

# **Voraussetzungen für die Zulassungen von Geokunststoffen (insbesondere Bewehrungsgittern) für Deponieabdichtungen**

Werner Müller  
Andreas Wöhlecke

## **Zusammenfassung**

Der Fachbeirat beschloss im vergangenen Jahr Zulassungsrichtlinien für Kunststoffdichtungsbahnen, Schutzschichten, Kunststoff-Dränelemente und Geotextilien zum Filtern und Trennen und eine Richtlinie über Anforderungen an Verlegefachbetriebe, die von seinen Arbeitsgruppen vorbereitet worden waren, und nunmehr die Grundlage für die Zulassungstätigkeit bilden. In diesem Beitrag wird im Anschluss an die Ausführungen auf der letzten Fachtagung kurz über wesentliche Anforderungen und Zulassungsvoraussetzungen berichtet. Noch nicht verabschiedet sind die Richtlinien für Dichtungskontrollsysteme und Bewehrungsgitter aus Kunststoff. Auf den Diskussionsstand bei den Anforderungen an die Bewehrungsgitter wird etwas ausführlicher eingegangen, da sich neben den materialtechnischen auch bemessungstechnische Probleme ergeben.

## **1. Einleitung**

Es können hier natürlich nur einige wichtige Punkte angesprochen werden. Man sollte daher bei gegebenem Anlass die Zulassungsrichtlinien selbst zur Hand nehmen. Für die Anwender (Deponiebetreiber, Baufirmen, Ingenieurbüros und zuständige Behörden) dürften dabei vor allem auch die sie betreffenden ausführlichen Darlegungen in den Zulassungsrichtlinien über den Einbau von großem Interesse sein. Die verabschiedeten Zulassungsrichtlinien wurden auf der Internetseite

[http://www.bam.de/de/service/amtl\\_mitteilungen/abfallrecht/index.htm](http://www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm)

zugänglich gemacht. Dort sind auch weitere Informationen über die erteilten Zulassungen erhältlich. Die Zulassungsdokumente selbst findet man im Amts- und Mitteilungsblatt der BAM, das auf der Internetseite

[http://www.bam.de/de/service/amtl\\_mitteilungen/amts\\_u\\_mitteilungsblatt.htm](http://www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/amts_u_mitteilungsblatt.htm)

veröffentlicht ist.

Zunächst einmal seien einleitend allgemeine Voraussetzungen für die Zulassung erläutert. Vom derzeitigen Stand bei den rechtlichen Voraussetzungen wird in dem vorstehenden Beitrag von B. Engelmann berichtet. Hier wird davon ausgegangen, dass – jedenfalls in absehbarer Zeit – nicht damit zu rechnen ist, dass anderweitige Bescheinigungen oder andersartige Verfahrensweisen die Zulassung von Geokunststoffen, Polymeren und Dichtungskontrollsystemen für Deponieabdichtungen durch die BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung werden ersetzen können.

Im CE-Begleitdokument eines Geokunststoffprodukts, das im Hinblick auf eine Anwendungsnorm (z. B. DIN EN 13257, „Geforderte Eigenschaften für die Anwendung bei der Entsorgung fester Abfallstoffe“) ein CE-Zeichen trägt, werden bestimmte Eigenschaften samt den zugehörigen Prüfverfahren aufgelistet und die für diese Eigenschaften ermittelten Kennwerte mit Toleranzen angegeben. Das Spektrum dieser Eigenschaften ist in der Regel nicht so umfassend, dass eine Beurteilung der Eignung im Hinblick auf die Anforderungen der DepV möglich ist. Soweit in der Anwendungsnorm überhaupt Anforderungen an die Kennwerte gestellt werden, erfüllen diese nicht das Niveau, das für den Deponiebau in der DepV vorgegeben wird. Eine CE-Kennzeichnung kann eine Zulassung also nicht ersetzen.

Dieser Sachverhalt sei an einem Beispiel erläutert: So werden etwa bei Kunststoff-Dränelementen die Eigenschaften Zugfestigkeit, Stempeldurchdrückverhalten, Durchschlagverhalten, Charakteristische Öffnungsweite, Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene, Wasserleitvermögen unter bestimmten Laborbedingungen, Witterungsbeständigkeit und Beständigkeit in normalen Böden bei Temperaturen bis zu 25 °C im CE-Begleitdokument aufgeführt. Nur für die letzten beiden Eigenschaften werden in den Normen Anforderungsniveaus aufgestellt. So wird die Zeit, für die das Produkt der Witterung ausgesetzt werden darf, festgelegt und die Lebensdauer angegeben. Erstaunlicherweise darf ein Produkt hoher Witterungsbeständigkeit für einen Zeitraum von bis zu vier Wochen ungeschützt der Witterung ausgesetzt werden, obwohl in dieser Zeit schon erhebliche Veränderungen in den Eigenschaften nachweisbar sind. Die Nachweise für die Beständigkeit der Geokunststoffe sollen nach dem gegenwärtigen Stand im Boden eine Lebensdauer von mindestens 25 Jahre si-

chern. Diese Anforderungsniveaus sind sicherlich nicht verträglich mit den Vorgaben der DepV, wonach eine mindestens 100-jährige Funktionsdauer unter allen äußeren und inneren Einwirkungen erreicht werden muss.

Darüber hinaus dürfen nach der DepV Kunststoff-Dränelementen allerdings nur dann eingesetzt werden, wenn der Nachweis erbracht wurde, dass die Standsicherheit langfristig gewährleistet ist und die hydraulische Leistungsfähigkeit ausreicht. Die entscheidenden Eigenschaften eines Kunststoff-Dränelements, die Langzeit-Scherfestigkeit und das Langzeit-Wasserableitvermögen unter Berücksichtigung des Kriechverhaltens und der Formstabilität seines Dränkörpers, gehören jedoch gar nicht zum Eigenschaftsspektrum, das in der Anwendungsnorm aufgeführt und im CE-Begleitdokument belegt wird. Ebenso wenig kann anhand der im Begleitdokument gegebenen Daten beurteilt werden, ob langfristig eine ausreichende Filterwirksamkeit gewährleistet ist. Dazu fehlen die Angaben zu Dicke und zur Robustheit des Filtervliesstoffs.

Hinzu kommt, dass die Qualitätssicherung im Rahmen der CE-Kennzeichnung nicht dem bewährten Stand der Technik, wie er auch Voraussetzung für die Zulassung ist, entspricht. Es gibt nämlich keine Probenahme und keine eigenen Prüfungen durch eine unabhängige fremdprüfende Stelle mehr. Diese kontrolliert vielmehr nur noch die Unterlagen des Herstellers. Auch wenn Prüfinstitute eingeschaltet werden, so werden doch faktisch alle Kenndaten nur noch vom Hersteller selbst ermittelt. Es gibt dann auch keinen Vergleich mehr mit Prüfergebnissen unabhängiger Dritter<sup>1</sup>. Auf diese Entwicklung bei der Qualitätssicherung im Rahmen der europäischen Normung wurde im Bereich des Straßenbaus von den zuständigen Stellen in Deutschland so reagiert, dass die Anforderungen an die Baustellenprüfungen hoch gesetzt wurden. Vom deutschen Interessenverband Geokunststoffe (ivg e. V.) wurde daraufhin „an der Normung vorbei“, eine erweiterte Qualitätssicherung nach dem bisher geltenden Stand der Technik etabliert. Firmen können ihre Produkte entsprechend freiwillig zertifizieren lassen (ivg-Zertifikat). Natürlich ersetzen diese Zertifikate nicht eine Zulassung für den Deponiebau.

---

<sup>1</sup> Die angegebenen Toleranzen haben von Hersteller zu Hersteller und Eigenschaft zu Eigenschaft unterschiedliche Bedeutungen. Wie z. B. die Standardabweichung der Mittelwerte über die Rollenbreite, die Standardabweichung der Einzelwerte, noch zulässige Grenzwerte für die Einzelwerte usw. Die Datenbasis reicht bei manchen Eigenschaften nicht aus, um überhaupt statistisch sinnvolle Abschätzungen machen zu können. Jedenfalls haben die Toleranzen streng genommen nie die in den Regelwerken gewünschte Bedeutung, so dass sie als Bereich aufgefasst werden könnten, in dem bei einer sehr großen Anzahl von Einzelmessungen, die an unterschiedlichen Proben von unterschiedlichen Stellen vorgenommen wurden, 95 % dieser Messwerte liegen.

