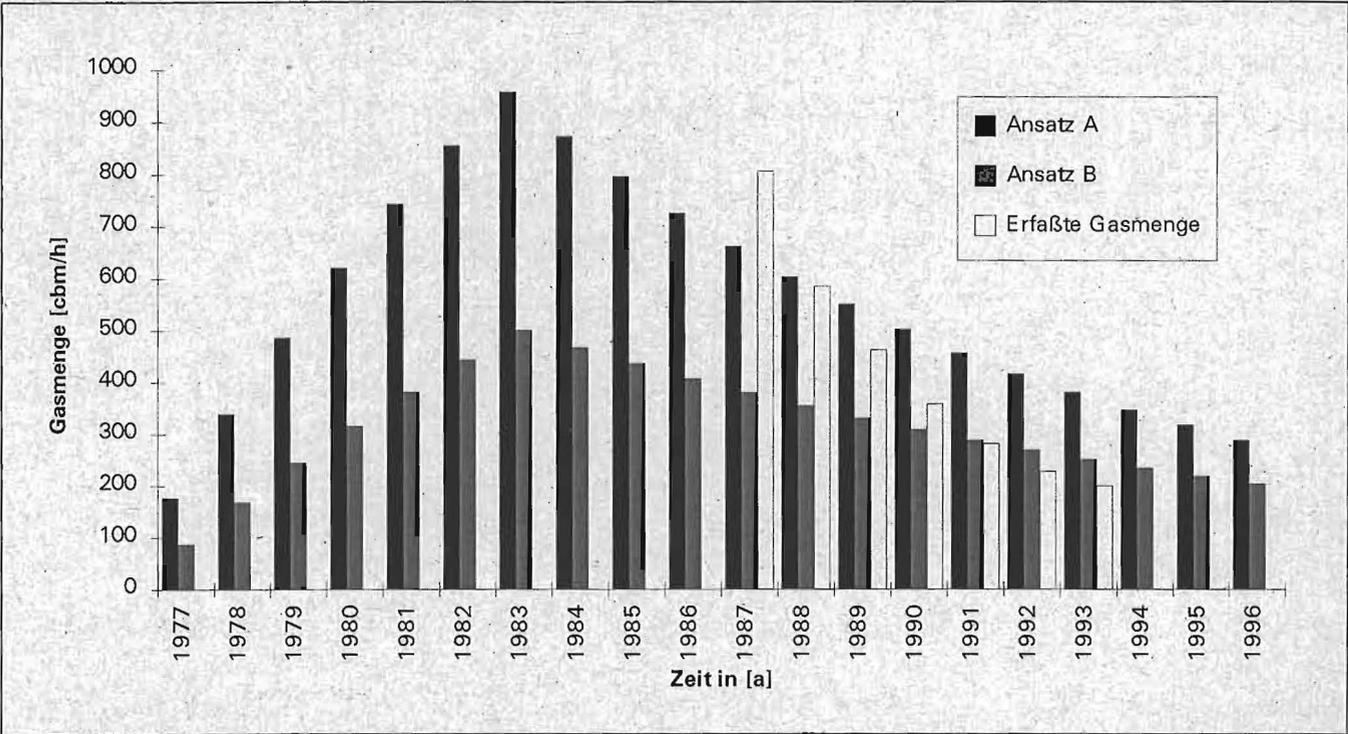
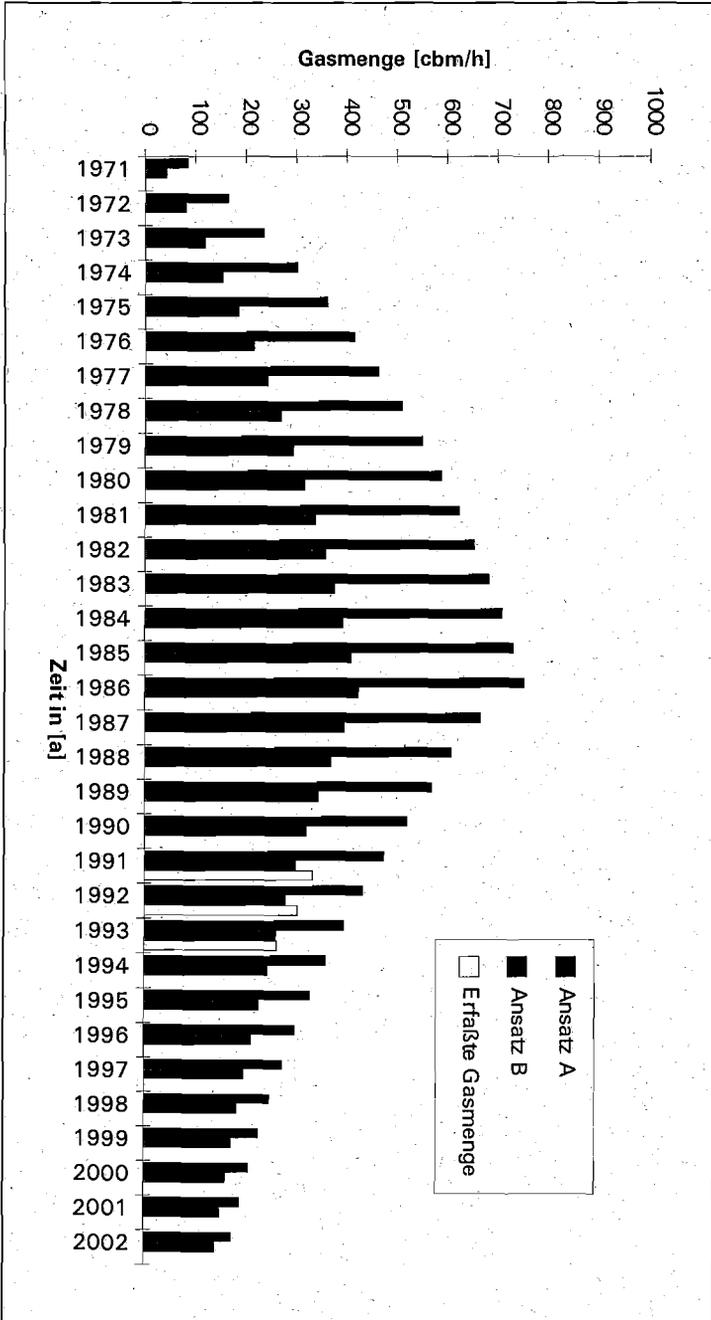


Abb. 1: Gasprognose und erfasste Gas Mengen der Deponie A

Abb. 2: Gasprognose und erfasste Gas mengen der Deponie B



2.2 Gasqualität

Bei der Gegenüberstellung der Gasqualität der Deponien A und B läßt sich erkennen, daß die Methangehalte der einzelnen Gasbrunnen auf beiden Deponien starken Schwankungen unterworfen sind. Insgesamt sind die gesamten Methanvolumenprozent der Deponie A rückläufig., die der Deponie B stagnieren.

2.3 Sickerwassermengen

Beim Vergleich der Sickerwassermengen der Deponien konnte eine große Mengenvarianz beobachtet werden. In der Abb. 3 ist der Quotient aus Sickerwasser und Niederschlag dargestellt worden.

Es zeigt sich, daß bei den Deponien, die über keine (C) bzw. nur eine teilweise Abdeckung (D) verfügen, die Sickerwassermengen 30 - 50 % des Niederschlags betragen. Bei den Deponien, die über eine Abdeckung verfügen (A und B), läßt sich insgesamt ein sehr viel geringeres Sickerwasseraufkommen erkennen. Hier beträgt die Menge lediglich 10 - 20 % des Niederschlags. Die geringe Menge von 10 % des Niederschlags wird allerdings nur von Deponie B erreicht, die zusätzlich zur Abdeckung über ein 5%iges Gefälle verfügt.

Ein weiteres Phänomen ist, daß abgesehen von Deponie D, bei allen Deponien zu Anfang der Verfüllung ein hohes Retentionsvermögen zu erkennen ist. Der Abfall hat in diesem Fall eine Art Schwammwirkung [Weber, 1990]. Bei der Deponie D fließen relativ konstante Sickerwassermengen ab.

2.4 Sickerwasserqualität

Die Sickerwasserqualitäten der einzelnen Deponien sind zum Teil sehr unterschiedlich, ihr prinzipieller Verlauf ähnelt sich aber (Abb. 4 und 5). Die Daten, die als Indiz für die Schadstoffbelastung dienen, sind in den ersten Betriebsjahren der jeweiligen Deponie sehr hoch. Ein Beispiel hierfür ist der CSB (Abb. 4). Die Werte für den CSB der Deponien variieren zwischen 38.000 mg/l CSB (B) und 5.000 mg/l CSB (D). Nach ca. 10 - 15 Betriebsjahren erreichen die CSB-Werte Konzentrationen von ungefähr 500 - 3000 mg/l. Ein weiterer Parameter für die Güte des Sickerwassers ist der Quotient BSB_5/CSB (Abb. 5).

Die biochemische Stabilisierung einer Deponie und das Ende der stabilen Methanphase wird dadurch angezeigt, daß im Sickerwasser der Quotient einen Wert von unter 0,1 annimmt. In diesem Fall sind weniger als 10 % der organischen Stoffe noch biologisch abbaubar [LFU Baden-Württemberg, 1992].

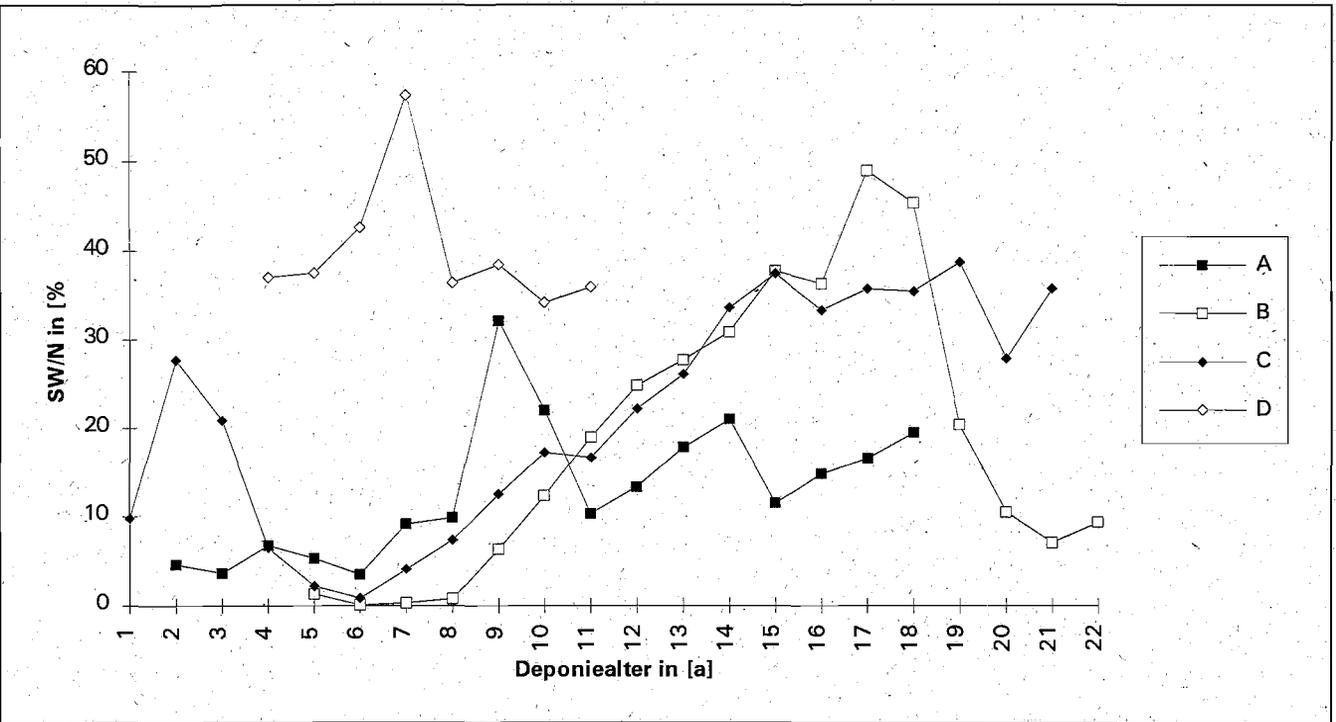


Abb. 3: Sickerwassermengen der Deponien A, B, C und D prozentual zum Niederschlag.

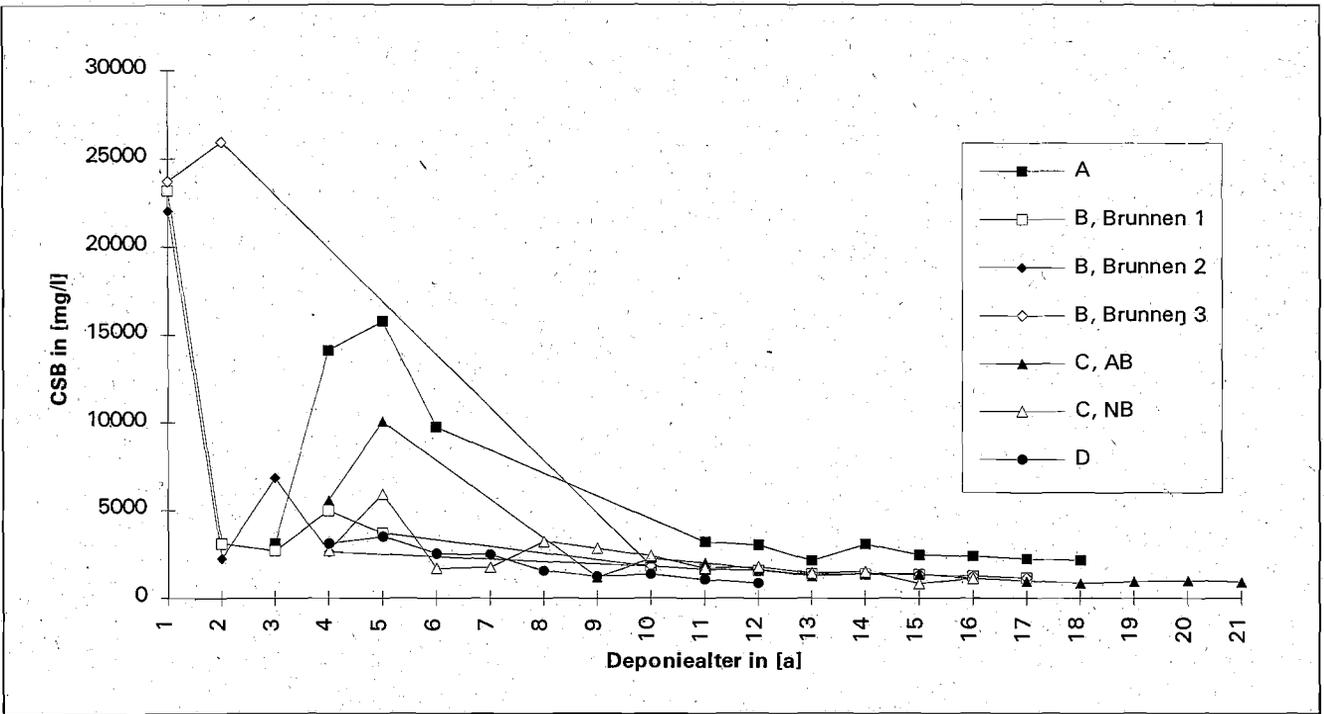


Abb. 4: CSB-Werte der untersuchten Deponien

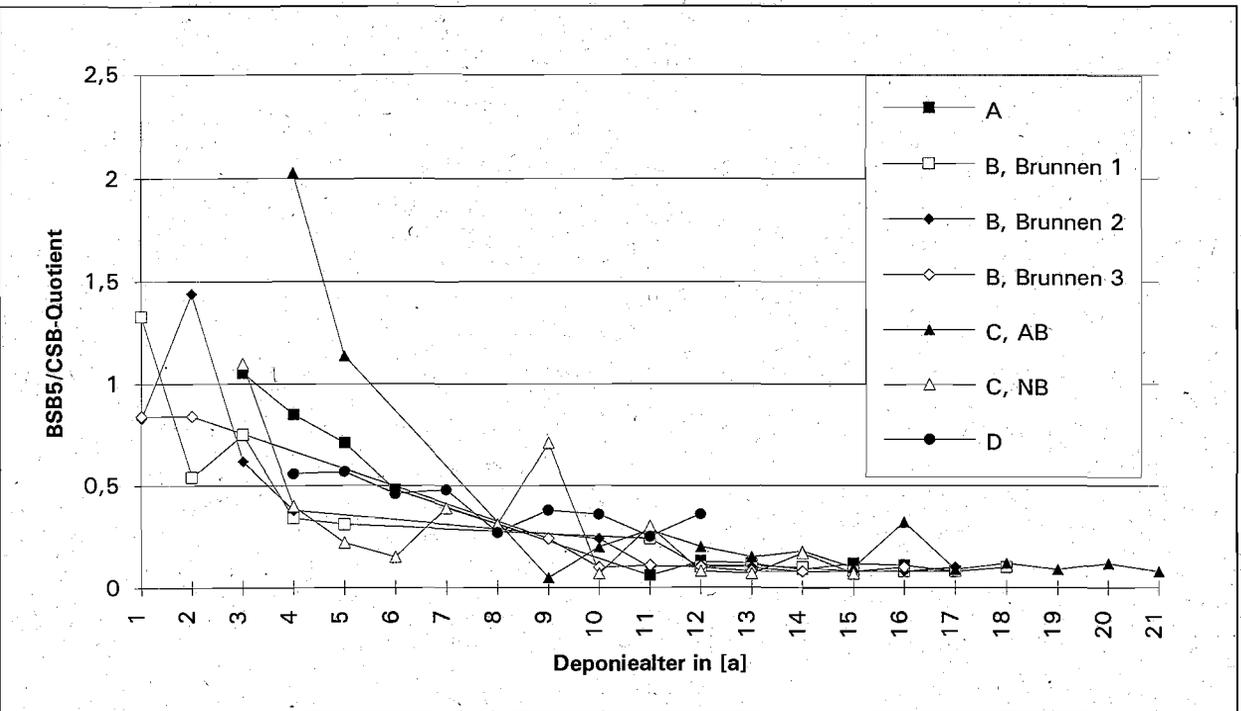


Abb. 5: BSB₅/CSB-Werte der untersuchten Deponien

In Abb. 5 sind die Werte für die untersuchten Deponien dargestellt. Anhand der Abbildung wird deutlich, daß der Wert 0,1 nach etwa 15 Jahren erreicht wird. Dies würde bedeuten, daß bereits zu diesem Zeitpunkt nur noch ein geringer Anteil an biologisch abbaubarer Substanz im Abfallkörper vorhanden ist.

2.5 Setzungen

Seit 1986 werden auf der Oberfläche der Deponie A Setzungsmessungen durchgeführt; seit 1990 auch auf der Deponie B. Bei den beiden anderen Deponien wurden bisher noch keine Setzungen vermessen. Auf der Deponie A betragen die Setzungen zwischen 1 und 6 % der Abfallhöhe. In absoluten Zahlen sind dies zwischen 37 und 94 cm. Hierbei zeigten sich die prozentual größten Setzungen auf dem zuletzt verfüllten Abschnitt. Letzteres konnte auch auf der Deponie B beobachtet werden. Hier wurden insgesamt geringere Setzungen gemessen. Die Setzungen betragen zwischen 0,6 und 4 % der Abfallhöhe. Dies entspricht 10 - 57 cm. Anhand der sich ergebenden Setzungsprofile und -linien können deutliche Unterschiede der beiden Deponien erkannt werden.

Die Setzungsprofile der Deponie A zeigen, daß auf dem Deponiegelände größere plane Flächen ausgebildet wurden. Hier kann es zu einem Regenwassereinstau kommen. Ein gegensätzliches Bild ergibt sich auf der Deponie B. Hier sind keine ausgeprägten planen Flächen zu verzeichnen. Stattdessen erkennt man dort ein ausgeprägtes Gefälle, was auf einen hohen Oberflächenabfluß schließen läßt.

3. Diskussion der Ergebnisse

Die Zielsetzung der Studie ist, das langfristige Verhalten von Deponien darzustellen und gleichzeitig allgemeine Tendenzen aufzuzeigen.

3.1 Vergleich der erfaßten Gasmengen mit den prognostizierten Mengen

Die Kurven, die sich aus den Daten der Gasmengenprognosen der hier untersuchten Deponien ergeben, weisen alle eine charakteristischen Verlauf auf. In den Jahren der Verfüllung erfolgt ein steiler Anstieg der Mengen. Je kürzer der Verfüllungszeitraum, desto steiler ist die sich daraus ergebende Kurve. Danach erfolgt eine kontinuierliche Abnahme, die viel langsamer ist als zuvor die Zunahme.

Die erstellten Gasmengenprognosen treffen auf die hier analysierten Deponien nur bedingt zu. Der Gasmengenrückgang erfolgt bei den betrachteten Deponien schneller als aufgrund der Prognose zu erwarten gewesen wäre. Aufgrund dieser Tatsache lassen sich keine verlässlichen Prognosen für die Dauer der Entgasung abgeben. In der Literatur findet man sehr unterschiedliche Angaben. Ehrig [1987] nennt einen Zeitraum von 70 - 150 Jahren, Baccini und Belevi [1992] sprechen sogar davon, daß organische Stoffe noch mehr als 1000 Jahre aus der Deponie auslaugen können. Nach so langer Zeit

werden in den untersuchten Deponien nur dann noch nennenswerte Gasmengen auftreten, wenn große Teile der Deponien bisher zu trocken waren, um durch Mikroorganismen verstoffwechselt zu werden.

3.2 Sickerwassermengen auf den Deponien

Aus dem Vergleich der flächenbezogenen Sickerwasserdaten der Deponien lassen sich drei Trends erkennen:

- Erstens, bei Deponien ohne vollständige und qualifizierte Abdeckung liegt das Sickerwasseraufkommen ungefähr zwischen 30 und 50 % des Niederschlags (Deponie C und D). Ehrig prognostizierte 1989 ein Sickerwasseraufkommen von 30 - 40 % des Niederschlags für diesen Deponietyp. Deponien mit vollständiger Abdichtung bzw. Abdeckung haben ein Sickerwasseraufkommen von ungefähr 10 - 20 % des Niederschlags (Deponie A und B). Die Sickerwasserqualität hat sich trotz dieser Verringerung nicht verschlechtert, sondern kontinuierlich verbessert.
- Zweitens, bei den drei älteren Deponien A, B und C ist ein hohes Wasserrückhaltevermögen in den Anfangsjahren zu beobachten. Erst nachdem ein bestimmtes Maß überschritten wird, gibt der Abfall das Wasser wieder ab.
- Drittens, mit Hilfe der Daten läßt sich erkennen, daß nicht nur die Qualität der Oberflächenabdeckung bei der Verringerung der Sickerwassermenge wichtig ist, sondern auch die Geometrie der Abdeckung. Eine wichtige Rolle spielte hierbei das Gefälle der Deponie B. Das Gefälle ist ein wesentlicher Punkt für die geringeren Sickerwassermengen dieser Deponie gegenüber der Deponie A.

3.3 Vergleich der Sickerwasserqualität der untersuchten Deponien

Charakteristisch für den Verlauf der Kurven der Sickerwasseranalysen ist, daß die gemessenen Daten nach 10 Jahren geringe Werte erreichen. Eine Ausnahme bildet die Deponie D. Ihre Analysen zeigen von Anfang an keine extrem erhöhten Werte. Die gemessenen Chloridionenwerte weichen von diesem Muster ab. Sie sind höher als bei allen anderen Deponien. Kruse [1993] berichtet, daß erhöhte Chloridionenkonzentrationen mit der Ablagerung von Salzschlacke aus dem Alurecycling in Verbindung gebracht werden können. Dies wäre für den vorliegenden Fall eine Erklärung. Die ansonsten geringen Belastungen könnten dadurch erklärt werden, daß aufgrund des besonders verdichteten Einbaus des Abfalls, dieser keine Schwammwirkung mehr zeigt und so eine Aufkonzentration an Schadstoffen im Sickerwasser unterbleibt. Eine andere Möglichkeit wäre, daß durch die Umstellung der Deponiebetriebe vom Kippkantensystem in den siebziger Jahren zum Schichteneinbau die Saure Phase verkürzt wird und somit der Schadstoffaustrag im Sickerwasser verringert wird. Hierzu berichteten bereits Kruse und Kayser [1993].

Bei allen anderen Deponien werden am Anfang sehr hohe CSB- und BSB₅-Werte gemessen. Danach fallen sie kontinuierlich ab. Die Sickerwasserfracht ist in diesen Fällen ein Indikator für die im Abfall stattfindenden Zersetzungsprozesse. Zuerst findet die anaerobe saure Gärung statt, bei der große Mengen an niederen Fettsäuren ausge- tragen werden. Dies hat hohe CSB- und BSB₅-Werte und einen hohen Quotienten aus den beiden Parametern zur Folge [Ehrig, 1989]. In der anaeroben Methanphase verrin- gern sich die Werte dieser Parameter. Ein weiterer Grund für die hohen Sickerwasser- belastungen dieser Deponien liegt in der geringen Sickerwassermenge. Dadurch wer- den die Schadstoffe zusätzlich aufkonzentriert.

3.4 Vergleich der Setzungen

Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum geringe Setzungen gemessen. In der Li- teratur geht man von Setzungen zwischen 10 und 30 % aus [Jessberger, 1992]. Die Ur- sache liegt möglicherweise am Zeitpunkt der Messungen. Die Deponie A war bereits 3 Jahre geschlossen, die Deponie B sogar 5 Jahre. Somit konnten die Erstsetzungen nicht erfaßt werden.

Detaillierte Setzungsmessungen und -auswertungen liegen von der Deponie Leppe vor [Schmidt, 1993]. Bei dieser Deponie wurden in den ersten 5 Jahren nach der Verfü- lung Setzungen zwischen 5 und 9 % gemessen. Im Vergleich dazu sind die auf den Deponien A und B gemessenen Werte angesichts des späteren Zeitpunkts des Meßbe- ginnns relativ groß. Eine Erklärung könnten die kurz vor Aufbringung der Pegel durch- geführten Rekultivierungsmaßnahmen sein. Hierdurch wurde eine zusätzliche Auflast aufgebracht, wodurch die Setzungen möglicherweise erneut in Gang bzw. verstärkt wurden.

4. Zusammenfassung

In dieser Studie wurden die Überwachungsdaten von vier Siedlungsabfalldeponien ausgewertet. Dabei hat sich gezeigt, daß die hier untersuchten Deponien innerhalb von 10 - 15 Jahren nach ihrem Abschluß ungefähr 90 % ihrer biologisch abbaubaren, im Sickerwasser nachweisbaren, Schadstofffracht reduzieren. Außerdem wurde demon- striert, daß bei den gänzlich ungedeckten Deponien zwischen 30 und 50 % des Nie- derschlages als Sickerwasser anfällt, bei zwischen- und endrekultivierten hingegen nur 10 - 20 %. Die Einhaltung eines 5%igen Gefälles für die Deponieoberfläche war hier- bei von ausschlaggebender Bedeutung. Dadurch ließ sich die Menge auf der Deponie B auf 10 % reduzieren.

Zudem konnte gezeigt werden, daß die in Anlehnung an Rettenberger und Tabasaran erstellten Gasmengenprognosen im Falle der Deponien A und B von langfristig zu ho- hen Gasmengen ausgehen. Auf den Deponien traten im Gegensatz zur Prognose kurz- zeitig (5 Jahre) sehr viel höhere Mengen auf. In den folgenden Jahren nahm die Menge aber erheblich ab. Für den langfristigen Verlauf können zum jetzigen Zeitpunkt nur erste Hinweise gegeben werden. Voraussichtlich gehen die Gasmengen (Deponie A

und B) innerhalb von ungefähr 10 - 15 Jahren auf sehr geringe Werte zurück. Je länger eine Deponie verfüllt wird, desto länger wird die Deponie nach der Schließung noch Gas produzieren.

Ehrig konnte 1991 in Laborversuchen zeigen, daß, sobald der Quotient BSB_5/CSB unter den Wert 0,1 sank, bereits 62,4 - 96,8 % der Gesamtmethanmenge produziert worden war. Dieses Ergebnis würde die obige These unterstützen.

Anhand der ausgewerteten Setzungsmessungen wurde demonstriert, daß auch nach mehreren Jahren noch mit Setzungen zwischen 1 - 6 % der Abfallhöhe zu rechnen ist. Besonders, wenn eine Auflast in Form einer Oberflächenabdichtung aufgebracht wird, können die Setzungen verstärkt bzw. erneut wieder in Gang gebracht werden.

5. Literaturverzeichnis

Baccini, P. und H. Belevi:

Die Deponie in einer ökologisch orientierten Volkswirtschaft, GAIA, Heft 1 (1992).

Ehrig, H.-J.:

Sickerwasser aus Hausmülldeponien, Menge und Zusammensetzung, Müll-Handbuch, Loseblattsammlung Nr. 4587, Erich Schmidt-Verlag (1989).

Ehrig, H.-J.:

Gasprognose bei Restmülldeponien, Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft, Deponiegastechnik, 1991, Bd. 2, S. 61 - 87.

Jessberger, H.-L.:

Zwischenbericht des Forschungsprojekts: Geotechnik der Abfallstoffe, September 1992.

Krümpelbeck, I.:

Studie zur Auswirkung von unterschiedlichen Oberflächenabdeckungen auf das Emissionsverhalten von Altdeponien, Studie im Auftrag des Landesumweltamts NRW, unveröffentlicht.

Kruse, K. und R. Kayser:

Sickerwasserqualität niedersächsischer Hausmülldeponien, Institut für Siedlungswasserwirtschaft TU Braunschweig, 1993, S. 16/17.

LFU Baden-Württemberg:

Handbuch Altlasten, Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen, Leitfaden Deponiegas, 1992, S. 6/7.

