

Langzeitverhalten von Kunststoff-Dränelementen und Bewehrungsgittern und die Anforderungen der Deponieverordnung

Werner Müller

Andreas Wöhlecke

Zusammenfassung

Ein Geokunststoffprodukt muss in einer Deponieabdichtung unter allen relevanten Einwirkungen seine Funktion mindestens 100 Jahre lang erfüllen. Diese Annahme ist nicht schon allein dann gerechtfertigt, wenn Alterungsuntersuchungen gezeigt haben, dass der verwendete Werkstoff voraussichtlich so lange halten wird. Darüber hinaus gehende Fragestellungen zur Funktionserfüllung, die im Zulassungsverfahren bearbeitet werden müssen, werden am Beispiel von Kunststoff-Dränelementen und Bewehrungsgittern diskutiert. Es geht dabei um die Auswirkung von äußeren Kräften, die über diesen sehr langen Zeitraum einwirken. Die Grenze für noch zulässige Druck- und Scherkräfte bei einem Kunststoff-Dränelement muss ausgelotet und das zugehörige Wasserableitvermögen bestimmt werden. Mögliche Einschränkung für den Herausziehwiderstand eines Bewehrungsgitters müssen abgeschätzt werden. Damit werden auch die Aufgaben zukünftiger Normungstätigkeit umrissen. Ergänzend werden einige Erläuterungen zu aktuellen Entwicklungen gegeben: Eine neue Ausgabe der Fremdprüferrichtlinie wurde erarbeitet. Zulassungen für Bewehrungsgitter wurden erteilt. Schließlich wird kurz erklärt, was Befristung einer Zulassung, Erlöschen einer Zulassung und Widerruf einer Zulassung bedeuten.

1. Einleitung

Bei der Zulassung eines Geokunststoffprodukts für Deponieabdichtungssysteme gilt es, den Nachweis zu führen, dass es seine Funktion unter *allen* gegenseitigen und äußeren Einwirkungen im Gesamtsystem der Abdichtung über einen Zeitraum von *mindestens* 100 Jahren voraussichtlich erfüllen wird. So fordert es die Deponieverordnung (DepV) im Anhang 1, Nr. 2.1.1. Dabei muss vor allem die Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanisch einwirkenden Kräften und die Beständigkeit im Hinblick auf alterungsbedingte nachteilige Materialveränderungen beachtet werden (Punkt 3 und 7 des Katalogs der Kriterien und Einwirkmechanismen in Nr. 2.1.1). Weicht man von der mineralischen Entwässerungsschicht mit den vorgeschrie-

benen Eigenschaften ab und setzt ein Kunststoff-Dränelement ein, so wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dabei die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kunststoff-Dränelementes und die Standsicherheit der darüber liegenden Rekultivierungsschicht dauerhaft gewährleistet sein müssen (DepV, Anhang 1, Tabelle 2, Fußnote 4).

Kunststoffe altern und verändern dabei ihre technischen Eigenschaften [1]. Ein polymerer Werkstoff hat jedoch auch die Eigenschaft, dass er „kriecht“. Die Anordnung der Polymermoleküle versucht sich in gewissem Umfang an die einwirkende Kraft „anzupassen“. Das Bauteil dehnt sich *allmählich* in die Länge, die Fläche der Querschnitte verringert sich dabei. Die lokalen Spannungen steigen an. Dies wird dazu führen, dass nach hinreichend langer Zeit ein mechanisches Versagen schon bei äußeren Kräften eintritt, die wesentlich geringer sind, als die in einem Druck-, Scher- oder Zugversuch oder einem anderen mechanischen Versuch bei hoher Verformungsgeschwindigkeit festgestellte Festigkeit (duktilen Versagen). Der Werkstoff selbst braucht sich dabei in seinen technischen Eigenschaften gar nicht verändert zu haben.

Im Zulassungsverfahren muss also nicht nur die Frage beantwortet werden, ob das Geokunststoffprodukt im Hinblick auf die für den verwendeten Werkstoff charakteristischen Alterungsvorgänge, auf die Bedingungen, unter denen das Produkt eingesetzt wird, und auf die anvisierte Funktionsdauer ausreichend beständig ist: Es also nicht zum spröden Versagen kommt. Es schließt sich auch die Frage an, wie groß die über lange Zeit auf das Produkt einwirkenden Kräfte höchstens sein dürfen, damit es seine Funktion noch sicher erfüllen kann: Es also nicht zum duktilen Versagen kommt. Im Text und in den Tabellen der Zulassungsrichtlinien werden Verfahren angegeben, mit denen versucht wird, auch diese Frage zu beantworten. Darüber wurde auf der Tagung „Die sichere Deponie“ in Würzburg schon verschiedentlich vorgetragen. Allerdings geht diese besondere Problemstellung und die zugehörigen speziellen Verfahren vielleicht in der Vielzahl von Bestimmungen, Anforderungen und Hinweisen, die in den Zulassungsrichtlinien enthalten sind, etwas unter. Deshalb sollen hier noch einmal die Konzepte zusammengestellt, beschrieben und erörtert werden, die für das Zulassungsverfahren erarbeitet wurden. Auch in den Ausschüssen des Deutschen Instituts für Normung (DIN) und des Europäischen Komitees für Normung (CEN) hat man begonnen, sich mit diesen Problemen zu beschäftigen. Genormte Prüfungen und erste Vorschläge für Verfahrensweisen auf der Grundlage solcher Prüfungen liegen vor. Aber erst wenn entsprechende Prüfnormen zur Festlegung der Beanspruchungsgrenzen und des Langzeitverhaltens erarbeitet werden und die Anwendungsnormen entsprechende Anforderungen stellen, wird die Voraussetzung der DepV erfüllt sein, dass ein nach diesen Normen deklariertes Produkt auch ohne spezielle Zulassung im Deponiebau eingesetzt werden kann. Diese Vor-

aussetzung besteht eben darin, dass auch die Grenzen der *äußeren mechanischen Einwirkungen* im Gesamtsystem der Abdichtung angegeben werden, innerhalb derer ein Geokunststoffprodukt seine Funktion über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren nur erfüllen kann.

Ergänzend zu diesen Ausführungen wird auf einige aktuelle Entwicklungen eingegangen. Ausführlich wird dabei über die neue Richtlinie-Fremdprüfer berichtet. Mit allen ihren Bestandteilen beschreibt die Richtlinie nunmehr klar und umfassend wie eine Fremdprüfung bei den Kunststoffdichtungsbahnen (KDB), den Kunststoff-Dränelementen (GCD, Abkürzung von *geocomposite drain*), den Vliesstoffen zum Schützen, Filtern und Trennen (GTX, Abkürzung von *geotextile*), den geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD), den Bewehrungsgittern aus Kunststoff (GGR, Abkürzung von *geogrid*) und den Rohren, Schächten und Bauteilen (RSB) ablaufen sollte. Natürlich wird man immer noch Details finden, bei denen Verbesserungsbedarf besteht.