Es wird also vermutlich noch viel Wasser die Donau, den Rhein und die Weichsel, die Loire, den Tajo, die Maas und den Ebro, die Rhone, die Oder und den Po, um nur die größten Flüsse in der europäischen Union zu nennen, hinunterfließen, bevor die Anwendungsnormen nach der europäischen Bauproduktenrichtlinie mit dem Stand der Technik, der in der Deponieverordnung beschrieben und so auch von der Europäischen Kommission akzeptiert wurde, kompatibel sind. Viel zu unterschiedlich sind immer noch, trotz der Europäischen Deponierichtlinie, die Standards und Gepflogenheiten im jeweiligen nationalen Deponiebau, zu stark noch die Interessen von Herstellern ein gegebenes Produkt auf möglichst geringem Niveau für möglichst alle geotechnischen Anwendungen verwenden zu dürfen.

Zugelassen werden können nur Geokunststoffprodukte, die mit definierten, reproduzierbaren Eigenschaften werkmäßig hergestellt werden. Antragsteller und Zulassungsnehmer ist dabei in der Regel der Hersteller des Geokunststoffprodukts. Das Produkt muss durch den Antragsteller vollständig und eindeutig beschrieben werden. Dazu gehören genaue Angaben über Art und Spezifikation der Werkstoffe sowie Art und Menge der Zuschlagstoffe, die bei der Produktion der Vorprodukte (wie z. B. Fasern, Garne, Bändchen und Flachbänder), der Komponenten (wie z. B. Vliesstoffe, Gewebe, Dränkörper und Platten) und dem fertigen Produkt selbst verwendet werden, die Angaben zu den charakteristischen Eigenschaften der Vorprodukte, Komponenten und des Geokunststoffprodukts selbst sowie eine Beschreibung des Produktionsverfahrens. Das Geokunststoffprodukt muss grundsätzlich bereits über ein CE-Kennzeichen mit Bezug auf eine relevante Anwendungsnorm, wie z. B. die DIN EN 13252 verfügen, sodass klar ist, dass gewisse Mindeststandards erfüllt werden. Die Produktion muss im Rahmen eines nach DIN EN ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystems eigen- und nach DIN 18200 fremdüberwacht werden. Das Produkt muss gemäß DIN EN ISO 10320 gekennzeichnet und gegebenenfalls verpackt werden.

Nach dem gegenwärtigen Stand dürfen die zugelassenen Geokunststoffe nur in einer Umgebung eingesetzt werden, in der im Jahresmittel eine Temperatur von 20 °C nicht überschritten wird. Die Ausnahme bilden hier die Kunststoffdichtungsbahnen und geosynthetische Komponenten in speziellen Schutzschichtaufbauten. Diese dürfen bis zu einer Temperatur von 40 °C beansprucht werden. Bei den in Deutschland herrschenden klimatischen Verhältnissen wird im unteren Bereich einer mindestens 1 m dicken Bodenschicht eine Dauertemperatur von 15 °C nur selten überschritten. Im Übergangsbereich von den Dichtungskomponenten zur Rekultivierungsschicht wird die Temperaturanforderung daher in der Regel erfüllt sein, auch wenn angenommen wird, dass in den Dichtungskomponenten selbst zeitweise Temperaturen von bis zu 30 °C auftreten. In Oberflächenabdichtungen können daher die zugelassenen Geokunststoffe ohne Einschränkung eingesetzt werden. Bei Basisabdich-

tungen gilt dies nur für die zugelassenen Kunststoffdichtungsbahnen und die Schutzschichten. Bei aus Polyester gefertigten Bewehrungsgittern ergibt sich zusätzlich die Einschränkung, dass der pH-Wert der Umgebung größer als 4 und kleiner als 9 sein muss.

Die Zulassung wird ausdrücklich unter Widerrufsvorbehalt erteilt. Ein Widerrufsgrund liegt insbesondere vor, wenn der Hersteller von dem in den Prüfungsunterlagen und in den Anhängen des Zulassungsscheins beschriebenen Verfahren, von den für die Prüfungsmuster verwendeten Materialien oder von den anderen im Zulassungsschein genannten Anforderungen abweicht. In diesem Fall darf kein Produkt mehr unter Verwendung der BAM-Zulassungsnummer gefertigt werden.

Änderungen des Werkstoffs, des Produktionsverfahrens der Vorprodukte und Komponenten oder des Produkts selbst sowie der Maßnahmen der Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion bedürfen in der Regel zumindest eines Nachtrags zur Zulassung oder sogar einer neuen Zulassung. Bewähren sich vom Hersteller eingesetzte Verfahren nicht und kann dies anhand von neuen technischen Erkenntnissen belegt werden, hat sich also die Sachlage, der Stand der Technik und die Rechtslage so verändert, dass keine Zulassung mehr erteilt werden kann, so liegt auch darin ein Widerrufsgrund.

## **2. Kunststoffdichtungsbahnen**

Hier ergaben sich keine, die fachliche Substanz betreffenden Änderungen. Die Anforderungen wurden so weit wie möglich vereinfacht und an die europäischen Regelungen angepasst. Insbesondere mussten die Prüfungen, soweit dies möglich war, auf bestehende europäische Prüfnormen umgestellt werden. In den Arbeitskreisen der Europäischen Normungsorganisation (CEN) wurden viele neue Prüfnormen erstellt. Dabei müssen jeweils unterschiedliche Traditionen und Erfahrungen in den einzelnen Ländern unter einen Hut gebracht werden. Dies führt dazu, dass die Beschreibungen von Prüfverfahren nicht immer hinreichend genau und eindeutig sind. Die Arbeitsgruppe, die die Richtlinie überarbeitet hat, wird jetzt weiter tagen, um die Umsetzung der Prüfnormen zu besprechen und Hinweise zur Anwendung der Normen zu erarbeiten.

In der Deponieverordnung selbst wird z. B. eine Mindestdicke der Kunststoffdichtungsbahnen von 2,5 mm gefordert. Eine genaue und zuverlässige Dickenmessung ist also von erheblicher Bedeutung. Die Dicke wird jetzt nach der Norm DIN EN ISO 9863-1 geprüft. Welches Verfahren ist dabei wie anzuwenden? Die Nenndicke „bei geosynthetischen Kunststoff-

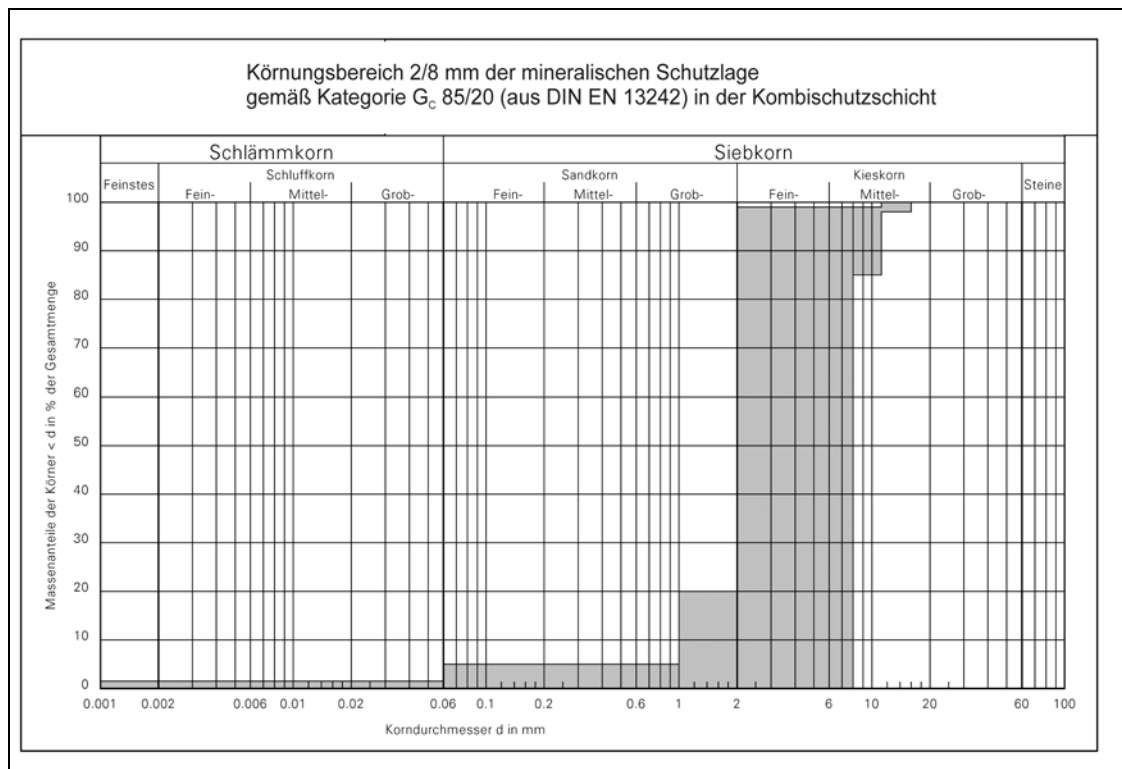
und geosynthetischen Bitumendichtungsbahnen“ mit gleichmäßiger Dicke wird dort definiert, als „die bei einem auf die Messprobe aufgebrachten Druck von  $(20 \pm 0,1)$  kPa bestimmte Dicke“. In ASTM D 5199 heißt es andererseits: “6.1.1 The specified force of 20 kPa may be inadequate for some HDPE geomembranes. A pressure in the range of 50 to 200 kPa is recommended for HDPE geomembranes if fictitiously high readings are suspected using the 20 kPa pressure.“ Wie also hat man die Dicke einer PEHD-Dichtungsbahn zu bestimmen, die zur Beurteilung einer Nenndicke oder einer Mindestdicke herangezogen wird? Ähnliche Detailfragen und Detailprobleme stellen sich z. B. bei der Prüfung der Maßänderung nach Warmlagerung oder bei der Rußverteilung etc.; also auch bei Prüfungen, die zum Tagesgeschäft der Qualitätssicherung gehören. Hier sollen einfache, zuverlässige und in den Ergebnissen gut vergleichbare Verfahrensweisen festgelegt werden.