Schmidt, W.:

Verformungsverhalten von Deponien - Meßtechnische Erfassung und betriebstechnische Umsetzung. Fortschritte der Deponietechnik, 1993, Nr. 64, S. 31-47.

TA Siedlungsabfall. Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, Mai 1993.

Weber B.:

Minimierung von Emissionen der Deponie, aus: Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, 1990, Heft 74, S. 16 ff.

Entwurf einer neuen Richtlinie zur Selbstüberwachung bei Deponien Teilbereich Wasser

Prof. Dr. Lendermann, GHS Paderborn

Zusammenfassung

Der vorliegende Entwurf sieht ein gestuftes Vorgehen für die Selbstüberwachung von Deponien im Teilbereich Wasser vor. Die enge Zusammenarbeit der Beteiligten, problemorientiert anpaßbare Parameterpakete und Flexibilität im zeitlichen Ablauf, sollen unter Beachtung ökonomischer Aspekte eine gute Qualität der Ergebnisse sicherstellen, wobei neue wissenschaftliche Erkenntnisse jederzeit eingebracht werden können. Für die praktische Durchführung ist die einheitliche Struktur bei Sickerwasser- und Grundwasseruntersuchungen besonders vorteilhaft.

Einleitung

Die Selbstüberwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser bei Deponien erfolgte bisher nach den Vorgaben der "Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen (WÜ77)" der LAGA. Seit Erstellung dieser Richtlinie hat es einige neue Erkenntnisse über deponietypische Parameter gegeben, insbesondere über organische Inhaltsstoffe. Um diesen Erkenntnissen Rechnung zu tragen, wurde der in der WÜ77 vorgegebene Untersuchungsumfang von den Verantwortlichen vor Ort vielfach erweitert. Die Auswertung des vorhandenen umfangreichen Datenmaterials aus der Deponieüberwachung zeigt, daß die zur Zeit durchgeführten Untersuchungsprogramme die standorttypischen und abfallspezifischen Besonderheiten oft nur unzureichend berücksichtigen. Ein flexibles Vorgehen, das einerseits alle für die jeweilige Deponie aussagekräftigen Parameter berücksichtigt und andererseits auf nicht aussagekräftige Parameter verzichtet, ist aus ökonomischen und überwachungstechnischen Gründen anzustreben. Aus diesen Gründen, und durch die Notwendigkeit einer Konkretisierung der Anforderungen der TA Siedlungsabfall in NRW, wurde ein neues Konzept erarbeitet, das nun im Entwurf vorliegt. Dieser Entwurf wird zur Zeit in einer Arbeitsgruppe der Bundesländer diskutiert. Mit einer endgültigen Fassung ist in Kürze zu rechnen.

Zielsetzung

Das Konzept dieser neuen Richtlinie verfolgt drei wesentliche Ziele. Eine größtmögliche Flexibilität bei der Anpassung an deponiespezifische Besonderheiten, die Beschränkung der Untersuchungen auf ein unbedingt notwendiges Maß, und die Stärkung

der Eigenverantwortung des Deponiebetreibers. Damit sind zukünftig aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten, die den Stoffinhalt des Abfallkörpers und die typischen Standortbedingungen berücksichtigen, aber nicht aussagekräftige Untersuchungen vermeiden und damit Kosten minimieren.

Bewußt wird auch eine Stärkung der Eigenverantwortung des Deponiebetreibers angestrebt. Der Betreiber muß in alle Maßnahmen mit einbezogen werden, z.B. die Festlegung der Programmpakete, die Festlegung der zeitlichen Untersuchungsabfolge, oder die örtliche Festlegung und Ausstattung der Probenentnahmestellen. Damit ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Deponiebetreiber, Überwachungsbehörde und den mit der Durchführung der jeweiligen Maßnahmen beauftragten Personen oder Instituten unerlässlich. Eine regelmäßige, mindestens jährliche Besprechung der Untersuchungsergebnisse und die gemeinsame Festlegung zukünftiger Maßnahmen ist durchzuführen.

Untersuchungsprogramm

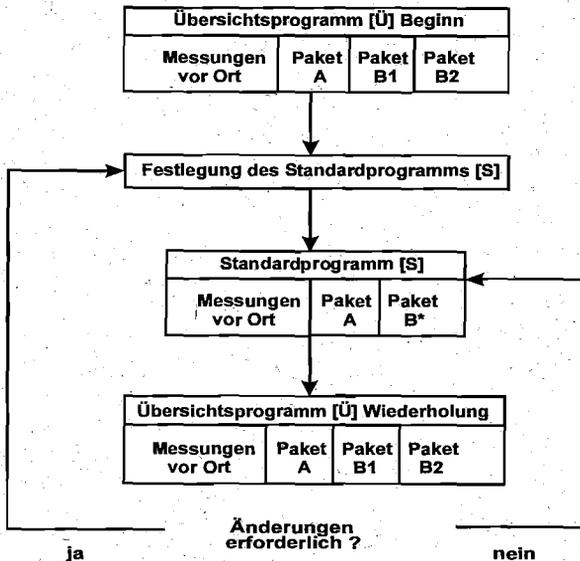
Das Untersuchungsprogramm unterscheidet zwischen verschiedenen Wassertypen, wie Grundwasser, Sickerwasser, Oberflächenwasser und gegebenenfalls Einleitungen in Fließgewässer.

Bei den chemischen und physikalischen Untersuchungen gibt es zwei verschiedene Untersuchungstypen, das Standardprogramm und das Übersichtsprogramm. Das Standardprogramm besteht aus Parameterpaketen mit einem Minimalsatz an Untersuchungsparametern, das Übersichtsprogramm besteht aus Parameterpaketen mit einem erweiterten Satz an Untersuchungsparametern. Das Standardprogramm wird in kurzen Zeitabständen wiederholt, das Übersichtsprogramm kommt in größeren Zeitabständen zur Anwendung.

Die Parameterpakete gliedern sich in **Messungen vor Ort**, obligatorische Messungen im Labor (Paket A), erweiterte Messungen im Labor (**Pakete B₁ und B₂**) und Messungen im Labor, die Standardprogramme bedarfsgerecht ergänzen (Paket B^{*)}). Die schematische Abfolge ergibt sich aus der nachstehenden Graphik.

*) B ist ein bedarfsgerechter Auszug aus den Paketen B₁ und B₂

Tabelle 1: Beispielhafter schematischer Ablauf der Wasserüberwachung bei Deponien



B* ist ein bedarfsgerechter Auszug aus den Paketen B₁ und B₂.

Die Parameterpakete, insbesondere die des Übersichtsprogrammes, decken den Überwachungsumfang im Regelfall ab. In Sonderfällen kann darüber hinaus die Festlegung spezifischer Einzelparameter erforderlich werden.

Vor Inbetriebnahme und im ersten Jahr der Betriebsphase sind umfangreiche Untersuchungen als Übersichtsprogramm durchzuführen, damit der Ausgangszustand ausreichend dokumentiert wird und alle standorttypischen bzw. abfallspezifischen Besonderheiten erkannt werden. Während der nachfolgenden Betriebsphase wird anhand der Ergebnisse aus dem Übersichtsprogramm ein an die jeweilige Deponie angepasstes Standardprogramm zusammengestellt. Dieses Standardprogramm stellt einen Auszug aus dem Übersichtsprogramm dar und dient der regelmäßigen Kontrolle. Zusätzlich werden in der Betriebsphase, im Regelfall nach 3 Jahren, Untersuchungen dem Übersichtsprogramm entsprechend durchgeführt. Diese Untersuchungen sind erforderlich, um das Standardprogramm hinsichtlich seiner Aktualität zu überprüfen und ggf. den jeweiligen Betriebszuständen der Deponie anzupassen. In der Nachsorgephase werden die Untersuchungen weitergeführt, wobei eine zeitliche Streckung erfolgen kann. Der zeitliche Ablauf ist beispielhaft in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Beispielhaftes Zeitschema für die Wasserüberwachung bei Deponien

Jahr	1.Quartal	2.Quartal	3.Quartal	4.Quartal
1	ü	ü	ü	ü
2	s	s	s	s
3	s	s	s	s
4	s	s	s	s
5	ü	s	s	s
6	s	s	s	s
7	s	s	s	s
8	s	ü	s	s
9	s	s	s	s
10	s	s	s	s
11	s	s	ü	s
12	s	s	s	s
13	s	s	s	s
14	s	s	s	ü

Liegt bei Altdeponien umfangreiches Datenmaterial aus einem Zeitraum von mindestens 3 Jahren vor, so kann unter Berücksichtigung des Datenbestandes mit der Übersichtsanalyse des 5. Betriebsjahres begonnen werden.

Durchführung der Untersuchungen

Die Auswahl und Anzahl der Probenahmestellen sind für die Qualität der Überwachung von ausschlaggebender Bedeutung. Sie müssen für die Fragestellung repräsentativ sein und sich nach den örtlichen Gegebenheiten richten. Für das Grundwasser sind zusätzlich die lokalen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse entscheidend. Praktische Gesichtspunkte, wie z.B. die Schaffung einer guten Zuwegung, die Zugänglichkeit mit Geräten und die Sicherung der Probennahmestellen gegen Beschädigung sind zu beachten.

Untersuchung von Sickerwasser

Das Sickerwasser wird durch die abgelagerten Abfälle, sowie durch die Betriebsweise der Deponie bestimmt. Für Sickerwasser von Deponien gemäß TA Siedlungsabfall, TA Abfall, sowie von Altdeponien wird ein Untersuchungsprogramm (Übersichts- und

Standardprogramm) festgelegt, das vom Aufbau und zeitlichem Ablauf gleich ist. Die vorstehenden Ablaufschemata finden Anwendung.

Das Übersichtsprogramm gliedert sich in Messungen vor Ort und in die Parameterpakete A, B₁ und B₂. Die Messungen vor Ort und das Paket A beinhalten unverzichtbare Parameter, die zu jeder Analyse gehören. Bei Monodeponien können in begründeten Ausnahmefällen einzelne Parameter des Untersuchungspaketes A dem Paket B₁ zugeordnet werden. Aus den Parameterpaketen B₁ und B₂ sind die Parameter als Paket B in das Standardprogramm zu übernehmen, die sich bei der Sickerwasseruntersuchung im Übersichtsprogramm als relevant für die Deponie herausgestellt haben.

Tabelle 4 enthält den Parameterumfang für die Sickerwasseruntersuchungen.

Untersuchung von Grundwasser

Das Untersuchungsprogramm für Grundwasser entspricht im Aufbau und Prinzip dem Programm für die Sickerwasseruntersuchungen. Bei einem Schadensfall ist zu erwarten, daß das Grundwasser Verunreinigungen aufweist, die auch im Sickerwasser vorhanden sind.

Das Übersichtsprogramm gliedert sich in Messungen vor Ort und in die Parameterpakete A, B₁ und B₂. Die Messungen vor Ort und das Paket A beinhalten unverzichtbare Parameter, die zu jeder Analyse gehören. Bei Monodeponien können in begründeten Ausnahmefällen die Parameter Bor, Fluorid und Cyanidgesamt dem Parameterpaket B₁ zugeordnet werden. Aus den Parameterpaketen B₁ und B₂ sind die Parameter als Paket B in das Standardprogramm zu übernehmen, deren Relevanz sich im Übersichtsprogramm ergeben hat.

Tabelle 5 enthält den Parameterumfang für die Grundwasseruntersuchungen.

Die Beprobung von Grundwasser sollte grundsätzlich durch Abpumpen der Grundwassermeßstellen erfolgen. Besondere Gegebenheiten können auch andere Techniken, z.B. Schöpfen, erforderlich machen. In jedem Fall sind die Einzelheiten der Probenahme der Problemstellung anzupassen.

Eine besondere Bedeutung kommt bei der Grundwasserüberwachung den vor Ort gemessenen Parametern zu. Sie sind die einzigen Meßgrößen, die eine Aussage über zeitliche Veränderungen der Wasserqualität während der Beprobung liefern können. Diese Informationen sind für die Wahl des geeigneten Probeentnahme-Zeitpunktes wichtig. Darüber hinaus bietet die Kenntnis des zeitlichen Verlaufes der vor Ort gemessenen Parameter aber auch eine unverzichtbare Information für die Bewertung der im Labor ermittelten Daten. Sie lassen beispielsweise die Repräsentativität von Laborergebnissen für den Grundwasserchemismus in der Umgebung der Beprobungsstelle erkennen.

Tabelle 4: Parameterumfang bei der Sickerwasserüberwachung

Messungen vor Ort	Analysenverfahren *)
Farbe, visuell	DIN 38404 C1
Geruch	DEV B1/2
Trübung	DIN 38404 C2, TEF
Temperatur Sickerwasser	DIN 38404 C4
Temperatur Luft	DIN 38404 C4
pH-Wert	DIN 38404 C5
Leitfähigkeit, bezogen auf 25°C	DIN EN 27888 / ISO 7888 C8
Untersuchungen im Labor Paket A	
pH-Wert	DIN 38404 C5
Leitfähigkeit, bezogen auf 25°C	DIN EN 27888 / ISO 7888 C8
Trockenrückstand, gesamt	DIN 38409 H1
Natrium	DIN 38406 E14, alternativ DIN 38406 E22
Kalium	DIN 38406 E13, alternativ DIN 38406 E22
Magnesium	DIN 38406 E3/1, alternativ DIN 38406 E22
Calcium	DIN 38406 E3/1, alternativ DIN 38406 E22
Gesamtstickstoff, gebunden	DIN 38409 H28
Ammoniumstickstoff	DIN 38406 E5/2
Eisen	DIN 38406 E22
Mangan	DIN 38406 E22
Bor	DIN 38406 E22
Sulfat	DIN 38405 D20
Chlorid	DIN 38405 D20
Säurekapazität bis pH = 4,3	DIN 38409 H7
Säurekapazität bis pH = 8,2 (bei pH>8,5)	DIN 38409 H7
Adsorbierbares organisches Halogen (AOX)	DIN 38409 H14
organischer Kohlenstoff, gesamt (TOC)	DIN 38409 H3
extrahierbare lipophile Stoffe	analog der DIN 38409 H17 (mit n-Hexan)
Paket B1	
Chrom VI	DIN 38405 D24
Nitratstickstoff	DIN 38405 D20, alternativ D9/3
Gesamtphosphor	DIN 38406 E22, alternativ DIN 38405 D11/4
Fluorid	DIN 38405 D4/1
Cyanid, gesamt	DIN 38405 D13/2
Extrahierbares, schwerflüchtiges organisches Halogen (EOX)	DIN 38409 H8
Phenol, Kresole	GC-MS, HPLC (**)
Kohlenwasserstoffe	DIN 38409 H28
polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	E-DIN 38407 F8 nach EPA
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	DIN 38407 F2
Paket B2	
anorganische Substanzen:	
- Anionen	Ionenchromatographie
- Metalle	ICP oder AAS
organische Substanzen:	
- z.B. Halogenkohlenwasserstoffe	GC-MS-Screening (**)
- z.B. Aromaten (z.B. Benzol und Homologe, Chlorphenole)	GC-MS-Screening (**)

*) nach dem jeweils gültigen Stand der Deutschen Einheitsverfahren (DEV)

**) Quantifizierung nach den gültigen DEV oder anderen anerkannten Verfahren

Tabelle 5: Parameterumfang bei der Grundwasserüberwachung

Messungen vor Ort	Analysenverfahren *)
Farbe, visuell	DIN 38404 C1
Geruch	DEV B1/2
Trübung	DIN 38404 C2, TEF
Temperatur Grundwasser	DIN 38404 C4
Temperatur Luft	DIN 38404 C4
pH-Wert	DIN 38404 C5
Leitfähigkeit, bezogen auf 25°C	DIN EN 27888 / ISO 7888 C8
Sauerstoff, gelöst	DIN 38408 G22
- vor Probenahme	
Grundwasserstand, bezogen auf m NN	
- nach Probenahme	
- kontinuierliche Registrierung	
Untersuchungen im Labor Paket A	
pH-Wert	DIN 38404 C5
Leitfähigkeit, bezogen auf 25°C	DIN EN 27888 / ISO 7888 C8
Trockenrückstand, gesamt	DIN 38409 H1
Natrium	DIN 38406 E14, alternativ DIN 38406 E22
Kalium	DIN 38406 E13, alternativ DIN 38406 E22
Magnesium	DIN 38406 E3/1, alternativ DIN 38406 E22
Calcium	DIN 38406 E3/1, alternativ DIN 38406 E22
Nitratstickstoff	DIN 38405 D19, alternativ DIN 38405 D9/2
Ammoniumstickstoff	DIN 38406 E5/1
Bor	DIN 38406 E22
Sulfat	DIN 38405 D19
Chlorid	DIN 38405 D19
Fluorid	DIN 38405 D4
Cyanid, gesamt	DIN 38405 D14/2
Säurekapazität bis pH = 4,3	DIN 38409 H7
Säurekapazität bis pH = 8,2 (bei pH > 8,5)	DIN 38409 H7
Adsorbierbares organisches Halogen (AOX)	DIN 38409 H14
organischer Kohlenstoff, gesamt (TOC)	DIN 38409 H3
Paket B1	
Eisen	DIN 38406 E22
Mangan	DIN 38406 E22
Chrom VI	DIN 38405 D24
Gesamtstickstoff, gebunden	DIN 38409 H28
Gesamtphosphor	DIN 38406 E22, alternativ DIN 38405 D11/4
extrahierbares, schwerflüchtiges organisches Halogen (EOX)	DIN 38409 H8
Phenol, Kresole	GC-MS, HPLC (**)
Kohlenwasserstoffe	DIN 38409 H18
polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	E-DIN 38407 F8 nach EPA
Paket B2	
anorganische Substanzen:	
- Anionen	Ionenchromatographie
- Metalle	ICP oder AAS
organische Substanzen:	
- z.B. Halogenkohlenwasserstoffe	GC-MS-Screening (**)
- z.B. Aromaten (z.B. Benzol und Homologe,	GC-MS-Screening (**)
Chlorphenole	

*) nach dem jeweils gültigen Stand der Deutschen Einheitsverfahren (DEV)

**) Quantifizierung nach den gültigen DEV oder anderen anerkannten Verfahren

Beim Abpumpen der Meßstelle sind folgende Parameter kontinuierlich aufzuzeichnen und als Bestandteil der Überwachungsmaßnahme mit den Analysendaten zu dokumentieren:

- Wassertemperatur,
- pH-Wert,
- Leitfähigkeit, bezogen auf 25°C,
- Sauerstoff,
- Trübung.

Ebenfalls sind nach Möglichkeit die geförderte Wassermenge und der Verlauf der Absenkung des Grundwasserspiegels beim Abpumpen zu dokumentieren.

Untersuchung von Oberflächenwasser

Auf der Deponie entstehen in den verschiedenen Anlagenbereichen Oberflächenwässer, die unterschiedlich belastet sein können. Zu den gesondert zu betrachtenden Bereichen zählen u.a. Verkehrsflächen, Lagerflächen, noch nicht mit Abfall beaufschlagte Ablagerungsflächen, Zwischenabdeckungen, sowie der Oberflächenabfluß von rekultivierten Deponieabschnitten.

Bei der Ableitung von Oberflächenwasser ist grundsätzlich zu unterscheiden nach:

- a) Einleitung in den Untergrund bzw. in ein Gewässer und
- b) Einleitung in die Kanalisation bzw. Ableitung zur Sickerwasserbehandlungsanlage

zu a)

Bei der Einleitung von Oberflächenwasser aus erwartungsgemäß unbelasteten Bereichen in den Untergrund bzw. in ein Gewässer, ist dieses auf die in Tabelle 3 aufgeführten Parameter zu untersuchen. Bei diesem Parameterumfang handelt es sich um ein Mindestprogramm, das den Standortbedingungen im Einzelfall entsprechend zu ergänzen ist.

Bei der Direkteinleitung in ein Gewässer sind darüber hinaus Untersuchungen entsprechend den "Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA)" [LWA-Merkblatt Nr.7, Entscheidungshilfe für die Wasserbehörden in wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren, 1991] zu berücksichtigen.

zu b)

Bei der Ableitung in die Kanalisation sind die Anforderungen zum Betrieb öffentlicher Abwasseranlagen (Ortssatzung) zu beachten.

Tabelle 3: Mindestparameterumfang für die Untersuchung von Oberflächenwasser bei Einleitung in den Untergrund bzw. in ein Gewässer

Mindestparameterumfang für Oberflächenwasseruntersuchungen	
Feststellungen vor Ort	Untersuchungen im Labor
Witterungsbedingungen	Ammonium-N
Temperatur	Nitrat-N
pH-Wert	TOC
Leitfähigkeit, bezogen auf 25 °C	Chlorid
Trübung	
Geruch	
Abfluß (falls nicht möglich, qualitative Angaben)	

Berichterstattung

Die Untersuchungsergebnisse sind der zuständigen Überwachungsbehörde unaufgefordert, entsprechend den Vorgaben der TA Siedlungsabfall bewertet und in den Jahresbericht eingebunden, 3 Monate nach Ablauf des Kalenderjahres vorzulegen.

Darüber hinaus kann die Überwachungsbehörde weitergehende Anforderungen zur Vorlage der Ergebnisse im Einzelfall treffen.

Weitergehende Angaben zur Vorlage und Bewertung der Analysendaten als Dokument bzw. zur Übermittlung der Daten auf Datenträger sind der Richtlinie "Angaben zur Übermittlung und Bewertung von Überwachungsdaten für den Jahresbericht" (Fertigstellung August 1995) zu entnehmen.

Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Beurteilung der Gleichwertigkeit von alternativen Abdichtungssystemen durch das DIBt

BD Dipl.-Ing. Herold, DIBt Berlin

1. Einleitung

Deponien sind Bauwerke, die zunächst der geordneten Sammlung von Abfällen und ggf. auch deren Verwertung durch Umwandlungs- und Aufbereitungsprozesse dienen. Sie müssen zu diesem Zweck so hergestellt und betrieben werden, daß die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere das Leben oder die Gesundheit der dort tätigen Menschen, nicht gefährdet werden. Deponien sind aber vor allem auch Bauwerke, die so konstruiert sein müssen, daß sich aus dem dem abgelagerten Deponiegut keine Gefährdungen unserer natürlichen Lebensgrundlagen wie Luft, Boden und Wasser ergeben. Hierzu bedarf es besonderer Abdichtungsmaßnahmen, die angepaßt an das vorhandene Gefährdungspotential einen optimalen Schutz garantieren. Ihre Gebrauchstauglichkeit ist nachzuweisen.

Eine besondere Problematik, die in dieser Form bei kaum einem anderen Bauwerk auftritt, ist, daß diese Maßnahmen über Zeiträume von mehreren hundert Jahren funktionieren müssen. Über das Langzeitverhalten der zu verwendenden Materialien gibt es jedoch vielfach nicht immer ausreichende Kenntnisse. Deswegen wäre grundsätzlich eine Kontrolle der Funktion der Abdichtung zu fordern. Eine andere Frage ist, ob und wie sie für derartige Zeiträume zu garantieren ist.

Gerade der Aspekt der Dauerbeständigkeit prägt ganz wesentlich die nun schon seit längerem andauernde Diskussion um die vorgesehenen Regelabdichtungssysteme und deren mögliche Alternativen. Sie wird wohl auch nie zu Ende geführt werden können, so daß letztlich mehrheitliche Meinungen, Einschätzungen und Erfahrungen einer möglichst breit angelegten Fachöffentlichkeit zu verantwortbaren Lösungen führen müssen.

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) befaßt sich seit Anfang 1993 in einem eigenen Referat mit Fragen der Deponietechnik und hier vor allem auch mit der Bewertung von alternativen Deponieabdichtungssystemen. In den folgenden Abschnitten soll daher ein Einblick in den Beratungsstand zu den hierfür maßgebenden Grundlagen sowie in die derzeit laufenden Zulassungsverfahren für alternative Abdichtungen gegeben werden.

2. Rechtliche Grundlagen

Die komplexe Aufgabenstellung für eine Deponie führt dazu, daß unterschiedliche Rechtsbereiche unseres Gemeinwesens an der Funktion der Deponie als Ganzes jeweils aus ihrer Verantwortlichkeit und Zuständigkeit heraus interessiert sind und ggf. eigene Anforderungen stellen.

Abfallrecht	- Abfallgesetz (AbfG) 1986, 1993
Bauordnungsrecht	- Musterbauordnung (MBO) 1993 Landesbauordnungen (LBO) 1994/1995
Wasserrecht	- Wasserhaushaltsgesetz (WHG) 1986, 1992
Naturschutzrecht	- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) 1987, 1990
Umweltrecht	- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) 1990
Raumordnungsrecht	- Raumordnungsgesetz (ROG), 1989, 1991
Verwaltungsrecht	- Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG), 1976 (Planfeststellungsverfahren)
Bergrecht	- Bundesberggesetz (BBergG) 1980, 1990

Detaillierte Anforderungen an die Konstruktion des Bauwerks Deponie und dessen Abdichtung werden dabei vom Abfallrecht und vom Baurecht gestellt, während die anderen Rechtsbereiche vorwiegend bei der Planung der Maßnahme zu berücksichtigen sind.

Die primäre Zuständigkeit hat das Abfallrecht, das auch im Genehmigungsverfahren die Belange anderer Rechtsbereiche mit zu berücksichtigen hat. Die genannten Gesetze sind bis auf die Bauordnung Bundesgesetze, die vielfach durch Verordnungen, Verwaltungsvorschriften und Ländergesetze umgesetzt und konkretisiert werden.

2.1 Abfallrecht

Die Umsetzung des Abfallgesetzes (AbfG) [1] erfolgt durch die rechtlich verbindlichen Verwaltungsvorschriften TA-Abfall (TA-A) [2] und TA-Siedlungsabfall (TA-Si) [3]. Hierin werden u.a. abgestuft nach Deponieklassen sogenannte Regelaufbauten für Abdichtungssysteme an Deponiebasis und -oberfläche festgelegt.

Als Basisabdichtung für die Deponiekategorie II und die sogenannte Sonderabfalldeponie nach TA-A (im weiteren Deponiekategorie III) genannt, ist die Kombinationsabdichtung bestehend aus einer Kunststoffdichtungsbahn auf einer mineralischen Abdichtung unterschiedlicher Mächtigkeit vorgesehen. Der Einsatz von alternativen Abdichtungen wird ausdrücklich ermöglicht, wenn die "Gleichwertigkeit" mit dem Regelsystem nachgewiesen wird. Offen blieb bisher jedoch, wie diese Gleichwertigkeit nachzuwei-

sen ist und wo hierfür die Zuständigkeiten bei möglichst einheitlicher Vorgehensweise für alle Bundesländer liegt.

Als Gutachter für entsprechende Eignungsnachweise werden in den Verwaltungsvorschriften die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) genannt.

Zulassungen für Kunststoffdichtungsbahnen werden auf der Basis eines niedersächsischen Erlasses seit 1989 von der BAM erteilt.

2.2 Baurecht

Nach einem Beschluß der ARGEBAU (Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder) sind Deponien bauliche Anlagen im Sinne von § 2 der Musterbauordnung (MBO) [4]. Danach sind bauliche Anlagen so zu errichten, daß die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben oder Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden und sie gebrauchstauglich sind (§ 3). Jede bauliche Anlage muß im ganzen und in seinen Teilen standsicher sein (§ 15). Die Technischen Baubestimmungen sind zu beachten. Wenn von ihnen abgewichen wird oder wenn es keine Technischen Baubestimmungen gibt, so ist die Verwendbarkeit von Bauprodukten nach § 20 MBO durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis oder im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall nachzuweisen.

Im Falle von Deponien ist primär die Frage der Standsicherheit unter Berücksichtigung des Verhaltens der Abdichtung zu beurteilen. Ebenso muß die Abdichtung aber auch im o.g. Sinne gebrauchstauglich sein. Maßgebend hierfür sind die abfallrechtlichen Anforderungen an die Wirkung der Deponieabdichtung.

Für die Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist das DIBt die zuständige Behörde für alle Bundesländer. Es wirkt ebenso mit bei der Erstellung von bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen und bei Zustimmungen im Einzelfall.

2.3 Koordinierung der Zulassungstätigkeit

Basierend auf diesen Zuständigkeiten erfolgte eine Koordinierung der notwendigen Zulassungstätigkeiten:

Die BAM bearbeitet zunächst weiter abfallrechtliche Zulassungen der Kunststoffdichtungsbahn und Schutzschichten zur Anwendung in den Regelsystemen. Diese Zulassungen werden grundsätzlich auch für die baurechtlichen Belange akzeptiert. Mittelfristig soll die Zulassung in bauaufsichtliche Prüfzeugnisse überführt werden. Dies erfordert jedoch noch eine Abstimmung zwischen den betroffenen Rechtsbereichen.

Das DIBt bearbeitet allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für alternative Abdichtungen und erstellt auf Antrag der Genehmigungsbehörde Gutachten für die Verwendung alternativer Systeme in Einzelfällen. Dies geschieht unter Berücksichtigung der abfallrechtlichen Forderung nach "Gleichwertigkeit" mit den Regelsystemen.

2.4 Abfallrechtliches Genehmigungsverfahren

Für Deponien sind nach Maßgabe der gesetzlichen Vorschriften Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahren durch die abfallrechtlich zuständigen Landesbehörden vorzunehmen. Der Zulassungsschein der BAM oder die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder ein Gutachten für eine Einzelfallentscheidung vom DIBt dienen dabei als Grundlage für die Genehmigung des Abdichtungssystems.

3. Grundsätze für die Bewertung von Deponieabdichtungssystemen

Die Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für alternative Deponieabdichtungssysteme erfolgt im wesentlichen auch unter Berücksichtigung der abfallrechtlichen Anforderungen. Diese erschöpfen sich im wesentlichen darin, daß sie nach TA-A und TA-Si dem Stand der Technik entsprechen und mit den beschriebenen Regelsystemen "gleichwertig" sein sollen, ohne daß gesagt wird, worin eigentlich die konkrete Leistung der Regelsysteme bestehen soll, an denen sich das Alternativsystem in gleichwertiger Weise zu messen hat.