Verschiedentlich wurde die Frage gestellt, was es für ein zugelassenes Produkt bedeutet, wenn seine befristete Zulassung abläuft, was es mit den Nachträgen auf sich hat, mit denen das Erlöschen einer Zulassung mitgeteilt wird, und wie sich dazu die in den Zulassungs-scheinen vorgesehene Möglichkeit des Widerrufs einer Zulassung verhält. Darauf wird kurz eingegangen. Schließlich soll noch mitgeteilt werden, dass es inzwischen befristete Zulassungen für Bewehrungsgitter aus Kunststoff gibt.

2. Langzeitverhalten von Kunststoff-Dränelementen

Durch Hohlknollen auf einer Kunststoffbahn, Wirrgelege aus Kunststoffsträngen, übereinandergelegte Netze aus Kunststoff und dergleichen entstehen offenporige, hohlraumreiche Gebilde, die als Dränkern in einem Kunststoff-Dränelement verwendet werden können. Im eingebauten Zustand führt die Hangabtriebskraft aus dem Gewicht der Rekultivierungsschicht zu einer Kombination aus einer Druckkraft und einer Scherkraft, denen das Kunststoff-Dränelement im mechanischen Gleichgewicht widerstehen muss. Unter der Einwirkung dieser Kräfte wird sich der Dränkern allmählich verformen. Die Dicke und der zur Verfügung stehende Hohlraum und damit das Wasserableitvermögen werden abnehmen. Es könnte nach einer gewissen Zeit jedoch auch dazu kommen, dass der Dränkern einknickt. Das Wasserableitvermögen wäre dann nur noch sehr gering. Im Zulassungsverfahren müssen also zunächst zwei Fragen beantwortet werden: Kann ein solches „Stabilitätsversagen“ des Dränkerns ausgeschlossen werden und wenn ja, wie groß ist die Restdicke nach 100 Jahren

des zwar stabilen, aber sich doch allmählich verformenden Dränkerns. Diese Restdicke bestimmt das tatsächlich dann nur noch vorhandene Wasserableitvermögen. Das Kunststoff-Dränelement besteht jedoch nicht nur aus dem Dränkern. Auf der Oberseite des Dränkerns liegt ein Filtervliesstoff und (in den meisten Fällen) auf der Unterseite ein Träger- oder Schutzgeotextil. Diese drei Komponenten werden durch irgendein Verfahren mehr oder weniger fest miteinander verbunden. Es stellt sich dann die Frage: Wie groß ist die Scherfestigkeit dieses Verbunds? Erst wenn man diese Fragen zu den mechanischen Eigenschaften des Kunststoff-Dränelements beantwortet hat, kann man sich dem wichtigsten Problem zuwenden: Wie groß ist das Wasserableitvermögen, welches das Kunststoff-Dränelement aufgrund dieser mechanischen Eigenschaften nach 100 Jahren noch hat?

2.1 Die Stabilität des Dränkerns

Ein Stabilitätsversagen kann auftreten, wenn der Dränkern ein gewisse Steifigkeit hat, was ja durchaus erwünscht ist. Man sieht den Effekt im Druckversuch (nach DIN EN ISO 25619-2). Das Dränelement wird in diesem Versuch mit konstanter Geschwindigkeit (etwa 1 mm/min) zusammengedrückt und dabei der Druck P und die Strecke X , um die sich die Dicke reduziert hat, kontinuierlich gemessen. X bezogen auf die Dicke im Ausgangszustand d_0 wird als Stauchung bezeichnet. Zunächst steigt die Stauchung in etwa linear mit dem Druck an. Wenn der Dränkern dann bei einem hohen Druck einknickt, wächst die Stauchung schon bei einer geringfügigen weiteren Erhöhung des Drucks stark an. Es bildet sich ein Plateau in der Messkurve aus, die man erhält, wenn man P über X aufträgt (s. z. B. Bild 2 in DIN EN ISO 25619-2). Um die Dicke des bereits eingeknickten Dränkerns noch weiter zu reduzieren, braucht man sehr große Drücke. Nach dem Durchlaufen des Plateaus steigt die Kurve also steil an. In diesem Versuch mit relativ hoher Verformungsgeschwindigkeit (ein sogenannter Kurzzeitversuch) zeigt sich ein Stabilitätsversagen zumeist erst bei einem relativ hohen Druck. Zum Phänomen des Kriechens gehört nun, dass das gleiche Stabilitätsversagen auch bei einem wesentlich geringeren Druck auftreten kann, wenn dieser nur lang genug einwirkt. Um diesen Effekt zu messen, wird das Dränelement mit einem Druck, der kleiner ist als die Druckfestigkeit aus dem Kurzzeitversuch, beaufschlagt und beobachtet wie lange es dauert, bis das Stabilitätsversagen eintritt (s. z. B. Bild B.1 in DIN EN ISO 25619-1 oder Bild 24 in [2]). Aus diesen Zeitstand-Druckversuchen nach DIN EN ISO 25619-1 erhält man die Wertepaare aus Standzeit, als Zeit bis zum Versagen, und zugehörigem Druck. Diese trägt man in ein Diagramm ein und schätzt aus dem Verlauf der Daten extrapolierend ab, wie groß der Druck höchstens sein darf, damit das Stabilitätsversagen erst jenseits von 100 Jahren auftritt. Offensichtlich ist ein Kunststoff-Dränelement nur dann geeignet, wenn dieser Grenzwert,

und eben nicht nur die Kurzzeit-Druckfestigkeit, viel größer ist als die tatsächlich im eingebauten Zustand auftretenden Drücke.

In [2] wird für ein Produkt gezeigt, dass das Einknicken erst bei einer bestimmten kritischen Stauchung auftritt und zwar unabhängig davon, wie groß der Prüfdruck ist und wie groß die Standzeiten sind, wie lange es also dauert bis es zum Stabilitätsversagen kommt. Es handelt sich dabei um ein verallgemeinerbares kunststofftechnisches Phänomen: Duktiles Versagen im Verlauf des Kriechens eines Bauteils unter einer einwirkenden Kraft ist oft mit dem Erreichen einer ganz bestimmten kritischen Verformung verknüpft. Man kann daher das Problem des Stabilitätsversagens auch folgendermaßen behandeln. Man bestimmt im Kurzzeit-Druckversuch die kritische Stauchung. Man belastet dann das Kunststoff-Dränelement mit Druck- und Scherkräften, wie sie unter Anwendungsbedingungen auftreten können (z. B. eine Auflast von 50 kPa und eine Böschungsneigung von 1:2,5). Man misst in diesem Zeitstand-Kriechversuch in Anlehnung an DIN EN ISO 25619-1 [3, 4], wie sich die Dicke allmählich ändert und extrapoliert aus den Kriechkurven die Restdicke nach 100 Jahren. Das Kunststoff-Dränelement ist nur dann geeignet, wenn diese Restdicke deutlich *größer* als die kritische Dicke ist, die sich aus der kritischen Stauchung errechnet. Oder umgekehrt: nach diesem Kriterium bestimmt man für welche Auflasten und Böschungsneigungen das Kunststoff-Dränelement nur geeignet ist. Es empfiehlt sich beide Verfahren anzuwenden, um zu einer zuverlässigen Aussage über die Langzeit-Stabilität eines Dränkerns unter der kombinierten Einwirkung von Druck- und Scherkraft zu kommen.

