



BAM

**Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung**

Vorläufige Richtlinie für die Zulassung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff für Deponieoberflächenabdichtungen

herausgegeben von der
Arbeitsgruppe „Kunststoffe in der Geo- und Umwelttechnik“
der Fachgruppe 4.3

1. Auflage, Oktober 2011

Diese vorläufige Zulassungsrichtlinie und die Liste zugelassener Bewehrungsgitter aus Kunststoff sowie weitere auf der Grundlage der Deponieverordnung erstellte Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe und Dichtungskontrollsysteme und Listen derartiger zugelassener Produkte können als pdf-Datei unter der Internetadresse: www.bam.de/de/service/amt_mitteilungen/abfallrecht/index.htm herunter geladen werden.

Vorwort

Am 16. Juli 2009 trat die neue Deponieverordnung (DepV) in Kraft. Im Anhang 1 Nummer 2.1 wird festgestellt: „Für das Abdichtungssystem dürfen nur dem Stand der Technik nach Nummer 2.1.1 entsprechende ... von der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung nach Nummer 2.4 zugelassene oder eignungsfestgestellte Geokunststoffe (Kunststoffdichtungsbahnen, Schutzschichten, Kunststoff-Dränelemente, Bewehrungsgitter aus Kunststoff etc.), Polymere und serienmäßig hergestellte Dichtungskontrollsysteme ... eingesetzt werden.“

Einer solchen Zulassung bedarf es nur dann nicht, wenn für die Geokunststoffe, Polymere oder Dichtungskontrollsysteme in Abdichtungssystemen harmonisierte technische Spezifikationen nach der europäischen Bauproduktenrichtlinie vorliegen, deren Leistungsmerkmale den Stand der Technik, insbesondere die erforderliche Dauerhaftigkeit, vollständig berücksichtigen. Ob dieser Sachverhalt vorliegt, kann in fachlicher Hinsicht nur die BAM als Zulassungsstelle – gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) – entscheiden, da sie den Stand der Technik nach der Nummer 2.1.1 der DepV für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme beschreibt. Derzeit gibt es keine harmonisierten technischen Spezifikationen, wo die Leistungsmerkmale und die für die Leistungsmerkmale festgelegten Klassen oder Niveaus umfassend die Anforderungen der DepV nach dem Stand der Technik berücksichtigen. Insbesondere erfüllt das Niveau des Leistungsmerkmals der Beständigkeit nicht die Anforderung der Deponieverordnung an die Dauer der Funktionserfüllung.

In der Nummer 2.4 des Anhangs 1 der DepV wird die Verfahrensweise bei der Zulassung geregelt. Zu den Aufgaben der BAM gehört nach Nummer 2.4.1 die Definition von Prüfkriterien, die Aufnahme von Nebenbestimmungen in die Zulassung und insbesondere auch die Festlegung von Anforderungen an den fachgerechten Einbau und das Qualitätsmanagement. Nach Nummer 2.4.4 wirkt ein Fachbeirat beratend an der Erarbeitung entsprechender Zulassungsrichtlinien mit.

Nach dem Inkrafttreten der Deponieverordnung hatte sich am 16. Oktober 2009 der Fachbeirat konstituiert und eine Arbeitsgruppe eingerichtet, der diese zunächst nur vorläufige neue Richtlinie für die Zulassung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff für Deponieoberflächenabdichtungen erarbeitet hat. Die Richtlinie wird aus zwei Gründen als vorläufig bezeichnet: Zum einen werden Bewehrungsgitter aus Kunststoff aus den unterschiedlichsten Werkstoffen in sehr verschiedenen Konstruktionen produziert. Das Wissen über die Eigenschaften der einzelnen Bewehrungsgittertypen ist unterschiedlich groß. Die Zulassungsanforderungen haben bisher vor allem die gewebten und gelegten Bewehrungsgitter aus Polyester (PET) oder Polypropylen und die extrudierten Bewehrungsgitter aus Polyethylen hoher Dichte im Blick. Zum anderen müssen im Zusammenhang mit dem Zulassungsverfahren noch Erfahrungen mit neuen Prüfungen, insbesondere zum Langzeitverhalten der Verbindungsstellen zwischen Längs- und Querelementen des Bewehrungsgitters, gesammelt werden, auf deren Grundlage erst eine vollständige und genaue Beurteilung möglich ist. Die bestehenden Unsicherheiten finden daher vorläufig noch ihren Ausdruck in der „konservativen“ Festlegung von Abminderungsfaktoren und zusätzlichen einschränkenden Anforderungen an die Bemessung. Die Vorläufigkeit der Richtlinie kann aufgehoben werden, sobald der Kenntnisstand über das Langzeitverhalten von Bewehrungsgittern dies erlaubt.

An den Beratungen haben mitgewirkt:

1. die Mitglieder des Fachbeirats:

Dipl.-Ing. K.-H. Albers, *G quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH*; Dipl.-Ing. W. Bräcker, *Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (ZUS AGG)*; Dipl.-Ing. R. Drewes, *Landesamt für Umwelt Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg*; Dipl.-Ing. K. J. Drexler, *Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)*; Dipl.-Ing. I. Duzic, *Colbond GmbH & Co KG*; H. Ehrenberg, *NAUE GmbH & Co. KG*; Dipl.-Ing. A. Elsing, *HUESKER Synthetic GmbH*; Dr.-Ing. B. Engelmann, *Umweltbundesamt*; Prof. Dr.-Ing. G Heerten, *NAUE GmbH & Co. KG*; Dipl.-Ing. K.-D. Hegewald, *Landesamt für Umweltschutz, Sachsen-Anhalt*; Dipl.-Geoöko. K. Heinke, *Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)*; Dr.-Ing. D. Heyer, *TU München, Zentrum Geotechnik*; Dipl.-Ing. D. Jost, *GSE Lining Technology GmbH*; Dr. rer. nat. W. Müller, *BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung*; Dr.-Ing. E. Reuter, *IWA Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Abfallwirtschaft*; Dipl.-Ing. G. P. Romann, *AGAS Arbeitsgemeinschaft Abdichtungstechnik e.V.*; Prof. Dr.-Ing. F. Saathoff, *Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock*;

Dipl.-Ing. T. Sasse, *Umtec | Prof. Biener | Sasse | Konertz*, Prof. Dr. F.-G. Simon, *BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung*; Dr.-Ing. M. Tiedt, *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen*; Dipl.-Ing. L. Wilhelm, *Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie*; Dipl.-Ing. Ch. Witolla, *Ingenieurbüro Geoplan GmbH*; Prof. Dr.-Ing. K. J. Witt, *Fakultät Bauingenieurswesen, Bauhaus-Universität Weimar*; Dipl.-Ing. H. Zanzinger, *SKZ Süddeutsches Kunststoff-Zentrum*.

2. weitere Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Dr.-Ing. D. Alexiew, *HUESKER Synthetic GmbH*; Dr. M. Böhning, *BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung*; Dipl.-Ing. A. Herold, *IBH – Herold & Partner Ingenieure*; Dipl.-Ing. S. Höhny, *Colbond bv*; E.-J. Kollen, *Colbond bv*; Prof. Dr. Müller-Rochholz, *KIWA TBU GmbH*; Dipl.-Ing. O. Naciri, *Tensar International GmbH*; Dipl.-Ing. Ch. Recker, *SINTEF*; Dr.-Ing. J. Retzlaff, *GEOscope GmbH & Co. KG*; Dipl.-Ing. L. Vollmert, *BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH*.

An der Überarbeitung waren weiterhin Frau Dipl.-Ing. R. Tatzky-Gerth und Herr Dipl.-Ing. A. Wöhlecke aus der Arbeitsgruppe 4.32 der BAM beteiligt.

Inhaltsverzeichnis

1. Rechtliche Grundlagen, Geltungsbereich und Vorschriften	6
2. Zulassungsgegenstand	7
2.1. Allgemeines	7
2.2. Werkstoff und Eigenschaften der Vorprodukte des Bewehrungsgitters	8
2.3. Eigenschaften des Bewehrungsgitters	9
2.4. Kennzeichnung	9
2.5. Produktionsstätte und Produktionsverfahren	10
3. Kennwerte des Bewehrungsgitters für die Bemessung	10
4. Anforderungen an die Bewehrungsgitter	13
4.1. Allgemeine physikalische und mechanische Eigenschaften	13
4.2. Grundprüfungen zur Beständigkeit	13
4.3. Langzeitverhalten	14
4.3.1 Zugfestigkeit und Isochronenkurven	15
4.3.2 Oxidation und Auslaugung von Stabilisatoren	15
4.3.3 Hydrolyse	16
4.3.4 Alterung unter der Einwirkung von Zugkräften: Zeitstandzugversuche bei höheren Temperaturen und Medieneinfluss	17
4.3.5 Eigenschaften und Langzeitverhalten der Verbindungsstellen	17
4.4. Bestimmung der Reibungsparameter und des Herausziehwidestands	18
4.5. Umweltverträglichkeit von Zusätzen und Verarbeitungshilfen	21
5. Eigen- und Fremdüberwachung bei der Produktion	21
5.1. Eingangskontrollen und -prüfungen	21
5.2. Eigenüberwachung der Produktion	21
5.3. Fremdüberwachung	22
5.4. Lieferpapiere	22
6. Anforderungen an den Einbau	23
6.1. Hinweise zum Einbauverfahren	23
6.2. Beanspruchungen durch Einbau und Baubetrieb	23
6.3. Qualitätsmanagement	24
7. Hinweise zur Bemessung	24
8. Änderungen, Mängelanzeige und Geltungsdauer	25
9. Anforderungstabellen	26
Tabelle 1: Charakteristische Eigenschaften der Vorprodukte (extrudierte Platten oder Flachstäbe, Filamente, Multifilamentgarne etc.) ¹	26
Tabelle 2a: Charakteristische Eigenschaften von Bewehrungsgittern	27
Tabelle 2b: Wechselwirkung Bewehrungsgitter-Boden	27
Tabelle 3: Grundprüfungen zur Beständigkeit von Bewehrungsgittern aus Kunststoff im Rahmen der CE-Kennzeichnung (nach DIN EN 13257, Randbedingung: 25 Jahre Funktionsdauer, Umgebungsmilieu pH 4–9, Temperatur ≤ 25 °C)	28
Tabelle 4: Anforderungen an Beständigkeit und Langzeitverhalten der Bewehrungsgitter aus Kunststoff ^{1,2}	29
Tabelle 5: Art und Umfang der Eigen- und Fremdüberwachung (EÜ und FÜ) bei der Produktion des Bewehrungsgitters sowie der Kontrollen bei Vorprodukten.	31
Tabelle 6: Art und Umfang von Prüfungen am Bewehrungsgitter im Rahmen der Fremdprüfung auf der Baustelle ¹	31
10. Verzeichnis der Normen	32
11. Anlagen zum Zulassungsschein, Verzeichnis der Länderkennzahlen und Prüf- und Inspektionsstellen	34
12. Anhang: Durchführung von Baustellenversuchen	35

1. Rechtliche Grundlagen, Geltungsbereich und Vorschriften

Die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen ist durch ein Bundesgesetz geregelt. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz enthält die Ermächtigungsnormen zum Erlass von Rechtsverordnungen und allgemeinen Verwaltungsvorschriften. Auf der Rechtsgrundlage des KrW-/AbfG trat am 16. Juli 2009 die Neufassung der Deponieverordnung in Kraft¹. Nach deren Anhang 1 Nummer 2.1 dürfen für das Abdichtungssystem nur dem Stand der Technik nach Nummer 2.1.1 entsprechende und von der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung nach Nummer 2.4 zugelassene oder eignungs festgestellte Geokunststoffe (Kunststoffdichtungsbahnen, Schutzschichten, Kunststoff-Dränelemente, Bewehrungsgitter aus Kunststoff etc.), Polymere und serienmäßig hergestellte Dichtungskontrollsysteme eingesetzt werden.

Die BAM ist nach Nummer 2.4.1 zuständig für die Prüfung und Zulassung von Geokunststoffen, Polymeren und Dichtungskontrollsystemen für die Anwendung in Basis- und Oberflächenabdichtungen von Deponien auf der Basis eigener Untersuchungen und von Ergebnissen akkreditierter Stellen. Sie hat in diesem Zusammenhang die folgenden Aufgaben:

- Definition von Prüfkriterien,
- Aufnahme von Nebenbestimmungen in die Zulassung,
- Festlegung von Anforderungen an den fachgerechten Einbau und das Qualitätsmanagement.

Auf dieser rechtlichen Grundlage und unter Berücksichtigung der in Nummer 2.1.1 des Anhangs 1 der DepV beschriebenen Anforderungen zum Stand der Technik werden in dieser Richtlinie die Anforderungen für die Zulassung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff in Deponieoberflächenabdichtungen beschrieben. Die Richtlinie ist die technische Grundlage, auf der die BAM auf Antrag des jeweiligen Herstellers die Eignung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff

prüft und die Eignung durch Erteilung einer Zulassung in Form eines Zulassungsscheins feststellt.

Deponieabdichtungen müssen nach dem Stand der Technik errichtet werden. In der vorliegenden Zulassungsrichtlinie wird daher auch beschrieben, welche Anforderungen beim Einbau der zugelassenen Geotextilien erfüllt werden müssen, damit ein dem Stand der Technik entsprechendes Abdichtungssystem entsteht. Auf diese Anforderungen wird auch im Zulassungsschein ausdrücklich hingewiesen. Die zuständigen Behörden der Länder müssen dafür Sorge tragen, dass diese Nebenbestimmungen Bestandteil der Genehmigung und somit rechtlich verbindlich werden. Nur unter dieser Voraussetzung kann die BAM-Zulassung zum Nachweis der Eignung nach dem Stand der Technik der mit den Geotextilien hergestellten Abdichtungen verwendet werden.

Die Zulassung wird ausdrücklich unter Widerrufsvorbehalt erteilt. Ein Widerrufsgrund liegt 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 Geotextil mehr unter Verwendung der BAM-Zulassungsnummer gefertigt werden.

Änderungen des Werkstoffs, des Produktionsverfahrens der Bewehrungsgitter aus Kunststoff und der Maßnahmen der Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion bedürfen einer neuen Zulassung. Bewähren sich vom Hersteller eingesetzte Produktionsverfahren oder Einbauverfahren 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 hierin ein Widerrufsgrund.

Im Falle des Widerrufs ist der Hersteller verpflichtet, der Zulassungsbehörde umgehend den Zulassungsschein auszuhändigen.

Den Zulassungen liegen die folgenden Gesetze, Vorschriften und Richtlinien in der jeweils aktuell gültigen Fassung zugrunde:

- Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und

¹ Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27.04.2009; Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 22 S.900-950

Abfallgesetz - KrW/AbfG), vom 27.09.1994, BG Bl. I, S. 2705.

- Verordnung über die Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009, Bundesgesetzblatt, 2009, Teil I, Nr. 22, S. 900–950.
- Vorläufige Richtlinie für die Zulassung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff in Deponieoberflächenabdichtungen, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Oktober 2011.
- Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Kunststoffdichtungsbahnen), BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, März 2010.
- Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Kunststoff-Dränelemente), BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Oktober 2010.
- Richtlinie für die Zulassung von Schutzschichten für Kunststoffdichtungsbahnen in Deponieabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Schutzschichten), BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Oktober 2010.
- Richtlinie für die Zulassung von Geotextilien zum Filtern und Trennen in Deponieabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Geotextilien), BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Oktober 2010.
- Richtlinie für die Anforderungen an Fachbetriebe für den Einbau von Kunststoffdichtungsbahnen, weiteren Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen in Deponieabdichtungssystemen (Richtlinie-Fachbetriebe), BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, April 2011.
- Richtlinie für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle beim Einbau von Kunststoffkomponenten und -bauteilen in Deponieabdichtungssystemen (Richtlinie-Fremdprüfer), BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Februar 2009.

