

## **Bedeutung der Rekultivierungsschicht für die langfristige Sicherheit von Deponien**

Peter Bothmann

### **Inhalt**

- 0 Vorbemerkung**
- 1 Einleitung**
- 2 Langzeitfunktion der Rekultivierungsschicht**
  - 2.1 Rekultivierungsschicht als Abdeckung**
  - 2.2 Rekultivierungsschicht im Regeloberflächenabdichtungssystem**
  - 2.3 Systeme mit Kapillarsperren**
  - 2.4 Systeme mit kontrollierbaren Dichtungen**
- 3 Bestandsaufnahme**
- 4 Zusammenfassung**
- 5 Literatur**

### **0 Vorbemerkung**

In den nachfolgenden Ausführungen werden ausschließlich Rekultivierungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen von Klasse-2-Deponien und Hausmülldeponien behandelt. Das schließt jedoch nicht aus, dass ein Grossteil der Aussagen auch auf andere Deponietypen übertragbar ist.

### **1 Einleitung**

Seit es Müllablagerungen in der freien Landschaft gibt, hat man diese schon immer nach Beendigung der Verfüllung mit Erde bedeckt. In der Hauptsache wollte man den hässlichen Müll verstecken – und das tat man in der Vergangenheit so perfekt, dass aufwendige Erkundungsprogramme durchgeführt werden mussten, um die Altablagerungen flächendeckend kartieren zu können.

Ein weiterer Grund für die Erdaddeckung des Mülls war der Wunsch nach Folgenutzung des Geländes. So zum Beispiel die landwirtschaftliche Nutzung als Wiesen- oder Ackerflächen oder die forstliche Nutzung in Waldgebieten.

Bei der Errichtung der ersten geordneten Mülldeponien nach Einführung des Abfallbeseitigungsgesetzes 1973 war man vielfach versucht, die Deponien im Wald zu verstecken. Von den 46 zur Zeit noch betriebenen Hausmülldeponien in Baden-Württemberg liegen 39 im oder am Wald (85%). Die Forstverwaltungen hatten gegen Standorte im Wald meist nur geringe Einwände, wenn gemäß § 11 des baden-württembergischen Landeswaldgesetzes eine befristete Waldumwandlungsgenehmigung erteilt werden konnte. Das heißt, es musste zugesichert und per Planfeststellungsbeschluss festgelegt werden, dass die später abgeschlossene Deponie wieder einer forstlichen Nutzung zugeführt wird. Voraussetzung für eine Aufforstung war bis dahin eine starke Abdeckung mit Boden - aber das war auch schon alles, es wurden von Seiten des Forstes keine weiteren Anforderungen an die Rekultivierungsschicht gestellt. Erst als die nach TASI geforderten Oberflächenabdichtungen ins Spiel kamen, wurden auch die für eine forstwirtschaftliche Nutzung notwendigen Bedingungen erarbeitet.

In der TASI sind bezüglich der Rekultivierungsschicht keinerlei Nutzungsbedingungen formuliert. Nach TASI stehen ausschließlich der Schutz der Dichtungs- und Dränelemente sowie die Minimierung des infiltrierenden Niederschlagswassers im Vordergrund, eine Nutzung ist nicht angesprochen.

## **2 Langzeitfunktion der Rekultivierungsschicht**

Die Rekultivierungsschicht ist – langfristig betrachtet – das wichtigste Element im Oberflächenabdichtungssystem. Da man davon ausgehen muss, dass im Laufe der Jahrzehnte und Jahrhunderte jedes Dichtungselement irgendwann zumindest teilweise versagen wird, bleibt zum Schluss nur noch die Rekultivierungsschicht mit ihrer Pflanzendecke für die Sickerwasserminimierung wirksam. Aus den Erfahrungen in der Vergangenheit ist nicht damit zu rechnen, dass Dichtungselemente über sehr lange Zeiträume gewartet und repariert werden.

