

Funktionale Anforderungen an den Einsatz von Ersatzbaustoffen bei der Profilierung, Abdichtung und Rekultivierung von Deponien, Altlasten und Bergbauhalden

Dr. habil. Stefan Melchior

*melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft
Hamburg, Wörrstadt - www.mplusw.de*

1 Einleitung

Wann kann von einer Verwertung von Abfällen gesprochen werden und wann handelt es sich eher um eine Abfallbeseitigung? Diese Frage ist in der Praxis oft nicht so einfach zu beantworten. Häufig wird darum gestritten, ob eine bestimmte, in der Regel unter Laborbedingungen im Eluat gemessene Schadstoffkonzentration am Verwertungsort zulässig, vertretbar oder umweltverträglich ist. Je nach Betrachtungsweise (Vorsorgeprinzip, Gefahrenabwehr, Boden- und Grundwasserschutz, Abfallwirtschaft) und Eigeninteresse sind die vorgetragenen Argumente und Bewertungen recht unterschiedlich (zu den wichtigsten aktuellen Verordnungen und Regelwerke zu diesem Thema, allen voran die Bundestagsfassung der Deponieverwertungsverordnung (DEPVERWV), siehe Literaturverzeichnis).

Nun ist die Schadlosigkeit am Ort der Verwertung sicherlich eine unverzichtbare Voraussetzung, Grundgedanke der Verwertung ist jedoch, dass durch den Einsatz von Abfällen der Einsatz von unbelasteten Baustoffen im Sinne des Ressourcenschutzes vermieden wird, die Abfälle somit zu „Ersatzbaustoffen“ werden. Um als solche gelten zu können, müssen die Abfälle nicht nur schadlos sein, sondern auch die geotechnischen Eigenschaften aufweisen, die erforderlich sind, um am Einsatzort die Funktion der Bauwerkskomponente zu erfüllen, in der die Verwertung erfolgt. Andernfalls drängt sich die Vermutung auf, dass weniger auf die Verwertung als auf die Beseitigung des Abfalls gezielt wird.

Der vorliegende Beitrag fasst im Sinne einer kurzen Einführung in das Tagungsthema die bei der Profilierung, Abdichtung, Oberflächenentwässerung und Rekultivierung wesentlichen funktionalen Anforderungen an die Baustoffe zusammen und zeigt anhand einiger Fallbeispiele welche unterschiedliche Systeme beim Abschluss von Deponien, Altlasten und Bergbauhalden in der Praxis zum Einsatz gelangen.

2 Schichtaufbau von Abdecksystemen

Deponien, Altlasten und Hinterlassenschaften des Bergbaus werden mit sehr unterschiedlichen Systemen abgedeckt. Dies liegt zum Teil an unterschiedlichen rechtlichen Vorgaben.

Am weitreichendsten sind die in der DEP V (2002, siehe auch TA ABFALL, 1991 und TA SIEDLUNGSABFALL, 1993) gefassten Anforderungen im Deponierecht, die bis hin zu technischen Vorgaben von Materialeigenschaften der Systemkomponenten reichen.