2. Zulassungsgegenstand

2.1. Allgemeines

Gegenstand der Zulassung sind Bewehrungsgitter aus Kunststoff², die in Oberflächenabdichtungen von Deponien eingesetzt werden, um deren Standsicherheit zu gewährleisten³. Unter einem Bewehrungsgitter aus Kunststoff versteht man dabei eine flächenhafte polymere Struktur, die aus einem regelmäßigen, offenen Netzwerk aus Längs- und Querelementen besteht. Die Öffnungen des Netzwerks nehmen in der Regel eine größere Fläche ein als seine Bestandteile. Hinsichtlich des Herstellungsverfahrens unterscheidet man gewebte, kettengewirkte (geraschelte), gestreckte und gelegte Bewehrungsgitter⁴. Die Längs- und Querelemente sind dabei durch Extrudieren, Schweißen, Verflechten oder andere Verfahren miteinander verbunden. Bei gestreckten Bewehrungsgittern wird ein Gitter aus einer extrudierten Platte ausgestanzt und danach zumeist uni- oder auch biaxial verstreckt. Die gelegten Bewehrungsgitter werden durch das Aufeinanderlegen der vorgefertigten Gitterelemente hergestellt, die dann an den Überlappungsstellen mit unterschiedlichen Verfahren verbunden werden. Bei gewebten oder kettengewirkten Bewehrungsgittern werden die Gitterelemente verflochten. Unter einer Verbindungsstelle versteht man den Bereich, an dem sich Längs- und Querelement des Gitters kreuzen und miteinander verbunden sind.

Die Wechselwirkung von Bewehrungsgitter und Boden entsteht durch die Verzahnung von Bodenteilchen in den Öffnungen des Gitters und durch die Reibung zwischen den Bodenpartikeln und der Oberfläche der Gitterelemente, s. Abschnitt 4.4. Hersteller bieten zumeist für eine bestimmte Art von

² Im Folgenden nur noch als Bewehrungsgitter bezeichnet. Im Englischen wird der Begriff geogrid (GGA) verwendet.

³ S. dazu die GDA-Empfehlung E 2-7 „Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen“ sowie die

EBGEO, Empfehlung für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrung aus Geokunststoffen, Verlag Ernst und Sohn, Berlin, 2010.

Die GDA-Empfehlungen können über die Internetseite www.gdaonline.de eingesehen werden.

⁴ GDA-Empfehlung E 2-9 „Einsatz von Geotextilien im Deponiebau“.

Bewehrungsgitter eine ganze Produktfamilie an. Die Produkte der Familie sind ähnlich gestaltet und werden nach dem gleichen Produktionsverfahren, in derselben Produktionsstätte aus den gleichen Werkstoffen hergestellt. Sie unterscheiden sich jedoch in den Abmessungen des Querschnitts der Elemente, dem Flächengewicht und den Festigkeitseigenschaften.

Voraussetzung für die Anwendung der zugelassenen Bewehrungsgitter ist, dass in der Umgebung des eingebauten Produkts bodenähnliche Temperaturverhältnisse herrschen (mittlere Temperatur ≤ 20 °C). Die Bewehrungsgitter können daher in der Regel nur oberhalb der Abdichtungskomponenten oder außerhalb der eigentlichen Oberflächenabdichtung eingesetzt werden: Bei den in Deutschland herrschenden klimatischen Verhältnissen wird im unteren Bereich einer mindestens 1 m dicken Bodenschicht eine Dauertemperatur von 15 °C nur sehr selten überschritten. Im Übergangsbereich von der Dichtung zur mindestens 1 m dicken Rekultivierungsschicht wird die Temperaturanforderung daher in der Regel erfüllt sein, auch wenn in den Abdichtungskomponenten selbst Temperaturen bis zu 30 °C vorkommen können. Einschränkungen für die Anwendung können sich weiterhin durch die noch zulässigen pH-Werte der Umgebung des Bewehrungsgitters ergeben. Bewehrungsgitter aus Polyester (PET) dürfen z. B. in der Regel nur in Umgebungen mit einem pH-Wert im Bereich von 4 bis 9 eingesetzt werden.

Der Einsatz eines nach der DepV zugelassenen Produkts ist immer dann unabweisbar, wenn die Bewehrung dauerhaft zur Sicherung des Abdichtungssystems beiträgt. Die beiden dafür wichtigsten Beispiele sind die Sicherung des Oberflächenabdichtungssystems gegen hangparalleles Gleiten auf steilen Böschungen oder die Bewehrung eines Stützdammes am Fuß eines abgedichteten Deponiekörpers.

Ein auf der Grundlage dieser Richtlinie zugelassenes Bewehrungsgitter ist grundsätzlich auch für die Sicherung von Altlasten und die Oberflächenabdichtung von jenen Deponien geeignet, die nicht der DepV unterliegen.

Der Zulassungsgegenstand Bewehrungsgitter muss mit definierten, reproduzierbaren Eigenschaften

werkmäßig hergestellt werden.

Antragsteller und Zulassungsnehmer ist der Hersteller des Bewehrungsgitters.

Das Bewehrungsgitter muss durch den Antragsteller vollständig und eindeutig beschrieben werden. Dazu gehören eine Beschreibung des Bewehrungsgitters sowie der dabei eventuell verwendeten Vorprodukte, genaue Angaben über die Art und Spezifikation der Werkstoffe und Art und Menge von polymergebundenen Zuschlagstoffen (Masterbatch) oder anderen Zuschlagstoffen, die bei der Produktion von Vorprodukten und dem Produkt selbst verwendet werden, eine Beschreibung des Produktionsverfahrens sowie die Angaben zu den charakteristischen Eigenschaften des Produkts.

Der Zulassungsgegenstand wird im Zulassungsschein durch die Abmessungen und die Kurzzeitfestigkeit sowie durch die im Folgenden erläuterten Angaben genau beschrieben.

Das Bewehrungsgitter muss über ein CE-Kennzeichen mit Bezug auf die DIN EN 13257 verfügen. Die Produktion muss im Rahmen eines nach DIN EN ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystems eigen- und fremdüberwacht werden.

Jede Änderung muss der Zulassungsstelle mitgeteilt und mit ihr abgestimmt werden. Erfolgt dies nicht, so verliert die Zulassung ihre Gültigkeit.

2.2. Werkstoff und Eigenschaften der Vorprodukte des Bewehrungsgitters

Bei der Zulassungsstelle müssen folgende Angaben vertraulich hinterlegt werden:

- Formmassenhersteller und Formmasse (Typenbezeichnung) des Vorprodukts (z. B. extrudierte Platten oder Flachstäbe, Filamente, Multifilamentgarne etc.), aus dem das Bewehrungsgitter gefertigt wird, mit der Herstellerspezifikation für die Dichte und die Schmelze-Massefließrate sowie weitere Angaben zur Formmasse (Molekülmassenverteilung, Additive),
- Hersteller und Rezeptur der polymergebundenen Zuschlagstoffe (Masterbatch) und weiterer Verarbeitungshilfen,
- zusätzliche Angaben müssen gemacht werden, wenn diese für die eindeutige Festlegung des

Werkstoffs erforderlich sind.

Der Antragssteller stellt Probenmaterial der Formmasse, des Masterbatches und der weiteren Verarbeitungshilfen zur Verfügung.

Es muss eine rechtsverbindliche Vereinbarung zwischen den Herstellern der Vorprodukte und dem Hersteller des Bewehrungsgitters über die Spezifikation aller verwendeten Werkstoffe bestehen. Im Anhang zur Zulassung gibt der Zulassungsnehmer eine rechtsverbindliche Erklärung über die verwendeten Werkstoffe ab. Die eindeutige Festlegung der Werkstoffe, die Überprüfbarkeit der Angaben durch die Zulassungsstelle und die Möglichkeit einer Kontrolle anhand der spezifizierten Werte ist grundsätzlich Voraussetzung, um eine Zulassung erteilen zu können.

Im Zulassungsschein werden wesentliche Eigenschaften der Vorprodukte und deren Spezifikation (Mittelwert und zulässige Toleranzen) angegeben, soweit sie nicht der Geheimhaltung unterliegen. Die wesentlichen Eigenschaften werden bei der Eigenüberwachung beim Vorprodukthersteller und bei der Eingangskontrolle und Fremdüberwachung beim Hersteller des Bewehrungsgitters überprüft (s. Tabelle 5).

In Tabelle 1 sind die charakteristischen Eigenschaften von Vorprodukten angegeben. Bei anderen Vorprodukten ergeben sich weitere bzw. andere wesentliche Eigenschaften, die im Einzelfall in Anlehnung an diese Tabelle festgelegt werden.

2.3. Eigenschaften des Bewehrungsgitters

Im Zulassungsschein werden die charakteristischen Eigenschaften des Bewehrungsgitters in Anlehnung an DIN EN 13257 und im Hinblick auf die Erfordernisse der Bemessung angegeben (s. Tabelle 2 und Abschnitt 3). Diese Eigenschaften werden bei der Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion des Bewehrungsgitters überprüft. Dazu werden die charakteristischen Werte für die Beurteilung im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung im Zulassungsschein festgelegt. Die charakteristischen Werte ergeben sich aus dem Mittelwert und der zulässigen Toleranz, die vom Hersteller auf der Grundlage einer statistischen Auswertung eigener Messergebnisse

oder unter Berücksichtigung erfahrungsgestützter Sicherheitsfaktoren angegeben werden⁵.

Da die Produkte über eine CE-Kennzeichnung verfügen müssen, können die Kennwerte für die charakteristischen Eigenschaften aus dem CE-Begleitdokument entnommen werden.

Im Abschnitt 3 werden die Zulassungsanforderungen an bestimmte charakteristische Eigenschaften angegeben.

Das Datenblatt des Bewehrungsgitters muss mindestens die Daten zu den für die Eigenüberwachung relevanten Eigenschaften dokumentieren.

2.4. Kennzeichnung

Das zugelassene Produkt muss mit einer fortlaufenden Kennzeichnung nach DIN EN ISO 10320 versehen und verpackt sein. Aus der Kennzeichnung auf dem Produkt muss die zugelassene Produkttype hervorgehen (z. B. durch farbige Markierung oder Einfärbung der Elemente nach einer bestimmten Vorschrift (Farbcode)). Die Kennzeichnung muss so angebracht werden, dass sie zum Zeitpunkt des Einbaus gut lesbar ist. Jede Liefereinheit (Rolle) muss ein Etikett nach DIN EN ISO 10320 tragen, aus dem insbesondere der Hersteller, die Art des Produkts bzw. die Produktbezeichnung, die Typenbezeichnung, die Zulassungsnummer, die Abmessungen, das Gewicht und ein firmeninterner Code (Rollnummer) hervorgeht, aus dem direkt oder indirekt der Zeitpunkt der Produktion abgelesen werden kann und der in eindeutiger Weise den Unterlagen und Ergebnissen der Qualitätssicherungsmaßnahmen an der Liefereinheit zugeordnet ist. Im Einzelfall können weitere Angaben festgelegt werden. Ein Musteretikett wird der Zulassung als Anlage beigefügt.

⁵ Das Verfahren zur Ermittlung der „zulässigen Toleranz“ einer Eigenschaft eines Produkts, die im Rahmen der CE-Kennzeichnung angegeben werden muss, ist nicht genau definiert. Sie ergibt sich aus den Verfahren und Anforderungen der werkseigenen Produktionskontrolle. Die Hersteller gehen dabei unterschiedlich vor. Oft wird ein Mittelwert über die Probenbreite und die zugehörige Standardabweichung angegeben, deren Einhaltung durch die werkseigene Produktionskontrolle garantiert wird. Anwender fassen den Begriff nach der geltenden Anwendungsnorm jedoch meist so auf, dass bei einer großen Zahl von Einzelprüfungen dieser Eigenschaft 95 % der Prüfergebnisse innerhalb des tolerierten Bereichs liegen (95 %ige Vertrauensbereich).

2.5. Produktionsstätte und Produktionsverfahren

Die Produktionsstätte und das vom Hersteller detailliert zu beschreibende Produktionsverfahren werden als Bestandteil der Zulassung festgeschrieben. Alle speziellen Angaben zum Produktionsverfahren werden bei der Zulassungsstelle vertraulich hinterlegt. Vor Erteilung der Zulassung überzeugt sich die Zulassungsstelle durch einen Besuch der Produktionsstätte des Herstellers sowie der Produktionsstätte des Vorproduktherstellers von der Richtigkeit der zum Produktionsverfahren und zu den Geräten und Maschinen gemachten Angaben sowie davon, dass qualifiziertes Personal, Räume, Prüfeinrichtungen und sonstige Ausstattungen der Produktionsstätte und des Prüflabors eine einwandfreie Produktion und eine anforderungsgerechte Eigenüberwachung der Produktion gewährleisten.

Im Einzelfall muss der Hersteller nachweisen, wie aus dem gewählten Produktionsverfahren sich ergebende potenzielle Beeinträchtigungen einer einwandfreien Produktion durch Maßnahmen im Verfahrensablauf und im Qualitätsmanagement ausgeschlossen werden.

3. Kennwerte des Bewehrungsgitters für die Bemessung

Das Bewehrungsgitter muss für mindestens 100 Jahre seine Funktion erfüllen. Eine Bemessung muss den Einwirkungen die nach 100 Jahren voraussichtlichen Materialwiderstände gegenüberstellen und prüfen, ob diese Anforderung erfüllt ist. Aus der Standsicherheitsberechnung, die in Anlehnung an die Bemessungsregeln der EBGEO⁶ durchgeführt wird (s. Abschnitt 7), ergeben sich Anforderungen an bestimmte Bemessungswerte des Materialwiderstands der Bewehrung, die vom gewählten Bewehrungsgitter mindestens erfüllt werden müssen. Es sind dies der Bemessungswert der Langzeit-Zugfestigkeit des Bewehrungsgitters, die Bemessungswerte der Reibungswiderstände der Rei-

bung zwischen Boden oder Geokunststoff und Bewehrungsgitter für die Versagensmechanismen „Abscheren/Gleiten“ (s. EBGEO, S. 35 und S. 154) sowie – in Erweiterung der Bemessungsregeln der EBGEO – der Bemessungswert des Verbundbeiwerts und des Langzeit-Herausziehwidestands⁷ (langfristig höchstens „verankerbare“ Zugkraft aufgrund der Langzeitfestigkeit von Querelementen und Verbindungsstellen) sowie die zugehörige Verankerungslänge für den Versagensmechanismus „Verankerung/Herausziehen“. Weiterhin müssen die unter den Einwirkungen langfristig auftretenden Verformungen und Verschiebungen ermittelt und es muss beurteilt werden, inwieweit diese „mit dem Zweck des Bauwerks verträglich“ sind. Das Bewehrungsgitter muss also so ausgewählt werden, dass es über die Funktionsdauer von mindestens 100 Jahren ausreichend tragfähig und zudem gebrauchstauglich bleibt.

Unter Verwendung vorgeschriebener lastfallabhängiger Sicherheitsfaktoren werden diese Bemessungswerte auf charakteristische Eigenschaftswerte des Bewehrungsgitters zurückgeführt, die in Prüfungen entweder bestimmt und oder aus Prüfwerten mit Abminderungsfaktoren errechnet werden können. Dies sind:

1. der charakteristische Wert der nach langer Zeit noch vorhandenen Zugfestigkeit $R_{B,k}$,
2. die Isochronenkurven,
3. der charakteristische Wert des Reibungsbeiwerts $f_{sg,k}$ bzw. $f_{gg,k}$ für die „Reibung“ zwischen Boden und Geogitter bzw. für die Reibung zwischen Geogitter und einem anderen Geokunststoff für den Versagensmechanismus „Abscheren/Abgleiten“,
4. die für bestimmte Böden und Auflasten charakteristischen Werte des Verbundbeiwerts λ und des langfristig zulässigen Herausziehwidestands sowie der mindestens erforderlichen Verankerungslänge für den Versagensmechanismus „Herausziehen/Verankerung“.

⁶ EBGEO, Empfehlung für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrung aus Geokunststoffen, Verlag Ernst und Sohn, Berlin, 2010.

⁷ Müller, W.: Zur Bemessung der Verankerung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff beim Schutz von Böschungen vor hangparallelem Gleiten. Bautechnik, 88(2011), H. 6, S. 347-362.

Zu 1.: Die Langzeit-Zugfestigkeit $R_{B,k}$ ergibt sich aus der charakteristischen Kurzzeit-Zugfestigkeit $R_{B,k0}$, die aus dem in 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 Gleichung:

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

Dabei sollen die Abminderungsfaktoren 1 bis 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,
- 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 Oberflächenabdichtungen grundsätzlich nicht erlaubt. Dynamische Beanspruchungen spielen in gewissem Umfang nur in der Bauphase für eine kurze Zeit eine Rolle. Hinsichtlich der erforderlichen Nachweise für den Abminderungsfaktor A_2 wird auf den Abschnitt 6.2 und den Abschnitt 2.2.4.6.1 der EBGEO verwiesen. Im Zulassungsschein werden $R_{B,k0}$ sowie die Abminderungsfaktoren A_1 und A_4 sowie typische Beispiele für A_2 angegeben.