### 3. Schutzschichten

Auch hier ergaben sich keine grundsätzlichen Änderungen am bewährten Zulassungskonzept. Die Anforderungen wurden auch hier so weit wie möglich vereinfacht und an die europäischen Regelungen angepasst.

Bei grober Körnung (16/32 mm) der Dränageschicht, großer Auflast und erhöhter Temperaturen bieten praktisch nur Schutzschichten mit einer mineralischen Komponente eine ausreichende und dauerhafte Schutzwirkung. Im Hinblick auf die Zulassung waren die Schutzschichten daher in drei Gruppen eingeteilt worden:

1. Schutzschichten aus einer geosynthetischen und einer mineralischen Komponente. In der Regel wird eine Kombi-Schutzschicht aus einem zugelassenen Vliesstoff von mindestens  $1200 \text{ g/m}^2$  Flächengewicht und einer mineralischen Lage, die nach geometrischen Kriterien filterstabil gegenüber dem 16/32 Kies der Dränage ist, verwendet. Die aktualisierte Anforderung an die Kornverteilung der mineralischen Schutzlage zeigt Abb. 1.
2. Komplettsysteme, wie z. B. verpackter Sand in der Form der bekannten zugelassenen Sandmatten.
3. Rein geosynthetische Schutzlagen. Hier sind derzeit nur Vliesstoffe zugelassen. Aber auch ein Kunststoff-Dränelement kann in der Oberflächenabdichtung bereits ausreichenden Schutz bieten.



**Abb. 1:** Bevorzugter Körnungsbereich für eine nach geometrischen Kriterien filterstabile mineralische Schutzlage in der Kombischutzschicht. Für mineralische Komponenten kommen auch Deponieersatzbaustoffe in Betracht, sofern die Anforderungen an die Beständigkeit und den Körnungsbereich sowie die Anforderungen der DepV erfüllt werden. Weiterhin sind die Hinweise der TL Gestein-StB<sup>2</sup> und der DIN EN 13242 zur Qualitätssicherung beim Bauen mit mineralischen Materialien zu beachten. Für mineralische Komponenten in Komplettsystemen werden im Einzelfall im Zulassungsschein Anforderungen festgelegt. Der Sand muss z. B. nach der Anforderung der GDA-Empfehlung E 3-12 chemisch beständig sein.

Die ersten beiden Schutzschichtsysteme können ohne weiteren Nachweis in den Basisabdichtungen der Deponien eingesetzt werden. Nur in ganz seltenen Fällen, wo sehr grobes Kieskorn im Vergleich zu 16/32 mm verwendet und extrem hohe Auflasten im Vergleich zu 900 kN/m<sup>2</sup> aufgebracht werden, sind Schutzwirksamkeitsprüfungen noch erforderlich. Wie diese auszuführen sind, wird in der Richtlinie beschrieben. In der Oberflächenabdichtung werden üblicherweise Vliesstoffe eingesetzt, deren Flächengewicht aufgrund einer Schutzwirksamkeitsprüfung festgelegt wird. Sie müssen jedoch ein Flächengewicht von mindestens 800 g/m<sup>2</sup> haben. In den Sonderfällen, wo bei Basisabdichtungen die Auflasten eher gering und die Körnung der Drainage feiner als 16/32 mm ist, kann das Flächengewicht des Vliesstoffs in der Kombi-Schutzschicht bis auf 800 g/m<sup>2</sup> reduziert werden. Es muss dann jedoch ein Schutzwirksamkeitsnachweis nach den Regeln der Zulassungsrichtlinie geführt werden.

<sup>2</sup> Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB), Ausgabe 2004 in der Fassung von 2007, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln.

Ist zudem die mittlere Umgebungstemperatur  $\leq 20\text{ °C}$ , so können in diesen Sonderfällen auch rein geosynthetische Schutzlagen aus zugelassenen Vliesstoffen mit einem Flächen-gewicht von mindestens  $2000\text{ g/m}^2$  eingesetzt werden. Auch hier muss jeweils ein Nachweis der Schutzwirksamkeit geführt werden.

Klar ist, dass die geosynthetischen Komponenten in Schutzschichten oder die Komplettsysteme immer durch den Verlegefachbetrieb, der auch die Dichtungsbahnen verlegt, eingebaut werden müssen.

#### **4. Kunststoff-Dränelemente**

Die Erarbeitung der Zulassungsrichtlinie für Kunststoff-Dränelemente konnte auf die Prüf-richtlinie für die Erstellung der Eignungsgutachten sowie auf diese ausführlichen Gutachten aufbauen. Diesen Unterlagen folgend, wurden Verfahren angegeben, mit denen die Langzeit-Scherfestigkeit und das Langzeit-Wasserableitvermögen ermittelt werden können. Beides sind entscheidenden Voraussetzungen für den Einsatz von Kunststoff-Dränelementen, da Standsicherheit und hydraulischen Leistungsfähigkeit langfristig gewährleistet sein müssen.

Die Kunststoff-Dränelemente funktionieren jedoch nur, wenn auch der geotextile Filter langfristig wirksam ist. In den Eignungsgutachten waren die relevanten Eigenschaften des Filtergeotextils beschrieben und im Übrigen auf das Erfordernis einer Bemessung nach den Regeln des DVWK-Merkblatts in jedem Einzelfall verwiesen worden. Wird eine solche Bemessung tatsächlich in jedem Einzelfall durchgeführt? Sind die Eigenschaften der Rekultivierungsböden und deren Streubreite hinreichend bekannt? Wie verfährt man, wenn der Nachweis einer ausreichenden Filterwirksamkeit und –stabilität nicht geführt werden kann? Wird nicht vielmehr auf grob vereinfachte Filterregeln zurückgegriffen, um „nachweistechische“ Probleme zu umgehen? Der Fachbeirat und die Arbeitsgruppe sahen sich mit diesen Fragen konfrontiert.



Im nächsten Abschnitt wird kurz auf die Problematik der langfristigen Wirksamkeit von geotextilen Filtern eingegangen. Es wurden dazu Mindestanforderungen aufgestellt, die jedoch von den geotextilen Filtern der derzeit zugelassenen Kunststoff-Dränelemente nicht erfüllt werden und z. T. herstellungstechnisch auch nicht erfüllt werden können. Wie dieses Problem lösen? In der Zulassungsrichtlinie wurde folgende Zulassungsvoraussetzung formuliert:

*Die Masse je Flächeneinheit des Trägergeotextils muss mindestens 180 g/m<sup>2</sup> und die Stempeldurchdrückkraft mindestens 1,5 kN betragen. Beim Filtergeotextil muss die Masse je Flächeneinheit mindestens 300 g/m<sup>2</sup>, die Dicke mindestens 3 mm, die Stempeldurchdrückkraft mindestens 2,5 kN und der Durchdrückvorschub bei der Stempeldurchdrückkraft mindestens 50 mm betragen. Weiterhin muss die Dicke des Filtergeotextils mindestens der 30fachen charakteristischen Öffnungsweite  $O_{90}$  entsprechen.*

*Wird beim Filtergeotextil von diesen Anforderungen abgewichen, so muss der Antragsteller in Abstimmung mit der Zulassungsstelle ein Gutachten einer anerkannten und fachkundigen Stelle vorlegen, in der nach den Regeln des DVWK-Merkblatts<sup>3</sup> der Bereich von Böden angegeben wird, für den aufgrund der Eigenschaften des Filtergeotextils (charakteristische Öffnungsweite und Dicke) eine langfristige ausreichende mechanische Filterfestigkeit und hydraulische Filterwirksamkeit gegeben ist. Der Bereich wird im Zulassungsschein beschrieben. Bei von diesem Bereich abweichenden Bedingungen darf das so qualifizierte Kunststoff-Dränelement nur dann eingesetzt werden, wenn zusätzlich eine nach den Regeln des DVWK-Merkblatts bemessene Filterschicht eingebaut wird.*

Die Zulassungsnehmer sind aufgefordert worden, solche Gutachten in Abstimmung mit der BAM erstellen zu lassen. Eine Verlängerung der Zulassung ist nur nach Vorlage und Auswertung eines solchen Gutachtens möglich.