2.2 Die Langzeit-Scherfestigkeit eines Kunststoff-Dränelements

Um die Scherfestigkeit oder zugehörigen Reibungsbeiwerte des Verbundsystems Filtervliesstoff-Dränkern-Schutzgeotextil zu bestimmen, werden klassische Scherkastenversuche bei relativ hoher Verformungsgeschwindigkeit (1 mm/min) und verschiedenen Auflasten durchgeführt. Die aus den Verschiebungsweg-Scherspannung-Kurven jeweils bestimmten größten Werte der Scherspannung werden über den zugehörigen Normalspannungen aufgetragen. Aufgrund der Festigkeit der Verbindungsstellen zwischen den Komponenten findet man in diesem Diagramm in der Regel einen sehr hohen Adhäsionsanteil, d. h. bereits eine hohe Scherspannungen, wenn man die Datenpunkt auf Normalspannung Null extrapoliert. Was sagen diese Kurzzeit-Scherfestigkeiten über das Langzeitverhalten des Produkts aus?

Zunächst besteht das Problem, dass es schwierig ist, solche Scherkastenversuche an Verbundsystemen so durchzuführen, dass über die Art der Befestigung zwischen Ober- und

Unterseite des Produkts und den Scherkästen nicht schon wesentlich Einfluss auf das Prüfergebnis genommen wird. Weiterhin ist unklar, wie man aus den Daten im Normalspannung-Scherspannung-Diagramm Reibungsbeiwerte ablesen soll. Eigentlich täuscht das Verfahren, die Prüfergebnisse als Reibungsbeiwerte auszudrücken, einen Sachverhalt nur vor, da die Kraftübertragung im Verbundsystem überhaupt nicht reibungsartig ist. In der GDA-Empfehlung E3-8 werden diese Probleme des Scherkastenversuchs an Verbundsystemen nur am Rande behandelt, in der DIN EN ISO 12957-1 gar nicht. Selbst wenn diese versuchstechnischen Probleme gelöst werden, bleibt ein grundsätzliches Problem. Aus der bei hoher Verformungsgeschwindigkeit ermittelten Scherfestigkeit kann man noch nicht auf die Scherfestigkeit schließen, die bei dauerhafter Einwirkung einer kombinierten Druck- und Scherspannung tatsächlich vorhanden sein wird. Wie groß ist also die Langzeit-Scherfestigkeit? Zur Bestimmung dieser Größe kann wiederum der oben im Abschnitt 2.1 skizzierte Weg gewählt werden. Betrachtet man die Verschiebungsweg-Scherspannung-Diagramme, so findet man, dass das Scherversagen bei einer kritischen Verschiebung unabhängig von der Normalspannung eintritt. Man kann daher zur Bewertung wiederum die Zeitstand-Kriechversuche in Anlehnung an DIN EN ISO 25619-1 unter anwendungsnahen Bedingungen heranziehen. Dazu extrapoliert man die Kriechkurve für die Verschiebung in der Scherebene (s. z. B. Bild B.2 in DIN EN ISO 25619-1) auf 100 Jahre und liest die sich nach diesem Zeitraum vermutlich einstellende Verschiebung ab. Das Kunststoff-Dränelement ist nur dann geeignet, wenn diese Endverschiebung deutlich *kleiner* als die kritische Verschiebung ist, die sich im Scherkastenversuch gezeigt hat. Oder umgekehrt: nach diesem Kriterium bestimmt man, für welche Auflasten und Böschungsneigungen das Kunststoff-Dränelement nur geeignet ist. Auf dieses Verfahren wurde bereits auf der letzten Tagung eingegangen [5]. In [6] wird es ausführlicher diskutiert.

2.3 Das Langzeit-Wasserleitvermögen eines Kunststoff-Dränelements

Hat man die Anwendungsgrenzen eines Kunststoff-Dränelements im Hinblick auf die mechanischen Einwirkungen ermittelt, kann man den wichtigsten Punkt klären: Welche hydraulische Leistungsfähigkeit hat das Dränelement unter den mechanischen Einwirkungen? Wie groß ist sein nach langer Zeit nur noch vorhandenes Wasserleitvermögen? Die Fragen lassen sich beantworten, wenn man annimmt, dass eine eindeutige Beziehung zwischen dem Wasserleitvermögen und der Dicke des Kunststoff-Dränelements besteht. Die Restdicke bei einer gewissen mechanischen Einwirkung hat man im entsprechenden Zeitstand-Kriechversuch ermittelt. Man bestimmt dann, welcher Prüfdruck erforderlich ist, um im Kurzzeitversuch das Dränelement auf diese Dicke zusammenzudrücken. Bei dieser Druckspan-

nung wird das Wasserableitvermögen bei den verschiedenen Bettungen und hydraulischen Gradienten gemessen. Das so bestimmte Wasserableitvermögen gibt zumindest einen Anhaltspunkt, wie groß das Langzeit-Wasserableitvermögen noch sein wird [2]. Um zum Bemessungswert zu kommen, müssen dann aber noch Abminderungsfaktoren (Auswirkungen von Baustellenbeanspruchungen, Querstößen und Wurzeln), eingerechnet werden (s. dazu die Zulassungsrichtlinie-Kunststoff-Dränelement).

3. Langzeitverhalten von Bewehrungsgittern aus Kunststoff

Ein in den Boden eingebettetes Bewehrungsgitter setzt der Zugkraft, mit der an seinen Längselementen gezogen wird, einen Herausziehwiderstand entgegen. Die Zugkraft wird dabei über zwei Mechanismen in den Boden eingeleitet [7]: Zum einen durch die Reibung in der Kontaktfläche zwischen den Elementen des Bewehrungsgitters und den Bodenteilchen; Zum anderen dadurch, dass sich in der Front der Querelemente, die bei der Zugbeanspruchung der Längselemente in Richtung der Zugkraft verschoben werden, ein Erddruck aufbaut. Die Querelemente "stützen" sich auf dem Boden ab. Der Erddruck wird dabei in dem Maße mobilisiert, wie sich die Querelemente verschieben. Die reine Oberflächenreibung macht je nach Art des Bewehrungsgitters 10 bis 40 % des Herausziehwiderstands aus. Der überwiegende Anteil resultiert aus dem Erddruck. Diese Wechselwirkung zwischen Boden und Bewehrungsgitter funktioniert jedoch nur, wenn an den Verbindungsstellen von Längs- und Querelementen die Kräfte auch wirklich übertragen werden können. Reißen die Verbindungsstellen im Laufe der Zeit unter den Belastungen und den damit einhergehenden Verformungen im Boden, so rutscht das Bewehrungsgitter aus dem Boden heraus. Bislang wurde diesem Problem der Langzeit-Festigkeit von Verbindungsstellen wenig Aufmerksamkeit geschenkt [8]. In der Bemessung spielt nur der Materialwiderstand „Festigkeit der Längselemente“ eine Rolle. Der Materialwiderstand „Festigkeit der Verbindungsstellen“ wird vernachlässigt. Zwar wurden Zug-Scherversuche entwickelt, mit denen im Labor die Festigkeit einer Verbindungsselle quantitativ charakterisiert werden kann [9, 10]. Wie im Abschnitt 2 in anderem Zusammenhang bereits diskutiert, darf man auch hier aus den bei hoher Verformungsgeschwindigkeit ermittelten Kurzzeit-Festigkeit noch keine Rückschlüsse auf die Langzeit-Festigkeit im Boden ziehen. Man sollte sich daher auch hier nicht dazu verleiten lassen, ein Produkt nach dem Motto zu bewerten: Je größer die Kurzzeit-Festigkeit, umso besser¹. Weiterhin ist wichtig, dass man sich klar macht, dass diese Problematik für alle Arten von Bewehrungsgittern gilt, seien sie extrudiert (z. B. Tensar[®]), geschweißt (z. B. Secugrid[®] oder

¹ Das Leben lehrt, dass diese Regel auch im übertragenen Sinne selten richtig ist. Man denke etwa an moralische, pädagogische oder politische Formen der Standfestigkeit.

Enkagrid[®]) oder gewebt (z. B. Fortrac[®]). Im Hinblick auf Kriechverhalten, Alterungsverhalten, Spannungsrissbeständigkeit usw. ergeben sich bei jedem Bewehrungsgitter je eigene Problemstellungen bei der Fragen nach der Langzeit-Festigkeit seiner Verbindungsstellen.

Warum wurde dieses Problem des „Materialwiderstands der Verbindungsstelle“ bislang ignoriert? Zum einen ist es ein material-, prüft- und bemessungstechnisch ausgesprochen schwieriges Problem. Nur wenn man es ignoriert und annimmt, dass die Wechselwirkung Boden-Bewehrungsgitter ein reines Reibungsphänomen ist, ergeben sich einfache prüf- und bemessungstechnische Verfahrensweisen. Zum anderen ist die Belastung der Verbindungsstellen auf den ersten Blick so gering, dass man glaubte, diese Einwirkung auf die Verbindungsstellen vernachlässigen zu können. Man betrachte folgendes (durchaus realistische) Beispiel: Man denke sich ein Bewehrungsgitter mit einer Maschenweite von 30 mm × 30 mm, dass über 1 m Verankerungslänge eingebettet wird. Im Kurzzeit-Zug-Scherversuch bei hoher Verformungsgeschwindigkeit (50 mm/min) betrage die Kurzzeit-Zugfestigkeit einer Verbindungsstelle 1000 N. Aus den Herausziehversuchen und der Bemessung ergebe sich, dass man das Bewehrungsgitter für eine gewisse Auflast und einen gewissen Füllboden mit einer Zugkraft von 40 kN je Meter Breite des Bewehrungsgitters belasten darf. In diesem Beispiel würde sich die Kraft dabei jedoch auf ca. 1000 Verbindungsstellen verteilen. Jede Verbindungsstelle müsste folglich nur eine Zugkraft von 40 N aus den Längs- in die Querelemente umlenken, wenn die Verbindungsstellen alle gleichmäßig belastet würden. Dieser Wert wäre in der Tat sehr gering gegenüber der Kurzzeit-Festigkeit. Worin besteht das Problem? Tatsächlich werden sich die Längselemente des Bewehrungsgitters so verformen, dass im vorderen Bereich der Einbettung die Verschiebungen der Querelemente, der mobilisierte Erd- druck und damit die zu übertragenden Kräfte am größten sind und ganz am Ende der akti- vierten Verankerungslänge gegen Null gehen [8]. Die vorderen Verbindungsstellen werden also deutlich stärker belastet, als der (wie eben abgeschätzte) Mittelwert angibt. Reißen die- se vorderen Verbindungen, so wird die große Belastung an die dahinter liegenden Verbin- dungen weitergegeben. Im Prinzip könnte ein „Reißverschluss“-Effekt entstehen, der zum Herausziehen führen würde, selbst wenn die zulässige Langzeit-Festigkeit über diesem Mit- telwert von hier 40 N liegen würde. Wie groß aber ist diese maximale Belastung und wie groß ist die zulässige Langzeit-Festigkeit der Verbindungsstellen in einer Verankerung bei einem zu beurteilenden Produkt?

Da an der Beantwortung diese Fragen sowohl in methodischer wie inhaltlicher Hinsicht noch gearbeitet wird, werden Bewehrungsgitter derzeit nur unter zwei Einschränkungen befristet zugelassen.

(1) Bei Bewehrungsgittern, bei denen der Reibungsanteil aus den Längselementen relativ groß ist und das Versagen der Verbindungsstellen die Längselemente nicht schädigen würde (Reibungsgitter), fordert man, die Bewehrungsgitter so einzubetten, als ob nur diese Reibung zum Herausziehwiderstand beiträgt. Der Verbundbeiwert λ wird entsprechend abgemindert. Mit diesem abgeminderten Verbundbeiwert wird wie üblich nach den Regeln der EBGEO [11] bemessen.

(2) Bei Bewehrungsgittern, wo der Reibungsanteil klein ist und der Herausziehwiderstand im Wesentlichen aus dem Erddruck resultiert (Erddruckgitter), der sich vor den Querelementen aufbaut, wird die auf nur eingeschränkt gültigen physikalischen Prinzipien beruhende Bemessung der EBGEO darauf hin überprüft, ob sie im Hinblick auf die tatsächlichen physikalischen Mechanismen auf die sichere Seite führt. Dazu wird produktbezogen festgelegt: (a) die bemessene Verankerung muss abhängig vom Bewehrungsgitter, von der Auflast und vom Füllboden mindestens eine gewisse Verankerungslänge und mindestens einen gewissen Herausziehwiderstand erreichen. Diese Untergrenzen werden im Zulassungsschein vorgegeben. Damit soll sichergestellt werden, dass eine Verankerung immer so gebaut wird, dass so viele Verbindungsstellen wie möglich an der Lastübertragung teilnehmen. (b) Von diesem Herausziehwiderstand darf dann aber nur 50 % in Anspruch genommen werden. Es werden daher im Zulassungsschein Obergrenzen für die Zugkraft angegeben. Damit soll erreicht werden, dass die im Boden tatsächlich erreichbare Beanspruchung der Verbindungsstellen, um mindestens den Faktor 2 unterschritten wird.

4. Ausblick

Fasst man die Betrachtungen in den Abschnitten 2.1 bis 2.3 und 3 zusammen, so kann man sagen: Man braucht ein Verfahren zur Bestimmung der Anwendungsgrenzen (an Hand der Langzeit-Druckfestigkeit und der Langzeit-Scherfestigkeit) und des Langzeit-Wasserableitvermögens von Kunststoff-Dränelementen. Man braucht ein Verfahren zur Prüfung der Beständigkeit von Verbindungsstellen in Bewehrungsgittern aus Kunststoff und man braucht Bemessungsregeln, die explizit beide Materialwiderstände, die Festigkeit der Längs- sowie der Querelemente *und* die Festigkeit der Verbindungsstellen, berücksichtigen. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens wurden und werden solche Verfahren erarbeitet. Sie erweisen sich als prüftechnisch schwierig und zeitaufwendig. Benutzt wird dabei zumeist folgende Regel: Bestimme eine kritische Verformung aus dem Kurzzeitversuch und vergleiche diese Verformung mit der auf lange Zeiten extrapolierten Verformung, die sich im entsprechenden Zeitstandversuch zeigt. Es wäre wünschenswert, wenn sich die europäische Normung inten-

siver um solche Verfahren kümmern würde, damit sie vereinheitlicht, weiter optimiert und durch Ringversuche besser abgesichert werden.

Ist ein solches Vorgehen nicht zu aufwendig? Hat man nicht in den letzten 30 Jahren ganz überwiegend sehr gute Erfahrungen mit Geokunststoffen gemacht? Hat es dabei nicht vollkommen ausgereicht, von den Werten aus den Kurzzeitversuchen auszugehen und diese für die Bemessung einfach nur mehr oder weniger vorsichtig pauschal abzumindern? Sicherlich gibt es diverse gute Firmen, die sich intensiv um die technischen Eigenschaften ihrer Produkte kümmern und in der Tat sehr gut geeignete Produkte herstellen. Daraus folgt jedoch nicht, dass jedes beliebige Produkt geeignet ist, wenn es nur vergleichbare Werte in den Kurzzeitprüfungen zeigt. Geokunststoffe spielen immer noch in vielen Fällen für die Sicherheit des Bauwerks die sprichwörtliche Rolle des Hosenträgers, der trotz des Gürtels angelegt wird: Die Leistungsgrenzen von Geokunststoffen werden dabei nicht ausgereizt. Da deshalb selten oder nie etwas „passiert“, entsteht die Tendenz, zu immer kleineren Abminderungsfaktoren überzugehen. Andererseits weiß man gar nicht, wo die Leistungsgrenzen liegen und wie brauchbar die Abminderungsfaktoren tatsächlich sind. Aus 30 Jahren guter Erfahrung mit Geokunststoffen bei einer Bemessung mit vorsichtig gewählten Abminderungsfaktoren kann man daher leider nicht allein auf die voraussichtlichen Erfahrungen schließen, die sich nach 100 Jahren bei immer kühneren Bauweisen einstellen werden. Inzwischen will man Bauwerke realisieren, wo bei einer 1 m dicken Rekultivierungsschicht auf einer 1:2 geneigten Böschung das ganze Paket mit GTD, KDB, GTX, GCD und GGR zum Einsatz kommen soll. Und zwar so, dass es *mindestens* 100 Jahre hält, also nach 100 Jahren immer noch alle Funktionen erfüllt. Man wird sich dann schon mit einem gewissen Prüf- und Zeitaufwand damit beschäftigen müssen, ob Produkte überhaupt dafür geeignet sind und wenn ja, welche.

5. Neue Fremdprüferrichtlinie

Am 07. November letzten Jahres beschloss der Fachbeirat die 5. überarbeitete Auflage der *Richtlinien für die Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle für Kunststoffkomponenten im Deponiebau*. Zwei Gründe hatten zur Überarbeitung geführt. Zum einen hatte ein Arbeitskreis die SKZ/TÜV-LGA-Güterichtlinie für Rohre, Schächte und Bauteile erarbeitet, die dann als bundeseinheitlicher Qualitätsstandard (BQS 8-1) von der LAGA-ad-hoc-AG Deponietechnik als Stand der Technik übernommen wurde. Es galt deren Vorgaben in die Richtlinie einzuarbeiten. Zum anderen widmet sich der Arbeitskreis Fremdprüfer im AK GWS e. V. schon seit Jahren durch Ringversuche, Herausgabe von Standardqualitätssicherungsplänen, Arbeitsanweisungen usw. bis hin zu einer eige-

nen Überwachung für die dort organisierten fremdprüfenden Stellen der Förderung und Pflege eines einheitlich hohen Niveaus der Fremdprüfung. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten ebenfalls Eingang in die Richtlinie finden. An der Erarbeitung waren nicht nur die BAM, der Arbeitskreis Güterrichtlinie Rohre, Schächte und Bauteile, der Arbeitskreis Fremdprüfer des AK GWS e. V. beteiligt, sondern in der Schlussphase auch eine Vertreterin der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkKS, www.dakks.de).

Zunächst sollte man sich vor Augen führen, dass die neue Richtlinie aus 5 Teilen besteht. Einmal aus dem eigentlichen Text der Richtlinie, dann aus den Anlagen 1 und 2, die den mindestens erforderlichen Umfang an Prüfungen sowie Verfahrens- und Arbeitsanweisungen angeben, die einer Akkreditierung zugrunde liegen. Zusammen bilden sie den Kern der Richtlinie. Hinzu kommt dann jedoch die Anlage 3, die 16 ausgearbeitete Arbeitsanweisungen umfasst, weiterhin die Anlage 4, die 6 Standardqualitätssicherungspläne für die einzelnen Gewerke zusammenstellt, und schließlich die Anlage 5, die ein Beispiel eines Qualitätssicherungsberichts bietet. All diese Texte sind ebenfalls separat als pdf-Dateien erhältlich (s. http://www.bam.de/de/service/aml_mitteilungen/abfallrecht/index.htm).

Jeder kann sich an Hand dieser Unterlagen ein detailliertes und umfassendes Bild über den Stand der Technik bei der kunststofftechnischen Fremdprüfung verschaffen. Man wird sagen dürfen, dass dieses Konzept als Vorbild, nicht nur für andere Bereiche der Fremdprüfung im Deponiebau, sondern auch für andere Bereiche kunststofftechnischer Fremdprüfung in der Geotechnik dienen kann.

Fremdprüfende Stellen, die die Anforderungen der Richtlinie erfüllen, werden von der BAM in eine Liste aufgenommen. Die Zulassungen fordern den Einsatz entsprechend qualifizierter Fremdprüfer. Die Genehmigungsbehörden achten darauf, dass nur fremdprüfende Stellen zum Einsatz kommen, die auf dieser Liste stehen. Voraussetzung für die Aufnahme in die Liste fremdprüfender Stellen der BAM ist nach wie vor der Nachweis, dass die fremdprüfende Stelle auf der Grundlage der Fremdprüferrichtlinie als Inspektionsstelle (Typ A oder C) nach DIN EN ISO/IEC 17020 akkreditiert ist und dass sie über ein eigenes Labor verfügt, wo sie in einem gewissen Mindestumfang für Prüfungen nach der DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert ist. Das Konzept der Listung von fremdprüfenden Stellen, die entsprechend akkreditiert sind, funktioniert jedoch nur dann, wenn bei der Akkreditierung auch akkurat auf die Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie geachtet wird. Hier wurde Verbesserungsbedarf erkannt und benannt. Als Konsequenz sollen mit dem zuständigen Sektor-Komitee des DAkKS solche Regeln für die Begutachtung erarbeitet werden, die die enge Verzahnung von Akkreditierungsnorm und Richtlinie gewährleisten.

In welchem Umfang sind Prüfungen bei der Fremdprüfung erforderlich und welche Teilmenge davon muss der Fremdprüfer selbst in seinem eigenen Labor durchführen können? Und zwar nachgewiesen durch eine Akkreditierung für eben diese Prüfungen? Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die geforderten Prüfungen. Der Fremdprüfer muss danach nicht für alle Prüfungen akkreditiert sein. Es gibt Prüfungen, die gerätetechnisch sehr aufwendig sind, aber nur mit geringer Häufigkeit durchgeführt werden (s. Tabelle 2). Müsste die fremdprüfende Stelle auch diese Prüftechnik vorhalten, würden erhebliche Kosten entstehen, die sich nur schwer amortisieren ließen. Die Fremdprüfung würde sich nur noch für diejenigen Stellen lohnen, die diese Prüftechnik in anderen Bereichen, wie Fremdüberwachung, Zulassungsprüfungen, CE-Kennzeichnung usw. einsetzen können. Sprich: für die großen Materialprüfanstalten. Eine solche Entwicklung zu befördern, erschien vielen Fachleuten nicht sinnvoll. Wie ist bei den Prüfungen zu verfahren, für die das Labor des Fremdprüfers nicht akkreditiert ist? Akkreditierung für eine Prüfung bedeutet grob gesagt, dass durch einen fachkundigen Gutachter überprüft wird, ob ein Labor jene Voraussetzungen erfüllt, die man vernünftigerweise erwarten würde, wenn eine Prüfung gemäß einer Norm durchgeführt werden soll, und dass dies bescheinigt wird. Demgemäß wird gefordert, dass der Fremdprüfer die Prüfungen, für die er selbst keine Akkreditierung hat, grundsätzlich an eine Prüfstelle vergibt, die für diese Prüfung akkreditiert ist. Diese Regelungen haben bei den Bentonitmatten (GTD) nur empfehlenden Charakter. Hier ist bei der LAGA-ad-hoc-AG Deponietechnik die Diskussion erst in Gang gekommen, in welchem Umfang auf das Instrumentarium der Akkreditierung zurückgegriffen wird, um ein hohes fachliches Niveau der Fremdprüfung bei mineralischen und sonstigen Baustoffen sicher zu stellen. Art und Umfang der Fremdprüfung wird in den Richtlinien und den bundeseinheitlichen Qualitätsstandards und Eignungsbeurteilungen geregelt, s. dazu: <http://www.laga-online.de/servlet/is/23875/#A1>.

Tabelle 2 vervollständigt Tabelle 1, indem die Häufigkeit der Prüfungen für die verschiedenen Gewerke und Prüfungen dargestellt wird. Die kontroverse Diskussion im Fachbeirat über den Sachverhalt, der in Tabelle 1 dargestellt wird, zeigte, dass hier in Zukunft noch Verbesserungen erforderlich sind.

In der Fremdprüfer-Richtlinie wird ausdrücklich die Pauschalierung der Leistung in Ausschreibung und Angebot abgelehnt. Die Leistungen der fremdprüfenden Stelle müssen in Einzelpositionen mit realistischen Ansätzen abgefragt werden. Pauschalierungen im Zuge der Angebotsabfrage bzw. Auftragserteilung haben zur Folge, dass die fremdprüfende Stelle bei festgestellten Baumängeln zusätzlichen Untersuchungsaufwand hat, den sie nicht zusätzlich vergütet bekommt. Dies steht im Widerspruch zur Funktion der Fremdprüfung. Pauschalierungen verstoßen somit gegen den Grundsatz der Unabhängigkeit und unterlaufen

die Anforderungen an Personal, Einrichtungen und Geräte. Abgesehen davon führen Pauschalierungen in der Regel nicht zu vergleichbaren Angeboten in Bezug auf die angebotene Leistung.

Weiterhin wurde klarer gefasst, wann der Fremdprüfer beauftragt werden muss. Es heißt jetzt: Gegenstand und Umfang der Qualitätssicherungsmaßnahmen und die wesentlichen Elemente des Qualitätssicherungsplans werden bereits in der Planungs- und Genehmigungsphase erarbeitet, woraus sich fachspezifische Anforderungen ergeben, die in die Ausschreibungsunterlagen eingehen. Die fremdprüfende Stelle ist deshalb spätestens in der Phase der Ausführungsplanung zu beauftragen. Schließlich wurde die Tätigkeit des Fremdprüfers umfassender und detaillierter mit Bezug auf die GDA-Empfehlung E5-1 beschrieben, die auch ausdrücklich in der DepV erwähnt wird.

Tabelle 1: Prüfverfahren, die im Rahmen der Fremdprüfung an den verschiedenen Produkten ausgeführt werden. ■: Für diese Prüfungen muss das Labor der fremdprüfenden Stelle nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert sein. ×: Für diese Prüfungen, die in der Regel mit geringer Häufigkeit durchgeführt werden, besteht für die fremdprüfende Stelle keine Pflicht zur Akkreditierung. Die Prüfungen müssen dann aber an eine andere dafür akkreditierte unabhängige Prüfstelle vergeben werden. Bei GTD wird diese Verfahrensweise bislang nur empfohlen. GCD: Kunststoff-Dränelement, GTX: Geotextilien, GGR: Bewehrungsgitter aus Kunststoff, GTD: geosynthetische Tondichtungsbahn, RSB: Rohre, Schächte und Bauteile.

Prüfungen	KDB	GCD	GTX	GGR	RSB ¹	GTD ²
DIN EN ISO 9863-1, Dicke	■	■	■			
DIN EN ISO 527, Zugversuch	■					
DIN EN ISO 1133-1, MFR	■				■	
DIN EN ISO 1183-1, Dichte	■				■	
Maßhaltigkeit, BAM B14, DIN ISO 1107-2, DIN 53377,	■					
DIN EN ISO 9864, flächenbezogene Masse		■	■	■		
DIN EN 14196, flächenbezogene Masse, GTD						×
DIN EN ISO 25619-2, Druckverhalten		×				
Festigkeit der Verbindungen, z. B. GRI GG2				×		
DIN EN ISO 13426-2, Festigkeit, Verbindungen		×				×
DIN EN ISO 12956, Öffnungsweite		×	×			
DIN EN ISO 12958, Wasserableitvermögen		×				
DIN EN ISO 29073-3, Zugversuch, schmaler Str.		■ ⁴	■ ⁴			
DIN EN ISO 12236, CBR-Versuch			■			
DIN EN ISO 10319, Zugversuch, breiter Streifen				×		×
DVS 2203-5, Biegeversuch					■	
DVS 2226-2 Zugscherversuch	■				■	
DVS 2226-3 Schälversuch	■				■	
ASTM D 5587, Permittivität						×
DIN 18121-1, Wassergehalt						×

¹⁾ Unter Umständen, etwa bei Auffälligkeiten in den Prüfzeugnissen und Ergebnissen der Fremdprüfung, müssen Prüfungen nach DIN EN 728, DIN EN ISO 9969, DIN EN 744 und DIN EN 60093 initiiert werden. Diese müssen dann an eine dafür akkreditierte Prüfstelle vergeben werden.

²⁾ Art und Umfang der Fremdprüfung bei den GTD wird in den bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilungen geregelt, s. www.laga-online.de. Die mit × gekennzeichneten Prüfungen sollten an eine dafür akkreditierte Prüfstelle vergeben werden.

³⁾ Bei den Bewehrungsgittern muss die Festigkeit der Verbindungsstellen geprüft werden. Die Prüfung erfolgt nach der Werkvorschrift der Hersteller, z. B. GRI GG2. Für diese Prüfung muss der Fremdüberwacher der Herstellung des Produkts beauftragt werden, der die entsprechenden prüftechnischen Voraussetzungen hat.

⁴⁾ Für die Bewertung der Prüfergebnisse muss die Korrelation zwischen den Prüfergebnissen nach DIN EN 29073-3 und denen nach DIN EN ISO 10319 ermittelt werden.

Tabelle 2: Häufigkeit der Prüfungen. \leq bedeutet „mindestens alle“. GCD, GTX, GGR, GTD, RSB: s. oben Tabelle 1. QSP-KDB: Standardqualitätssicherungsplan Kunststoffdichtungsbahn. QSP-RSB: Standardqualitätssicherungsplan Rohre, Schächte, Bauteile.

Prüfungen	KDB	GCD	GTX	GGR	RSB	GTD
DIN EN ISO 9863-1, Dicke	$\leq 10.000 \text{ m}^2$	$\leq 5.000 \text{ m}^2$	$\leq 5.000 \text{ m}^2$			
DIN EN ISO 527, Zugversuch	$\leq 10.000 \text{ m}^2$					
DIN EN ISO 1133-1, MFR	$\leq 10.000 \text{ m}^2$				s. QSP-RSB	
DIN EN ISO 1183-1, Dichte	$\leq 10.000 \text{ m}^2$				s. QSP-RSB	
BAM B14, DIN ISO 1107-2, DIN 53377, Maßhaltigkeit	$\leq 5.000 \text{ m}^2$					
DIN EN ISO 9864, flächenbezogene Masse		$\leq 5.000 \text{ m}^2$	$\leq 5.000 \text{ m}^2$	$\leq 5.000 \text{ m}^2$		
DIN EN 14196, flächenbezogene Masse, GTD						2500 m^2
DIN EN ISO 25619-2, Druckverhalten		Lieferung für Bauabschnitt				
Festigkeit der Verbindungen, DIN EN ISO 13426-2		$\leq 5.000 \text{ m}^2$				7.500 m^2
Festigkeit der Verbindungen, z. B. GRI GG2				Lieferung für Bauabschn. ¹		
DIN EN ISO 12956, Öffnungsweite		Lieferung für Bauabschnitt	Lieferung für Bauabschnitt			
DIN EN ISO 12958, Wasserleitvermögen		Lieferung für Bauabschnitt				
DIN EN ISO 29073-3, Zugversuch, schmaler Streifen ²		$\leq 5.000 \text{ m}^2$	$\leq 5.000 \text{ m}^2$			
DIN EN ISO 12236, CBR-Versuch			$\leq 5.000 \text{ m}^2$			
DIN EN ISO 10319, Zugversuch, breiter Streifen				$\leq 5.000 \text{ m}^2$		10.000 m^2
DVS 2203-5, Biegeversuch					s. QSP-RSB	
DVS 2226-2 Zugscherversuch	s. QSP-KDB				s. QSP-RSB	
DVS 2226-3 Schälversuch	s. QSP-KDB				s. QSP-RSB	
ASTM D 5587, Permittivität						7.500 m^2
DIN 18121-1, Wassergehalt						5.000 m^2

¹⁾ Bei den Bewehrungsgittern muss die Festigkeit der Verbindungsstellen geprüft werden. Die Prüfung erfolgt nach der Werkvorschrift der Hersteller, z. B. GRI GG2. Für diese Prüfung muss der Fremdüberwacher der Herstellung des Produkts beauftragt werden, der die entsprechenden prüftechnischen Voraussetzungen hat.

²⁾ Für die Bewertung der Prüfergebnisse muss die Korrelation zwischen den Prüfergebnissen nach DIN EN 29073-3 und denen nach DIN EN ISO 10319 ermittelt werden.

³⁾ gesamte flächenbezogene Masse, dabei flächenbezogene Masse Bentonit (Wassergehalt $\leq 13 \%$) alle 5.000 m^2 .

6. Befristete Zulassung, Erlöschen und Widerruf einer Zulassung

Ein während der Laufzeit der Zulassung nach den Anforderungen des Zulassungsscheins hergestelltes und entsprechend gekennzeichnetes Produkt darf auch nach Ablauf der Befristung im Zulassungsschein weiterhin als zugelassenes Produkt verwendet werden. Bei der Verwendung müssen die Anforderungen des dann abgelaufenen Zulassungsscheins dennoch beachtet werden. Die Befristung ist in diesem Sinne kein „Verfallsdatum“. Nach Ablauf der Befristung darf der Hersteller allerdings kein zugelassenes und entsprechend gekennzeichnetes Produkt mehr produzieren. Lagerbestände von zulassungskonform produzierten Produkten können dann noch eingesetzt werden, wenn sie nachweislich gemäß den Anforderungen gelagert wurden, also z. B. vor UV-Strahlung geschützt waren.

