

Dränmatten als Dränelemente in Oberflächenabdichtungen

- Anforderungen an das Langzeitverhalten
- Produktbezogene Eignungsnachweise
- Projektbezogene Funktionsnachweise

Jochen Müller-Rochholz, Münster

Zori Bronstein, Greven

Jan Retzlaff, Steinfurt

Inhalt

1. Einleitung
2. Anforderungen an das Langzeitverhalten
3. Produktbezogene Eignungsnachweise
4. Projektbezogene Funktionsweise
5. Schlussbemerkung

1. Einleitung

Diese Tagung war seit 1999 regelmäßig das Forum zum Thema Einsatz von Geokunststoff-Drainmatten in der Deponieoberflächenabdichtung. Betrachtet man die Entwicklung in den Quellen:

1999	W. Bräcker	Dränelemente aus Kunststoff als Entwässerungsschicht im Deponieoberflächenabdichtungen, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Abfallwirtschafts- Fakten 5.1
1999/2000/2001	J. Müller- Rochholz	SKZ Tagungen
2002	W. Müller, BAM	Prüfung und Bemessung von Kunststoff- Drainmatten, SKZ 2002
2003	BAM- Richtlinie	Eignungsnachweis für Kunststoff- Dränelemente in Oberflächenabdichtungen in Deponien und Altlasten
2006	J. Müller, Rochholz, Z. Bronstein	Hydraulische Langzeitleistungsfähigkeit von. Dränmatten, SKZ 2006
2007	H. Zanzinger	Drainmatten in Oberflächenabdichtungen, Eignungsbeurteilung, Langzeitverhalten, SKZ 2007

So kann man von der anfänglichen Skepsis „bieten mineralische Entwässerungsschichten eine größere Sicherheit“ (Bräcker 1999), mit der Festlegung von Schubkriech- und Alterungsversuchen in der BAM- Richtlinie 2003 von einer Basis für geregelte Eignungsnachweise und damit gesichertem Langzeitverhalten ausgehen. Die Diskussion Einzelzeitstandversuche nach BAM oder Zeitstandbruchversuchsreihe nach Zanzinger ist weitgehend beendet. Eine Zeitstandbruchversuchsreihe - wie für Bewehrungsgeokunststoffe lange üblich zur Ermittlung der Abminderungsbeiwerts A1 (z.B. im FG SV- Merkblatt 2005) - ist eine zwar aufwändige Prüfung aber das Ergebnis ist deutlich klarer als ein Einpunktversuch (1 Temperatur, 1 Schub-/Normalspannungsverhältnis).

2. Anforderungen an das Langzeitverhalten

2.1. Mechanische Beanspruchungen

2.1.1. Spacer

Mit der ISO 25619-2 "Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Bestimmung des Druckverhaltens - Teil 2: Bestimmung des Kurzzeit-Druckverhaltens" kann das Druckstauungsverhalten nun geregelt beschrieben werden. Bilder 1 und 2 geben typische Produkte und die zugehörigen Kraft- Verformungskurven an.

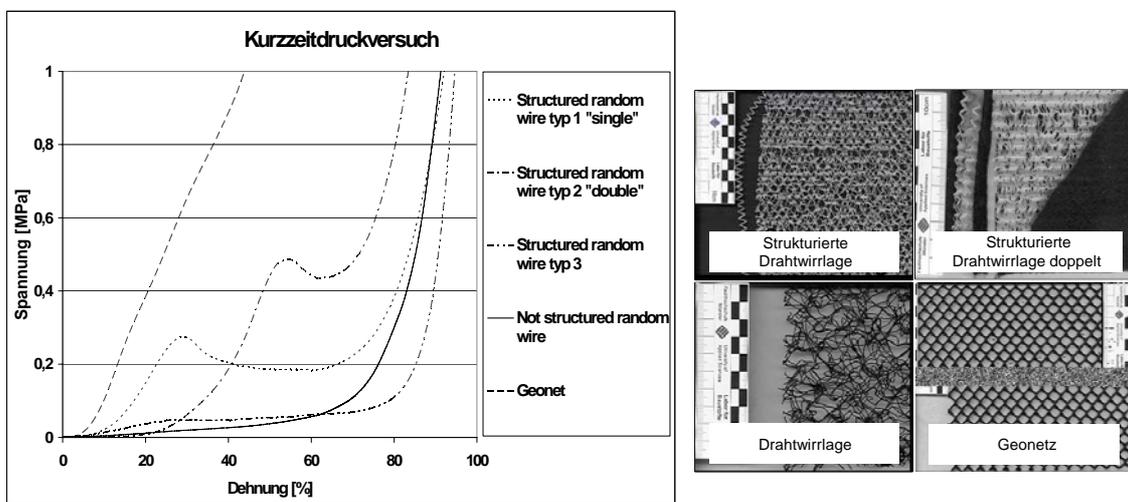


Bild 1 Kurzeitdruckversuch: strukturierte Dränkerne (Structured random wire), Drahtwirrlage (Not structured random wire) Geonetz (Geonet).

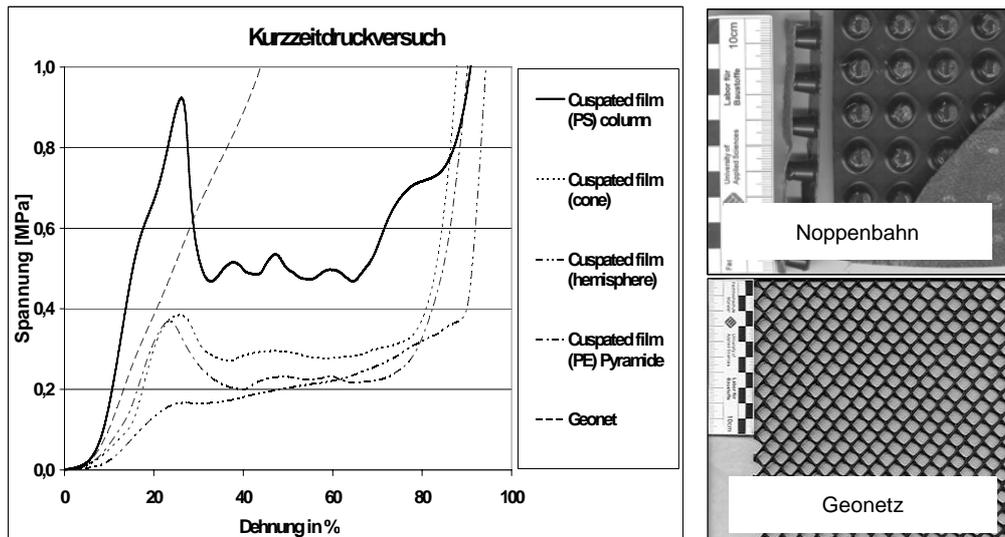


Bild 2 Kurzeitdruckversuch: Noppenbahnen (Cuspated film), Geonetz (Geonet).

Aus diesen Kurven kann entnommen werden, ob das Kriechverhalten dieser Produkte einfach extrapolierbar ist (bei monotonem Verlauf) oder ob ein Kollabieren (Knicke, Beulen) geometrischer Elemente die Extrapolation über den Kollaps hinweg nicht erlaubt. Ist der Postkollapsbereich wieder eindeutig beschreibbar, ist eine Extrapolation möglich. Erfahrungsgemäß tritt der Kollaps in Langzeitversuchen bei niedrigeren Spannungen auf. Bei erhöhter Umgebungstemperatur im Langzeitversuch tritt der Kollaps früher auf als bei niedriger Temperatur.

Die Langzeitversuche können nach ISO 25619-1 mit und ohne Schubspannung durchgeführt werden, wobei die Norm die Empfehlung enthält, bei möglichem Kollaps grundsätzlich mit Schubbeanspruchung zu prüfen.

Die Bilder 3 und 4 zeigen Verformungskurven für eine kollabierende Noppenbahn bei Beanspruchung in Luft. Hier können höhere Umgebungstemperaturen und andere Umgebungsmedien zu objektspezifischen Aussagen führen.

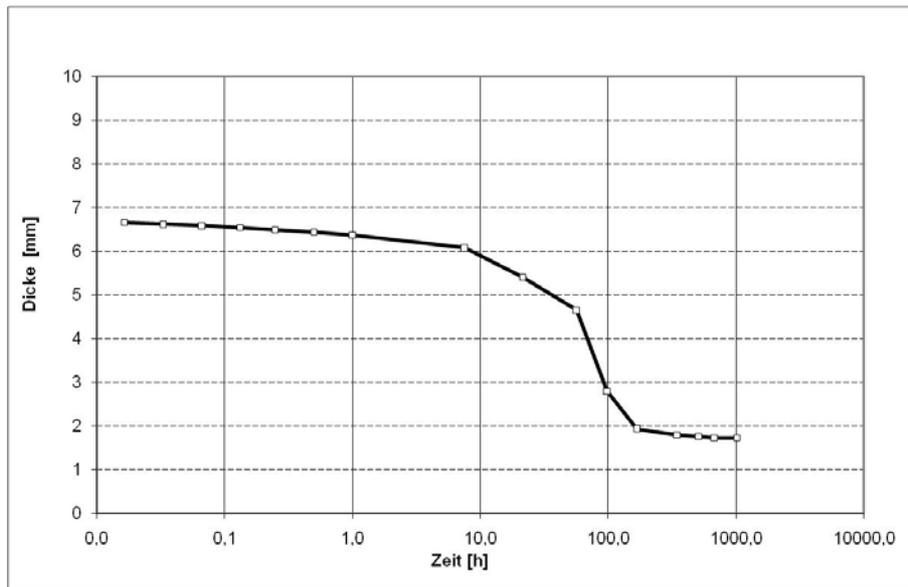


Bild 3. Druckkriechkurve mit Kollaps.

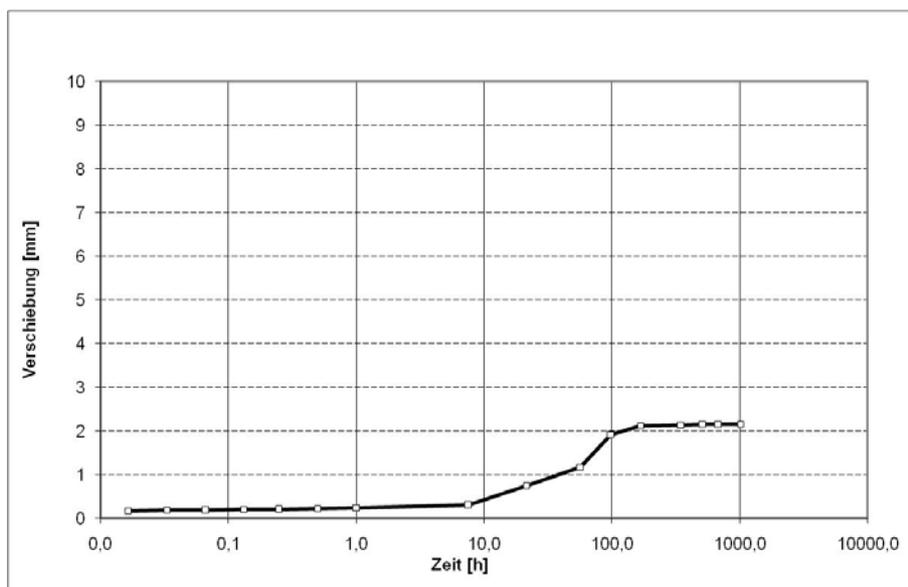


Bild 4 Schubverformungskurve im Versuch wie Bild 3.

Die Übertragung der für Zugversuche bereits eingeführten und zumindest als GRI- Prüfme-
thode vorliegenden Stepped Isothermal Method (SIM) / (Beschreibung im Newsletter 13 des
tBU, www.tbu-gmbh.de/aktuelles/newsletter) auf Druckversuche ermöglicht auch hier eine
deutliche Beschleunigung der Verformungsversuche.

2.1.2 Filter

Beim Verformungsverhalten galt das Hauptaugenmerk bisher dem Spacer. Der Einfluß der Verformbarkeit des Filters wurde bisher wenig beachtet.

(Beim Verfahren BAM: Ermitteln der für eine Endkriechverformung notwendigen Druckspannung und dann Ermittlung der Abflussmenge bei dieser Druckspannung nach einer Belastungszeit von 6 min wird nur das 6 min- Kriechverhalten des Filterns berücksichtigt, bei der von Zanzinger vorgeschlagenen Langzeitprüfung ist der 1- Jahres Kriechanteil enthalten). Wasserableitversuche nach EN 12958 mit der Bettung hart/hart (also ohne Filterverformung) gegenüber weich/weich zeigen Abminderungen bis zu 80 %.

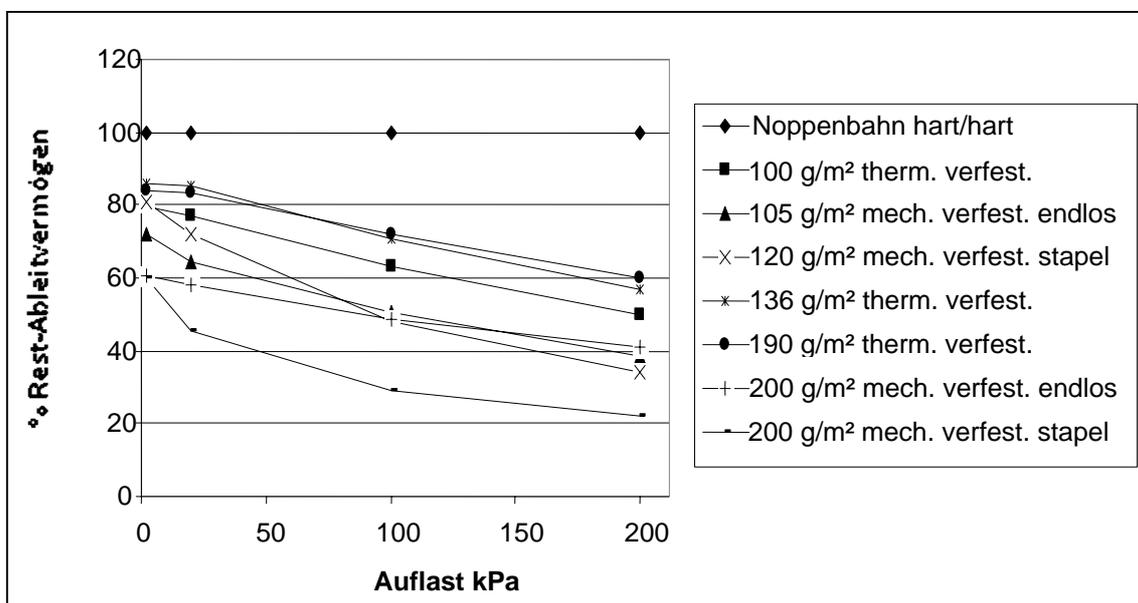


Bild 5 Abminderung des Ableitvermögens durch Filterverformung.

Die danach gestarteten Kriechversuche an Breitstreifen ergeben deutliche Unterschiede für verschiedene Vliesstoffkonstruktionen. Um eine der tatsächlichen mehraxialen Beanspruchung (Bei Fixierung des Filters auf dem Dränkern und Durchhang zwischen den Hochpunkten) näher kommende Beanspruchung zu simulieren, wurden Versuche nach EN 14151 als Kurzzeit- und Kriechversuche gestartet. Bild 6 zeigt die Versuchssituation nach dem Start, die Bilder 7 und 8 die Situation nach 1 und 9 Wochen.



Bild 6 Multiaxialer Kriechversuch 100 kPa (links) 20 kPa (rechts) nach Start.

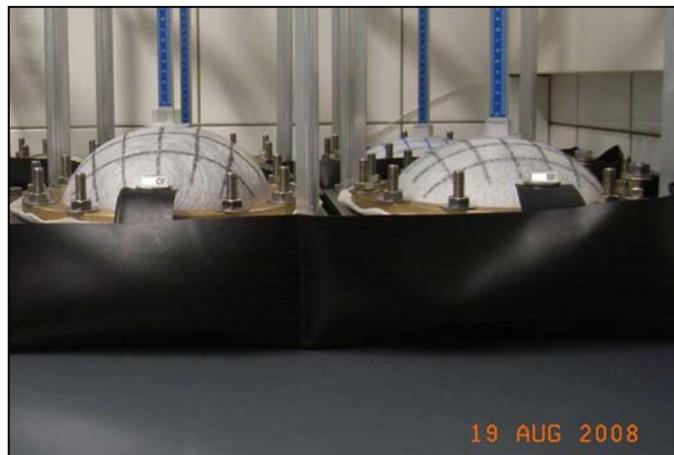


Bild 7 Multiaxialer Kriechversuch 100 kPa nach 168 Stunden.



Bild 8 Multiaxialer Kriechversuch 100 kPa nach 1500 Stunden.

Man erkennt das deutlich unterschiedliche Kriechverhalten des linken und rechten Produkts. Ob dies im Boden durch Gewölbewirkung weniger stattfindet, ist noch zu klären.

2.2 Chemischer Abbau

Bei Kunststoffprodukten aus Polyolefinen (also auch vielen Dränmatten) ist der primäre Alterungsmechanismus, der die Nutzungsdauer einschränkt, die Oxidation. Die Langzeitbeständigkeit dieser Produkte hängt neben der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und der Morphologie des verwendeten Polyolefins vor allem von der Art, Menge und Verteilung zugesetzter Stabilisatoren (u. a. Antioxidantien, Metalldesaktivatoren) ab. Da eine detaillierte Analyse der vielfältigen Abbauprozesse unter verschiedenen Umgebungsbedingungen zu aufwendig ist, kommen bei der Betrachtung der oxidativen Beständigkeit in der Regel Prüfmethoden zum Einsatz, die auf einem durch erhöhte Temperatur beschleunigten Prozess beruhen.

Beim in der BAM entwickelten Autoklaventest wird durch Kombination moderat erhöhter Temperaturen (bis 80 °C) mit einem erhöhten Sauerstoffdruck (bis 50 bar) und gleichzeitiger Anwesenheit eines definierten wässrigen Mediums der Einfluss der Stabilisatorextraktion modellhaft berücksichtigt. Dadurch wird eine praxisgerechtere Beschleunigung erreicht. Das Verfahren ist in mehreren Stufen anwendbar – vom einfachen Indextest nach DIN EN ISO 13438, Verfahren C1 und C2 über die Betrachtung des zeitabhängigen Verlaufs des Abbauverhaltens bei konstanten Beanspruchungsbedingungen bis hin zur Durchführung bei verschiedenen Temperaturen (80, 70, 60 °C) und Sauerstoffdrücken (50, 20, 10 bar) mit anschließender Extrapolation der Ergebnisse auf Referenz- bzw. Anwendungsbedingungen.

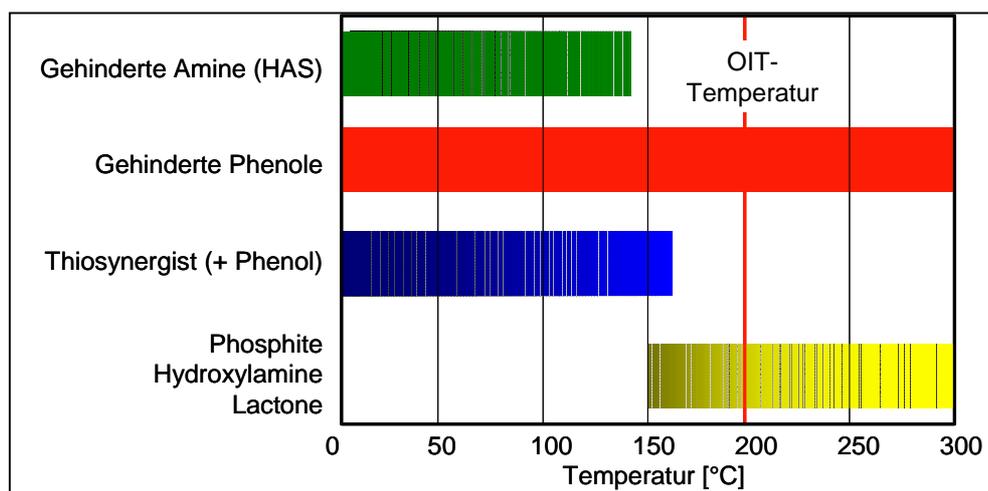


Bild 9 Unterschiedliche Antioxidantien und ihre Wirktemperaturen

Die Anwendung des Autoklavenversuches ist insbesondere dort interessant wo zwischen Prozessstabilisatoren und Langzeitstabilisatoren unterschieden werden soll. Prozessstabilisatoren sind in einem Temperaturbereich wirksam, der für die Langzeitstabilität von Geokunststoffen nicht relevant ist (Bild 9). Dagegen kann es gut sein, dass Langzeitstabilisatoren bei erhöhten Prüftemperaturen keinen Beitrag zur Oxidationsbeständigkeit eines Polymers leisten. Gegenüber konventionellen Versuchen, die allein auf eine erhöhte Versuchstemperatur abstellen, kommt es im Autoklaventest auch zur Extraktion von Stabilisatoren, wie sie im Einbauszustand der Geokunststoffe im Boden stattfinden kann. Dies erlaubt insbesondere eine qualitative Differenzierung der Stabilisierung von Polyolefinen mit gehinderten Phenolen und Aminen, obwohl beide grundsätzlich für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen geeignet sind. Gehinderte Amine (HAS, HALS) sind ausgesprochene Langzeitstabilisatoren, die für das feuchte Milieu besser geeignet sind.



Bild 10 Autoklaven im tBU - Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH.

In mittlerweile 10 Autoklaven der in Bildern. 10 und 11 gezeigten Bauart, werden im tBU – Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH – Prüfungen an verschiedensten Materialien aus PE und PP durchgeführt. Das Oxidationsverhalten ist sehr unterschiedlich und muss für jedes einzelne Ausgangsmaterial bestimmt werden. Die erhöhte Sauerstoffkonzentration des Autoklaventests, die kontinuierlich durch den Sauerstoffüberdruck gewährleistet wird, zeigt dabei einen deutlich geringeren Einfluss der Probengeometrie auf die Versuchsergebnisse als dies z. B. beim Ofentest der Fall ist.

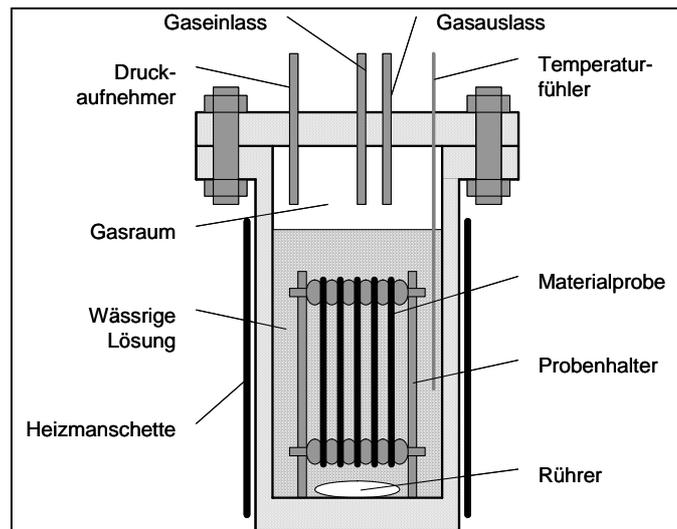


Bild 11 Schematischer Aufbau eines Autoklaven

Während sich bei Geokunststoffen aus Polyolefinen der OIT-Wert (Oxidation-Induktions-Zeit) für die Qualitätssicherung und Indexversuche im Ofen bzw. Autoklaven für die Einschätzung der Nutzungsdauer bis 25 Jahre als praktikabel erwiesen haben, gibt es zur Bewertung der oxidativen Beständigkeit im Hinblick auf längere Nutzungsdauern noch keine allgemein anwendbaren Festlegungen.

Mit Autoklaventests lässt sich durch dreidimensionale Extrapolation auf der Grundlage eines modifizierten Arrhenius-Modells ein Kennwert (Lebensdauerparameter) ermitteln, der zunächst eine praxisgerechte Einschätzung sowie eine vergleichende Bewertung erlaubt. Die Zielgröße ist eine Temperatur, die idealerweise nicht mehr als 20 K von der niedrigsten Versuchstemperatur abweichen sollte.

Um die Auswirkungen der erhöhten Sauerstoffkonzentration auf den oxidativen Abbau besser einschätzen zu können und die Genauigkeit der Extrapolation bis auf die im Boden vorherrschenden Temperaturen zu verbessern, sind über den momentanen Stand der Kenntnis hinaus weitere Forschungen sowie die Korrelation mit praktischen Erfahrungen erforderlich.

3. Produktbezogenen Eignungsnachweise

Wesentliche Aussage ist das Wasserableitvermögen nach 100 Jahren und die gesicherte Dauerhaftigkeit. Um dies für ein Produkt nachzuweisen, muss die mechanische Schubdruckzeitstandkurve die Aussage erlauben, welche Dicke bei vorgegebener Normal- und Scherspannung das Produkt haben wird. Mit dieser Dicke durchgeführte Wasserableitversuche müssen durch einen Abminderungsbeiwert für das ermittelte Filterkriechen auf einen gesicherten Wert gebracht werden.

Autoklavversuche mit hinreichender Parametervariation (Temperatur, Sauerstoffdruck) ermöglichen extrapolierte Lebensdaueraussagen.

Benötigt werden also:

1. Mechanische Kurzeitversuche ISO 25619-2 zur Klärung der Extrapolierbarkeit der Kriechkurven
2. Kriechversuche mit Schubspannung (Ein Verhältnis $H/V = 1/2.5$ ergibt die Hüllkurve für Neigungen bis $1/2.5$) zur Verformungsaussage und damit Wasserableitung
3. Zeitstand- Druck/ Schub- Versuche ggf. bei erhöhter Temperatur zur mechanischen Versagens-(Lebensdauer) Vorhersage
4. Wasserableitversuche mit der extrapolierten Dicke aus 2, Randbedingungen weich/weich, Versuchsdauer entsprechend Filterkriechkurven oder bei kurzer Versuchsdauer Abminderungsbeiwert aus Multiaxialkriechversuchen in Anlehnung an EN 14151.
5. Nachweis der Thermooxidationsbeständigkeit über 100 Jahre (Autoklaventest und Arrhenius-Auswertung)

4. Projektbezogene Funktionsnachweise

Die Anwendung im konkreten Fall ergibt eine festgelegte Auflast durch die Vegetationsschicht und damit eine Vorgabe für die Kriechversuche. Gleichzeitig ist eine Böschungsneigung und damit das Verhältnis H/V für die Zeitstandversuche vorgegeben. Ebenfalls bekannt sind aus der Planung eine definierte Böschungslänge und bekannte Bodenkennwerte.

Aus den Bodenkennwerten des Vegetations- oder Auffüllbodens ist eine Bemessung des geotextilen Filters möglich. (O_{90} und k_v)

Ist die geplante Böschung flacher als das geprüfte Verhältnis.H/V im Zeitstandbruchversuch, ist durch spezifische Prüfungen u.U. ein besserer Wert zu erzielen. Mit einem für diese Böschungsneigung durchgeführte Ableitversuch (i gemäß Böschungsneigung) ist der Dränachweis exakt zu führen, die normgemäßen Prüfgradienten $i = 1; 0,3; 0,1$ können abweichende Rechenergebnisse zeigen.

5. Schlussbemerkung

Geosynthetische Dränmatten sind in den letzten 10 Jahren Gegenstand intensiver Entwicklungs- und Prüftätigkeit gewesen. Die durch Anforderungen der Planer oder Genehmiger von Deponien bewirkten Untersuchungen haben den Kenntnisstand wesentlich erweitert und den Nachweis erbracht, dass mit diesen Produkten bei entsprechenden Ergebnissen in den Prüfungen Deponienoberflächenabdichtungen sicher zu bauen sind. Da es noch einige Erkenntnislücken gibt, sei auf die Möglichkeit im Bauwerksmonitoring und Aufgrabungen hingewiesen.