

# Nachnutzungskonzepte für Deponien – Vereinbarkeit mit den Anforderungen der DepV, insbesondere an Rekultivierungsschichten

Dr. Thomas Egloffstein, Dipl.-Ing. Gerd Burkhardt, ICP Ing.-Ges. mbH, Karlsruhe

## 1 Einleitung

Die Deponieverordnung (DepV) von 2009 und der Bundeseinheitliche Qualitätsstandard (BQS) „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ BS 7-1 der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ definieren Anforderungen die Rekultivierungsschicht welche Auswirkungen auf die Folgenutzung von Deponien haben können.

Die Deponieverordnung (DepV) unterscheidet zwischen Rekultivierungsschichten und technischen Funktionsschichten und ordnet beiden Schichten unterschiedliche Aufgaben zu. Während die Rekultivierungsschicht den Charakter einer endgültigen Abdeckung zum Schutz der Abdichtungssystems mit dem Ziel der Optimierung des Wasserhaushaltes des Gesamtsystems hat, ist einer technischen Funktionsschicht lediglich der ausreichenden Schutz des Abdichtungssystems von Frost, Austrocknung und Durchwurzelung zugeordnet.

Als technische Funktionsschicht wird die Deponieoberfläche nach endgültiger Stilllegung bezeichnet, die als Verkehrsfläche, Parkplatz, zur Bebauung oder in ähnlicher Weise genutzt wird (DepV, Anhang 1, Nr. 2.3.2). Die Anforderungen an das Ziel Optimierung des Wasserhaushaltes entfallen aufgrund der genannten Nutzungen.

Zahlreiche Folgenutzungen fallen jedoch sinngemäß nicht unter die in der DepV genannten Nutzungsformen für die eine technische Funktionsschicht vorgehsehen ist.

Wird auf eine Deponie mit einer endgültigen Oberflächenabdichtung z.B. eine Photovoltaikanlage, die häufigste Form der Folgenutzung auf Deponien, installiert übernimmt nach Entwurf BQS 7-4a 2 „Technische Funktionsschichten – Photovoltaik auf Deponien“ (LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ 2012) die Rekultivierungsschicht Aufgaben im Sinne einer technischen Funktionsschicht.

Nach dieser Definition übernimmt nach Ansicht der Autoren die Rekultivierungsschicht bei der Nachnutzung z.B. mit Photovoltaikanlagen aber auch anderen Nachnutzungen die Aufgaben im Sinne einer technischen Funktionsschicht, unterliegt aber nach wie vor den Anforderungen an eine Rekultivierungsschicht.

Dies kann zu Zielkonflikten zwischen der Folgenutzung und den Anforderungen an eine Rekultivierungsschicht führen, die bei noch weiter spezifizierten Anforderungen wie z.B. an eine Wasserhaushaltsschicht oder Methanoxidationsschicht bis zur Unverträglichkeit der Rekultivierungsziele und Folgenutzung führen können.

## 2 Anforderungen an Rekultivierungsschichten bzw. technische Funktionsschichten von Deponien

### 2.1 Anforderungen an die Rekultivierungsschicht

Nach Anhang 1, Nr. 2.1 der Deponieverordnung dürfen u.a. für das Oberflächenabdichtungssystem Materialien, Komponenten oder Systeme nur eingesetzt werden, wenn Sie dem Stand der Technik gemäß Anhang 1, Nr. 2.1.1 der Deponieverordnung entsprechen und wenn dies der zuständigen Behörde nachgewiesen worden ist. Dies betrifft auch die Rekultivierungsschicht, wenn sie nicht als technische Funktionsschicht genutzt wird. Nach Anhang

1 Nr. 2.1.2 der Deponieverordnung definieren die Länder Prüfkriterien und legen Anforderungen an den fachgerechten Einbau sowie das Qualitätsmanagement in bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) fest. Für Rekultivierungsschichten ist dies der BQS 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 23.05.2011 (LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ 2011).

Gemäß DepV, Anh. 1, Nr. 2.3.1 gilt für eine Rekultivierungsschicht, dass die Dicke, die Materialauswahl (Boden) und der Bewuchs nach den Schutzanforderungen für die Abdichtungskomponenten (Dichtungskomponente(n)+Entwässerungsschicht) zu bemessen ist, wobei die Minstdicke von 1 m nicht unterschritten werden darf. Weiterhin ist eine nutzbare Feldkapazität von 140 mm bezogen auf die Gesamtdicke der Rekultivierungsschicht gefordert.

