

## Einflüsse aus der Rekultivierungsschicht auf die langfristige hydraulische Leistungsfähigkeit von geosynthetischen Entwässerungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungen

### 1 Einleitung

Seit Erlass der BAM-Richtlinie in 2003 [6] und den ersten produktspezifischen Beurteilungen der BAM zur Eignung von Kunststoff-Dränelementen (Dränagematte) als Entwässerungsschicht in Deponieoberflächenabdichtungen in 2004 [7], wurde eine Vielzahl von Maßnahmen erfolgreich realisiert.

Fundierte Aussagen zum Langzeit-Wasserleitvermögen unter Kriech- und Bettungseinflüssen für Funktionsdauern >100 Jahre stehen somit zur Verfügung. Aber auch in den 15 Jahren zuvor wurden erfolgreich Dränagematten in Deponieoberflächen eingesetzt und über Aufgrabungen wertvolle Erkenntnisse zur Funktionalität und Wechselwirkung zum Rekultivierungsboden gewonnen [8], [10]. Die im Regelaufbau vorgesehene 30 cm dicke Kiesdränschicht mit einem Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f \geq 1 \times 10^{-3}$  m/s wurde seitdem zunehmend durch eine geosynthetische Dränschicht mit BAM-Eignungsnachweis ersetzt und damit die Filterlage, Sickerschicht und Schutzlage (z.B. für eine KDB) in einem Verlegevorgang ausgeführt.

Beide Entwässerungsschichten – klassisch, mit separater Filterlage – und geosynthetisch – mit integrierter Filterlage – unterliegen den gleichen geohydraulischen und geochemischen Einwirkungen aus der Rekultivierungsschicht. Relevante Einflüsse auf die Funktionalität der Drän- und Filterschichten sind auf fundierte Kenntnisse über die Eigenschaften der Rekultivierungsschicht bzw. eines im direkten Kontakt zu diesen Schichten konzipierten Unterbodens zu berücksichtigen. Die daraus ableitbaren Wechselwirkungen mit Bezug zur hydraulischen Leistungsfähigkeit sollen vorliegend beschrieben und einbaurelevante Qualitätskriterien auf Basis von Erfahrungen vorgestellt werden. Zudem wird die Standsicherheit der Rekultivierungsschicht im noch nicht begrüntem Zustand kritisch betrachtet.



Abb. 1: Einbau der Rekultivierungsschicht auf einer Dränagematte mit BAM-Eignungsnachweis

## 2 Aufstau in Dränschichten

### 2.1 Mineralische Dränschichten

Den mineralischen Dränschichten aus Kies wird a priori eine langzeitige Beständigkeit und Funktionstüchtigkeit unterstellt [3]. Eine Dimensionierung der Wasserableitkapazität erfolgt über die Berechnung des Aufstaus innerhalb der Dränschicht in Abhängigkeit von Gefälle und Entwässerungslänge. Der Aufstau darf die Dicke der Dränschicht dabei nicht überschreiten, da ansonsten eine – zumindest im Böschungsbereich aus Standsicherheitsgründen ungewünschte - Vernässung der Rekultivierungsschicht erfolgen kann.

Gemäß Abb.2 (GDA E2-20 (1997)) kann die Wasseraufstauhöhe  $h_{\text{Aufstau}} = 20$  cm innerhalb der Dränschicht in Flachbereichen (hier: 5% Gefälle) bereits bei 50 m Entwässerungslänge überschreiten, wenn eine Dränspende von 25 mm/d zu erwarten ist. In der Deponie-Praxis sind zumeist längere Flachbereiche üblich, so dass ohne Anordnung zusätzlicher Sammler schnell Aufstauhöhen erreicht werden, die die Dicke der Dränschicht überschreiten.

In Böschungsbereichen ergeben sich aufgrund des größeren hydraulischen Gefälles pauschal geringere Aufstauhöhen, die aber unter Ansatz üblicher Böschungsneigungen größer als Null betragen und damit im Standsicherheitsnachweis als treibende Strömungskräfte in Böschungsfallrichtung anzusetzen sind.

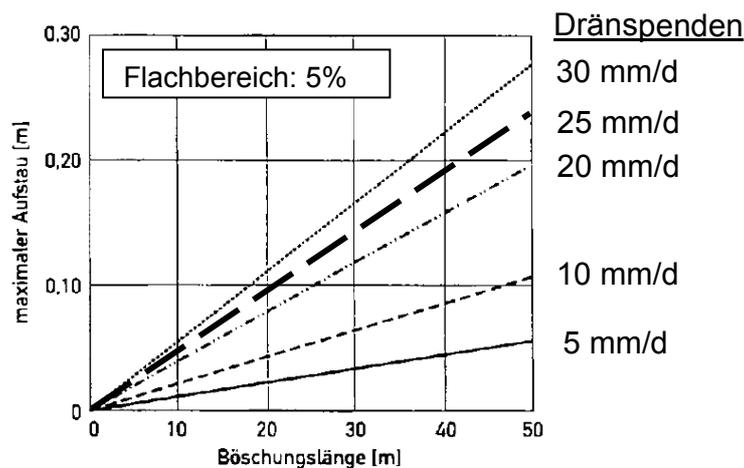


Abb. 2: Aufstau in der Kiesdränschicht nach LESAFFRE - Einfluss der Böschungslänge bei  $k_f = 1 \times 10^{-3}$  m/s (aus: GDA E2-20 (1997))

### 2.2 Geosynthetische Dränschichten

Im Gegensatz zu mineralischen Dränschichten verfügen Kunststoff-Dränelemente über eine freie Ebene, in der das Wasser lateral nahezu ohne Fließwiderstände abgeleitet wird, daher wird mit erheblich geringerer Dicke eine höhere Dränkapazität erreicht. Hinsichtlich dieses Wasserableitvermögens kann die Sickerschicht der Dränmatte in etwa mit einem "Rechteckschlauch unendlicher Breite" verglichen werden, wenn der Faser- und Kunststoffanteil herausgerechnet und somit der tatsächliche Porenraum über eine Ersatzdicke (Schlauchdicke) angesetzt werden kann.

Die Bemessung von Kunststoff-Dränelementen erfolgt nach dem Leistungsprinzip pro Zeiteinheit, d.h. dass das Wasserableitvermögen  $Q_A$  (Menge pro Zeit) für das Gefälle und die Entwässerungslänge so hoch sein muss, dass die Eintrittswassermenge  $Q_E$  (Menge pro Zeit)

mit ausreichender Sicherheit langfristig ohne Aufstau abgeleitet werden kann. Der Bemessungsansatz wird in [11] erläutert.

Unter Berücksichtigung der Langzeitdicke bei 20 kPa Bodenauflastspannung (Bettung hart/weich), der maßgebenden langfristigen Einflüsse im eingebauten Zustand (Wurzeln, Ausfällungen etc.) und einem Gefälle von 5% können Kunststoff-Dränelemente nach [7] Entwässerungslängen von ca. 170 m ohne Aufstau leisten, wenn eine Dränspende von 25 mm/d anzusetzen ist. In standsicherheitsrelevanten Böschungsbereichen werden so große Entwässerungslängen ohne Aufstau in der Sickerschicht beherrscht, dass hinsichtlich der hydraulischen Leistungsfähigkeit bei praxisnahen Böschungslängen ein Reservefaktor mit ca. 10 in Betracht gezogen werden kann.

In Saathoff (1999) wurde zur Berechnung des Aufstaus in Kunststoff-Dränelementen ein Verfahren unter Ermittlung der "Ersatzdicke der Poren" (Dicke des Rechteckschlauches) vorgestellt. Dabei konnte gezeigt werden, dass ein Aufstau nur dann eintreten kann, wenn diese "Ersatzdicke der Poren" überschritten wird.

Zur Verdeutlichung der vorhandenen Reservekapazitäten sind in Tab. 1 Ergebnisse einer ausgewählten Vergleichsberechnung für eine Dränagematte Typ Secudrän® (BAM) aufgeführt. Die Berechnung erfolgte nach [9]. Herangezogen wurde das Langzeit-Wasserableitvermögen einer Dränagematte mit BAM-Eignungsnachweis unter Berücksichtigung einer Abminderung für Einflüsse im eingebauten Zustand (ggf. Wurzeln, Ausfällungen etc.), um eine ggf. vorhandene Reduktion aus Durchflussquerschnitt einzubeziehen. Im Vergleich zur Langzeitdicke des Dränsystems von 9,1 mm (Druckspannung, 20 kPa) beträgt die verfügbare "Ersatzdicke der Poren" ca.  $d_{\text{Poren}} = 8 \text{ mm}$ . Daraus können Schlussfolgerungen gemäß Tab. 1 / Abb. 2 gezogen werden:

Bei einer Dränspende von 25 mm/d (nach GDA E2-20 entspricht dies einem Tagesspitzenwert mit 100% Unterschreitungswahrscheinlichkeit) weist das Dränsystem eine ausreichende laterale Wasserableitkapazität auf, um das Wasser über eine flach geneigte Strecke von 170 m abzuleiten, ohne dass ein Aufstau eintritt:

$$h_{\text{Füll}} = 0$$

Wird die Dränspende mit 35 mm/d (40% höhere Belastung) höher angesetzt, dann füllt sich der "Rechteckschlauch" und erreicht nach 24h bzw. 1d:

$$h_{\text{Füll}} = 6 \text{ mm} < d_{\text{Poren}} = 8 \text{ mm}$$

Die Dränmatte ist nach Abb. 2 folglich nach 24h nicht voll eingestaut und es sind weiterhin Reserven vorhanden, ohne dass für die Rekultivierungsschicht eine Vernässung angenommen werden muss. Bis sich evtl. ein Aufstau oberhalb des Dränsystems einstellt ( $h_{\text{Füll}} = d_{\text{Poren}} = 8 \text{ mm}$ ) müssten 32 Stunden vergehen. Da aber nach 24h der Wasserzufluss endet, ist nur noch das Wasserableitvermögen wirksam und bereits nach 5 Stunden ist der Aufstau ( $h_{\text{Füll}} = 6 \text{ mm}$ ) wieder abgebaut. Festzuhalten gilt, dass trotz einer angenommenen höheren Dränspende mit 35 mm/d im gewählten Flachbereich kein Aufstau oberhalb des Dränsystems auftritt.

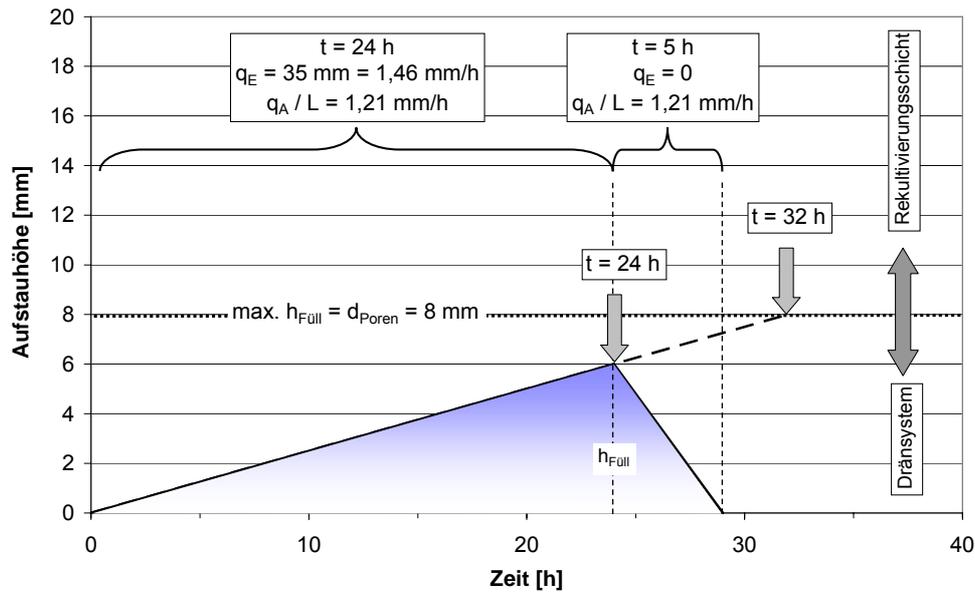


Abb. 3: Aufstauhöhe in der Dränagematte in Abhängigkeit von der Zeit (nach [9])

Tab. 1: Berechnung der Ersatzdicke der Poren in der geosynthetischen Dränschicht zur Bestimmung von Aufstauhöhen (nach [9])

<b>Randbedingungen</b>			
Entwässerungslänge L =	170 m		
Langzeitdicke $d_{ges}$ =	9,1 mm (BAM) =	0,91	cm
Rohstoffgewicht G =	1000 g/m <sup>2</sup>		
Rohstoffdichte g =	0,90 g/cm <sup>3</sup>		
<b>Die Eintrittswassermenge in das Dränsystem innerhalb von 24 Stunden beträgt:</b>			
Dränspende $q_E$ =	35 mm/d =	1,46	mm/h
<b>Das langfristig ermittelte Wasserleitvermögen (alle Einwirkungen) beträgt:</b>			
Wasserleitvermögen $q_A$ =	0,057 l/s*m =	205	l/h*m
<b>Verteilung über die gewählte Entwässerungslänge L [m]:</b>			
$q_A / L$ =	1,21 l/m <sup>2</sup> *h =	1,21	mm/h
<b>Das Gesamtvolumen des Dränsystems beträgt:</b>			
$V_{ges} = V_{Poren} + V_{Rohstoff}$ und $V_{ges} = d_{ges} \times b \times l$			
$V_{ges} = d_{ges} \times b \times l$ (mit $b = l = 100$ cm) =	9100 cm <sup>3</sup>		
<b>Somit gilt auch für den Porenraum:</b>			
$V_{Poren} = d_{Poren} \times b \times l$ (mit $b = l = 100$ cm) =			
$V_{Poren} = d_{Poren} \times 100 \times 100 =$	10000 cm <sup>3</sup> x $d_{Poren}$		
$V_{Rohstoff} = G / g =$	1111 cm <sup>3</sup>		
<b>Die "Ersatzdicke der Poren" der Dränagematte lässt sich berechnen:</b>			
$V_{Poren} = V_{ges} - V_{Rohstoff} =$	7989 cm <sup>3</sup>		
$V_{Poren} = d_{Poren} \times b \times l =$	7989 cm <sup>3</sup> =	10000	cm <sup>3</sup> x $d_{Poren}$
<b>Daraus folgt die "Ersatzdicke der Poren" (Dicke des Rechteckschlauches):</b>			
$d_{Poren} =$	0,80 cm =	8,0	mm
<b>Wann ist der max. Aufstau im "Rechteckschlauch" erreicht?</b>			
$t_1 = d_{Poren} / (q_E - q_A) =$	32 Stunden		
<b>Wie groß ist der tatsächliche Aufstau im "Rechteckschlauch" nach 24 Stunden?</b>			
$h_{Füll} = t \times (q_E - q_A) =$	6 mm		
mit $t =$	24 Stunden		
<b>Wann ist der Aufstau im "Rechteckschlauch" wieder abgebaut?</b>			
$t_2 = h_{Füll} / (q_A / L) =$	5 Stunde(n)		

### 3 Filterschichten

Die privilegierte Stellung klassischer Kiesdränschichten gegenüber Kunststoff-Dränelementen mit BAM-Eignungsnachweis wird umso unverständlicher, je selbstverständlicher der Umgang in der Praxis mit einer geotextilen Filterlage zwischen Rekultivierungsschicht und klassischer Kiesdränschicht erfolgt. Damit das versickerte Dränagewasser druckfrei und ohne Eintrag von Feinkornanteilen aus dem Rekultivierungsboden in die Dränageschicht gelangt, kommt dieser Filterschicht eine besondere Bedeutung für die Aufrechterhaltung der Dränagefunktion und damit der Standsicherheit der Böschung zu.

Bei der Auswahl des geotextilen Filters zwischen mineralischer Entwässerungsschicht und Rekultivierungsboden werden unglücklicherweise häufig die Kriterien entsprechend dem Straßenbaumerkblatt des FGSV [4], z.B. Geotextilrobustheitsklassen (GRK), zugrunde gelegt. Hierdurch werden aus Autorensicht unzureichende Anforderungen an die geotextilen Filter- und Beständigkeitseigenschaften für den Deponiebau gestellt. Die Anforderungen nach FGSV decken einfache Trennfunktionen für Bodenschichten ohne hydraulische Beanspruchung ab und deponierelevante Filter- und Beständigkeitseigenschaften bleiben dabei unberücksichtigt.

Die über die Zulassungen für Schutzschichten definierten Fasern mit BAM-Beständigkeitsnachweis, gefertigt aus speziell ausgewähltem und stabilisiertem Polypropylen-Rohstoff, sollten auch für Filterschichten im Aufbau von Dichtungssystemen eingesetzt werden, die mit einer mineralischen Dränschicht kombiniert werden. Straßenbauvliesstoffe, vor allem GRK-Vliesstoffe, sollten im Deponiebau nicht als Filterlagen eingesetzt werden, da Beständigkeit und Funktionalität nicht anforderungsgerecht sind. Für Kunststoff-Dränelemente mit BAM-Eignungsnachweis werden vernadelte Filtervliesstoffe mit BAM-Beständigkeitsnachweis anforderungsgerecht eingesetzt.

## 4 Einflüsse aus der Rekultivierungsschicht

### 4.1 Ausfällungen

In Einzelfällen wurden mögliche Eisenmobilisierungen in den Rekultivierungsschichten mit einer Beeinträchtigung der Funktion von Dränagematten infolge Verockerung in Zusammenhang gebracht. Eine mögliche Verockerung steht in keinem Zusammenhang mit einem Geokunststoff, sondern ist primär die geochemische Auswirkung einer Bodeneigenschaft auf z.B. angrenzende Schichten (z.B. Kiesfilter) oder Bauteile. In einem eisenhaltigen Boden oxidiert das Eisen bei Sauerstoffzufuhr und diese Eisenausfällungen (Gelbfärbungen) treten unabhängig davon auf, ob geosynthetische oder mineralische Filter ausgeführt werden.

Bei bemessungstechnischer Porenweiten- und Dickenanalogie für Korn- und Geotextilfilter werden die Porensysteme identisch beaufschlagt. Das Phänomen der Mobilisierung von Stoffen, Verockerung und Inkrustation wurde bei der Überarbeitung der GDA-Empfehlung E2-31 "Rekultivierungsschichten" erwähnt. Im Anhang 1 dieser Empfehlung werden die Randbedingungen erläutert, gleichwohl gibt es derzeit keine naturwissenschaftlich abgesicherten Methoden zur Bewertung der Funktionstüchtigkeit oder der signifikanten Funktionseinschränkung. Im Gegenteil: Aufgrabungsergebnisse zeigen, dass bisher keine Funktionseinschränkungen von Dränagematten infolge Verockerung aufgetreten sind. Lokale Verfärbungen der Geotextilien oder der mineralischen Dränschichten wurden vereinzelt beobachtet, eine Beeinträchtigung der Funktion der Dränageschicht oder sogar eine

Gefährdung für die Oberflächendichtung lässt sich daraus absolut nicht ableiten, so dass für Langzeitbetrachtungen kein Szenario einer tatsächlichen Gefahr für die Funktion des Bauwerks berechtigt ist. Das gilt für geosynthetische und mineralische Dränschichten sowie auch für geotextile Filter zwischen Rekultivierungsschicht und klassischer Kiesdränschicht. Bei der Bemessung der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Kunststoff-Dränelementen wird zur Absicherung ein Teilsicherheitsbeiwert für mögliche chemische Ausfällungen aus dem Boden mit Abminderung in der Größenordnung um ca. 10% berücksichtigt. Beim Regelaufbau bleibt es unberücksichtigt.

## 4.2 Wurzeleinflüsse

Der Einfluss von Wurzeln auf Dichtungs- und Entwässerungsschichten ist sowohl beim Regelaufbau als auch beim alternativen Dichtungs Aufbau in erster Linie von der Gestaltung der Rekultivierungsschicht und der standortbezogenen Wahl der Vegetation abhängig. Es gibt aktuell keine naturwissenschaftlich abgesicherten Methoden zur Bewertung von Wurzeleinflüssen auf die Beständigkeit oder Hinweise auf signifikante Funktionseinschränkungen. Ergebnisse über einen geführten Nachweis der Wurzelfreiheit für den Regelaufbau sind nicht bekannt.

Wurzeln bilden sich vorzugsweise dort, wo Wasser verweilt (Aufstau), d.h. Flachbereiche sind eher betroffen als standsicherheitsrelevante Böschungsbereiche. Bei 15 Jahre eingebauten Dränmatten Typ Secudrän<sup>®</sup> in Deponieoberflächen wurde keine nennenswerte Beeinträchtigung der Wasserableitkapazität durch Wurzeln nachgewiesen [8]. Die Unterstellung eines möglichen Totalversagens von Kunststoff-Dränelementen durch lokale Wurzeleinflüsse und dem dadurch inakzeptablen Risiko für die Standsicherheit im Böschungsbereich ist auch aus geotechnischer Sicht nicht gegeben, da sich ein Standsicherheitsgefährdendes Risiko infolge Wurzeleinflüsse aufgrund des großen hydraulischen Gefälles kaum einstellen kann und in der Praxis auch noch nie aufgetreten ist. Zur Absicherung wird bei der üblichen Bemessung der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Kunststoff-Dränelementen ein Teilsicherheitsbeiwert für mögliche Wurzeleinflüsse mit Abminderung in der Größenordnung um ca. 25% berücksichtigt.

## 5 Erosionsschutz / Rekultivierungsschicht

Ein flächig geschlossener Bewuchs übernimmt langfristig die Funktion des Erosionsschutzes der Deponieoberflächenabdichtung. Da aber von der Oberbodenandeckung bis zur geschlossenen Vegetationsdecke Monate oder mindestens eine Vegetationsperiode erforderlich ist, können Ausspülungen, Erosionsrinnen oder Rutschungen an der Oberfläche infolge Starkniederschläge oder Windwurf auftreten. Gefährdet sind besonders leicht umlagerbare Böden wie Feinsande oder feinsandige Schluffe oder Schluffe und Tone, die beim Aufweichen ausfließen können. Die Standsicherheit solcher Oberböden ist bis zur flächigen Verwurzelung mit dem Unterboden der Rekultivierungsschicht nicht gegeben. In der Planungsphase wird dieser "Freiliegezeit" der zumeist langen Deponieböschungen und dem Erosionsschutz, d.h. der Stabilisierung der noch unbegrünten Oberfläche bei Windwurf und Starkregenereignissen, aus Sicht der Autoren eine zu geringe Bedeutung beigemessen. In bekannten Fällen wurden kostenintensive Nacharbeitungen an der bereits eingebauten Rekultivierungsschicht aufgrund von Erosionsrinnen und Bodenumlagerungen geltend gemacht.

Mit den üblichen Nachweisverfahren kann die hydraulische Belastung infolge Starkregenereignisse an der Oberfläche der Rekultivierungsschicht nur unzureichend erfasst werden. Aus bodenmechanischer Sicht ist die innere Scherfestigkeit und damit die innere

Standstabilität des Oberbodens der Rekultivierungsschicht zumeist nur unter Ansatz der Kohäsion für übliche Böschungsneigungen bis  $1:n = 1:3$  ausreichend. Erosionen an der Oberfläche nehmen mit der Böschungsneigung zu und Maßnahmen sollten standardmäßig bei Böschungsneigungen ab  $1:n = 1:2$  vorgesehen werden.

Empfohlen wird daher der Einsatz von dreidimensionalen Erosionsschutzmatten an der Oberfläche der Rekultivierungsschicht ab einer Neigung  $1:n = 1:3$ , damit Oberflächenerosionen durch äußere mechanische Einwirkungen, insbesondere aus Witterungseinflüssen wie z. B. Wind und Regen, signifikant reduziert bzw. verhindert und der Wurzelbereich von eingebrachtem Saatgut bzw. Pflanzen verstärkt wird.



Abb. 4: Erosionsschutzmaßnahmen an der Oberflächenabdichtung der Deponie Furth im Wald (2005)

## 6 Besonderheiten bei Ausführung und Qualitätssicherung

Die Überwachung der geforderten Qualität der Filter-, Drän- und Rekultivierungsschichten und insbesondere deren fachgerechter Einbau ist wesentlicher Bestandteil des gesamten Qualitätsmanagements zur Herstellung einer Deponieoberflächenabdichtung. Die relevanten Grundsätze für die Ausführung von Oberflächendichtungssystemen sind u.a. in [2] und [5] beschrieben.

Bereits in der Planungsphase sind Nachweise zur Standstabilität, Reibungsverhalten, Filterwirksamkeit, Dränkapazität und Rohstoffbeständigkeit zu berücksichtigen. Der Einfluss aus der Eigenschaft der Rekultivierungsschicht auf diese Schichten kann in der Planungsphase nur abgeschätzt werden, da häufig erst nach Auftragsvergabe bzw. in der Ausführungsphase genaue Angaben zum ausgewählten Rekultivierungsboden vorliegen. Dies ist bei Standstabilitätsnachweisen (Scherversuche) und insbesondere bei den erforderlichen Filternachweisen zu berücksichtigen. Für Filternachweise ist die Erstellung eines Körnungsbandes für die vorgesehenen Rekultivierungsböden zu empfehlen, da hierdurch über die Ränder des Körnungsbandes ein geeigneter Filternachweis unter ungünstigen Randbedingungen durchgeführt werden kann. Insbesondere bei großen Maßnahmen mit voneinander abweichenden Bodenlieferungen werden Schwankungen dadurch optimal berücksichtigt. Im Zuge der Genehmigung und Ausschreibung ist weiterhin zu berücksichtigen, dass beim Einsatz separater Filterlagen zwischen Rekultivierungsschicht

und mineralischer Dränschicht keine Straßenbauvliesstoffe (GRK) in Ansatz gebracht werden. Optimale Filterfunktionen werden nur von mechanisch verfestigten (vernadelten) Filtervliesstoffen erreicht.

Zum Einbau der Rekultivierungsschicht werden Kettenfahrzeuge, vorzugsweise Planiertrauen oder Langarmbagger für Steilbereiche eingesetzt. Die hierdurch auftretenden Schubspannungen sind objektspezifisch unter Kenntnis der zum Einsatz gelangenden Baugeräte rechnerisch im Standsicherheitsnachweis gegen Gleiten für Böschungsbereiche zu berücksichtigen (Abb. 6). Der Bau eines Versuchsfeldes im Böschungsbereich kann hierzu als Ergänzung empfohlen werden, damit mechanische Beanspruchungen auf das Dichtungssystem optimal erfasst werden und ggf. auftretende Verschiebungen sofort erkannt werden können. Werden zusätzlich Geogitter als statisch erforderliche Bewehrungselemente eingesetzt (Abb. 5), ist eine exakte Verlege- und Einbauplanung der Ausführung voranzustellen. Hierfür ist ein gesonderter Qualitätssicherungsplan zu empfehlen.



Abb. 5: Ausführung eines Geogitter-Verankerungsgrabens an der Berme (links) und im Kurvenbereich (Flankengraben, rechts)



Abb. 6: Einschleppen des Unterbodens einer Rekultivierungsschicht mit Geogitter und Dränagematte auf einer 1:n = 1:2 geneigten Böschung mit Pistenbully

## 7 Zusammenfassung

Zum Einsatz geosynthetischer Dränschichten stehen umfangreiche Erkenntnisse zur Funktionsdauer unter mechanischen und hydraulischen Beanspruchungen zur Verfügung. Ergebnisse aus Testfeldern und Ausgrabungen in den letzten 15 Jahren lassen zum derzeitigen Stand der Technik auf eine hohe Funktionalität dieser Alternativen zum Regelaufbau schließen, gleichwohl werden Risiken in Zusammenhang gebracht, da dem klassischen 30 cm dicken Regelaufbau eine 1 cm dicke Alternative gegenübersteht. Beide Entwässerungsschichten "funktionieren" unterschiedlich und demnach muss die Leistungsfähigkeit einschließlich Reserven / Risiken separat bewertet werden. Dabei kann gezeigt werden, dass die Reserven bei Dränsystemen mit BAM-Eignungsnachweis außerordentlich hoch sind. Die Vorteile dieser Bauweise mit Geokunststoffen können aber nur bei richtiger Auswahl, geeignetem Einsatz und vor allem fachgerechtem Einbau zum Tragen kommen. So sollten ergänzend folgende Aspekte in Betracht gezogen werden:

- Kunststoff-Dränschichten verfügen über eine freie Ebene, in der das Wasser lateral nahezu ohne Fließwiderstände in einer "Ersatzdicke der Poren" abgeleitet wird, so dass mit erheblich geringerer Dicke eine höhere Dränkapazität erreicht wird als mit klassischen Kiesdränschichten.
- Straßenbauvliesstoffe wie GRK-Vliesstoffe (Trennlagen) im Deponiebau nicht als Filterlagen von klassischen Kiesdränschichten eingesetzt werden sollten, da Beständigkeit und Funktionalität nicht anforderungsgerecht sind. Geeignet sind mechanisch verfestigte Filtervliesstoffe mit entsprechend stabilisierten Faserrohstoffen mit BAM-Beständigkeitsnachweis und ausreichender Dicke.
- Mit den üblichen Nachweisverfahren kann die Erosionsbeständigkeit bei Starkniederschlägen der noch unbegrünten und damit nicht stabilisierten Oberfläche der Rekultivierungsschicht in Böschungsbereichen nicht ausreichend erfasst werden. Daher wird bei Böschungsneigungen steiler 1:n = 1:3 der Einsatz von dreidimensionalen Erosionsschutzmatten an der Oberfläche der Rekultivierungsschicht empfohlen.
- Einflüsse aus der Rekultivierungsschicht (Wurzeln, Ausfällungen) auf Filter- und Entwässerungsschichten sind sowohl beim Regelaufbau als auch beim alternativen Aufbau in erster Linie von der Gestaltung der Rekultivierungsschicht und der standortbezogenen Wahl der Vegetation abhängig. Es gibt aktuell keine wissenschaftlich abgesicherten Methoden zur Bewertung dieser Einflüsse auf die Beständigkeit oder Hinweise auf signifikante Funktionseinschränkungen. Aufgrabungsergebnisse zeigen, dass bisher keine Funktionseinschränkungen von Dränagematten infolge Ausfällungen aufgetreten sind. Lokale Verfärbungen der Geotextilien oder der mineralischen Dränschichten wurden vereinzelt beobachtet, eine Beeinträchtigung der Funktion der Dränageschicht oder sogar eine Gefährdung für die Oberflächendichtung lässt sich daraus absolut nicht ableiten, so dass für Langzeitbetrachtungen kein Szenario einer tatsächlichen Gefahr für die Funktion des Bauwerks berechtigt ist. Die für erhöhte hydraulische Anforderungen konzipierte Ableitung des Dränagewassers im standsicherheitsrelevanten Böschungsfußbereich unter Einsatz einer Dränagematte ist am Beispiel der Deponie Erdmannsdorf in [1] aufgeführt.

## 8 Literatur

- [1] Borrmann, C.: Geosynthetisches Dränelement – alleiniges Dränelement oder nur in Kombination mit mineralischer Dränschicht? ICP-Tagung Oberflächenabdichtungen, Karlsruhe, 12./13. Oktober 2006.
- [2] Bräcker, W.: Fremdprüfung beim Deponiebau. Abfallwirtschaftsfakten 14, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hildesheim, Oktober 2006.
- [3] Heerten, G. und Reuter, E.: Kritische Anmerkungen zur Genehmigungspraxis bei Deponieoberflächenabdichtungen. 2. Symposium Umweltgeotechnik – DGGT, IFGT & CiF e.V., CiF Publication 3/2005, Freiberg, September 2005, pp. 35-52.
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau (FGSV): Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues M Geok E., 2005.
- [5] GDA-E 5-1: Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, Grundsätze des Qualitätsmanagements, Ak 6.1 der DGGT e.V, 1997.
- [6] Müller, W.W. (Hrsg.): BAM-Richtlinie: Eignungsnachweis für Kunststoff-Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten. BAM, ([www.bam.de/deponietechnik.htm](http://www.bam.de/deponietechnik.htm)), Berlin, 2003.
- [7] Müller, W.W: Die Eignung des Kunststoff-Dränelementes Secudrän R201Z WD601Z R201Z für die endgültige Oberflächenabdichtung von Deponien. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, 1. September 2004.
- [8] Secudrän® Aufgrabungsergebnisse, NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp, 2002.
- [9] Saathoff, F.: Dränsysteme aus Wirrgelege und Vliesstoff. 15. Fachtagung "Die sichere Deponie", Süddeutsches Kunststoffzentrum Würzburg, Eigenverlag, 1999.
- [10] Steffen, H. Nachweis der Leistungsfähigkeit von Secudrän 316 DS600 316 im Vergleich zu einem Kiesdrän-System anhand von Lysimeterversuchen auf der Deponie Kienberg. Essen, 22. Januar 2004.
- [11] Werth, K. & Fricke, A.: Zur Bemessung von geosynthetischen Dränsystemen mit BAM-Eignungsnachweis für Oberflächendichtungen. Praxistagung Deponie, Tagungsband, Hrsg. Wasteconsult International, Cuvillier Verlag, Hannover, 6./7.12.06.