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt war der Einbau von Kunststoff-Dränelementen. Hier können viele Fehler gemacht werden, angefangen vom Einbau, wo z. B. Stöße nicht einwandfrei hergestellt werden, bis hin zum Einbau der Rekultivierungsschicht, wo massive Beschädigungen selbst des bereits einwandfrei verlegten Kunststoff-Dränelements durch Verschiebungen und Aufwellungen verursacht werden, die die Wirksamkeit des Kunststoff-Dränelements drastisch einschränken können. Auch hier gilt daher die Grundregel:

---

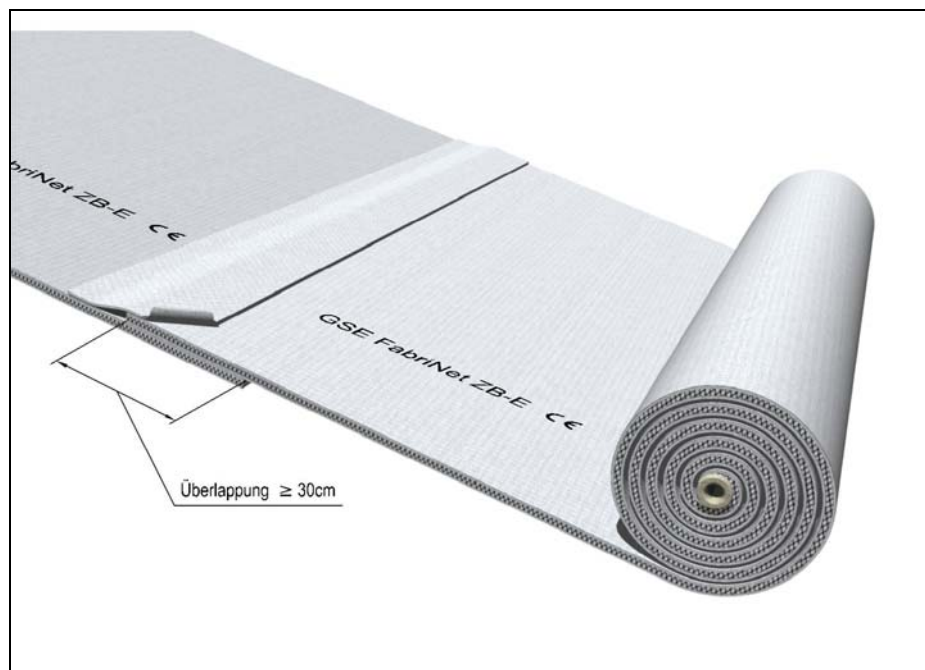
<sup>3</sup> Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): DVWK Merkblatt 221, Anwendung von Geotextilien im Wasserbau. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1992, 31 Seiten (vergriffen). S. auch Krug, M. und Heyer, D., Geotextile Filter im Erd-, Straßen- und Deponiebau, Geotechnik, 21(1998), Nr. 4, S. 314-326.

Kunststoff-Dränelemente dürfen nur durch anerkannte Verlegefachbetriebe eingebaut werden, die die fachlichen und personellen Voraussetzungen erfüllen.

Die offenbar beliebten, stumpf ausgeführten Querstöße sind in der Regel nicht erlaubt. Bei Ausnahmen muss durch besondere technische Maßnahmen die Lagestabilität unter den Einbaubeanspruchungen gewährleistet und dies im Versuchsfeld auch nachgewiesen werden. Querstöße sind also in der Regel als Überlappstöße auszuführen. Die Hersteller haben dazu entsprechende Konstruktionen angegeben. In der Einbaurichtlinie der Firma Colbond GmbH & CO. KG heißt es:

*Der Kopfstoß (Querüberlappungen) ist ... dachschindelartig als Überlappung auszuführen. Es ist auf eine ausreichende Überlappung zu achten. Diese muss mindestens 0,3 m betragen. Dabei sind die beiden Sickerkörper der Dränmattenbahnen aufeinander zulegen. Ein Vliesstoff muss dabei in einen mindestens 30 cm breiten Streifen abgeschnitten werden.*

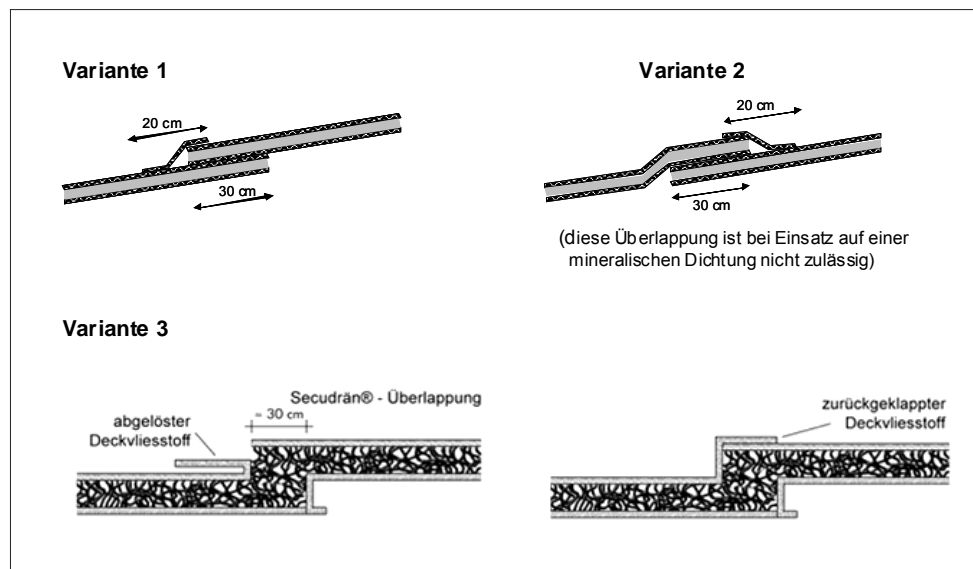
Die Vorgehensweise der anderen Hersteller zeigen die Abb. 2 und 3.



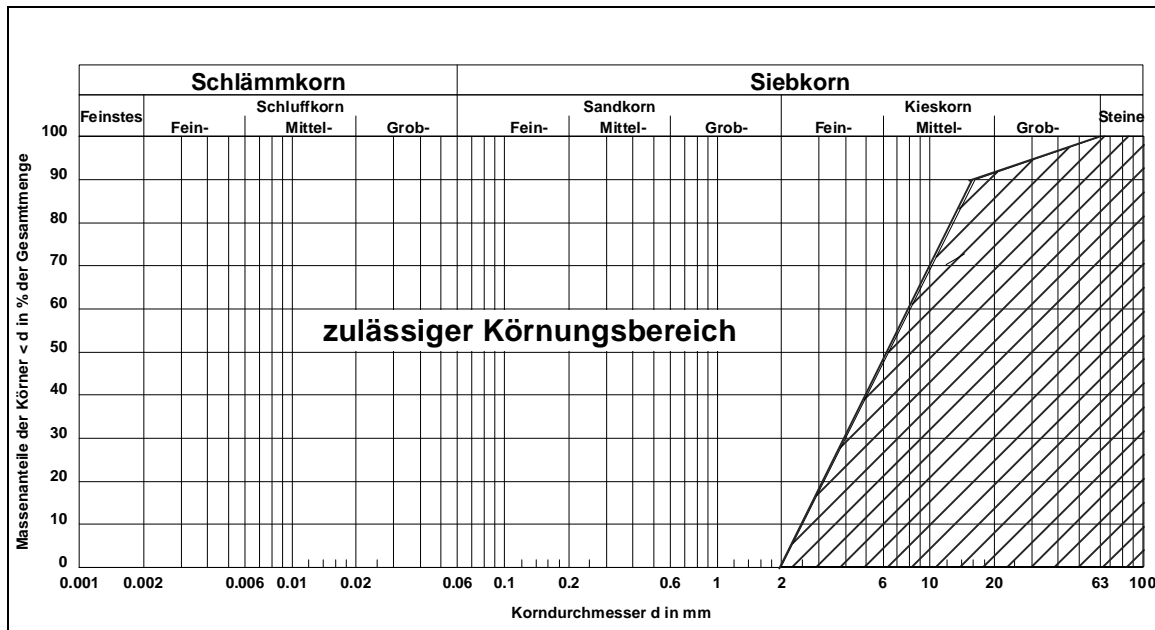
**Abb. 2:** Auszug aus der Einbaurichtlinie der Firma GSE Lining Technology GmbH zur Gestaltung des Querstoßes (schematische Darstellung).

