Bodenmanagement im Zusammenhang mit der Stilllegung von Deponien

Dr.-Ing. Ernst Reuter

IWA Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Abfallwirtschaft

Marienstr. 122, 32425 Minden

1. Einleitung

Ein wesentliches Ziel im Umweltschutz ist der schonende Umgang mit den Ressourcen. Dieses Ziel folgt den Vorgaben der Agenda 21, die mit ihren 40 Kapiteln alle wesentlichen Politikbereiche einer umweltverträglichen, nachhaltigen Entwicklung anspricht und in Rio de Janeiro 1992 von mehr als 170 Staaten als gemeinsames Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert verabschiedet worden ist.

In der Agenda 21 wird unter anderem auch ein integrierter Ansatz für die Planung und die Bewirtschaftung der Bodenressourcen gefordert. Eine nachhaltige Politik der **Schonung natürlicher Ressourcen** misst der Schaffung geschlossener Stoffkreisläufe hohe Bedeutung zu. Die Grundsätze einer solchen Kreislaufwirtschaft in Deutschland sind im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) festgelegt. Priorität hat ein möglichst hoher Grad der Ausnutzung aus der Natur entnommener Materialien. Angestrebt wird ferner eine Entkopplung des Abfallaufkommens vom Wirtschaftswachstum.

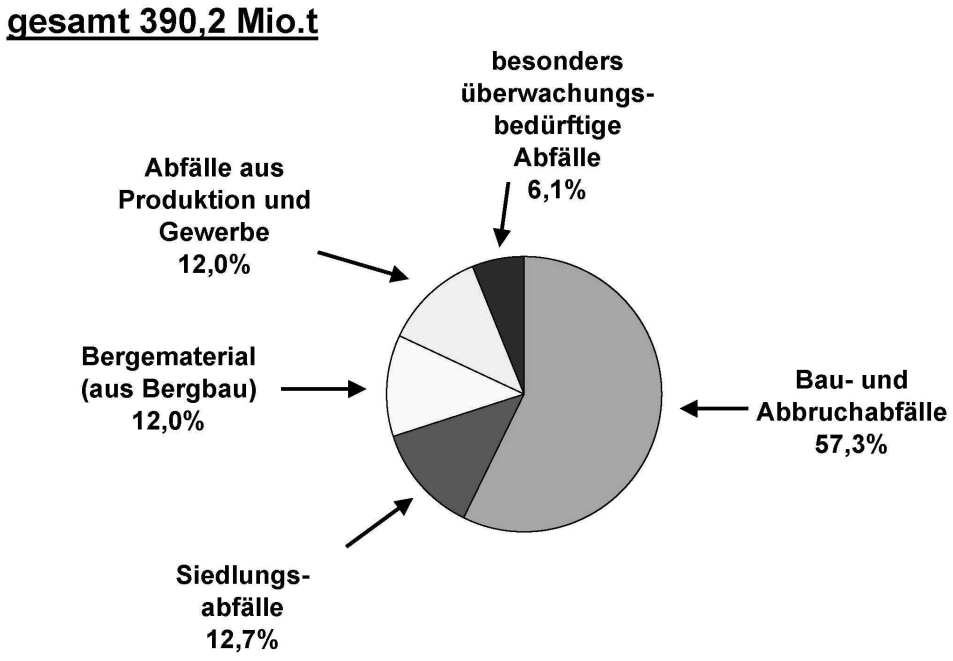

Bild 1: Abfallaufkommen nach Art der Abfälle (Stand 2003, Daten UMWELTBUNDESAMT 2005)

Nicht vermeidbare Abfälle sollen als neue Rohstoffe wieder in der industriellen Produktion eingesetzt oder so aufbereitet werden, dass sie als „inerte“ (immissionsneutrale) Schlacke umweltverträglich abgelagert werden können. Bild 1 zeigt das Abfallaufkommen in der Bundesrepublik Deutschland differenziert nach Art der Abfälle; die entsprechenden Verwertungsquoten können Bild 2 entnommen werden. Seit Jahren zeigt sich eine stabile hohe Verwertungsquote von ca. 85 % bei der mit Abstand größten Abfallfraktion, den Bau- und Abbruchabfällen. Sie werden vorwiegend im Straßen-, Tief- und Landschaftsbau, häufig nach vorheriger Aufbereitung, wieder verwendet und ersetzen Jahr für Jahr knapp 200 Mio. t Mineralstoffe aus natürlichen Lagerstätten.

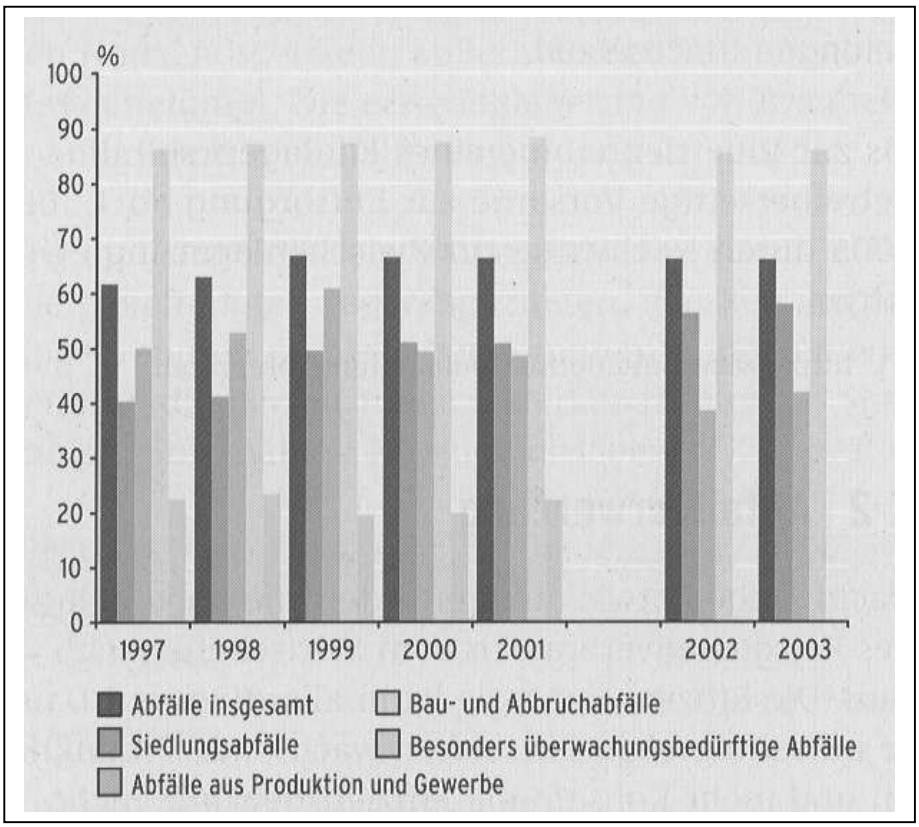

Bild 2: Entwicklung der Verwertungsquoten für die Hauptabfallströme (aus UMWELTBUNDESAMT 2005)