Während die mineralische Dichtungskomponente in gewisser Weise beschrieben wurde, wird bei der Kunststoffdichtungsbahn der Nachweis der Eignung einer Zulassung überlassen. Hierin zeigt sich eine gewisse Unsicherheit darüber, ob überhaupt die mehr oder weniger scharf beschriebenen Regelsysteme dem Stand der Technik auch in Zukunft noch entsprechen können. Zum Teil werden ja auch immer wieder begründete Zweifel daran vorgetragen.

Es ist festzustellen, daß sich "Gleichwertigkeit" auf dieser Basis nicht nachweisen läßt. Somit kann es nur darum gehen, im Einklang mit den grundsätzlichen Festlegungen der TA-A und TA-Si zum Aufbau und die daraus abzuleitende Wirksamkeit der Regelsysteme sowie unter Berücksichtigung der Einwirkungen, mit denen in Deponien zu rechnen ist, eine Basis für die Beurteilung der Eignung von Deponieabdichtungssystemen zu schaffen. Hierbei sind die gegenwärtigen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen mit den Regelsystemen soweit wie möglich einzubeziehen. Dazu gehören natürlich auch die Erkenntnisse, die aufgrund der langjährigen Zulassungspraxis der BAM für PE-HD Kunststoffdichtungsbahnen auf der Basis der BAM-Prüfrichtlinie [5] und aus vielfältigen Forschungsaktivitäten an derart konzipierten Kombinationsabdichtungen gewonnen wurden.

Um die Ausfüllung der Begriffes "Gleichwertigkeit" wurde lange Zeit ohne konkretes Ergebnis gerungen, vielleicht auch deshalb, weil man sich zu sehr an den Vergleich

von zwei Systemen aufhielt, ohne den eigentlichen Vergleichsmaßstab vorher definiert zu haben.

Nach Auffassung des DIBt ist jedoch zunächst der Leistungsmaßstab festzulegen. Dieser soll sich orientieren an den bewährten und anerkannten Leistungen des Regelsystems, sofern diese angegeben werden können. Die Leistungsanforderungen müssen andererseits einen direkten Bezug zu den in Deponien zu erwartenden Einwirkungen haben. Dieser Leistungsmaßstab muß material- und systemunabhängig formuliert werden, wenn er für alle alternativen Abdichtungssysteme grundsätzliche Anwendung finden soll. Ein alternatives Abdichtungssystem ist dann auch im Sinne der abfallrechtlichen Forderung nach "Gleichwertigkeit" geeignet, wenn es grundsätzlich den Anforderungen dieses Leistungsmaßstabes, in dem sich die Leistungen des Regelsystems in gewisser Weise widerspiegeln, entspricht. Auf diese Weise wird also der "Gleichwertigkeitsnachweis" in einen "Eignungsnachweis" überführt.

3.1 Organisatorische und inhaltliche Vorgehensweise

Die Voraussetzung für die Erstellung dieses grundsätzlichen Bewertungsmaßstabes wurde vom DIBt durch die Gründung des Arbeitskreises "Grundsätze der Deponietechnik und Sicherung von Altlasten" (AK GDSA) geschaffen, der seine Arbeit im November 1993 begonnen hat. Er ist zugleich eine Projektgruppe des inzwischen im DIBt eingerichteten Grundsatzausschusses für Boden- und Gewässerschutz (GA 3). Der AK GDSA besteht z.Z. aus ca. 25 Mitgliedern aus Bauwirtschaft, Planung, Forschung, Prüfung und Verwaltung. Der Arbeitskreis berät ein Papier mit dem Arbeitstitel "Deponieabdichtungssysteme - Grundsätze für Anforderungen und Bewertung" mit der obengenannten Zielsetzung. Die Beratungen können voraussichtlich im Laufe dieses Jahres abgeschlossen werden.

Die konkrete Beurteilung der Eignung eines alternativen Abdichtungssystems erfolgt dann unter Einschaltung materialspezifisch ausgerichteter Sachverständigenausschüsse (SVA). Die Beratungen finden auf der Basis der im AK GDSA arbeiteten "Grundsätze" statt, die in materialspezifischer Weise auf ein konkretes Abdichtungssystem anzuwenden sind. Es existieren derzeit folgende Sachverständigenausschüsse:

Sachverständigenausschüsse (SVA)

SVA - "Deponieabdichtungen mit Asphalt"

SVA - "Deponieabdichtungen mit mineralischen Baustoffen"

Sie arbeiten in eigenverantwortlicher Weise, die Geschäftsführung liegt beim DIBt.

Die SVA arbeiten derzeit parallel zur Beratung der "Grundsätze" im AK GDSA. Hierdurch soll eine allzu starke zeitliche Verzögerung bei der Bearbeitung von Zulassungen vermieden werden; andererseits wirkt sich die Beratung konkreter Zulassungen befruchtend auf die Abfassung der materialunabhängigen Beurteilungsgrundsätze aus.

Auf der Basis der Beratungen in den Sachverständigenausschüssen werden dann vom DIBt allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erteilt. Diese sollen jedoch nicht vor einem Abschluß der Beratungen zu den Grundsätzen im AK GDSA erfolgen.

3.2 Derzeitiger Beratungsstand des AK GDSA

Die Formulierung der Anforderungen an Deponieabdichtungen erfolgt materialunabhängig in einem Grundsatzpapier mit dem Arbeitstitel "Deponieabdichtungssysteme - Grundsätze für Anforderungen". Soweit möglich, werden dies quantitative Anforderungen sein, wo nicht, sind die Anforderungen qualitativ zu beschreiben. Sie sind dann in materialspezifischer Weise umzusetzen und auf ein alternatives Abdichtungssystem anzuwenden.

Hierin werden folgende Themenbereiche behandelt:

AK GDSA
"Deponieabdichtungssysteme
Grundsätze für Anforderungen und Bewertung"

- Beurteilungsgrundsätze
- Systemleistungen
- Einwirkungen
- Leistungsanforderungen
- Leistungsnachweise
- Qualitätssicherung

Soweit derzeit bereits konkret möglich, kann zum jetzigen Beratungsstand folgendes gesagt werden:

Unabhängigkeit der Barrieren

Entsprechend den Vorgaben von TA-A und TA-Si sind Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme als unabhängige Barrieren zu sehen. Unabhängig von der Qualität der geologischen Barriere erfolgt daher die Formulierung von Anforderungen für die Abdichtung.

Gleichwertigkeit

Die in den Grundsätzen formulierten Anforderungen stellen die Umsetzung des Begriffes "Gleichwertigkeit" in der unter 3. definierten Weise dar. Es wird erläutert, aufgrund welcher Überlegungen der Nachweise der Gleichwertigkeit in einem Eignungsnachweis überführt wird.

Systemleistungen (Abb. 1)

Betrachtet werden die Systemleistungen

- Dichtigkeit,
- mechanische Widerstandsfähigkeit,
- Beständigkeit und
- Herstellbarkeit.

Einwirkungen

Die Systemleistungen sind für die maßgebenden deponiespezifischen Einwirkungen und daraus zusammengesetzten Lastfälle nachzuweisen. Es werden physikalische, biologische und chemische Einwirkungen beschrieben. Hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens wird unterschieden zwischen planmäßigen, ständigen oder veränderlichen Einwirkungen, mit denen zu rechnen ist, wenn die Anforderungen nach TA-A und TA-Si hinsichtlich Abfallzusammensetzung eingehalten werden und unplannmäßigen außergewöhnlichen Einwirkungen, die auftreten können, wenn von den genannten Anforderungen abgewichen wird. Hierzu gehören z.B. chemische Einwirkungen durch aggressive Medien, für die angenommen wird, daß sie bei Deponieklasse II zusammen mit dem Sickerwasser in verdünnter und bei Deponieklasse III in konzentrierter Form aber mengenmäßig auf 10 l/m² begrenzt über einen Zeitraum von 3 Jahren auf die Abdichtung einwirken können.

Weiterhin wird bei den Einwirkungen hinsichtlich der Abdichtungsbereiche (Oberflächenabdichtung, Basisabdichtung) sowie den Deponieklassen DK I, II und III unterschieden. Schließlich erfolgt eine Zuordnung der Einwirkungen zu den maßgebenden Zeiträumen, in denen mit ihnen zu rechnen ist.

Zustandsphasen (Abb. 2)

Grundlage für diese zeitliche Zuordnung der Einwirkungen sind die jeweils zu erwartenden Deponiezustände und das Zusammenwirken von Oberflächen- und Basisabdichtung. Im Zusammenhang mit einer für bestimmte Komponenten der Regelabdichtung anzunehmenden begrenzten Beständigkeit ergeben sich unterschiedliche Zustandsphasen für die Abdichtung im Verlaufe der Existenz einer Deponie.

Hierdurch wird unterstrichen, daß

- a) der Oberflächenabdichtung die wesentliche Sicherung der Langzeitfunktion der Deponie zukommt,
- b) in den Phasen II und IIIa bei voller Funktionsfähigkeit der Abdichtungssysteme die in dieser Zeit stark belasteten Sickerwasser über Entwässerungssysteme abge-

Systemleistungen	zu überprüfende Eigenschaften	Einwirkungen, die bei der Überprüfung der Eigenschaften zu berücksichtigen sind (s.a. Tabelle 1)
Dichtigkeit	Konvektionsverhalten - Durchtrittszeit - Durchfluß Diffusionsverhalten - Induktionszeit - Permeationsrate Sorptionsverhalten - Adsorption Sensitivität	- hydraulischer Gradient - Schadstoffpotential - Konzentration der Lösung - Schadstoff - Konzentrationsgradient - Schadstoffpotential - Temperatur - Schadstoff - Konzentration der Lösung - Schadstoffpotential
Mechanische Widerstandsfähigkeit	Verhalten des Abdichtungssystems bei mechanischer Belastung - Standsicherheit - Verformungsbeständigkeit - hydraulische Widerstandsfähigkeit Sensitivität	Mechanische Einwirkungen: - Verformungen aus Setzungen - Kräfte resultierend aus Verformungen - Kräfte resultierend aus Neigung und Auflast - Sonderlasten z.B. Radlasten Hydraulische Einwirkungen: - Kräfte resultierend aus Strömungsvorgängen
Beständigkeit ¹⁾	Beständigkeit gegenüber chemischen Einwirkungen Beständigkeit gegenüber physikalischen Einwirkungen Beständigkeit gegenüber biologischen Einwirkungen	Chemische Einwirkungen: - Art und Zusammensetzung des Sickerwassers (Prüfflüssigkeiten) - Dauer der Einwirkungen - Gase Physikalische Einwirkungen: - Hohe bzw. niedrige Temperaturen - Dauer der Temperatureinwirkung Biologische Einwirkungen: - Wachstum von Mikroorganismen - Pflanzen - Tiere
Herstellbarkeit	Einbaubarkeit mechanische Empfindlichkeit Witterungsempfindlichkeit Prüfbarkeit Eigenschaften der Materialien im ingebauten Zustand Anschlüssen u. Durchdringungen	- Einbautechnik - Witterung - mech. Beanspruchungen

Abb. 1: Systemleistungen, an die Anforderungen zu stellen sind

¹⁾ gilt als nachgewiesen, wenn das Abdichtungssystem unter den Einwirkungen, die unter Deponiebedingungen auftreten, den Anforderungen an die mechanische Widerstandsfähigkeit und Dichtigkeit genügt. Mehrfachbelastungen müssen berücksichtigt werden.

Zustandsphasen der Abdichtung

PHASE 0

Bauphase
der Basisabdichtung

Belastung durch
Einbau,
Herstellungs-
maßnahmen,
Eigengewicht,
Witterung

PHASE I

Betriebsphase:
Vor der Verfüllung

Basisabdichtung
liegt frei;
Belastung durch
Fahrzeuge,
Witterung

PHASE II

Betriebsphase:
Während der Verfüllung

Basisabdichtung ist
abgedeckt;
Belastung durch
steigende Müllauflast,
Verformungen, stark
schadstoffbelastetes
Sickerwasser;
Herstellung der
Oberflächenabdichtung
am Ende der Phase

PHASE IIIa

Nachbetriebsphase a

Beanspruchung der ObA
durch zunehmende
Setzungen und
Oberflächensickerwasser;
Abnahme des Deponie-
sickerwassers
an der Basis;
volle Funktionsfähigkeit
des Abdichtungssystems

PHASE IIIb

Nachbetriebsphase b

Bei Sicherung der
dauerhaften Wirkungsweise
der ObA weitere
Reduzierung des
Deponiesickerwassers
an der Basis;
abnehmende Schadstoff-
belastung;
abgeklungene Setzungen;
zeitl. abnehmende
Wirksamkeit bzw. Ausfall
der Entwässerung führt zu
größeren Aufstauhöhen;
nachlassende Wirksamkeit
bestimmter Dichtungs-
komponenten durch
begrenzte Beständigkeit,
Alterung;
Phase IIIb ist unbebrenzt

Abb. 2: Zustandsphasen der Abdichtung

führt werden, ohne daß eine nennenswerte Permeation von Schadstoffen durch die intakte Basisabdichtung erfolgen darf,

- c) mit einer natürlichen Begrenzung der Beständigkeit durch alterungsbedingte Veränderungen bestimmter Komponenten des Abdichtungssystems gerechnet werden muß. Die dauerhafte Restwirksamkeit der Abdichtung muß daher durch eine langzeitbeständige Komponente gesichert werden.

Anforderungen an die Dichtigkeit

Die Festlegung der Anforderungen an die Systemdichtigkeit steht im Mittelpunkt der "Grundsätze". Sie erfolgen in bezug zu den für die Dichtigkeit maßgebenden Einwirkungen, wobei die Leistungseigenschaften des Regelsystems die Anforderungsgrundlage darstellen. Maßgebende Einwirkungen für die Systemleistung Dichtigkeit gegenüber Deponiesickerwasser und darin gelösten Schadstoffen sind Aufstauhöhe und Temperaturen des Sickerwassers in ständiger, veränderlicher und außergewöhnlicher Kombination. Unter Berücksichtigung konvektiver und diffusiver Transportvorgänge werden Anforderungen für Durchtrittsmengen, Durchtrittsraten bzw. Permeationsraten und Induktionszeiten festgelegt. Als Leitsubstanz für die Betrachtung der Diffusion soll das i.a. sehr schnell diffundierende Chlorid dienen.

Die Dichtigkeit gegenüber aggressiv wirkenden Medien stellte eine Anforderung gegenüber einer als unplanmäßig und außergewöhnlich eingestuften, zeitlich begrenzten Einwirkung dar, der sich auch die Anforderungen anzupassen haben. Hierbei wird es mehrheitlich nicht für gerechtfertigt gehalten, sich ausschließlich an den Leistungen des Regelsystems, das wesentlich durch die BAM-Zulassung für eine PE-HD Kunststoffdichtungsbahn bestimmt wurde, zu orientieren. Der Zulassung liegen Einwirkungen von konzentrierten aggressiven Medien zu Grunde, was der als außergewöhnlich eingestuftene Einwirkung der Deponie nicht entspricht. Daran orientierte unrealistische Anforderungen würden ggf. zum Ausschluß von Materialien, deren Anwendung aus anderen Gründen durchaus Vorteile bringen würde, führen.

Nach Auffassung des DIBt ist für diese außergewöhnlichen Einwirkungen zu fordern, daß die verdünnten bzw. mengenmäßig begrenzten konzentrierten Medien innerhalb ihres Einwirkungszeitraums die Abdichtung nicht permeieren dürfen. Als Prüfflüssigkeiten sind Medien auf der Basis Medienliste der NRW-Richtlinie [6] zu verwenden, die gegenüber dem verwendeten Abdichtungsmaterial als am ungünstigsten wirkend einzustufen sind. Diese Auffassung wurde von der überwiegenden Mehrheit des Ausschusses bestätigt.

In diesem Zusammenhang ist jedoch der Hinweis wichtig, daß zu unterscheiden ist zwischen Anforderungen an die Dichtigkeit gegenüber aggressiven Medien und Anforderungen an die Beständigkeit. Für die Beständigkeitsnachweise sind u.U. andere Prüfmedien anzuwenden als sie für den Nachweis der Dichtigkeit benötigt werden (s. Beständigkeit).

Der Nachweis der Dichtigkeit hat für die genannten Einwirkungskombinationen und Zustandsphasen zu erfolgen. Dabei dürfen günstig wirkende ständige Auflasten bis zu einem gewissen Grade berücksichtigt werden. Der Nachweis kann durch Versuche oder Berechnung erfolgen und muß die Materialeigenschaften berücksichtigen, wie sie sich nach dem Einbau der Abdichtung ergeben. Gegebenenfalls ist die Veränderung maßgebender Materialeigenschaften durch Alterungsvorgänge in geeigneter Weise zu berücksichtigen (s. Beständigkeit). Ebenso sind die Verformungsgrenzen zu bestimmen, innerhalb derer die Anforderungen an die Dichtigkeit erfüllt werden.

Eine Einschätzung möglicher Imperfektionen (Fehlstellen), die bei Herstellung der Abdichtung und Einbau des Abfalls auftreten können und somit Einfluß auf die Systemdichtigkeit haben können, soll vorgenommen werden. Hieraus ergeben sich ggf. Konsequenzen für die Beurteilung der Herstellbarkeit oder die Qualitätssicherung. Wegen der kaum möglichen Quantifizierung derartiger Fehlstellen werden sie beim direkten Leistungsnachweis nicht berücksichtigt. Konstruktive und qualitätssichernde Maßnahmen müssen so ausgelegt sein, daß Fehlstellen sehr unwahrscheinlich werden. Dies kann z.B. durch eine Mehrlagigkeit der Dichtungsschicht erzielt werden, was bei den vor Ort hergestellten Dichtungselementen grundsätzlich gefordert wird. Erforderlichenfalls können unterschiedliche Aufgaben von verschiedenen aufgebauten Funktionsschichten erfüllt werden. Eine Redundanz im Sinne einer kontrollierten Mehrschichtigkeit wird jedoch nicht gefordert. Kontrollsysteme liefern wegen ihrer auf Dauer nicht gesicherten Funktionsfähigkeit im Hinblick auf den Nachweis der Dichtigkeit grundsätzlich keinen Beitrag. Sie können jedoch als zusätzliche Absicherung etwa bei neuartigen Systemen sinnvoll eingesetzt werden.

Anforderungen an die mechanische Widerstandsfähigkeit

Im Rahmen der Systemleistung "mechanische Widerstandsfähigkeit" werden vor allem Aspekte der Standsicherheit und der Verformungssicherheit von Deponieabdichtungssystemen behandelt. Diese Nachweise sind grundsätzlich auf der Basis üblicher bodenmechanischer Verfahren unter Berücksichtigung der maßgebenden Lastfälle für jede Deponie zu erbringen. Unter Anwendung des in EC 7 [7] definierten Sicherheitskonzepts erfolgt dies mit Hilfe von Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen und Widerstände.

Im Rahmen der Zulassung von Abdichtungssystemen werden die charakterisierten Werte der anzunehmenden Materialwiderstände festgelegt. Dies erfolgt ggf. unter Berücksichtigung von Einwirkungen, die wie z.B. Temperaturen und Alterungsprozesse einen unmittelbaren Einfluß auf die maßgebenden Materialeigenschaften haben können.

Anforderungen an die Beständigkeit

Im Hinblick auf die Systemleistungen Dichtigkeit und mechanische Widerstandsfähigkeit spielt die Beständigkeit der hierfür erforderlichen Materialeigenschaften eine we-

sentliche Rolle. Alle Materialien unterliegen Alterungsprozessen. Nach DIN 50035 [8] werden äußere und innere Alterungsursachen unterschieden. Die Bewertung dieser Alterungserscheinungen unter Berücksichtigung der maßgebenden Einwirkungen muß in bezug zu den genannten Systemleistungen für die erforderliche Dauer eine ausreichende Beständigkeit erbringen.

In Übertragung der Leistungen des Regelsystems wird z.B. für die mineralische Komponente des Dichtungssystems eine unbegrenzte Beständigkeit gegenüber den als ständig eingestuften Einwirkungen gefordert, während von der Konvektionssperre (hergeleitet aus der KDB des Regelsystems) eine Langzeitbeständigkeit von mindestens 50 bis 100 Jahren erwartet wird. Für außergewöhnliche Einwirkungen ist nachzuweisen, daß die Beständigkeit mindestens für den angenommenen Einwirkungszeitraum gegeben ist.

Die Nachweise können durch belegte Praxiserfahrungen, theoretische Verfahren oder Versuche erbracht werden. Dabei ist zu berücksichtigen, in welcher Weise die Einwirkungen auftreten können. Es handelt sich in der Regel um einseitige Oberflächenangriffe, worauf entsprechende Untersuchungen abzustellen sind. Günstig wirkende ständige Auflasten können bis zu einem Maximalwert berücksichtigt werden. Für zeitlich begrenzte Einwirkungen ist dabei auch zu untersuchen, in welcher Weise sich nach Beendigung der Einwirkungen veränderte Materialeigenschaften wieder regenerieren. Durch Temperaturerhöhungen, Konzentrationserhöhungen oder erhöhte mechanische Beanspruchungen können Zeitraffungen vorgenommen werden, um eine Abschätzung der Funktionsdauer für den geforderten Zeitraum zu ermöglichen.

Die Beständigkeit ist gegeben, wenn keine unverträglich großen Änderungen der maßgebenden Materialeigenschaften festgestellt werden. Gegebenenfalls erfolgt eine Berücksichtigung durch Abminderungsfaktoren bei den Materialwiderständen. Die Festlegung hierzu erfolgt materialspezifisch.

Anforderungen an die Herstellbarkeit

Abdichtungssysteme müssen unter den örtlichen Gegebenheiten auf Deponiebaustellen mit ausreichender Sicherheit herstellbar sein. Die hierfür erforderlichen Randbedingungen und Einbauverfahren sind für jedes Abdichtungssystem in der Zulassung oder durch eine überprüfte Verarbeitungsanweisung des Produzenten zu beschreiben.

Anforderungen an die Qualitätssicherung

Weitere Voraussetzung für eine sichere Herstellung der Abdichtung ist eine auf das jeweilige Produkt abgestimmte Qualitätssicherung. Sie umfaßt sowohl den Produktionsprozeß von Materialien oder Komponenten im Werk wie auch den Herstellungsvorgang der Abdichtung auf der Deponie und ist auf die besonderen Erfordernisse des jeweiligen Systems abzustimmen. Hierin einbezogen werden auch ggf. erforderliche Eignungsprüfungen, die objektbezogen vorzunehmen sind. Merkmale der Qualitätssi-

cherung sind Eigen- und Fremprüfung sowie die Überwachung durch die genehmigende Behörde. Eine grundsätzliche Voraussetzung dafür ist, daß die Komponenten des Abdichtungssystems eindeutig gekennzeichnet und geprüft werden können. Entsprechende Vorgaben für den zu erstellenden Qualitätssicherungsplan sind Bestandteil der Zulassung.

4. Zulassung von alternativen Abdichtungen

Auf der Basis der stoffunabhängig formulierten Grundsätze des AK GDSA werden auf Antrag beim DIBt Zulassungen für alternative Abdichtungssysteme bearbeitet. Vorausgesetzt wird dabei, daß derartige Systeme bereits mit Erfolg hergestellt und im Betrieb erprobt sein müssen, wobei die heranzuziehenden Erfahrungen auch aus anderen Baubereichen kommen können. Die Erteilung von Zulassungen geschieht auf der Grundlage von Beratungen in den materialspezifisch ausgerichteten Sachverständigenausschüssen. Sie beraten das DIBt bei der Aufgabe, die "Grundsätze" auf das jeweilige System anzuwenden und die vorgelegten Leistungsnachweise zu bewerten.

Die für ein bestimmtes System erforderlichen Nachweise und Beurteilungskriterien können in sogenannten Zulassungsleitlinien zusammengefaßt werden. Dabei soll soweit wie möglich auf anerkannte Prüfverfahren und Beurteilungsgrundlagen Bezug genommen werden.

Die für die Verwendung des Bauprodukts notwendigen Informationen werden dann in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zusammengefaßt. Die Zulassung wird widerruflich in der Regel für 5 Jahre erteilt.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

I. Allgemeine Bestimmungen

II. Besondere Bestimmungen

- Zulassungsgegenstand
- Anwendungsbereich
- Zusammensetzung und Eigenschaften
- Herstellung im Werk
- Verpackung, Transport, Lagerung, Kennzeichnung
- Übereinstimmungsnachweis, Qualitätssicherung
- Angaben zur Verwendung des Bauprodukts
 - Systemaufbau
 - Anforderungen an angrenzende Funktionsschichten
 - objektbezogene Nachweise (Eignungsprüfung, Standsicherheit ...)
 - Verarbeitung auf der Deponie
 - Qualitätssicherung der Verarbeitung

Es ist darauf hinzuweisen, daß es das Wesen der bauaufsichtlichen Zulassung ist, im sogenannten unregulierten Bereich die Anwendung von noch nicht allgemein gebräuchlichen Bauprodukten unter weitgehend abgesicherten Bedingungen nach dem Stand der Technik zu ermöglichen. Die Erteilung einer Zulassung kann nach verantwortlicher Abwägung etwaiger Risiken somit erfolgen, auch wenn noch nicht alle Fragen restlos geklärt sind. Hierfür kann es in der Zulassung besondere Einschränkungen geben. Insbesondere kann auch die Verlängerung einer Zulassung an besondere Bedingungen, z.B. zu erbringende Nachweise oder erfolgte Funktionskontrollen, gebunden sein. Hierdurch soll auch die Weiterentwicklung von Systemen unter kontrollierbaren und verantwortbaren Bedingungen gefördert werden.

4.1 Beratungsstand im SVA "Deponieabdichtungen mit Asphalt"

Der seit November 1994 offiziell berufene Sachverständigenausschuß "Deponieabdichtungen mit Asphalt" hat seine Arbeit im Februar 1994 aufgenommen und bisher drei Sitzungen gehabt.

Anlaß für die Aufnahme der Tätigkeit ist ein Antrag auf bauaufsichtliche Zulassung von Asphaltbeton zur Verwendung als Deponieabdichtung. Auf diesem Sektor gibt es auch in Deutschland bereits praktische Erfahrungen. Im Zusammenhang damit sind zunächst eine ganze Reihe von grundsätzlichen Fragen zu klären, die sich aus den auf Asphaltbeton anzuwendenden Grundsätzen des AK GDSA ergeben. Es ist an dieser Stelle nicht der Raum, auf die vielfältigen Einzelheiten der Beratungsergebnisse einzugehen. Es kann daher nur ein Überblick über die Vorgehensweise und die Beratungsschwerpunkte gegeben werden.

In drei Arbeitsgruppen werden zwischenzeitlich Beratungsunterlagen als Beschlußvorlage für den SVA erarbeitet.

AG 1 Leistungseigenschaften

Vor dem Hintergrund einer breiten, häufig sehr kontrovers geführten Diskussion über die Eignung von Asphaltbeton als Deponieabdichtung erschien es dem DIBT notwendig, daß vor Erteilung einer Zulassung die hiermit im Zusammenhang bestehenden Fragen grundsätzlich zufriedenstellend beantwortet werden können.

Hierfür wurde eine Arbeitsgruppe gebildet. Sie steht unter der Leitung von Herrn Dr. Vater von der BAM. Ihre Aufgabe ist es, den derzeitigen Stand der Kenntnisse zu den für Deponien relevanten Leistungskriterien zusammenzustellen und auf ihre Verwendbarkeit für die Erfordernisse einer Zulassung zu überprüfen.

Folgende Problemschwerpunkte stehen dabei im Vordergrund:

- Dichtigkeit und Beständigkeit gegenüber Sickerwasser und darin gelösten Schadstoffen,

- Dichtigkeit und Beständigkeit gegenüber Lösemitteln in wäßriger Lösung oder konzentrierter Form,
- Alterungsbeständigkeit von Asphalt gegenüber maßgebenden Einwirkungen,
- Verformungsverhalten unter maßgebenden Einwirkungen.

Insgesamt wurden 14 Themen bearbeitet. Die Beratungsergebnisse sollen in einem abschließenden Bericht veröffentlicht werden.

AG 2 Eignungsprüfung, Qualitätssicherung

Vor der Herstellung von Asphaltbeton für eine Deponieabdichtung ist eine objektspezifische Eignungsprüfung erforderlich. Diese wird unter Bindung an die diesbezüglichen Angaben in der Zulassung durchgeführt. Die zu verwendende Mischgutzusammensetzung muß sich im Rahmen der durch die Zulassung festgelegten Parametergrenzen befinden, für die die Eignung grundsätzlich nachgewiesen wurde. Die für den Deponieasphalt im Rahmen der objektspezifischen Eignungsprüfung erforderlichen spezifischen Nachweise werden in der AG 2 unter Leitung von Herrn Dr. Wörner von der TU München betreut.

Eng verbunden mit der Eignungsprüfung ist die Qualitätssicherung bei Herstellung und Einbau des Asphalts. Ihr kommt eine entscheidende Bedeutung zu, wenn realisiert werden soll, daß der "Deponieasphalt" hinsichtlich Zusammensetzung und einzuhaltenden Toleranzen höheren Qualitätsanforderungen genügen muß, als dies bei herkömmlichem Wasserbau- oder Straßenasphalt üblich ist. Die hierfür erforderlichen Prüfungen im Rahmen des bauaufsichtlichen Übereinstimmungsnachweises für die Herstellung im Mischwerk und des abfallrechtlichen Qualitätssicherungsplans bezogen auf den Einbau auf der Deponie werden ebenfalls in dieser Arbeitsgruppe bearbeitet.

Es ist vorgesehen, hierüber Merkblätter zu verfassen, auf die in den Zulassungen in einfacherer Weise Bezug genommen werden kann.

AG 3 Asphaltzusammensetzung

Schließlich befaßt sich die AG 3 mit der in der Zulassung zu beschreibenden Asphaltzusammensetzung und den bei der Herstellung des Mischguts einzuhaltenden Toleranzen. Diese Angaben begründen sich im wesentlichen auf die durch die AG 1 zusammengestellten Kenntnisse. Auch hierbei wird deutlich, daß hinsichtlich der zulässigen Bandbreiten von Mineralstoffen, Bindemitteln und Hohlraumgehalten an den Deponieasphalt besondere Anforderungen gestellt werden.

Hinzuweisen ist weiterhin auf das im AK 8A von DVWK und DGGT erarbeitete Merkblatt "Deponieabdichtungen in Asphaltbauweise", das zu Beginn 1995 als Entwurf erschienen ist. Wesentliche Beratungsergebnisse des SVA sind in Teile des Merkblatts eingeflossen bzw. sollen im Rahmen des Einspruchsverfahrens noch berücksichtigt werden, so daß zu den Bereichen Herstellbarkeit, Standsicherheitsnach-

weis und ggf. Eignungsprüfung und Qualitätssicherung in der Zulassung dann auf dieses Merkblatt verwiesen werden kann.

Der sich bisher in den Beratungen des SVA abzeichnende Kenntnisstand führt dazu, daß in Einzelfallentscheidungen zur Eignung von Asphalt als Deponiebasisabdichtung vom DIBt positive gutachterliche Stellungnahmen abgegeben werden konnten. Diese haben jedoch grundsätzlich keinen präjudizierenden Charakter für die Erteilung von Zulassungen. Dabei wurde eine zweilagige Asphaltabdichtung (2 x 6 cm) mit einem Hohlraumgehalt von < 3 % auf einer Asphaltbetontragschicht in Verbindung mit einer mineralischen Dichtungsschicht empfohlen.

Es wurde im SVA beschlossen, daß ein solches System zunächst auch die Basis für die Erteilung einer Zulassung von Asphaltbeton zur Verwendung in Deponieabdichtungen sein wird.

4.2 Beratungsstand im SVA "Deponieabdichtungen mit mineralischen Baustoffen"

Ebenfalls seit November 1994 existiert offiziell der SVA "Deponieabdichtungen mit mineralischen Baustoffen". Er hat seit 1994 bisher ebenfalls drei Sitzungen gehabt. Dem DIBt liegen mehrere Anträge auf Zulassung von Bentonitmatten und modifizierten Mineralstoffen für Oberflächenabdichtungen vor.

Auch hierbei ergaben sich eine ganze Reihe von grundsätzlichen Fragen, die vor Erteilung einer Zulassung für derartige Produkte grundsätzlich zu klären sind und auf die im Rahmen dieses Vortrages auch nur skizzenhaft eingegangen werden kann.

Zunächst wurde für die Bentonitmatten ein Kriterienkatalog aufgestellt, nach dem folgende Eigenschaften in bezug zu den Grundsatzanforderungen des AK GDSA und unter Berücksichtigung produktionsspezifischer Eigenschaften zu beurteilen sind:

- Dichtigkeit gegenüber Sickerwasser,
- Dichtigkeit unter Dehnungsbeanspruchung,
- Dichtigkeit gegenüber Deponiegas,
- Standsicherheit,
- Beständigkeit gegenüber relevanten Einwirkungen,
- Herstellbarkeit,
- Qualitätssicherung.

Neben der Sicherung einer ausreichenden Dichtigkeit der vergleichsweise dünnen Dichtungselemente kommt bei Bentonitmatten der inneren Scherfestigkeit eine wesentliche Bedeutung zu. Diese wird fast ausschließlich durch die vernadelten oder vernähten Fasern, die die geotextilen Deck- und Trägereinlagen untereinander verbinden, bestimmt. Ihr Verhalten ist wesentlich für den Nachweis einer ausreichenden Standsicherheit an Böschungen. Hierbei kommt auch dem Dauerfestigkeitsverhalten und der Beständigkeit von Fasern und Verbundeigenschaften eine zentrale Bedeutung zu. Ent-

sprechende Vorschläge zum Nachweis und zur Bewertung dieser Eigenschaften wurden von einer Arbeitsgruppe verfaßt.

Ebenso befaßte sich eine weitere Arbeitsgruppe mit der Formulierung von Qualitätssicherungsanforderungen. Das grundsätzliche beschlossene Konzept hierzu bezieht sich auf die Beschreibung und Kontrolle sowohl der Ausgangsprodukte Bentonit und Formmassen für die Faserherstellung als auch die Qualitätssicherung bei der Herstellung der Bentonitmatte. Für die Qualitätssicherung der Verarbeitung auf der Baustelle wurden ebenfalls die erforderlichen Randbedingungen festgelegt.

In allen Fällen besteht eine enge Abstimmung mit dem AK 14A der DGGT, der sich in einer eigenen Unterarbeitsgruppe mit der Formulierung von einheitlichen Prüfverfahren für Bentonitmatten befaßt.

Nach den sich derzeit abzeichnenden Anforderungsprofil der Grundsätze des AK GDSA erscheint ein Eignungsnachweis und eine Zulassung von Bentonitmatten für die Oberflächenabdichtung zunächst in der Deponieklasse I möglich.

Bei mit Stoffen wie Wasserglas, Erdwaxse o.ä. modifizierten mineralischen Abdichtungsmaterialien wird in vergleichbarer Weise derzeit ein Kriterienkatalog erstellt, auf dessen Basis von den Antragstellern entsprechende Nachweise zu erbringen sind. Hierbei ist daran gedacht, im wesentlichen die Modifizierungsmittel zum Gegenstand der bauaufsichtlichen Zulassung zu machen. Gleichzeitig werden jedoch die Randbedingungen festgelegt, unter welchen bei der Vermischung mit Mineralstoffen die Funktion als Abdichtung erreicht werden kann. Die Herstellung des Abdichtungstoffes erfolgt nach Durchführung einer objektspezifischen Eignungsprüfung, bei der die besonderen Bestimmungen der Zulassung zu berücksichtigen sind. Die Eignungsprüfung, das Mischen vor Ort und der Einbau sind abfallrechtlich zu überwachen.

5. Zusammenfassung

Das DIBt hat mit der Einrichtung des AK GDSA die Voraussetzung dafür geschaffen, daß eine einheitliche Grundlage für die Bewertung der "Gleichwertigkeit" von alternativen Abdichtungssystemen geschaffen wird. Die vom AK GDSA erarbeiteten "Grundsätze" stellen die Basis für den Eignungsnachweis von Deponieabdichtungssystemen dar.

Das DIBt bearbeitet z.Z. bauaufsichtliche Zulassungen für alternative Deponieabdichtungssysteme unter Verwendung von Asphalt, Bentonitmatten und modifizierten mineralischen Abdichtungen. Es stützt sich dabei auf die Beratungen in entsprechend materialspezifisch ausgerichteten Sachverständigenausschüssen. Die Beurteilung der Systeme erfolgt auf der Basis der "Grundsätze" des AK GDSA.

Die bauaufsichtliche Zulassung berücksichtigt gleichzeitig die abfallrechtlichen Anforderungen an die Abdichtung. Mit ihr wird der geforderte Nachweis der "Gleichwertigkeit" erbracht.

Zulassungen für alternative Deponieabdichtungssysteme werden nur erteilt, wenn hiermit bereits positive Erfahrungen ggf. auch aus anderen Baubereichen vorliegen. Auch wenn noch nicht alle Fragen im Zusammenhang mit der Eignung des Systems zufriedenstellend geklärt sind, können nach verantwortlicher Abwägung etwaiger Risiken Zulassungen ggf. auch unter eingeschränkten Bedingungen und Auflagen befristet erteilt werden.

Mit der Verabschiedung der "Grundsätze" vom AK GDSA, womit im Laufe des Jahres 1995 gerechnet wird, können auch die ersten Zulassungen für alternative Abdichtungssysteme erteilt werden.

6. Literatur

- [1] Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz/AbfG), 1986, 1993.
- [2] Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz vom 12.03.1991, Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen und biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (TA-Abfall Teil 1), 12.03.1991.
- [3] Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA-Siedlungsabfall), technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstige Entsorgung von Siedlungsabfällen, 21.04.1993.
- [4] Musterbauordnung für die Länder der Bundesrepublik Deutschland (MBO), Fassung vom 11.12.1992, Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungsweisen zuständigen Minister der Länder (ARGEBAU).
- [5] Richtlinien für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen als Bestandteil einer Kombinationsabdichtung für Siedlungs- und Sonderabfalldeponien sowie für Abdichtungen für Altlasten, BAM 1992.
- [6] Richtlinie über Deponieabdichtungen aus Dichtungsbahnen, Landesamt für Wasser und Abfall NRW, 1985.
- [7] ENV 1991-7 (EC 7): Geotechnics.
- [8] DIN 50035, Bl. 1: Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien, Grundbegriffe, März 1972.

Einsatzmöglichkeiten von erweiterten Kapillarsperren

Dr. Melchior, Bernd Steinert, Karin Burger und Günter Miehlich,
Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde

Als erweiterte Kapillarsperren werden Verbunddichtungen bezeichnet, die aus einer Kapillarsperre und einer zusätzlichen Dichtung bestehen. Die obere Dichtung hat dabei die Aufgabe, die Zusickerung in die unten liegende Kapillarsperre so zu begrenzen, daß eine Überlastung der Kapillarsperre verhindert wird. Im Vortrag werden der Aufbau und die Anwendungsmöglichkeiten von erweiterten Kapillarsperren gezeigt. Grundlage hierfür ist die Erläuterung des Funktionsprinzips und der Eigenschaften der Kapillarsperre.

Im folgenden finden Sie den Nachdruck der Publikation "Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten - Zwischenergebnisse". Dieser Text ist dem Tagungsband der 3. Arbeitstagung des BMBF-Verbundvorhabens "Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen" entnommen, die vom 21.-23. März 1995 in Berlin durch die Bundesanstalt für Materialprüfung und -Forschung (BAM) veranstalt wurde. Der Beitrag faßt die Anfang 1995 vorliegenden Zwischenergebnisse des gleichnamigen Forschungs- und Entwicklungsvorhabens zusammen, das durch den BMBF (vormals (BMFT) unter dem Kennzeichen 1440 569A5-[39] gefördert wurde und im September 1995 abgeschlossen wird. Der Beitrag gliedert sich wie folgt:

1.	Kapillarsperren als Oberflächenabdichtungssysteme	235
2.	Untersuchungskonzept	236
2.1	Aufbau der Kiprinne	237
2.2	Meßtechnik	239
3.	Untersuchte Materialien	240
4.	Versuchsergebnisse	241
5.	Bewertung der Zwischenergebnisse, Empfehlungen und offene Fragen	247
	Literatur	252
	Dank	253

Aus Zeitgründen war es leider nicht möglich, den Beitrag im Hinblick auf erweiterte Kapillarsperren gezielt zu überarbeiten. In Kapitel 5 werden jedoch die wichtigsten praxisrelevanten Schlußfolgerungen und Empfehlungen dargestellt, die auch die Einsatzmöglichkeiten der erweiterten Kapillarsperre bestimmen.

Ich bitte um Verständnis, daß kein neuer Originalbeitrag vorgelegt werden konnte. Für weitere Fragen zur Kapillarsperre und deren Anwendungsmöglichkeiten im Einzelfall stehen meine Kollegen und ich Ihnen unter folgender Anschrift gern zur Verfügung:
Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg.

Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten

- Zwischenergebnisse -

Stefan Melchior, Bernd Steinert, Karin Burger und Günter Miehlich
Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg

1 Kapillarsperren als Oberflächenabdichtungssysteme

Zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten werden verschiedene Systeme eingesetzt. Üblicherweise werden unter einer Rekultivierungs- und einer Entwässerungsschicht für flüssiges Wasser möglichst gering durchlässige oder undurchlässige Dichtungen angeordnet (bindige mineralische Dichtung, Kunststoffdichtungsbahn, neuerdings auch vergütete mineralische Dichtungen, Bentonitmatten oder Asphaltbeton). Die abdichtende Wirkung der Kapillarsperre beruht auf einem anderen Prinzip. Es werden zwei im wassergesättigten Zustand hoch durchlässige Schichten kombiniert. Eine Sandschicht (*Kapillarschicht*) wird über eine Kiesschicht (*Kapillarblock*) gelegt. Dieser Schichtenaufbau wirkt unter wassergesättigten Bedingungen als Dichtung.

Abb. 1 zeigt in ihrem oberen Teil die Wassergehalts-/Wasserspannungscharakteristik (pF-Kurven) der beiden Schichten, in ihrem unteren Teil die ungesättigten Wasserleitfähigkeitsfunktionen (ku-Kurven). Bei Sättigung (Wasserspannung = 0 cm Wassersäule) ist der gesamte Porenraum wassergefüllt. Im Zuge der Entwässerung (steigende Wasserspannung) kann die Sandschicht zunächst ihr Wasser gegen die Schwerkraft als Haftwasser halten, während die Kiesschicht ihr Wasser sofort abgibt. Dieses hat zur Folge, daß in der Sandschicht ein deutlich größerer wassergefüllter Porenquerschnitt für die ungesättigte Wasserbewegung zur Verfügung steht als in der Kiesschicht. Im Kies sind im ungesättigten Zustand nur noch sehr dünne Wasserfilme, vor allem in den Zwickeln der Kornkontaktpunkte, vorhanden, so daß die ungesättigte Wasserleitfähigkeit der Kiesschicht zwischen 10 und 60 cm WS einige Zehnerpotenzen unter der der Sandschicht liegt. Unter Hangbedingungen sickert das Wasser daher in der Sandschicht hangparallel ab, anstatt vertikal in die Kiesschicht zu infiltrieren.

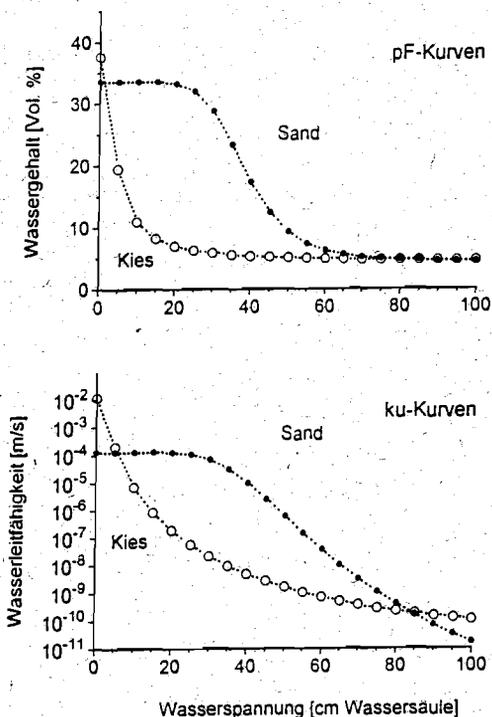


Abbildung 1

pF- und ku-Kurven von Kapillarschicht (Sand) und Kapillarblock (Kies). Ungesättigte Wasserleitfähigkeit nach /8/ berechnet (nach Anpassung der pF-Kurven an gemessene Werte)

2 Untersuchungskonzept

Ziele, technischer Aufbau und die geplante Durchführung der Versuche wurden bereits in /5/ erläutert. Im Mittelpunkt des Vorhabens steht die Untersuchung unterschiedlicher Materialkombinationen in einer 10 m langen Kippinne. Entwicklung und Herstellung der Rinne waren ein wesentlicher Teil der im Vorhaben geleisteten Arbeit. Im folgenden sollen der Aufbau der Rinne sowie die Meßtechnik kurz erläutert werden.

Diese Zusammenhänge sind seit vielen Jahrzehnten bekannt. Überlegungen, sich diese Prinzipien zu Abdichtungszwecken zunutze zu machen, reichen bis in die 70er Jahre zurück. Erste Untersuchungen wurden in U.S.A., Frankreich, Dänemark und auf der Deponie Georgswerder durchgeführt /4, 5/. Mittlerweile werden Kapillarsperren in U.S.A., in der Schweiz und in Deutschland großtechnisch eingesetzt, obwohl wesentliche Grundlagen für die Dimensionierung der Schichten noch fehlen. Dieses Vorhaben hat, wie die Untersuchungen unserer Kollegen von der TH Darmstadt /2, 3/, zum Ziel, die Zusammenhänge zwischen Hangneigung, Hanglänge, Zusickerung in die Kapillarschicht, hangparallelem Abfluß in der Kapillarschicht und Absickerung in den Kapillarblock für verschiedene Materialkombinationen in Kippinnenversuchen zu untersuchen.

2.1 Aufbau der Kipprinne

Die Rinne ist eine Rahmenkonstruktion aus Stahl mit den Innenmaßen B 500, H 1000, L 10 000 mm (Photo 1). Sie kann durch eine handbetriebene Scherenhubvorrichtung bis zu einer Neigung von 1:3 (= 18,4°) in Längsrichtung gekippt werden. Die Seitenwände der Rinne sind teils aus Acrylglas, teils aus Stahl und teils aus PEHD-Platten mit Durchführungen zur Aufnahme von Meßgeräten gefertigt. Der Boden der Rinne ist durch zwei 15 cm hohe Längsbleche und neun bugartige Querbleche unterteilt. Die entstandenen Kammern lassen die getrennte Erfassung der Randumläufigkeiten und der Abflüsse einzelner Blockabschnitte zu.

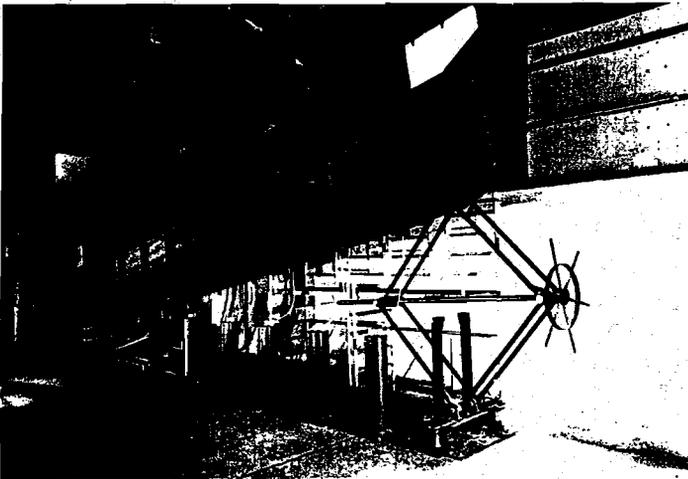


Photo 1 Die 10-m-Kipprinne bei einer Neigung von 1:5 (11,3°)

Die gesamte Rinne steht auf einem Stahlrahmen der über vier Wägezellen auf einer im Boden verankerten Stahlplatte gegründet ist. Die einzelnen Wägezellen haben eine Nennlast von 5 t. Die maximale Masse der Rinne beträgt mit eingebauter Kapillarsperre ca. 13 t, wobei im geneigten Zustand eine Seite mit maximal 10 t belastet wird. Die Wägezellen erreichen bei der Bestimmung von Massendifferenzen eine Genauigkeit von 1 kg. Differenzen der Gesamtmasse werden mit $\pm 0,01\%$, Veränderungen des Gesamtwassergehalts mit $\pm 0,02\text{ Vol.}\%$ aufgelöst.

Die Oberfläche der Kapillarschicht wird bewässert. Die Wasserzugabe simuliert, anders als bei üblichen Bewässerungsanlagen, wie sie z.B. bei der Erosionsforschung eingesetzt werden, keinen Regen, sondern eine gleichmäßige und sehr geringe Ab-

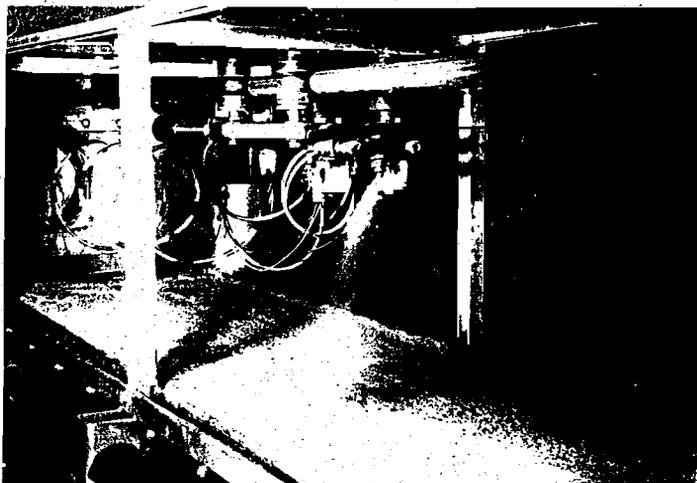


Photo 2 Bewässerungsanlage (an Schienen hängender Wagen mit Flachstrahldüse)

sickerungsrate aus Deckschichten oder aus einer über der Kapillarsperre liegenden zusätzlichen Dichtung. Es mußte daher eine neuartige, feindosierbare Bewässerungsanlage entwickelt werden. Eine Flachstrahldüse verteilt ein definiertes Wasser-Druckluft-Gemisch auf der Oberfläche der Kapillarschicht (Photo 2). Die Düse ist unter einem an Schienen hängenden Wagen montiert, der durch einen PC-gesteuerten Schrittmotor über die Rinne gefahren wird. Die Aufgabemenge ist pro Überfahrt konstant. Die Wasserzugaberate wird daher über die Pausenzeiten zwischen den Überfahrten gesteuert und regelmäßig durch eine Wasservorratswägung automatisch korrigiert. Die Bewässerungsraten sind von 0,1 - 5 mm/d stufenlos einstellbar und können durch den Austausch der Düse auf 1 - 50 mm/d gesteigert werden. Die Drucktanks für den Wasservorrat werden ebenfalls automatisch nachgefüllt, so daß die Bewässerungsanlage vollautomatisiert ist, wobei die Aufgabemenge nach jeweils zwei Überfahrten protokolliert wird. Die gesamte Bewässerungsanlage ist mit einer Abdeckung versehen, um Verdunstungsverluste gering zu halten. Der Ablauf von Kondenswasser und Sprühnebel auf der Innenseite der Abdeckung wird gefaßt und gemessen, so daß die tatsächliche Wasserzugaberate bilanziert werden kann. Zusätzlich zur Oberflächenbewässerung kann über poröse keramische Platten mittels einer Kolbenmembranpumpe Wasser von der oberen Stirnwand in die Kapillarschicht infiltriert werden, um Hangzugwasser vom Oberhang längerer Hänge zu simulieren. Diese Zugabe kann ebenfalls vollautomatisch erfolgen.

Neben der 10-m-Rinne wird eine kleinere Rinne mit den Maßen B 200, H 1000, L 1000 mm betrieben. Sie ist ebenfalls mit einer Oberflächen- und Stirnwandbewässerung ausgerüstet und verfügt über eine mit der großen Rinne vergleichbare Meßgeräteausstattung (s.u.). Die Rinne wird im vollautomatischen Betrieb für Vorversuche und Sonderversuche eingesetzt. Der Einbau einer Kapillarsperre ist in der kleinen Rinne wesentlich einfacher und schneller, und die Versuchsdauer ist kürzer, da sich Fließgleichgewichte schneller einstellen. Die Ergebnisse können jedoch angesichts der sehr kurzen Fließstrecke von 80 cm Länge nur erste Anhaltspunkte liefern und dienen vor allem der Versuchsplanung für die große Rinne.

2.2 Meßtechnik

Neben der Messung der Wasserzugaberate und der Masse der Rinne und damit der Änderung des Gesamtwassergehaltes, werden die Abflüsse von Kapillarschicht und von neun Kapillarblockabschnitten sowie getrennt die Abflüsse in den Randabschnitten der Rinne und der Ablauf von der Bewässerungsabdeckung gemessen. Die Abflußmessung erfolgt für den Kapillarschichtabfluß sowie für einen der neun Kapillarblockabschnitte automatisch über eine 2-ml-Regenwippe und zusätzlich, wie alle anderen Abflüsse, durch werktägliche manuelle Messung von Behälterfüllständen. Die manuelle Messung erfolgt je nach Abflußrate kaskadenartig in unterschiedlich großen Standzylindern (100 ml bis 90 l).

Zusätzlich werden bodenphysikalische Parameter in drei Hangabschnitten der Rinne bestimmt. Zur Erfassung der Wasserspannungen sind in den drei Meßfeldern je fünf Tiefen mit je drei Druckaufnehmertensiometern nach /4/ bestückt. Die Wassergehalte und deren Verteilung in der Kapillarsperre können mit insgesamt 15 TDR-Meßgabeln /6/ bestimmt werden. Daneben sind je Meßfeld drei Platin-Meßwiderstände (Pt-100-Elemente) in verschiedenen Tiefen eingesetzt, um eventuelle Temperatureinflüsse auf die Versuche protokollieren zu können. An 45 Punkten der Rinne sind Kapillaren für eine Farbraceraufgabe zur Bestimmung von Fließrichtung und Geschwindigkeit vorgesehen. Darüberhinaus ist es jederzeit möglich, weitere Meßgeräte nachträglich in der Rinne zu installieren.

Die Daten aller automatisch meßbaren Sensoren werden stündlich mit Hilfe eines dezentralen Datenerfassungssystems aufgezeichnet /1/. Das System hat sich seit Jahren auf den Testfeldern der Deponie Hamburg-Georgswerder bewährt. Die werktäglichen manuellen Messungen dienen einerseits der Kontrolle des automatischen Betriebes und

andererseits der Erfassung zusätzlicher Meßstellen (z.B. aller Blockabflüsse) und werden wöchentlich in die Datenbank eingegeben.

3 Untersuchte Materialien

Für die ersten Versuche mit der 10-m-Kipprinne wurden Materialien gesucht, die einerseits nach theoretischen Gesichtspunkten die Funktion einer Kapillarsperre sicherstellen und andererseits in Mengen zur Verfügung stehen, die Anwendungen auf Deponien zulassen. Erst in späteren Versuchen sollen weniger geeignete Materialien zum Einsatz kommen, um die Grenzen der Körnungsbänder genauer bestimmen zu können.

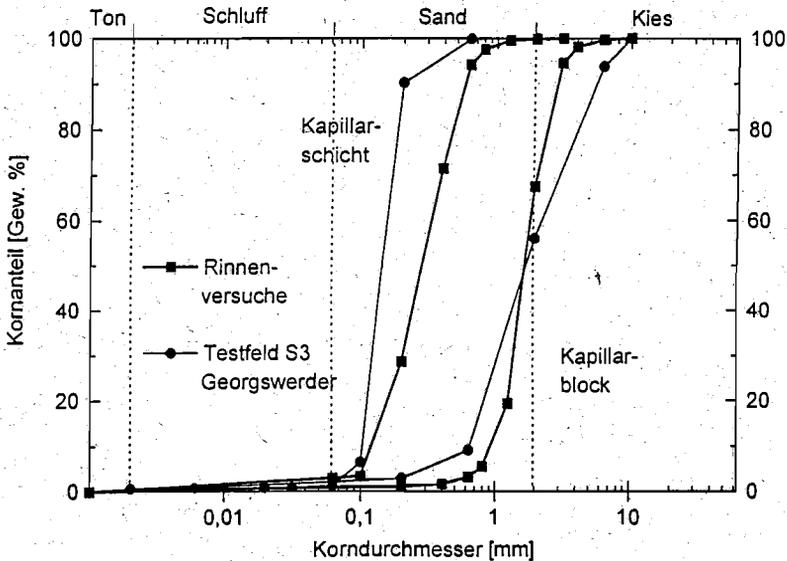


Abbildung 2 Vergleich der Kornsummenkurven der Materialien im Kapillarsperren-Testfeld auf der Deponie Hamburg-Georgswerder und in den Rinnenversuchen

Die Funktion einer Kapillarsperre wird überwiegend durch das Porensystem in der Kapillarschicht bestimmt. Das Porensystem muß in der Lage sein, einerseits Wasser gegen die Schwerkraft zu halten und dabei andererseits eine hohe ungesättigte Wasserleitfähigkeit aufweisen. Das Kapillarblockmaterial muß im Rahmen der Filterstabilität

einen größtmöglichen Porengrößensprung zur Kapillarschicht gewährleisten und eine möglichst geringe ungesättigte Wasserleitfähigkeit aufweisen. Angesichts dieser Anforderungen müssen in beiden Schichten enggestufte Materialien mit geringer Ungleichförmigkeit eingesetzt werden.

Aufgrund unserer Erfahrungen mit der Kapillarsperre im Testfeld S3 auf der Deponie Hamburg-Georgswerder /4/, in dem ein extrem enggestufter Feinsand eingebaut wurde (Abb.2), konnte eine noch bessere Funktion der Kapillarsperre nur durch eine gröbere Kapillarschicht bei geringer Ungleichförmigkeit in Kombination mit einem ebenfalls enggestuften Grobsand oder Feinkies als Kapillarblock prognostiziert werden.

Als erstes Testmaterial wurde für die Kapillarschicht daher ein Mittelsand gewählt, der durch Siebe und Hydrozyklone aus dem Baggergut des Hamburger Hafens technisch gewonnen wird. Die Kornsummenkurve ist in Abb. 2 dargestellt und entspricht einem handelsüblichen 0/1-Sand. Der Mittelsandanteil beträgt etwa 65% bei 30% Feinsand und 5% Grobsandanteil. Der verdichtete Sand hat eine Porengrößenverteilung bei der ca. 80% aller Poren in einem Saugspannungsbereich zwischen 20 und 60 cm WS das Kapillarwasser abgeben (Abb. 1). Die Wasserleitfähigkeit von $1,3 \times 10^{-4}$ m/s im gesättigten Material nimmt durch diese gleichförmige Porenverteilung im ungesättigten Bereich bis zu einer Saugspannung von ca. 20 cm WS kaum ab.