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt war die Frage nach der Bettung und damit zusammenhängend die Frage nach der Schutzwirkung des Kunststoff-Dränelements. Die Bettung, also die Beschaffenheit der benachbarten Schichten und damit die Beschaffenheit der

Grenzflächen, haben einen großen Einfluss auf das Wasserableitvermögen. Welche Rekultivierungsböden entsprechen tatsächlich der bei den Untersuchungen im Labor realisierten Bettung „weich“ und bei welchen Böden ist dabei eine ausreichende Schutzwirkung gegeben? Dazu wurde ein Körnungsbereich im Diagramm der Korngrößenverteilung abgegrenzt (Flügge-Kurve) (Abb. 4). Liegt die Korngrößenverteilung des Rekultivierungsbodens im zulässigen Bereich sind keine eigenen Nachweise zur Bettung und Schutzwirkung erforderlich. Weicht der Boden davon ab, so müssen zumindest die ersten 30 cm der Überdeckung mit geeignetem Bodenmaterial ausgeführt werden.



**Abb. 3:** Auszug aus der Einbaurichtlinie der Firma NAUE GmbH & Co. KG zur Gestaltung von Querstößen (schematische Darstellung).



**Abb. 4:** Zulässiger Bereich für Körnungslinien von Materialien, bei denen keine Prüfung der Bettungsverhältnisse und Schutzwirkung erfolgen muss.

Eine bautechnische „Feinheit“ ist zu beachten, wenn Bewehrungsgitter auf Kunststoff-Dränelementen verlegt werden. Durch die Zugspannung im Bewehrungsgitter wird das Kunststoff-Dränelement im Bereich von nach außen gewölbten Konturen im Böschungsverlauf, wie z. B. im Bereich von Bermen, durch das aufliegende Bewehrungsgitter zusammengedrückt. Hier müssen dann konstruktive Maßnahmen zur Gewährleistung der Dränwirkung ergriffen werden.

## 5. Geotextilien zum Filtern und Trennen

Die Zulassungsanforderungen lehnen sich hier eng an die GDA-Empfehlung E 2-9 „Einsatz von Geotextilien im Deponiebau“ an. Der Einsatz von Geotextilien zum Filtern und Trennschichten setzt jedoch voraus, dass auch hier die einleitend beschriebene Anforderung an die Umgebungstemperatur erfüllt ist.

In der Arbeitsgruppe und im Fachbeirat lebte „natürlich“ erneut die schon bald zwei Jahrzehnte lang geführte Grundsatzdiskussion über die Frage auf: Welche Rolle spielt die Dicke des geotextilen Filters für dessen Wirksamkeit und Stabilität über lange Zeiträume? Welche Mindestanforderungen sind zu stellen, damit ein geotextiler Filter seine Funktion im Hinblick auf die Kriterien des DVW-Merkblatts zuverlässig und dauerhaft erfüllt?

In Experimenten wurde gefunden, dass sich bei einem Filter aus einem dünnen Gewebe im Boden selbst eine sekundäre Filterschicht von ausreichender Wirksamkeit und Stabilität ausbilden kann. Daraus wurde geschlussfolgert, dass auch dünne Vliesstoffe ausreichend filtern könnten. Die Fachdiskussion zeigte jedoch, dass diese Schlussfolgerung wohl falsch ist. Vor nicht allzu langer Zeit wurde dies auch von „prominenter“ Seite hervorgehoben. Anlässlich der „44. Terzaghi-Lecture“, die J. P. Giroud im Jahr 2008 auf dem jährlichen Treffen des ASCE Geo-Institute über „Development of criteria for geotextile and granular filters“ halten durfte, kommt auch dieser „Filterpapst“ zu dem Schluss: „In other words, nonwoven geotextile filters need to be sufficiently thick to be reliable.“ Über die speziellen Bedingungen und Mechanismen im Boden, unter denen andererseits die dünnen gewebten, „nonwoven“ Filtergeotextilien zur Ausbildung eines stabilen und wirksamen Sekundärfilters führen, ist wenig bekannt. Für die Zulassungsstelle ergab sich daher aus der Fachdiskussion die Schlussfolgerung, dass zum Filtern Vliesstoffe verwendet werden müssen und dass diese Vliesstoffe eine gewisse Mindestdicke haben müssen.

In der Zulassungsrichtlinie heißt es dann genauer:

*Zum Filtern werden Vliesstoffe eingesetzt. Mit der Filterfunktion ist dabei immer auch eine Trennfunktion verbunden. Bei diesen Vliesstoffen muss die Masse je Flächeneinheit mindestens 300 g/m<sup>2</sup>, die Dicke mindestens 3 mm, die Stempeldurchdrückkraft mindestens 2,5 kN und der Durchdrückvorschub bei der Stempeldurchdrückkraft mindestens 50 mm betragen. Weiterhin muss die Dicke des Vliesstoffs mindestens der 30-fachen charakteristischen Öffnungsweite  $O_{90}$  entsprechen. Grundsätzlich muss bei jedem Bauvorhaben eine Bemessung nach den Filterregeln des DVWK-Merkblatts<sup>4</sup> durchgeführt werden. Nach Maßgabe des Zulassungsscheins können die Eigenschaften des zugelassenen Vliesstoffs für ein einzelnes Bauvorhaben in gewissem Umfang variiert werden, um eine optimale Anpassung zu erzielen. Die Mindestanforderungen müssen jedoch eingehalten werden.*

*Geotextilien (Vliesstoffe und Gewebe), die nur zum Trennen eingesetzt werden, müssen zur Geotextilrobustheitsklasse 5 gehören. Der Durchdrückvorschub bei der Stempeldurchdrückkraft muss mindestens 50 mm betragen. Die charakteristische Öffnungsweite soll im Bereich zwischen 0,06 und 0,2 mm liegen.*

---

<sup>4</sup> Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): DVWK Merkblatt 221, Anwendung von Geotextilien im Wasserbau. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1992, 31 Seiten (vergriffen). S. auch Krug, M. und Heyer, D., Geotextile Filter im Erd-, Straßen- und Deponiebau, Geotechnik, 21(1998), Nr. 4, S. 314-326.

*Die Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene wird in der Regel nach DIN EN ISO 11058 im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung bestimmt. Für die Zulassung müssen jedoch auch Prüfergebnisse nach der DIN 60500-4 vorgelegt werden.*

Neu ist, dass es bei den Geotextilien zum Filtern und Trennen eine explizite Zulassung von Produktfamilien gibt und wohl auch bei den Bewehrungsgittern geben wird. Auch bei den Vliesstoffen zum Schützen ist praktisch eine Produktfamilie zugelassen. Eine Produktfamilie besteht z. B bei Vliesstoffen. aus Produkten mit unterschiedlicher Masse pro Fläche, die jedoch aus den jeweils gleichen Vorprodukten mit dem gleichen Produktionsverfahren hergestellt wurden. Hersteller bieten zumeist für eine bestimmte Art von Bewehrungsgitter ebenfalls eine ganze Produktfamilie an. Die Produkte der Familie sind ähnlich gestaltet und werden nach dem gleichen Produktionsverfahren, in derselben Produktionsstätte und aus den gleichen Werkstoffen hergestellt. Sie unterscheiden sich jedoch in den Abmessungen des Querschnitts der Elemente, dem Flächengewicht und den Festigkeitseigenschaften (von Längs-, Querelementen und Verbindungsstellen). Im Zulassungsschein wird jedes Mitglied einer Produktfamilie genau spezifiziert.

Für die Fremdüberwachung gilt in diesem Fall: Bei der Überwachung einer Produktfamilie muss alle sechs Monate jeweils ein Produkt aus der Familie überprüft werden. Der Fremdüberwacher wählt nach Maßgabe der Produktionspläne das „Familienmitglied“ aus. Er muss darauf achten, dass unterschiedliche Produkte in die Überwachung mit einbezogen werden. Hier werden noch genauere Ausführungsbestimmungen erarbeitet.

## **6. Bewehrungsgitter aus Kunststoff**

Eine Grundsatzdiskussion von erheblicher Tragweite findet auch in der Arbeitsgruppe über Bewehrungen aus Geokunststoffen statt. Auf den Standpunkt, den die Zulassungsstelle dazu einnimmt, soll etwas ausführlicher eingegangen werden.