Wenn dem wirklich so ist, dann stellt sich doch die Frage, ob man nicht von vornherein auf die Dichtungselemente verzichten könnte. Im folgenden will ich versuchen, diese Frage zu beantworten.

### **2.1 Rekultivierungsschicht als Abdeckung**

Die verfüllten ersten Abschnitte zahlreicher Deponien wurden mit zum Teil sehr starken Bodenschichten abgedeckt. Durch gezielte Bepflanzung oder durch natürliche Sukzession hat sich im Laufe der Jahre eine mehr oder weniger geschlossene Pflanzendecke ausgebildet.

Mit Inkrafttreten der TASI ist zu prüfen, ob die Abdeckschichten dieser Abschnitte belassen werden können oder ob Oberflächenabdichtungen nachgerüstet werden müssen. Ausnahmen von der Abdichtungspflicht sind nur dann zulässig, „wenn

nachgewiesen wird, dass das anfallende Sickerwasser hinsichtlich Menge und Qualität zu keiner Gewässerbeeinträchtigung führt“.

Bei nicht basisgedichteten Deponieabschnitten ist der geforderte Nachweis schwer zu führen. Da grundsätzlich davon ausgegangen werden muss, dass in Gebieten mit normalen Niederschlagshöhen (um 750 mm/a) ein großer Teil des Niederschlags durch die Abdeckschicht hindurch zur Sickerwasserbildung beiträgt, müssen alle wesentlichen Randbedingungen des Einzelfalls erkundet werden. Neben der geologischen und hydrogeologischen Situation am Standort (Durchlässigkeit, Grundwasserverhältnisse, seitliche Zuströme etc.), dem noch vorhandenen eluierbaren Schadstoffpotential des Abfalls und anderer wichtiger Informationen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, sind Erkenntnisse über die Abdeckschicht (Rekultivierungsschicht) erforderlich. Unter günstigen Bedingungen kann eine Abdeckschicht insgesamt belassen werden, wenn sie nach Maßnahmen wie Tiefenlockerung, Düngung, teilweisem Bodenaustausch oder -verstärkung u.a. für eine optimierte Pflanzendecke vorbereitet werden kann.

Grundsätzlich kann auch eine optimierte Rekultivierungsschicht die Dichtung nicht ersetzen. Große Schichtstärken von 5 und mehr Metern bewirken allenfalls eine Verzögerung des Wasserdurchtritts, sie verhindern ihn nicht. Viel (Boden) hilft nicht immer viel – ab einer Abdeckmächtigkeit von 3 bis 4 Metern kann in der Regel die Evapotranspiration durch weitere Schichtverstärkung nicht mehr gesteigert werden.

## **2.2 Rekultivierungsschicht im Regeloberflächenabdichtungssystem**

### **2.2.1 Schutzfunktion**

Im Regeloberflächenabdichtungssystem hat die Rekultivierungsschicht zunächst die ihr von der TASI zugewiesenen Aufgaben zu erfüllen:

- Schutz der Dichtung
  - + vor Wurzeleinwirkung
  - + vor Frosteinwirkung
- Standort für Pflanzen
  - + als Schutz gegen Wind- und Wassererosion
  - + optimierter Bewuchs hinsichtlich der minimierten Wasserinfiltration in das Dränsystem

Als Anforderungen sind in der TASI lediglich genannt:

- kulturfähiger Boden
- Schichtstärke > 1 m

Durch Einhaltung dieser Anforderungen kann nur der Frostschutz sichergestellt werden. Schutz vor Wurzeln gibt es erst ab einer Schichtstärke von ca. 3 Metern,

wenn keine Wurzelsperren vorgesehen sind.

Erste Versuche, Anforderungen an einen „kulturfähigen Boden“ als Basis für einen optimierten Bewuchs – hier Wald - zu stellen, wurde in dem Vorhaben „Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TASI – konformer Oberflächenabdichtung“ [1][2] unternommen. Anregungen und Vorschläge daraus hat die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) in ihrem Papier „Rekultivierung“ [3] verwendet. Hierin wird u.a. eine Schichtstärke von 1,5 bis 3 Meter vorgeschlagen, es werden Hinweise für den Substrataufbau gegeben und es wird auch darüber spekuliert, ob bei einer optimierten Rekultivierungsschicht die Anforderungen an die Dichtungselemente geringer sein dürften.