Der Kapillarblock besteht aus einem naßgesiebten 1/3-Kies eines norddeutschen Kieswerkes. Er besteht aus 65% Grobsand und 30% Feinkies. Die pF-Kurve zeigt bei einer Saugspannung von 30 cm WS nur noch einen Sättigungsgrad von 15% (Abb. 1). Der Sättigungsgrad beträgt im Kapillarschichtmaterial bei dieser Saugspannung noch über 80%. Die ungesättigte Wasserleitfähigkeit ist durch die Wassergehaltsunterschiede bei dieser Saugspannung im Kapillarblockmaterial um mehrere Zehnerpotenzen geringer als im Kapillarschichtmaterial (Abb. 1).

4 Versuchsergebnisse

Das Forschungsvorhaben ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Im folgenden werden daher ausgewählte Ergebnisse dargestellt, um die Funktionsweise der Kapillarsperre zu verdeutlichen.

Richtung und Geschwindigkeit der Wasserbewegung kann durch den Einsatz von Farbtracern sichtbar gemacht werden. Abb. 3 zeigt das Ergebnis eines solchen Versuchs. Durch Öffnungen in der Frontscheibe der Rinne wurden zu Versuchsbeginn (Zeitpunkt

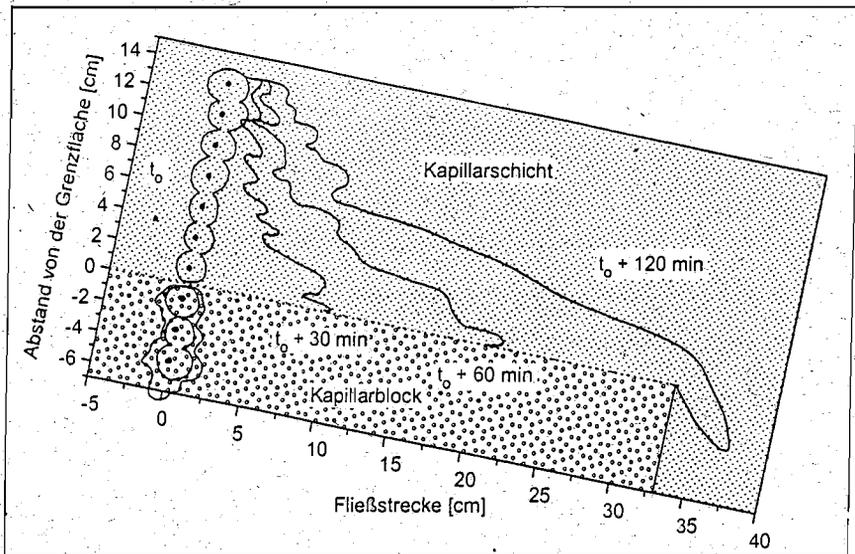


Abbildung 3 Verlagerung eines punktförmig aufgegebenen Farbtracers bei einer Hangneigung von 1:5

t_0) zehn Farbpunkte aufgegeben. Die Aufgabepunkte liegen senkrecht zur Schichtgrenze im Abstand von 2 cm übereinander. Die Schichtgrenze war 1:5 ($11,3^\circ$) geneigt. Die Wasserbewegung in der Kapillarschicht erfolgte stationär mit einer Flußrate von 130 l/d (bezogen auf eine Hangbreite von 1 m). Nach der Aufgabe bildeten sich um die Aufgabepunkte zunächst angefärbte Höfe mit rund 2 cm Durchmesser. Die Farbe wurde in der Kapillarschicht dann durch nachströmendes farbloses Wasser verdrängt und als rund 2-5 cm breite Linie hangparallel verlagert. Dargestellt sind die Farblinien nach 30, 60 und 120 Minuten. Die Transportgeschwindigkeit ist direkt an der Schichtgrenze mit $6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ am höchsten. Mit zunehmender Höhe über der Schichtgrenze sinkt die Geschwindigkeit. In den ersten 11 cm über der Schichtgrenze tritt rund 80% der Wasserverlagerung auf. Im Kapillarkblock ist die Wasserbewegung minimal, die Farbhöfe verschwimmen lediglich geringfügig.

Abb. 4 zeigt die Ergebnisse dreier Versuche an der kleinen Rinne, die den Einfluß der Hangneigung auf die Wirksamkeit der Kapillarsperre verdeutlichen. Die Abflußraten sind sowohl flächenbezogen in mm/d als auch flächenunabhängig in l/d und bezogen auf 1 m Hangbreite angegeben, um die Ergebnisse unterschiedlich langer und breiter Kapillarsperren vergleichen zu können. Ziel der Versuche war, die Kapillarsperre

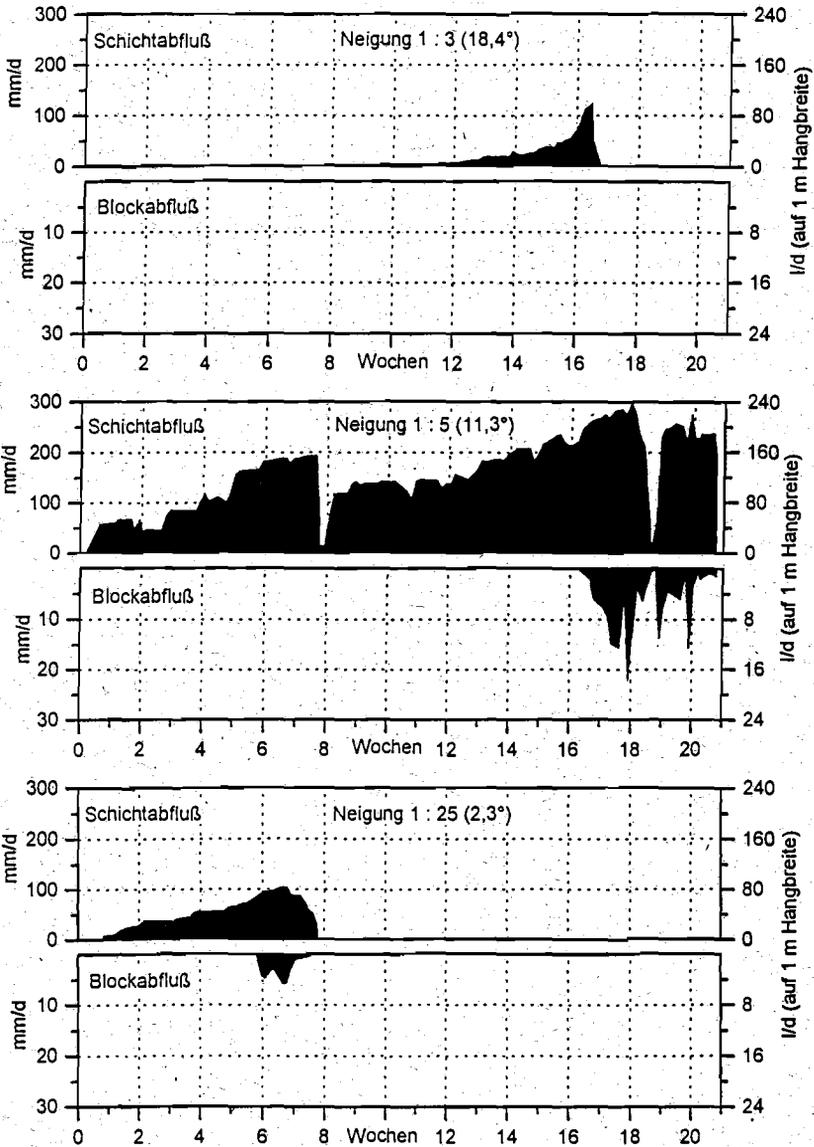


Abbildung 4 Abflüsse dreier Versuche an der 1-m-Kipprinne

bei jeder Hangneigung durch Steigerung der Wasserzugabe zum Versagen zu bringen. Beim ersten Versuch (Neigung 1:3) reichte dafür die Kapazität der Bewässerungsanlage nicht aus. Es traten auch bei maximaler Wasserzugabe von 100 l/d (bezogen auf eine Hangbreite von 1 m) noch keine Abflüsse aus dem Kapillarblock auf. Nach Umbau der Bewässerungsanlage traten beim zweiten Versuch (Neigung 1:5) ab einer Zugaberate von 200 l/d (bezogen auf 1 m Breite) erste Blockabflüsse (0,4 l/d auf 1 m Breite) auf, die im weiteren Versuchsverlauf 7,5% der Wasserzugabe erreichten (18 von 240 l/d bezogen auf 1 m Breite). Bei sehr geringem Gefälle (1:25) setzten die Blockabflüsse bereits bei einer Zugaberate von 77 l/d (bezogen auf 1 m Breite) ein und erreichten bei etwas höherem Zufluß 5,6% der Wasserzugaberate. Bei dann wieder abnehmender Wasserzugabe ging der Blockabfluß wieder langsam gegen null. Diese Daten legen nahe, daß die untersuchte Kapillarsperre einen z.B. 50 m langen Hang bei einer Hangneigung von 1:5 bis zu einer über die Fläche gleichmäßigen Zusickerung in die Kapillarschicht vor 4 mm/d entwässern kann (bei einem Gefälle von 1:25 werden auf 50 m Hanglänge maximal 1,5 mm/d Zusickerung hangparallel abgeführt, bevor es zu vertikalen Abflüssen in den Kapillarblock kommt). Ein Vergleich mit einem Versuch, der am gleichen Material und ebenfalls bei einer Hangneigung von 1:25 an der 10 m langen Kipprinne durchgeführt wurde, zeigt jedoch, daß die Daten der kleinen Rinne diese Schlußfolgerungen nicht zulassen, da das Fließgeschehen in der kurzen Rinne offenbar von der Wasserfassung am Fuße der Kapillarschicht beeinflußt wird (es entsteht eine Sogwirkung, die den Abfluß aus der Kapillarschicht begünstigt, vgl. /7/). Dennoch zeigt sich klar, daß die Mindesthangneigung für die getestete Materialkombination deutlich über 1:25, jedoch unter 1:5 liegt.

Abb. 5 zeigt die Ergebnisse des genannten Versuchs an der 10-m-Kipprinne. Während des gesamten Versuchs treten, wenn auch zunächst sehr geringe, Abflüsse aus dem Kapillarblock auf. In den ersten sechs Wochen betragen sie 0,05 mm/d (oder 0,5 l/d bezogen auf 1 m Hangbreite) bei einer Wasserzugabe von 10 l/d (bezogen auf 1 m Hangbreite). Die Abflüsse aus Kapillarschicht und Kapillarblock steigen bei zunehmender Wasserzugabe zunächst im gleichen Verhältnis an (5% der Wasserzugabe sickern durch). Schließlich wird ein maximaler hangparalleler Abfluß in der Kapillarschicht von rund 50 l/d (auf 1 m Breite) erreicht. Jede weitere Erhöhung der Wasserzugabe sorgt dann für einen entsprechend großen Anstieg des Kapillarblockabflusses bei gleichbleibendem Abfluß in der Kapillarschicht. Bei 195 l/d (auf 1 m Breite) Wasserzugabe sickern schließlich 137 l/d oder 70% in den Kapillarblock. Bei nachlassender Wasserzugabe stabilisiert sich die Kapillarsperre wieder.

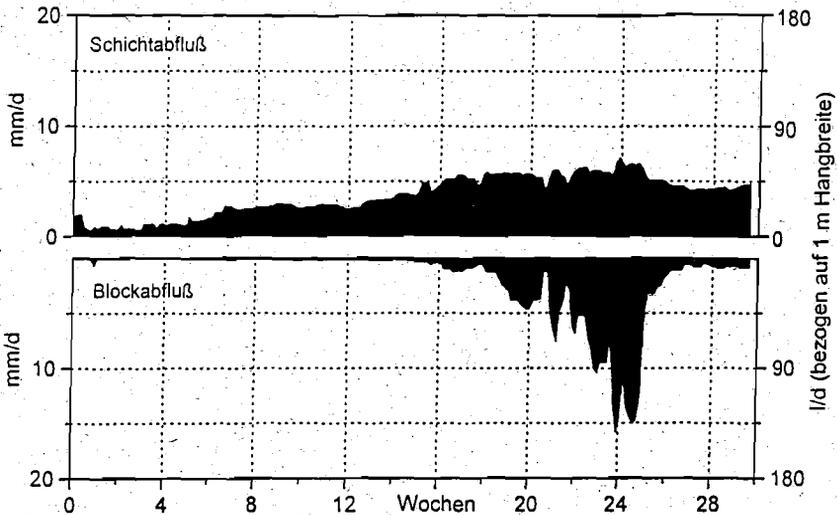


Abbildung 5 Abflüsse bei einer Hangneigung von 1:25 ($2,3^\circ$) in der 10-m-Kipprinne

Abb. 6 zeigt die bei diesem Versuch gemessenen Wasserspannungen in verschiedenen Tiefen und die daraus berechneten hydraulischen Potentiale (das hydraulische Potential ist die Summe aus der Wasserspannung (als Matrixpotential ausgedrückt) und dem Gravitationspotential, das die Lage des Meßpunkts im Schwerfeld beschreibt). Die Daten zeigen nur sehr geringe Veränderungen über die Zeit. Lediglich kurzfristige Ausfälle der Bewässerung machen sich an der Oberkante der Kapillarschicht deutlich und an der Grenzfläche stark gedämpft bemerkbar. Selbst das extreme Durchsickerungsereignis verringert die Wasserspannungen nahe der Grenzfläche kaum. Die Wasserspannungen liegen nahe der Grenzfläche bei 10 bis 24 cm Wassersäule. Zu keinem Zeitpunkt werden wassergesättigte Verhältnisse angezeigt. Bei Wasserspannungen zwischen 10 und 15 cm WS ist die ungesättigte Wasserleitfähigkeit des Kieselstein offenbar schon hoch genug, um große Wassermengen versickern zu lassen. Dies widerlegt die bisherige Annahme, daß eine Durchsickerung von Kapillarsperren erst dann auftritt, wenn sich die Kapillarschicht aufsättigt und hydrostatischer Druck an der Grenzfläche zum Kapillarblock herrscht.

Für Abb. 7 wurden die in Abb. 5 dargestellten Versuchsergebnisse in anderer Form ausgewertet. Betrachtet wurden nur Gleichgewichtszustände mit konstanter Wasserzugabe und konstanten Abflüssen. Dargestellt ist die in jedem der jeweils 1 m langen Hangabschnitte gemessene Absickerung in den Kapillarblock in Abhängigkeit

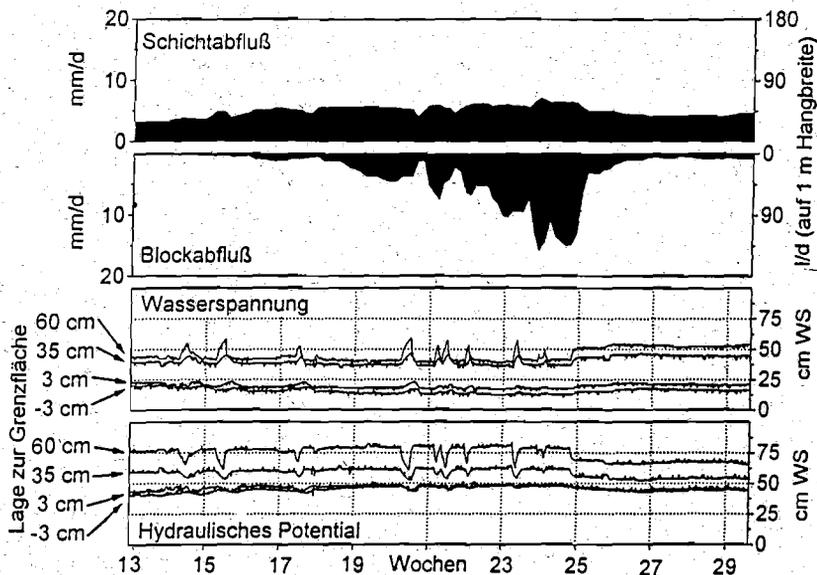


Abbildung 6 Abflüsse, Wasserspannung und hydraulisches Potential in der 10-m-Kipp- rinne bei einer Neigung von 1:25 (2,3°)

vom Zufluß in die Kapillarschicht dieses Hangabschnitts. Dafür wurde zunächst berech- net, wieviel Wasser einerseits aus der Bewässerung von oben in die Kapillarschicht und andererseits als hangparalleler Kapillarschichtabfluß vom Oberhang in diesen Hang- abschnitt zufließt. Dieser auf der Abszisse aufgetragene Wert (bezogen auf 1 m Hang- breite) gibt die tatsächliche Belastung der Kapillarsperre in dem jeweiligen Hangab- schnitt an. Bei dieser Betrachtung wird berücksichtigt, daß die Belastung der Kapillar- sperre mit zunehmendem Abstand vom Oberhang einerseits zunehmen kann, da das flächig bewässerte Einzugsgebiet des jeweiligen Hangabschnitts größer wird, und daß andererseits die Belastung dann abnimmt, wenn bereits am Oberhang nennenswerte Wassermengen aus der Kapillarschicht in den Kapillarblock absickern. Auf der Ordinate wurden dann die gemessenen Absickerungsraten in den jeweiligen Kapillarblockabschnitt in Prozent der Gesamtzusickerung aufgetragen. Die Darstellung zeigt, daß bei der Neigung 1:25 ein Zufluß von unter 25 l/d (bezogen auf 1 m Hangbreite) noch fast vollständig in der Kapillarschicht abgeleitet werden kann. Ab 30 l/d (auf 1 m Breite) sickern wesentliche Anteile des Zuflusses in den Kapillarblock. Dieser Versuch zeigt, daß die Kapillarsperre, wie zu erwarten war, für Hänge mit nur 1:25 Neigung ungeeignet

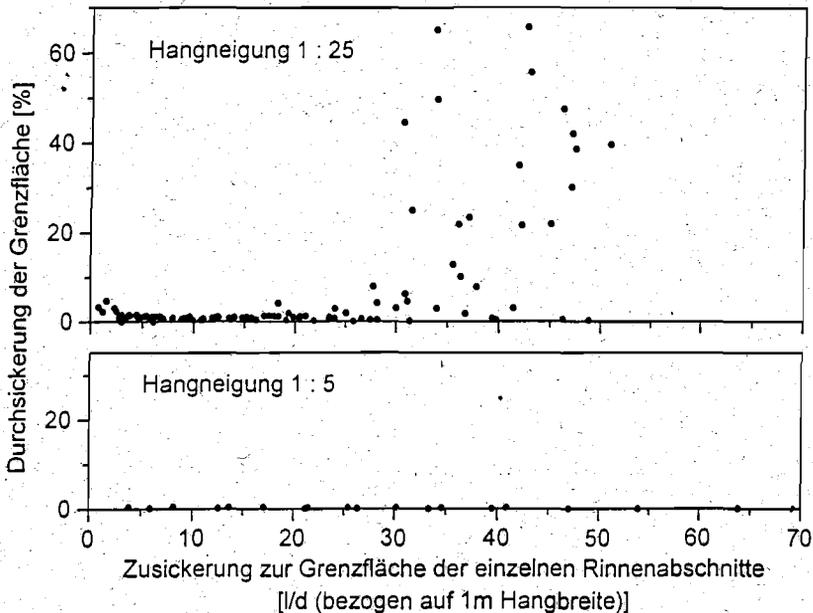


Abbildung 7 Durchsickerung der Kapillarsperre in Abhängigkeit von der Zusickerung zur Grenzfläche in jedem einzelnen, jeweils 1 m langen, Hangabschnitt der 10-m-Rinne bei unterschiedlichen Hangneigungen

ist. Der bei Drucklegung dieser Veröffentlichung noch nicht abgeschlossene Versuch bei der Hangneigung 1:5 zeigt eine wesentlich höhere Wirksamkeit der Kapillarsperre. Hier werden mittlerweile Zuflußraten in der Kapillarschicht vollständig abgeführt, die es erwarten lassen, daß auch lange Hänge mit dieser Materialkombination wirkungsvoll entwässert werden können.

5 Bewertung der Zwischenergebnisse, Empfehlungen und offene Fragen

Weder die Zahl der Einzelversuche noch die bisherige Auswertung reichen aus, um den Einfluß der Faktoren Hangneigung, Hanglänge, Zusickerung und Materialeigenschaften von Kapillarsperren gesondert zu ermitteln und die Ergebnisse zu stichhaltigen Dimensionierungsempfehlungen zu verknüpfen. Auf Basis der vorliegenden Daten, insbesondere in der Zusammenschau mit den Ergebnissen der TH Darmstadt /2, 3/, lassen sich jedoch einige praxisrelevante Aussagen und Empfehlungen ableiten, die im folgenden kurz dargestellt werden sollen.

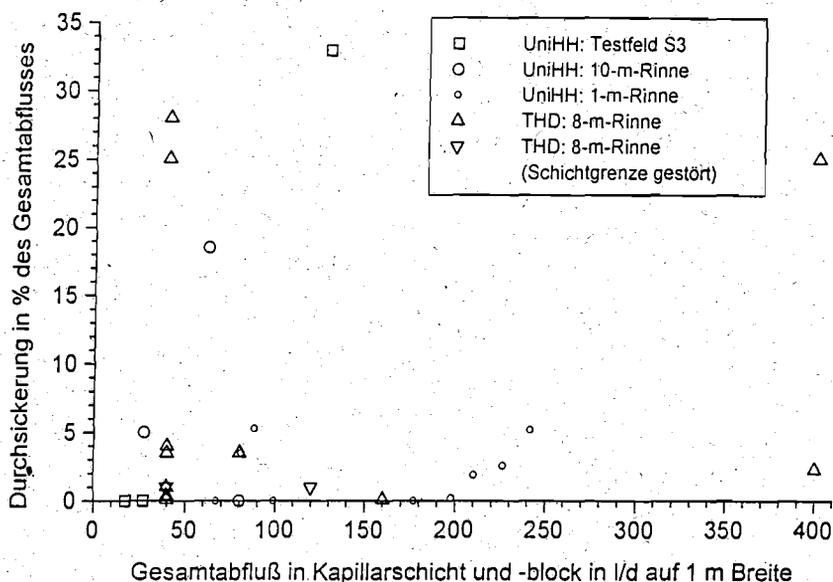


Abbildung 8 Durchsickerungsanteil am Gesamtabfluß in der Kapillarsperre bei unterschiedlichen Kippinnen- und Testfeldversuchen (eigene Untersuchungen und Ergebnisse der TH Darmstadt nach /2 und 3/)

Abb. 8 zeigt eine Zusammenfassung der in Darmstadt und Hamburg durchgeführten Rinnenversuche. Zusätzlich sind noch die Ergebnisse des Testfeldes S3 auf der Deponie Georgswerder enthalten. Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Durchsickerung der Kapillarsperre am Gesamtabfluß in Kapillarschicht und Kapillarblock. Da für diese Betrachtung nur die Ergebnisse bei Gleichgewichtszuständen ausgewertet wurden, ist der Gesamtabfluß mit dem Zufluß zur Kapillarsperre identisch. Er wurde in Liter pro Tag gemessen und auf eine Hangbreite von 1 m bezogen, um die Daten der unterschiedlich breiten Rinnen vergleichen zu können. Die Einzelergebnisse lassen sich in drei Gruppen unterteilen:

- (1) Es tritt bei der gegebenen Versuchseinstellung (Zuflußrate, Hangneigung, Materialkombination) keine Durchsickerung der Kapillarsperre auf. Die Kapillarsperre funktioniert perfekt. Dieses Verhalten zeigen filterstabile Kombinationen eng gestufter und ausreichend wasserleitender Materialien bei ausreichender Hangneigung.

- (2) Bei steigender Zusickerung steigt auch die Durchsickerung auf Werte bis zu rund 5% des Gesamtabflusses. Versuche mit sehr geringer Hangneigung und weniger guter Materialkombination zeigen dieses Verhalten bereits bei relativ geringen Zuflußraten in die Kapillarsperre.
- (3) Bei weiter steigender Zusickerung nimmt der Durchsickerungsanteil drastisch auf über 20% zu. Diese Zunahme scheint immer dann zu erfolgen, wenn die Zusickerungsrate in die Kapillarschicht deren maximale hangparallele Dränkapazität erreicht und überschreitet, so daß Wasser an den Kapillarblock abgegeben wird. Aufgrund des steilen Verlaufs der ungesättigten Wasserleitfähigkeitsfunktion des Kiesel (Abb. 1) bewirkt bereits eine geringe Wasserspannungsabnahme von 20 auf 10 cm WS eine Zunahme der ungesättigten Wasserleitfähigkeit um mehrere Zehnerpotenzen, weshalb der Blockabfluß in diesem Bereich sehr schnell ansteigt. Jede weitere Erhöhung der Zusickerung führt dann zu einem identischen Anstieg des Kapillarblockabflusses während der Kapillarschichtabfluß konstant bleibt. Entsprechend lassen sich auch Durchsickerungsanteile von bis zu rund 90% des Gesamtabflusses durch entsprechend hohe Wasserzugaberraten experimentell erzeugen. Da in Abdecksystemen unterhalb der Rekultivierungsschicht derart hohe Zusickerungsraten jedoch nicht auftreten, wurde in Abb. 8 auf die Darstellung solcher Situationen verzichtet. Ein Versagen der Kapillarsperre mit Durchsickerungsanteilen von über 20% tritt jedoch nicht nur bei sehr hohen Zusickerungsraten auf, sondern auch bei ungünstiger Materialwahl. Ungünstige Materialien sind Kapillarschichtmaterialien mit einer zu geringen Wasserleitfähigkeit (Sande mit Schluff- oder Tonbeimengungen oder weit gestufte Sande) sowie weit gestufte Kapillarblockmaterialien mit zu hohen Sandanteilen.

Einsatzmöglichkeiten, Leistungsfähigkeit und Beständigkeit von Kapillarsperren können noch nicht abschließend beurteilt werden. Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen und Ergebnisse zeichnen sich folgende Tendenzen ab:

Dichtigkeit von Kapillarsperren gegen Wasser und Gas

Kapillarsperren sind unter Hangbedingungen leistungsfähige Barrieren für die flüssige vertikale Wasserbewegung. Im Gegensatz zu bindigen mineralischen Dichtungen, die nahe Sättigung wirksam sind, bei Austrocknung durch Schrumpfrisse jedoch unwirksam werden, funktionieren Kapillarsperren unter wasserungesättigten Bedingungen. Sie sind nicht austrocknungsgefährdet. Bei zu hoher Zusickerung wird ihre hangparallele Dränka-

pazität jedoch überschritten, und Wasser sickert vertikal in den Kapillarblock. Bei nachlassender Zusickerungsrate erreichen Kapillarsperren wieder ihre ursprüngliche Wirksamkeit. Kapillarsperren sind nicht gasdicht.

Materialwahl und Filterstabilität

Für die Kapillarschicht sind eng gestufte Sande geeignet. Der Ton- und Schluffgehalt sollte vermutlich unter 2% liegen, um eine ausreichend hohe Wasserleitfähigkeit der Kapillarschicht sicherzustellen. Der Kapillarblock sollte aus ebenfalls eng gestuftem Kies bestehen. Die Kornsummenkurve des Kieses sollte so verlaufen, daß die gängigen Kriterien zur Filterstabilität eingehalten werden. Unter diesen Voraussetzungen kann auf ein Geotextil zwischen den beiden Materialien verzichtet werden. Beim Einsatz von Geotextilien in Kapillarsperren ist sicherzustellen, daß Funktion und Langzeitstabilität des Dichtsystems nicht beeinträchtigt werden. Versuche mit filterstabilen Materialkombinationen ohne Geotextil haben gezeigt, daß auch bei gesättigter Durchströmung mit unrealistisch hohen Drücken keine Partikelverlagerung an der Grenzfläche der Schichten auftritt /7/. Die üblichen Filterregeln decken für Kapillarsperren alle vorstellbaren Lastfälle ab. Weitere Untersuchungen werden vermutlich zeigen, daß auch weniger strenge Kriterien als Sicherheit ausreichen.

Geometrische Randbedingungen (Schichtmächtigkeiten, Hangneigung, Hanglänge)

Die Aussagen zur erforderlichen Mächtigkeit der beiden Schichten in /3/ können wir bestätigen. 20 cm Kapillarschicht über wenigen Zentimetern Kapillarblock würden theoretisch ausreichen. Als Sicherheit vor Unregelmäßigkeiten beim Einbau und zur Verteilung punktuell zusickernden Wassers ist eine Kapillarschichtmächtigkeit von 40 cm und eine Mächtigkeit des Kapillarblocks von 30 cm ratsam. Die Frage, welche Hanglänge bei gegebener Hangneigung durch eine bestimmte Materialkombination zuverlässig entwässert werden kann, kann aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Versuche noch nicht beantwortet werden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist daher zu empfehlen, zunächst die Verfügbarkeit geeigneter Materialien zu prüfen, und mit diesen Materialien dann Rinnenversuche als Eignungsprüfung durchzuführen, bei denen die Hangneigung und die Zuflußraten nach den Gegebenheiten des Anwendungsfalles einzustellen sind. Die Neigung 1:25 ist für den Einsatz von Kapillarsperren nicht ausreichend. Vermutlich sind 1:10 bis 1:5 als Mindestgefälle notwendig. Bei sehr langen Hängen oder erwartungsgemäß hohen Zusickerungsraten muß der Kapillarschichtabfluß durch zusätzliche Gerinne am Mittelhang gefaßt werden, um den Unterhang nicht zu überlasten.

Setzungsempfindlichkeit

Untersuchungen an der TH Darmstadt (Abb. 8) und eigene Versuche haben gezeigt, daß Kapillarsperren wesentlich weniger empfindlich gegen Setzungsdifferenzen sind, als ursprünglich befürchtet wurde. Selbst ein sägezahnartiger Höhenversatz der Grenzfläche zwischen beiden Schichten um 5 cm führt nicht zum Versagen der Dichtung /3/. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die Grenzen der Leistungsfähigkeit bei Setzungen zu quantifizieren.

Standicherheit

Kapillarsperren sind vermutlich auf steileren Hängen einsetzbar als z.B. die Kombinationsdichtung oder Dichtsysteme, die Bentonitmatten enthalten. Hierzu wurden bislang jedoch keine eigenen Untersuchungen durchgeführt.