Bei der Bewertung der Eignung eines Bewehrungsgitters aus Kunststoff müssen in material- und bemessungstechnischer Hinsicht zwei Probleme behandelt werden. Zum einen muss für ein zur Zulassung anstehendes Produkt die Frage beantwortet werden, wie groß die Zugfestigkeit<sup>5</sup> ist, die das Bewehrungsgitter unter allen äußeren Einwirkungen und damit verbundenen inneren Materialveränderungen in einer Deponieabdichtung über einen Zeitraum von

---

<sup>5</sup> Unter Zugfestigkeit wird die maximale Kraft je Breite der Probe verstanden, die erreicht werden kann, bevor das Gitter reißt.

mindestens 100 Jahren gewährleisten kann. Zum anderen geht es um die Wechselwirkung zwischen dem Bewehrungsgitter und einem gewählten Boden und dabei um die Frage, welchen Herausziehungswiderstand das Bewehrungsgitter im Verbund mit dem Boden langfristig bieten kann, welche Zugkraft je Breite also überhaupt verankerbar ist. Wenn man Verankerungslänge und Auflast hinreichend groß macht, ist auf alle Fälle immer die Zugkraft je Breite verankerbar, die der Zugfestigkeit des Gitters entspricht, so lautet die übliche Antwort. Diese Antwort ist im Allgemeinen aber nicht richtig. Schwierigkeiten können insbesondere dann entstehen, wenn bei anisotropen Gittern die Zugfestigkeit der Längselemente immer weiter nach oben getrieben wird, in der Annahme, dass die großen Zugkräfte „automatisch“ verankerbar sind.

Der erste Problembereich bereitet keine prinzipiellen Schwierigkeiten. Nach den gebräuchlichen Bemessungsregeln wird die Langzeitzugfestigkeit  $R_{B,k}$  eines Bewehrungsgitters aus der charakteristischen Kurzzeitzugfestigkeit  $R_{B,k0}$ , die aus dem mit einer gewissen Anzahl von Zugversuchen nach DIN EN ISO 10319 ermittelten Mittelwert der Zugfestigkeit und der Streuung der Messwerte berechnet wird, unter Verwendung von „Abminderungsfaktoren“ gemäß der folgenden Gleichung bestimmt.

$$(1) \quad R_{B,k} = \frac{R_{B,k0}}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5}.$$

Dabei sollen die Abminderungsfaktoren  $A_1$  bis  $A_5$  experimentell so bestimmt werden, dass folgende Einflüsse auf der sicheren Seite abgeschätzt werden:

- A1. Kriechen und duktilen Versagen,
- A2. Beschädigungen bei Einbau, Transport und Verdichtung,
- A3. Schwachstellen, die sich bei Fugen, Nähten, Verbindungen, Anbindungen an Bauteile ergeben,
- A4. Umgebungseinflüsse, Witterung, innere und äußere Alterungsvorgänge oder sonstige nicht mechanische Beanspruchungen und
- A5. Dynamische mechanische Beanspruchungen.

Die Abminderungsfaktoren  $A_3$  und  $A_5$  brauchen für die Zulassung zum Deponiebau nicht näher betrachtet werden. Eine Kraftübertragung über Fugen, Nähte, Verbindungen oder Anbindungen an Bauwerke sind bei Bewehrungsmaßnahmen im Bereich von Oberflächenabdich-

tungen nicht erlaubt. Dynamische Beanspruchungen spielen in gewissem Umfang nur in der Bauphase für eine kurze Zeit eine Rolle.

Für eine Zulassung müssen materialtechnische Langzeituntersuchungen durchgeführt werden, die eine zuverlässige Abschätzung der Abminderungsfaktoren  $A_1$  und  $A_4$  ermöglichen. Art und Umfang dieser Untersuchungen in der Zulassungsrichtlinie festzulegen sowie Verfahren der Auswertung und Extrapolation zu beschreiben, ist kein einfaches Unterfangen. Man kann hier jedoch auf eine erhebliche Anzahl von Vorarbeiten zurückgreifen. Gegenstand der Untersuchung ist aber praktisch immer nur das Langzeitverhalten der lasttragenden Längselemente. Die Ergebnisse sind oft auf das Langzeitverhalten der Querelemente übertragbar. Die Kraft-übertragenden Verbindungsstellen werden in der Regel nicht untersucht.

Hinsichtlich der erforderlichen Nachweise für den Abminderungsfaktor  $A_2$  wurde in der Zulassungsrichtlinie auf die etablierten Verfahrensweisen verwiesen. Der Abminderungsfaktor  $A_2$  kann aufgrund von Baustellenversuchen festgelegt werden. Für deren Durchführung wurden „Ausführungsvorschriften“ erarbeitet. Aus diesen Faktoren errechnet sich der zulässige „Auslastungsgrad“ der Zugfestigkeit des Bewehrungsgitters.

Davon streng zu unterscheiden ist das zweite Problem: die verankerbare Zugkraft je Breite bzw. der zulässige Herauszieh Widerstand, auch wenn diese Größe wieder formal als „Auslastungsgrad“ in Bezug auf die Zugfestigkeit ausgedrückt werden kann. Hier ergeben sich grundsätzliche Probleme.

Nach den bisher gebräuchlichen, allerdings unzulänglichen Bemessungsregeln wird die Wechselwirkung zwischen Bewehrungsgitter und Boden durch einen Verbundbeiwert  $\lambda$  erfasst. Der Herauszieh Widerstand wird bei Kenntnis des Verbundbeiwerts gemäß folgender Gleichung berechnet:

$$(2) \quad R_{t,d} = R_{t,d,unten} + R_{t,d,oben} = 2 \lambda \frac{\tan(\varphi_k)}{\gamma_\varphi} L \sigma_{v,d}.$$

$\tan(\varphi_k)$  ist der charakteristische Reibungsbeiwert des Bodens.  $L$  ist die gesuchte erforderliche Verankerungslänge und  $\sigma_{v,d}$  der Bemessungswert der vertikalen Spannung.  $\gamma_\varphi$  ist der Teilsicherheitsbeiwert für den Verbundbeiwert, der aber gleich dem Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungsbeiwert des Bodens gesetzt wird (siehe DIN 1054).



Der Verbundbeiwert wird in Umkehrung der obigen Gleichung in einem Herausziehversuch nach DIN EN 13728 bestimmt. Dazu werden in einem Herausziehkasten für ein mit der Länge  $L_{\text{exp}}$  eingebettetes Bewehrungsgitter unter Verwendung relevanter Füllböden mit dem Reibungswinkel  $\varphi$  und den Prüfwerten der Normalspannung  $\sigma_N$  die maximalen Herausziehungskräfte je Breite  $P_{\text{max}}$  gemessen und auf diese Weise gemäß der folgenden Gleichung der Verbundbeiwert – z. B. aus der Steigung der Ausgleichsgeraden für  $P_{\text{max}}$  über  $\sigma_N$  – ermittelt.

$$(3) \quad P_{\text{max}} = 2 \lambda \tan(\varphi) L_{\text{exp}} \sigma_N.$$

Die Bemessungsgleichung (2) unterstellt, dass man bei einem gegebenen Verbundbeiwert eines beliebigen Bewehrungsgitters durch Wahl der Verankerungslänge und der Auflast einen beliebig großen Herausziehungswiderstand in der Verankerung des Bewehrungsgitters erzeugen kann. Der Widerstand fände seine Grenze nur in der Zugspannung, die das Bewehrungsgitter aushält. Diese Vorstellung ist jedoch nur für reine Reibungsgitter, bei denen allein durch die Oberflächenreibung zwischen Längselementen und Bodenteilchen in deren Kontaktflächen der Herausziehungswiderstand bestimmt wird oder für ein vollkommen starres Bewehrungsgitter mit beliebig großer Festigkeit der Verbindungsstellen, richtig. Bei Bewehrungsgittern aus Kunststoff sind diese Annahmen im Allgemeinen jedoch nicht gerechtfertigt<sup>6</sup>.