Zu diesem letzten Punkt muss gesagt werden, dass die optimierte Rekultivierungsschicht dem von der TASI Gewollten voll und ganz entspricht und damit aus meiner Sicht keine Abstriche an den hohen Anforderungen für die Dichtungselemente begründbar sind.

## 2.2.2 Langzeitbarriere

Die Rekultivierungsschicht als ein Element im Oberflächenabdichtungssystem hat neben den oben genannten Aufgaben von Dichtungsschutz und Pflanzenstandort die wesentlich bedeutendere Aufgabe als „Langzeitbarriere“ zu übernehmen.

Unter **Langzeitbarriere** verstehe ich die Wirkung der Rekultivierungsschicht als Wasserhaushaltsschicht und als Gasoxidationsschicht. Mit fortschreitendem Versagen der Dichtungselemente muss die Wirkung der Rekultivierungsschicht als Langzeitbarriere greifen.

### 2.2.2.1 Wasserhaushaltsschicht

Da aus heutigen Materialkenntnissen heraus damit zu rechnen ist, dass die Kunststoffdichtungsbahn (KDB) in der Kombinationsabdichtung frühestens nach vielen Jahrzehnten allmählich ihre Dichtungsfunktion verlieren wird, hat die Langzeitbarriere genügend Zeit, sich zu entwickeln. Zusammen mit der ohne KDB weniger wirksamen mineralischen Dichtung (Langzeitdichtung) und der mineralischen Dränschicht bildet die Rekultivierungsschicht als Wasserhaushaltsschicht dann eine dauerhafte Oberflächenbarriere.

Die Zeit zur Entwicklung der Rekultivierungsschicht hin zur Langzeitbarriere ist notwendig, denn ein wichtiges Element der Langzeitbarriere ist ihr Bewuchs, und der benötigt bis zur vollen Entfaltung unter Umständen mehr als ein Jahrhundert.

In der Regel wird die Vegetationsform „Wald“ als optimal für eine maximale Evapotranspiration angesehen und bis sich dieser Wald über alle Stufen – von der ersten Begrünung über den Vorwald bis hin zum Hochwald ausgebildet hat, vergehen viele Jahrzehnte.

### 2.2.2.2 Gasoxidationsschicht

Mit dem Versagen der Dichtungselemente lässt nicht nur die Wirkung als Wassersperre nach, es tritt auch Gas durch die lecken Dichtungen nach Außen. Gerade in Bereichen wo Wasser in organischen Abfall eindringt, wird die durch Trockenheit gestoppte Gasproduktion wieder angeregt. Da nicht mehr mit sehr großen Gasmengen gerechnet wird – die Abbauprozesse sind im Laufe der Jahrzehnte größtenteils abgeschlossen worden – muss diese (kleine) Gasmenge in der Rekultivierungsschicht als Gasoxidationsschicht „behandelt“ werden können. Die Bedingungen dafür und die notwendigen Anforderungen an die Gasoxidationsschicht werden gegenwärtig in mehreren F+E – Vorhaben noch erarbeitet.

## 2.3 Systeme mit Kapillarsperren

Kapillarsperren sind ein ausgezeichneter Ersatz für bindige mineralische Dichtungen. Ihre Vorteile liegen u.a. in der Austrocknungssicherheit und in der Standfestigkeit bei steilen Böschungen.