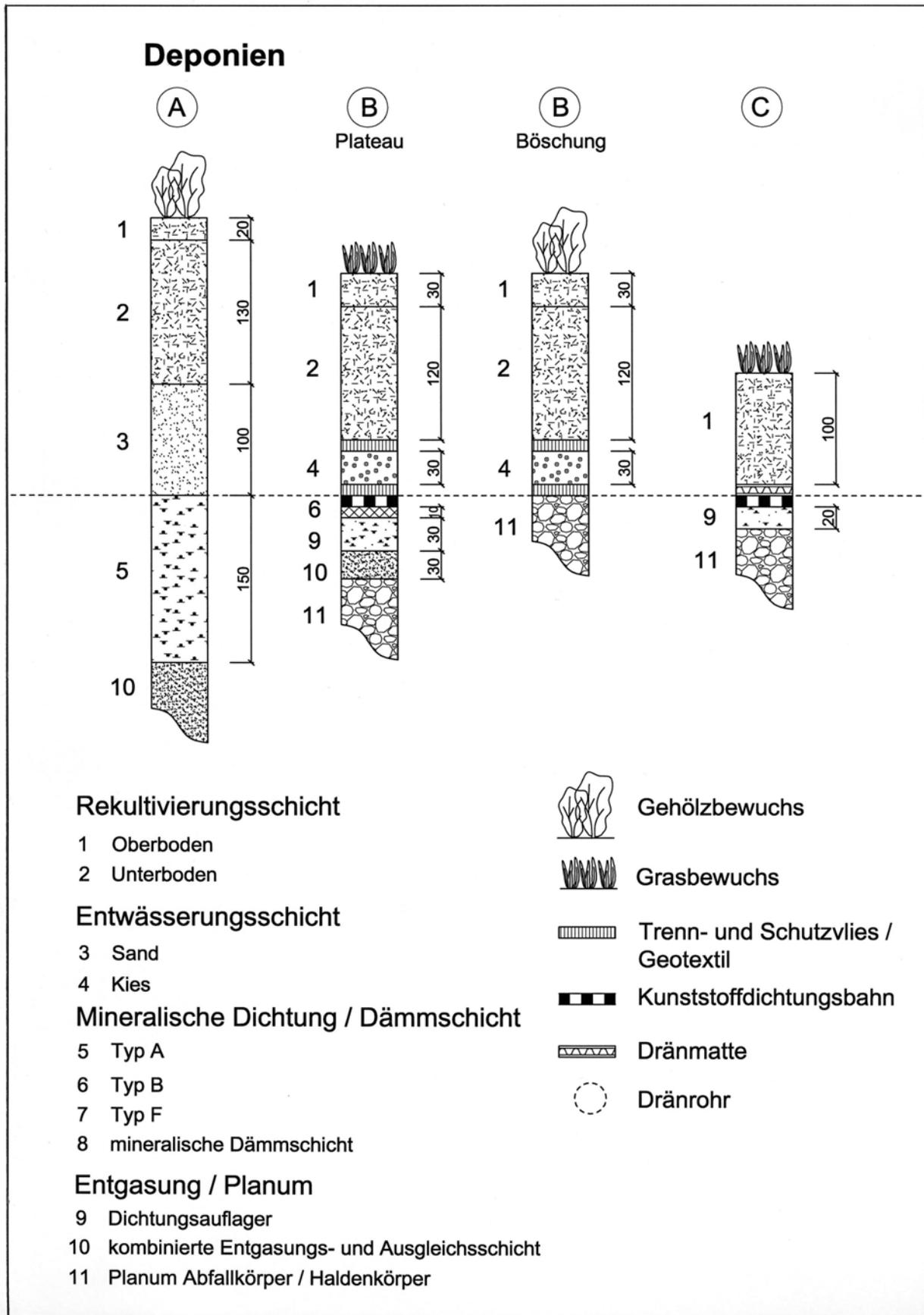


Abb. 1 Fallbeispiele für Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien

Die Oberflächenabdichtung von Deponien erfolgt nach dem Vorsorgeprinzip. Sie soll den direkten Kontakt von Organismen mit dem Abfall verhindern, der Bildung von Deponiesickerwasser durch infiltrierendes Niederschlagswasser vorbeugen sowie die landschaftsgerechte Eingliederung in die Umgebung durch Begrünung oder eine Nachnutzung (in jüngster Zeit häufig durch Energieerzeugungsanlagen, im Falle von Altdeponien gelegentlich auch durch gewerbliche Nutzung) ermöglichen und vorbereiten. Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien bestehen daher meist aus mehreren Komponenten (von unten nach oben):

- Ausgleichs- und Entgasungsschicht, Dichtungsaufleger ($\geq 0,5$ m)
- Abdichtung (mineralisch, 0,5 m, oder als Kombination mineralisch / Geokunststoff)
- Entwässerungsschicht (0,3 m)
- Rekultivierungsschicht ($\geq 1,0$ m)
- Bewuchs

Trotz der recht detaillierten Regelung der Oberflächenabdichtung von Deponien werden in der Praxis sehr unterschiedliche Systeme geplant, genehmigt und realisiert. Bild 1 zeigt hierzu einige Beispiele, mit denen unsere Ingenieurgesellschaft in den letzten Jahren in unterschiedlichem Zusammenhang befasst war und in denen z.T. auch Abfälle in einzelnen Komponenten verwertet wurden.

Fall A zeigt die Abdichtung einer Monodeponie aus Baggergut. Auf einer Sandschicht wird die recht mächtige Dichtung, die ebenfalls aus Baggergut besteht, aufgebracht. Diese Reststoffdichtung wird durch 2,5 m mächtige Deckschichten geschützt, wobei die 1,0 m dicke Entwässerungsschicht ebenfalls aus einem Ersatzbaustoff besteht (Sand aus der Baggergutaufbereitung).

In den Fallbeispielen B (Plateau) und C übernimmt eine Kunststoffdichtungsbahn (KDB) die primäre Abdichtung. Im Fall B (Plateau) liegt sie auf einer dünnen, polymermodifizierten mineralischen Dichtung. Bei C wird sie durch eine geoelektrische Leckageortung überwacht. Die Entwässerungsschicht besteht bei B aus Kies, bei C aus einer Kunststoff-Dränmatte. Reststoffe werden bei B (Plateau) in der Entgasungsschicht (Glasbruch) und bei C in der Rekultivierungsschicht (aufbereiteter Bauschutt) eingesetzt. Aus diesen beiden Beispielen wird ersichtlich, dass auf vom Inventar und den sonstigen Randbedingungen sehr ähnlichen Deponien sehr unterschiedliche technische Lösungen angewandt werden. Mit beiden Systemen werden die gleichen Ziele verfolgt.

Erstaunlich ist im Deponiebereich der Umgang mit Altablagerungen und Altbereichen, die vor der Verabschiedung oder im Rahmen der Übergangsfristen von neuen Regeln und Verordnungen erstellt, planfestgestellt oder zur Rekultivierung genehmigt wurden. Hier hat es die Gesellschaft nicht geschafft ein einheitliches, aus der Gefährdungssituation abgeleitetes Vorgehen durchzusetzen. Im Fall B (Böschung), gleiches gilt im Übrigen auch für Fall C und viele andere Beispiele, liegen auf dem gleichen Abfallkörper und gleicher Deponiebasis Bereiche mit Kombinationsabdichtung und solche ohne Abdichtung.