Der Herausziehungswiderstand wird durch die Oberflächenreibung zwischen Bewehrungsgitter und Bodenpartikel in deren Kontaktfläche und durch den sich aufbauenden passiven Erd- druck in der Front der Querelemente bestimmt. Der Reibungseffekt ist gegenüber dem Effekt aus dem Erdwiderstand zumeist vernachlässigbar. Aufgrund einer begrenzten Steifigkeit der Längselemente aus Kunststoff wird sich eine Herausziehungskraft immer nur über eine gewisse aktivierte Länge verteilen, völlig unabhängig davon, wie groß die gesamte eingebettete Länge ist. Die Verbindungsstellen, die den Erdwiderstand in Front der Querelemente und die Reibungskräfte, die die Querelemente erfahren, auf die Längselemente übertragen, werden dabei in unterschiedlicher Weise belastet. Die Verformung und die zu übertragende Zugkraft

---

<sup>6</sup> Die Formeln für die Bemessung von Bewehrungsgittern, die auch heute noch verwendet werden, wurden Ende der 1980er Jahre für das Modell eines starren Gitters mit beliebig hoher Festigkeit der integralen Kreuzungspunkte entwickelt und anhand von Versuchen an metallischen Gittern, die diese Annahme näherungsweise gut erfüllt haben, überprüft. Die Formeln wurden dann auf extrudierte Kunststoffgitter, die aus einem Guss gefertigt werden, angewandt. Solange man bestimmte Eigenarten in der Spannungsrissbeständigkeit der integralen Verbindungsstellen dieser Gitter vernachlässigt, erscheint die Übertragung zunächst sinnvoll. Man war sich damals aber offenbar noch bewusst, dass die Formeln nicht ohne weiteres für gelegte oder gewebte Gitter gelten können, da das Verformungsverhalten der Querelemente und das Problem einer begrenzten, die Kräfte aus dem Erddruck eventuell unterschreitenden Festigkeit der Verbindungsstellen nicht explizit berücksichtigt wurde. Siehe z. B. R. A. Jewell, Soil reinforcement with geotextiles, Thomas Telford, London, 1996, S.35.

sind im vorderen Bereich groß, zum Ende der aktivierten Länge hin nehmen sie dann ab. Der Herauszieh Widerstand findet dabei eine obere Grenze in der Belastbarkeit der Verbindungsstelle und des Querelements. Die aus dem Erdwiderstand resultierende Zugkraft, die je Verbindungsstelle übertragen werden muss, ist zwar klein und beträgt nur einige hundert Newton. Bei der spezifischen Beanspruchung im Boden sind die Festigkeiten der Verbindungsstelle aber nicht notwendigerweise immer viel größer. Wie groß sie sind, hängt eben von der Art und Beschaffenheit des jeweiligen Bewehrungsprodukts ab.

Bei einer Bemessung auf der Basis eines Verbundbeiwerts dürften Verbindungsstellen dagegen bis an die Grenze ihrer Kurzzeit-Festigkeit und darüber hinaus belastet werden. Kommt es im Herausziehversuch zum Reißen der Verbindungsstellen kann u. U. ein rei ßversch lussartiger Mechanismus des Versagens eintreten, der schließlich zu einem drastischen Abfall der Herausziehkraft führt. Der aus dem Maximum der Herausziehkraft kurz vor dem Abfall abgelesene Verbundbeiwert dürfte dennoch für die Bemessung verwendet werden.

Die Festigkeit der Verbindungsstellen (und der Querelemente) unter der spezifischen Beanspruchung bei einer bestimmten Auflast im Boden und deren Langzeitverhalten bestimmen den möglichen Herauszieh Widerstand, zu dem eine mindestens erforderliche Verankerungslänge gehört. Dieser kann nicht anhand des experimentell im Herausziehversuch ermittelten Verbundbeiwerts berechnet werden. Die verankerbare Zugkraft ist daher in gleicher Weise wie die von den Längselementen „aufnehmbare“ Zugkraft ein für die Beurteilung des Bewehrungsgitters relevanter „Materialwiderstand“. Es ergibt sich so für jedes Bewehrungsgitter in Abhängigkeit von dessen Materialeigenschaften ein Bemessungswert des maximal mobilisierbaren Herauszieh Widerstands bzw. der maximal verankerbaren Zugkraft und eine mindestens erforderliche Verankerungslänge, unabhängig davon wie groß die zulässige Zugbeanspruchung der Längselemente ist. Der entsprechende Wert darf für eine sichere Bemessung nicht überschritten werden.

Bei der Zulassung muss daher nicht nur der Materialwiderstand der Längselemente beurteilt und daraus die zulässige Zugkraft, mit der das Bewehrungsgitter langfristig belastet werden darf, abgeleitet werden. Es muss auch der Materialwiderstand der Querelemente und insbesondere der Verbindungsstellen beurteilt und daraus die noch verankerbare Zugkraft ermittelt werden. Eine Zulassung ist jedoch nur dann möglich, wenn diese beiden Materialwiderstände bei der Bemessung auch berücksichtigt werden. Dies ist, wie oben erläutert, bisher nicht der Fall. Es besteht also Handlungsbedarf hinsichtlich der Bemessungsregeln.

Das Verhalten eines Bewehrungsgitters aus Kunststoff im Boden wird durch folgende Eigenschaften bestimmt: (a) Das Spannungs-Dehnungsverhalten der Längselemente, (b) die reine Oberflächenreibung zwischen den Längselementen und dem Boden, (c) die an der Verbindungsstelle übertragene Zugkraft, die aus der Oberflächenreibung an den Querelementen und dem Erdwiderstand in Front der Querelemente resultiert, als Funktion der Verschiebung der Verbindungsstelle, (d) die Belastungsgrenzen (zulässige übertragbare Zugkraft und zulässige Verschiebung) der Verbindungsstelle bei der Beanspruchung im Boden. Von Ziegler und Timmers wurde im Prinzip ein neues Bemessungskonzept für bewehrte Erde beschrieben, das die Aspekte (a) – (c) berücksichtigt. Der für das Langzeitverhalten wesentliche Aspekt (d) lässt sich in dieses Konzept einbauen, in dem die Funktion (c) geeignet modifiziert wird. Dieses Bemessungskonzept ist für verschiedene Bauwerke und Anwendungen mit Bewehrungsgittern aus Kunststoff bisher offenbar noch nicht ausgearbeitet worden. Erste Überlegungen, dass man mit dem herkömmlichen Konzept im Vergleich mit diesem neuen Bemessungskonzept auf der „sicheren Seite“ läge, gelten nur, wenn der für das Langzeitverhalten wesentliche Aspekt (d) ganz ausgeblendet wird. Der Stand der Technik bedarf hier der Weiterentwicklung.

Eine vorläufige Verfahrensweise könnte sein, dass bei der Bemessung nach den herkömmlichen Verfahren zusätzlich ausdrücklich nachgewiesen wird, dass für jede mögliche Gleitfläche und für jede betroffene Bewehrungslage der sich aus der erdstatischen Berechnung ergebende charakteristische Wert des erforderlichen Herausziehwidestands den noch zulässigen Wert des Herausziehwidestands nicht übersteigt. Der jeweils kleinere Wert von Bemessungswiderstand oder verankerbarer Zugkraft bestimmt dann praktisch den zulässigen Auslastungsgrad. Es stellen sich zwei Fragen: Wie gewinnt man aus den experimentellen Daten für die noch verankerbare Zugkraft einen Bemessungswert? Liegt man bei dieser Verfahrensweise mit den Verankerungslängen auf der sicheren Seite?

Ein anderes, für manche Gitter geeignetes, im Allgemeinen jedoch zu konservatives Vorgehen, bestünde darin, dass der Verbundbeiwert nur an Längselementen ohne Querelemente gemessen wird. Es würde also der reine Reibungsbeitrag zum Herausziehwidestand ermittelt. Dann gilt tatsächlich Gleichung (2). Dieses Verfahren ist aber nur sinnvoll, wenn das Reißen von Querelementen oder das Versagen von Verbindungsstellen ohne Einfluss, etwa durch Beschädigung oder Querschnittsveränderung, auf die Festigkeit der Längselemente bleibt. Der Verbundbeiwert wird in diesem Fall jedoch in der Regel deutlich unter 0,5 liegen. Für welche Produkte und für welche Fälle ein solches Vorgehen sinnvoll ist, muss sich zeigen.

Man sieht also, dass das Zulassungsverfahren vor eigentümlichen Schwierigkeiten steht: der Stand der Technik ist sowohl in materialtechnischer wie auch in bemessungstechnischer Hinsicht noch nicht soweit ausgearbeitet, dass man Bewehrungsgitter im Deponiebau ohne Weiteres verwenden könnte. Andererseits ist der Druck, mit Bewehrungsgittern bauen zu wollen und zu müssen, groß. Die Diskussion in der Arbeitsgruppe und die Bearbeitung der Probleme durch Hersteller haben jedoch immerhin zu einem Bearbeitungsstand geführt, bei dem die Zulassungsstelle sich mit Bescheinigungen für einzelne Produkte und einzelne Bauvorhaben zunächst „durchwursteln“ kann.