Eine Zulassung kann grundsätzlich nur dann erteilt werden, wenn experimentelle Langzeituntersuchungen vorliegen, mit denen die Einflüsse des Kriechens und duktilen Versagens (Abminderungsfaktor A_1) und die Rückwirkung der Alterungsvorgänge und der Bewitterung auf die Festigkeit (Abminderungsfaktor A_4) quantitativ abgeschätzt wer-

den können. Dabei muss gezeigt werden, dass sich aufgrund der Alterung keine wesentlichen nachteiligen Veränderungen im Kriechverhalten und der Tragfähigkeit für die Funktionsdauer von 100 Jahren ergeben (s. dazu den folgenden Abschnitt 4.3).

Zu 2.: Zur Erstellung eines Diagramms der Isochronenkurven wird in Kriechversuchen ermittelt, bei welchen Zugkräften sich nach welchen Zeiten welche Dehnungen ergeben. Die Isochronenkurve stellt dann für eine bestimmte Zeit den funktionalen Zusammenhang zwischen Auslastungsgrad (Zugkraft je Probenbreite/Kurzzeit-Zugfestigkeit) und Dehnung dar. Die Isochronenkurve für 100 Jahre wird aus den Kurven für kürzere Zeiten extrapoliert. Das Isochronendiagramm wird im Zulassungsschein dargestellt. Auch hier gilt: Eine Zulassung kann grundsätzlich nur dann erteilt werden, wenn experimentelle Langzeituntersuchungen vorliegen, mit denen die Rückwirkung der Alterungsvorgänge auf das Verformungsverhalten abgeschätzt werden kann. Aufgrund der Alterung dürfen sich keine wesentlichen nachteiligen Veränderungen im Verformungsverhalten ergeben.

Zu 3.: Typische Werte der charakteristischen Reibungsparameter für die Reibung zwischen Bewehrungsgitter und Geokunststoffen sowie zwischen Bewehrungsgitter und Boden für den Versagensmechanismus „Abgleiten/Abscheren“ werden im Zulassungsschein angegeben. In der Regel wird angenommen, dass sich die Reibungsparameter im Laufe der Zeit nicht verändern. Diese Annahme erscheint gerechtfertigt, wenn der Reibungswiderstand durch die Reibung zwischen den Bodenteilchen oder Geokunststoffoberflächen und den Oberflächen der Gitterelemente in deren Kontaktbereich bedingt ist: Alterungsvorgänge werden zunächst nur die Festigkeitseigenschaften nachteilig verändern. Erst in einem sehr fortgeschrittenen Stadium würden sich auch Oberflächeneigenschaften so verändern, dass sich Auswirkungen auf die Reibung ergäben.

Zu 4.: In der EBGEO wird davon ausgegangen, dass sich die Wechselwirkung zwischen Bewehrungsgitter und Boden beim Herausziehen als eine Art von Reibung auffassen lässt, auf die die Festigkeits-

eigenschaften des Bewehrungsgitters und alterungsbedingte Materialveränderungen keinen Einfluss haben. Die Reibung wird durch einen Verbundbeiwert charakterisiert, der im Herausziehversuch bestimmt wird. Für die Bemessung wird dann angenommen, dass bei gegebenem Verbundbeiwert der Herausziehwiderstand proportional zur Auflast und zur Verankerungslänge anwächst, also die Zugkraft, mit der das Bewehrungsgitter belastet werden darf, auch immer verankert werden kann, wenn nur die Verankerungslänge oder die Auflast groß genug gewählt werden. Dieser Ansatz gilt jedoch nur für ein vollkommen starres Bewehrungsgitter, bei dem die mechanische Festigkeit der Verbindungsstellen und Querelemente viel größer ist als die höchsten bei der Beanspruchung durch den Erdwiderstand des Bodens zu übertragenden Zug- und Scherspannungen. Im Grenzzustand, wo gerade das Herausziehen beginnt, pflügt dann das starre und intakte Bewehrungsgitter durch den Boden und die dafür erforderliche Kraft wächst in der Tat proportional zur vertikalen Spannung und der eingebetteten Länge an. Weiterhin gilt der Ansatz in dem speziellen Fall, wo tatsächlich nur die reine Oberflächenreibung in der Kontaktfläche zwischen Bodenpartikeln und Längselementen den Herausziehwiderstand bedingt (Reibungsgitter). Diese Voraussetzungen sind im Allgemeinen bei Bewehrungsgitter aus Kunststoff nicht erfüllt⁸.

Aufgrund einer begrenzten Steifigkeit der Längselemente aus Kunststoff wird sich eine Herausziehkraft immer nur über eine gewisse aktivierte Länge verteilen, völlig unabhängig davon, wie groß tatsächlich die 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 sind im vorderen Bereich groß, zum Ende der aktivierten Länge hin nehmen sie dann ab. Der Herausziehwiderstand findet dabei seine obere Grenze in der Belastbarkeit der Verbindungsstellen und Querelement. Die aus

dem Erdwiderstand resultierende Zugkraft, die je Verbindungsstelle übertragen werden muss, ist zwar klein und in der Größenordnung von einigen 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.

Die Festigkeit und Verformung der Verbindungsstellen (und der Querelemente) unter der spezifischen Beanspruchung im Boden bei einer bestimmten Auflast und deren Langzeitverhalten bestimmt den möglichen Herausziehwiderstand, zu dem eine mindestens erforderliche Verankerungslänge gehört. Noch zulässiger Herausziehwiderstand und mindestens erforderliche Verankerungslänge können im Allgemeinen nicht anhand des experimentell im Herausziehversuch ermittelten Verbundbeiwerts berechnet werden. Dies ist nur für ein Reibungsgitter möglich. Bei der Zulassung muss daher nicht nur der Materialwiderstand der Längselemente beurteilt werden und daraus die zulässige Zugkraft abgeleitet werden, mit der das Bewehrungsgitter langfristig belastet werden darf. Es muss auch der Materialwiderstand der Querelemente und insbesondere der Verbindungsstellen beurteilt und daraus die noch verankerbare Zugkraft und die zugehörige Verankerungslänge ermittelt werden. Eine Zulassung ist jedoch nur dann möglich, wenn diese beiden voneinander unabhängigen Materialwiderstände bei der Bemessung auch berücksichtigt werden.

Wenn von Festigkeit der Verbindungsstellen gesprochen wird, so ist hier in der Regel die Festigkeit unter den spezifischen Beanspruchungen im Boden gemeint. Daneben können Festigkeitseigenschaften in Zug-Scherversuchen im Labor ermittelt werden. Die Prüfung dieser Eigenschaften im Labor ist für die Qualitätssicherung wichtig. Sie kann auch als Indexprüfung für Alterungsversuche verwendet werden. Aus den Werten der Festigkeitsprüfung an Verbindungsstellen im Labor darf jedoch nicht auf deren Verhalten im Boden geschlossen werden. Die Anforderungen an die Eigenschaften von Verbindungsstellen und deren Langzeitverhalten werden im Abschnitt 4.3.4 näher beschreiben. Für Querelemente gelten in der Regel die gleichen Anforderungen an das Langzeitverhalten wie für die Längselemente (Abschnitt 4.3). Auf die Reibungsbeiwerte für Abgleiten/Abscheren und den Herausziehwiderstand wird im Abschnitt 4.4 eingegangen. Im Abschnitt 7 wer-

⁸ Ziegler, M., Timmers, V.: A New Approach to Design Geogrid Reinforcement. In: Proceedings of the Third European Geosynthetic Conference. Floss, R., Bräu, G., Nußbaumer, M. and Laackmann, K. (Hrsg.), DGGT and TUM-ZG, München, 2004.

Müller, W.: Zur Bemessung der Verankerung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff beim Schutz von Böschungen vor hangparallelem Gleiten. Bautechnik 88(2011), H. 6, S. 347-362.

den Hinweise gegeben, die, abhängig von den Eigenschaften eines Bewehrungsgitters, bei der Bemessung einer langfristig sicheren Verankerung berücksichtigt werden müssen.

4. Anforderungen an die Bewehrungsgitter

Im Folgenden werden die Zulassungsanforderungen an die Eigenschaften der Bewehrungsgitter beschrieben. Die Prüfungen werden von der BAM in der Arbeitsgruppe 4.32 „Kunststoffe in der Geo- und Umwelttechnik“ oder anderen Arbeitsgruppen der BAM und in von der BAM anerkannten Prüfstellen durchgeführt (Abschnitt 11 gibt eine Liste bereits anerkannter Prüfstellen). Es werden dabei Prüfungen zu den allgemeinen physikalischen Eigenschaften, zu den mechanischen Eigenschaften (Zugversuch), zum Kriechen unter Zugbeanspruchung, zur Beständigkeit, zur Wechselwirkung mit dem Boden, zum Alterungsverhalten sowie zu den Eigenschaften der Verbindungsstellen durchgeführt.

In begründeten Einzelfällen kann die Zulassungsstelle abweichend von den hier aufgeführten technischen Anforderungen und in Ergänzung dazu Sonderregelungen treffen. Diese besonderen technischen Anforderungen werden nach Rücksprache und Erörterung mit dem Fachbeirat für die Zulassung festgelegt.

4.1. Allgemeine physikalische und mechanische Eigenschaften

In der Tabelle 1 sind charakteristische Eigenschaften von Vorprodukten beschrieben. Die Auswahl der erforderlichen Prüfungen richtet sich nach den Werkstoffen und der Eigenart der Vorprodukte. Prüfanforderungen und Werksvorschriften sind in der Regel Werksgeheimnisse des Herstellers, die bei der Zulassungsstelle vertraulich hinterlegt werden.

In den Tabellen 2a und 2b sind die charakteristischen Eigenschaften eines Bewehrungsgitters aus Kunststoff zusammengestellt. Die Zugfestigkeit, die Qualität der Verbindungsstellen, die Isochronenkurven, das Zeitstandverhalten sowie das Reibungs- und Herausziehverhalten sind im Hinblick auf die Anwendung wesentliche Eigenschaften. Hinzu kommt die Robustheit gegen Beanspruchungen durch den Einbau. Wobei die zugehörige Prüfung

zugleich auch als Nachweis der Eignung des Einbauverfahrens aufgefasst werden muss. Die anderen Eigenschaften dienen nur zur Typisierung, als Identifikationsmerkmale und als Vergleichsgrößen im Rahmen der Qualitätssicherung.

4.2. Grundprüfungen zur Beständigkeit

In einem von der europäischen und der internationalen Normungsorganisation herausgegebenen *Leitfaden zur Beständigkeit von Geotextilien und geotextil-verwandten Produkten* (ISO/TS 13434) werden „Grundprüfungen“ zur Beständigkeit (Hydrolyse, Oxidation, Angriff von Mikroorganismen und Bewitterung) zusammengestellt, mit denen eine Mindestfunktionsdauer von 25 Jahren gewährleistet wird (s. Tabelle 3). Die Prüfungen gehen dabei von einem Umgebungsmilieu mit pH 4–9 und einer Temperatur von höchstens 25 °C aus. Diese Prüfungen werden im Zusammenhang mit der CE-Kennzeichnung durchgeführt.

Ergänzend zu diesen Grundprüfungen wird bereits am Vorprodukt bzw. an der Formmasse die Spannungsrisssbeständigkeit geprüft, wenn aufgrund der Art des Werkstoffs und der Ausbildung der Komponenten eines Bewehrungsgitters die Spannungsrissebildung eine Rolle spielen kann (z. B. bei Bewehrungsgittern, die aus spannungsrissempfindlichen Formmassen extrudiert werden), s. Tabelle 1 Nr. 14. Die Bewehrungsgitter müssen über eine hohe Witterungsbeständigkeit verfügen. Dennoch sollten sie möglichst wenig der UV-Strahlung ausgesetzt werden, da diese die Kunststoffe in der Regel stark beansprucht. Die UV-Strahlung wird die Stabilisierung verschlechtern und kann autokatalytische Reaktionen in Gang setzen, die auch nach der Abdeckung noch weiterlaufen. Abweichend von DIN EN 13257 gilt daher auch bei hoher Witterungsbeständigkeit des Geokunststoffs im Deponiebau die Grundregel, dass möglichst am Tage des Einbaus, spätestens jedoch innerhalb einer Woche überbaut werden muss.

Für die Zulassung kommen von vornherein nur solche Bewehrungsgitter in Betracht, die mindestens diese Grundprüfungen bestehen.

4.3. Langzeitverhalten

Materialien und Verfahren, die bei der Produktion des Bewehrungsgitters eingesetzt werden, müssen so gewählt werden, dass die Funktionserfüllung des eingebauten Produkts unter allen äußeren und gegenseitigen Einwirkungen in der Oberflächenabdichtung über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren gewährleistet ist. Das Bewehrungsgitter wird dabei planmäßig und dauerhaft durch Zugkräfte beansprucht. Für den Nachweis dieser sehr langen Funktionsdauer sind spezielle Langzeituntersuchungen erforderlich. Zunächst wird das Verhalten des Bewehrungsgitters unter Zugkräften in Kriechversuchen untersucht, daraus die isochronen Spannungs-Dehnungs-Diagramme ermittelt und in Zeitstandversuchen die bei unterschiedlichen Zugkräften erreichbaren Standzeiten bestimmt (s. Abschnitt 4.3.1). Die Prüfergebnisse können für die Bemessung jedoch nur dann verwendet werden, wenn gezeigt werden kann, dass sich im Verlauf von 100 Jahren die Materialeigenschaften des Bewehrungsgitters, welche die Festigkeiten und das Verformungsverhalten bedingen, nicht wesentlich verändern werden. Dazu werden dann Alterungsversuche an unbelasteten Proben durchgeführt. Die Ausgestaltung dieser Versuche richtet sich nach den Alterungsvorgängen, die für das jeweilige Material des Bewehrungsgitters relevant sind (s. Abschnitt 4.3.2 und 4.3.3).

Diese Vorgehensweise ist jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn gezeigt werden kann, dass durch die einwirkenden Kräfte die Alterungsvorgänge nicht beschleunigt werden und dass keine neuen alterungsähnlichen Versagensmechanismen in Gang gesetzt werden. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, so muss die Auswirkung der Kräfte auf das Langzeitverhalten in Zeitstandversuchen mit „kombinierter“ Einwirkung untersucht werden (s. Abschnitt 4.3.4).

Schließlich müssen die Bereiche der Verbindung von Längs- und Querelementen besonders geprüft werden, da sich hier ein von den Elementen des Bewehrungsgitters abweichendes Materialverhalten ergeben kann (s. Abschnitt 4.3.5).

Bei einem Untersuchungsprogramm muss weiterhin berücksichtigt werden, ob die Längs- und Querelemente aus unterschiedlichen Materialien gefertigt

werden, ob die Elemente beschichtet sind oder aus einer Kombination mehrerer Materialien bestehen.

Das Langzeitverhalten eines Bewehrungsgitters hängt von dessen Material, seiner Art und konstruktiven Gestaltung ab. Es gibt daher keine „Standardprüfung“ für alle Bewehrungsgitter. Für jedes Produkt bzw. jede Produktfamilie muss vielmehr ein Prüfprogramm erarbeitet werden, das die Besonderheiten des Produkts berücksichtigt. Dies sei exemplarisch an zwei Fällen erläutert.

Bei einem gestreckten Bewehrungsgitter aus Polyethylen hoher Dichte ist die Oxidation der wesentliche, die Lebensdauer begrenzende Alterungsmechanismus. Ein durch äußere Kräfte hervorgerufener Spannungszustand wird die Oxidation eher verlangsamen. Dieser Zusammenhang ist gut belegt. Es können also die unten beschriebenen Warmlagerungs-, Immersions- oder Autoklavenversuche durchgeführt werden (s. Abschnitt 4.3.1). Bei diesem Material können die einwirkenden Kräfte jedoch eine Spannungsrissbildung auslösen. Dieser Mechanismus könnte zum Versagen des Materials bei der Einwirkung von Kräften führen, die weit unterhalb des in den Versuchen zur Festigkeit ermittelten Niveaus liegen. Es müssen daher Zeitstandversuche mit „kombinierter“ Beanspruchung durchgeführt werden. Die Spannungsrissbildung wird voraussichtlich in den wenig verstreckten Verbindungsbereichen von Längs- und Querelementen auftreten, auf die sich die Untersuchung konzentrieren muss (s. Abschnitt 4.3.4).