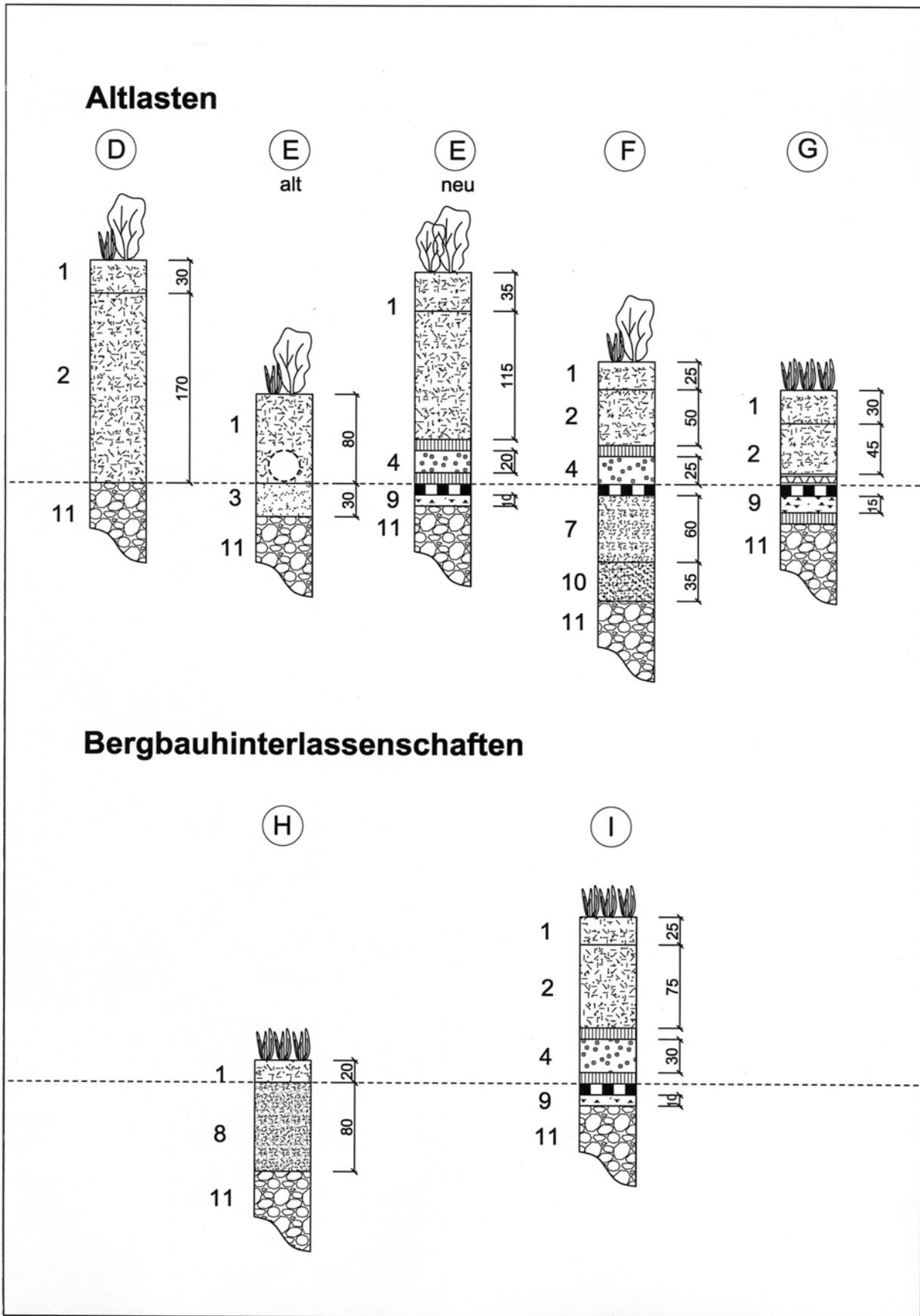


Abb. 2 Fallbeispiele für Oberflächenabdichtungssysteme von Altlasten und Bergbauhinterlassenschaften (Legende siehe Abb. 1)

Die Sicherung von Altlasten erfolgt nicht nach dem Vorsorgeprinzip, sondern ist Teil des nachsorgenden Bodenschutzes (BBodSchG 1998, BBodSchV 1999) und dient der Gefahrenabwehr. Die dabei verfolgten Ziele sind in vielen Fällen denen im Deponiebereich recht ähnlich. Demzufolge werden auch ähnlich aufgebaute technische Systeme eingesetzt (gerade im Bereich der Altlastensanierung durchgeführte umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben haben den Stand der Technik der Deponieabdichtung wesentlich geprägt). Allerdings gibt das Gesetz für die Abdichtung von Altlasten keine technischen Aufbauten als Regelsysteme vor, so dass der Aufbau und die im Einzelfall damit verfolgten Ziele im Sanierungsplan für die individuelle Maßnahme festgelegt werden. Entsprechend vielfältig sieht die Praxis aus (Beispiele in Bild 2, oben).

Das Beispiel F zeigt eine „klassische“ Kombinationsdichtung, die bereits Mitte der 80er Jahre weit vor der Verabschiedung der TA ABFALL (1991) mit kleinen Unterschieden in Mächtigkeiten und Materialkennwerten von Einzelschichten gebaut wurde.

Im Lauf der Zeit ging der Trend bei der Abdichtung von Altlasten eher weg von der herkömmlichen Kombinationsdichtung, wobei dieser Trend nicht durch eine Fehlfunktion oder durch zu schnelle Alterung des Systems ausgelöst wurde, sondern wohl eher wirtschaftliche und bautechnische Ursachen hat. Häufig wird auf die KDB als alleinige Dichtung vertraut. Fall G zeigt ein solches Beispiel, wobei zusätzlich die Kiesdränschicht durch eine Kunststoff-Dränmatte ersetzt wurde und die Rekultivierungsschicht trotz des Dünnen und porenärmeren Dränelements in ihrer Dicke nicht erhöht wurde. Beide Fälle F und G sichern in ihrem Inventar hoch brisante Altlasten. Somit sind es wohl weniger ökologische als wirtschaftliche Gründe, die zur Reduzierung des Systemaufbaus geführt haben, wobei bei planmäßiger Funktion beider Systeme die gleiche Systemwirksamkeit erreicht wird und nur die Reserven für die Systemalterung bei Fall G reduziert wurden.

Interessant ist auch der Fall E (alt). Hier hat man ebenfalls auf einer stark belasteten Sondermülldeponie zur gleichen Zeit wie bei Beispiel F auf eine KDB und eine Entwässerungsschicht verzichtet und die mineralische Dichtung nur 0,3 m dick aus relativ durchlässigen schluffreichem Material hergestellt. Dieses System war bereits wenige Jahre nach seiner Herstellung so stark gealtert, dass es nahezu unwirksam wurde, so dass es bei einer aufwändigen 2. Sanierung durch das System E (neu) ersetzt wurde (Monodichtung aus KDB unter Kiesdränage und optimierter Rekultivierungsschicht). Ersatzbaustoffe wurden hier aus dem Rückbau einer Teilfläche der Altlast gewonnen und ausschließlich unter der KDB eingebaut, wobei der Boden aus der Rekultivierungsschicht von E (alt) zum Teil ebenfalls wiederverwertet wurde.

Im Fall D wurde schließlich eine sehr alte ehemalige Deponie, die über Jahrzehnte durch Niederschläge und seitlich zusickerndes Grund- und Schichtenwasser ausgelaugt wurde, mit einer Wasserhaushaltsschicht ohne technische Abdichtung gesichert.

Wiederum anders sehen im Vergleich zur Deponietechnik und der Altlastensanierung die Regelungen im Bergrecht aus (BBergG 1980). Die weitaus größten Flächen der ehemaligen Tagebaue werden im Zuge der Wiedernutzbarmachung für die Rückgabe an die Eigentümer zur land- und forstwirtschaftlichen Nutzung vorbereitet. Dabei werden geeignete natürliche Böden und unbelasteter Bodenaushub eingebaut. Diese Flächen sind für die Verwertung von Abfällen kaum geeignet. Es gibt jedoch auch eine große Zahl von Halden, Absetzbecken oder z.B. Bohrschlammdeponien, die aufgrund

ihres Inventars mit ähnlichen Zielen wie bei der Altlastensanierung durch Abdeckungssysteme gesichert werden müssen. Bild 2, unten zeigt hierfür zwei Beispiele.

Im Beispiel H werden Halden des Uranerzbergbaus mit einem zweischichtigen System aus 0,8 m mineralischer Dämmschicht unter 0,2 m Oberboden gesichert. Die Halden enthalten z.T. säurebildende und schwermetallhaltiges Bergematerial, die vor Auslaugung geschützt werden sollen. Hauptschutzfunktion der Abdeckung ist jedoch die Retardation des Radonaustrags mit dem Bodenluftstrom in die Atmosphäre. Der Radonaustrag wird aufgrund der kurzen Halbwertszeit von Radon durch eine mehrtägige Verweilzeit im Boden bei der Passage vom Zerfallsort in die Atmosphäre stark reduziert. Somit sind Mächtigkeit und Tortuosität der Abdeckung für die Retardation des Radonaustrags die wesentlichen Einflussgrößen. Technische Substrate, in denen auch Abfälle verwertet werden, können hier sinnvoll sein.

Im Fall I wird die Oberflächenabdichtung einer Deponie im Zuständigkeitsbereich des Bergrechts gezeigt, deren Aufbau sich stark an der üblichen Praxis in der Altlastensanierung orientiert.

3 Anforderungen an die Komponenten

Die Anforderungen an die Komponenten von Abdeck- und Abdichtungssystemen können im Einzelfall sehr unterschiedlich sein. Die Schichten müssen daher bemessen werden. Nachfolgend werden einige Hinweise zu den wesentlichen Anforderungen gegeben, die im Falle einer Verwertung von Abfällen auch von den dabei erzeugten Ersatzbaustoffen erfüllt werden müssen, sowie auf ausgewählte Regelwerke verwiesen. Die Ausführungen orientieren sich dabei am Stand der Technik im Deponiebereich, da hierzu die umfangreichsten Richtlinien existieren.

3.1 Profilierung

Eine mit zusätzlichem Auftrag von Liefermaterial verbundene Profilierung von Abfallablagerungen, Altlasten und Halden kann je nach Gestalt des Abfallkörpers aus unterschiedlichen Gründen erforderlich sein:

- Bei der vorzeitigen Schließung von noch nicht bis zur ursprünglich geplanten Endhöhe verfüllten Bereichen („Tafelberge“) ist eine Umprofilierung der abgelagerten Abfälle vom Rand zum Zentrum oder eine zusätzliche Ablagerung im Zentrum notwendig, um ein ausreichendes Gefälle für die spätere Entwässerungsschicht zu erreichen.
- Viele alte Kippbereiche oder Halden weisen sehr steile Böschungen auf, die häufig rechnerisch nicht standsicher sind und auf denen kein neues Oberflächenabdichtungssystem standsicher aufgebracht werden kann. Solche Böschungen sind durch Rückbau abzuflachen oder – wo dieses technisch riskant oder aus Gründen des Arbeits- und Emissionsschutzes nicht angeraten ist – kommt auch eine Vorschüttung von Profilierungsmaterial in Frage.

Die zusätzlichen Profilierungsmassen müssen nach Einbau in sich selbst und in Bezug auf den Abfallkörper und die angrenzenden Schichten mechanisch stabil und für den Einbau der späteren Schichten ausreichend tragfähig sein. Sie sollten einfach und ohne allzu große Witterungsanfälligkeit transportiert, zwischengelagert und eingebaut werden

können. Im Regelfall wird grob- oder gemischtkörniges Material vorteilhafter sein als feinkörnige Stoffe oder gar bei Verdichtung zu Porenwasserdrücken neigende feuchte Materialien. Bei der Materialwahl ist der Gas- und Stauwasserhaushalt der Ablagerung zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der zulässigen Schadstoffbelastung wird sich die DEPVERWV (o. J.) äußern. Es sollte einen Unterschied machen, ob das Profilierungsmaterial bei Verwertung von Abfällen auf einem vorhandenen Abfallkörper aufgesetzt wird oder auf bisher unbelegte Bereiche vorgeschüttet wird (mit/ohne geologische Barriere, Basisdichtung).

3.2 Unterbau (Ausgleichs- und Entgasungsschicht, Dichtungsaufleger)

Die Anforderungen an den Unterbau des Dichtsystems sind in der TA ABFALL (1991) und der TA SIEDLUNGSABFALL (1993) wie folgt beschrieben: *„Als Dichtungsaufleger ist eine verdichtete Ausgleichsschicht aus homogenem, nicht bindigem Material herzustellen. Die Dicke darf 0,5 m nicht unterschreiten. Sofern eine Gasbildung festgestellt wird und das Gas in der Ausgleichsschicht nicht gefasst und abgeleitet werden kann, ist zusätzlich eine Gasdrainschicht mit einer Mindestdicke von 0,3 m vorzusehen. Der Kalziumcarbonatanteil des Materials der Entgasungsschicht darf nicht mehr als 10 Gew.-% betragen“.*

An die Ausgleichsschicht werden außer einer gewissen Homogenität keine besonderen Anforderungen gestellt. Das Material sollte hinsichtlich der Materialqualitäten ähnlich wie das Profilierungsmaterial (s.o.) beschaffen sein.

Bei der Entgasungsschicht kommt es naturgemäß auf eine ausreichende Gaswegigkeit an. In der Entgasungsschicht werden seit langem Abfälle verwertet (z.B. Glasbruch, Müllverbrennungsgaschen). Für den Einbau ist eine ausreichende Kornstabilität wichtig.

An das Dichtungsaufleger werden je nach Dichtungstyp unterschiedliche Anforderungen gestellt. Unter einer KDB darf es keine scharfkantigen groben Bestandteile aufweisen, die die KDB beschädigen könnten. Unter austrocknungsgefährdeten mineralischen Dichtungen wird nach dem Stand der Technik ein Dichtungsaufleger gefordert, das einen Mindestanteil an Ton- und Schluffkorn enthält, damit die Dichtung nicht konvektiv mit wasserdampfengesättigter Bodenluft unterströmt werden kann. Das Auflager muss in jedem Fall ausreichend tragfähig für das Befahren mit den Baugeräten für die Herstellung der Dichtung sein.

3.3 Dichtung

Von den verschiedenen Dichtungstypen sind für die Verwertung von Abfällen ausschließlich mineralische Dichtungen (tonhaltige und gemischtkörnige bindige Dichtungen, Kapillarsperren) von Belang. Um erfolgreich verwertet werden zu können, müssen sie die Anforderungen der zukünftigen DEPVERWV (o. J.) erfüllen und als mineralische Dichtung geeignet sein. Die erforderlichen technischen Eigenschaften und die Grundsätze für den Eignungsnachweis werden in folgenden einschlägigen Regelwerken umfassend dargelegt und daher hier nicht wiederholt: TA ABFALL 1991, TA SIEDLUNGSABFALL 1993, Anhang 1 DEP 2002, DIBT 1995 und 1997, LAGA AD-HOC-AG 2004a, GDA E 2-33.

BRÄCKER (2005) und LAGA AD-HOC-AG (2004b) beschreiben detailliert die Anforderung an die Verwertung von Abfällen in der mineralischen Dichtung und die dafür erforderlichen Nachweise. Die wesentlichen Hemmnisse für die Verwertung in Reststoffdichtungen werden nach DEPVERWV (o. J.) vermutlich in den Anforderungen an den Gehalt an organischer Substanz sowie nach LAGA AD-HOC-AG (2004b) in den Anforderungen zum Nachweis einer gleichbleibenden definierten Qualität der Ausgangsstoffe liegen.

3.4 Entwässerungsschicht

Die Anforderungen an die Entwässerungsschicht werden mit einer Mächtigkeit $d \geq 0,3$ m und einer Wasserdurchlässigkeit $k_f \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s beschrieben. Sie muss langfristig wirksam sein und dazu ausreichende Reserven (Porenraum) für die Alterung durch Inkrustationen und eindringende Pflanzenwurzeln haben (TA ABFALL 1991, TA SIEDLUNGSABFALL 1993, Anhand 1 DEP V 2002, zu den Nachweisen siehe Anhang E TA ABFALL 1991 und GDA E 2-20). Da die Entwässerungsschicht oberhalb der Dichtung erheblich mit Wasser durchströmt wird, das üblicherweise der natürlichen Vorflut zugeführt wird, werden der Abfallverwertung hier sehr enge Grenzen gesetzt. Es kommen ausschließlich glasartige oder andere sehr schwer eluierbare Mineralstoffe in Frage, die hinsichtlich Kornform (Scharfkantigkeit), Kornstabilität und Porenraum (k_f -Wert) geeignet sein müssen.

3.5 Rekultivierungsschicht

Die Anforderungen an die Rekultivierungsschicht werden in Anhang 5 der DEP V (2002) geregelt. GDA E2-31 enthält umfangreiche Hinweise zum Entwurf und zur Eignungsprüfung von Rekultivierungsschichten. Sie dient als Pflanzenstandort, schützt die tieferen Schichten des Abdichtungssystems vor schädigenden Einwirkungen und hat eine regulierende Funktion im Wasserhaushalt. Wesentliche qualitätsbestimmende Kenngrößen sind die Luftkapazität und die nutzbare Feldkapazität, die sicherstellen, dass die Pflanzenwurzeln ausreichend mit Luft und Wasser versorgt werden, damit die Verdunstungsleistung des Bewuchses möglichst hoch ausfällt, der Bedarf der Pflanzen nach Tiefenwurzelung eingeschränkt wird und Stauwasserbildungen, mit denen die Gefahr der Lösung und Verlagerung von Eisen- und Manganoxiden einhergeht, vermieden werden.

Angesichts der großen Flächen, die in den kommenden Jahren abzudecken sind, besteht ein großes Potenzial für die Verwertung von Abfällen als Ersatzbaustoff in der Rekultivierungsschicht, sofern sie die bodenphysikalischen und bodenchemischen Anforderungen erfüllen. Der Verwertung schadstoffbelasteter Abfälle und Komposte sind durch den Anhang 5 der DEP V (2002) enge Grenzen gesetzt (vgl. auch BioABFV 1998).

4 Fazit

Im Sinne des Ressourcenschutzes ist die Verwertung von Abfällen als Ersatzbaustoff bei der Profilierung, Abdichtung und Rekultivierung von Deponien, Altlasten und Hinterlassenschaften des Bergbaus dem Verbrauch von natürlichen Böden vorzuziehen. Voraussetzung für die Verwertung ist deren Schadlosigkeit sowohl im Sinne des vorsorgenden als auch des nachsorgenden Bodenschutzes. Abfälle kommen dann zur Verwertung in Frage, wenn sie

- verfügbar sind,
- sonst anderweitig ggf. teuer zu beseitigen wären und daher für Betreiber, Sanierungsverpflichtete oder ausführende Firmen kostengünstig zu erwerben sind sowie
- technisch geeignet sind.

Um technisch geeignet zu sein, müssen die Abfälle zur Verwertung die Eignungsprüfungen, die üblicherweise für Baustoffe für den Einsatzzweck gefordert werden, bestehen. Zur technischen Eignung gehört auch, dass sie im Rahmen definierter Spannweiten gleichbleibende Eigenschaften aufweisen und somit als Baustoff charakterisiert werden können.

In ihren Eigenschaften kaum veränderte Abfälle kommen als „Monomaterial“ vermutlich vor allem für die Profilierung in Frage. Hier wird die DEPVERWV (o. J.) den Weg weisen und die zukünftige Entwicklung wird zeigen, ob es über die Verordnungsgrenzen hinaus zu einem harmonisierten, auf ökologischen Bewertungen aufbauenden Vorgehen bei der Verwertung auf Deponien, Altlasten im Bergbau oder in Lärmschutzwällen o.ä. kommen wird.