## **7. Verlegefachbetriebe**

Die folgende Zulassungsvoraussetzung aus der Zulassung der Kunststoffdichtungsbahnen gilt jetzt grundsätzlich auch für Kunststoff-Dränelemente und Schutzschichten:

*Die Kunststoff-Dichtungsbahn muss nachgewiesenermaßen von einer erfahrenen und mit qualifiziertem Personal sowie erforderlichen Geräten ausreichend ausgestatteten Fachfirma eingebaut werden. Die Anforderungen werden in der Richtlinie für die Anforderungen an Fachbetriebe für den Einbau von Kunststoffdichtungsbahnen, weiteren Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen in Deponieabdichtungssystemen (März 2010, BAM, Berlin) beschrieben. Der Nachweis der erforderlichen Qualifikation, Ausstattung und Erfahrung kann z. B. durch die Anerkennung als Fachbetrieb durch eine Güteüberwachungsgemeinschaft eines Fachverbandes geführt werden.*

Für Geotextilien zum Filtern und Trennen sowie für Bewehrungsgitter aus Kunststoff gilt diese Vorschrift immer dann, wenn die Produkte im Zusammenhang mit einer Kunststoffdichtungsbahn eingebaut werden. Werden Geotextilien zum Filtern und Trennen oder Bewehrungsgitter dagegen in Abdichtungssystemen ohne Kunststoffdichtungsbahn oder in anderem Zusammenhang eingebaut, so muss folgende Anforderung beachtet werden:

*... (Es) müssen die den Einbau durchführenden Arbeitskräfte vorab durch eine qualifizierte Fachkraft geschult werden. Dazu gehört die Einweisung in den Umgang mit dem Verlegeplan, in die Art und Handhabung der Transportmittel, in die Verlege- und Heftungstechnik, in die Gestaltung von Quer- und Längsstößen sowie die Anbindung an Durchdringungen, in die Anforderungen des Qualitätssicherungsplans sowie in die Probenahme für Maßnahmen der Eigenprüfung und schließlich in die Handhabung der Geräte und das Verfahren für die Überbauung der verlegten Geokunststoffe. Inhalt, Teilnehmer, Zeitpunkt und Dauer der Schulung müssen dokumentiert und vom Fremdprüfer kontrolliert werden.*

Die Richtlinie über Anforderungen an die Verlegefachbetriebe wird derzeit entsprechend überarbeitet, die Überwachungsordnungen der Fachverbände AGAS e. V. und AK GWS e. V. müssen angepasst und die Fachbetriebe entsprechend ertüchtigt werden.

## **8. Dichtungskontrollsysteme**

Die Arbeit an der Zulassungsrichtlinie für Dichtungskontrollsysteme (DKS) wird voraussichtlich in zwei Themenkomplexe geteilt werden. Zum einen werden die DKS in Verbindung mit Konvektionssperren zum anderen mit tonmineralischen Abdichtungskomponenten betrachtet werden müssen.

Für Systeme, die mit Konvektionssperren eingesetzt werden, lagen bereits zwei Eignungsgutachten vor, die zu befristeten Zulassungen geführt haben. Die Arbeitsgruppe wird hier kritisch zu überprüfen haben, wo die alte Empfehlung verbessert und aktualisiert werden muss. Die Anforderungen bezüglich des Qualitätsmanagements, der Aufbau sowie das Layout werden den übrigen Richtlinien entsprechend angepasst. Dabei wird zu diskutieren sein, ob nicht bestimmte technische Neuentwicklungen oder Modifikationen Änderungen der Anforderungen nötig machen, um dem Stand der Technik zu entsprechen.

In der Gruppe werden dabei zurzeit u. a. invers verwendete DKS und die Anforderungen an das Auflager der Konvektionssperre diskutiert. Die Besonderheit des inversen Einbaus liegt darin, dass alle Elektroden auf derselben Seite, z. B. oberhalb der Konvektionssperre, installiert werden. Die Komponenten selbst hingegen sind dieselben. Diese spezielle Konfiguration bietet Vorteile, wenn z. B. bereits vorhandene Oberflächenabdichtungen nachgerüstet werden sollen. Allerdings stellen sie einen klaren Unterschied zu der herkömmlichen Konstellation dar, bei denen Speise- und Messelektroden durch die Konvektionssperre getrennt sind. Aus diesem Grund wird diese Verfahrensweise noch im Einzelnen diskutiert werden müssen.

Bei der Erstellung der ersten Version der Empfehlung wurde noch davon ausgegangen, dass für das Auflager der Konvektionssperre beim Einsatz eines DKS formal eine Gleichwertigkeit zur mineralischen Dichtung nachgewiesen werden muss. Die dabei in der Gruppe zugrundegelegten Annahmen für die Randbedingungen bei der Anwendung führten dazu, dass ein k-Wert für das Auflager abgeleitet wurde. Dieser sollte formal eine der mineralischen Dichtung gleichwertige Durchflussrate für das System ergeben, wenn mit hoher Häufigkeit Löcher von gerade so geringem Durchmesser auftreten, dass sie nicht mehr detektiert werden können. Diese extrem konservative Annahme führte praktisch dann doch zu einer Art Kombina-

tionsdichtung mit erheblichen bautechnischen Nachteilen. Die DepV sieht jedoch keine Gleichwertigkeitsnachweise vor. Man könnte damit realistischere Annahmen machen und sich stärker an den baupraktischen Erfordernissen orientieren. Aus diesem Grund wird diskutiert, ob nicht lediglich ein Kornverteilungsbereich für das Auflager eine sinnvolle Alternative zu den bisherigen Anforderungen darstellt.

Auch die Dichtungskontrollsysteme, die in Verbindung mit tonmineralischen Schichten eingesetzt werden, müssen genauer betrachtet werden. Für die Diskussion in diesem speziellen Arbeitsgebiet wurde im Fachbeirat vorgeschlagen, eine Unterarbeitsgruppe zu bilden. Hier ist ein Expertentreffen zum Thema Anforderungen an derartige Systeme vorgesehen. Hierfür könnten z. B. die entsprechenden Experten der Behörden der Länder, z. B. aus der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“, eingeladen werden. Bisher sind allerdings noch keine Gutachten für diese Systeme erstellt worden. Aus diesem Grund wird es hier auch bis auf Weiteres keine Zulassungen geben. Denkbar ist, die Anforderungen in eine Richtlinie für alle Dichtungskontrollsysteme einzugliedern oder sie in einem eigenen Regelwerk abzugrenzen. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass nach der Deponieverordnung eine Funktionsdauer von 30 Jahren nur für Dichtungskontrollsysteme in Verbindung mit Konvektionssperren gefordert wird. Formal müsste damit nach heutigem Stand eine Funktionsdauer von 100 Jahren von Systemen für tonmineralische Oberflächenabdichtungen gefordert werden. Nur wenn in der Novellierung der DepV dieser Passus verändert wird, ist eine Zulassung für diese Systeme realistisch möglich.

## **9. Fremdprüfung**

Die im AK GWS e. V. organisierten Fremdprüfer haben dort eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich damit beschäftigt, Schwierigkeiten zu beseitigen und Probleme zu lösen, die sich im Zusammenhang mit der Fremdprüferrichtlinie der BAM und den auf dieser fußenden Akkreditierungsmaßnahmen nach DIN EN ISO/IEC 17020 und DIN EN ISO/IEC 17025 oder vielleicht auch trotz dieser Regelungen ergeben.

Die Verfahrensweisen sollen transparenter und besser vergleichbar, der Qualitätsstandard bei der Fremdprüfung vereinheitlicht und angehoben werden. Dazu werden Ringversuche, Maßnahmen der „freiwilligen Selbstkontrolle“, Qualitätssicherungspläne, usw. erarbeitet. Die BAM unterstützt diese Aktivitäten, da der Fremdprüfung große Bedeutung zukommt. Leider ist es bislang noch nicht gelungen, auch die großen Institutionen, die Fremdprüfungen durchführen, an diesen Aktivitäten zu beteiligen. Um der Unterstützung Ausdruck zu verleihen,

wurde jeweils eine Tabelle über Art und Umfang der Fremdprüfungen in die Zulassungsrichtlinien aufgenommen, die verbindlich für den Einbau zugelassener Produkte ist. Weiterhin werden die Standardqualitätssicherungspläne auf die eingangs genannte Internetseite der BAM gestellt.

Mit der Erweiterung der Palette von Geokunststoffen, die im Deponiebau verwendet werden dürfen, ergibt sich ein neues Problem für die Fremdprüfung. Die fremdprüfenden Stellen können nicht für alle erforderlichen Prüfungen an allen Produkten akkreditiert sein. Nur die allerwenigstens fremdprüfenden Stellen werden z. B. norm- und fachgerechte Zugprüfungen an hochfesten Bewehrungsgittern durchführen können. Die Kosten für den Aufbau einer entsprechenden Prüftechnik würden sich praktisch kaum erwirtschaften lassen. Hier wird die Regelung diskutiert, dass der Fremdprüfer solche Prüfungen an den von ihm genommenen Baustellenproben beim zugehörigen Fremdüberwacher, der in der Lage ist, fach- und normgerecht zu prüfen, durchführen lassen kann.

### **Schlussbemerkung**

Dieser Überblick zeigt, dass seit der letzten Fachtagung ein beträchtliches Pensum geschafft wurde. Beteiligt waren daran viele hervorragende Fachleute, die unentgeltlich ihre Zeit und Arbeitskraft zur Verfügung gestellt haben. Im Namen der Zulassungsstelle möchten sich die beiden Autoren dafür bei den Mitgliedern des Fachbeirats und der Arbeitsgruppen bedanken.