Gemäß BQS 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ (AGA Ad-hoc-AG 2011) ist die Rekultivierungsschicht eine Komponente des Abdichtungssystems und hat folgende Aufgaben:

- Rekultivierung der Deponie
- Verhinderung der hydraulischen Überlastung, weitestgehende Vermeidung einer Durchwurzelung (der Dränschicht)
- und Verhinderung sonstiger Beeinträchtigungen der langfristigen Funktionsfähigkeit der Entwässerungsschicht
- Schutz der Abdichtungskomponenten vor Wurzel- und Frosteinwirkungen sowie vor Austrocknung
- Gewährleistung der Einbindung des Deponiekörpers in die umgebende Landschaft
- Ermöglichen der Folgenutzung

Weiterhin muss die Rekultivierungsschicht folgende Funktionen erfüllen:

- Pflanzenstandort
- **Optimierung des Wasserhaushaltes des Gesamtsystems**

Die Rekultivierungsschicht beeinflusst den Wasserhaushalt des Gesamtsystems maßgeblich. In Abhängigkeit von den klimatischen Standortgegebenheiten und den Anforderungen an das Oberflächenabdichtungssystem oder die Oberflächenabdeckung muss sie:

- **die Evapotranspiration durch optimierte Speicherung des pflanzenverfügbaren Wassers im Wurzelraum in Kombination mit dem Bewuchs fördern,**
- die Dränspende reduzieren und dämpfen, um die Entwässerungsschicht oder eine ggf. vorhandene Kapillarsperre zu entlasten,
- schädliche Wasserspannungen an der Unterseite der Rekultivierungsschicht zum Schutz von darunter liegenden schrumpfungsempfindlichen Abdichtungskomponenten vermeiden.

- Schutzfunktionen

Die Rekultivierungsschicht muss die Entwässerungsschicht und die Abdichtungskomponenten schützen vor:

- mechanischen Einwirkungen,
- atmosphärischen Temperaturschwankungen und Frost,

- Wasserverlust schrumpfungsempfindlicher Abdichtungsschichten,
- Einwachsen von Pflanzenwurzeln,
- grabenden Tieren und
- Erosion

Gemäß BQS 7-1 (LAGA AD-hoc-AG 2011) ist die Rekultivierungsschicht unter Berücksichtigung der Standortbedingungen, der Abdichtungskomponenten und des zu erwartenden Bewuchses projektspezifisch zu bemessen. Die Mindestmächtigkeit von 1 m reicht meist nicht aus, um die die Entwässerungsschicht oder eine mineralische Abdichtungskomponente ohne ein aufliegende Konvektionssperre zu schützen und eine nachhaltige Rekultivierung zu gewährleisten.

Anforderungen an die Komponente Rekultivierungsschicht (unter Bezug auf eine Folgenutzung):

- Nutzbare Feldkapazität (nFk)  $\geq$  140 mm bzw. 14 Vol.% bezogen auf die Gesamtdicke
- Luftkapazität  $\geq$  8 Vol.% → **erfordert den lockeren Einbau des Bodens!**
- Ausreichende Standsicherheit → ggf. Zielkonflikte mit dem lockeren Einbau des Bodens und den im Sinne einer hohen nFk bevorzugten Bodenarten Schluffe und Lehme
- Beständigkeit gegen Erosion → ggf. Zielkonflikt mit bevorzugter Bodenart Schluffe und dem lockeren Einbau
- Der Humusgehalt im Oberboden (i.d.R. 30 cm) sollte 2 bis 4 M.-% betragen

Maßnahmen zu Schutz der Rekultivierungsschicht (unter Bezug auf eine Folgenutzung):

- Die fertige Rekultivierungsschicht ist so zu bewirtschaften und zu pflegen, dass ihre Funktionsfähigkeit erhalten bleibt.
- Befahrungen mit Fahrzeugen höherer Bodenpressungen (alle Radfahrzeuge und Kettenfahrzeuge ohne breite Gleisketten) führen zu schädlichen Bodenverdichtungen und sind daher unbedingt zu vermeiden. Sie sind von entsprechenden Unterhaltungswegen (technische Funktionsschichten) aus durchzuführen.
- 

## 2.2 Technische Funktionsschichten

Als technische Funktionsschicht ist in der DepV, Anhang 1, Nr. 2.3.2 die Deponieoberfläche nach endgültiger Stilllegung bezeichnet, die als Verkehrsfläche, Parkplatz, zur Bebauung oder in ähnlicher Weise genutzt wird.

Die Dicke von technischen Funktionsschichten u.a. nach den Schutzanforderungen der darunter liegenden Systemkomponenten (Entwässerungsschicht und Dichtungskomponente(n)) zu bemessen (Schutz vor Wurzel- und Frosteinwirkung sowie Austrocknung). Eine Mindestmächtigkeit ist nicht definiert.

Die Anforderungen an den Schadstoffgehalt der verwendeten Materialien richtete sich nicht nach Tab. 2, Spalte 9 (Rekultivierungsschicht), Anhang 3 der DepV sondern muss die Anforderungen an Materialien, wie sie außerhalb von Deponiestandorten unter vergleichbaren Randbedingungen zulässig wären, einhalten. Bei den unter Nr. 2.3.2 beispielhaft aufgezählten Folgenutzungen Verkehrsfläche, Parkplatz, Bebauung o.ä. kann dies bis zur Einbauklasse Z 2 zur Verwertung nach LAGA M20 (1997) bzw. TR Boden (2004) oder vergleichbare

Länderregelungen gehen. Dabei muss das in der Entwässerungsschicht gefasste Wasser nach wasserrechtlichen Vorschriften eingeleitet werden können.

Nach der Aufgabe der die technische Funktionsschicht begründete Folgenutzung ist die Fläche so herzustellen, dass sie eine natürliche Funktion des Standortes erfüllen kann und die Schutzerfordernisse an die darunter liegenden Komponenten Entwässerungsschicht und Abdichtungskomponente(n) gewahrt bleiben. Die Einhaltung der Anforderungen an eine Re-kultivierungsschicht nach der Aufgabe der Folgenutzung als technische Funktionsschicht gemäß DepV, Anh. 1, Nr. 2.3.1 und BQS 7-1 werden nicht gefordert.

Nach Aufgabe der Nutzung als technische Funktionsschicht ist die Fläche so herzustellen, dass die natürliche Funktion des Standortes erfüllen kann und die Schutzerfordernisse für die Entwässerungsschicht und die Abdichtungskomponente(n) (s.o.) gewahrt bleiben

### 3 Generelle Möglichkeiten der Nachnutzung von Deponien

Folgende Nachnutzungen der Deponieflächen sind generell denkbar (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) (Burkhardt & Egloffstein 2011):

- Nutzung als Naturraum
  - Schaffung spezieller Biotope (in der Regel Trockenbiotope, keine Feuchtbiotope oder gar Gewässer auf der Deponiefläche) oder Einbindung an angrenzende Biotope / Naturschutzgebiete etc.
  - Sukzessionsfläche
  - Ausgleichsflächen
- Land- oder forstwirtschaftliche Nutzung
  - Landwirtschaftliche Nutzung zur Erzeugung von Nahrungsmitteln (dies bei Deponien mit höherem Gefährdungspotential in der Regel nicht erwünscht)
  - Landwirtschaftliche Nutzung zur Energieerzeugung (Energiepflanzen für Biogas- oder Holzhackschnitzel-Anlagen)
  - Nutzung als Weidefläche
  - Forstwirtschaftliche Nutzung
- Nutzung als Parkanlage
  - Park zur Naherholung
  - Landes- oder Bundesgartenschau
  - Kulturpark (im weitesten Sinne)
- Nutzung als Freizeitfläche
  - Einbeziehung als Naherholungsfläche (z. B. über Wanderwege, Rastanlagen, Schutzhütten etc.)
  - Nutzung als Aussichtsplattform (v. A. bei Deponien, die eine deutliche Erhöhung über die umgebende Landschaft darstellen)
  - Nutzung als Rodel- oder Skihang oder auch Skihalle
  - Nutzung als Golfplatz

- Sonstige Freizeitanlagen
- Nutzung zur Energieerzeugung
  - Deponiegasnutzung (bei Rohmülldeponien)
  - Photovoltaikanlagen (zumindest auf den nach Süden ausgerichteten Flächen)
  - Standort für Windkraftanlagen
  - Pflanzung von Energiepflanzen (siehe oben)
- Nutzung als Kultur- oder Bildungsareal
  - Kulturelle Einrichtungen (im weitesten Sinne)
  - Bildungseinrichtungen (z. B. auch über Abfallwirtschaft / Deponietechnik)
- Weiternutzung als Deponie
  - „Deponie auf Deponie“
- Nutzung als Rohstofflager
  - „Landfill Mining“

Viele der oben aufgeführten Nachnutzungen von Deponien wurden bereits ausgeführt oder zumindest angedacht.

#### **4 Mögliche Zielkonflikte der Nachnutzung mit den Anforderungen an eine Rekultivierungsschicht**

Für alle Formen der Folgenutzungen von Deponien gilt, dass die Belange des Deponiebetriebes, die bestehenden Einrichtungen der Deponie und die Sicherheit von potentiellen Besuchern Vorrang vor der geplanten Folgenutzung haben. Entsprechende Sicherheitsabstände zu allen deponietechnischen Einrichtungen (Rekultivierungs-, Entwässerungs-, Abdichtungsschicht(en), Gas- und ggf. Entwässerungsleitungen) sind sowohl in vertikaler ( $\geq 50$  cm) als auch horizontaler ( $\geq 3$  m) Richtung zu Sickerwasserschächten, Gasbrunnen, Gassammelstationen, Gasverwertung etc. zu gewährleisten. Bodenverdichtungen der Rekultivierungsschicht durch Befahren, Bau- und Installationsarbeiten, Materiallagerung, Erdarbeiten sind zu vermeiden. Selbst im Bauzustand (z.B. Erdarbeiten für Leitungsgräben, Fundamentierungen, Installationen) sind die Anforderungen an den Schutz der Entwässerungsschicht und die Abdichtungskomponente(n) (i.W. mechanische Beschädigung, Frost, Austrocknung) einzuhalten.

Auch für die Folgenutzung auf die oder in die Rekultivierungsschicht auf- oder eingebrachte Installationen dürfen die Schutzwirkung der Rekultivierungsschicht für die Deponieeinrichtungen nicht unzulässig verringern. Bei Folgenutzungen mit Besuchern ist insbesondere bei Deponien mit Deponiegasanfall ein Sicherheitskonzept zu erstellen.

## 4.1 Nutzung als Naturraum

### Trockenbiotope - Magerrasen

Seitens des Naturschutzes eignen sich Deponiestandorte oft, um gemäß Grünordnungsplanung oder Landschaftspflegerischem Begleitplan Magerrasen vorzusehen. Magerrasen benötigt jedoch einen hohen Sandanteil des Bodens, da Magerrasen am besten an besonders nährstoffarmen, „mageren“ (sandigen) Standorten wächst. Diese Anforderungen stimmen z.T. nicht bzw. nur bedingt mit den Anforderungen an den Nährstoffgehalt des Oberbodens (2 – 4 M.-% Humusgehalt gem. BQS 7-1) und die geforderte nutzbare Feldkapazität von 140 mm sowie der Optimierung des Wasserhaushalts (hohe Evapotranspiration) überein. Z.T. könnte diese Anforderungen mit einer höheren Schichtstärke der Rekultivierungsschicht ausgeglichen werden. Eine Optimierung des Wasserhaushaltes ist jedoch mit Magerrasen kaum zu erreichen.

### Sukzessionsfläche

Bei Sukzessionsflächen dominiert (z. B.) oft die Brombeere als Ruderalart. Brombeeren gelten als aggressive Tiefwurzler mit hoher Wurzelenergie. Dies könnte das Entwässerungssystem und Abdichtungskomponenten wie z.B. die mineralische Abdichtungen oder Bentonitmatten schädigen. Brombeeren lassen sich durch regelmäßige Mahd etwas begrenzen aber nicht verdrängen. Die Dominanz der Brombeere ließe sich durch größere Gehölze in Folge von Beschattung zurückdrängen. Dies erfordert jedoch eine deutlich stärkere Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht (s.a. Forstwirtschaftliche Nutzung).

## 4.2 Land- und Forstwirtschaftliche Nutzung

### Landwirtschaftliche Nutzung zur Energieerzeugung

Eine Möglichkeit der Folgenutzung ist die Bepflanzung mit Energiepflanzen für Biogas- oder Biomasseheizkraftwerke bzw. Holzhackschnitzel-Anlagen, sog. Kurzumtriebsplantagen (KUP). Auch die Anpflanzung eines Energiewaldes für die thermische Verwertung in einem Biomassekraftwerk kann eine Folgennutzung sein (Tschackert 2011).

Die Beschaffenheit des Bodens und Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht ist an die Anforderung einer Kurzumtriebsplantage bzw. an einen Energiewald anzupassen. In Bezug auf leistungsfähige Kurzumtriebsplantagen ist die Nährstoffsituation an die Nutzpflanzen anzupassen. Auf der Deponie Froschgraben wurden z.B. Aspen, Robinien, Grauerlen und verschiedene Pappel-Hybriden in Rahmen eines großen Testfeldes angepflanzt (Tschackert 2011). Einzuplanen sind entsprechende Wirtschaftswege, eine erforderliche Mindestqualität der Rekultivierungsböden und eine Wasserversorgung der Nutzpflanzen. Mögliche Zielkonflikte können eine ausreichende Mächtigkeit als Schutzabstand zu den Abdichtungskomponenten, die Bodenverdichtung bei Pflege und Ernte der Nutzpflanzen und ggf. Überdüngung bei zu exzessiver Nutzung (das Wasser der Entwässerungsschicht muss nach wasserrechtlichen Vorschriften eingeleitet werden können). Die Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht für die Folgenutzung als Energiewald entspricht der Forstwirtschaftlichen Nutzung (s.u.).

### Forstwirtschaftliche Nutzung

Der Aufbau einer Rekultivierungsschicht für die forstwirtschaftliche Nutzung (Wald) kann gemäß den Anforderungen an die Rekultivierungsschicht gemäß DepV erfolgen, angenommen ist jedoch die Mindestmächtigkeit, welche in diesem Falle  $\geq 2$  m betragen sollte. Eine Mächtigkeit von 2,5 bis 3 m ist anzustreben. Bei Waldstandorten von Deponien sind die Anforderungen des Forstes zu berücksichtigen und der Forst mit in die Planung einzubeziehen.

hen. Die Trennung in weitgehend humusfreien Unter- und Humusgehalte im Oberboden kann aufgrund der größeren Durchwurzelungstiefen von Bäumen evtl. entfallen. Der Forst spricht von kulturfähigen Boden mit günstigen bodenphysikalischen und -mechanischen Eigenschaften der locker eingebaut oder aufgelockert wird (Bönecke 1997). Die Anpflanzung von Pfahl- bzw. Tiefwurzlern ist grundsätzlich zu vermeiden (z.B. Kiefer, Tanne, Lärche, Esche, Eiche). Wald ist mehrstufig anzulegen (Vorwald / Zielwald) und erfordert eine Waldpflege durch den Forst.

### **4.3 Nutzung als Parkanlage**

Parks haben i.d.R. unterschiedliche Bepflanzungen die von Rasen über Blumenbeete, Sträucher bis zu Bäumen und Baumgruppen reicht. Die Schichtstärken und die Bodenarten der Rekultivierungsschicht sind an den Wurzelraum dieser Bepflanzungen anzupassen. Ggf. sind Pflanzinseln mit größeren Schichtstärken aufzusetzen. Problematischer sind ggf. künstliche Teiche und Gewässer auf der Rekultivierungsschicht. Diese müssen zusätzlich abgedichtet werden damit die Entwässerungsschicht des Abdichtungssystems nicht überfordert wird. Bei technischen Einrichtungen wie ggf. Beleuchtung, Wege, ggf. Brücken, Fundamente, Gebäude, Toiletten etc. sind bei der Gründung bzw. bei deren Ver- und Entsorgungsleitungen auf die Deponieeinrichtungen (Dichtung, Gasbrunnen, Sickerwasserschächte, Leitungen) vertikale und horizontale Sicherheitsabstände einzuhalten. Zielkonflikte mit Anforderungen an eine Rekultivierungsschicht könnten sich mit Rasenflächen ergeben, welche nicht der Optimierung des Wasserhaushaltes durch Evatranspiration dienen, sowie mit dem Wegebau und mit Bodenverdichtungen.

### **4.4 Nutzung als Freizeitfläche**

#### Nutzung als Aussichtsplattform

Diese Nutzungsform bietet sich v. A. bei Deponien, die eine deutliche Erhöhung über die umgebende Landschaft darstellen, an (z.B. Hamburg Georgswerder oder Karlsruhe West).

Soweit keine Aufbauten für die Aussichtsplattform benötigt werden ändert sich nichts Wesentliches an den Anforderungen an die Rekultivierungsschicht. Falls eine technische Plattform oder wie bei der Deponie Georgswerder für die IBA Hamburg 2013 geplanter Horizontweg (Weg auf Stelzen um den Hochpunkt der Deponie herum) um die Deponie Gründungen erforderlich werden (Sokollek 2010), sind diese auf die Dichtungskomponenten und die Rekultivierungsschicht entsprechend vertraglich abzustimmen.

#### Nutzung als Rodel- oder Skihang oder auch Skihalle

Bei der Nutzung als Rodel- oder Skihang steht aufgrund der in Deutschland üblicherweise nicht allzu großen Schneehöhen zu befürchten, dass der Bewuchs in Mitleidenschaft gezogen wird und seine Funktion für die Optimierung des Wasserhaushaltes (Evatranspiration) nicht ausreichend erfüllt. Neben Erosionserscheinungen kann es zu oberflächennahen Bodenverdichtungen kommen. Bei der Installation von Liften ist bei einer den Verhältnissen Gründung von Masten (Plattengründung oder Ringfundamente) auf ausreichende vertikale und horizontale Abstände zum Dichtungssystem und anderen Deponieeinrichtungen zu achten.

Eine Skihalle, wie auf der Deponie Neuss oder der Schlackehalde Bottrop als Indoor Alpinski Wintersportcenter umgesetzt, erfordert besondere Gründungen. Bei der Überbauung von Deponien mit größeren Gebäuden kann im Bereich des Gebäudes nach Ansicht der Verfas-

ser auf Abdichtungssysteme und Rekultivierungsschichten gegen eindringendes Niederschlagswasser evtl. verzichtet werden. Es ist jedoch auf eine saubere technische Trennung von Abfallkörper und Nachnutzung zu sorgen, insbesondere wenn Deponiegas vorhanden ist. Der Anbindung von Dichtungssystemen an das Gebäude ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

### Nutzung als Golfplatz

Eine Nutzung als Golfplatz wurde nach Kenntnis der Autoren bisher nur einmal auf der Deponie Mainz Budenheim umgesetzt (Kehrer & Hahn 2008). Das Abdichtungssystem besteht aus einer Kunststoffdichtungsbahn (17 ha) und einer Rekultivierungsschicht mit optimierten Wasserhaushaltseigenschaften und in Teilbereichen (6.5 ha) einem Dichtungskontrollsystem. Das Besondere besteht hierbei darin, die Profilierung der Deponie mit den Ansprüchen einer Golfplatzanlage (Sichtbeziehungen, visuelle Trennung der Golfbahnen untereinander, optische Gestaltung der Hindernisse) in Einklang zu bringen. Für die Deponiegasfassung und die Oberflächenentwässerung wurden Lösungen erarbeitet, die die technischen Einrichtungen der Anlagen in den Randbereich des Golfplatzes ansiedeln und neben hoher Sicherheit eine möglichst geringe optische Beeinträchtigung garantieren. Es wurden auch keine offenen Entwässerungsgräben ausgeführt, sondern diese durch Drainageleitungen ersetzt. Ein Oberflächenwasserspeicherbecken wurde so angelegt, dass es zur Bewässerung des Golfplatzes genutzt werden kann. Teile des Golfplatzes sind bereits 2008 in Betrieb gegangen (Burkhardt & Egloffstein 2011).

Bei einer Nachnutzung einer Deponie als Golfplatz sind die Anforderungen an den Bewuchs der Rekultivierungsschicht grundsätzlich nur schwer einzuhalten. Ein kurz geschnittener Golfrasen ermöglicht nur eine sehr geringe Evapotranspiration. Die Wirkung der Rekultivierungsschicht mit optimierten Wasserhaushaltseigenschaften (definierte Anforderungen bezüglich Feld- und Luftkapazität, Einbauverfahren, etc.) dürfte daher zumindest im Bereich des Golfrasens aufgrund der geringen Evapotranspiration begrenzt sein.

Bei der steilen Ostböschung ( $N = 1 : 2,3$ ) musste die Rekultivierungsschicht aus Standsicherheitsgründen verdichtet eingebaut werden, was der Forderungen des BQS 7-1 zur Optimierung des Wasserhaushalts entgegen läuft (Verringerung insbesondere der Luft-, aber auch nutzbaren Feldkapazität).

Aufgrund der aufwendigen Abstimmungen zwischen Fachplaner Deponie und Golfplatzbau mit deckungsgleich zu bringenden divergierenden Anforderungen an die Endgestaltung einer Deponie (Entwässerungsplanung) und die Oberflächengestaltung für einen Golfplatz mit anspruchsvollen Lösungen zur Deponieentwässerung und Entgasung dürften sich weitere Folgenutzungen als Golfplatz in Grenzen halten.

## **4.5 Nutzung zur Energieerzeugung**

### Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen auf den nach Süden ausgerichteten Flächen von Deponien sind derzeit die Hauptform der Folgenutzung von Deponien. Durch das Inkrafttreten des Gesetzes über den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) im Jahr 2000 werden vermehrt Photovoltaikanlagen (PV – Anlagen) vorübergehend oder dauerhaft auf nicht mehr in Betrieb befindliche Deponien oder Deponieabschnitte aufgestellt. Dies wird z.B. vom Bayerischen Landessamt für Umwelt LfU ausdrücklich begrüßt, da es sich bei der photovoltaischen Energieerzeugung um eine umwelt- und ressourcenschonende Art der Stromerzeugung handelt. Hier bieten sich die Deponiestandorte insbesondere aus folgenden Gründen an (Bay. LfU 2011):



- kein zusätzlicher Landverbrauch (Flächenrecycling)
- andere Nutzungen werden nicht beeinträchtigt; Häufig notwendige Infrastruktur ist vorhanden (Umzäunung, Stromanschluss, Verkehrsanbindung).
- günstige Topographie
- keine Verschattung durch Bäume

Zur Fundamentierung in oder auf der Rekultivierungsschicht kommen u. a. folgende Verfahren in Frage (Bay. LfU 2011):

- Erdpfähle, Rammpfosten (Zn-Stahl, Alu)
- Streifenfundamente aus Beton
- Einzelpunktfundamente aus Beton
- Einzelaufstellung mittels Wannenkonstruktion (Metall, Kunststoff, Alu – verstärkt; jeweils mit Ballastierung)
- „Umgedrehte“ Modultische (Beton)

Dabei darf das Oberflächenabdichtungssystem Dichtung, Drainageschicht, ggf. Vlies, Rekultivierungsschicht) nicht beeinträchtigt werden. Deswegen sollte generell auf eine Pfahlgründung verzichtet werden. Ein vertikaler Sicherheitsabstand zwischen den Gründungselementen der PV-Anlage oder den erdverlegten Stromleitungen und den Dichtungselementen des Oberflächenabdichtungssystems von  $\geq 50$  cm sollte nicht unterschritten werden (Bay. LfU 2011, MV 2010).

Um eine unverhältnismäßige Verdichtung der Rekultivierungsschicht durch Befahrung, Materialtransport, Erdarbeiten, Zwischenlagerung und Aufstellung der Module zu vermeiden sind für das Aufstellen und die Wartung von PV-Anlagen entsprechende Zuwegungen zu planen und anzulegen. Ggf. ist die Rekultivierungsschicht nach dem Aufstellen wieder aufzulockern und die Vegetation neu anzusäen (MV 2010).

Durch die Errichtung der PV-Anlage, die Module und z.T. durch die Fundamentierung kommt es zu einer teilweisen Versiegelung der Oberfläche. Die Bodenfunktionen der Rekultivierungsschicht (Optimierung des Wasserhaushalts des Gesamtsystems) werden durch die großflächigen Solarmodule negativ beeinträchtigt (lokale Austrocknung; linienförmiger Wassereintrag an den Abtropfkanten der Solarmodule). Dies führt auch zu negativen Einflüssen auf den Bewuchs der Deponieoberfläche. Deswegen sollte der Abstand zwischen den Photovoltaikmodulen und die Höhe der Module über dem Boden ausreichend sein, um die Ausbildung einer geschlossenen Vegetationsdecke zu ermöglichen und Mäh- und sonstige Arbeiten unter den Modulen zu erleichtern. Vor allem in Fallrichtung der nach vorne geneigten Solarmodule sollten in nicht zu großen Abständen offen Zwischenräume zwischen den Einzelmodulen zum Abfließen des Niederschlagswassers sein, damit nicht das gesamte Niederschlagswasser eines großen Solarmoduls nur an der Vorderkante abtropft und Erosion und einen ungleichmäßigen Wassereintrag in die Rekultivierungsschicht verursacht. Kann dies nicht gewährleistet werden oder ist noch kein ausreichend stabiler Bewuchs vorhanden sind Erosionsschutzmaßnahmen wie Kiesbänder oder die Verlegung von Erosionsschutzmatten insbesondere in Böschungsbereichen vorzusehen. Eine Versickerung des Niederschlagswassers ist zur Aufrechterhaltung des Wasserhaushaltes in der Rekultivierungsschicht immer anzustreben (MV 2010).

Resümierend kann gesagt werden, dass PV-Anlagen mit der Optimierung der Wasserhaushaltsfunktion von Rekultivierungsschichten aufgrund der Beschattung und des ungleichmäßigen Wassereintrages sowie der wohl nie ganz zu vermeidenden Bodenverdichtung Zielkonflikte mit den Anforderungen der DepV und den QBS 7-1 „Rekultivierungsschichten“ haben.

Der Entwurf des Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards 7-4a „Technische Funktionsschichten – Photovoltaik auf Deponien“ der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ von 2012 hält sie zumindest für Wasserhaushaltsschichten und Methanoxidationssichten für nicht systemverträglich. Dieser Einschätzung schließen sich die Verfasser an.

### Windkraftanlagen

Eine ebenfalls relativ häufige Form der Nachnutzung von Deponien ist die Aufstellung von Windkraftanlagen, oft gemeinsam mit Photovoltaikanlagen und Deponiegasnutzung als sog. „Energieberg“ (z.B. Deponie Karlsruhe West, Georgswerder u.a.).

Windkraftanlagen auf Deponien werden entweder auf z.B. 8-eckigen Betonplatten (Deponie Georgswerder) oder mit Ringfundamenten (Deponie Karlsruhe West) flach gegründet. Bei ungleichen Setzungen können die Windkraftanlagen nachjustiert werden, was aber weder auf der Deponie Georgswerder noch auf KA-West bisher erforderlich war. Eine Einbindung in das Oberflächenabdichtungssystem der Deponie ist einzelfallspezifisch zu lösen. Die Rekultivierungsschicht wird im Bereich der Plattengründung und weniger ausgeprägt bei den Ringfundamenten im Bereich der Gründung zur Funktionsschicht. Der Einfluss von Windkraftanlagen auf die Funktion der Rekultivierungsschicht ist, da eher punktförmig als flächenhaft und mit größeren Abständen, geringer als der von Photovoltaikanlagen.

Zu hinterfragen ist eine eventuelle Auswirkung auf die Dichtungskomponenten durch die hohe punktförmige Auflast.

## **5 Zusammenfassung**

Die Deponieverordnung (DepV) aber auch der damit verknüpfte Bundeseinheitliche Qualitätsstandard (BQS 7-1, „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“) unterscheiden zwischen Rekultivierungsschichten und technischen Funktionsschichten als letzte obere Schicht über den Abdichtungskomponenten und der Entwässerungsschicht. Während die technische Funktionssicht durch Ihre Dicke nur die Sicherung des Abdichtungssystems vor Frost, Austrocknung und Durchwurzelung sicher stellen soll und ansonsten lediglich als Auflager von Verkehrsflächen, Parkplätzen oder Baugrund von Gebäuden etc. dient, werden an die Rekultivierungsschicht weitergehende Anforderungen gestellt, insbesondere die Optimierung des Wasserhaushaltes. Dies äußert sich neben der Anforderung an die nutzbare Feldkapazität vor allem in der Anforderung an die Luftkapazität und daher durch die Erfordernis des lockeren Einbaus des Rekultivierungsbodens und der Vermeidung von Bodenverdichtungen. Die Evapotranspiration soll durch optimierte Speicherung des pflanzenverfügbaren Wassers im Wurzelraum in Kombination mit dem Bewuchs gefördert werden. Nimmt man dies wörtlich, so scheiden z.B. Magerrasen und Golfplatzrasen als Nachnutzung bereits aus. Auch die Aufteilung in humosen Oberboden (2-4 M.-% Humusgehalt) und weitgehend humusfreien Unterboden passt nicht für alle möglichen Folgenutzungen. Für Wald als Folgenutzung macht dies z.B. aufgrund der größeren Wurzeltiefen keinen Sinn.

Das größte Potential für Zielkonflikte zwischen der Folgenutzung und den Anforderungen an die Rekultivierungsschicht bietet das Aufstellen von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen), die derzeit häufigste Form der Folgenutzung von Deponien. PV-Anlagen versiegeln größere Teile der Rekultivierungsschicht und die Solarmodule schatten den Boden ab. Bei zu geringen Abständen vom Boden und zwischen den Solarmodulen kann es zu negativen Einflüssen auf den Bewuchs der Deponieoberfläche kommen. Solarmodule führen i.d.R. zu einem ungleichmäßigen Wassereintrag in die Rekultivierungsschicht. Eine Verdichtung der Rekultivie-

rungsschicht ist wohl kaum zu vermeiden. Die Bodenfunktionen der Rekultivierungsschicht (Optimierung des Wasserhaushalts des Gesamtsystems) werden durch die großflächigen Solarmodule negativ beeinträchtigt (lokale Austrocknung; linienförmiger Wassereintrag an den Abtropfkanten der Solarmodule). Erosionsprobleme vor allem im Böschungsbereich können die Folge sein. Aufstellung und Wartung können zur Bodenverdichtung führen benötigen eigene Zuwegungen.

Obwohl es für alle aufgezählten negativen Auswirkungen auf die Optimierung des Wasserhaushaltes der Rekultivierungsschicht Möglichkeiten zur Vermeidung bzw. Verminderung gibt, ist der Zielkonflikt zwischen Wasserhaushaltsfunktion und Solaranlage nicht völlig auszuräumen. In vielen Fällen ist jedoch sicherlich eine verträgliche Lösung möglich, wenn die Anforderungen an die Rekultivierungsschicht nicht überbewertet werden oder wenn diese von Beginn an als Funktionsschicht ausgewiesen wird.

Keinen Sinn macht die Folgenutzung mit PV-Anlagen nach Ansicht der Autoren, wenn auf die Wasserhaushaltsfunktion Rekultivierungsschicht besonderer Wert gelegt wird wie z.B. bei Wasserhaushaltschichten als Dichtungskomponente gemäß DepV oder als Rekultivierungsschicht mit optimierten Wasserhaushaltseigenschaften, wie sie in Rheinland-Pfalz oft gefordert wird.

## 6 Literatur

Bay. LfU Bayerisches Landesamt für Umwelt (2011): Deponie – Info 2 Photovoltaikanlagen auf (ehemaligen) Deponien, Augsburg.

Bönecke, G. (1997): Forstwirtschaftliche Aspekte der Rekultivierung kombinationsgedichteter Deponien. In: Egloffstein/Burkhardt (Hrsg.) Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Planung – Bau – Kosten. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis Band 103, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27.04.2009, Artikel 1 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) <http://www.bmu.de>

Burkhardt, G., Egloffstein, Th. (2011): Beispiele für die Nachfolgenutzung aus anderen Bundesländern. In Kranert, M. (Hrsg.) Zeitgemäße Deponietechnik 2011. Vertiefersseminar an der Universität Stuttgart 2011: 16. März 2011 Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 101.

Hegewald K.-D. (2008): Recherche-Ergebnisse zu geplanten und realisierten Projekten in Bezug auf Deponienachnutzungsmöglichkeiten in der Bundesrepublik Deutschland - Stand: Februar 2008 4. Leipziger Deponiefachtagung am 19./20. Februar 2008; HTWK Leipzig LA [www.deponie-stief.de/pdf/fachlit.../2008Hegewald\\_leipzig\\_opt.pdf](http://www.deponie-stief.de/pdf/fachlit.../2008Hegewald_leipzig_opt.pdf).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010): Fotovoltaik auf Deponien und Altablagerungen – Arbeitshilfe.

Kehrer, D und Hahn, H. (2008): Nachnutzung der Deponie Mainz Budenheim nach Oberflächenabdichtung und Rekultivierung als Golfplatz, in Egloffstein/Burkhardt (Hrsg.): Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2008, ICP Eigenverlag Bauen und Umwelt, Karlsruhe

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ (2012): Technische Funktionsschichten – Photovoltaik auf Deponien“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard BQS 7-4a. ENTWURF, in Vorbereitung.

---

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ (2011): Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 23.05.11

LAGA Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (1997: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln. Stand 6. November 1997.

LAGA Bund-/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.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LaNUV NRW) (2010): Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme.

MV Arbeitskreis Deponien und Siedlungsabfälle Mecklenburg Vorpommern (2010): Leitfaden für die Prüfung von Anträgen auf Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Deponien in Mecklenburg Vorpommern.

Sokollek, V. (2010): 25 Jahre Sanierung der Deponie Georgswerder. Ein Erfahrungsbericht. In: Egloffstein & Burkhardt (Hrsg.) Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2011 – Die Umsetzung der neuen Deponieverordnung – praktische Erfahrung im Vollzug der neuen Deponieverordnung und erste Änderungsverordnung zur neuen DepV. ICP Eigenverlag Bauen und Umwelt, Band 19, Karlsruhe.

Struktur und Genehmigungsdirektion Süd (2012): Grundsatzpapier der SGD Süd zur Errichtung einer Photovoltaikanlage auf einer Deponie. Neustadt a.d.W.

Tschackert, A. (2011): 300.000 ha Deponiefläche in der EU – eine Ressource für Wirtschaft, Freizeit und Naturschutz (EU-Projekt „SulfalNet4EU). In: Egloffstein & Burkhardt (Hrsg.) Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2011 – Praktische Erfahrung im Vollzug der neuen Deponieverordnung. ICP Eigenverlag Bauen und Umwelt, Band 21, Karlsruhe.