Die Nachteile sind systembedingt:

- wegen des nichtbindigen Materials sind sie gasdurchlässig
- bei zu hoher hydraulischer Belastung kommt es zu Wasserdurchbrüchen

Im Zeichen der allgemeinen Sparwut kommen Planer auf den Gedanken, auch bei Hausmülldeponieabdichtungen die geforderte Konvektionssperre wegzulassen und stattdessen eine sogenannte „verstärkte Rekultivierungsschicht“ vorzusehen. Diese „verstärkte Rekultivierungsschicht“ soll den Zufluss zur Kapillarsperre vergleichmäßigen und damit Wasserdurchbrüche verhindern und sie soll als Gasoxidationsschicht wirken.

Abgesehen davon, dass es keine „verstärkte Rekultivierungsschicht“ gibt, die besser als eine TASI – konforme Rekultivierungsschicht wäre – siehe oben – würde in diesem System die geforderte Konvektionssperre fehlen, um als gleichwertig zu gelten. (Mit dem Hinweis auf die „verstärkte Rekultivierungsschicht“ könnte dann ein Planer auch die Konvektionssperre über der mineralischen Abdichtung weglassen wollen).

Die Rekultivierungsschicht als Langzeitbarriere oberhalb einer Kapillarsperre muss sich – wie oben schon für die Regelabdichtung beschrieben – erst allmählich über lange Zeiträume entwickeln. Über diese Zeiträume bis zum vollen Wirksamwerden der Langzeitbarriere muss eine Konvektionssperre (KDB oder Asphaltabdichtung) ober- oder unterhalb der Kapillarsperre die Wasserinfiltration und die Gasemission unterbinden.

## 2.4 Systeme mit kontrollierbaren Dichtungen

In letzter Zeit kamen verschiedene Dichtungskontrollsysteme auf den Markt. Neben Systemen die die Kontrolle der mineralischen Abdichtungen ermöglichen werden auch mehrere Kontrollsysteme für Konvektionssperren angeboten.

Insbesondere diese Kontrollsysteme für Konvektionssperren – auf der Basis elektrischer Messungen (Potentialmessung, Widerstandsmessung) – sind billig und einfach einsetzbar, ihre Ortungsgenauigkeit für Leckstellen ist sehr hoch.

Da aber kein Deponiebetreiber ohne Zwang zusätzlich zur Regelabdichtung noch ein Kontrollsystem installieren würde, kam man auf den Gedanken, ein Dichtungselement der Kombinationsabdichtung, die mineralische Dichtung, wegzulassen um damit Kosten zu sparen und insgesamt mit der kontrollierbaren Konvektionssperre unter den Kosten für eine Kombinationsabdichtung zu bleiben.

Dann ist jedoch eine Gleichwertigkeit mit dem Regelabdichtungssystem nicht mehr gegeben, dann muss eine Einzelfallentscheidung gemäß TASI Nr. 2.4 getroffen werden.

In vielen Fällen kann das durchaus Sinn machen. So zum Beispiel bei Hausmülldeponien, die nicht aus der Nachsorge entlassen werden können, weil auf Dauer Sickerwasser abgepumpt werden muss (Grubendeponien), oder vertikal - gedichtete Deponien, die einer "ewigen" Wasserhaltung bedürfen, man sich also um diese Deponien sowieso immer kümmern muss.

Aber auch bei Hausmülldeponien im Waldbereich, auf geeigneten geologischen Formationen mit nur geringem Grundwasserdargebot gelegen, ist es denkbar, ein um die mineralische Dichtung reduziertes kontrollierbares Oberflächenabdichtungssystem zu genehmigen.

Für die Deponie mit einfacher kontrollierbarer Oberflächenabdichtung könnte man sich folgendes Szenario vorstellen:

- + das Oberflächenabdichtungssystem aus Ausgleichsschicht, Gasdränschicht, KDB mit Kontrollsystem, Dränschicht so wie **starker (d > 2,50 m) und optimierter Rekultivierungsschicht** (von unten nach oben) ist bis zur Entlassung aus der Nachsorge - nach ca. 30 Jahren - absolut funktionstüchtig, Fehlstellen werden - nach Entdeckung durch das Kontrollsystem - sofort repariert.
- + Unmittelbar vor der Entlassung aus der Nachsorge werden nach Aufgrabung und Probeentnahme an mehreren Stellen die Materialeigenschaften der KDB bestimmt. Entsprechen diese dem Neuzustand oder weichen nur geringfügig davon ab – dies ist nach dem heutigen Kenntnisstand über das Alterungsverhalten von Kunststoffdichtungsbahnen zu erwarten – dann steht der Entlassung aus der Nachsorge nichts im Wege. Haben sich die maßgebenden Materialeigenschaften wesentlich verändert (Maßstäbe hierfür sind noch zu erarbeiten bzw. können der BAM –

Richtlinie für die Zulassung von KDB entnommen werden), dann muss ein neues Abdichtungssystem aufgebracht werden.

- + Entsprechen die Materialeigenschaften der KDB nach 30 Jahren den Vorgaben, dann ist zu erwarten, dass die KDB noch weitere 50 bis 100 Jahre funktionstüchtig bleibt (die Hauptsetzungen sind abgeklungen und gegenüber anderen mechanischen Belastungen ist sie durch die starke Rekultivierungsschicht geschützt). Über den dann verfügbaren Gesamtzeitraum von 80 bis 130 Jahren bekommt eine Vegetationsschicht die Gelegenheit sich auf dem diesbezüglich optimierten Rekultivierungssubstrat voll zu entfalten und zu einem Hochwald mit Busch- und Krautunterbau heranzuwachsen, der zu einer maximalen Evapotranspiration beiträgt.

Wenn man daran denkt, dass keine wie auch immer geartete Dichtung "ewig" funktioniert, sondern die Rekultivierungsschicht mit Vegetationsschicht eigentlich immer die Langzeitsicherung darstellt, dann erscheint – bei Einhaltung der o.a. Randbedingungen – der Gedanke an eine einfache kontrollierbare Oberflächenabdichtung nicht abwegig.

### 3 Bestandsaufnahme

Bei einer Erhebung in den Regierungsbezirken Karlsruhe und Stuttgart (Baden-Württemberg) wurden 17 Hausmülldeponien und 2 Sonderabfalldeponien daraufhin überprüft, welche Anforderungen in Planfeststellungsbescheiden und Nachtragsgenehmigungen an die Rekultivierung gestellt wurden.

Das Ergebnis zeigt, dass hinsichtlich der Anforderungen an Rekultivierungsschichten (Substrat und Pflanzendecke) noch viel nachzuholen ist:

Deponien (Anzahl)	Anforderungen Substrat	Anforderungen Pflanzendecke
11	- keine (Boden)	- keine
1	- keine (vorhandener Boden ohne Verunreinigungen)	- jährliche Pflege - Bepflanzung in Abstimmung mit Forstamt
1	- keine (Boden)	- 4-malige Mahd pro Jahr - Schafbeweidung
1	- keine (Boden)	- natürliche Sukzession Pflege zum Halbtrockenrasen
1	- nicht verdichteter Boden	- Bepflanzung in Abstimmung mit Forstamt

Deponien (Anzahl)	Anforderungen Substrat	Anforderungen Pflanzendecke
1	- Boden aus der Umgebung	- keine
1	- oberste Schicht Kompost	- keine
1	obere Schicht (50 cm): - Bodenarten LU, uL,sL,tL - Lagerungsdichte < 1,6 g/cm <sup>3</sup> - Steingehalt < 10 % - Einbau bei trockener Witterung- Konsistenz „steif-plastisch“ - Humusgehalt > 2 % - untere Schicht (150 cm): - humusfreier Boden	- keine
1	- Boden, locker eingebaut	- keine

#### 4 Zusammenfassung

Die Rekultivierungsschicht ist – langfristig gesehen – das wichtigste Element im Oberflächenabdichtungssystem. Sie hat als **Langzeitbarriere** sowohl die Aufgabe als Wasserhaushaltsschicht als auch die als Gasoxidationsschicht zu versehen.