Beständigkeit gegen Bioturbation

Wühlende Bodentiere können Kapillarsperren ebenso wie andere Dichtungen gefährden. Bei ausreichender Einbautiefe der Dichtungen ist die Gefahr jedoch relativ gering. Die Ausbildung eines dichten Wurzelfilzes in der Kapillarschicht kann deren Wasserleitfähigkeit verringern. Anders als bei mineralischen Dichtungen ist die Wasseraufnahme durch Pflanzenwurzeln aus der Kapillarsperre jedoch unkritisch (keine Austrocknungsgefährdung).

Beständigkeit gegen chemische und mikrobielle Einwirkungen

Die Beständigkeit der Kapillarsperre gegen chemische und mikrobielle Einwirkungen ist derzeit nicht abschätzbar. Alle Prozesse, die das Porensystem der Kapillarschicht oder das des Kapillarblocks verändern, sind bedenklich. Hierzu zählen beispielsweise redoxpotentialabhängige Prozesse, wie die Lösung, Verlagerung und Fällung von Carbonaten, von Eisen- und Manganoxiden und -hydroxiden oder von Huminstoffen, ebenso wie die Entwicklung von Bakterienrasen. Die Anwesenheit von Deponiegas kann diese Prozesse beschleunigen. So wird beispielsweise im Testfeld S3 auf der Deponie Georgswerder zunehmend zweiwertiges Eisen aus der Kapillarschicht ausgewaschen. Die Auswirkungen solcher Prozesse müssen noch näher untersucht werden, um die Beständigkeit von Kapillarsperren beurteilen zu können.

Herstellbarkeit

Kapillarsperren sind einfach herstellbar. Da mit nicht bindigen Materialien gearbeitet

wird, ist die Witterungsempfindlichkeit der Herstellung, abgesehen von erosiven Starkregen, gering.

Eignungsprüfung und Qualitätssicherung

Nach einer Vorauswahl von Materialien anhand der Kornsummenkurven und der pF-Kurven sollten Eignungsprüfungen an Kipprinnen durchgeführt werden. Die Rinnen sollten mindestens 5 m lang sein, um Einflüsse der Wasserfassung auf die Wasserbewegung in der Rinne erkennen und bei der Auswertung der Daten ausschließen zu können. Die zu untersuchenden Hangneigungen und Zuflußraten sind von den geometrischen und klimatischen Randbedingungen der geplanten Anwendung abhängig zu machen. Die Qualitätssicherung beim Bau ist sehr einfach. Die Materialien können durch Standardversuche einfach überwacht werden. Die Ebenheit der Grenzfläche darf beim Einbau nicht beeinträchtigt werden und ist permanent visuell zu überwachen.

Anwendungsmöglichkeiten

Mit Kapillarsperren können generell nur die Hänge hügelförmiger Deponien und Altlasten gedichtet werden. Ein Einsatzbereich von Kapillarsperren ist die temporäre Abdichtung von Altlasten. Zur Langzeitbeständigkeit von Kapillarsperren besteht, wie bei anderen Dichtungen auch, noch Forschungsbedarf. Unter geeigneten Rahmenbedingungen können Kapillarsperren eventuell als Einfachdichtung unter einer mächtigen Rekultivierungsschicht zur Abdichtung von Deponien der Klasse I eingesetzt werden (kein Deponiegas, kaum Setzungen). Die Hauptanwendung sehen wir jedoch, vor allem auf stärker belasteten und gasbildenden Deponien und Altlasten, als zusätzliche Dichtung unter einer gas- und wasserdichten oberen Dichtung. Solche Verbunddichtungen aus beispielsweise einer PEHD-Bahn, Bentonitmatte oder Asphaltbetondichtung über einer Kapillarsperre weisen zahlreiche Vorzüge auf. Sie sind einfach und schnell herstellbar, redundant wirkend und durch die Wasserfassung aus der Kapillarschicht auch kontrollierbar.

Literatur

- /1/ BERGER, K. & S. MELCHIOR (1992): Meßdatenerfassung und -verarbeitung zur vergleichenden Untersuchung des Wasserhaushalts mehrschichtiger Deponieabdecksysteme. In: PAGE, B. et al. (Hrsg.): Umwelt und Informatik. Mitteilung 203 des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg, 105-124.

- /2/ VON DER HUDE, N. & D. JELINEK (1993): Capillary Barriers on Slopes to Prevent Water Infiltration into Landfills. In: CISA (Hrsg.): Proceedings Sardinia 93, 4th International Landfill Symposium, 11.-15.10.93 in S. Margherita di Pula, Italia, 147-161.
- /3/ VON DER HUDE, N., D. JELINEK, M. KÄMPF (1994): Kapillarsperrensysteme für die Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. In: EGLOFFSTEIN, T. & G. BURKHARDT (Hrsg.): Oberflächenabdichtungssysteme für Deponien und Altlasten. VDI-Seminar 12.-13.09.94 in Karlsruhe. 125-157.
- /4/ MELCHIOR, S. (1993): Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Dissertation im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Hamburg. Hamburger Bodenkundliche Arb., 22, 330 S.
- /5/ MELCHIOR, S., S. STEINGRÄBER & G. MIEHLICH (1991): Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. In: BAM (Hrsg.): Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme. 1. Arbeitstagung 23.-25.09.91 in Berlin, 111-118.
- /6/ ROOK, R., S. MELCHIOR & G. MIEHLICH (1993): Die Time-Domain-Reflectometry (TDR) für die Wassergehaltsmessung in Böden. Wasser+Boden, 4, 235-239.
- /7/ STEINERT, B. (1994): Eignung von Materialien für den Einsatz in Kapillarsperren. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Universität Hamburg. 77 S. + Anhang.
- /8/ VAN GENUCHTEN, M.T. (1980): A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 892-898.

Dank

Wir sind Stephanus Steingräber, Klaus Berger, Matthias Türk und zahlreichen studentischen Hilfskräften für ihre Mithilfe zum Dank verpflichtet. Unseren Darmstädter Kollegen Nico von der Hude und Dirk Jelinek danken wir für den offenen Informationsaustausch.

Erfahrungen mit Wasserglassystemen

Prof. Dr.-Ing. Düllmann und Dipl.-Geol.'in Obernosterer,
Geotechn. Büro Düllmann

1. Einleitung

Die TA-Siedlungsabfall gibt derzeit für den Bau von Deponien ein Kombinationsabdichtungssystem vor, das aus einer mineralischen Abdichtungsschicht und einer im Preßverbund aufliegenden Kunststoffdichtungsbahn besteht. Für das mineralische Dichtungsmaterial wird ein Feinstkornanteil $< 2 \mu\text{m}$ von mindestens 20 Gew.-% bzw. ein Mindesttonmineralgehalt von 10 Gew.-% gefordert. Nach Abschnitt 10.4.1.1 der Techn. Anleitung sind Alternativen sowohl für die mineralische Komponente als auch für das Gesamtsystem zugelassen, sofern ihre Gleichwertigkeit zur Regeldichtung nachgewiesen werden kann. Auch in der Einführung der LWA-Richtlinie Nr. 18 wird darauf verwiesen, daß die Richtlinie nicht das Ermessen der Zulassungsbehörde bei der Einzelfallentscheidung ersetzt. Wenn sich die angestrebten Ziele, denen die Anforderungen dienen, auch auf anderem Weg erreichen lassen, können auch Alternativen zur Anwendung kommen.

Als alternative mineralische Abdichtungsmaterialien werden z.B. wasserglasvergütete fein- und gemischtkörnige Erdstoffe diskutiert. Hierzu gehören u.a. das System SIE-DEK & KÜGLER sowie das System DYNAGROUT der Hüls Troisdorf AG. Beide Systeme wurden bereits bei mehreren Deponieprojekten ausgeführt und sollen nachfolgend vorgestellt und bewertet werden.

2. Grundlagen

2.1 Allgemeines

Wasserglas-Reaktiv-Systeme werden bereits seit Jahrzehnten z.B. für Verfestigungs- und Abdichtungsinjektionen in der Bautechnik mit Erfolg eingesetzt.

Wasserglas ist ein künstliches Silikat. Genauer gesagt handelt es sich um einen Sammelbegriff für technisch hergestellte Alkalisilikate. Als Ausgangsprodukte werden Quarzsand und Soda (Natriumkarbonat) bei ca. $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ geschmolzen. Das gewonnene glasartige Material geht bei Erhitzen mit Wasser unter erhöhtem Druck in zähflüssige Lösungen über. Je nach Wasseraufnahme unterscheidet man zwischen Gläsern, Pulvern und Lösungen.

Das zunächst anfallende Stückglas dient als Ausgangsprodukt für Wasserglaslösungen. Es wird i.d.R. in pulverisiertem Zustand angeboten. In vielen Fällen, in denen die Löslichkeit dieser Pulver nicht ausreicht, verwendet man s.g. hydratisierte Pulver. Darun-

ter versteht man trocken eingedampfte Alkalisilikat-Lösungen mit einem Restwasser-
gehalt von 10 bis 20 %.

Bei der Lösung von Wasserglas in Wasser entstehen niedermolekulare Kieselsäuren,
die eine starke Neigung zur Kondensation zeigen (Abb. 2.1). Unter Abspaltung von
Wasser entstehen Si-O-Si-Ketten und schließlich kolloidale Aggregate. Sind die kol-
loidalen Teilchen noch mehr oder weniger frei gegeneinander beweglich, spricht man
von einem Kieselsäuresol, entstehen bei weiterer Kondensation räumliche Vernetzun-
gen der Kolloide, spricht man von einem Kieselsäuregel. Es handelt sich also nicht um
einen hydraulischen Abbindeprozeß unter Bildung von verkittenden Kristallen. Das
Ausgangsmaterial unterliegt keiner Verfestigung oder Versprödung.

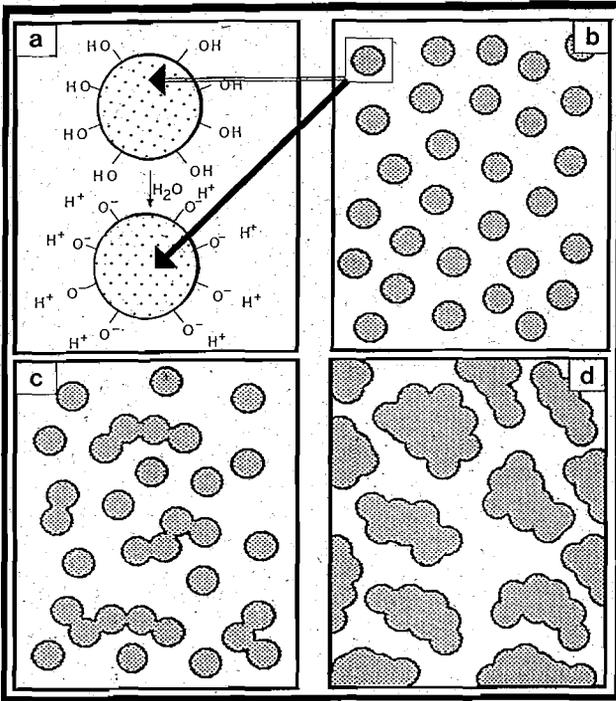


Abb. 2.1: Schematische Darstellung der Bildung des Kieselsäuresol- und -gelsystems [1]

Die Gelbildung aus einer Lösung wird beeinflusst durch:

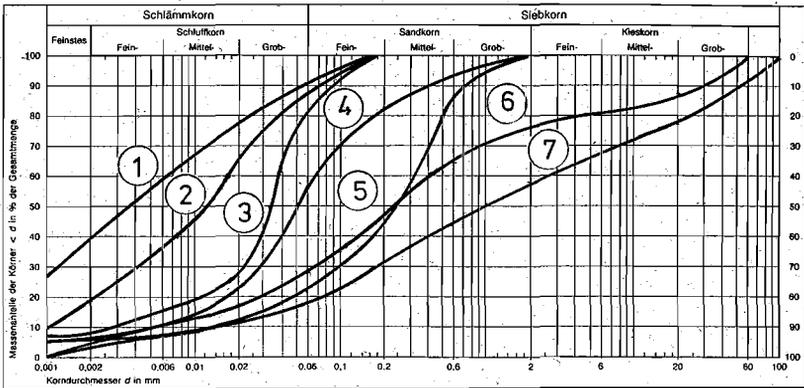
- die Temperatur,
- die Kieselsäurekonzentration,
- den pH-Wert der Lösung,
- die vorhandenen Lösungsgenossen, die s.g. Gelbildner sowie
- die Zeit.

Die Geschwindigkeit der Kondensation erhöht sich mit der Temperatur. Die Mindestkonzentration für die Bildung von Gelen liegt zwischen 2 und 6 Vol.-% SiO_2 . Die Aggregation der Kieselsäure verläuft in alkalischen Lösungen sehr langsam, da die Abstoßung der Kolloidpartikel relativ groß ist. Ab pH 11 bilden sich echte Silikatlösungen aus, d.h. es findet keine Kondensation statt. Auch bei sehr geringen pH-Werten findet kaum Kondensation statt, da OH-Ionen als Katalysatoren fehlen. Dies ist bei pH ~ 2 der Fall.

Als Gelbildner können grundsätzlich alle Kationen sowie verschiedene organische Verbindungen wirken. Zugesezte Reaktive können zu einer schlagartigen oder verzögerten Gelierung beitragen. In Abhängigkeit der Art des Reaktivs und des Mischungsverhältnisses entstehen Hart- oder Weichgele. Weichgele eignen sich bevorzugt zur Minimierung des Porenraums eines Mineralstoffes.

2.2 System SIEDEK & KÜGLER

Das System S & K wird zur Vergütung von mineralischen Abdichtungsmaterialien mit guter Kornabstufung in gut verteilter, homogener Mischung angewendet. Mögliche Kornverteilungen sind Abb. 2.2 zu entnehmen.



- | | | | |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1 - Ton | 3 - Lößlehm | 5 - stark verlehmt Sand | 7 - verlehmt Kies sand |
| 2 - Schluff, tonig | 4 - Schluff, stark sandig | 6 - stark sandiger, kiesiger Lehm | |

Abb. 2.2: Charakteristische Korngrößenverteilungen von natürlichen Abdichtungsmaterialien für die Wasserglasvergütung nach dem System S & K [2]

Das Verfahren S & K war bis Anfang 95 patentiert. Nach den Erläuterungen zur Patentschrift weist es drei Merkmale auf, die sich von denen anderer Verfahren abheben:

- die Zugabe des Wasserglases erfolgt in Pulverform und nicht wie bisher in flüssiger Form,
- die Dosierung der Zugabemengen ist abhängig von der chemischen Reaktion mit den vorhandenen Mineralien und dem natürlichen Bodenwassergehalt,
- das pulverförmige Wasserglas wird eingefräst bzw. eingemischt und der Boden anschließend verdichtet.

S & K verwenden pulverförmiges Wasserglas vom Typ Deposil N der Fa. Henkel KGaA, Düsseldorf. Der abdichtende Effekt beruht auf einer Verklebung und Verstopfung der Bodenporen durch die aus dem Wasserglas gebildeten Kieselsäuresole und -gele.

Der Mischvorgang erfolgte lange bevorzugt in place mittels Fräse. In letzter Zeit erfolgt die Mischung häufiger in plant mittels Zwangsmischer. Dabei wird dem Boden soviel Wasserglas zugegeben, daß sich im Bodenwasser eine 5 %ige Wasserglaslösung bilden kann. Es wird unterstellt, daß sich nach dem Vermischen des Pulvers mit dem Boden das Wasserglas im Bodenwasser langsam auflöst und sich durch die Verdichtungsarbeit gleichmäßig im Porenraum verteilt. In einer ersten Stufe entstehen alkalisch reagierende Wasserglaslösungen. Die Absenkung des pH-Wertes durch das neutrale bis schwach sauer reagierende Bodenwasser ermöglicht bzw. fördert anschließend die Bildung von Kieselsäuresolen und -gelen, die Bodenporen verstopfen.

Der Vorgang der Bildung von Kieselsäuresolen und -gelen vollzieht sich über einen länger andauernden Zeitraum. Er kann mehrere Tage bis mehrere Monate, u. U. Jahre in Anspruch nehmen. Um die Gelbildung zu beschleunigen und auch besser kontrollieren zu können, können zusätzlich trockene, pulverförmige Gelbildner zugegeben werden.

2.3 System DYNAGROUT

Im Unterschied zum System S & K werden beim System DYNAGROUT ausgewählte Zuschlagstoffe in einem genau definierten Mengenverhältnis eingesetzt (Tab. 2.1). Als Grundmaterialien dienen Sande, Kiese, Tonmehl und Wasser. Angestrebt wird eine Kornabstufung entsprechend der Fuller-Verteilung. Der noch verbleibende Porenraum wird durch den Zusatz eines speziell angepaßten silan-modifizierten Hydrosilikatgels als Binder verfüllt (Tab. 2.2) Der Mischvorgang erfolgt grundsätzlich kontrolliert in plant.

Tabelle 2.1: Beispiele der Zusammensetzung von DYNAGROUT-Basisabdichtungen

	Mischung I [Massen-%]	Mischung II [Massen-%]
Tonmehl (Kaolinit)	13,7	28,0
Sand (0 - 2 mm)	38,75	29,75
Kies (2 - 4 mm)	-	29,75
Kies (2 - 8 mm)	38,75	-
Wasser	7,14	10,14
DWR-A	0,11	0,16
DWR-B	0,15	0,21
Wasserglas HK 30	1,40	1,95
ρ_d (t/m ³)	2,23	2,09
Bindemittelgehalt	8,80	12,50

Tabelle 2.2: Zusammensetzung des DYNAGROUT-Gels

Komponente	Massen-Anteil [%]
Wasser	81,15
DynagROUT DWR-A	1,25
DynagROUT DWR-B	1,70
Wasserglas HK 30	15,90

In der DYNAGROUT-Dichtung wird der optimale Wassergehalt der Proctorkurve durch das DYNAGROUT-Gel ersetzt. Nach der Verarbeitung koagulierte die Bodenflüssigkeit zu einem dreidimensionalen dichten Gel im Porenraum des Dichtstoffes. DWR-A ist eine wässrige, anorganische Phosphat-Lösung, die zusammen mit DWR-B (Alkylsilan, teilorganisches Silikat) und Wasserglas (Natrium-Silikatlösung) zur Bildung des Hydrosilikatgels führt.

3. Eigenschaften wasserglasvergüteter mineralischer Dichtungen

3.1 Wirksamkeit

Die Wirksamkeit einer Dichtung hängt in erster Linie von den Stofftransportprozessen Konvektion und Diffusion ab. Beiden Prozessen wirkt das Retentionsvermögen des Bodens - die Sorptionskapazität - entgegen. Es beruht auf der Adsorption von Ionen und Molekülen durch die Bodenpartikel.

Durch die Zugabe von Wasserglaslösungen nach dem System S & K kann die Durchlässigkeit der Ausgangsmaterialien um 1 bis 1,5 Zehnerpotenzen verringert werden. Die Abhängigkeit der Qualität des Dichtungsmaterials von der Zugabemenge an Wasserglas ist im Vorfeld einer Maßnahme durch Eignungsuntersuchungen festzustellen.

Beobachtet man die Entwicklung der Durchlässigkeit über die Zeit, zeigt sich, daß die K-Werte in den ersten 10 Tagen nach Herstellung der Mischung stetig abnehmen, bis sich ein stabiler Wert einstellt. In Abhängigkeit des Ausgangsmaterials sowie der zugesetzten Wasserglaskonzentrationen und des Gelbildners können K-Werte $< 5 \cdot 10^{-11}$ m/s erreicht werden. Beispiele zeigt Abb. 3.1.

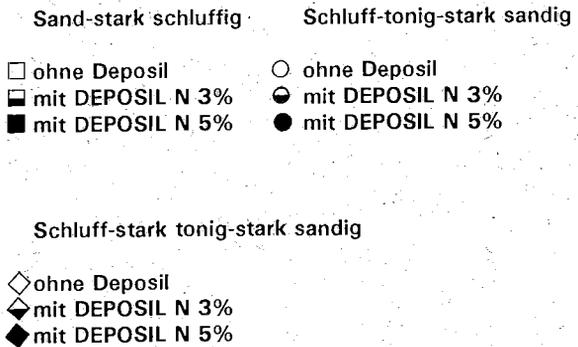
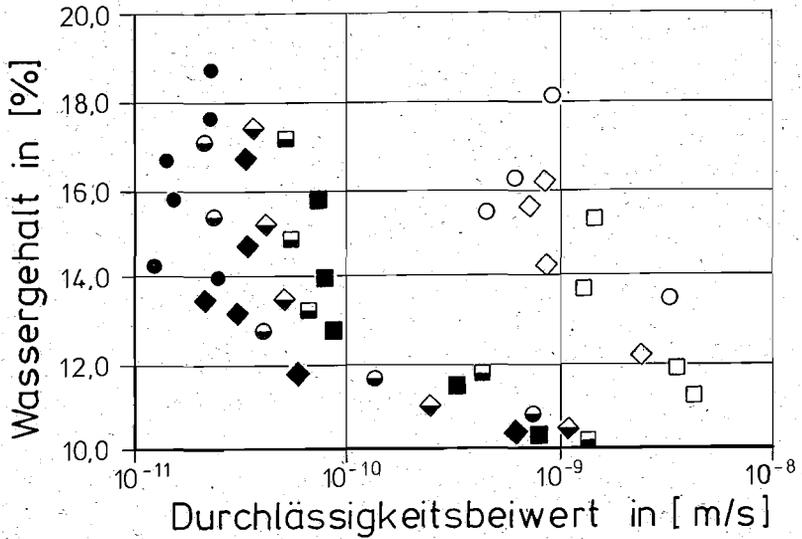


Abb. 3.1: Veränderungen des Durchlässigkeitsbeiwertes in Abhängigkeit des Wassergehaltes und der Mengen an pulverförmigem Wasserglas [2]

An Proben aus einer wasserglasvergüteten Dichtung, die nach 8 Jahren Deponiebetrieb wieder ausgegraben wurde, wurden Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt, die eine halbe Zehnerpotenz unter den Werten während der Bauphase lagen. Dieses Ergebnis wird als Nachweis der langanhaltenden Bildung der Kieselsäuregele gewertet. Kritisch muß hier allerdings angemerkt werden, daß entsprechende Beobachtungen auch bei rein tonmineralhaltigen Dichtungen gemacht wurden. Mögliche Ursachen können auch Kolmationseffekte und Zementbildungen im Porensystem sein.

Durch die Vergütung von mineralischen Dichtmassen mit dem System DYNAGROUT werden in Abhängigkeit vom mineralischen Material unter Laborbedingungen K-Werte bis zu $1 \cdot 10^{-12}$ m/s erreicht. Im 1 : 1-Maßstab im Feld sind ebenfalls Werte von $\leq 5 \cdot 10^{-11}$ m/s möglich. Dabei ist teilweise eine Verbesserung des K-Wertes gegenüber dem unvergüteten Material von mehreren Zehnerpotenzen zu verzeichnen. Auch bei der DYNAGROUT-Masse werden stabile K-Werte i.d.R. erst nach einer Reaktionszeit von mindestens 2 Wochen erreicht.

Für beide Systeme liegen Ergebnisse von Diffusionsversuchen vor, die Diffusionskoeffizienten bzw. -geschwindigkeiten in etwa vergleichbaren Größenordnungen wie für tonmineralhaltige Dichtungsmaterialien liefern. Einschränkend ist allerdings festzustellen, daß die Versuchsmethoden, die für beide wasserglasvergüteten Systeme bisher angewendet wurden, nicht mit denen, die i.d.R. für tonmineralhaltige Dichtungen angewendet werden (Diffusionszellen z.B. nach FINSTERWALDER) übereinstimmen. Versuchsbedingte Unterschiede können deshalb nicht ausgeschlossen werden. Ein direkter Vergleich der verschiedenen Materialien unter diesem Aspekt steht bisher noch aus.

Die Sorptionskapazität von wasserglasvergüteten Böden nach dem System S & K wurde im Rahmen mehrerer Versuchsreihen untersucht. U.a. wurde die Sorption von Inhaltstoffen künstlicher und natürlicher Sickerwässer an unvergütetem und an wasserglasvergütetem Lößlehm gegenübergestellt. Zwar läßt sich festhalten, daß die von wasserglasvergütetem Material adsorbierten Schadstoffmengen größtenteils über denen des unvergüteten Materials liegen, sie liegen i.d.R. jedoch nicht in der Größenordnung eines mittel- bis hochplastischen Tons.

Im Unterschied zum System S & K wird das Adsorptionsvermögen der DYNAGROUT-Masse nach Herstellerangaben im wesentlichen von den mineralischen Zuschlagstoffen bestimmt. Da für das DYNAGROUT-Material bevorzugt nicht quellfähige Tonmehle wie Kaolinit und Illit verwendet werden, ist das Adsorptionsvermögen eher als gering bis normal einzustufen.

3.2 Beständigkeit

Bei der Frage nach der Beständigkeit einer Abdichtung ist zwischen der chemischen, der thermischen und der mechanischen Beständigkeit zu unterscheiden.

Wasserglas und seine Reaktionsprodukte Kieselsäuresole und -gele sind nach dem Stand der Wissenschaft gegenüber nahezu allen organischen und anorganischen Verbindungen resistent. Ausnahmen bilden nur die Flußsäure und starke Alkalien, die jedoch in der Deponiepraxis keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Beständigkeit beider Wasserglassysteme wurde im Rahmen von Langzeit-Durchströmungsversuchen mit verschiedenen Prüflösungen bzw. im Rahmen von Einlagerungsversuchen untersucht. Daneben liegen insbesondere für das System S & K Untersuchungsergebnisse an Proben freigelegter Dichtungen nach mehrjährigem Deponiebe-

trieb vor. Beeinträchtigungen der Dichtungsmaterialien, die zu einem Versagen führen könnten, wurden nicht nachgewiesen.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob auch Wassergläser analog den Tonmineralen in der Natur vorkommen, was als Beleg für ihre langfristige Stabilität zu werten wäre. Festzuhalten ist, daß Wasserglas aus Quarzsand hergestellt wird und Quarz die stabile Form der Kieselsäure darstellt. Daneben kommt in der Natur eine Vielzahl von Alkali- und Erdalkalisilikaten vor, die von kristalliner, aber auch von amorpher Struktur mit unterschiedlichen Wassergehalten sein können. Inwieweit diese mit Wassergläsern und ihren Reaktionsprodukten in einem natürlichen Boden zu vergleichen sind, ist bisher noch nicht abschließend geklärt.

Wasserglasvergütete Dichtungen sind bei erhöhten Temperaturen und daraus resultierenden Wassergehaltsänderungen entsprechend ihrer mineralischen Ausgangsstoffe weniger rißanfällig als mittel- bis hochplastische Tone. Das Schrumpfverhalten der Materialien entspricht in etwa dem des Ausgangsmaterials und ist daher bei den verwendeten schwach bindigen bzw. kornabgestuften Böden relativ gering.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, daß wasserglasvergütete Böden nach dem System S & K auch relativ unempfindlich gegen Frosteinwirkungen sind. Die Überdeckung mit einer 20 cm starken Filterschicht soll ausreichenden Schutz auch bei Dauerfrostereignissen von unter -20°C bieten. Diese zitierten Ergebnisse stehen jedoch im Widerspruch zur allgemeinen Beurteilungspraxis in der Geotechnik und bedürfen einer weiteren Untersuchung und Überprüfung.

An Proben des Systems DYNAGROUT liegen Ergebnisse von Frost-Tauwechsel-Versuchen vor. Vier 2tägige Frost-Zyklen von -10°C wurden jeweils durch 2tägige Tau-perioden von 20°C unterbrochen. Dabei zeigten sich einaxiale Druckfestigkeiten von ca. 60 % der Ausgangswerte. Die Durchlässigkeit erhöhte sich jedoch nur unwesentlich gegenüber den nicht befrosten Proben.

Die Überprüfung der plastischen Eigenschaften von nach dem System S & K vergüteten Böden zeigt, daß die natürlichen Fließgrenzen der Ausgangsstoffe i.d.R. deutlich sinken, während die Ausrollgrenzen stabil bleiben. Somit reduziert sich die Plastizitätszahl, so daß bei Gültigkeit der bodenmechanischen Gesetzmäßigkeiten schon bei relativ geringen Wassergehaltsänderungen starke Konsistenzänderungen auftreten dürften. Diese Annahme wird durch Beobachtungen vor Ort bestätigt. Nicht verdichtetes Material, das Niederschlägen ausgesetzt ist, geht sehr schnell in einen fließfähigen Zustand über.

Zur Beurteilung des mechanischen Verhaltens von wasserglasvergüteten Böden nach dem System S & K liegen die Ergebnisse von Biegeversuchen vor. Dabei wurden jeweils die Krümmungsradien ermittelt, ab denen sich erste Risse zeigten. Festzuhalten ist, daß vergütete und unvergütete Proben in etwa gleiche Versuchsergebnisse lieferten.

Hinsichtlich der plastischen Verformbarkeit der DYNAGROUT-Dichtmasse liegen Untersuchungsergebnisse der LGA Nürnberg vor. Die Untersuchungen ergaben, daß sich die Masse trotz der vorwiegend nicht bindigen Zuschlagstoffe duktil verhält. Die ermittelten maximal möglichen Krümmungsradien liegen in der gleichen Größenordnung wie die vorliegenden Versuchsergebnisse von vergüteten Proben nach dem System S & K.

3.3 Herstellbarkeit

Bei der Herstellung von wasserglasvergüteten Dichtungen nach dem System S & K können sowohl Zwangsmisch- als auch Fräsverfahren eingesetzt werden. Der Boden wird anschließend mit Vibrations- und Glattmantelwalzen dynamisch und statisch verdichtet. Nach 24 Std. Liegezeit, die zur Lösung des Wasserglaspulvers im Boden nötig ist, erfolgt eine Nachverdichtung bis zur Aktivierung des Porenwasserdruckes, wodurch sich die Wasserglaslösung im Boden verteilt (Abb. 3.2).