Bei einem gelegten oder gewebten Bewehrungsgitter aus Polyester wird zunächst zu klären sein, ob das gewählte Polyestermaterial unter den Milieubedingungen auf der Deponieoberflächenabdichtung tatsächlich beständig gegen die Oxidation und gegen die äußere Hydrolyse ist. Der relevante Alterungsvorgang ist dann die innere Hydrolyse (s. Abschnitt 4.3.3). Dazu können Immersionsversuche an unbelasteten Proben durchgeführt werden, da auch hier ein Spannungszustand den hydrolytischen Abbau vermutlich nicht beschleunigen wird. Dieser Sachverhalt wurde in einzelnen bereits vorliegenden Untersuchungen festgestellt.

Im nächsten Schritt müssen die Verbindungsstellen untersucht werden (s. Abschnitt 4.3.5). Sind die Elemente verschweißt, so muss das Alterungsver-

halten und die Festigkeit der Schweißnähte in Zeitstandversuchen unter „kombinierter Einwirkung“ ermittelt und dazu Verfahren angegeben werden, mit denen die Festigkeit der Schweißnähte charakterisiert werden kann. Bei anderen Verbindungskonstruktionen muss im Einzelfall überlegt werden, welche besonderen Versagensmechanismen sich ergeben könnten und wie diese prüftechnisch charakterisiert werden können.

Gegebenenfalls müssen ergänzend zu den noch zulässigen Beanspruchungen des Bewehrungsgitters besondere Anforderungen an die noch zulässige Beanspruchung der Knotenbereiche festgelegt werden.

Bei anderen Werkstoffen und Produkten (z. B. gelegte Bewehrungsgitter aus Polypropylen, pultrudierte PE-PET-Bewehrungsgitter oder andere mehrschichtige Bewehrungsgitter, gewebte Bewehrungsgitter aus Polyvinylalkohol usw.) muss von einem umfassenden, alle Einwirkungen berücksichtigenden Prüfprogramm ausgegangen werden.

4.3.1 Zugfestigkeit und Isochronenkurven

Es müssen sowohl Kriechversuche als auch Zeitstandversuche nach DIN EN ISO 13431 durchgeführt werden (Tabelle 2 Nr. 2.9 und 2.10). Aus den Kriechversuchen werden die Isochronenkurven ermittelt. Die Zeitstandversuche dienen zur Bestimmung des Abminderungsfaktors A_1 .

Für die Erstellung einer Isochronenkurve eines Produkts oder eines für eine Produktfamilie repräsentativen Produkts müssen Prüfungen bei mindestens vier Auslastungsgraden zwischen 10 % und 60 % der Kurzzeitzugfestigkeit mit einer Prüfdauer von mindestens 10.000 h durchgeführt werden. Die Kurven für 100.000 h und 1.000.000 h werden aus den vorhandenen Isochronenkurven, von Zeiten bis zu 10.000 h, extrapoliert.

Bei der Zulassung einer Produktfamilie muss nachgewiesen werden, dass die Isochronenkurven der Produkte der Familie mit denen des repräsentativen Produkts übereinstimmen. Ist dies nicht der Fall, müssen die Isochronenkurven für jedes Produkt ermittelt werden. Für den Nachweis der Übereinstimmung gelten folgende Anforderungen: Aus der Produktfamilie werden je nach deren Umfang Produkte mit niedrigeren und höheren Kurzzeitfestigkeiten

ausgewählt und in Kriechversuchen geprüft. Dabei wird eine Kriechkurve bei mindestens 2 Auslastungsgraden über eine Prüfdauer von mindestens 100 h gemessen. Die so ermittelten Daten zur Isochronenkurve dürfen keine signifikante Abweichung von den Daten des repräsentativen Produkts ergeben.

Für die Erstellung einer Zeitstandkurve eines Produkts oder eines für eine Produktfamilie repräsentativen Produkts müssen Zeitstandzugversuche bei mindestens 12 verschiedenen, gleichmäßig abgestuften Zugkräften durchgeführt werden. Die kleinste Zugkraft muss dabei so gewählt werden, dass Standzeiten von mindestens 10.000 h erreicht werden. Für den Nachweis der Übereinstimmung gelten folgende Anforderungen: Aus der Produktfamilie werden je nach deren Umfang Produkte mit niedrigeren und höheren Kurzzeitfestigkeiten ausgewählt und in Zeitstandzugversuchen geprüft. Dabei werden Versuche bei mindestens 4 verschiedenen Zugkräften durchgeführt. Die kleinste Zugkraft muss dabei so gewählt werden, dass Standzeiten von mindestens 1.000 h erreicht werden. Die so ermittelten Daten zu den Standzeiten dürfen keine signifikante Abweichung von den Daten des repräsentativen Produkts ergeben.

Alternativ kann für die Ermittlung der Zeitstandkurve auch die sogenannte Stepped Isothermal Method (SIM) nach ASTM D 6992 herangezogen werden (Tabelle 2 Nr. 2.11). Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse der SIM-Versuche muss aber immer durch einen Vergleich mit einem herkömmlichen Zeitstandversuch (eine Zugkraft, mindestens 10.000 h Prüfdauer) abgesichert werden.

4.3.2 Oxidation und Auslaugung von Stabilisatoren

Die Beständigkeit gegen den oxidativen Abbau bei Polyolefinen wird in Warmlagerungsversuchen im Umluftwärmeschrank in Anlehnung an DIN EN ISO 13438 und in Auslaugversuchen in Anlehnung an DIN EN 14415 bei einer Lagerungstemperatur von jeweils 80 °C untersucht (s. Tabelle 4 Nr. 4.1 und 4.2)⁹. Die Lagerungszeit muss mindes-

⁹ Müller, W., Jakob, I., Li, C. S. und Tatzky-Gerth, R.: Durability of polyolefin geosynthetic drains. Geosynthetics International, 16(2009), H. 1, S. 28-42.

tens ein Jahr betragen. Untersucht werden die Veränderungen der mechanischen Kennwerte (Höchstzugkraft und Dehnung bei der Höchstzugkraft) sowie des Stabilisatorgehalts und der Kristallinität. Der Stabilisatorgehalt wird nach einer Fest-flüssig-Extraktion durch UV-Spektroskopie, HPLC-Analyse und indirekt über OIT-Messungen am Produkt selbst bestimmt. Das gewählte Messverfahren richtet sich nach der Art der Stabilisierung. Die Kristallinität wird in einer DSC-Messung ermittelt. Die Anforderungen sind in Tabelle 4 angegeben.

Anforderungen an andere Rohstoffe/Arten von Produkten (z. B. Polyester, Polystyrol, PVC etc.) werden in sinngemäßer Übertragung der Anforderungen der Tabelle 4 festgelegt.

Die Beständigkeit gegen die oxidative Alterung bei Polyolefinen kann auch durch Autoklavenversuche in Anlehnung an DIN EN ISO 13438 Verfahren C nachgewiesen werden. Dabei sind bei 5 MPa Sauerstoffdruck und mindestens drei Temperaturen (60, 70 und 80 °C) sowie bei 80 °C und mindestens zwei Drücken (1 und 2 MPa) Immersionsversuche durchzuführen¹⁰. Gemessen werden die Veränderungen der mechanischen Eigenschaften und des Stabilisatorgehalts und aus diesen wird, nach einem noch festzulegenden Verfahren, die Funktionsdauer unter Anwendungsbedingungen abgeschätzt.

Wenn die oxidative Alterung zu einem allmählichen Festigkeitsverlust führt, so muss auch hier ein Abminderungsfaktor A_4 in Analogie zu dem im Folgenden für die Hydrolyse beschriebenen Verfahren ermittelt werden.

4.3.3 Hydrolyse

Die Beständigkeit gegen den Alterungsvorgang der inneren Hydrolyse wird durch Immersionsversuche in Anlehnung an DIN EN 12447 geprüft. Das Verfahren der Probenahme und der mechanischen Prüfungen lehnt sich an DIN EN 12226 an. Als Prüfmedium wird entionisiertes Wasser verwendet. Bei fünf Immersionstemperaturen (z. B. 50, 60, 70, 80 und 90°C) werden Proben für mindestens 10 Entnahmen mit jeweils mindestens 10 Probekörpern aus dem

Längselement mit Verbindungsstellen und bei andersartigen Eigenschaften auch 10 Probekörper aus dem Querelement mit Verbindungsstellen eingelagert. Die Versuche müssen über mindestens 10.000 h geführt werden. Die Vorbereitung, Konditionierung, Einlagerung und Entnahme der Proben wird in einer eigenen Prüfvorschrift geregelt. Beschichtete Proben dürfen nur dann eingelagert werden, wenn für den Bereich der Prüftemperaturen in stichprobenartigen Untersuchungen gezeigt wird, dass die Beschichtung keinen Einfluss auf das Prüfergebnis hat. An den entnommenen Proben werden Zugversuche zur Bestimmung der Höchstzugkraft und der Dehnung bei der Höchstzugkraft durchgeführt sowie der Gehalt an Carboxylendgruppen oder die Grenzviskositätszahl bestimmt, die beide als Maß für den Abbau des mittleren Molekulargewichts dienen sollen. Die Auswahl des Prüfverfahrens für die mechanischen Prüfungen richtet sich nach DIN EN 12226 (Entwurf). Weiterhin wird die Glasübergangstemperatur ermittelt.

Die Daten ergeben die Abbaukurven für die Zugfestigkeit bei den unterschiedlichen Lagerungstemperaturen. Für eine gegebene Abminderung der Zugfestigkeit werden aus den Abbaukurven die zugehörigen Lagerungszeiten ermittelt. Diese Zeiten werden in ein Arrhenius-Diagramm eingetragen und durch lineare Extrapolation die Funktionsdauer unter Anwendungsbedingungen abgeschätzt. Dies geschieht für verschiedene Abminderungen. Der Abminderungsfaktor A_4 für die Zugfestigkeit wird schließlich so gewählt, dass die extrapolierte Funktionsdauer bei 20 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % größer als 100 Jahre ist. Ebenso wird der zeitliche Verlauf des molekularen Abbaus bei den verschiedenen Temperaturen ausgewertet. Daraus kann auch der Zusammenhang zwischen der Abnahme des Molekulargewichts und der Zugfestigkeit bestimmt und insbesondere Abbaukurven bei niedrigen Temperaturen überprüft werden.

In Tabelle 4 Nr. 4.5 wird ein Immersionsversuch zur Prüfung der Beständigkeit gegen den äußeren hydrolytischen Abbau bei Bewehrungsgittern aus Polyester (PET) angegeben¹¹. Diese Prüfung muss

¹⁰ Schröder, H. F., Munz, M. und Böhning, M.: A New Method for Testing and Evaluating the Long-Time Resistance to Oxidation of Polyolefinic Products. *Polymers & Polymer Composites*, 16(2008), H. 1, S. 71-80.

¹¹ Schröder, H. F.: Ermittlung des Einflusses der alkalischen Hydrolyse auf die Langzeitbeständigkeit von hochfesten Polyester (PET)-Garnen für Geotextilien.

herangezogen werden, wenn in Abstimmung mit der Zulassungsstelle ein Bewehrungsgitter unter speziellen Bedingungen bei $\text{pH} > 9$ eingesetzt werden soll.

4.3.4 Alterung unter der Einwirkung von Zugkräften: Zeitstandzugversuche bei höheren Temperaturen und Medieneinfluss

Zur Prüfung des Alterungsverhaltens unter der Einwirkung von Zugkräften werden Zeitstandzugversuche in Anlehnung an DIN EN ISO 13431 durchgeführt. Solche Versuche sind dann erforderlich, wenn mechanische Spannung erhebliche Auswirkungen auf das Alterungsverhalten haben oder haben können. Wenn solche Effekte nur im Bereich der Verbindungsstellen auftreten, genügt es entsprechende Versuche an den Verbindungsstellen durchzuführen, s. dazu Abschnitt 4.3.5.

Geprüft wird an Probekörpern aus Längs- und falls erforderlich auch Querelementen jeweils mit Verbindungsstellen. Die Auslastungsgrade der Höchstzugkraft sind so zu wählen, dass sich von den insgesamt zwölf Einzelprüfungen jeweils mindestens 3 Standzeiten in den Bereichen zwischen 10 h und 100 h, 100 h und 1.000 h, 1.000 h und 10.000 h, sowie über 10.000 h ergeben. Die so bestimmte Zeitstandkurve ist für mindestens 3 Temperaturen in einem für den Alterungsvorgang relevanten Medium zu ermitteln. Zur Bestimmung der Zeitstandkurve und zu deren Extrapolation auf die Temperatur der Anwendung ist die ISO/TR 20432 zu berücksichtigen. Aus dem Vergleich mit der Zeitstandkurve, die aus Untersuchungen bei der Anwendungstemperatur nach DIN EN ISO 13431 extrapoliert wurde, ergibt sich der Abminderungsfaktor A_4 .

4.3.5 Eigenschaften und Langzeitverhalten der Verbindungsstellen

Die Verbindungsstellen der Bewehrungsgitter können in unterschiedlicher Weise ausgebildet sein. Über Art und Umfang der Alterungsversuche wird im Einzelfall entschieden. Alterungsversuche sind in der Regel erforderlich, wenn die Kraftübertragung im Bereich der Verbindungsstellen nicht nur über eine reine Reibung zwischen den sich kreuzenden Elementen erfolgt. Da bislang kaum Erfahrungen mit Al-

terungsversuchen an Verbindungsstellen vorliegen, können hier nur vorläufige Festlegungen hinsichtlich der Versuchsdurchführung und Bewertung getroffen werden.

Bei gestreckten und gelegten Bewehrungsgittern kann das Verhalten der Verbindungsstellen in Zugversuchen in Anlehnung an GRI GG2 bestimmt werden¹². Das Kraft-Weg-Diagramm und das Versagensbild müssen für mindestens 20 Einzelproben dokumentiert werden (s. Tabelle 2 Nr. 2.8).

Bei der Zugprüfung im Labor werden die Querstäbe eingespannt, die eigentliche Verbindungsstelle liegt jedoch frei. Unter den Bedingungen der Anwendung sind die Verbindungsstellen unter einer Auflast eingebettet. Die Zugfestigkeitseigenschaften der im Boden eingebetteten Verbindungsstelle unter einer gleichzeitig einwirkenden Druckspannung werden sich von denen einer Verbindungsstelle im Zugversuch im Labor unterscheiden. Aus den Laborversuchen kann daher noch nicht auf die Festigkeitseigenschaften im Boden geschlossen werden.

Die Untersuchung der Beständigkeit kann abgestuft erfolgen. Zunächst kann die Beständigkeit der Verbindungsstellen ohne mechanische Beanspruchung in Einlagerungsversuchen bestimmt werden. Die Auswahl des Prüfmediums und der Prüfbedingungen richtet sich nach dem Werkstoff und den relevanten Alterungsvorgängen. Die Proben müssen spannungsfrei in eine Halterung montiert werden, die einerseits die Form fixiert andererseits die Einwirkung der Prüfflüssigkeit nicht behindert. Die Prüfung der Höchstzugkraft in Anlehnung an GRI GG2 erfolgt je Entnahme an mindestens zehn Einzelproben (s. Tabelle 2 Nr. 2.8). Bei Bewehrungsgittern aus PET werden die Proben in Anlehnung an DIN EN 12447 bei 60 °C über mindestens ein Jahr eingelagert. In regelmäßigen Abständen erfolgen vier Entnahmen. Der Abfall der relativen Höchstzugkraft sollte nicht mehr als 25 % betragen.

Bei Polyolefinen wird eine 28-tägige Alterung im Autoklaven bei hohem Sauerstoffdruck nach DIN EN ISO 13438 Verfahren C durchgeführt. Der Abfall der relativen Höchstzugkraft sollte nicht mehr

¹² Kupec, J., McGown, A. and Ruiken, A.: Junction Strength Testing for Geogrids. In: Proceedings of the Third European Geosynthetic Conference. Floss, R., Bräu, G., Nußbaumer, M. and Laackmann, K. (Hrsg.), DGGT and TUM-ZG, München, 2004.

als 25 % betragen.