Hinsichtlich der Verwertung von Abfällen in der mineralischen Dichtung und erst recht in den Schichten oberhalb der Abdichtung wird, von wenigen eindeutig definierten geeigneten Massenabfällen vielleicht abgesehen, eine Aufbereitung der Abfälle zu qualifizierten Baustoffen, die auch in einer auf die technisch-funktionalen Anforderungen am Einsatzort orientierten Kombination verschiedener Stoffe bestehen kann, unausweichlich sein. Es wird dann vom Geschick der Verfahrensentwickler abhängen, ob dieses wirtschaftlich noch interessant sein wird.

Literatur

- BBergG – BUNDESBERGGESETZ, 1980: Bundesregierung Deutschland. 12.08.1980, BGBl., I, S. 1310
- BBodSchG – BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ, 1998: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Bundesrepublik Deutschland. 27.03.1998, BGBl., I, S. 502, zuletzt geändert am 09.09.2001, BGBl., S. 2331
- BBodSchV - BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG, 1999: Bundesrepublik Deutschland. 12. Juli 1999, BGBl., I, S. 1554
- BioAbfV - BIOABFALLVERORDNUNG, 1998: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Bundesrepublik Deutschland. 21.09.1998, BGBl., I, S. 2955
- BRÄCKER, W., 2005: Grundsätze der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ für die Eignungsbeurteilung unter Verwendung von Abfällen hergestellter mineralischer Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien. In diesem Band.
- DepV - DEPONIEVERORDNUNG, 2002: Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagerungsverordnung. Bundesrepublik Deutschland. 24 Juli 2002, BGBl., I, S. 2807)
- DepVerW – DEPONIEVERWERTUNGSVERORDNUNG, 2005: Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage. Deutsche Bundesregierung, Entwurf vom 17.11.2004
- DERNBACH, H., 2005: Der aktuelle Stand zur Deponieverwertungsverordnung. In diesem Band

- DIBt - DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK, 1995: Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen. Berlin, 81 S.
- DIBt - DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK, 1997: Zulassungsgrundsätze für Dichtungsschichten aus natürlichen mineralischen Baustoffen in Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien. Berlin, 24 S.
- GDA – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK, 1997 ff.: Empfehlungen zur Geotechnik von Deponien und Altlasten. Aktuelles Verzeichnis unter www.gdaonline.de
- LABO - BUND-LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN, 2002: Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV. Erarbeitet vom Ad-hoc-Unterausschuss „Vollzugshilfe § 12 BBodSchV“ der LABO
- LAGA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL, 1997: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln, Teil I – III. Stand 06.11.1997, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft, Heft M 20, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- LAGA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL, 2003: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln. Stand 06.11.2003. LAGA-Mitteilung 20, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- LAGA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL, 2004: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen. Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden). Stand 05.11.2004. 63. Umweltministerkonferenz
- LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“, 2004a: Allgemeine Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächenabdichtungssysteme. 10.09.2004, 23 S.
- LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“, 2004b: Grundsätze für die Eignungsbeurteilung unter Verwendung von Abfällen hergestellter mineralischer Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien. 22.11.2004, 20 S.
- LÄNDERAUSSCHUSS BERGBAU, 2004: Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage. Technische Regeln. 61 S.
- LAWA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER, 2002: Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz (GAP-Papier). LAWA (Hrsg.), unter Vorsitz des Niedersächsischen Umweltministeriums, Hannover
- LAWA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER, 2004: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Entwurf, Stand 09.07.2004. Erarbeitet vom Unterausschuss „Geringfügigkeitsschwellen“ des LAWA-Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“
- TA ABFALL, 1991: Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. Teil 1: technische Anleitung zur Lagerung, chemisch / physikalischen und biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. Bundesrepublik Deutschland, 12.03.1991, Gemeinsames Ministerialblatt., S. 139, 167, 469
- TA SIEDLUNGSABFALL, 1993: Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Bundesrepublik Deutschland. 14.05.1993; Bundesanzeiger, Jahrgang 45 Nr. 99a

Anschrift des Verfassers:

Dr. habil. Stefan Melchior
melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft
Karolinenstraße 6 · 20357 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 / 430 950 – 0 · Fax: +49 (0) 40 / 430 950 –20 ·
www.mplusw.de · melchior@mplusw.de