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit den Fragen des Bodenmanagements im Zusammenhang mit der Stilllegung von **Siedlungsabfalldeponien**. Dabei wird Bezug genommen auf zwei bereits 1993 in der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) definierte und damals wegweisende Strategien im Hinblick auf eine umweltneutrale Ablagerung von Siedlungsabfällen:

1. In der TASi wurde das **Multibarrierenkonzept** für Siedlungsabfalldeponien definiert, bei dem mehrere weitgehend unabhängig voneinander wirksame Barrieren geschaffen und die Freisetzung und Ausbreitung von Schadstoffen nach dem Stand der Technik verhindert werden. Dieses Multibarrierenkonzept ist Vorlage für die auch heute noch abfallrechtlich vorgegebenen Regelabdichtungssysteme an der Deponiebasis (betrifft die Neuanlage bzw. Erweiterung bestehender Deponiestandorte) und an der Deponieoberfläche (betrifft die Stilllegung verfüllter Deponieabschnitte oder Deponiestandorte).

2. Mit dem Ziel, nach dem **1. Juni 2005** die Ablagerung von Siedlungsabfällen nur noch nach einer thermischen oder mechanisch-biologischen **Vorbehandlung** zuzulassen, folgte man bereits damals dem Grundsatz, das „Übel an der Wurzel zu packen“ und das Schadstoffpotential und –inventar bereits vor der Ablagerung so weit wie möglich zu reduzieren. Allerdings führte die lange Übergangsfrist von 12 Jahren (1993 – 2005) und die damit verbundene Rechtsunsicherheit im Hinblick auf mögliche gesetzliche Änderungen in der Praxis dazu, dass manche Deponiebetreiber die für die Umsetzung erforderlichen technischen Vorbereitungen „auf die lange Bank“ schoben, was insbesondere beim mechanisch-biologischen Vorbehandlungskonzept zu teilweise deutlichen Termin- (und Kostenüberschreitungen?) führte.

Die aktuellen Zuordnungskriterien einzelner Abfälle zu den verschiedenen in Deutschland gebräuchlichen Deponieklassen für obertägige Deponien (Deponieklasse 0 bis Deponieklasse III) wurden vom Gesetzgeber in der Abfallablagerungsverordnung (AbfAblV) im Jahr 2001 bzw. in der Deponieverordnung (DepV) im Jahr 2002 konkretisiert. **Siedlungsabfalldeponien** (früher: Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) werden im abfallrechtlichen Vollzug heute in der Regel der **Deponieklasse II** zugeordnet. Viele, insbesondere die Altdeponien, die bereits vor in Kraft treten der TASi betrieben worden sind, verfügen nicht oder nur teilweise über die Abdichtungssysteme, wie sie als Regelaufbau in der DepV bzw. AbfAblV gefordert sind, um einen langfristigen Betrieb sicherzustellen. Eine Ergänzung oder Erneuerung der Abdichtungssysteme ist in Anbetracht der begrenzten Restlaufzeiten und der damit verbundenen Kosten – wenn überhaupt technisch möglich – in der Regel unwirtschaftlich. In Anbetracht der in den vergangenen Jahren festzustellenden stark rückläufigen Siedlungsabfallmengen wurden deshalb mit dem Stichtag 1. Juni 2005 zahlreiche obertägige Deponiestandorte für Siedlungsabfall **stillgelegt**.

2. Rahmenbedingungen für die Stilllegung von Deponien

Die Geschichte der „geordneten“ Deponietechnik beginnt in der Bundesrepublik Deutschland in den 70er Jahren. 1969 regelte noch ein (einfaches) Merkblatt des damaligen Bundesgesundheitsamtes im Auftrag von Bund und Ländern dass dort, wo bei der Ablagerung fester und schlammiger Abfälle aus Siedlung und Industrie besondere Maßnahmen zum Grundwasserschutz erforderlich waren, eine Dichtung des Untergrundes vorgenommen werden musste. Hierfür sollten „Ton- und Lehmdichtungen in ausreichender Schichtdicke von mindestens jedoch 20 cm“ vorgesehen werden. Alternativ wurde das „Verlegen genügend starker verschweiß – oder verklebbarer Kunststofffolien als Sonderlösung“ in Betracht gezogen (BUNDESGESUNDHEITSAMT 1969).

Mit dem ersten Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) von 1972 wurde der Grundsatz vorgegeben, dass Abfälle (generell) so zu beseitigen sind, dass das **Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt** wird. Gefahren für die Gesundheit der Menschen waren danach ebenso auszuschließen wie schädliche Beeinflussungen von Gewässern, auch des Grundwassers.

Trotzdem – so zeigt Tabelle 1 – besaßen noch 1980 weniger als ein Drittel der Abfalldeponien eine Abdichtung gegen Grundwasser und lediglich etwas mehr als 10% eine Sickerwasserfassung und –behandlung.

Merkmal	1980	
	Anzahl	%
Insgesamt	2920	100
Abdichtung gegen Grundwasser	914	31
Sickerwasseraustrag	390	13
Sickerwasserbehandlung	349	12
Verdichtung u. Planierung der Abfälle	1858	64
Rekultivierung	2179	75
Entgasung	127	4

Tab. 1: Deponieausstattung in Deutschland im Jahr 1980 (nach UMWELTBUNDESAMT 1984)

Die Entwicklung des Multibarrierenkonzeptes in den 80er Jahren und seine Festschreibung in den abfallrechtlichen Regelwerken der 90er Jahre führte zunächst zu einer deutlichen Verteuerung der Kosten für die Deponieausstattung/Deponiegebühren. Gleichzeitig waren die vielen mit dem Boom des Wirtschaftswunders in den Nachkriegszeiten entstandenen „Müllkippen“ Gegenstand intensiver Untersuchungen im Hinblick auf mögliche Grundwasserverschmutzungen. Zahlreiche Deponien wurden infolge mangelnden technischen Standards – gegebenenfalls in Verbindung mit einer Sanierung oder Sicherung gegen schädliche Emissionen (siehe auch Beitrag FRÜCHEL/MEYER an gleicher Stelle) geschlossen. Bild 3 gibt die **zahlenmäßige Entwicklung der Deponiestandorte** in Deutschland vom Inkrafttreten des ersten Abfallbeseitigungsgesetzes 1972 bis zum Jahr 2020 (Prognose) wieder. Der Sprung im Jahr 1991 erklärt sich aus der deutschen Wiedervereinigung. Die Prognose 2005 bis 2020 bezieht sich auf die umweltpolitische Vorgabe, in Deutschland die obertägige Deponierung von Siedlungsabfällen bis spätestens 2020 zu beenden und durch eine vollständige Verwertung im Sinne des o.a. integrierten Abfallbeseitigungsansatzes abzulösen (bekannt als Fünf-Punkte-Programm des BMU von 1999, vergleiche SCHNURER 2004).