Die Aufgabe der Rekultivierungsschicht als Langzeitbarriere wurde bisher nicht erkannt oder nicht gewürdigt. Die allgemein gehaltenen Anforderungen der TAsi bezüglich Schutzfunktion und Wasserminimierungsaufgabe nahm man zwar zur Kenntnis, aber man zog keinerlei Konsequenzen daraus: es wurden in der Praxis bisher kaum Anforderungen an den Aufbau der Substratschicht und ihrer optimierten Bepflanzung gestellt.

Das muss sich ändern. Handreichungen dafür, wie die Rekultivierungsschicht als Langzeitbarriere aufgebaut werden kann, gibt es inzwischen mehrere [1][2][3].

Auch unsere Arbeitsgruppe (AG 7 des AK 6.1 in der DGGT) hat zwei Empfehlungen in dieser Sache erarbeitet, die noch im Herbst 2000 erscheinen werden [4][5].

Bezüglich der Wirksamkeit der Rekultivierungsschicht als Gasoxidationsschicht laufen zur Zeit noch Untersuchungen, die aber in der nächsten Zeit abgeschlossen sein werden. Dann sind sicher auch Anforderungen an die Langzeitbarriere als Gasoxidationsschicht formulierbar. Erfahrungen mit Gasmessungen an der Oberfläche von Rekultivierungsschichten haben schon in der Vergangenheit gezeigt, dass selbst unspezifisch aufgebaute Rekultivierungsschichten ein hohes Gas-

oxidationspotential besitzen.

Die Rekultivierungsschicht als Langzeitbarriere benötigt sehr viel Zeit für ihre Entwicklung, denn ihr wichtigstes Element hinsichtlich der Wasserminimierungsaufgabe ist ihre Pflanzendecke - und die leistungsfähigste Pflanzendecke in dieser Hinsicht ist der Wald. Und Wald braucht Zeit.

Bis sich die Langzeitbarriere ausgebildet hat, müssen die Dichtungsschichten noch voll funktionstüchtig sein, deshalb können keine Abstriche an der Qualität der Dichtungselemente zugelassen werden. Auch dann nicht, wenn eine sogenannte "verstärkte Rekultivierungsschicht" vorgesehen ist. Denn jede Rekultivierungsschicht, die die Mindestvorgaben der TASI einhält, entspricht der TASI.

## 5 Literatur

---

- [1] Brauns, J. et al : Rekultivierung für forstliche Nutzung bei Deponien mit Regeldichtungen, Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Dezember 1996, Kurzfassung, zu beziehen über: LfU Baden-Württemberg, Karlsruhe
  - [2] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfall - konformer Oberflächen-dichtung, Handbuch Abfall, Band 13, Herausgeber: LfU Baden-Württemberg, Karlsruhe, 1997
  - [3] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): „Rekultivierung“, Papier eingeführt durch Erlasse der Bundesländer, z. B. mit Erlass des Landes Baden-Württemberg an die Regierungspräsidien vom 12.05.2000
  - [4] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik: E 2-31 – Rekultivierungsschichten Veröffentlichung als GDA – Empfehlung in Vorbereitung
  - [5] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik: E 2-312 – Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien, Veröffentlichung als GDA – Empfehlung in Vorbereitung
- 

Autor: Dipl.-Ing. Peter Bothmann, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  
Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe, e-mail: [Peter.Bothmann@lfuka.lfu.bwl.de](mailto:Peter.Bothmann@lfuka.lfu.bwl.de)

**Herausgeber** der Hamburger Bodenkundlichen Arbeiten: Verein zur Förderung der Bodenkunde in Hamburg, Allende-Platz 2, D-20146 Hamburg  
Der Tagungsband kann über den Buchhandel (ISSN 0724-6382) oder zum Preis von DM 30,- (inklusive Versand im Inland, Auslandspreis auf Anfrage) gegen Rechnung direkt bei der Schriftleitung, auch über ein [Internet-Formular](#), bestellt werden: