

Zur Bemessung von geosynthetischen Dränsystemen mit BAM-Eignungsnachweis in Oberflächenabdichtungen

Katja Werth & Andreas Fricke

BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG & NAUE GmbH & Co. KG

Geosynthetic Drainage Composites with BAM-Certification for Landfill Caps Design & Dimensioning

Abstract

As alternative to mineral drainage layers made of coarse gravel geosynthetic or geocomposite drainage elements, which have technical and economical advantages, are suitable for final landfill capping systems with respect to their long-term behaviour, especially considering long-term water flow capacity and long-term internal shear strength. The German Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) has established a testing guideline for suitability proof of geosynthetic or geocomposite drain elements for final landfill capping systems that is commensurate with the state-of-the-art. The BAM guideline uses a uniform procedure for determining long-term water flow capacity. For this, it is necessary to produce data for creep behaviour developed under compressive and shear stresses. The design approach is presented and discussed.

Abstract deutsch

In den letzten 10 Jahren wurden für geosynthetische Dränsysteme umfangreiche Aufgrabungen an Oberflächendichtungssystemen sowie Testfelder durchgeführt. Diese lieferten wertvolle Erkenntnisse über das Langzeitverhalten, aus denen neue Hinweise für die Bemessungsverfahren für den dauerhaften Einsatz von Dränmatten als Alternative zur 30 cm dicken mineralischen Entwässerungsschicht abgeleitet werden konnten. Mit der Richtlinie der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zum Eignungsnachweis für Kunststoff-Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten (Berlin, 2003) wurde die entscheidende Weiche zur Beurteilung der Langzeitbeständigkeit von Dränmatten in Analogie zu PEHD-Dichtungsbahnen und geotextilen Schutzschichten gestellt. Für einen produktspezifischen Eignungsnachweis zur Beurteilung der Materialwiderstandsfähigkeit und des Wasserleitvermögens stellen sich die Hersteller einem langwierigem Prüfungsverfahren bei der BAM. Der Beitrag stellt die neuen Bemessungsverfahren vor und liefert Erkenntnisse aus Aufgrabungen und Testfeldern zu maßgebenden Einflüssen wie Dränspende, Filterwirksamkeit und Wasserleitvermögen.

Keywords

Geosynthetisches Dränsystem, Entwässerungsschicht, Oberflächenabdichtung, Wasserleitvermögen, BAM-Eignungsnachweis, Kunststoff-Dränelemente,

Landfill Caps, Geosynthetic Drainage Composite, Long-Term Water Flow Capacity

1 Einleitung

Die üblicherweise als Ersatz der mineralischen Dränschicht in Deponieoberflächenabdichtungen eingesetzten 3-lagigen Kunststoff-Dränelemente bestehen aus einem Wirrgelegedrängern mit beidseitig aufkaschierten vernadelten Vliesstoffen als Filter- und Schutzlagen. Neben des Wasserableitvermögens innerhalb der Ebene (Drängern) muss der obere Vliesstoff eine ausreichende mechanische und hydraulische Filterstabilität zum Rekultivierungsboden aufweisen, damit ein druckfreier Wasserzutritt zum Drängern erfolgen kann. Die Dimensionierungsansätze für geosynthetische Dränsysteme sind in diversen Regelwerken und Merkblättern verankert, wie z.B.

- ⇒ Anwendung von Geotextilien im Wasserbau, DVWK Merkblatt 221, 1992
- ⇒ M-Geok: Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus, Fassung 2005, FGSV
- ⇒ DGGT: E2-20 GDA (1997/2003), Empfehlung für Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen
- ⇒ Richtlinie der BAM zum Eignungsnachweis für Kunststoff-Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, 2003

Die LAGA-Arbeitsgruppe "*Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen*" hat im Jahr 1999 im Themenbereich "geotextile Entwässerungsschichten" Anwendungsempfehlungen verabschiedet. Im Hinblick auf die TAsi wurde formuliert: "*Für die Entwässerungsschichten in Deponien können geotextile Entwässerungsschichten eingesetzt werden, wenn im Einzelfall nachgewiesen wird, dass folgende Kriterien eingehalten sind:*

- ⇒ *ausreichendes Wasserableitvermögen,*
- ⇒ *ausreichende Filterstabilität gegenüber den angrenzenden Schichten,*
- ⇒ *ausreichende Sicherheit gegen Funktionsversagen infolge Durchwurzelung,*
- ⇒ *Langzeitbeständigkeit der Geokunststoffe im Milieu der Oberflächenabdichtung,*
- ⇒ *Nachweis der Standsicherheit."*

Auf Basis des damaligen Wissensstandes hinsichtlich Alterung und Funktionsdauer der Geokunststoff-Dränsysteme wird in diesem LAGA-Papier eine Anwendung als "*Entwässerungsschicht in Oberflächendichtungssystemen von Deponien der Klasse I, II und bei Altdeponien in Kombination mit einer reduzierten mineralischen Entwässerungsschicht*" empfohlen. Daraus ergab sich die Formulierung für den Forschungsbedarf: "*Der Einsatz geotextiler Entwässerungsschichten bei Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien der Klasse I, II und bei Altdeponien bedarf noch weiterer Erfahrungen hinsichtlich Durchwurzelungsproblematik und Langzeitfestigkeit der Geokunststoffe."*

Um solcher Forderung nach fachlich für Deponien spezifischen Langzeitnachweisen für die Dränmatten gerecht zu werden, wurde im Oktober 2003 die BAM-Richtlinie *"Eignungsnachweis für Kunststoff-Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten"* definiert. Diese Richtlinie entstand aus den oben genannten Anforderungen der LAGA in Zusammenarbeit mit den Vertretern der Fachbehörden. Der Maßstab zur Bewertung der Beständigkeit ist in Analogie zu den längst akzeptierten BAM-Richtlinien für die Zulassung von Dichtungsbahnen und geotextilen Schutzschichten angelegt worden. Sämtliche, in 1999 formulierten Anforderungen wurden im Hinblick auf die TASI/DepV und dem genannten damaligen Forschungsbedarf bei Erstellung der BAM-Richtlinie für Kunststoff-Dränelemente (BAM, 2003) aufgegriffen.

In 2004 wurde erstmals die Eignung einer Dränmatte als Entwässerungsschicht für die endgültige Oberflächendichtung von Deponien durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM, Abt. Deponietechnik) nachgewiesen. Damit wurde erstmalig die Funktionalität einer Dränmatte als Alternative zur 30 cm dicken Kiesdrän-schicht gemäß "Vorsorgeprinzip" für Anwendungen in Deponien mit Funktionsdauern >100 Jahre bestätigt (siehe Abb. 1).

1. Veranlassung
 2. Das Kunststoff-Dränelement Secudrän® R201Z WD601Z R201Z
 3. Das Langzeit-Wasserableitvermögen
 4. Die Langzeit-Scherfestigkeit
 5. Eigenschaften des geotextilen Filters
 6. Reibung und Schutzwirksamkeit
 7. Qualitätssicherung
 8. Hinweise zum Einbau
 9. Erläuterungen
- Anlagen:**
- A1. Verzeichnis der vom Hersteller eingereichten Unterlagen
 - A2. Literatur
 - A3. Bemessungsdiagramme des Herstellers

Kapitel 9. Erläuterungen	
9.1	Allgemeine Hinweise zur Begutachtung von Kunststoff-Dränelementen
9.2	Zur quantitativen Bestimmung des Langzeit-Wasserableitvermögens
9.3	Zur Berechnung von Entwässerungslängen
9.4	Zur UV-Belastung des Dränkerns
9.5	Zur Oxidationsbeständigkeit des Dränkerns
9.6	Der Zeitstand-Scherversuch
9.7	Diskussion der Ableitung der Kennwerte für die Bemessung von geotextilen Filtern
9.8	Zum Reibungsverhalten
9.9	Zur Auswertung der Schutzwirksamkeitsprüfung

Abbildung 1 Gegenstand der Untersuchungen der BAM zur Beurteilung der Eignung von Dränmatten als Entwässerungsschicht für die endgültige Deponieoberflächenabdichtung (BAM, 2004)

2 Aufgrabungsergebnisse

1999 wurden durch NAUE GmbH & Co. KG in Kooperation mit dem tBU (Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH, Greven) und der TU München (Prüfamit für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik) 6 Aufgrabungen an verschiedenen Deponien (Abb. 2) durchgeführt, in denen Kunststoff-Dränelemente eingesetzt wurden.

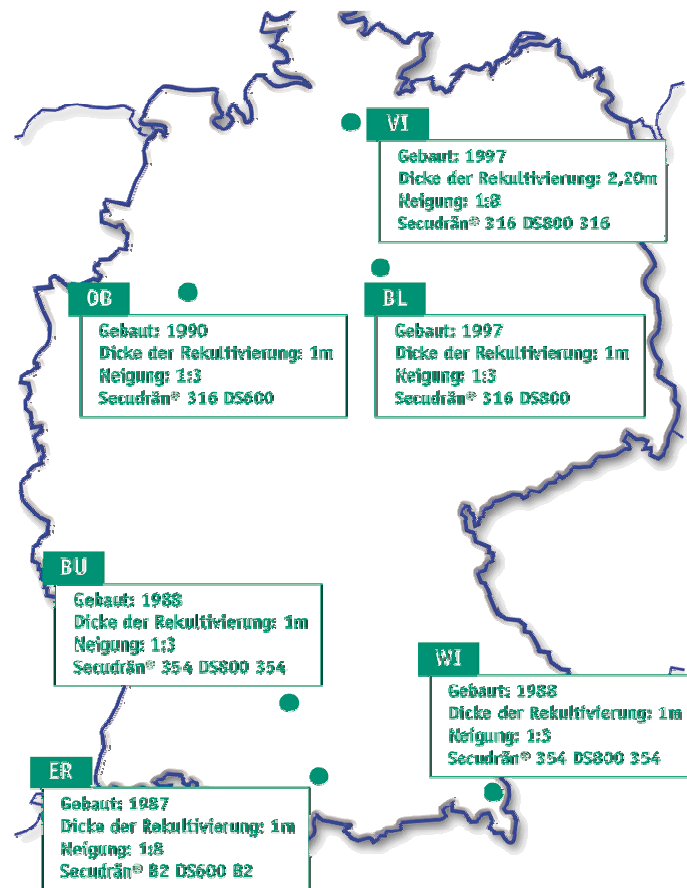


Abbildung 2 Lageplan der Aufgrabungen und Randbedingungen der Oberflächenabdichtung

Weiterhin wurde im Rahmen des Bay-Forrest-Forschungsvorhabens F58F 1991 eine Großlysimeteranlage auf der Deponie Kienberg errichtet, in der verschiedene Entwässerungsschichten eingebaut wurden. Die Untersuchungen an den aufgegrabenen Kunststoff-Dränelementen wurden durch das tBU (Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH) sowie teilweise durch die TU München (Prüfamt für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik) durchgeführt. Die Beanspruchungsdauer der Kunststoff-Dränelemente lag zwischen 2 und 12 Jahren.

Ziel der Aufgrabungen war, die Erkenntnisse aus Laboruntersuchungen zu bestätigen und einen Gesamteindruck von langjährig eingebauten Kunststoff-Dränelementen zu gewinnen. Es wurden In-situ-Dickenmessungen durchgeführt, um die langfristige Dickenreduzierung im Feld mit Laborwerten zu vergleichen. In allen Fällen handelte es sich um Kunststoff-Dränelemente, bestehend aus einem Wirrgelege-Dränkern und beidseitig aufkaschiertem mechanisch verfestigten Trenn- und Filtervliesstoffen. Kriechversuche im Labor dokumentierten für die untersuchten Kunststoff-Dränelemente Langzeitdicken in der Größenordnung 5-6 mm. Während der Aufgrabungen wurden an einigen Messstellen die In-situ-Dicken der eingebauten Kunststoff-Dränelemente in ungestörten Bereichen gemessen. Überraschenderweise lagen alle Dickenmessungen im Bereich von 6 bis 9 mm und somit um einige Millimeter über den im Labor in Kriechversuchen ermittelten Langzeitdicken. Die aufgegrabenen Proben wurden

zusätzlich einer Langzeitbeanspruchung in einem Druckkriechversuch unter einer Auflast von 20 kN/m² unterzogen, um die bis dato gesammelten Erkenntnisse zu ergänzen und das zukünftige Druckkriechverhalten der bis zu 12 Jahre alten Proben zu untersuchen. Die Langzeitdruckkriechkurven sowie extrapolierte Langzeitprognosen zeigten, dass selbst nach der mehrjährigen Vorbelastung kein Unterschied zu neuwertigen Proben erkennbar war. An den aufgegrabenen Proben wurde das Wasserleitvermögen bei $i=1,0$ und $i=0,1$ im Labor ermittelt. In allen Fällen lagen die Ergebnisse über den Werten die nach den Bemessungen zu erwarten waren. Neben der Beurteilung des Wasserleitvermögens wurde auch die Filterwirksamkeit des oberen, zur Rekultivierungsschicht gerichteten Filtervliesstoffes untersucht. Die langfristige Durchlässigkeit des Filtervliesstoffes ist nach den gängigen Regelwerken dann gegeben, wenn die um Faktor 50-100 abgeminderte Durchlässigkeit des fabrikneuen Filtervliesstoffes eine höhere Durchlässigkeit besitzt als der zu filternde Boden. An den ausgegrabenen Proben konnte nachgewiesen werden, dass die beanspruchten Geotextilien die für Filterlagen gewünschte Tiefenfiltration mit einer weit ausreichenden Durchlässigkeit gemäß DVWK-Filterregeln aufwiesen (Tab. 1). In Abb. 3 und 4 sind Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen (REM) vom Filtervliesstoff im ausgebauten und fabrikneuen Zustand aufgeführt.

Tabelle 1 Hydraulische Eigenschaften der Filtergeotextilien

Aufgrabung	BL	OB	ER	BU	WI	VI
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_v [10 ⁻⁴ m/s] – <u>neuwertig</u>	23	23	40	61	61	23
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_v [10 ⁻⁴ m/s] – <u>mit Bodeneinlagerung</u>	3,1	1,0	7,7	20	9,2	5,8
Tatsächliche Abminderung – k_v [10 ⁻⁴ m/s]	7,4	23	5,4	3,1	6,6	3,9
Bodeneinlagerung im Filtervliesstoff [g/m ²]	521	39	483	672	1021	136



Abbildung 3 REM-Aufnahmen der aufgegrabenen Filtervliesstoffe der Dränmatten der Deponien BU (links) und VI (Mitte) sowie eines fabrikneuen Filtervliesstoffes (rechts)

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Bayerischen Forschungsverbundes Abfallforschung und Reststoffverwertung (Bay-Forrest) wurden in den Jahren 1998 bis 2003 diverse Fragestellungen, u. a. auch zur Wirksamkeit von geosynthetischen Dränsystemen in Deponieabdichtungssystemen untersucht. Die Planung der Testfelder und die Durchführung der Beobachtungsreihen auf der Deponie Kienberg erfolgten durch die Dr.-Ing. Steffen Ingenieur-Gesellschaft mbH in Essen und das Prüfamf für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik der TU München. 1992 wurde die Oberflächenabdichtung der Deponie Kienberg hergestellt, eine messtechnische Ausstattung im Rahmen des o. g. Forschungsvorhabens 1998 nachträglich installiert, zugleich wurden Aufgrabungen getätigt, um den Ist-Zustand beurteilen und eventuelle Veränderungen der 1992 eingebauten geosynthetischen Dränelemente feststellen zu können. Nach Inbetriebnahme dieser Testfelder konnten Beobachtungsreihen von 1998 bis 2000 durchgeführt werden. Aufgrund der hohen Durchlässigkeit der Rekultivierungsschicht wurde bei der Deponie Kienberg annähernd eine vollständige Versickerung des Niederschlages festgestellt. Selbst bei größten Abflüssen entsprechend dem Pfingsthochwasser 1999 in Bayern (Niederschlag vom 20.05.1999 bis 22.05.1999 = 61,4 mm) wurde eine sehr hohe und ausreichende Leistungsfähigkeit beider Dränsysteme nachgewiesen. Die Filter- und Dränwirksamkeit wurde zudem in vergleichenden Testfeldern untersucht. Testfeld I enthielt eine Dränmatte, bestehend aus einer dreidimensionalen 600 g/m² schweren Sickerschicht, beidseitig mit einem 300 g/m² schweren Filtervliesstoff umhüllt. Testfeld IV enthielt eine 30 cm dicke Kiesdränschicht (8/32 mm mit $k = 1 \times 10^{-2}$ m/s). Zusätzlich war ein Filtervliesstoff (300 g/m²) als Filterlage zwischen der Kiesdränage und der Rekultivierungsschicht angeordnet. Der Ergebnisbericht belegt, dass die geosynthetische Dränschicht gegenüber der 30 cm dicken Kiesdränage hydraulisch mindestens gleichwertig und sogar wirksamer ist (Tab. 2). Auch bei extremen hydraulischen Beanspruchungen wurde eine hohe Kapazitätsreserve nachgewiesen.

Tabelle 2 Spitzenwerte der Niederschläge und der Kapazitätsauslastung, Deponie Kienberg

Zeitraum, Niederschlag	Secudrän®	Kies 8/32 mm
11. – 12.05.1999, 23,7 mm Niederschlag	13,8 %	58,6 %
20. – 22.05.1999, 61,4 mm Niederschlag	15,5 %	37,5 %
22. – 25.07.1999, 16,8 mm Niederschlag	1,4 %	6,0 %
17. – 23.05.2000, 25,5 mm Niederschlag	0,5 %	7,2 %
27.05.2000, 16,7 mm Niederschlag	0,5 %	3,2 %
11. – 19.07.2000, 46,2 mm Niederschlag	27,8 %	31,7 %
20. – 23.09.2000, 46,2 mm Niederschlag	17,6 %	23,4 %
01. – 09.10.2000, 37,7 mm Niederschlag	19,0 %	25,6 %

3 Bemessung

Mit der Bemessung erfolgt der Nachweis, dass die Dränmatte langfristig ein ausreichendes Wasserableitvermögen aufweist, um die Eintrittswassermenge aus der Dränspende unter Beachtung aller projektbezogenen Randbedingungen (Auflast, Abflusslänge, Gefälle, etc.) ohne Aufstau innerhalb der Ebene abzuleiten. In jedem Einzelfall ist ein sorgfältiger Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit mit projektbezogenen Randbedingungen (Entwässerungslänge, Neigung, Zuflussbereiche, Bermen, Bodenauflasten, Bettung, Bewuchs, Niederschlagszone, etc.) erforderlich.

Mit einem Eignungsnachweis der BAM wird das Langzeitkriechverhalten (d.h. die langfristige Dicke nach 114 Jahren) intensiv berücksichtigt und zusätzlich der direkte Einfluss der Bettung der Dränmatte auf das Wasserableitvermögen in Ansatz gebracht. Relevante Aspekte für eine Bemessung sind:

- ⇒ Langzeitkriechversuche über einen Zeitraum $\geq 10^4$ Stunden. Für Flachbereiche ($i = 0,05$ und $i = 0,10$) sind Druckkriechversuche, für Böschungen kombinierte Druck-Schub-Kriechversuche ($i = 0,30$) maßgebend. Übliche Prüfspannungen sind 20 kPa (1 m Bodenauflast) und 50 kPa (2,50 m Bodenauflast).
- ⇒ Ermittlung des Wasserableitvermögens in Abhängigkeit von der Art der Bettung. (Labortests: hart/hart mit starren Platten, hart/weich oder weich/weich). Das Verfahren ist z.B. in MÜLLER, 2005 und Abb. 4 dargestellt.
- ⇒ Die Eintrittswassermenge im Böschungsbereich von Oberflächendichtungssystemen ergibt sich unter Berücksichtigung des Zuflusses aus dem Plateaubereich, sofern keine Abschlagung am Plateaurand vorgesehen ist. Zur Berechnung der Eintrittswassermenge weisen die gemäß GDA E2-20 empfohlenen Dränspenden von z.B. 25 mm/d ausreichende Reserven auf. Optimalerweise wird die Dränspende standortbezogen mit einer objektbezogenen Wasserhaushaltsanalyse (z.B. HELP-Analyse) ermittelt. In E2-20 (2004) wird für Vorbemessungen bei Böden mit gutem Wasserspeichervermögen (bindige Böden) und ausreichender Mächtigkeit eine Dränspende mit 10 mm/d vorgeschlagen.
- ⇒ Einwirkungen im eingebauten Zustand, z.B. chemische und biologische Ausfällungen oder mögliche Wurzeinflüsse, die den Durchflussquerschnitt reduzieren können, sind entsprechend der Randbedingungen (z.B. Dicke der Rekultivierungsschicht) zu berücksichtigen. Die unterschiedlichen Wertebereiche der verschiedenen Empfehlungen sind in BAM, 2004 angegeben. Gute Erfahrungen zum Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte wurden von BBG Bauberatung Geokunststoffe mit Rückschlüssen aus Aufgrabungen gewonnen. Ein Bemessungsnomogramm für Secudrän® R201Z WD601Z R201Z ist in Abb. 6 aufgeführt.

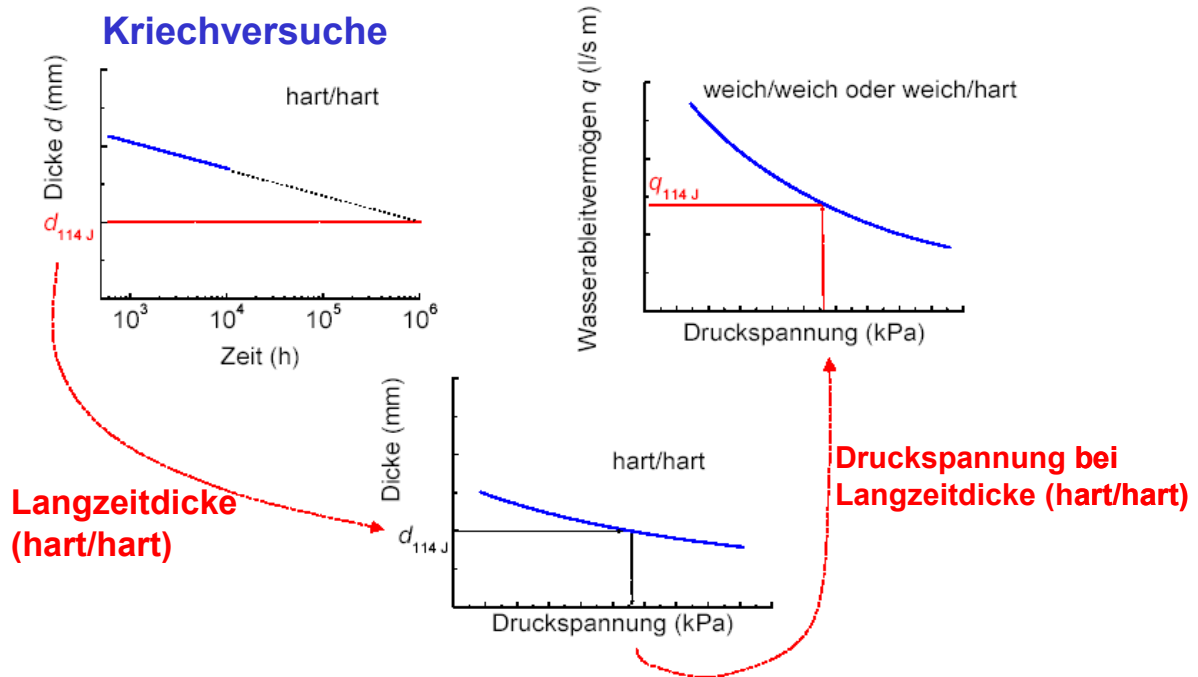


Abbildung 4 Langfristiges, bettungsabhängiges Wasserableitvermögen (MÜLLER 2005)

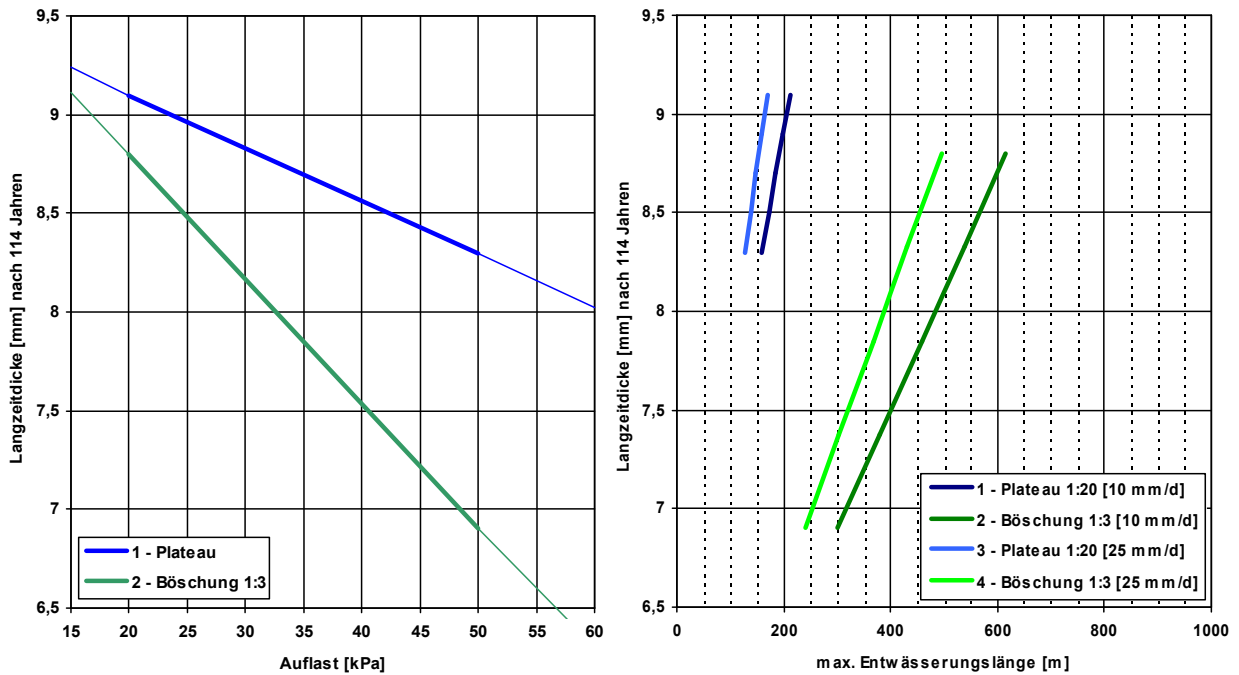
<p>Materialwiderstand Dränelement \geq</p> $\frac{q_{LZ}}{\gamma_{R,1} \cdot \gamma_{R,2} \cdot \gamma_{R,3} \dots}$	<p>Einwirkungen auf das Dränelement</p> $\geq (\gamma_{S,1} \cdot \gamma_{S,2} \cdot \gamma_{S,3} \dots) \cdot q_{Entwurf}$
<p>q_{LZ} = Langzeit-Wasserableitvermögen abhängig von: Dicke (Kriechen), Auflast, Gefälle, Bettung</p> <p>$\gamma_{R,i}$ = Abminderungsfaktoren berücksichtigt: Extrapolation (Kriechen), Stöße, Überlappungen, Anschlüsse</p> <p>→ Ermittlung durch die BAM bei Eignungsnachweis für Oberflächenabdichtungen für Deponien und Altlasten</p>	<p>$q_{Entwurf}$ = Eintrittswassermenge [Liter/m²*s] = Dränspende [Liter/m²*s] × Abflusslänge [m]</p> <p>$\gamma_{S,i}$ = Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt: Durchwurzelung, Bodeneinträge, chemische/biologische Ausfällungen, lokale Verformungen</p> <p>→ Ermittlung projektspezifisch auf Basis von Erfahrungen aus Aufgrabungen oder Empfehlungen (z.B. E2-20)</p>

Abbildung 5 Nachweis der langfristigen Dränleistung für Dränelemente mit BAM-Eignungsnachweis für Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten

3.1 Dränspende / Lysimeter

Seit 1998 wird in Lemförde (Niedersachsen) unter wissenschaftlicher Begleitung durch das IGBE der Universität Hannover, IWA Minden und pedotec GmbH Berlin eine Lysimeteranlage betrieben. Ziel ist die langfristige Beobachtung der Funktionalität von geosynthetischen Tondichtungsbahnen (Bentonitmatten) unter verschiedenen

Einbaubedingungen und unter wechselnden klimatischen Bedingungen. Die in 2002 installierte Messtechnik erlaubt eine kontinuierliche Erfassung von Dränabflüssen oberhalb und Durchsickerung unterhalb der Dichtung in einer 10-Minuten-Auflösung. Hiermit ist es möglich, die Dränspende in Verbindung zu den jeweiligen Niederschlagsereignissen zu setzen, sowie die Abhängigkeit der Dränspende zur Art und Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht darzustellen. In Tab. 3 sind Art und Mächtigkeit der 4 unterschiedlichen Lysimeter beschrieben. Die Lysimeter weisen einen natürlichen Bewuchs auf und werden 2 x jährlich auf ca. 5 cm zurückgeschnitten.



Bemessung: - Bettung hart/weich (BAM-Eignungsgutachten, 2004)
 - Teilsicherheitsbeiwerte nach NAUE / BBG: $FS_{IN} = 1,25$; $FS_{CR} = 1,0$; $FS_{CC} = 1,05$; $FS_{CB} = 1,3$; $\prod FS = 1,7$
 - Dränspenden n. GDA E2-20 (1997): bei 10 mm/d => $FS_{SY} = 2,0$; bei 25 mm/d => $FS_{SY} = 1,0$

Abbildung 6 Bemessungsnomogramm für ein geosynthetisches Dränsystem

Tabelle 3 Aufbau der Lysimeter in Lemförde

	Lysimeter A	Lysimeter B	Lysimeter C	Lysimeter D
Mächtigkeit Deckschicht	1,0 m	1,0 m	0,80 m	0,60 m
Bodenart	ReKu, ca. 20 cm, Sand, ca. 80 cm	ReKu	ReKu	ReKu
k-Wert des Boden [m/s]	10^{-7} $10^{-3} - 10^{-4}$	10^{-7}	10^{-7}	10^{-7}

In Tab. 4 sind die Summenwerte pro Halbjahr, die Spitzentageswerte je Lysimeter sowie das prozentuale Verhältnis zwischen Dränspende zu Niederschlag, unterteilt nach Winterhalbjahr 2003/2004 und Sommerhalbjahr 2004 aufgeführt. Hier ist zum einen eine Abhängigkeit zur Mächtigkeit des Oberbodens (Lysimeter B/C/D) und zum anderen

in der Art des Oberbodens (A/B) dokumentiert. Die Rekultivierungsschicht (100 cm) mit geringerer Speicherkapazität (Lysimeter A, 80 cm Sand) reagiert erwartungsgemäß deutlich schneller auf Niederschlagsereignisse als alle anderen Lysimeter, dies auch dann noch, wenn die Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht mit hoher Speicherkapazität nur 60 cm beträgt. Ferner wird deutlich, dass die Dränspende bei geringerer Mächtigkeit einer gleichen Rekultivierungsschicht (Lysimeter B/C/D) höher ist. Im niederschlagsreichen Winterhalbjahr weist die Rekultivierungsschicht eine deutlich höhere Wassersättigung auf als im Sommerhalbjahr (Dränspende max. 16-18 mm/d).

Tabelle 4 Niederschlag / Dränspende für Lysimeter A bis D (Lemförde)

	Nieder- schlag	Dränspende			
		Lysimeter A	Lysimeter B	Lysimeter C	Lysimeter D
Winterhalbjahr 2003 – 2004					
größter Tageswert	20,8 mm	16,2 mm	17 mm	16,7 mm	17,9 mm
Summe	324,4 mm	266,6 mm	202,7 mm	262,8 mm	266,2 mm
Dränspende / Niederschlag	-	82 %	63 %	81 %	82 %
Sommerhalbjahr 2004					
größter Tageswert	28,2 mm	3,35 mm	0 mm	0 mm	1,66 mm
Summe	388,7 mm	55,2 mm	0 mm	0 mm	8,64 mm
Dränspende / Niederschlag	-	14 %	0 %	0 %	2 %

4 Zusammenfassung

Aufgrabungen an bis zu 12 Jahren eingebauten geosynthetischen Dränsystemen zeigen, dass die im eingebauten Zustand aufgetretenen Einflüsse zu keiner Zeit zu einer Einschränkung der Leistungsfähigkeit der Dränsysteme geführt haben. Wurzeleinflüsse, Bodeneinlagerungen in den Filtervliesstoff sowie die auflastabhängige Dickenreduktion unter Kriecheinfluss zeigen, dass die zur Verfügung stehenden Ansätze zur Dimensionierung einschließlich der Dränspenden der geosynthetischen Dränsysteme auf der sicheren Seite liegend angesetzt werden. Dies gilt insbesondere für Dränsysteme, die dem BAM-Eignungsnachweisverfahren zur Beurteilung der Eignung als Entwässerungsschicht für Deponieoberflächenabdichtungen unterzogen wurden. Durch den Einsatz von geosynthetischen Dränsystemen als wirtschaftliche Alternative zu einer 30 cm dicken Kiesdränschicht in Deponieoberflächen erübrigen sich zusätzliche Filterlagen und Schutzschichten für die Dichtung. Ressourcen werden geschont und unnötige Transporte entfallen. Für eine Fläche von ca. 3.500 m² wird lediglich ein LKW bei Einsatz von geosynthetischen Dränsystemen benötigt. Bei Einsatz einer mineralischen Entwässerungsschicht (30 cm Kies) werden ca. 65 LKW-Transporte erforderlich.

5 Literatur

- Bundesanstalt für
Materialforschung und
–prüfung (BAM) 2003 Richtlinie zum Eignungsnachweis für Kunststoff-
Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien
und Altlasten, Berlin, 2003
- Bundesanstalt für
Materialforschung und
–prüfung (BAM) 2004 Die Eignung des Kunststoff-Dränelementes Secudrän ®
R201Z WD601Z R201Z für die endgültige
Oberflächenabdichtung von Deponien, Berlin
- Blümel, W.; Müller-
Kirchen 2003 Vier Jahre Lysimeteranlage - Ergebnisse und Erkenntnisse
zur Wirksamkeit von Bentofix®. 3. Geo-kunststoff-
Kolloquium, Naue GmbH & Co. KG, Lübbecke
- bauer, A.; Reuter, E.
Borrmann, C. 2006 Geosynthetisches Dränelement – alleiniges Dränelement
oder nur in Kombination mit mineralischer Dränschicht?
ICP-Tagung Oberflächenabdichtungen, Karlsruhe, 12./13.
Oktober 2006
- Hegewald, K.D.; Kilchert,
M.; Markwardt, N. 2006 Ergebnisse und Bewertung der Aufgrabungen am
Oberflächenabdichtungssystem (Bentonitmatte,
Dränmatte, Rekultivierungsschicht) der Deponie
Tagewerben in Sachsen-Anhalt, Deponieworkshop Zittau-
Liberec, 2./3.11.06, Hochschule Zittau/Görlitz
- Heyer, D. 2003 Geosynthetische Dränprodukte und mineralische
Dränschichten im Leistungsvergleich. 3. Geokunststoff-
Kolloquium, Naue GmbH & Co. KG, Lübbecke
- Müller, W. 2005 Eignungsgutachten für Kunststoff-Dränelemente durch die
BAM. 21. Fachtagung "Die sichere Deponie", SKZ,
Würzburg
- Müller-Rochholz, J. 2000 Langzeitverhalten von Geotextil-Dränelementen.
16. Fachtagung „Die sichere Deponie“, SKZ, Würzburg
- Müller-Rochholz, J. 2001 Langzeitverhalten von geosynthetischen Dränelementen –
Erkenntnisse aktueller Ausgrabungen. 2. Geokunststoff-
Kolloquium, Naue GmbH & Co. KG, Lübbecke
- Saathoff, F. 1991 Geokunststoffe in Dichtungssystemen. Mitteilungen des
Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsten-
ingenieurwesen, Universität Hannover, Heft 72
- Steffen, H. 2004 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
- Witt, K.-J. & Ramke, H.-
G. (Ak 6.1. GDA der
DGGT) 2003 E2-20: Entwässerungsschichten in
Oberflächenabdichtungssystemen, Bautechnik 80, Heft 9,
Ernst & Sohn, S. 565-579

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Katja Werth
BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG
Postfach 3025
D-32332 Espelkamp
Tel./Fax +49 (0)5743 9320 -568/-566
werth@bbg-lf.de / www.bbg-lf.de

Dipl.-Ing. Andreas Fricke
NAUE GmbH & Co. KG
Kreuzbreite 29
D-31675 Bückeburg
Tel./Fax +49 (0)5722 9669 -21/-36
africke@naue.com / www.naue.com