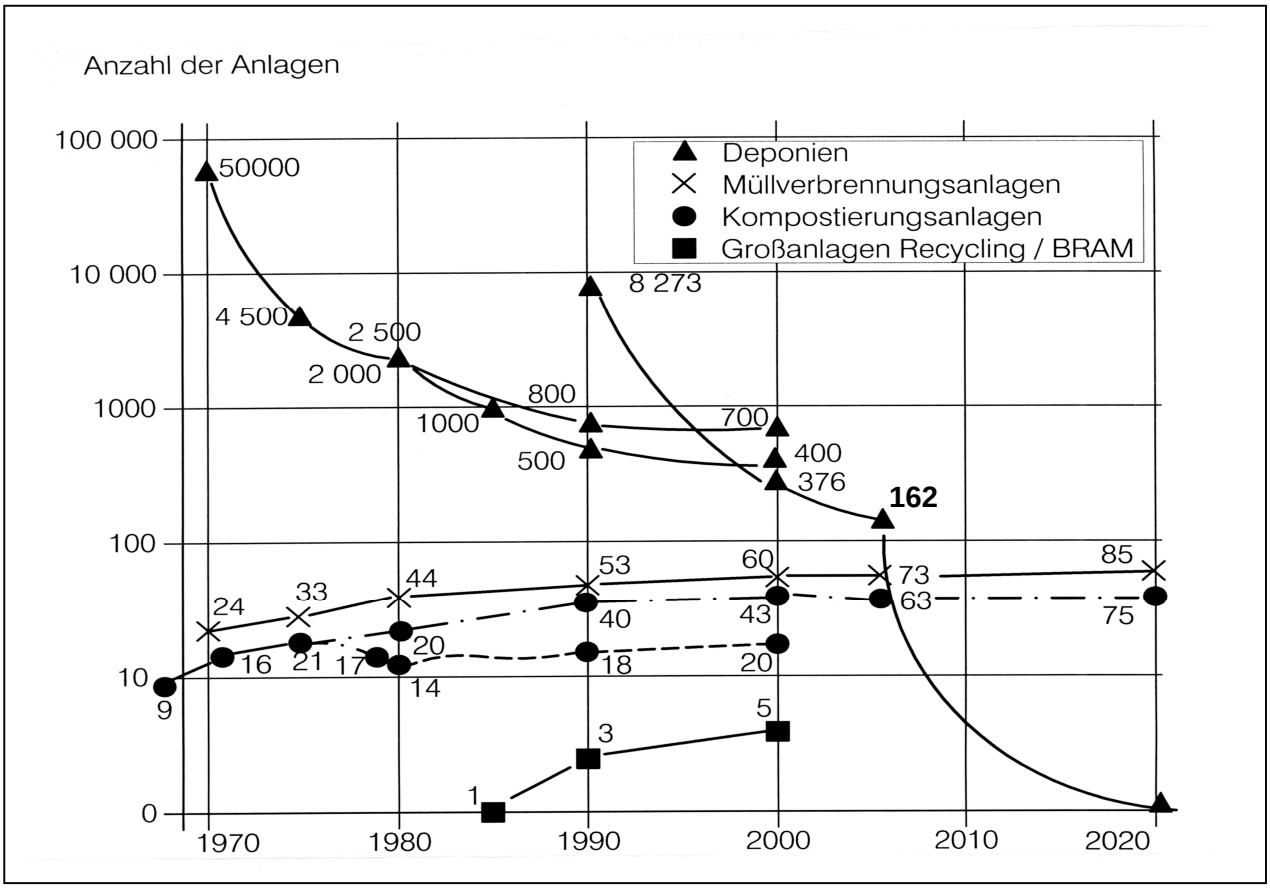

Bild 3: Zahlenmäßige Entwicklung der Deponiestandorte in Deutschland (aus REUTER/BARTELS 2005)

Im Unterschied zu einer Industrieanlage kann eine Deponie jedoch nicht „auf Knopfdruck“ abgeschaltet werden. Hinsichtlich einer geeigneten Stilllegungsstrategie ist zu berücksichtigen, dass insbesondere die Siedlungsabfalldeponien alter Prägung je nach Anteil an organischen Abfällen mehr oder weniger starken und lange andauernden biochemischen Zersetzungsprozessen und Emissionen unterliegen. Einhergehend mit diesen Zersetzungsprozessen bildet sich Sickerwasser und Deponiegas. Beides muss gefasst, kontrolliert abgeleitet und verwertet oder beseitigt werden. Da bis zum Ende der Ablagerungsphase auf dem Deponiekörper selbst kein komplett geschlossenes Abdichtungssystem vorhanden sein kann, findet in dieser Phase immer ein **Eindringen von Niederschlagswasser** und damit eine Aufsättigung des Deponiekörpers und auch ein unvermeidbares **Entweichen von Deponiegas** statt. Bild 4 zeigt die verschiedenen Zeitphasen einer Deponie in einer schematischen Übersicht.

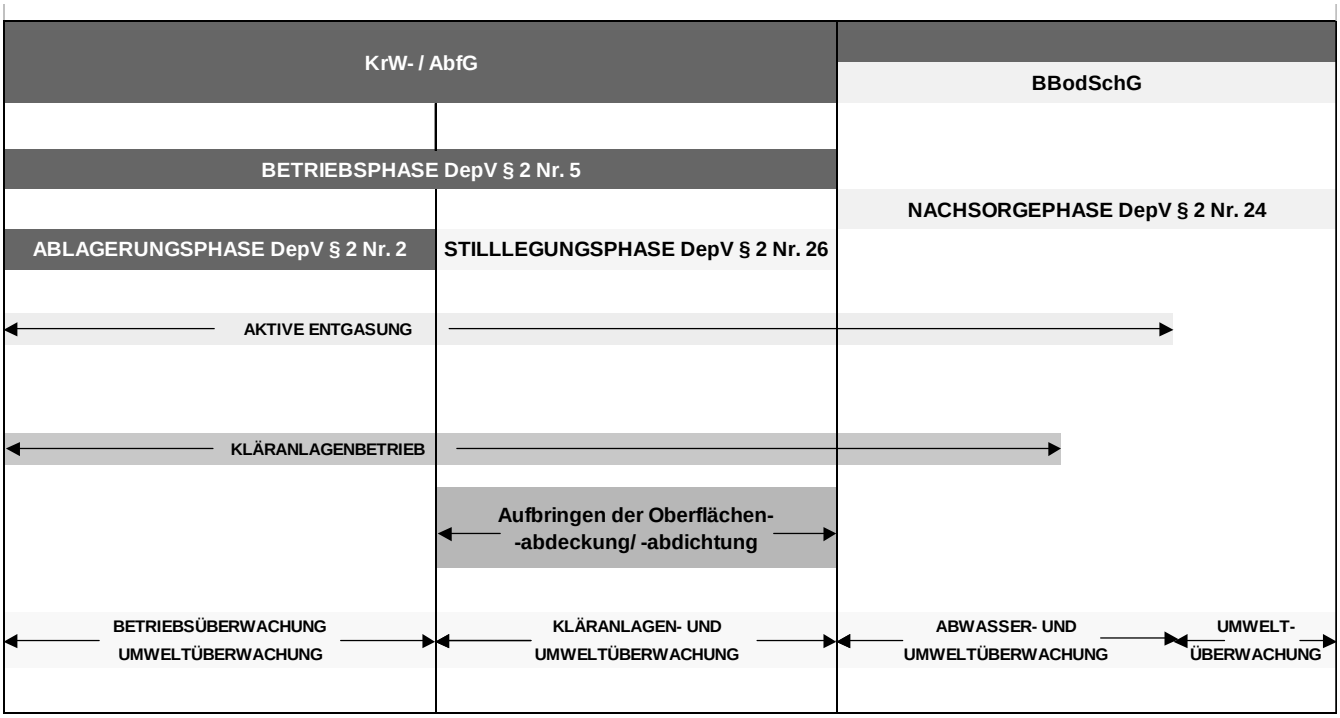

Bild 4: Deponiezeitphasen, schematisch (aus DEPONIELEITFADEN 2003)

Die Reaktionsmechanismen der Sickerwasser- und Deponiegasbildung sind vergleichsweise träge. Wissenschaftliche Untersuchungen berichten in Anbetracht der großen Abfallmengen, die an einem Deponiestandort zusammenkommen, über emissionsrelevante Zeiträume von Jahrzehnten beim Deponiegas bzw. von Jahrhunderten beim Sickerwasser, wenn die Abfälle keine Vorbehandlung im Sinne der TASi erfahren haben und der Niederschlagseintritt nicht unterbunden wird.

Einzelne Erfahrungen mit Abdichtungsmaßnahmen an der Oberfläche von Deponien zeigen ferner, dass noch über einen Zeitraum von drei bis fünf Jahren nach vollständiger Abdichtung mit Sickerwasser an der Deponiebasis zu rechnen ist („Ausbluten des Deponiekörpers“). Im gleichen Zeitraum ist auch mit einer nennenswerten Reduzierung der Deponiegasbildung zu rechnen, da die biochemischen Zersetzungsprozesse feuchtigkeitsabhängig sind und einer Mindestfeuchtigkeit bedürfen.

Daraus ergibt sich der Konflikt, dass man mit einer schnellen und vollständigen Abdichtung eines Deponiekörpers gegen Niederschlagseintritt zum Ende der Ablagerungsphase die nicht vorbehandelten Abfälle (also die meisten der bis zum 1. Juni 2005 betriebenen Deponien bzw. Deponieabschnitte) lediglich „mumifiziert“. Die sich daraus ergebenden Fragen im Zusammenhang mit der Langzeitbeständigkeit der Abdichtungssysteme (auch der Regelabdichtung!) sollen nachfolgend kurz angerissen werden. In der Fachliteratur finden sich zu dieser Thematik zahlreiche Publikationen, die auf diesen **Widerspruch in der aktuellen Abdichtungsstrategie** bei alten Siedlungsabfalldeponien mit vorwiegend oder teilweise nicht vorbehandelten Abfällen – im folgenden als Altdeponien bezeichnet - hinweisen:

Das in der TASi 1993 vorgegebene und 2002 in die DepV nahezu unverändert übernommene Regelabdichtungssystem für die Oberflächenabdichtung auf Deponien der DK II sieht auch für Altdeponien die schnellstmögliche komplette Abdichtung – hilfsweise eine temporäre Oberflächenabdeckung zur Sickerwasserminimierung und Verhinderung der Deponiegasmigration – vor.

Für die zahlreichen Altdeponien (vgl. Bild 3) führt diese Strategie jedoch zu der o.a. Mumifizierung aller vor der Ablagerung nicht ausreichend schadstoffentfrachteter Abfälle. Das Vorsorgeprinzip, wonach „Deponien so geplant, gebaut und betrieben werden müssen, dass sie langfristig zu keiner Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit führen“ (TASi 1993), kann bautechnisch glaubwürdig, transparent und nachvollziehbar nur umgesetzt werden, wenn die zeitlich unbestimmte Forderung „langfristig“ mit **konkreten Zeitvorgaben** belegt wird. Eine zeitlich unbegrenzte Forderung würde auf „ewig“ funktionstüchtige Abdichtungssysteme bedingen, nach deren Bau die Deponie dann praktisch vergessen werden kann. Dazu führt die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) in einem Grundsatzpapier bereits 1999 (LAGA 1999) aus, dass „die Abdichtungssysteme und sonstigen technischen Einrichtungen einer Deponie wie jedes andere von Menschenhand errichtete Bauwerk **nicht dauerhaft Bestand** haben können“.

Aus der Sicht des Autors bedingt eine seriöse Strategie für die Stilllegung von Altdeponien vorrangig, ein hochwertiges Abdichtungssystem nach dem Stand der Technik zu errichten, für das im Rahmen von Eignungsprüfungen der Nachweis zu erbringen ist, dass alle Komponenten unter den gegebenen Randbedingungen der Deponiestilllegung eine Funktionsfähigkeit besitzen, die im Sinne des abfallrechtlichen Vorsorgeprinzips deutlich über die im Baurecht (nach dem Gefahrenabwehrprinzip) üblicherweise angesetzten 100 Jahre reicht. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Zeitspanne **nicht beliebig groß** gewählt werden darf: Die geforderten Funktionszeiträume müssen einerseits den abfallrechtlichen Anforderungen des Vorsorgeprinzips genügen; andererseits muss der Stand der Werkstoff- und Ingenieurtechnik hinsichtlich praktikabler und reproduzierbarer Prüfmethoden gewahrt bleiben.

Gleichzeitig können in die Dimensionierung von Oberflächenabdichtungssystemen nur Zeithorizonte eingehen, über die auch die tatsächlich stattfindenden Einwirkungen (z. B. aus Klima) hinreichend genau und sicher prognostiziert werden können. Unsichere (weil zu lange) Prognosezeiträume dürfen nicht durch beliebige unverhältnismäßige worst-case-Szenarien abgebildet werden, da die dadurch erzielte **scheinbare Sicherheit** zu extrem unwirtschaftlichen Konstruktionen führt und das Gebot des sparsamen und effizienten Umgangs mit den Abgaben der Bürger verletzt wird.

Und letztlich muss im Sinne eines fairen technischen wirtschaftlichen Wettbewerbs dafür gesorgt werden, dass hinsichtlich aller zur Verfügung stehenden Systemkomponenten tatsächlich eine identische Nachweistiefe bei den Eignungsnachweisen zu Grunde gelegt werden.

Nach Ansicht des Autors wäre deshalb eine zu fordernde uneingeschränkte Funktionsfähigkeit aller Abdichtungskomponenten über einen **Zeitraum von mindestens 200 Jahren** angemessen, praktikabel und ausreichend. Leider haben die über diese Frage zu entscheidenden technischen und politischen Arbeitsgruppen sich bisher nicht auf die Definition eines konkreten Zeitraumes für den Nachweis der Mindestfunktionsdauer bei Oberflächenabdichtungssystemen einigen können. Häufig wird argumentiert, dass man nachfolgenden Generationen keine Altlasten überlassen darf. Diese Verpflichtung ist sicherlich unstrittig. Aber wären nach dem heutigen Stand der Technik gesicherte Deponien tatsächlich Altlasten? Bei Erfüllung der genannten Anforderung sind sie es mit Sicherheit für viele Jahrhunderte eben nicht!

Vorausschauend kann man ferner davon ausgehen, dass die technischen Möglichkeiten im Umweltschutz, aber auch die Anforderungen z.B. im Jahr 2306 ganz andere, heute noch nicht vorstellbare Optionen im Hinblick auf z.B. den kompletten Rückbau von obertägigen Siedlungsabfalldeponien (mit gleichzeitiger Energiegewinnung?) eröffnen – ein Thema, dass bereits in den neunziger Jahren kurz auf der wissenschaftlichen Tagesordnung stand.

Nach heutigem Rechtsstandard müssen die Betreiber einer Deponie auch nach der Stilllegung weiterhin das Deponieverhalten und mögliche Auswirkungen der Deponie auf die Umwelt **umfassend kontrollieren und überwachen**. Über nachteilige Feststellungen ist die zuständige Behörde unverzüglich zu unterrichten. Gemeinsam sind Maßnahmen – Sicherungen oder Sanierungen - einzuleiten. Dabei hat der Deponiebetreiber gegenüber der Behörde den Nachweis zu erbringen, dass er bis zum Abschluss der Nachsorgephase eine entsprechende finanzielle Leistungsfähigkeit besitzt. Die DepV verlangt hierfür die Stellung einer Sicherheitsleistung für deren Berechnung ein Nachsorgezeitraum von mindestens dreißig Jahren bei Deponien der Klassen I – III anzusetzen ist. Diese Festlegung eines **dreißigjährigen Nachsorgezeitraumes** für die Kalkulation der Sicherheitsleistung geht auf die EU-Richtlinie vom 26. April 1999 über Abfalldeponien zurück und ist in erster Linie eine Festlegung zur Definition einheitlicher Kalkulationsgrundlagen für die betriebswirtschaftliche Ermittlung der erforderlichen Rückstellungen.

Mit Antrag des Deponiebetreibers auf Entlassung aus der Nachsorge sind umfangreiche Dokumentationen zum Deponieverhalten nach der Stilllegung bei der zuständigen Behörde einzureichen. Unter anderem ist nachzuweisen, dass die Deponie **auch zukünftig keine Grundwasserbelastungen** verursacht und die Oberflächenabdichtung und Rekultivierungsschicht in einem funktionstüchtigen und stabilen Zustand sind, der auch durch eine geplante Nutzung nicht beeinträchtigt werden kann. Mit Feststellung des Abschlusses der Nachsorge entlässt die zuständige Behörde den Deponiebetreiber aus seiner abfallrechtlichen Verantwortung; ab diesem Zeitpunkt fällt die Deponie nicht mehr unter die Bestimmungen des Abfallrechtes (Vorsorgeprinzip), sondern unter die Bestimmungen des Bundesbodenschutzgesetzes (Gefahrenabwehrprinzip).

3. Technische Lösungen für die Deponiestilllegung

Entsprechend den Regelanforderungen der Deponieverordnung ist in der Stilllegungsphase der Deponie oder eines Deponieabschnittes ein Oberflächenabdichtungssystem gemäß Bild 5 bzw. Tabelle 2 zu errichten. Alternativ ist ein Aufbau aus gleichwertigen Systemkomponenten bzw. durch gleichwertige Kombination von (nicht notwendigerweise gleichwertigen) Systemkomponenten zu errichten.

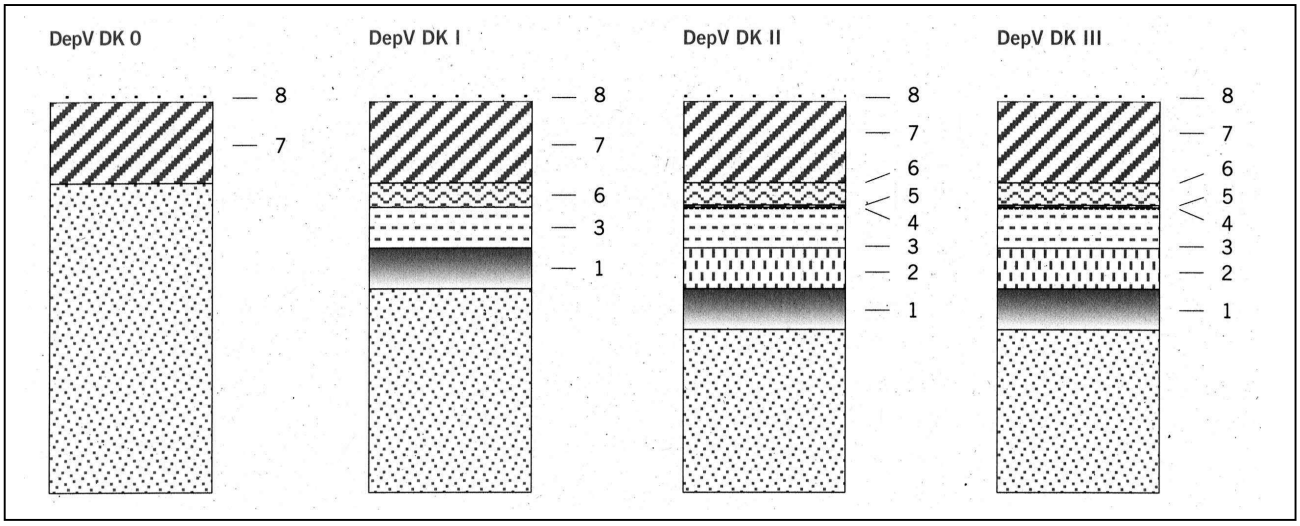

Bild 5: Regelaufbau (schematisch) für die Stilllegung von Deponien nach Deponieverordnung [aus Deponieleitfaden]

Nr.	System-Komponente	DK 0	DK I	DK II	DK III
1	Ausgleichsschicht [1)]	nicht erforderlich	d ≥ 0,50 m	d ≥ 0,50 m	d ≥ 0,50 m
2	Gasdränschicht [1)]	nicht erforderlich	nicht erforderlich	ggf. erforderlich	ggf. erforderlich
3	Mineralische Abdichtung [2)3)]	nicht erforderlich	d ≥ 0,50 m k ≤ $5 \cdot 10^{-9}$ m/s	d ≥ 0,50 m k ≤ $5 \cdot 10^{-9}$ m/s	d ≥ 0,50 m k ≤ $5 \cdot 10^{-10}$ m/s
4	Kunststoffdichtungsbahn	nicht erforderlich	nicht erforderlich	d ≥ 2,5 mm	d ≥ 2,5 mm
5	Schutzlage	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
6	Entwässerungsschicht [4)]	nicht erforderlich	d ≥ 0,30 m k ≥ $1 \cdot 10^{-3}$ m/s	d ≥ 0,30 m k ≥ $1 \cdot 10^{-3}$ m/s	d ≥ 0,30 m k ≥ $1 \cdot 10^{-3}$ m/s
7	Rekultivierungsschicht, d ≥ 1m	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
8	Bewuchs	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich

Tab. 2: Hinweise zu den Komponenten des Regelaufbaus der Oberflächenabdichtungssysteme (aus DEPONIELEITFADEN 2003), mit:

1) Die zuständige Behörde kann Abweichungen zulassen, wenn die Funktionsfähigkeit der Schichten nicht beeinträchtigt wird.

2) Der Durchlässigkeitsbeiwert k ist bei i = 30 (Laborwert) einzuhalten. Materialzusammensetzung und Einbautechnik sind so wählen, dass die Gefahr einer Trockenrissbildung minimiert wird.

3) Abweichungen sind zulässig, wenn die Funktionsfähigkeit der Dichtung nicht beeinträchtigt wird.

4) Abweichungen hinsichtlich Schichtstärke und Durchlässigkeitsbeiwert sind zulässig, wenn die Dränleistung der Entwässerungsschicht und die Standsicherheit der Rekultivierungsschicht langfristig gewährleistet wird.

In der Fachöffentlichkeit wird seit ca. zehn Jahren und im zunehmenden Maße Kritik an der **Funktionssicherheit des Regelabdichtungssystems** laut. Diese Kritik richtet sich zum einen an den Systemaufbau und hier insbesondere an die vorgegebene Kombinationsabdichtung in Form einer tonmineralischen Abdichtung mit aufliegender Kunststoffdichtungsbahn. Hinweise hierzu finden sich in STOFFREGEN et al. 1999 und REUTER et al. 2004. Das Thema kann an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden. Im Zusammenhang mit dem Bodenmanagement bei der Stilllegung von Deponien sei jedoch auf die gerade in jüngerer Zeit zunehmende Kritik am Regelaufbau verwiesen, die auf die (möglicherweise regionale) **mangelnde Verfügbarkeit** an im Sinne der Regelanforderungen geeigneten Baustoffen hinweist.

Hinsichtlich der Frage der Verfügbarkeit und des Bodenmanagements ist dabei unbedingt das Zeitfenster der Stilllegungsphase zu beachten, dass üblicherweise einen Zeitraum von maximal fünf bis zehn Jahren nach Ende der Ablagerungsphase umfasst und häufig durch das Abklingen der durch die biochemischen Zersetzungsprozesse bedingten Sackungen des Deponiekörpers bestimmt wird (vgl. Bild 4). Für diese Phase sieht die Deponieverordnung das Aufbringen temporärer Oberflächenabdeckungen zur Sickerwasserminimierung vor, die vorzugsweise später Bestandteil des endgültigen Oberflächenabdichtungssystems werden.

Wie Bild 3 zeigt sind nach den Statistiken des Umweltbundesamtes im Zeitraum 2001 – 2005 214 ehemalige Siedlungsabfalldeponien aus dem Ablagerungsbetrieb genommen worden. Diese Siedlungsabfalldeponien befinden sich derzeit in der Stilllegungsphase. Unter der Annahme, dass im Mittel auf diesen Deponien in den nächsten 5 Jahren jeweils noch ca. 10 ha Deponiefläche mit einem endgültigen Deponieoberflächenabdichtungssystem nach dem Stand der Technik zu bauen ist, ergibt sich daraus der in der Tabelle 3 dargestellte kurz- und mittelfristige Baustoffbedarf.

Annahme: 214 Deponien, i.M. 10 ha, Regelabdichtungssystem DepV DK II, Mindestanforderungen:

- Ausgleichs- und Gasdränschicht ca. 11 Mio. m³
- Mineralische Abdichtung ca. 11 Mio. m³
- Kunststoffdichtungsbahn ca. 22 Mio. m²
- geotextile Schutzlage ca. 22 Mio. m²
- mineralische Entwässerungsschicht ca. 6 Mio. m³
- Rekultivierungsschicht ca. 22 Mio. m³

Tab. 3: Kurz- und mittelfristiger Baustoffbedarf für die Deponiestilllegungsphase 2001 – 2010 in Deutschland (Schätzung)

Dabei wurden lediglich die Mindestschichtstärken des Regelaufbaus unterstellt, obwohl gerade im Bereich der Rekultivierungsschichten seit mehreren Jahren ein Trend zu einer Erhöhung der Schichtstärke auf ca. 1,3 – 1,5 m zu beobachten ist. Insgesamt bedeutet das, dass in der Zeitphase bis 2010 qualitativ hochwertige mineralische Baustoffe in einer Größenordnung von ca. 50 Mill. Kubikmetern im Deponiebau erforderlich werden. Bei einem üblichen Fassungsvolumen für einen großen Sattelauflieger als Transportfahrzeug von ca. 15 m³ und unter Berücksichtigung eines Auflockerungsfaktors von 1,4 für den Transport im Unterschied zum eingebauten Materialvolumen ergibt sich daraus die stattliche Anzahl von ca. **5 Mill. Materialtransporten**. Wohl gemerkt: Gegenstand dieser Betrachtung sind lediglich Siedlungsabfalldeponien der Deponieklasse II, die im Bereich öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger betrieben werden bzw. wurden. Betriebseigene Deponien oder Deponien anderer Deponieklassen müssen unter Umständen in technisch ähnlicher Form stillgelegt bzw. rekultiviert werden und würden diese Betrachtung noch einmal deutlich verschärfen.

Die Diskussionen um die Probleme hinsichtlich Systemaufbau und Schichtstärken bei Oberflächenabdichtugssytemen führten in der Deponietechnik dazu, dass seit ca. Mitte der 90er Jahre **verstärkt technische Alternativen und Produkte** entwickelt worden sind, mit denen zum Regelaufbau gleichwertige Systeme – nach Auffassung einzelner Fachleute unter Umständen auch höherwertige Systeme – realisiert werden können. Vorreiter dieser Entwicklung war die Geokunststoffindustrie, die bereits seit Ende der 80er Jahre mit den BAM-zugelassenen Kunststoffdichtungsbahnen (BAM = Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung, Berlin) einen festen Platz in der Deponietechnik einnimmt. Als Alternative zu mineralischen Entwässerungsschichten werden häufig spezielle Dränmatten, als Ersatz für tonmineralische Abdichtungen geosynthetische Tondichtungsbahnen (in der Praxis auch als Bentonitmatten bezeichnet) eingesetzt. Der aktuelle Stand der Technik hinsichtlich des Einsatzes von Geokunststoffen bei der Deponiestillegung ist in HEERTEN/REUTER 2006 zusammengefasst.

Darüber hinaus wird verstärkt über den Einsatz von **Abfällen als Deponieersatzbaustoffe** diskutiert. Hier geht es vorrangig um die Funktionsschichten

- Ausgleichs- und Profilierungsschicht
- Mineralische Abdichtungsschicht
- Entwässerungsschicht
- Rekultivierungsschicht.

Aus stofflicher Sicht handelt es sich bei diesen Abfällen in der Regel um

- mineralische Reststoffe, aufbereiteten Bauschutt und kontaminierte Böden
- kommunale Klärschlämme
- Straßenaufbruch und Bankettschälgut
- Aschen und Schlacken aus thermischen Abfallbehandlungsanlagen sowie
- Aschen und Schlacken aus steinkohlebefeuerten Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken.

Des weiteren werden industrielle Nebenprodukte und Recycling-Baustoffe verwendet.

Um eine Billigentsorgung über die Verwertungsschiene einzudämmen und den wasserrechtlichen Vorgaben Rechnung zu tragen – immerhin wird das Niederschlagswasser, das die Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht durchsickert auf den Abdichtungsschichten abgeleitet und üblicherweise unvorbehandelt in den nächsten Vorfluter abgegeben – wurde mit der Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) am 01.09.2005 ein weiteres Regelwerk verbindlich, dass die schadlose Verwertung von Abfällen im Deponiebau unter bestimmten Voraussetzungen regelt. Danach dürfen Deponieersatzbaustoffe aus Abfällen unter anderem nur dann eingesetzt werden, wenn sie bautechnisch geeignet sind und die Stoffe bestimmten physikalischen und chemischen Anforderungen genügen. Diese Anforderungen sind in Abhängigkeit der Funktionsschichten, in denen die Abfälle eingesetzt werden sollen, differenziert geregelt.

Vor dem Hintergrund der oben bereits diskutierten Frage ausreichender Materialverfügbarkeit führte die Deponieverwertungsverordnung mit ihren Anforderungen zu einer weiteren Verknappung geeigneter Baustoffe aus Abfällen. Damit einhergehend beobachtet man aktuell ein Kippen des „Abfallbaustoffmarktes“ vom Angebotsüberhang (und günstigen Einkaufspreisen, teilweise sogar Einkaufserlösen) hin zum Nachfrageüberhang, was in Einzelfällen bereits zu einer deutlichen **Korrektur der bisher kalkulierten Rückstellungen** für die Deponiestilllegung geführt hat.

In Anbetracht all dieser Entwicklungen ist eine ganzheitliche und ganzzeitliche vorausschauende Stilllegungsplanung erforderlich, bei der technische und wirtschaftliche Alternativen zum Regelabdichtungssystem gesucht werden müssen. Dazu müssen die Entwicklungen am **lokalen Bau- und Reststoffmarkt** beobachtet und ein **vorausschauendes** Materialmanagement betrieben werden. Gegebenenfalls kann der Abschluss von Vorverträgen sinnvoll sein; dabei muss dann aber auf ausreichende und geeignete **Zwischenlagerflächen auf dem Deponiegelände** geachtet werden.

Eine ganzheitliche Stilllegungsplanung umfasst also gleichermaßen technische als auch organisatorische und wirtschaftliche Aufgaben und stellt höchste Ansprüche an die **Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten** (Bauherr = Deponiebetreiber, Fach- und Genehmigungsbehörden, Fachgutachter, Deponieplaner). Im Rahmen des mündlichen Vortrages wird beispielhaft der inhaltliche und zeitliche Ablauf einer solcher Stilllegungsplanung und des damit in Zusammenhang stehende Bodenmanagements aufgezeigt. Hierbei handelt es sich um die Realisierung einer sogenannten „schwarz-grünen Barriere“ wie sie in REUTER et al. 2004 beschrieben ist und von der IWA gegenwärtig an einem 20 ha großen Deponiestandort, der zum 01.06.2005 aus dem Ablagerungsbetrieb gegangen ist, umgesetzt wird. Aufgrund besonderer technischer Anforderungen, die sich aus den klimatischen Einwirkungen an Standort ergeben, sind dabei bestimmte Materialoptimierungen im Bereich der hier zum Einsatz kommenden Wasserhaushaltsschicht (als grüne Barriere) und der geeigneten Vegetation zu berücksichtigen. Dazu wurde das Projekt in mehrere Bearbeitungsphasen, nämlich

- Computer-Simulation des Wasserhaushaltes des Oberflächenabdichtungssystems im Endzustand,
- Gleichwertigkeitsnachweis des vorgesehenen alternativen Abdichtungssystems,
- ingenieurtechnische Genehmigungsplanung,
- Entwicklung von Materialkonzepten zur Herstellung der Wasserhaushaltsschicht,
- orientierende Untersuchungen an potentiell geeigneten, lokalen Wasserhaushaltsmaterialien,
- detaillierte Eignungsprüfung an potentiell geeigneten, lokalen Wasserhaushaltsmaterialien,

- Bau von großflächigen Testfeldern auf dem Deponiegelände,
- mehrjähriger Eignungsnachweis im Feld unter konkreten Standortbedingungen,
- logistische Vorbereitungen am Deponiestandort zum Aufbereiten der Böden/Baustoffe in der erforderlichen Menge und Qualität,
- Ausführungsplanung und Ausschreibung der Bauleistungen und
- Herstellung der Wasserhaushaltsschicht auf der Deponieoberfläche als Abschluss des endgültigen Oberflächenabdichtungssystems.

unterteilt.

Die schwarze Barriere (hier: BAM-zugelassene Kunststoffdichtungsbahn) wird bereits jetzt als temporäre Abdeckung direkt nach Abschluss des Einlagerungsbetriebes abschnittsweise gebaut, so dass auch während der vorbereitenden Arbeiten zur Realisierung der Wasserhaushaltsschicht eine ausreichende Barrierewirkung gegen eindringendes Niederschlagswasser bzw. Austreten des Deponiegases sichergestellt ist. Sie wird mit einer Entwässerungsschicht aus Schmelzkammergranulat und einer Bodenabdeckung überschüttet.

Die grüne Barriere (hier: optimierte Wasserhaushaltsschicht mit mehrschichtiger Vegetation) wird nach Abschluß aller Labor- und Felduntersuchungen in einem zweiten Schritt auf die temporäre Abdeckung aufgebracht.

Die gesamte Projektlaufzeit aller vorstehend beschriebenen Arbeitsschritte bis zum Beginn der Baumaßnahmen umfasst in diesem Fall – nicht zuletzt wegen der mehrjährigen Laufzeit der Testfelder – einen Zeitraum von ca. 5 Jahren. Neben der IWA sind in das Projekt verschiedene Fachgutachter für spezielle Fragestellungen eingebunden. Durch die IWA werden Planungsleistungen, aber auch die gesamte Projektkoordination und die Abstimmungen mit den Fach- und Genehmigungsbehörden zentral vorbereitet und abgewickelt. Der Bauherr wird anhand von Zeitplänen in Besprechungen regelmäßig über den Projektstand informiert. Alle vorzubereitenden Entscheidungen werden frühzeitig gemeinsam abgestimmt.

Durch den Einsatz des alternativen Oberflächenabdichtungssystems werden trotz der damit verbundenen höheren Aufwendungen für Umplanungen, Fachgutachten und Bodenmanagement mehrere Millionen Euro Stilllegungskosten im Vergleich zum Ende der neunziger Jahre geplanten und genehmigten Aufbau **eingespart**. Zugleich wird ein Konzept realisiert, dass durch die Kombination einer technischen Abdichtungsschicht (Kunststoffdichtungsbahn) mit einer ingenieurbiologischen Barriere (Wasserhaushaltsschicht mit geeigneter Vegetation) eine **zeitlich unbegrenzte Funktionssicherheit verspricht bei minimalem Unterhaltungsaufwand**.

4. Literatur

BUNDESGESUNDHEITSAMT 1969: „Die geordnete Ablagerung (Deponie) fester und schlammiger Abfälle aus Siedlungen und Industrie“, Merkblatt Nr. 3, Bundesgesundheitsblatt, 12. Jahrgang, Nr. 22, S. 362

DEPONIELEITFADEN 2003: „Leitfaden zur Deponiestilllegung, VKS Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V./ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg. und Vertrieb)

FRÜCHEL, B./MEYER, C. 2006: „Bodenmanagement im Rahmen der Sanierung der Altablagerung Osnabrück-Wüste“, Vorträge zum Diskussionsforum Bodenwissenschaften der Fachhochschule Osnabrück am 26.10.2006 (Veröffentlichung in Vorbereitung)

HEERTEN, G./REUTER, E. 2006: „Erfahrungen mit Geokunststoff-Alternativen und mineralischen Komponenten in Oberflächenabdichtungssystemen“, Vorträge des Braunschweiger Deponieseminars 2006, Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Braunschweig, Heft 83, Eigenverlag

LAGA 1999: „Einführung zu Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen“, Grundsatzpapier der LAGA ad hoc Arbeitsgruppe Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), veröffentlicht in: AbfallwirtschaftsFakten 6, Bezug: www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de

REUTER, E. et al 2004 : « Die schwarz-grüne Barriere – Konzept für eine nachhaltige und kostengünstige Schließung von Altdeponien“, Vorträge des Braunschweiger Deponieseminars 2004, Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Braunschweig, Heft 74, Eigenverlag

REUTER, E./BARTELS, J. 2005: „Optimierung der Stilllegungs- und Nachsorgestrategie von Deponien und Auswirkungen auf den Rückstellungsbedarf“, Vorträge der Leipziger Deponiefachtagung 2005, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH), Fachgebiet Geotechnik/Deponiebau, Eigenverlag

SCHNURER, H. 2004: „Die vollständige Verwertung von Siedlungsabfällen bis zum Jahr 2020“, Vorträge des Karlsruher Deponieseminars 2004, Reihe Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Heft 132, Erich Schmidt Verlag

STOFFREGEN, H. et al. 1999: „Rissgefährdung von Kombinationsdichtungen durch temperaturabhängige Austrocknung“, Zeitschrift Müll und Abfall 1/1999

UMWELTBUNDESAMT 1984: Jahresbericht 1982, Eigenverlag

UMWELTBUNDESAMT 2005: Daten zur Umwelt – Der Zustand der Umwelt in Deutschland, Umweltbundesamt (Hrsg.), Ausgabe 2005, Erich Schmidt Verlag

Kontakt: Dr.-Ing. Ernst Reuter

reuter@iwa-minden.de