Auf Antrag des Zulassungsnehmers kann die Befristung in der Regel verlängert werden. In manchen Fällen will der Hersteller ein zugelassenes Produkt mit Ablauf der Frist jedoch gar nicht mehr produzieren. Man denke etwa an Dichtungsbahnen mit unterschiedlich strukturierter Oberfläche, wo bestimmte Strukturen nicht mehr nachgefragt werden. Nach einer gewissen Übergangszeit wird das Erlöschen einer solchen Zulassung durch einen Nachtrag mitgeteilt. Auch das berührt die Eignung des bereits eingebauten, ehemals zulassungskonform produzierten Produkts nicht. Nach dem Erlöschen der Zulassung dürfen jedoch in der Regel eventuell doch noch vorrätige Produkte nicht mehr verwendet werden. „Verfallsdatum“ für die Verwendung ist also nicht die im Zulassungsschein genannte Befristung, sondern das Datum des Nachtrags, mit dem das Erlöschen der Zulassung mitgeteilt wird. Die derzeit gültigen Zulassungen bei den Kunststoff-Dränelementen laufen zum Beispiel bis Ende 2013. Sollte keine Verlängerung beantragt oder genehmigt werden, so könnten Lagerbestände noch im Jahre 2014 verwendet werden. Im Verlauf des Jahres 2015 ist jedoch mit einer Löschung zu rechnen. Lagerbestände dürften dann auch nicht mehr verwendet werden.

Wird eine Zulassung ausdrücklich aus einem der im Zulassungsschein genannten Gründe widerrufen, muss nicht nur die Produktion solcher Produkte eingestellt werden. Die Produkte dürfen auch nicht mehr verwendet werden. Über die Maßnahmen bei bereits verwendeten Produkten muss im Einzelfall entschieden werden. Ein solcher Widerruf einer Zulassung ist seit Beginn der Zulassungstätigkeit der BAM im Jahre 1989 jedoch erst in einem Fall vorgekommen.

7. Zulassungen für Bewehrungsgitter aus Kunststoff

Nach der Verabschiedung der DepV im Jahr 2009 war zunächst vereinbart worden, dass im Vorgriff auf Zulassungen Einzelfall bezogene Bescheinigungen der BAM für die Verwendung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff ausgestellt werden sollten. Dabei sollte durch eine zusätzliche Abminderung der Materialwiderstände und Auflagen für die Bemessung die noch bestehenden Unsicherheiten bei der Beurteilung dieser Produkte berücksichtigt werden. Auch im Fachbeirat hatte diesem Vorgehen zugestimmt. Mittlerweile wurden Bescheinigungen in drei Fällen ausgestellt.

Inzwischen liegt eine vorläufige Zulassungsrichtlinie für Bewehrungsgitter aus Kunststoff vor. Durch die Diskussionen in der Arbeitsgruppe Bewehrungsgitter und mit den Herstellerfirmen konnte hinreichende Klarheit darüber gewonnen werden, wie man in den noch kritischen, nur vorläufig geregelten Punkten verfahren kann. Es werden daher keine auf den Einzelfall bezogenen Bescheinigungen mehr ausgestellt. Stattdessen werden bis Ende 2014 befristete Zulassungen erteilt, wenn die in der Richtlinie genannten Anforderungen erfüllt werden. Dabei werden im Hinblick auf den Herauszieh Widerstand das Konzept einer zusätzlichen Abminderung und der Auflagen für die Bemessung beibehalten, um den noch ungeklärten Fragen Rechnung zu tragen. Die diesbezüglichen Anforderungen werden oben im Abschnitt 3 erläutert. Bislang wurde eine Zulassung erteilt, eine weitere Zulassungserteilung steht an (Stand 27.12.2012).

Literaturverzeichnis

1. *Müller, W.W.*: Handbuch der PE-HD-Dichtungsbahnen in der Geotechnik. Basel: Birkhäuser Verlag 2001.
2. *Müller, W.W., Jakob, I. und Tatzky-Gerth, R.*: Long-term water flow capacity of geosynthetic drains and structural stability of their drain cores. Geosynthetics International, 15(2008), H. 6, S. 437-451.
3. *Zanzinger, H. und Alexiew, N.*: Prediction of long term shear strength of geosynthetic clay liners with shear creep tests. In: Proceedings of the Second European Geosynthetics Conference. *Cancelli, A., Cazzuffi, D., und Soccodato, C.* (Hrsg.). Bologna: Pàtron Editore 2000, S. 567-571.

4. *Hsuan, Y.G., Schroeder, H.F., Rowe, K., Müller, W.W., Greenwood, J.H., Cazzuffi, D. und Koerner, G.R.*: Long-term Performance and Lifetime Prediction of Geosynthetics. In: Proceedings of the 4th European Geosynthetic Conference (Edinburgh, Scotland). *Dixon, N.* (Hrsg.). Easley, South Carolina, USA: International Geosynthetic Society (IGS) 2008.
5. *Müller, W.W. und Wöhlecke, A.*: Stand der Zulassungen für Geokunststoffe nach der novellierten Deponieverordnung. In: 28. Fachtagung "Die sichere Deponie, Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen". *Jost, D. und Albers, K.* (Hrsg.). Würzburg: SKZ - ConSem GmbH 2012, S. B1-B22.
6. *Müller, W.W.*: Zur inneren Scherfestigkeit von Kunststoff-Dränelementen. *Geotechnik*, 35(2012), H. 3, S. 257-262.
7. *Jewell, R.A.*: Soil reinforcement with geotextiles. London: Thomas Telford 1996.
8. *Müller, W.W.*: Zur Bemessung der Verankerung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff beim Schutz von Böschungen vor hangparallelem Gleiten. *Bautechnik*, 88(2011), H. 6, S. 347-361.
9. *Kupec, J., McGown, A. und Ruiken, A.*: Junction strength testing for geogrids. In: Proceedings of the Third European Geosynthetics Conference, Geotechnical Engineering with Geosynthetics. *Floss, R., et al.* (Hrsg.). München: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) und Technische Universität München (TUM-ZG) 2004, S. 717-722.
10. *Kupec, J., McGown, A. und Ruiken, A.*: Index testing of the junction strength of geogrids. In: Proceedings of the Third Asian Regional Conference on Geosynthetics, Now and Future of Geosynthetics in Civil Engineering. Seoul 2004, S. 797-802.
11. *Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT)*: Empfehlung für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen - EBGEO. Berlin: Ernst & Sohn 2010.