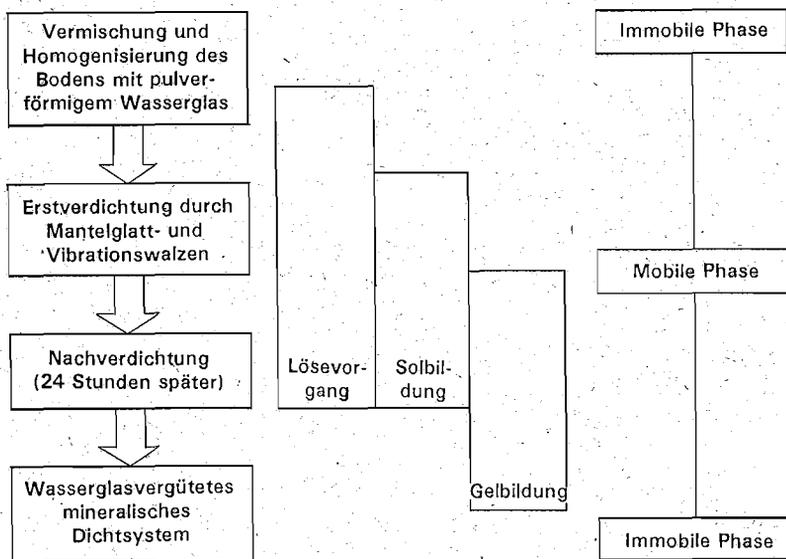


Abb. 3.2: Verfahrensabläufe bei der Wasserglasvergütung nach dem System S & K

Für die Herstellung der DYNAGROUT-Dichtung wird grundsätzlich eine Zwangsmischanlage mit Dosiereinrichtung benötigt. Im s.g. Einstufenverfahren werden alle Zuschlagstoffe einschließlich der chemischen Zusätze sofort vermischt, im s.g. Zweistufenverfahren werden zunächst nur die Komponenten DWR-A und DWR-B mit einem Teil Wasser gemischt und anschließend als fertige Lösung den mineralischen Kompo-

nenten zugesetzt. Bereits kleine Schwankungen bezüglich Zusammensetzung der Einzelkomponenten und Mischenergie können die Materialeigenschaften signifikant beeinflussen.

Beide vorgestellten Dichtungsmassen sind im Baufeld vor der Verdichtung sehr empfindlich gegen Wassergehaltsänderungen. Sowohl gegen Sonneneinstrahlung als auch gegen Niederschlagszutritte sind im Vergleich zu mittel- bis hochplastischen Tonen verstärkt Schutzvorkehrungen zu treffen. Nach der Verdichtung sind beide Massen gegen Niederschläge relativ unempfindlich.

Der Einsatz beider Massen stellt erhöhte Anforderungen an die Ausstattung und Erfahrungen der bauausführenden Firmen sowie den begleitenden Eigenüberwacher. Ein besonderes Problem stellt die Ebenflächigkeit und die Vermeidung von Walzkanten in der obersten Lage bei Einsatz in einem Kombinations-Dichtungssystem dar.

Im Rahmen der Qualitätssicherung sollten bei Dichtungen nach dem System S & K verstärkt Durchlässigkeitskontrollen durchgeführt werden, die als indirekter Nachweis der Verteilung des Wasserglases dienen. Nachteilig auf den Bauablauf wirkt sich hier allerdings die verhältnismäßig lange Prüfzeit bei der K-Wert-Messung mittels Triaxialtechnik aus.

Bei der DYNAGROUT-Dichtung erfolgt die Überprüfung der Einbauqualität üblicherweise durch die Kontrolle des Einbauwassergehaltes und der Trockendichte an aus der fertigen Dichtung entnommenen Proben. Die Kontrolle der Kornverteilung wird an frisch aus der Mischanlage entnommenen Proben durchgeführt. Der K-Wert kann aufgrund der Grobkörnigkeit des Materials i.d.R. nicht an ungestört entnommenen Proben bestimmt werden. Alternativ sind aus dem laufenden Mischprozeß Proben zu entnehmen und im Labor auf die im Feld erreichten Werte zu verdichten. Eine weitere Möglichkeit stellt die insitu-Prüfung mittels Standrohrmethode dar.

Beide Dichtungsmassen wurden bereits bei einer Reihe von Projekten als Basisabdichtungen eingesetzt. In Tabelle 3.1 sind verschiedene Beispiele aufgeführt. Wie zu ersehen ist, wurden beide Dichtungen sowohl als alleiniges Dichtungselement als auch in Kombination mit anderen Komponenten in mehrschichtigen Systemen eingesetzt.

Tabelle 3.1: Beispiele bisher realisierter Projekte mit wasserglasvergüteten Basisabdichtungen

System SIEDEK & KÜGLER	System DYNAGROUT
<p>Betriebsdeponie der Bayer AG Dormagen 1984</p> <p>0,4 m mächtige mineralische Dichtung mit aufliegender Kunststoffdichtungsbahn</p>	<p>HMD Bremen-Blockland 11 ha Erweiterung 1989 - 1991</p> <p>0,75 m mineralische Dichtung zur Vergütung der mittleren Lage</p> <p>$K \leq 4 \cdot 10^{-11}$ m/s</p>
<p>ZD Castrop-Rauxel 2,7 ha Erweiterung 1988</p> <p>0,6 m mineralische Dichtung</p> <p>$K \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s</p>	<p>HMD Erbenschwang 4 ha Erweiterung 1992</p> <p>0,5 m mächtige Schicht in einer mineralischen Mehrkomponenten-Dichtung</p> <p>$K \leq 5 \cdot 10^{-11}$ m/s</p>
<p>HMD Bochum-Kornharpen Erweiterung seit 1993</p> <p>0,75 m mineralische Dichtung mit Bewehrung und aktiver Rißsicherung</p> <p>$K \leq 5 \cdot 10^{-11}$ m/s</p>	<p>HMD Meisenheim Erweiterung 1993</p> <p>0,25 m mächtige Schicht in einer mineralischen Dichtung als Ersatz der Kunststoffdichtungsbahn</p>

Die DYNAGROUT-Mischung wurde z.B. bei der Hausmülldeponie Bremen-Blockland als alleiniges Dichtungselement eingesetzt. Das Projekt wurde vor Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall realisiert. Bei den Projekten Erbenschwang und Meisenheim wurde jeweils eine DYNAGROUT-Lage als eine Komponente einer multimineralischen Dichtung eingebracht. In Erbenschwang lag der Grund für diese Entscheidung in dem weitgehenden Fehlen einer geologischen Barriere. In Meisenheim wurde aufgrund der sehr steilen Lage der gesamten Erweiterungsfläche auf eine KDB verzichtet und stattdessen eine 0,25 m mächtige DYNAGROUT-Lage in einem mehrschichten Gesamtsystem eingebaut.

Das System SIEDEK & KÜGLER fand im Projekt Castrop-Rauxel Verwendung als alleinige Dichtung. Auch dieses Projekt wurde vor Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall realisiert. Für die Werksdeponie der Bayer AG in Dormagen wurde aufgrund des relativ durchlässigen Untergrundes (Rheinauesedimente) schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt eine Kombinationsdichtung realisiert. In Bochum-Kornharpen wird das Sy-

stem in Kombination mit einer aktiven Rißsicherung unter Verzicht auf eine Kunststoff-Dichtungsbahn eingesetzt.

4. Gleichwertigkeit der Regelabdichtung nach TA Siedlungsabfall und wasserglasvergüteter Dichtungen

Wie bereits eingangs angesprochen und auch im Vortrag von Herrn Herold ausführlich behandelt, läßt die TA Siedlungsabfall sowohl Alternativen für eine Komponente der Kombinationsabdichtung als auch für das Gesamtsystem zu, sofern ihre Gleichwertigkeit nachgewiesen ist.

Das System S & K wurde wie berichtet in Einzelfällen nicht nur als Ersatz für die mineralische Komponente eingesetzt. In Verbindung mit einer Bewehrung zur Rißminimierung und mit aktiver Rißsicherung (Abb. 4.1) wurde ihr im Rahmen einer Einzelfallbewertung sogar eine höhere Qualität als dem Standardabdichtungssystem Kombinationsabdichtung attestiert. Als Bewehrung wird ein dünnes, gering dehnfähiges Geotextil in die mineralische Dichtungsschicht eingebaut. Unter der aktiven Rißsicherung wird die Überdeckung der mineralischen Dichtung mit einem ca. 10 cm starken Infiltrationsboden verstanden. Dieser Boden besitzt bei Wassersättigung Fließeigenschaften (mittelsandiger Feinsand und Grobschluff) und soll eventuell entstehende Risse zuschlämmen. Durch die Bewehrung wird verhindert, daß der Infiltrationsboden in den Untergrund ausgespült wird. Anzumerken ist, daß dieses System ursprünglich ausschließlich für Oberflächenabdichtungen entwickelt worden ist.

Da in der Fachwelt zur Frage der Gleichwertigkeit der wasserglasvergüteten mineralischen Dichtung allein und der Variante mit aktiver Rißsicherung im Vergleich zur Kombinationsdichtung nach TA Abfall und TA Siedlungsabfall in NRW kontroverse Standpunkte vertreten wurden und noch werden, fand im September 1994 auf Veranlassung des MURL NRW ein Fachgespräch unter Beteiligung von Vertretern aus Verwaltung, Forschung und freier Wirtschaft statt, das vom Geotechnischen Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann moderiert und ausgewertet wurde. Der Abschlußbericht, der eine ausführliche Darstellung der Grundlagen sowie des aktuellen Kenntnisstandes über das Verhalten konventioneller Systeme sowie wasserglasvergüteter Systeme enthält, kann zwischenzeitlich als Veröffentlichung des MURL bezogen werden [3].

Im Verlauf der Diskussion zeichneten sich klare Unterschiede in der Beurteilung der Gleichwertigkeit des Systems S & K mit der rein mineralischen Komponente einer Dichtung einerseits und der Kombinationsabdichtung als Gesamtsystem andererseits ab. Daneben wurde herausgehoben, daß bei einer Gleichwertigkeitsbetrachtung grundsätzlich zwischen Oberflächenabdichtungen und Basisabdichtungen unterschieden werden muß. Die Elemente der aktiven Rißsicherung und der Bewehrung fanden bei der Beurteilung der Gleichwertigkeit keine Berücksichtigung, da sie losgelöst von wasserglasvergüteten Dichtungen ebensogut bei ausschließlich tonmineralhaltigen Dichtungen angewendet werden können [4].

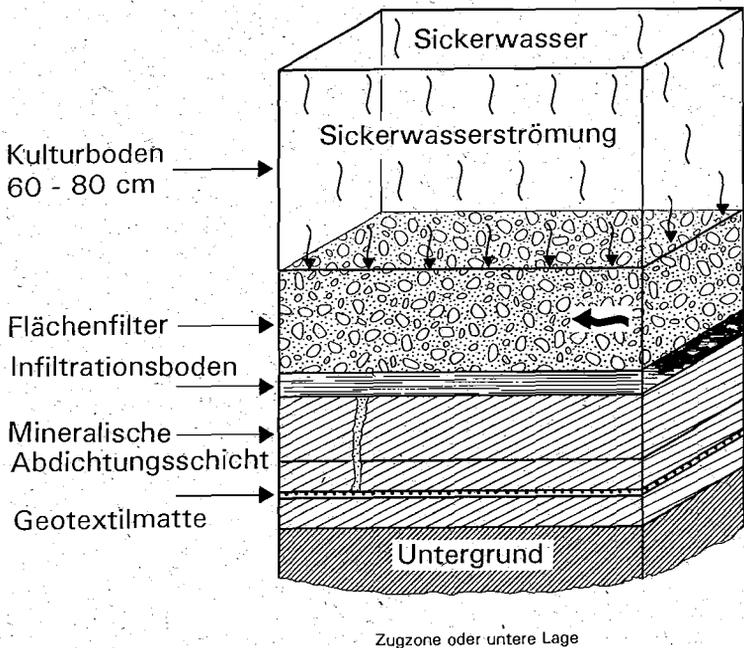


Abb. 4.1: Konzept der aktiven Rißsicherung nach dem System S & K

Als Fazit des Fachgesprächs und als Ausblick kann festgehalten werden:

- Die Gleichwertigkeit wasserglasvergüteter Dichtungen nach den Systemen S & K und DYNAGROUT mit rein mineralischen Dichtungen wird als gegeben angesehen. Dies gilt sowohl für Oberflächen- wie auch Basisabdichtungssysteme. Allerdings forderten mehrere beteiligte Fachvertreter noch tiefergehende, statistisch abgesicherte Nachweise der Dauerbeständigkeit des Materials.
- Das wesentliche Wirkungsprinzip einer Kombinationsabdichtung ist in der Kombination verschiedener Materialien mit unterschiedlichen Wirkungsmechanismen zu sehen. Die Vorteile leiten sich aus der Tatsache ab, daß die unterschiedlichen Systemkomponenten unterschiedlich auf die einzelnen Angriffe reagieren. Bei einer Forderung nach einer Mehrlagigkeit des Systems ist nicht die Anzahl von Lagen, sondern deren Funktion gefragt. Es ist deshalb zu unterscheiden zwischen mehrlagig und mehrschichtig, wobei eine Schicht als Funktionsschicht zu definieren ist. Sofern keinem Systemteil eine andere Aufgabe zugewiesen wird als einem anderen, kann nur von mehrlagig gesprochen werden. In diesem Punkt weisen ausschließlich wasserglasvergütete mineralische Dichtungen entscheidende Nachteile gegenüber einer Kombinationsabdichtung auf.

Die Gleichwertigkeit einer optimal wasserglasvergüteten mineralischen Dichtung mit einer Kombinationsabdichtung nach TA Siedlungsabfall oder TA Abfall wird auch bei K-Werten $K \leq 5 \cdot 10^{-11}$ m/s als nicht erfüllt angesehen.

- Die Einsatzmöglichkeiten des betrachteten Alternativsystems mit aktiver Rißsicherung werden eher im Bereich Oberflächenabdichtungen als im Bereich Basisabdichtungen gesehen.

5. Literatur (zitiert)

- [1] BELOUSCHEK, P. (1993): Anforderungen an ein optimiertes mineralisches Dichtungssystem unter dem Gesichtspunkt der Gleichwertigkeit bzw. Vergleichbarkeit gegenüber einer Kombinationsabdichtung für die Zentraldeponie Bochum-Kornharpen (westlicher Schüttbereich). - Studie des Institutes für Umweltforschung Schlieben im Auftrag der Stadt Bochum.
- [2] BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U.; SCHÜTZ, J. (1992): Wasserglasvergütung im Deponiebau. - in Henkelbroschüre.
- [3] DÜLLMANN, H. (1995): Vergleichbarkeit von Kombinationsdichtungssystemen mit wasserglasvergüteten Dichtungssystemen mit und ohne aktiver Rißsicherung. - Abschlußbericht über ein Fachgespräch am 07.09.94 im MURL, Düsseldorf.
- [4] SCHICK, P.; WUNSCH, R. (1995): Verformbarkeit, Rißsicherheit und Dichtigkeit von mineralischen Deponieabdichtungen. - Bautechnik 72, Heft 9, S. 588 - 599.

6. Weiterführende Literatur (wasserglasvergüteter Böden)

BELOUSCHEK, P.; NOVOTNY, R. (1989):

Zur Chemie von pulverförmigem Wasserglas und seinen Folgeprodukten Kieselsäuresole und -gele in Wasser als Ausgangsmaterial für die Herstellung einer hochwertigen Abdichtungsschicht aus bindigen Böden. - Müll und Abfall 21.

BELOUSCHEK, P. (1989):

Wasserglasvergütete mineralische Dichtsysteme - eine physikalische, chemische und kolloidwissenschaftliche Analyse. - Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, 21.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U.; NOWOTNY, R. (1990):

Wasserglasvergütete mineralische Dichtsysteme. - In: DEPONIE 3. - Hrsg. Prof. Dr.-Ing. K.J. Thomé-Kozmienski, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER J.U.:

Labortechnische und baupraktische Erfahrungen mit wasserglasvergüteten Dichtsystemen.- Hrsg. F. Arendt, M. Hinsenveld, W.J. von den Brink, Bd. II, Kluwer Academic Publishers.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U. (1990):

Labortechnische Untersuchungen zur Rißbildung sowie zur Rißsicherung von mineralischen Dichtungssystemen in der Deponietechnik.-DEPONIE 4, Hrsg. K.-J. Thomé-Kozmienski, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U. (1990):

Zum Langzeitverhalten von wasserglasvergüteten mineralischen Dichtungssystemen.- UMWELT, Heft 12.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U. (1990):

Wasserglasvergütung als Grundlage der Herstellung von Dichtsystemen und Deponiekörpern aus Recyclingmaterialien und Abfallstoffen.- VDI-Berichte, 773.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U.; LÖNZ P. (1990):

Zur Prüfung von wasserglasvergüteten Dichtsystemen aus Recyclingmaterialien und Abfallstoffen.- Gewässerschutz, Wasser und Abwasser, 118.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U.; LÖNZ, P.; JANSEN, W. (1992):

Zur Herstellung von wasserglasvergüteten Dichtsystemen aus festen Rückständen der Müllverbrennung für Deponien.- in: Müllverbrennung und Umwelt, Hrsg.: K.J. Thomé-Kozmienski EF-Verlag, Berlin.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U. (1993):

Abdichtung von Altlasten mittels Wasserglasvergütung.- in: Abdichtung und Ertüchtigung von Ablagerungen, Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky, EF-Verlag, Berlin.

BELOUSCHEK, P.; KÜGLER, J.U. (1993):

Wasserglasvergütete Dichtsysteme in der Deponietechnik.- Wasser und Boden, Heft 11.

BELOUSCHEK, P. (1994):

Schlußbericht zum Knoten 4 "Verbesserungen der Sorptionseigenschaften von wasserglasvergüteten mineralischen Dichtsystemen für Altlasten. - im Rahmen des Forschungsnetzes: Abfallwirtschaft und Altlasten des Landes NRW.

BOGUSCH, W. (1978):

Neues Verfahren zur Abdichtung von Deponieböden mittels Wasserglas.- Müll und Abfall, 10.

BOGUSCH, W. (1979):

Versuche zur Deponiebasisabdichtung mit Wasserglas.- Beihefte zu Müll und Abfall 15.

ENGLER, R. (1974):

Lösliche Silikate. - in: Seifen, Öle, Fette, Wachse, Augsburg.

HASS, H.J., ORLIA, W. (1992):

Das DynagROUT-System.- in: THOME-KOZMIENSKY (Hrsg.): Abdichtung von Deponien und Altlasten, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik.

HINZ, W. (1963):

Silikate. - Verlag für Bauwesen, Berlin.

ILER, R.K. (1979):

The Chemistry of Silikate. - John Wiley & Sons, New York.

KÜGLER, J.U. (1990):

Wasserglas für Deponieabdichtungen.- UMWELT, Bd. 20.

KÜGLER, J.U. (1986):

Natürliche Bodenabdichtung mit pulverförmigem Wasserglas.- Müll und Abfall, 12.

LAUFENBERG, J.; NOVOTNY, R. (1983):

Wasserglas-Herstellung und Anwendung.-Glastechn. Ber., 56.

MANEGOLD, E. (1956):

Allgemeine und angewandte Kolloidkunde.- Straßenbau, Chemie und Technik, Verlagsgesellschaft, Heidelberg.

MÜLLER-KIRCHENBAUER, H.; SAVADIS, S.A. (Hrsg.) (1982):

Grundwasserbeeinflussung durch Silikatgelinejektionen. - Veröffentlichungen des Grundbauinst. d. TU Berlin, Heft 11.

MÜLLER-KIRCHENBAUER, H.; SCHLÖTZER, C.; RÖGNER, J. (1993):

Ergebnisse von Laboruntersuchungen an DynagROUT-Dichtungsmassen.-Gutachten des IGBE der Universität Hannover im Auftrag der Hüls AG.

NEUMANN, H. (1956):

Injektionen zur Bodenverfestigung und Abdichtung mit Silikatgelen.- Die Bautechnik, 33.

ORLIA, W. (1994):

DynagROUT-Basisabdichtung, ein neuer mineralischer Baustoff zur Sicherung von Neudeponien. - Hüls Produktinformation GB. 4.2 Silane-Silikane.

SCHULZE, B. (1992):

Injektionssohlen.- Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Frid. i. Karlsruhe.

STETZTER-KAUFMANN, B.(1983):

Stoffverhalten chemisch injizierter Sande.- Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Frid. i. Karlsruhe.

VERHEY, E.:

Durchlässigkeitsverhalten und mineralogische Eigenschaften wasserglasvergüteter Böden.- Diplomarbeit am Lehrstuhl f. Ing.- und Hydrogeol. der RWTH Aachen (unveröffentlicht).

Einbaukriterien und Qualitätssicherung bei Bentonitmatten*)

Dipl.-Ing. Heyer,
Lehrstuhl und Prüfamnt für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik,
TU München

1. Einführung

Die Bentonitmatten, auch geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD) genannt, fanden in den letzten Jahren in der Geotechnik eine zunehmende Verbreitung für die vielfältigsten Abdichtungsaufgaben. Neben Anwendungen bei Baumaßnahmen

- zum Grundwasserschutz an Verkehrsflächen, z.B. an Straßen in Wassergewinnungsgebieten oder bei Flughäfen [1, 7],
- im Wasserbau als Dichtungselement bei Speicherbecken und Regenrückhaltebecken [4, 5],
- im Landschaftsbau als Dichtungselement für künstlich angelegte Teiche in Parks, Golfanlagen und dergleichen

werden die Bentonitmatten mittlerweile auch im Deponiebau als Dichtungselement besonders in Oberflächenabdichtungssystemen [2] zunehmend verstärkt eingesetzt. Die Vorteile der Bentonitmatten liegen vor allem darin, daß sie eine schnelle sowie flexible Verlegung ermöglichen und diese daher baubetrieblich dem Erdbau leichter anzupassen sind als andere Dichtungselemente, deren Ausführung i.d.R. den bestimmenden Prozeß darstellen.

Bei den Bentonitmatten handelt es sich allerdings um ein in der Geotechnik relativ "neues" Produkt, so daß sich hinsichtlich der technischen Anforderungen an die industrielle Fertigung und die Verlegung auf der Baustelle sowie hinsichtlich der Festlegung von Untersuchungsmethoden und Prüfungen der geforderten Eigenschaften noch keine einheitlichen Standards herausbilden konnten. Auch verfügen nur wenige Planungsbüros und bauausführende Firmen über hinreichende Erfahrungen in der Handhabung und im Umgang mit dem Dichtungselement GTD. Merkblätter oder Empfehlungen, die technische Mindestanforderungen an das Produkt und die Verlegung festlegen, stehen zur Zeit noch nicht zur Verfügung, sind aber in Bearbeitung.

Die Bentonitmatte ist ein industriell gefertigtes Produkt, mit dem daher auch aufgrund einheitlicher Produktionsbedingungen hohe Qualitätsstandards erreichbar sind. Mit ei-

*) Geringfügig überarbeitete Fassung des Vortrags "Die Bedeutung der Fremdüberwachung bei der Ausführung von Dichtungssystemen mit Bentonitmatten" von D. Heyer, N. Beer und R. Ascherl anlässlich der 4. Informations- und Vortragsveranstaltung über Kunststoffe in der Geotechnik, München, März 1995.

ner dementsprechenden Eigenüberwachung und zusätzlichen Fremdüberwachung bei der Produktion im Werk lassen sich die erforderlichen Produkteigenschaften sicherstellen und ihre Streuung reduzieren. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß die Wirksamkeit des Dichtungselements GTD stets im Zusammenhang mit den anderen Komponenten des Dichtungssystems - Erdauflager (Ausgleichsschicht), Dränschicht und Überschlüttmaterial - zu sehen ist. Die werkseitig kontrollierten Eigenschaften der Bentonitmatte (GTD) garantieren also noch keine gesicherte Wirksamkeit des "Dichtungssystems" im jeweiligen Anwendungsfall.

Aus diesem Grund kommt der Überwachung der fachgerechten Verlegung der Bentonitmatte und des Einbaus der angrenzenden Schichten eine erhebliche Bedeutung zu. Da der Fremdüberwacher über detaillierte Kenntnisse zur Verlegung der GTD verfügen muß, empfiehlt es sich, diesen bereits im Vorfeld der Baumaßnahme bei der Auswahl und Festlegung der Komponenten des Dichtungssystems und der Konzeption der Qualitätssicherung einzubeziehen. Dessen Aufgaben sind daher weiter als die alleinige Durchführung der Kontrollprüfungen zu sehen.

2. Anwendungs- und projektbezogene Problemstellungen und Anforderungen

In der Planungsphase, spätestens im Vorfeld der Baumaßnahme, sind die maßgeblichen Anforderungen zu definieren. Die Einhaltung der diesbezüglichen Anforderungen ist durch Untersuchungen zu belegen. Da es sich bei den Bentonitmatten um ein mehrschichtiges Verbundsystem handelt, können die mit einem Produkt ermittelten Untersuchungsergebnisse nicht ohne weiteres auf ein anderes Produkt übertragen werden.

Die Fragestellungen zur Eignung des Dichtungselementes können je nach Anwendung und Projekt umfassen [3]:

- Durchlässigkeitseigenschaften,
- Auswirkung von Trocken-Naß-Zyklen,
- Auswirkung von Frost-Tau-Wechseln,
- Einfluß der Auflast,
- Einfluß der hydraulischen Gradienten,
- Einfluß von Tausalzlösungen und Kohlenwasserstoffen,
- Auswahl und Festlegung des Stütz- und Überschlüttmaterials,
- Auswirkung einer Durchwurzelung,
- Innere Scherfestigkeit (Kurz- und Langzeit-),
- Scherkraftübertragung gegenüber KDB und den jeweils angrenzenden Böden oder Geokunststoffen,
- Durchlässigkeit im Überlappungsbereich,
- Selbstheilung von Perforationen.

Eine wesentliche Fragestellung bezieht sich in vielen Fällen auf die Qualität der Auflagerbedingungen der Matte und der vorzusehenden Überschlüttmaterialien. Wichtige Überlegungen sind hierbei, inwiefern im Endzustand oder während der Bauaus-

führung beispielsweise dynamische Beanspruchungen (Baustellenverkehr) oder zyklische Lasten (Wasserspiegelschwankungen) auftreten. Dementsprechend sollte dann auch eine Abstimmung der verwendeten Erdmaterialien oder planerischer Elemente wie Überschüttungshöhen auf die jeweiligen Fragestellungen erfolgen.

Dies gilt insbesondere dann, wenn sich die anzustrebenden Eigenschaften einzelner Komponenten des Dichtungssystems zunächst widersprechen, so daß eine Optimierung erforderlich wird. Soll beispielsweise oberhalb der Bentonitmatte eine Dränschicht angeordnet werden, so wird als Material hierfür möglichst gleichkörniges und grobkörniges Material in Frage kommen, daß jedoch in Hinblick auf die mechanische Beanspruchung der GTD als kritisch anzusehen ist, da in dieser Hinsicht ein abgestuftes Material mit einem möglichst geringen Größtkorn besser geeignet wäre. So muß in diesen Fällen eine Optimierung erfolgen, die einerseits eine ausreichende Ableitkapazität der Dränschicht sicherstellt und andererseits zu keinen unzulässigen Beanspruchungen der Bentonitmatte führt. Diesbezügliche Untersuchungen können vorab im Labor erfolgen - letztendliche Aussagesicherheit wird man aber erst mit der Ausführung eines Probe-feldes erlangen.

In der Praxis hat sich bewährt, die Überlappungen schubfest auszubilden, wodurch Verschiebungen der GTD im Zuge der Verlegung und Überschüttung verhindert werden.

Die Anforderungen an die zu verwendenden Materialien, die sich aus den projektbezogenen Vorüberlegungen ergeben, sollten Aussagen zu den Produkteigenschaften der Bentonitmatte, wie Permittivität, Flächenmasse, Dicke, ggf. mechanische Anforderungen u.a. sowie zu den einzusetzenden Erdmaterialien der Auflagerfläche und des Überschüttmaterials, z.B. Kornverteilung, Mindestsandanteil, Verdichtungsanforderungen, einhalten.

Im Hinblick auf die o.g. ungünstigen mechanischen Beanspruchungen der GTD durch mineralische Dränschichten können alternativ dazu Geocomposites als sogenannte Dränmatten eingesetzt werden, da bei Oberflächenabdichtungen von Deponien die Auflasten vergleichsweise gering sind und damit diese Dränmatten nicht unzulässig zusammengedrückt werden. Dabei ist aber unbedingt zu beachten, daß der Verlegeprozeß einer besonderen Abstimmung bedarf, da dann neben der Verlegung der Dränmatten auch kontinuierlich, d.h. arbeitstäglich, Rekultivierungsmaterial aufgebracht werden muß, um ein vorzeitiges Aufquellen der GTD zu verhindern (s. Abschn. 5.4).

3. Verlegeplan und Dokumentation

Als ein wichtiges Element der Qualitätssicherung ist der Verlegeplan in bezug auf die Herstellung einer Abdichtung mit Bentonitmatten zu sehen und sollte in der Ausschreibung der Baumaßnahme auch entsprechend gefordert werden. Der Verlegeplan sollte von der ausführenden Firma, und zwar noch vor Baubeginn, erstellt werden und ist vom Auftraggeber und/oder der Fremdüberwachung zu genehmigen. Während der

Durchführung der Baumaßnahme dient der Verlegeplan der Dokumentation der verlegten Bentonitmatten und des Baufortschritts.