Im zweiten Schritt muss das Alterungsverhalten der Verbindungsstellen unter Einwirkung einer Zugkraft in Anlehnung an die DIN EN ISO 13431 bei erhöhter Temperatur untersucht werden, s. dazu Abschnitt 4.3.4. Die Krafteinleitung auf die Verbindungsstellen erfolgt durch eine Vorrichtung, die in Anlehnung an GRI GG2 gestaltet wird. Die Auswahl der Prüfmedien richtet sich nach den relevanten Alterungsmechanismen. Produkte aus Polyester müssen im Wasser, solche aus Polyolefinen in Wasser und an Luft geprüft werden. Es sind Zeitstandkurven bei zunächst mindestens einer Prüftemperatur (z. B. 60 °C bei Produkten aus Polyester und 80 °C bei Polyolefinen) und verschiedenen Auslastungsgraden zu ermitteln. Zur Bestimmung der Zeitstandkurve und zu deren Extrapolation auf die Temperatur der Anwendung ist die ISO/TR 20432 zu berücksichtigen. Aus dem Kehrwert des Auslastungsgrads für die Höchstzugkraft der Verbindungsstelle für eine Zeitdauer von 100 Jahren bei einer Temperatur von beispielsweise 20 °C könnte aus solchen Versuchen im Prinzip ein Anhaltspunkt für die Abminderung der Festigkeit der Verbindungsstelle bestimmt werden. Für geraschelte oder gewebte Bewehrungsgitter müssen noch analoge Prüfverfahren entwickelt werden.

Je nach dem Ausmaß des Abweichens des Verhaltens der Verbindungsstellen von dem der Längs- und Querelemente kann eine dritte Stufe erforderlich sein. Die in eingebetteten Verbindungsstellen von den Quer- auf die Längselemente übertragbaren Kräfte werden voraussichtlich größer sein, als es die Kurzzeit-Zugfestigkeit der freien Verbindungsstelle erwarten lässt. In einem dritten Schritt könnten daher ergänzend zu den oben beschriebenen Prüfungen zur Beständigkeit und zum Zeitstandverhalten „freier“ Verbindungsstellen Zeitstand-Scherversuche in Anlehnung an DIN EN ISO 25619-1 durchgeführt werden, um diesen Effekt zu untersuchen.

Dazu würde in einer speziellen noch zu entwickelnden Versuchseinrichtung auf die Verbindungsstelle eine Scherkraft im Bereich der Kurzzeit-Scherfestigkeit und gleichzeitig eine Druckkraft aufgebracht. Bei Bewehrungsgittern aus PET müssten die so beanspruchten Proben in Anlehnung an DIN EN 12447 bei 60 °C über mindestens ein Jahr eingelagert wer-

den. Bei Bewehrungsgitter aus Polyolefinen müssten die so eingespannten Proben bei 80 °C über mindestens ein Jahr gut belüftet an Luft gelagert werden. Kommt es unter diesen Bedingungen zum Versagen, bliebe als letzter Schritt die Messung von Zeitstandkurven. Es wären dann Zeitstandkurven bei mindestens drei verschiedenen Prüftemperaturen (z. B. 80 °C, 70 °C und 60 °C) zu ermitteln. Zur Bestimmung der Zeitstandkurve und zu deren Extrapolation auf die Temperatur der Anwendung ist die ISO/TR 20432 zu berücksichtigen. Aus dem Kehrwert des Auslastungsgrads für die Festigkeit der Verbindungsstelle für eine Zeitdauer von 100 Jahren bei einer Temperatur von beispielsweise 20 °C ergibt sich damit der Abminderungsbeiwert der Festigkeit der Verbindungsstellen. Der Abminderungsbeiwert ist abhängig von der Nutzungsdauer und von der Temperatur.

4.4. Bestimmung der Reibungsparameter und des Herausziehwidestands

Die Parameter für die Reibung zwischen Bewehrungsgitter und Geokunststoffen sowie zwischen Bewehrungsgitter und Boden für den Versagensmechanismus „Abgleiten/Abscheren“ (s. EBGEO, S. 35 und S. 154) werden in Scherkastenversuchen in Anlehnung an DIN EN ISO 12957-1 bestimmt. Dabei sind die Hinweise der GDA-Empfehlung E 3-8 zu beachten. Das Verfahren, mit dem Reibungsparameter ermittelt wurden, und repräsentative Daten und Versuchsergebnisse für Geokunststoffe und Böden, die beim Entwurf und bei den Berechnungen verwendet werden sollen, müssen der Zulassungsstelle vorgelegt werden.

Die Annahme, dass sich diese Reibungsparameter im Laufe der Zeit nicht verändern, ist nur dann gerechtfertigt, wenn der Reibungswiderstand tatsächlich durch eine Reibung zwischen den Bodenteilen oder Geokunststoffoberflächen und den Oberflächen der Gitterelemente in deren Kontaktbereich bedingt ist. Alterungsvorgänge werden zunächst nur die Festigkeitseigenschaften nachteilig verändern. Erst in einem sehr fortgeschrittenen Stadium würden sich auch Oberflächeneigenschaften so verändern, dass sich Auswirkungen auf die Reibung ergäben. Für den Entwurf und die Berechnung von Verankerungen muss der Herausziehwidestand in Abhän-

gigkeit vom Boden, der Auflast und der Verankerungslänge bekannt sein. Im Verbund zwischen Bewehrungsgitter und Boden wirken beim Herausziehen ein Mechanismus der Kontaktreibung zwischen Boden und Elementen des Bewehrungsgitters sowie ein weiterer Mechanismus, der durch die Verzahnung des Bodens in den Maschen des Bewehrungsgitters bedingt ist¹³. Wird das Bewehrungsgitter auf Zug beansprucht, so stützen sich die Querstäbe auf dem davor liegenden Bodenkörper ab, der der Verschiebung Widerstand entgegensetzt. Aus dem passiven Erddruck des Bodens, der bei einer Verschiebung der Querelemente mobilisiert wird, resultiert eine kombinierte mechanische Beanspruchung in den Querelementen. Diese durch den Erdwiderstand bedingte Kraft und die Reibungskraft in der Kontaktfläche zwischen den Querelementen und dem Boden werden über die Verbindungsstellen in die Längselemente übertragen. Der Herauszieh-widerstand eines Bewehrungsgitters wird bei gegebenem Boden und Auflast dann durch folgende Eigenschaften des Bewehrungsgitters bestimmt¹⁴:

- das Verformungsverhalten und die Beanspruchungsgrenzen der Längs- und Querelemente bei der Beanspruchung durch Herausziehen aus dem Boden,
- die Oberflächenreibung in der Kontaktfläche von Gitterelementen und Boden,
- die an einer Verbindungsstelle wirkende mechanische Beanspruchung in Abhängigkeit vom Verschiebungsweg der Verbindungsstelle für verschiedene Böden und vertikalen Spannungen,
- die Versagensgrenze der Verbindungsstellen bei der mechanischen Beanspruchung durch Herausziehen aus dem Boden.

Um beurteilen zu können, welchen Herauszieh-widerstand ein Bewehrungsgitter unter den gegebenen Bedingungen tatsächlich langfristig entwickeln

¹³ Jewell, R. A., Soil reinforcement with geotextiles, Thomas Telford, London, 1996.

¹⁴ Ziegler, M., Timmers, V.: A New Approach to Design Geogrid Reinforcement. In: Proceedings of the Third European Geosynthetic Conference. Floss, R., Bräu, G., Nußbaumer, M. and Laackmann, K. (Hrsg.), DGGT and TUM-ZG, München, 2004.

kann, müssen insbesondere die beiden letzten Punkte bearbeitet werden¹⁵.

Eine Ausnahme bilden Produkte, bei denen der über die Querelemente und Verbindungsstellen übertragene Erdwiderstand und auch die Reibung zwischen Querelementen und Boden nur geringfügig zum Herauszieh-widerstand beitragen. Bei solchen Bewehrungsgittern kann der Herauszieh-widerstand nach dem Verfahren der EB GEO über einen Verbundbeiwert charakterisiert werden. Es darf aber nur der Verbundbeiwert, der sich aus dem reinen Oberflächenreibungswiderstand der Längselemente ergibt, angesetzt werden. Weiterhin muss sichergestellt sein, dass das Verhalten von Querelementen und Verbindungsstellen beim Herausziehen dabei keinen Einfluss auf die Langzeit-Festigkeit der Längselemente hat. Für die Bestimmung des Verbundbeiwerts müssen dann entsprechende Herausziehversuche nur an Längselementen durchgeführt werden.

Bei allen anderen Bewehrungsgittern muss der Zusammenhang zwischen der an einer Verbindungsstelle übertragenen Zugspannung und der Verschiebung der Verbindungsstelle sowie die Versagensgrenzen der Verbindungsstelle für einen gewissen Bereich typischer Böden und Auflasten ermittelt werden. Dies gilt auch für extrudierte Bewehrungsgitter, da unabhängig von der Art der Ausbildung der Verbindungsstellen der Bereich der Verbindungsstelle ein anderes Materialverhalten als die Längs- und Quersegmente zeigt und/oder immer in besonderer Weise beansprucht wird. Daraus muss dann die höchstens verankerbare Zugkraft je Breite und die mindestens erforderliche Verankerungslänge angegeben werden. Bislang gibt es nur wenige Untersuchungen, die in diese Richtung gehen. Das Zulassungsverfahren betritt hier Neuland. Die Festlegungen sind daher nur vorläufig.

Im Prinzip kann folgendermaßen vorgegangen werden. Es werden zunächst sowohl Herausziehversuche, s. unten, an speziell präparierten Proben des jeweiligen Bewehrungsgitters mit je einem Querelement mit intakten Verbindungsstellen als auch Ver-

¹⁵ Müller, W.: Zur Bemessung der Verankerung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff beim Schutz von Böschungen vor hangparallelem Gleiten. Bautechnik 88(2011), H. 6, S. 347bis 352.

suche bei identischen Versuchsbedingungen am Bewehrungsgitter mit gelösten Verbindungsstellen oder speziell herauspräparierten Quersegmenten durchgeführt. Der Herauszieh Widerstand wird als Funktion der Verschiebung der Verbindungsstelle aufgetragen, die entweder direkt gemessen oder aus dem Verformungsverhalten des Bewehrungsgitters berechnet wird. Die Differenz des Herauszieh Widerstands aus den Versuchen mit und ohne Querelement stellt den Anteil der Zugkraftübertragung über die Verbindungsstelle dar. Der maximale Herauszieh Widerstand wird so für verschiedene Böden und Auflasten ermittelt und das Verhalten der Verbindungsstellen eines einzelnen Querelements bei verschiedenen Beanspruchungen charakterisiert. Man erhält dabei auch den Bereich von typischen Füllböden und Auflasten, wo die Scherfestigkeit des Bodens groß genug wird, um ein Reißen der Verbindungsstellen hervorzurufen. Für diese Füllböden und Auflasten werden dann Herausziehversuche an Proben mit 2, 3 usw. Querelementen durchgeführt. Man erhält so die Herauszieh Widerstände im Grenzzustand des Versagens von Verbindungsstellen als Funktion der Verankerungslänge. Auch wenn die Versuchsreihe u. U. abgebrochen werden muss, weil die Längselemente versagen, so könnte dennoch die überhaupt aktivierbare Verankerungslänge und der zugehörige maximale Herauszieh Widerstand im Grenzzustand des Versagens von Verbindungsstellen extrapoliert werden.

Ein ähnliches Prüfprogramm könnte auch mit Herausziehversuchen an intakten Proben aus dem Bewehrungsgitter durchgeführt werden, bei denen zu den Kräften die Verschiebungen an den Verbindungsstellen mit Wegaufnehmern bei unterschiedlichen Auflasten und Böden gemessen werden. In solchen Versuchen nach DIN EN 13738 können die maximal übertragene Zugspannung, der zugehörige Verschiebungsweg, die aktivierte Verankerungslänge und der Herauszieh Widerstand des Bewehrungsgitters insgesamt direkt bestimmt werden. Auch hierbei müssen der Versagensmechanismus und das Versagensbild genau beschrieben werden. Daraus können dann ebenfalls der maximale Herauszieh Widerstand im Grenzzustand des Versagens von Verbindungsstellen und die zugehörige aktivierte Verankerungslänge bestimmt werden.

Aus der Bewertung des Verhaltens der Verbindungsstellen in den Alterungsuntersuchungen (Immersionsversuch und Zeitstand-Zugversuch) muss eine Abminderung des Materialwiderstands der Verbindungsstelle im Boden abgeleitet werden. Praktisch läuft das auf die Festlegung eines Abminderungsfaktors für den maximalen Herauszieh Widerstand im Grenzzustand hinaus. Daraus wird ein charakteristischer Wert des zulässigen Herauszieh Widerstand bzw. der „verankerbaren“ Zugkraft sowie die dazu mindestens erforderliche Verankerungslänge nach einem ebenfalls noch festzulegenden Verfahren ermittelt. Diese Größen werden in gewissem Umfang vom Füllboden und der Auflast abhängen. Das Verhalten und der Zustand des verankerten Bewehrungsgitters bei dem so „halbempirisch“ ermittelten zulässigen Herauszieh Widerstand sollten in realitätsnahen Herausziehversuchen nach DIN EN 13738 überprüft werden.

Im Zulassungsschein werden auf dieser Grundlage Grenzen für die Belastbarkeit der Bewehrungsgitter in der Verankerung in Abhängigkeit vom Boden und der Auflast angegeben.

Jede Bemessung muss diese Grenze, die durch den noch zulässigen Herauszieh Widerstand eines Bewehrungsgitters gesetzt wird, streng beachten. Der Eigenart des Verhaltens von Bewehrungsgittern aus Kunststoff angepasste Bemessungsverfahren sind noch nicht bis zur Anwendungsreife ausgearbeitet. In den geltenden Bemessungsverfahren wird der Herauszieh Widerstand in der üblichen Weise mithilfe des Verbundbeiwerts λ berechnet. Es muss dabei jedoch beachtet werden, dass in keinem Bereich des Bauwerks der zulässige Herauszieh Widerstand überschritten werden darf.

Der Verbundbeiwert λ wird in Herausziehversuchen bestimmt (s. EB GEO, S. 35 und S. 154). Die Versuche können im Herausziehkasten in Anlehnung an DIN EN 13738 und in gewissem Umfang in Anlehnung an DIN 60009 durchgeführt werden. Es gelten folgende Versuchsbedingungen. Es ist ein typischer Bereich von Böden zu wählen, z. B. kornabgestufte sandige Kiese. Die Auflast sollte mindestens 20 kPa, 40 kPa und 60 kPa betragen. Für die Anwendung in Stützbauwerken sind auch Untersuchungen bei noch größeren Normalspannungen erforderlich. Die Breite der Messprobe sollte mindestens 20 cm be-

tragen, jedoch mindestens vier Längselemente umfassen. Die Herausziehrichtung ist immer in Richtung der die Last tragenden Längselemente (Produktionsrichtung bzw. Maschinenrichtung (MD)) zu wählen. Der Zustand der Messproben muss nach dem Heraus-ziehversuch genau beschrieben werden.

4.5. Umweltverträglichkeit von Zusätzen und Verarbeitungshilfen

Auslaugbare oder wasserlösliche Zusätze und Verarbeitungshilfen müssen umweltverträglich sein. Die Unbedenklichkeit muss nach dem im FGSV-Merkblatt, Abschnitt 6.28, angegebenen Verfahren nachgewiesen werden¹⁶.

5. Eigen¹⁷- und Fremdüberwachung bei der Produktion

Nach Anhang 1 Nummer 2.1 der Deponieverordnung muss eine regelmäßige Eigen- und Fremdüberwachung eine gleichmäßige Qualität der Produktion der Vorprodukte und des Bewehrungsgitters sicherstellen. Die Durchführung dieser Maßnahmen muss in ein Qualitätsmanagementsystem eingebunden sein, das nach der DIN EN ISO 9001 zertifiziert ist.

Die Eigenüberwachung bzw. „das System der werkseigenen Produktionskontrolle“ bei der Produktion des Geotextils hat grundsätzlich den Anforderungen der DIN EN 13257 Abschnitt 5.4 und Anhang A zu entsprechen.

Die gültige Zertifizierungsurkunde, das Organigramm, aus dem die Zuständigkeiten hervorgehen, und die die Eigenüberwachung betreffenden Arbeitsanweisungen und Prüfpläne müssen der Zulassungsstelle vorgelegt werden.

Art und Umfang der Identifikationsprüfungen und Kontrollen an gekauften oder selbst hergestellten Vorprodukten wird im Zulassungsschein im Einzelfall

geregelt. Tabelle 5 beschreibt Art und Umfang der Eigenüberwachung und Fremdüberwachung bei der Produktion des Bewehrungsgitters sowie den Mindestumfang der Prüfungen. Art und Häufigkeit der Prüfung müssen mit der Zulassungsstelle abgestimmt und im Anhang zum Zulassungsschein beschrieben werden.

5.1. Eingangskontrollen und -prüfungen

Die Übereinstimmung der eingesetzten Formmassen und Zuschlagstoffe – z. B. der Basispolymere und des Additiv-Batches – für die Elemente des Bewehrungsgitters mit den Materialien, die bei der Produktion der Prüfmuster für das Zulassungsverfahren verwendet wurden, muss vom Hersteller kontrolliert werden. Art und Umfang der dabei erforderlichen Eingangsprüfungen des Herstellers des Bewehrungsgitters werden ausgehend von Tabelle 1 im Zulassungsschein aufgeführt.

Ist der Hersteller des Bewehrungsgitters zugleich Hersteller der Gitterelemente entfallen die Wareneingangsprüfungen für diese Vorprodukte. Es muss dann jedoch eine Qualitätssicherung der Produktion der Elemente mit einer entsprechenden Eigenüberwachung durchgeführt werden. Art und Umfang der dabei erforderlichen Prüfungen des Herstellers des Bewehrungsgitters werden ausgehend von Tabelle 1 in den Anlagen zum Zulassungsschein aufgeführt.

5.2. Eigenüberwachung der Produktion

Im Rahmen der Eigenüberwachung der Produktion des Bewehrungsgitters müssen bestimmte charakteristische Eigenschaften der Produkte überprüft werden. Tabelle 5 beschreibt Verfahren und gibt Häufigkeiten an, mit denen geprüft werden muss. Art und Umfang der Prüfungen des Herstellers des Bewehrungsgitters werden ausgehend von Tabelle 5 im Anhang zum Zulassungsschein festgelegt. Dabei müssen die im Zulassungsschein angegebenen produktbezogenen Anforderungen und Toleranzen erfüllt werden.

Die Daten aus der Überwachung müssen über zehn Jahre so archiviert werden, dass jederzeit eine Zuordnung der Prüfergebnisse zu einer Liefereinheit möglich ist. Auf Verlangen sind der Zulassungsstelle

¹⁶ Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues mit den Checklisten für die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues, FGSV-Verlag, Köln, 2005.

¹⁷ Die Eigenüberwachung wird im Bauwesen (Bauproduktenrichtlinie) inzwischen als werkseigene Produktionskontrolle (WPK) bezeichnet.

die Daten zugänglich zu machen.

Zu jeder Lieferung muss ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 in Anlehnung an DIN EN 10204 ausgestellt werden. Die Prüfwerte im Abnahmeprüfzeugnis müssen den Rollen, an denen sie gemessen wurden, zugeordnet werden können. Das Abnahmeprüfzeugnis muss eine Erklärung enthalten, dass die Produktion gemäß der bei der Zulassungsstelle vertraulich hinterlegten Unterlagen über die Materialien und Vorprodukte erfolgt ist.

5.3. Fremdüberwachung

Die laufende Produktion des Bewehrungsgitters wird durch eine mit der BAM vereinbarte, neutrale Stelle überwacht (s. Abschnitt 11). Die mit der Fremdüberwachung beauftragte Prüf- und Inspektionsstelle muss über ausreichend qualifiziertes Personal und die notwendigen Prüfeinrichtungen verfügen sowie den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 bzw. der DIN EN ISO/IEC 17020 genügen und von der Zulassungsstelle als Fremdüberwacher anerkannt sein. Die Anerkennung setzt die Akkreditierung für die bei der Fremdüberwachung anzuwendenden genormten Prüfungen voraus. Prüfungen für die die Prüf- und Inspektionsstelle nicht akkreditiert ist, können durch ein dafür akkreditiertes Labor im Unterauftrag durchgeführt werden. Der zwischen Hersteller und Überwachungsstelle geschlossene gültige Überwachungsvertrag muss der BAM vorgelegt werden.

Die Überwachung umfasst eine Überprüfung der Wareneingangskontrollen, die Prüfung der Vorprodukte und die Überprüfung von deren Produktion, die Prüfung der Eigenschaften des Bewehrungsgitters sowie die Überprüfungen von dessen Produktion und die Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrollen. Maßgebend für die Überwachung sind die DIN 18200 sowie der Überwachungsvertrag. Der Überwachungsvertrag muss folgende Anforderungen berücksichtigen:

- Zu Beginn der Produktion hat sich die fremdüberwachende Stelle davon zu überzeugen, dass die Voraussetzungen für eine sachgemäße Produktion und eine anforderungsgerechte werkseigene Produktionskontrolle gegeben sind.
- Bei der Fremdüberwachung der Produktion des

Bewehrungsgitters sind die im Anhang zum Zulassungsschein aufgeführten Prüfungen zu den Eigenschaften der Vorprodukte und des Bewehrungsgitters durchzuführen (s. Tabelle 5). Beim Überwachungsbesuch sind durch Besichtigung von Labor und Produktion und durch Einblick in die Unterlagen Art und Umfang der Wareneingangskontrollen und der werkseigenen Produktionskontrolle zu kontrollieren.

- Die Fremdüberwachungsmaßnahmen müssen zweimal jährlich durchgeführt werden. Die Probenahme aus der Produktion muss durch die überwachende Institution erfolgen. Bei der Überwachung einer Produktfamilie muss bei jedem Fremdüberwachungsbesuch ein Produkt aus der Familie überprüft werden. Der Fremdüberwacher wählt nach Maßgabe der Produktionspläne das Produkt aus. Er sollte darauf achten, dass unterschiedliche Produkte in die Überwachung miteinbezogen werden.

Die Überwachungsbesuche sind in der Regel unangemeldet durchzuführen. Der Nachweis über die durchgeführte Fremdüberwachung wird durch den aktuellen Überwachungsbericht erbracht, in dem die fremdüberwachende Stelle ihre Prüfergebnisse darstellt. Ergebnisse, die sich aus Prüfungen ergeben, die der Fremdüberwacher im Zusammenhang mit einer Fremdprüfung auf der Baustelle durchgeführt hat, s. Tabelle 6, müssen in den Überwachungsbericht einbezogen werden. Der Bericht wird dem überwachten Hersteller regelmäßig zugesandt.

Bei festgestellten Mängeln ist nach den Festlegungen der fremdüberwachenden Stelle zu verfahren. Bei wiederholten oder ernsthaften Mängeln hat diese die BAM zu informieren.

5.4. Lieferpapiere

Aus den Anforderungen an die Eigen- und Fremdüberwachung leiten sich auch die Anforderungen an die Art und den Umfang der Papiere ab, die einer Lieferung des Geogitters zur Dokumentation der Qualität beigelegt werden müssen. Erforderlich ist ein Lieferschein, der die Angaben zum Hersteller, die Typenbezeichnung, eine Aufstellung der Rollennummern und Abmessungen enthält. Dazu gehört dann ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 in Anlehnung an

DIN EN 10204 für das Bewehrungsgitter. Auf der Baustelle müssen weiterhin das Zeugnis der Fremdüberwachung und der vollständige Zulassungsschein vorliegen, der in seinem Anhang die Anforderungen an die Eigen- und Fremdprüfung und die Transport-, Lager- und Verlegeanweisungen enthält.

6. Anforderungen an den Einbau

Wenn im Abdichtungssystem andere Geokunststoffe (Kunststoffdichtungsbahnen und Kunststoff-Dränelemente) eingebaut werden, dann muss auch ein zugehöriges Bewehrungsgitter durch den Verlegefachbetrieb installiert werden, der die Anforderungen der Richtlinie-Verlegefachbetriebe der BAM erfüllt. Die Nachweise der erforderlichen Qualifikation, Ausstattung und Erfahrung können z. B. durch die Anerkennung als Fachbetrieb durch eine Güteüberwachungsgemeinschaft eines Fachverbandes geführt werden, der in vollem Umfang die Anforderungen der Richtlinie berücksichtigt und die Überwachung durch eine unabhängige, nach Fachkunde und Erfahrung allgemein anerkannte Prüfstelle durchführen lässt¹⁸. Beim Einbau stimmt sich der Verlegefachbetrieb mit der Erdbaufirma ab und arbeitet mit ihr zusammen.

In anderen Fällen 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 Verlegetechnik, in die Gestaltung von Längsstößen sowie die Einbindung in den Verankerungsgraben, 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 Geogitter. Inhalt, Teilnehmer, Zeitpunkt und Dauer

¹⁸ Vom Arbeitskreis Grundwasserschutz e. V. (AK GWS e. V.) und der Arbeitsgemeinschaft Abdichtungssysteme e. V. (AGAS e. V.), den Fachverbänden der Dichtungsbahnenhersteller und Verlegefachbetriebe, wurden solche Güteüberwachungssysteme auf der Grundlage der BAM-Richtlinie aufgebaut. Die BAM auditiert und überwacht die Verlegefachbetriebe im Rahmen dieser Güteüberwachung. Die vom AK GWS e. V. bzw. AGAS e. V. güteüberwachten Firmen erfüllen die Anforderungen dieser Richtlinie.

der Schulung müssen dokumentiert und vom Fremdprüfer kontrolliert werden.

6.1. Hinweise zum Einbauverfahren

Die Hinweise der Hersteller zum Transport, zur Lagerung und zum Einbau müssen beachtet werden. Weitere Hinweise zum Einbauverfahren finden sich im Abschnitt 8.2 der EBGE0.

Konstruktionen bei denen die Zugkräfte zwischen Bewehrungsgittern durch Nähte oder Verbindungen oder durch die Anbindung des Bewehrungsgitters an ein Bauwerk übertragen werden sind nicht zulässig. Das eingebaute Bewehrungsgitter muss möglichst verlegetätiglich, spätestens jedoch innerhalb einer Woche überbaut werden.

An Stellen, wo sich die Böschungsneigung verändert, übt das Bewehrungsgitter auf sein Auflager eine Normalkraft aus, die zum Zusammendrücken z. B. eines unter dem Bewehrungsgitter liegenden Dränelements führen kann. Solche Stellen treten z. B. im Übergang zu Bermen oder an der Böschungskrone auf. Das Wasserableitvermögen der geosynthetischen Dränschicht muss dann durch konstruktive Maßnahmen, z. B. durch die Überbrückung mit einem oberhalb des Bewehrungsgitters liegenden Kunststoff-Dränelement-Abschnitt mit ausreichender Überlappung, sichergestellt werden.

6.2. Beanspruchungen durch Einbau und Baubetrieb

Durch den Einbau und die Verdichtung der Böden und Flächenentwässerungsschicht sowie des Füllbodens in der Verankerung ergeben sich besondere Belastungen des Bewehrungsgitters. Bei manchen Werkstoffen haben Beschädigungen des Bewehrungsgitters nur geringe Auswirkungen auf dessen Langzeitverhalten. Bei Werkstoffen, die empfindlich gegen Spannungsrissbildung sind (z. B. PEHD), können auch geringfügige Beschädigungen im Bewehrungsgitter, wie Kerben oder Riefen, dessen Langzeitzugfestigkeit drastisch verändern. Dies gilt auch für beschichtete Bewehrungsgitter, wenn die Beschichtung maßgeblich zur Beständigkeit beiträgt. Grundsätzlich sollte das Einbauverfahren so optimiert werden, dass die Beschädigungen des Bewehrungsgitters gering gehalten werden. Das Beweh-

rungsgitter darf insbesondere nicht direkt befahren werden. Die erste Schüttlage ist auf dem Bewehrungsgitter vor Kopf – ohne zu schieben – aufzuschütten und zu verteilen, dann erst zu verdichten. Zusätzliche Baustellenversuche sind im Einzelfall immer dann erforderlich, wenn die Baustellenbedingungen von den Bedingungen in den bereits durchgeführten Versuchen (Schüttmaterial, Methode und Grad der Verdichtung, Auflager etc.) abweichen. Da die Beanspruchungen im Deponiebau in der Regel geringer sind, als die Beanspruchungen, die in der EBGEO (Einbauversuch für ebene Geokunststofflagen) beschrieben werden, können die Versuchsbedingungen entsprechend modifiziert werden. Im Anhang (Abschnitt 12) werden ergänzende Hinweise zur Durchführung der Baustellenversuche gegeben.

6.3. Qualitätsmanagement

Die Bewehrungsgitter sind Bestandteil des Deponieabdichtungssystems. Ihr Einbau unterliegt daher den Qualitätsmanagementmaßnahmen, die in der DepV gefordert werden. Die DepV sieht ein dreigliedriges Qualitätsmanagementsystem vor, bei dem die Eigenprüfung des für die Qualität seines Gewerks verantwortlichen Herstellers, die Fremdprüfung durch einen unabhängigen Dritten und die Überwachung durch die zuständige Behörde sicherstellen, dass das Deponieabdichtungssystem mit den vorgesehenen Qualitätsmerkmalen hergestellt wird, s. dazu auch die GDA-Empfehlung E 5-5 „Qualitäts-Überwachung für Geotextilien“.

Grundlage der Qualitätsmanagementmaßnahmen ist der Qualitätsmanagementplan, in den der Einbau der Bewehrungsgitter miteinbezogen sein muss. Bestandteil des Qualitätsmanagementplans sind Qualitätssicherungspläne für die Überprüfung der einzelnen Bestandteile des Abdichtungssystems. Bei der Aufstellung des Qualitätssicherungsplanes für die Bewehrungsgitter und bei der Durchführung des Einbaus sowie bei den begleitenden Kontrollprüfungen sind die Bestimmungen und Auflagen des Zulassungsscheins, die in der Anlage zum Zulassungsschein angegebenen Transport-, Lager- und Verlegeanweisungen für die Bewehrungsgitter zu beachten. Standardqualitätssicherungspläne für Geokunststoffprodukte befinden sich auf der Internetseite der BAM.

Bestandteil der Qualitätsmanagementmaßnahmen ist unter anderem die Erstellung eines Verlegeplans. Im Verlegeplan müssen eindeutige Angaben über die Lage und die Art der eingebauten Bewehrungsgitter enthalten sein.

Die Fremdprüfung muss von einer fachkundigen, erfahrenen und ausreichend mit Personal und Geräten ausgestatteten Stelle durchgeführt werden. Die dabei einzuhaltenden Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle sind in der Richtlinie-Fremdprüfer der BAM beschrieben. Die fremdprüfende Stelle und der Leistungsumfang der Fremdprüfung sind mit der zuständigen Behörde abzustimmen. Die Kosten der Fremdprüfung trägt der Deponiebetreiber. Die fremdprüfende Stelle arbeitet eng mit der zuständigen Behörde zusammen. Art und Umfang von Prüfungen an Bewehrungsgitter im Rahmen der Fremdprüfung sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

Damit der fach- und werkstoffgerechte Umgang mit Geokunststoffen nach dem Stand der Technik bereits bei der Planung sowie bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses und des Qualitätssicherungsplans berücksichtigt wird, sollte die fremdprüfende Stelle schon im Planungsstadium hinzugezogen werden.

7. Hinweise zur Bemessung

Der Nachweis der Standsicherheit erfolgt nach den Regeln der GDA-Empfehlung E 2-7 und nach der EBGEO. Für den hauptsächlichen Anwendungszweck der Bewehrungsgitter werden die Bemessungsregeln und Bemessungsgleichungen im Abschnitt 8, „Deponiebau – Bewehrung oberflächenparalleler geschichteter Systeme“ der EBGEO beschrieben. Folgende Korrekturen von Druckfehlern müssen dabei beachtet werden. Gleichung 8.1 in der EBGEO muss wie folgt geschrieben und der Text entsprechend gelesen werden:

$$R_{B,k} = R_{B,d} \cdot \gamma_M \cdot \eta_M$$

$R_{B,d}$ ist dabei der Bemessungswiderstand der Bewehrung, der aus der „Umstellung der Grenzstandsgleichung“ ermittelt wird, γ_M der lastfallabhängige Teilsicherheitsbeiwert Materialwiderstand und

η_M ein ebenfalls lastabhängiger Korrekturfaktor. Der Zusammenhang zwischen dem Bemessungswiderstand der Bewehrung $R_{B,d}$ und der Kurzzeitfestigkeit des Bewehrungsgitters $R_{B,k0}$ ist dann durch folgende korrigierte Gleichung im Abschnitt 8.5.3 der EBGEO gegeben:

$$R_{B,d} = \frac{R_{B,k0}}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_M \cdot \eta_M}.$$

Die für die Berechnung der Bemessungsgrößen erforderlichen charakteristischen Werte der relevanten Eigenschaften des Bewehrungsgitters und die Abminderungsfaktoren können dem Zulassungsschein entnommen werden.

Ergänzend zu den Regeln der EBGEO müssen folgende Randbedingungen beachtet werden, mit denen das Problem des Langzeitverhaltens der Verbindungsstellen berücksichtigt werden soll. Im Zulassungsschein wird für Reibungsgitter (siehe Abschnitt 3) der Verbundbeiwert festgelegt, mit dem der Herauszieh Widerstand berechnet werden kann. Bei allen anderen Bewehrungsgittern wird ein maximaler Herauszieh Widerstand angegeben, der nicht überschritten werden darf, und eine aktivierbare Verankerungslänge, die mindestens erreicht werden muss.

Die Bemessung von Verankerungen oder Stützkonstruktionen wird in der EBGEO beschrieben. Auch hierbei sind die im Zulassungsschein festgelegten Beanspruchungsgrenzen zu beachten. Dazu muss bei der Bemessung nach den herkömmlichen Verfahren zusätzlich ausdrücklich nachgewiesen werden, dass für jede mögliche Gleitfläche und für jede betroffene Bewehrungslage der sich aus der erdstatischen Berechnung ergebende charakteristische

Wert des erforderlichen Herauszieh Widerstands den noch zulässigen Wert des Herauszieh Widerstands nicht übersteigt und die erforderliche Verankerungslänge überschritten wird. Der jeweils kleinere Wert von Bemessungswiderstand oder verankerbarer Zugkraft bestimmt dann praktisch den zulässigen Auslastungsgrad.

8. Änderungen, Mängelanzeige und Geltungsdauer

Änderungen des Zulassungsgegenstands, d. h. der Werkstoffe, der Vorprodukte, der Bewehrungsgitter selbst, der Abmessungen, des Produktionsverfahrens, der Einbauverfahren, der Produktionsstätte oder des Verwendungszwecks erfordern eine neue Zulassung oder einen Nachtrag zur Zulassung. Wird bei der Produktion, beim Transport oder beim Einbau gegen die Anforderungen, Bestimmungen oder Auflagen der Zulassung verstoßen, so gilt das so hergestellte oder eingebaute Bewehrungsgitter als nicht geeignet und nicht zugelassen. Wiederholte und wesentliche Mängel bei der Produktion oder beim Einbau der Bewehrungsgitter sowie Schadensfälle an Deponieabdichtungen, die im Zusammenhang mit dem Zulassungsgegenstand stehen, müssen der Zulassungsstelle durch die die Produktion fremdüberwachende bzw. den Einbau fremdprüfende Stelle oder durch die zuständige Behörde angezeigt werden. Die Zulassungen werden bis Ende 2015 befristet.

9. Anforderungstabellen

Tabelle 1: Charakteristische Eigenschaften der Vorprodukte (extrudierte Platten oder Flachstäbe, Filamente, Multifilamentgarne etc.)¹

Nr.	Eigenschaft	Anforderung	Prüfverfahren
1.1	Art des Vorprodukts	Genauere Beschreibung der Art des Vorprodukts, der Werkstoffe, der Beschichtung, Abmessungen, Produktionsverfahren, Verstreckungsgrad, Ausrüstung, Nachbehandlung, usw.	-
1.2	Schmelze-Massefließrate	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 1133
1.3	Dichte	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 1183-1
1.4	Schmelzenthalpie und Schmelzpunkt Glasübergangstemperatur	Herstellerspezifikation	ISO 11357-3
1.5	Höchstzugkraft	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 5079 oder Werkvorschrift
1.6	Dehnung bei Höchstzugkraft	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 5079 oder Werkvorschrift
1.7	E-Modul	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 5079 oder Werkvorschrift
1.8	OIT	Herstellerspezifikation	ISO 11357-6
1.9	Stabilisatorgehalt ²	Herstellerspezifikation	Fest-flüssig-Extraktion - UV-Spektroskopie oder HPLC-Analyse am Extrakt ² .
1.10	Rußgehalt	Herstellerspezifikation	Thermogravimetrische Analyse in Anlehnung an DIN EN ISO 11358 oder Bestimmung nach ASTM D 1603-06.
1.11	Gehalt an Carboxylendgruppen	Herstellerspezifikation	In Anlehnung an GRI GG7 und ASTM D 7409 oder Werkvorschrift ²
1.12	Gehalt an Polyethylenglykol	Herstellerspezifikation	Werkvorschrift
1.13	Grenzviskositätszahl	Herstellerspezifikation	GRI GG8
1.14	Spannungsrißbeständigkeit	Pressplatten oder extrudierte Platten aus dem Material des Bewehrungsgitters, 2 mm dick, Standzeit ≥ 400 h	ASTM D 5397; 10 %ige Netzmittellösung (Arkopal N 150)

¹⁾ Die Auswahl der erforderlichen Prüfungen richtet sich nach den Werkstoffen und der Eigenart der Vorprodukte. Prüfanforderungen und Werkvorschriften sind in der Regel Werksgeheimnisse des Herstellers, die bei der Zulassungsstelle vertraulich hinterlegt werden.

²⁾ Weitere Hinweise und Erläuterungen zu den Prüfungen finden sich auf der Internetseite www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm.

Tabelle 2a: Charakteristische Eigenschaften von Bewehrungsgittern

Nr.	Eigenschaft	Anforderung	Prüfverfahren
2.1	Art des Bewehrungsgitters	Genauere Beschreibung z. B. Art des Geogitters, Geometrie und zugehörige Abmessungen, Art der Verbindungsstellen und deren Produktion, Verarbeitungshilfen, Rollenlänge und Gewicht usw.	-
2.2	Masse je Flächeneinheit	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 9864
2.3	Geometrie	Herstellerspezifikation	Werksvorschrift
2.4	Zugfestigkeit (MD und CMD) ¹	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 10319
2.5	Höchstzugkraftdehnung (MD und CMD)	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 10319
2.6	Zugkraft je Breitereinheit bei 2 % Dehnung (MD)	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 10319
2.7	Zugkraft je Breitereinheit bei 5 % Dehnung (MD)	Herstellerspezifikation	DIN EN ISO 10319
2.8	Qualität der Verbindungsstellen (MD)	Herstellerspezifikation	In Anlehnung an GRI GG2; Probenvorbereitung DIN EN ISO 9862; mindestens 20 Einzelproben; Prüfungsgeschwindigkeit 50 mm/min; Dokumentation der Kraft-Weg-Diagramme und des genauen Schadensbildes.
2.9	Zugkriechverhalten (Isochronenkurven)	Erforderlich für die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit.	DIN EN ISO 13431
2.10	Zeitstandverhalten (Standzeiten für duktilen Versagen)	Erforderlich für die Bestimmung von A_1 .	DIN EN ISO 13431
2.11	Zugkriech- und Zeitstandverhalten, Stepped Isothermal Method (SIM)	Erforderlich für die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit und die Bestimmung von A_1 .	ASTM D 6992

MD: Maschinen- bzw. Produktionsrichtung; CMD: Querrichtung zur Maschinen- bzw. Produktionsrichtung

- ¹⁾ Nach DIN EN 13257, Anhang ZA, Anmerkung 1 gilt: „Für einige Produkte kann eine Prüfung in nur einer Richtung zutreffend sein; in diesem Fall sollte dies klar in den die CE-Kennzeichnung begleitenden Informationen angegeben sein.“

Tabelle 2b: Wechselwirkung Bewehrungsgitter-Boden

2.12	Reibungsparameter	Herstellerangabe	DIN EN ISO 12957-1
2.13	Verbundbeiwert	Herstellerangabe	DIN EN 13738 DIN 60009
2.14	Einbaubeschädigung im Feldversuch	Festlegung des Abminderungsfaktors A_2 .	EBGEO, Abschnitt 2.2.4.6.3 und Hinweise zu den Prüfungen ¹

- ¹⁾ Weitere Hinweise und Erläuterungen zu den Prüfungen finden sich auf der Internetseite der BAM unter www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm.

Tabelle 3: Grundprüfungen zur Beständigkeit von Bewehrungsgittern aus Kunststoff im Rahmen der CE-Kennzeichnung (nach DIN EN 13257, Randbedingung: 25 Jahre Funktionsdauer, Umgebungsmilieu pH 4–9, Temperatur ≤ 25 °C)

Nr.	Beständigkeit	Prüfnorm	Bemerkungen
3.1	Oxidation (Polyolefine)	DIN EN ISO 13438	Anforderungen werden je nach Rohstoff in der DIN EN 13257 festgelegt.
3.2	Hydrolyse (PET und PA)	DIN EN 12447	
3.3	Witterungsbeständigkeit	DIN EN 12224	Anforderung = hohe Witterungsbeständigkeit (abweichend von DIN EN 13257 ist hier nur eine maximale Expositionsdauer von < 7 Tagen zulässig)

Prüfungen und Anforderungen an Produkte aus anderen Werkstoffen (z. B. PVA etc.) werden in Anlehnung an die in der Tabelle genannte Vorgehensweise festgelegt. Im Einzelfall wird entschieden, ob die Prüfungen an einem repräsentativen Produkt stellvertretend für eine Produktfamilie herangezogen werden können.

Tabelle 4: Anforderungen an Beständigkeit und Langzeitverhalten der Bewehrungsgitter aus Kunststoff^{1,2}

Nr.	Eigenschaft	Prüfgröße	Anforderung	Prüfung und Prüfbedingungen
4.1	Oxidativer Abbau in Luft, z. B. bei Polyolefinen	Änderung der äußeren Beschaffenheit	keine wesentlich Veränderung	Warmlagerung im Umluftwärmeschrank in Anl. an DIN EN 13438; Lagerungstemperatur 80 °C; Lagerungszeit 1 Jahr; Einlagerung von Proben, aus denen jeweils mindestens 5 Messproben für die Zugversuche ausgestanzt werden können; Probenahme und Zugversuche in Anlehnung an DIN EN 12226; Analytische Verfahren zur Messung der Veränderung der Stabilität; DSC zur Messung der Kristallinität
		Relative Änderung der Kristallinität n	$\delta n \leq 10 \%$	
		Relative Änderung der Mittelwerte von Festigkeit T_{max} und Dehnung bei der Höchstzugkraft ϵ_{max}	$\delta T_{max} \leq 20 \%$ $\delta \epsilon_{max} \leq 20 \%$, gegebenenfalls Bestimmung des Abminderungsfaktors A_4	
		Relative Änderung des Masseanteils an Antioxidantien c_S	$\delta c_S \leq 50 \%$	
4.2	Auslaugung und oxidative Alterung, z. B. bei Polyolefinen	Änderung der äußeren Beschaffenheit	keine wesentlichen Veränderungen	Warmlagerung im Wasser in Anl. an DIN EN 14415; Wassertemperatur 80 °C; Lagerungszeit 1 Jahr; Einlagerung von Elementen mit Verbindungsstelle für die Zugversuche; Probenahme und Zugversuche in Anlehnung an DIN EN 12226; Analytische Verfahren zur Messung der Veränderung der Stabilisierung. DSC zur Messung der Kristallinität
		Relative Änderung der Kristallinität n	$\delta n \leq 10 \%$	
		Relative Änderung der Mittelwerte von Festigkeit T_{max} und Dehnung bei der Höchstzugkraft ϵ_{max}	$\delta T_{max} \leq 20 \%$ $\delta \epsilon_{max} \leq 20 \%$, gegebenenfalls Bestimmung des Abminderungsfaktors A_4	
		Relative Änderung ² des Masseanteils an Antioxidantien c_S	$\delta c_S \leq 50 \%$	
4.3	Beständigkeit gegen oxidative Alterung (Autoklavversuch) ³ , z. B. bei Polyolefinen	Änderung der äußeren Beschaffenheit	Abschätzung der Funktionsdauer unter Bedingungen der Anwendung nach dem Verfahren von Schröder et al. (2008) ³ ; Nachweis einer Funktionsdauer ≥ 100 Jahre, gegebenenfalls Bestimmung des Abminderungsfaktors A_4	Warmlagerung in Wasser im Hochdruckautoklaven unter erhöhtem Sauerstoffdruck in Anl. an DIN EN ISO 13438, Verf. C; Lagerungstemperaturen 60 °C, 70 °C, 80 °C, pH10, Sauerstoffdrücke 1 MPa, 2 MPa, 5 MPa; Lagerungszeit der Messproben bis zum Erreichen einer Restfestigkeit von 50%; Zugversuch und Probenahme s. DIN EN 12226; Analytische Verfahren zur Messung der Veränderung des Stabilisatorgehalts; DSC zur Messung der Kristallinität
		Relative Änderung der Kristallinität n		
		Relative Änderung der Mittelwerte von Zugfestigkeit T_{max} und Dehnung bei der Zugfestigkeit ϵ_{max}		
		Relative Änderung des Masseanteils an Antioxidantien c_S		
4.4	Hydrolyse im Wasser (innere Hydrolyse), z. B. bei Polyester	Änderung der äußeren Beschaffenheit	keine wesentliche Veränderung	Warmlagerung im Wasser in Anl. an DIN EN 12447; Mindestens vier Temperaturen (z. B. 55 °C, 65 °C, 75 °C, 85 °C); Lagerungszeit: mindestens ein Jahr; Einlagerung von Elementen mit Verbindungsstellen für die Zugversuche; Probenahme und Zugversuche in Anlehnung an DIN EN 12226; Analytische Verfahren zur Bestimmung des Gehalts an Carboxylendgruppen oder der Lösungsviskosität; DSC zur Messung der Kristallinität und der Glasübergangstemperatur
		Relative Änderung der Kristallinität n und der Glasübergangstemperatur	$\delta n \leq 10 \%$	
		Relative Änderung der Mittelwerte von Festigkeit T_{max} und Dehnung bei der Höchstzugkraft ϵ_{max}	Lebensdauer-Extrapolation, Bestimmung des Abminderungsfaktors A_4	
		Relative Änderung der mittleren Molekülmasse δN und der Glasübergangstemperatur	Extrapolation im Arrhenius-Diagramm: $\delta N \leq 50 \%$	

1) Prüfungen und Anforderungen an Produkte aus anderen Werkstoffen werden in Anlehnung an die in der Tabelle genannte Vorgehensweise festgelegt. Im Einzelfall wird entschieden, ob die Prüfungen an einem Produkt stellvertretend für eine Produktfamilie herangezogen werden können.

2) Weitere Hinweise und Erläuterungen zu den Prüfungen finden sich auf der Internetseite der BAM unter www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm.

3) Schröder, H. F., Munz, M. und Böhning, M.: A New Method for Testing and Evaluating the Long-Time Resistance to Oxidation of Polyolefinic Products. *Polymers & Polymer Composites*, 16(2008), H. 1, S. 71-80.

Tabelle 4: Fortsetzung: Anforderungen an Beständigkeit und Langzeitverhalten der Bewehrungsgitter aus Kunststoff

Nr.	Eigenschaft	Prüfgröße	Anforderung	Prüfung und Prüfbedingungen
4.5	Hydrolyse im alkalischen Milieu (äußere Hydrolyse), z. B. bei Polyestern	Änderung der äußeren Beschaffenheit	keine wesentliche Veränderung	Warmlagerung im alkalischen Milieu in Anl. an DIN EN 12447; Gipssuspension, Hydroxylionenkonzentration: 5×10^{-4} mol/l (entspricht pH 11 bei 20 °C); Lagerungstemperatur: 60 °C; Lagerungszeit: mindestens ein Jahr und mindestens 4 Entnahmen; Einlagerung von Proben, aus denen jeweils mindestens 5 Messproben für die Zugversuche ausgestanzt werden können; Zugversuch und Probenahme gemäß DIN EN 12226; Analytische Verfahren zur Bestimmung des Gehalts an Carboxylendgruppen oder der Lösungsviskosität; DSC zur Messung der Kristallinität und der Glasübergangstemperatur
		Relative Änderung der Kristallinität n und der Glasübergangstemperatur	$\delta n \leq 10 \%$	
		Relative Änderung der Mittelwerte von Zugfestigkeit T_{max} und Dehnung bei der Zugfestigkeit ϵ_{max}	Lebensdauer-Extrapolation, Bestimmung des Abminderungsfaktors A_4	
		Relative Änderung der mittleren Molekülmasse δN	$\delta N \leq 50 \%$	
4.6	Langzeitverhalten bei kombinierter Beanspruchung	Zeitstandverhalten, Zeitstandkurven	Lebensdauer-Extrapolation, Bestimmung des Abminderungsfaktors A_4	DIN EN ISO 13431 in Verbindung mit ISO/TR 20432
4.8	Alterung im Knotenbereich, innere Hydrolyse	Relative Änderung der Knotenfestigkeit	$\leq 25 \%$	Warmlagerung im Wasser in Anl. an DIN EN 14415; Temperatur: 60 °C; Lagerungszeit: mindestens ein Jahr; Einlagerung von Elementen mit Verbindungsstellen für Prüfung nach GRI GG2; Probenahme und -vorbereitung nach DIN EN ISO 9862; formfixierende Lagerung und spannungsfreier Einbau; mindestens 4 Entnahmen mit je 10 Einzelproben. Dokumentation der Kraft-Weg-Diagramme und der Schadensbilder.
4.9	Zeitstand-Scherversuche zum Verhalten der Verbindungsstellen	Zeitstandverhalten, Zeitstandkurven	Wird noch festgelegt	DIN EN ISO 13431 in Verbindung mit ISO/TR 20432. Zeitstand-Zugscherversuche an Verbindungsstellen mit Klemmen in Anlehnung an GRI GG2. Ermittlung der Zeitstandkurve. 12 Auslastungsgrade, 3 Einzelproben je Auslastungsgrad. Prüftemperatur: 60 °C bei Polyester, 80 °C bei Polyolefinen.

Tabelle 5: Art und Umfang der Eigen- und Fremdüberwachung (EÜ und FÜ) bei der Produktion des Bewehrungsgitters sowie der Kontrollen bei Vorprodukten.

Nr.	Eigenschaft	Prüfverfahren	Notwendigkeit		Mindestumfang in der EÜ
			EÜ	FÜ	
5.1	Identifikations- und Kontrollprüfungen an Vorprodukten ¹	s. Zulassungsschein	X	X ²	s. Zulassungsschein
5.2	Zugfestigkeit (MD) ³	DIN EN ISO 10319	X	X	mindestens alle 3000 m ²
5.3	Dehnung bei der Zugfestigkeit (MD)	DIN EN ISO 10319	X	X	mindestens alle 3000 m ²
5.4	Zugkraft je Probenbreite bei 2 % Dehnung	DIN EN ISO 10319	X	X	mindestens alle 3000 m ²
5.5	Zugkraft je Probenbreite bei 5 % Dehnung	DIN EN ISO 10319	X	X	mindestens alle 3000 m ²
5.6	Geometrie (Breite von Längs- und Querelementen, Abmessungen der Gitteröffnung)	s. Fußnote 4	X	X	mindestens alle 3000 m ²
5.7	Masse je Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	X	X	mindestens alle 3000 m ²
5.8	Qualität der Verbindungsstellen (produktabhängig)	Werksvorschrift, GRI GG2 usw.	X	X	mindestens alle 3000 m ²

- 1) Je nach der Art des Bewehrungsgitters wird im Zulassungsschein festgelegt, welche Identifikations- und Kontrollprüfungen an den zugekauften oder selbst produzierten Vorprodukten beim Hersteller des Bewehrungsgitters durchgeführt werden.
- 2) Bei der Fremdüberwachung müssen mindestens die Unterlagen beim Hersteller überprüft werden. Gegebenenfalls führt der Fremdüberwacher auch eigene Kontrollen durch. Art und Umfang werden im Zulassungsschein festgelegt.
- 3) MD: Produktions- bzw. Maschinenrichtung.
- 4) Weitere Hinweise und Erläuterungen zu den Prüfungen finden sich auf der Internetseite der BAM unter www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm.

Tabelle 6: Art und Umfang von Prüfungen am Bewehrungsgitter im Rahmen der Fremdprüfung auf der Baustelle¹

Nr.	Prüfgröße	Prüfung	Häufigkeit
6.1	Zugfestigkeit (MD)	DIN EN ISO 10319	alle 5000 m ²
6.2	Dehnung bei der Zugfestigkeit (MD)	DIN EN ISO 10319	alle 5000 m ²
6.3	Zugkraft je Probenbreite bei 2 % Dehnung	DIN EN ISO 10319	alle 5000 m ²
6.4	Zugkraft je Probenbreite bei 5 % Dehnung	DIN EN ISO 10319	alle 5000 m ²
6.5	Geometrie (Breite von Längs- und Querelementen, Abmessungen der Gitteröffnung)	s. Fußnote 2	alle 5000 m ²
6.6	Masse je Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	alle 5000 m ²
6.7	Qualität der Verbindungsstelle	Werksvorschrift, GRI GG2 usw.	einmal bezogen auf die gesamte Lieferung für den Bauabschnitt

- 1) Fremdprüfende Stellen werden nicht immer die technischen Voraussetzungen haben, die erforderlich sind, um Prüfungen an hochfesten Bewehrungsgittern nach DIN EN ISO 10319 und die speziellen Prüfung unter 6.7 durchzuführen. Die Proben von der Baustelle müssen dann vom Fremdüberwacher geprüft werden.
- 2) Weitere Hinweise und Erläuterungen zu den Prüfungen finden sich auf der Internetseite der BAM unter www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm.

10. Verzeichnis der Normen

ASTM D 1603	2006	Standard Test Method for Carbon Black Content in Olefin Plastics
ASTM D 5397	2007	Standard Test Method for Evaluation of Stress Crack Resistance of Polyolefin Geomembranes Using Notched Constant Tensile Load Test
ASTM D 6992	2003	Standard Test Method for Accelerated Tensile Creep and Creep-Rupture of Geosynthetic Materials Based on Time-Temperature Superposition Using the Stepped Isothermal Method
ASTM D 7409	2007	Standard Test Method for Carboxyl End Group Content of Polyethylene Terephthalate (PET) Yarns
DIN 18200	2000-05	Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten
DIN 60009	2009-03	Geokunststoffe - Prüfung und Bestimmung des Verbundbeiwerts mit Boden im Herausziehversuch
DIN EN 10204	2005-01	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 12224	2000-11	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Bestimmung der Witterungsbeständigkeit
DIN EN 12226	2010-03	Geokunststoffe - Allgemeine Prüfverfahren zur Bewertung nach Beständigkeitsprüfungen
DIN EN 12447	2002-03	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Prüfverfahren zur Bestimmung der Hydrolysebeständigkeit in Wasser
DIN EN 13252	2005-04	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung in Dränanlagen
DIN EN 13257	2005-04	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung bei der Entsorgung fester Abfallstoffe
DIN EN 13738	2005-02	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Bestimmung des Herausziehwiderstandes aus dem Boden
DIN EN 14415	2004-08	Geosynthetische Dichtungsbahnen - Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Auslaugen
DIN EN ISO 527	2010-05	Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften
DIN EN ISO 1133	2005-09	Kunststoffe - Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten
DIN EN ISO 1183-1	2004-05	Kunststoffe - Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen - Teil 1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer und Titrationsverfahren
DIN EN ISO 5079	1996-02	Textilien - Fasern - Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraftdehnung an Spinnfasern
DIN EN ISO 9001	2008-12	Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen
DIN EN ISO 9862	2005-05	Geokunststoffe - Probenahme und Vorbereitung der Messproben
DIN EN ISO 9864	2005-05	Geokunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten
DIN EN ISO 10319	2008-10	Geokunststoffe - Zugversuch am breiten Streifen (ISO 10319:2008)
DIN EN ISO 10320	1994-04	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Identifikation auf der Baustelle
DIN EN ISO 11358	1997-11	Kunststoffe - Thermogravimetrie (TG) von Polymeren - Allgemeine Grundlagen
DIN EN ISO 12957-1	2005-05	Geokunststoffe - Bestimmung der Reibungseigenschaften - Teil 1: Scherkastenversuch
DIN EN ISO 13431	1999-11	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Bestimmung des Zugkriech- und des Zeitstandbruchverhaltens
DIN EN ISO 13438	2005-02	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Auswahlprüfverfahren zur Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit
DIN EN ISO 25619-1	2009-06	Geokunststoffe - Bestimmung des Druckverhaltens - Teil 1: Eigenschaften des Druckkriechens
DIN EN ISO/IEC 17020	2004-11	Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen
DIN EN ISO/IEC 17025	2005-08	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

GDA E 2-7	9/2008	Gleitsicherheit der Abdichtungssysteme
GDA E 2-9	9/2005	Einsatz von Geotextilien im Deponiebau
GDA E 3-8	9/2005	Bestimmung des Scherverhaltens von kombinierten Abdichtungsschichten
GDA E 5-5	9/2005	Qualitäts-Überwachung für Geotextilien
GRI GG2		Geogrid Junction Strength
GRI GG7		Carboxyl End Group Content of PET Yarns
GRI GG8		Determination of the Number Average Molecular Weight of PET Yarns Based on a Relative Viscosity Value
ISO 11357-3	1999-03	Kunststoffe - Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK) - Teil 3: Bestimmung der Schmelz- und Kristallisationstemperatur und der Schmelz- und Kristallisationsenthalpie
ISO 11357-6	2008-06	Kunststoffe - Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) - Teil 6: Oxidations-Induktionszeit (isothermische OIT) oder -Temperatur (isodynamische OIT)
ISO/TR 20432	2007-12	Leitfaden für die Bestimmung der Langzeit-Festigkeit von Geokunststoffen zur Bodenbewehrung
ISO/TS 13434	2008-11	Leitfaden zur Beständigkeit von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten

11. Anlagen zum Zulassungsschein, Verzeichnis der Länderkennzahlen und Prüf- und Inspektionsstellen

Anlagen zum Zulassungsschein

- Anlage 1: Anforderungen und Toleranzen für die Eigen- und Fremdüberwachung
- Anlage 2: Genaue Bezeichnung des Herstellers mit Produktionsstätten
- Anlage 3: Beschreibung des Produktionsverfahrens
- Anlage 4: Werkstoffklärung des Herstellers
- Anlage 5: Beschreibung von Aufbau und Anordnung der Kennzeichnung
- Anlage 6: Beschreibung der Lage der Kennzeichnungen
- Anlage 7: Beschreibung der Rollenaufkleber
- Anlage 8: Beschreibung der Qualitätssicherungsmaßnahmen
 - a) Eigenüberwachung
 - b) Fremdüberwachung
- Anlage 9: Lagerungs- und Transportanweisungen des Herstellers

Länderkennzahlen

(gemäß Bundesarbeitsblatt 4/91, Seite 61):

Baden-Württemberg	01	Niedersachsen	07
Bayern	02	Nordrhein-Westfalen	08
Berlin	03	Rheinland-Pfalz	09
Brandenburg	12	Saarland	10
Bremen	04	Sachsen	14
Hamburg	05	Sachsen-Anhalt	15
Hessen	06	Schleswig-Holstein	11
Mecklenburg-Vorpommern	13	Thüringen	16

Prüf- und Fremdüberwachungsstellen für Eignungsprüfungen und die Überwachung der Produktion

Kiwa TBU GmbH
Gutenbergstr. 29
48268 Greven
Tel.: 02571 9872-0, Fax: 02571 9872-99, e-mail: tbu@tbu-gmbh.de

Materialforschungs- und -prüfanstalt Weimar (MFPA)
Fachgebiet Geotechnik
Coudraystraße 4
99423 Weimar
Tel.: 03643 564-0, Fax: 03643 564-201, e-mail: info@mfpa.de

Materialprüfanstalt für Werkstoffe und Produktionstechnik (MPA) Hannover
An der Universität 2
30823 Garbsen
Tel.: 0511 762-4362, FAX.: 0511 762-3002; e-mail: info@mpa-hannover.de

SKZ – TeConA GmbH
Friedrich-Bergius-Ring 22
97076 Würzburg
Tel.: 0931 4104-142, Fax: 0931 4104-273, e-mail: tecona@skz.de

12. Anhang: Durchführung von Baustellenversuchen

In sogenannten „Baustellenversuchen“ wird überprüft, welche Beschädigungen des Bewehrungsgitters beim Transport, beim Einbau des Bodens und der Verdichtung entstehen können und wie sich diese Beschädigungen auf die Kurzzeit-Zugfestigkeit des Bewehrungsgitters auswirken. Die großmaßstäblichen Feldversuche, die im Abschnitt 2.2.4.6 der EBGeo als Baustellenversuche beschrieben werden, sind auch im Deponiebau anwendbar, wenn die im Folgenden beschriebenen Anforderungen erfüllt werden. In der Regel haben die Hersteller solche Baustellenversuche in größerem Umfang bereits durchgeführt. Anhand dieser Versuche wurde der Abminderungsfaktor A_2 ermittelt, der bei der Bestimmung der Langzeit-Zugfestigkeit berücksichtigt werden muss. Entsprechende Hinweise finden sich in der Zulassung. Hinsichtlich des Transports müssen die Richtlinien der Hersteller strikt beachtet werden. Zusätzliche Baustellenversuche sind im Einzelfall immer dann erforderlich, wenn die Baustellenbedingungen von den Bedingungen in den bereits durchgeführten Versuchen (Schüttmaterial, Methode und Grad der Verdichtung, Auflager etc.) abweichen.

Im Folgenden werden Hinweise gegeben, wie ein Baustellenversuch, sei es im Vorfeld oder im direkten Zusammenhang mit einer Baumaßnahme, im Einzelnen durchzuführen ist. Von der zu prüfenden Rolle Bewehrungsgitter müssen einige Quadratmeter als Referenzmuster abgetrennt und zurückgelegt werden. Aus dem Referenzmuster müssen mindestens zehn Messproben für den Zugversuch am breiten Streifen nach DIN EN ISO 10319 entnommen werden. Dabei muss eine freie Einspannlänge von mindestens 300 mm gewährleistet sein und mindestens zwei vollständige Öffnungen in Zugrichtung innerhalb der freien Einspannlänge liegen. Die freie Einspannlänge muss im Prüfbericht angegeben werden. Der Untergrund im Versuchsfeld muss so tragfähig sein, dass das Schüttmaterial ordnungsgemäß verdichtet werden kann. In Einzelfall bezogenen Baustellenversuchen sind für das Auflager und die Schüttung die für die Baumaßnahme vorgesehenen Materialien zu verwenden und in der vorgesehenen Dicke mit der vorgesehenen Verdichtungsmethode einzubauen. Bei Feldversuchen zur Bestimmung von A_2 für deponiebautypische Beanspruchungen im Vorfeld von Baumaßnahmen kann eine 0,25 m dicke Lage des Schüttmaterials 0/16 nach ZTV SoB-StB¹⁹ aufgebracht und verdichtet werden. Die Verdichtung erfolgt mit einer Vibrationswalze bzw. einem Walzenzug mit ca. 10 bis 12 t Gesamtgewicht unter Vibration bei großer Amplitude (ca. 1,5 bis 2,0 mm) bis zu einem gemessenen Verdichtungsgrad von $D_{pr} = 100 \%$. Die Verdichtung erfolgt quer zu den Längselementen des Bewehrungsgitters.

Im Prüfbericht von Feld- und Baustellenversuchen müssen die Tragfähigkeit des Untergrunds E_{v2} , das verwendete Schüttmaterial, das Einbauverfahren, das Einbaugerät, das Verdichtungsgerät, die Geräteeinstellungen und die Anzahl der Verdichtungsübergänge angegeben werden. Für die Probenahme müssen folgende Anforderungen beachtet werden. Wenn der Bereich feststeht, wo das ausgelegte Bewehrungsgitter überbaut und die Überbauung verdichtet wird, sind in diesem Bereich 10 Abschnitte eindeutig zu kennzeichnen, wo später die Messproben entnommen werden. Die Größe des gekennzeichneten Abschnitts muss der Prüfmustergröße plus 10 cm in jede Richtung entsprechen. Nur aus den so gekennzeichneten Bereichen darf je eine Messprobe entnommen werden. Das Aufgraben und der Ausbau der Proben müssen so vorsichtig erfolgen, dass keine weiteren Beschädigungen entstehen können. Die Zugversuche an den Messproben sind mit derselben Prüfmaschine mit denselben Klemmen und Prüfbedingungen durchzuführen, wie an den Referenzproben. Die Zugversuche werden immer in Richtung der Längselemente durchgeführt. Es müssen alle 10 Messproben geprüft und in die Auswertung mit einbezogen werden. Der Abminderungsfaktor A_2 wird dann als Verhältnis der Mittelwerte der Zugfestigkeit der Referenzproben und der ausgebauten Messproben bestimmt.

¹⁹ FGSV-Nr. 698: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (ZTV SoB-StB 04). [FGSV Verlag GmbH](#), 2004