Die Bedeutung des Verlegeplans besteht zunächst darin, daß sich die ausführende Firma und die weiterhin Beteiligten noch vor Baubeginn mit den Kriterien einer fachgerechten Handhabung und Verlegung der Bentonitmatten auseinandersetzen haben. In diesem Zusammenhang ist auch nochmals auf die Bedeutung eines Probefeldes hinzuweisen, da hierbei die Firma vor Baubeginn auch den praktischen Nachweis einer fachgerechten Handhabung der Bentonitmatte erbringen muß und dies daher auch eine entsprechende Einweisung des Personals im Hinblick auf die Verlegung (Verlegevorschriften) erfordert.

Bei der Anfertigung eines Verlegeplanes sind die nachfolgenden Prinzipien zu beachten:

- Verlegung in Entwässerungsrichtung (dachsindelartige Überlappung in Fließrichtung),
- Verlegung in Fallrichtung,
- Einbindegraben in der Böschungskrone,
- keine 4fachen Überlappungen (Kreuzstöße),
- Vermeidung von Überlappungen in den Hoch- und Tiefpunkten (z.B. Deponiekuppe - große Radien, kein ausgeprägtes Gefälle),
- Einhaltung von erforderlichen Gefällen.

Die Lösung von Detailproblemen wie z.B. Anschlüsse an Bauwerke oder Durchdringungen (Rohre) oder schwierige geometrische Randbedingungen (Gräben) sollten dagegen bereits in der Planungsphase geklärt werden.

Zusätzliche Bedeutung kommt dem Verlegeplan in Fragen der Gewährleistungen zu, da er auch als Grundlage der Bauüberwachung und zur Dokumentation dient. Diese sollte die folgenden Verlegedaten enthalten:

- Zustand des Auflagers,
- Einbaudatum,
- Verlegeort,
- Rollen-Nr. der Bentonitmatte,
- Probenahmestellen,
- Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt des Einbaus.

Die Dokumentation der Verlegearbeiten sollte arbeitstäglich erfolgen.

4. Beispiel für die Anlage eines Probefeldes

Es ist grundsätzlich anzuraten, für jedes Bauvorhaben, bei dem in größerem Umfang GTD verlegt werden, Probefelder anzulegen. Folgende Ziele sind mit der Anlage eines Probefeldes verbunden:

- Nachweis des Auftragnehmers, daß er die Verlegung beherrscht und über geeignete Geräte verfügt,
- Prüfung der Eignung der einzelnen Elemente des Dichtungssystems,
- Untersuchung spezieller Fragestellungen.

Als Beispiel für ein solches Probefeld wird im weiteren das im Zuge des Bauabschnitts der BAB A 96 bei Leutkirch im Allgäu erstellte Probefeld vorgestellt. Aus baubetrieblichen Gründen muß der Baustellenverkehr des Erdbaus teilweise in Bereichen abgewickelt werden, in denen bereits Bentonitmatten verlegt waren. Hierbei war unklar, ob und in welchem Umfang die daraus resultierenden dynamischen Belastungen die Wirksamkeit der Bentonitmatten beeinträchtigen. Da zur Simulation derartiger Beanspruchungen im Labor keine hinreichenden Erkenntnisse vorlagen, wurde ein Probefeld angelegt, um folgende Fragestellungen zu untersuchen:

- Auswirkung unterschiedlicher Überschüttmaterialien,
- Einfluß der Überschüttungshöhe,
- Schutzwirkung von geotextilen Vliesstoffen.

Versuchsdurchführung

Das Versuchsfeld lag in einem Einschnittsbereich der Trasse der A 96 und hatte eine Länge von ca. 26,5 m und eine Breite von ca. 10 m.

Die Bentonitmatten wurden, wie in Abb. 1 dargestellt, mit drei verschiedenen Überschüttmaterialien eingebaut, wobei die einzelnen Bahnen jeweils zur Hälfte durch ein mechanisch verfestigtes Polypropylenvlies mit einer Flächenmasse von 600 g/m² abgedeckt waren, so daß sich die in Abb. 1 dargestellten Versuchsaufbauten ergaben. Wie in Schnitt B-B dargestellt, nahm die Überschüttungshöhe über die Breite des Probefeldes kontinuierlich von ca. 0,85 m auf ca. 0,4 m ab, wodurch der Einfluß der Überschüttungshöhe untersucht werden konnte.

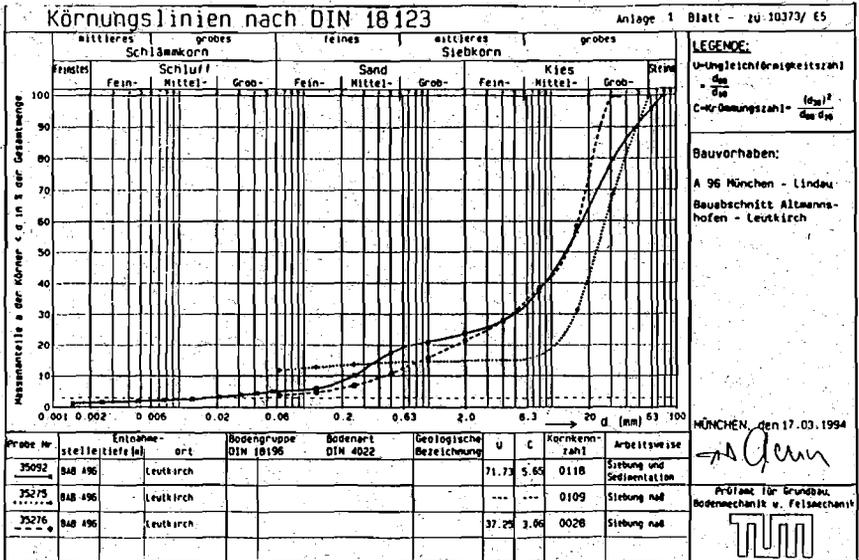


Abb. 2: Körnungslinien des Überschüttmaterials

Während der Standzeit von sieben Wochen wurde der Erdbaubetrieb der Autobahnbaustelle über das Probefeld abgewickelt und damit die Bentonitmatten statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt. Nach Versuchsende wurde das Versuchsfeld abschnittsweise freigelegt und großformatige Proben entnommen.

Beim Rückbau des Versuchsfeldes wurden in den Bereichen mit geringen Überschüttungshöhen Eindrückungen größerer Körner der Überschüttung in die Bentonitmatte festgestellt. Weiterhin konnte festgestellt werden, daß der Bentonit in der Matte teilweise durch einzelne Körner des Überschüttmaterials soweit zur Seite ausgequetscht worden war, daß dort das Abdeckvlies unmittelbar auf dem Trägervlies lag (Fehlstellen). Vereinzelt war Bentonit auch durch das Abdeckvlies hindurchgetreten.

Im Hinblick auf diese Phänomene wurden die Versuche folgendermaßen ausgewertet:

- Aufreißen der Bentonitmatte (Trennung des Verbundes zwischen dem Trägervlies und dem Abdeckvlies) zur Erkennung von Fehlstellen,
- Bestimmung des Flächenanteils ggf. vorhandener Fehlstellen an der Gesamtlfläche des Probestückes,
- Ermittlung des ggf. entstandenen Verlustes an Bentonit (Flächenmasse in g/m²) durch Trocknen nicht aufgerissener und gereinigter Probestücke,
- Durchlässigkeitsversuche mit veränderlicher Druckhöhe nach DIN-18130-TX-ST-DE UO.

Bis zu einer Überschüttungshöhe von ca. 60 cm wurden bei allen Versuchen Fehlstellen festgestellt, deren Flächenanteil v. a. vom Größtkorn des jeweiligen Überschüttmaterials abhing, so daß das sog. "Urlauer-Material" die meisten Fehlstellen verursachte. Es ergaben sich keine erkennbaren Unterschiede zwischen Versuchen mit oder ohne Schutzvlies.

Bei den Versuchen ohne Schutzvlies (I bis III) wurden gleichmäßige Verluste an Bentonit von bis zu maximal 35 % des trockenen Bentonits bis zu einer Überschüttungshöhe von ca. 60 cm ermittelt, wobei kein Zusammenhang zum Überschüttmaterial erkennbar war. Die Anordnung von Schutzvliesen (Versuche I-S bis III-S) führte zu deutlich größeren Verlusten an Bentonit von bis zu maximal ca. 50 % des trockenen Bentonits, was auf das große Porenvolumen und die offene Porenraumstruktur des Vlieses zurückgeführt wird. Unterschiedliche Auswirkungen der einzelnen Überschüttmaterialien waren v. a. bei größeren Überschüttungshöhen erkennbar, indem die Verluste an Bentonit in der Reihenfolge "Urlauer"-Material, 0/56, 0/32 abnahmen.

Die Durchlässigkeitsversuche ergaben bei allen Versuchen (mit und ohne Schutzvlies) im Bereich von Fehlstellen Permittivitäten $\psi = k/d$ von bis zu maximal $8 \cdot 10^{-7}$ 1/s, die gegenüber den an ungestörten Proben ermittelten Werten von 1 bis $3 \cdot 10^{-9}$ 1/s stark erhöht waren. Der alleinige Verlust von Bentonit (ohne Fehlstellen) hatte keinen erkennbaren Einfluß auf die Permittivität.

Die Dichtungswirkung der Bentonitmatten ist somit ausschließlich in Bereichen mit Fehlstellen beeinträchtigt. Obwohl im Hinblick auf die Dichtungswirkung keine nachteiligen Auswirkungen festgestellt wurden, ist auch der alleinige Verlust von Bentonit kritisch zu bewerten, da die Ausbildung von Fehlstellen bei länger andauernder dynamischer Beanspruchung nicht ausgeschlossen werden kann und zudem eine erhebliche Beeinträchtigung angrenzender Entwässerungssysteme durch Bentoniteinlagerungen möglich ist.

Folgerungen

Dynamische Beanspruchungen der eingebauten und bereits gequollenen Bentonitmatte durch den Erdbaubetrieb auf unbefestigten Baustraßen, sollten generell vermieden werden, z.B. durch eine "rückbauende" Abdichtung dieser befahrenen Bereiche. Sofern dies nicht möglich ist, sollten Mindestüberschüttungshöhen und/oder Schutzschichten aus Sand (mit möglichst geringem Porenvolumen) sowie ggf. ein frühzeitiger Einbau gebundener Tragschichten vorgesehen werden. Geotextile Schutzvliese haben sich in dieser Hinsicht als ungeeignet erwiesen und sollten daher vermieden werden. Die Wirksamkeit derartiger Schutzmaßnahmen sollte prinzipiell vorab durch entsprechende Probefelder mit den vorgesehenen Materialien bestätigt werden.

5. Qualitätssicherung auf der Baustelle

5.1 Allgemeines

Der Überwachung der Bauausführung kommt aufgrund der Dünnlagigkeit des Dichtungselementes "Bentonitmatte" eine besondere Bedeutung für die Qualitätssicherung zu, da bei fehlerhaftem Einbau die Dichtungsfunktion nicht mehr gegeben ist. Dies erfordert eine ständige Überwachung der Verlegearbeiten vor Ort, bei der die Fremdwahrnehmung neben der Überprüfung der Materialeigenschaften auch die Aufgabe wahrzunehmen hat, in Verbindung mit der Fachbauleitung kontinuierlich die verlegten Bereiche vor Verlegung einer Dränmatte und/oder der Überschüttung mit Dränkies bzw. Rekultivierungsmaterial abzunehmen.

5.2 Lagerung der Bentonitmatte

Die Lagerung der Bentonitmatte auf der Baustelle hat in einer Form zu erfolgen, daß die Qualität des industriell gefertigten Produktes sichergestellt bleibt. Hierzu ist grundsätzlich anzumerken, daß durchfeuchtete und angequollene Matten nicht mehr die geforderte Einbauqualität erfüllen und deshalb auch nicht mehr eingebaut werden dürfen. Die Lagerung der gelieferten Rollen soll auf einem ebenen, trockenen und sauberen Untergrund erfolgen. Die Bentonitmatte ist in jedem Fall gegen Niederschläge zu schützen. Bei Beschädigungen der werkseitigen Verpackung (z.B. beim Abladen) ist sie zusätzlich abzudecken. Bei den Verladearbeiten ist darauf zu achten, daß die Matte nicht geknickt werden soll.

5.3 Qualität des Auflagers

Die Auflagerfläche der Bentonitmatte soll ausreichend verdichtet und tragfähig sowie eben sein. Unregelmäßigkeiten des Planums sind ggf. mit Sand auszugleichen. Es dürfen keine einzelnen Steine oder Grobkieskörner vorliegen. Es empfiehlt sich die Auflagerfläche so anzulegen, daß eine schnelle Entwässerung und somit eine Vermeidung von Oberflächenwasser auf dem Planum möglich ist. Keinesfalls darf die Matte auf vernähten Flächen verlegt werden.

5.4 Überwachung der Verlegung

Da die Baufirmen sehr häufig noch über keine eigenen Erfahrungen in der Handhabung der Bentonitmatte verfügen, kommt der Überwachung der Ausführung eine besondere Bedeutung zu. Die Einhaltung der Verlegehinweise der Herstellerfirma sind hierbei zu beachten. Grundsätzlich gilt die Anforderung, daß nur trockene und ungequollene Bentonitmatten eingebaut werden dürfen.

Beim Verlegen der Matten ist ein geeignetes Verlegegerät zu verwenden, da sonst aufgrund des Rollengewichtes kein fachgerechter Einbau möglich ist. Hierbei ist zu beachten, daß ein Befahren der Matte keinesfalls zulässig ist, da dies zu Beschädigung führen kann.

Die Matten sind falten- und verzerrungsfrei einzubauen. Im eingebauten Zustand dürfen die Matten nicht unter Zug stehen (z.B. bei einer Verlegung in Grabenmulden oder auf steilen Böschungen), da die Matte nicht geeignet ist, planmäßig solche Kräfte aufzunehmen.

Für die Dichtigkeit des Abdichtungssystems ist die Einhaltung der Mindestüberlappungsbreite von 30 cm aus baupraktischer Sicht von besonderer Bedeutung, da die Überlappung eine Schwachstelle des Dichtungselementes darstellen kann. Verunreinigungen in den Überlappungsbereichen sind unbedingt zu vermeiden, da diese u.U. bevorzugte Wasserwegigkeiten erzeugen. Im Extremfall kann sich hier ein regelrechter Erosionskanal bilden und das Dichtungssystem wird seinen Anforderungen nicht mehr gerecht.

Zu große Überlappung bzw. eine Mehrlagigkeit der Bentonitmatte werden ebenfalls als nicht zweckdienlich angesehen, da sich erfahrungsgemäß in diesen Kontaktflächen niedrigere Schwerkfestigkeiten einstellen, was die Anwendung in Böschungen u.U. einschränken kann.

Ein vorzeitiges Quellen der Bentonitmatten ohne Auflast ist nicht zulässig. Aufgequollene Matten (Kriterium z.B. $w \geq 50\%$) sind auszubauen. Es ergeben sich hieraus auch die Anforderungen an die Witterung während der Verlegearbeiten. Es sollte folgendes beachtet werden:

- Die Überschüttung sollte möglichst arbeitstäglich, in jedem Fall aber vor Niederschlägen erfolgen.
- Grundsätzlich ist eine Verlegung bei Frosttemperaturen möglich. Voraussetzung hierfür ist allerdings auch Trockenheit.

Da mit der Bentonitmatte erfahrungsgemäß große Flächen sehr schnell verlegt werden können, sollte eine Abstimmung an die Kapazitäten des nachfolgenden Erdbaus erfolgen, um längere Liegezeiten der Matte ohne Überschüttung möglichst zu vermeiden.

Bei Gefälleflächen, auf denen die Matte aufgrund der begrenzten Tagesleistung nicht am Stück verlegt werden kann, sollte die Verlegung sinnvollerweise von den Hochpunkten aus erfolgen, damit kein Wasser auf dem Planum zu den bereits verlegten Bereichen zuströmen kann.

Vor dem Überschütten sind die Bentonitmatten grundsätzlich von der FÜ/Bauaufsicht abzunehmen und die verlegten Matten von der ausführenden Firma im Verlegeplan mit ihrer Rollen-Nr. zu dokumentieren.

5.5 Einbau der Überschüttung

Der Einbau der Bentonitmatte hat in einer Weise zu erfolgen, daß Beschädigungen oder Verschiebungen ausgeschlossen werden. Nachfolgende Kriterien sind daher zu beachten:

- Die Matte darf von Baumaschinen nicht befahren werden.
- Die Überschüttung der Matte sollte entweder mit einem Bagger oder mit einer Raupe vor Kopf erfolgen. Beim Einsatz von Raupen sollte nicht zu viel Material gleichzeitig geschoben werden, da sonst von einer starken mechanischen Beanspruchung der Matte auszugehen ist. Das Schieben darf hierbei nur in Überlappungsrichtung, also nicht gegen den Überlappungsstoß, erfolgen, um der Gefahr des Aufwölbens oder Verschiebens der Matte entgegen zu wirken. Auch scharfes Wenden von Baumaschinen kann eine örtliche Schadensursache sein.
- Erhöhte Beanspruchungen der bereits überschütteten Matte, beispielsweise durch Baustellenverkehr, können durch höhere Überdeckung verringert oder durch Baustraßen außerhalb des Verlegebereiches vermieden werden.
- Hohe kleinflächige Beanspruchung (punktförmige Belastungen) der Matte sollten vermieden werden, da sie zu Verdrückungen des gequollenen Bentonits führen können.
- Bei dynamischen Beanspruchungen kann sich auch die Ausbildung einer gesonderten Schutzschicht (z.B. Sand) als sinnvoll erweisen.

5.6 Ausführung von Anschlüssen

Neben den Überlappungen sind etwaige Anschlüsse der Bentonitmatte an Bauwerke oder -teile kritische Bereiche des Dichtungssystems. Sie sollten daher möglichst vermieden werden. Die Durchlässigkeit sollte hier gegenüber der Matte nicht erhöht sein.

Bei stärkeren mechanischen Beanspruchungen, wie sie durch den Einbau oder in Böschungen auftreten können, sollten ggf. Verbindungen zu Erhöhung der Schubfestigkeit des Stoßes vorgesehen werden, um ein Verschieben der Überlappungsstöße zu verhindern.

Prinzipiell ist die Überlappung immer in der zu erwartenden Fließrichtung (dachschildartige Überlappung) auszuführen. Eine Anströmung des Stoßes ist unerwünscht, da sie im Randbereich der Überlappung zu einem Austrag von Bentonit führen kann.

Liegen Vliese oder Gewebe direkt und ohne abdichtendes Bentonit aufeinander, so werden zur Vermeidung erhöhter Wasserwegigkeiten Bentonitpasten bzw. -pulver zwischen den beiden Geotextillagen verwendet.

Die Anschlüsse der neu verlegten Bentonitmatten an Altbereiche, in denen die Bentonitmatte bereits eingebaut wurde und sich in einem zumindest unter Auflast angequollenen Zustand befindet, werden durch eine standardmäßige Überlappung hergestellt. Diese Bereiche sind besonders sorgfältig hinsichtlich des Einbauzustandes zu überprüfen. Es gilt hierbei der Grundsatz, daß ohne Auflast gequollene Mattenbereiche immer zu entfernen sind. Dies hat zur Folge, daß die Randbereiche entweder durch Folien vor einer Wasseraufnahme geschützt werden (bautechnisch schwierig), oder aber es wird ein bereits überschütteter Mattenstreifen wieder bis in einen Bereich hinein freigelegt, in dem visuell keine deutlichen (stärkeren) Eindrückungen mehr erkennbar sind (ca. 1 m). Die Freilegung hat hierbei vorsichtig von Hand zu erfolgen, da der Einsatz von Baumaschinen zu einer Beschädigung der Matten führen würde.

Für Anschlüsse der Bentonitmatte an Bauwerke oder Rohrleitungen stehen meist konstruktive Lösungen mit Anschlußmanschetten und einer Verfüllung von Zwischenbereichen bzw. Einschnittstellen in den Matten mit einer Bentonitpaste zur Verfügung.

6. Art und Umfang der Kontrollprüfungen

Die Kontrolluntersuchungen an den eingebauten Materialien werden im Regelfall im Labor durchgeführt. Für besondere Fragestellungen kann allerdings auch die Durchführung von Feldversuchen sinnvoll sein. Im Rahmen der Überwachung erfolgen Untersuchungen an den nachfolgend genannten Materialien,

- Erdmaterialien des Auflagers (Ausgleichs-/Gasdränschicht),
- Bentonitmatten,
- Dränmatten,
- Erdmaterialien der mineralischen Dränschicht bzw. der Rekultivierungsschicht.

Deren Eignung bzw. Verträglichkeit im Sinne eines "Dichtungssystems" ist nachzuweisen. Die zu wählenden Kontrollraster sollten der Bedeutung des Abdichtungssystems entsprechend angepaßt werden. Die durchgeführten Prüfungen lassen sich wie folgt unterteilen in:

- Identifikationsprüfungen,
- Kontrollprüfungen,
- Sonderprüfungen (verlegte Bereiche, Aufgrabungen).

Die Eigenüberwachung auf der Baustelle kann aufgrund werkmäßiger Produktionskontrolle durch Eigenüberwachung und Fremdüberwachung nach DIN 18200 entfallen.

Die Überprüfung der Materialien sollten zumindest die folgenden Untersuchungen beinhalten:

Erdmaterialien des Auflagers

- Kornverteilung
- Verdichtungseigenschaften (Proctorversuch)
- Überprüfung der Verdichtung/Tragfähigkeit
- Prüfraster nach Erfordernis

Bentonitmatten

- Permittivität (Durchlässigkeitseigenschaften)
- Wassergehalt
- Masse pro Flächeneinheit
- Verbundfestigkeit nach Erfordernis
- Prüfungen je 2000 m², wobei der Umfang nach Vorliegen erster Ergebnisse ggf. reduziert werden kann

Erdmaterialien der Überdeckungs- und Schutzschicht

- Kornverteilung
- Homogenität des Materials
- Verdichtungseigenschaften (Proctorversuch)
- Überprüfung der Verdichtung/Tragfähigkeit
- Prüfraster nach Erfordernis

Feldversuche zur Überprüfung der Dichtigkeit der Bentonitmatten haben sich aufgrund der schwierigen Versuchsbedingungen als nicht zweckdienlich erwiesen.

7. Zusammenfassung

Mit der Bentonitmatte (GTD) steht dem planenden Ingenieur ein Dichtungselement für vielfältige Anwendungsbereiche zur Verfügung. Die Vorteile der GTD liegen insbesondere in einer schnellen und flexiblen Verlegung, die daher leichter an den Erdbau anzupassen ist als andere Dichtungselemente. Zudem läßt sich durch eine werkseitige Überwachung des industriell gefertigten Produktes GTD ein hoher Qualitätsstandard erreichen. Allerdings ist die GTD immer im Zusammenwirken mit den umgebenden Erdmaterialien für Auflager und Überschüttung als "Dichtungssystem" zu sehen, weshalb die Wirksamkeit, d.h. die Übernahme der Dichtungsfunktion, in großem Maße von der Verwendung geeigneter Materialien abhängt. Neben der Auswahl geeigneter Materialien hat sich die Überwachung der Verlegung und des Einbaus auf der Baustelle als wesentliches qualitätssicherndes Kriterium für die spätere Nutzung und Funktionsfähigkeit der GTD herausgestellt. Anwendungen in der Praxis belegen, daß bei einer sorgfältigen bautechnischen Ausführung mit der GTD ein wirtschaftliches und funktionsfähiges Dichtungselement auch für Oberflächenabdichtungen von Deponien zur Verfügung steht.

8. Schrifttum

- [1] Gruber, N., R. Floss und H. Schmidt (1992):
"Bau des neuen Flughafens München - Hydrogeologische und gründungs-
technische Besonderheiten" Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau
(DGEG): Vorträge der Baugrundtagung 1992 in Dresden, S. 437-475.
- [2] Heerten, G. (1994):
"Geotextile Dichtungselemente als mineralische Komponente in Oberflächen-
abdichtungen" Süddeutsches Kunststoffzentrum: 10. Fachtagung "Die sichere
Deponie", Würzburg.
- [3] Heyer, D. (1994):
"Grundsatzuntersuchungen zur Wirksamkeit von Bentonitdichtungsmatten",
Symposium "Geokunststoff-Ton-Dichtungen GTD", Nürnberg, 1994, Heft 71,
S. 113-124, Eigenverlag Landesgewerbeanstalt Bayern.
- [4] List, F., J. Dressler und M. Rau (1995):
"Geotextilien für Meßeinrichtungen beim Pumpspeicherkraftwerk
Reisach-Rabenleite", 4. Informations- und Vortragsveranstaltung "Kunststoffe
in der Geotechnik" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) an der
TU München.
- [5] Rau, M. und J. Dressler (1994):
"Meß- und Kontrollsystem für das Oberbecken des Pumpspeicherkraftwerkes
Reisach-Rabenleite", Symposium "Geokunststoff-Ton-Dichtungen GTD",
Nürnberg, 1994, Heft 71, S. 261-271, Eigenverlag Landesgewerbeanstalt Bay-
ern.
- [6] Saathoff, F. und H. Ehrenberg (1992):
"Dichtung von der Rolle", Baumaschinendienst, Heft 9.
- [7] Schmidt, R. (1994):
"GTD-Verlegung im Wasserschutzgebiet an der A 96 bei Leutkirch", Sympo-
sium "Geokunststoff-Ton-Dichtungen GTD", Nürnberg, 1994, Heft 71,
S. 249-259, Eigenverlag Landesgewerbeanstalt Bayern.

Seit 1. April 1994 sind bisher folgende „Materialien“ des Landesumweltamtes NRW erschienen:

- | | | |
|----|---|----------|
| 1 | Der Dynamische Daphnientest
– Erfahrungen und praktische Hinweise –
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 44 S. | 15,00 DM |
| 2 | Umsetzung der TA-Siedlungsabfall bei Deponien
2. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 99 S. | 15,00 DM |
| 3 | Verwertung von Elektro- und Elektronikgeräten
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 153 S. | 20,00 DM |
| 4 | Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 91 S. | 15,00 DM |
| 5 | Einwicklung im Bereich der Sonderabfallentsorgung
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 39 S. | 15,00 DM |
| 6 | Ökologische Auswirkungen von Fischteichen auf Fließgewässer
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 208 S. | 25,00 DM |
| 7 | Ökologische Effizienz von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 462 S. | 28,00 DM |
| 8 | Vermeidung von Bunkerbränden in Abfallverbrennungsanlagen mit Hilfe
der Infrarot-Thermographie
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 53 S. | 15,00 DM |
| 9 | Prozeßleittechnik in Anlagen der chemischen Industrie –
Anlagenschutz und sicherheitsrelevante Komponenten
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 119 S. | 20,00 DM |
| 10 | Sicherheitstechnische Hinweise und Anforderungen an Abschott- und
Entlastungssysteme aus der Sicht der Störfall-Verordnung
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 40 S. | 15,00 DM |
| 11 | Literaturstudien zum PCDD/F-Transfer vom Boden in die Nahrungskette
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 149 S. | 25,00 DM |
| 12 | Die verlust- und kontaminationsfreie Probenahme und -vorbereitung
von Wässern und Feststoffen
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 203 S. | 28,00 DM |
| 13 | Essener Verfahren zur Bewertung von Altlastenverdachtsflächen
– Erstbewertung und normierte Charakterisierung –
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 66 S. | 15,00 DM |
| 14 | Optimierung der thermischen Behandlung organischer chlorhaltiger
Problemabfälle
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 132 S. | 25,00 DM |
| 15 | Entsorgungsbericht 1993 über Sonder- und Massenabfälle in NRW
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 75 S. | 20,00 DM |
| 16 | Begleitende meßtechnische Erfolgskontrolle bei der Sanierung
einer Textilreinigungsanlage
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 60 S. | 15,00 DM |

Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen

- 17 Ausgewählte Untersuchungsergebnisse der halbtechnischen Versuchskläranlage
– Untersuchungen zur Stickstoffelimination –
– Praxiserprobung von Online-Meßtechnik –
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 110 S. 20,00 DM
- 18 Vergleich verschiedener europäischer Untersuchungs- und Bewertungsmethoden für Fließgewässer
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 140 S. 25,00 DM
- 19 Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen
– Ergebnisse der Erprobung in NRW –
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 150 S. 25,00 DM
- 20 Information und Dokumentation bei Deponien
4. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch, 26. Oktober 1994
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 98 S. 20,00 DM
- 21 Ausbreitungsuntersuchungen von Gerüchen anhand einer Modellquelle
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 57 S. 15,00 DM
- 22 Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs
– Prognose und Schutzmaßnahmen –
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 658 S. 40,00 DM
- 23 Naturraumspezifische Leitbilder für kleine und mittelgroße Fließgewässer in der freien Landschaft
Eine vorläufige Zusammenstellung von Referenzbach- und Leitbildbeschreibungen für die Durchführung von Gewässerstrukturgütekartierungen in Nordrhein-Westfalen
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 127 S. 25,00 DM
- 24 Siedlungsabfalldeponien – Oberflächenabdichtung und Sickerwasser
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 162 S. 25,00 DM
- 25 Thermodynamische Analyse der Verfahren zur thermischen Müllentsorgung
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 121 S. 25,00 DM
- 26 Normierung und Konventionen in der Abfallanalytik – Aufgaben und Ziele
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 188 S. 28,00 DM
- 27 Entsorgungsbericht 1994 über Sonder- und Massenabfälle in Nordrhein-Westfalen
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 92 S. 20,00 DM
- 28 Umweltüberwachung im Spannungsfeld; integral/medial – privat/staatlich
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 289 S. 30,00 DM
- 29 Bauabfallentsorgung – von der Deponierung zur Verwertung und Vermarktung
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 181 S. 28,00 DM
- 30 Ergebnisse von Dioxin-Emissionsmessungen an Industrieanlagen in NRW
– Dioxinmeßprogramm Nordrhein-Westfalen –
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 114 S. 20,00 DM
- 31 Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Deponien in NRW
Fortbildungsveranstaltung am 27./28. Juni 1995 im Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (BEW) in Essen
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 189 S. 28,00 DM

Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen

