



BAM

**Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung**

Hinweise zu den Prüfungen B8: Mai 2012

**Zeitstand-Zugversuch an geosynthetischen
Dichtungsbahnen aus Polyethylen hoher Dichte (PEHD) mit
strukturierter Oberfläche**

herausgegeben vom
Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“

Die *Hinweise zu den Prüfungen* und die Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen sowie Listen zugelassener Kunststoffdichtungsbahnen, weiterer auf der Grundlage der Deponieverordnung zugelassener Produkte und Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe und Dichtungskontrollsysteme können als pdf-Dateien von der Internetseite der BAM unter:

www.bam.de/de/service/amtl_mitteilungen/abfallrecht/index.htm heruntergeladen werden.

Vorwort

Dieser Hinweis zu den Prüfungen, auf den in der Tabelle 4 Nr. 4.6 der *Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen* verwiesen wird, wurde zusammen mit der Arbeitsgruppe *Kunststoffdichtungsbahnen* des Fachbeirats erarbeitet. Nach der Deponieverordnung (Anhang 1 Absatz 2.4) berät der Fachbeirat die BAM bei der Erarbeitung von Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme, die in Deponieabdichtungen eingesetzt werden.

Inhalt

Vorwort	3
1. Einleitung	5
2. Anwendungsbereich.....	5
3. Normative Verweisungen	6
4. Kurzbeschreibung	6
5. Messproben	6
6. Prüfgeräte	7
7. Prüfbedingungen.....	8
8. Durchführung der Prüfung.....	8
9. Auswertung	8
10. Prüfbericht	8
Literaturhinweis.....	10

1. Einleitung

Bei der Herstellung von Dichtungsbahnen mit strukturierter Oberfläche entstehen charakteristische „Schwachstellen“ wie Kerben, Spannungskonzentrationen durch den geometrischen Verlauf der Struktur oder Anomalien in der Morphologie, die zu einer erheblichen Veränderung der Spannungsrißbeständigkeit führen können. Mit dem Zeitstand-Zugversuch wird die Spannungsrißbeständigkeit von Probenkörper aus strukturierten Dichtungsbahnen geprüft. Dabei können die Auswirkungen solcher Schwachstellen erfasst werden. Im Rahmen der BAM-Zulassung der Kunststoffdichtungsbahnen wird daher der im Folgenden beschriebene Zeitstand-Zugversuch zur Überprüfung der Spannungsrißbeständigkeit von PEHD-Dichtungsbahnen mit strukturierter Oberfläche verwendet.

Im Zeitstand-Zugversuch an ungekerbten Proben aus glatten PEHD-Dichtungsbahnen entstehen die Spannungsrisse fast immer vom Probenrand oder der Einspannung her, wo Bearbeitungsspuren aus der Probenherstellung Ausgangspunkt für die Bildung von Rissen werden. Gestanzte Proben versagen relativ rasch, gesägte Proben mit nachgearbeiteten Schnittkanten können sehr lange Standzeiten erreichen. Mit dem Zeitstand-Zugversuch würde hier nur die Qualität der Probenvorbereitung und nicht eine Eigenschaft der Dichtungsbahn geprüft werden. Bei Proben aus strukturierten Dichtungsbahnen, die sorgfältig hergestellt und eingespannt werden, treten dagegen je nach der Art und Weise der Strukturausbildung Spannungsrisse im Bereich der Struktur selbst auf. Die Standzeiten können dann zur Bewertung der Strukturausbildung herangezogen werden. Es dürfen also grundsätzlich nur die Versuchsergebnisse gewertet werden, bei denen der Bruch eindeutig nicht durch Randeffekte oder die Einspannung verursacht wird, sondern die im Bereich der Strukturausbildung ihren Ursprung haben.

Durch Festlegung einer Mindestanforderung an die Standzeit wird das Ausmaß beschränkt, indem die Strukturausbildung die Spannungsrißbeständigkeit beeinträchtigen darf. Der Zeitstand-Zugversuch ist ein Indexversuch. Die Standzeiten können nicht mit den Standzeiten an anderen Proben, z. B. gekerbten Proben aus glatten Dichtungsbahnen, verglichen werden.

2. Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren fest, mit dem die Spannungsrißbildung im Bereich der Strukturen auf der Oberfläche von geosynthetischen Dichtungsbahnen aus Polyethylen hoher Dichte (PEHD), die in geotechnischen Anwendungen eingesetzt werden, untersucht werden kann. Dazu werden Zeitstand-Zugversuche an Messproben mit repräsentativer Strukturausbildung in deren Oberfläche durchgeführt. Das Prüfverfahren kann als Teil der Charakterisierung der Eigen-

schaften dieser Dichtungsbahnen, im Rahmen der Qualitätssicherung bei der Herstellung sowie für Prüfungen der Eignung von Strukturausbildungen und zum Vergleich der Eigenschaften von Strukturen verwendet werden.

PEHD-Dichtungsbahnen sind geosynthetische Dichtungsbahnen aus Polyethylen oder Polyethylen- α -Olefin-Kopolymeren mit einer Dichte des Grundwerkstoffs von $\approx 0,932 \text{ g/cm}^3$. Ruß, Antioxidantien und Verarbeitungshilfen werden dem Grundwerkstoff in gewissen Umfang schon bei dessen Herstellung oder bei der Herstellung der Dichtungsbahn hinzu gemischt. Die Oberfläche der Dichtungsbahn kann glatt oder strukturiert sein. Die Dichtungsbahnen werden in der Geotechnik verwendet.

3. Normative Verweisungen

Die im Folgenden aufgeführten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die Ausgabe, auf die Bezug genommen wird. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des Dokuments einschließlich aller Änderungen.

DIN EN ISO 6252 (1998-02): *Kunststoffe - Bestimmung der umgebungsbedingten Spannungsrissebildung (ESC) – Zeitstandzugversuch*

DVS-Richtlinie 2203-4: *Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Zeitstand-Zugversuch*

DIN ISO 527-3 (1995-10): *Bestimmung der Zugeigenschaften, Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln*

DIN EN ISO 9862: *Geokunststoffe – Probenahme und Vorbereitung von Messproben*

4. Kurzbeschreibung

Die Prüfung besteht darin, dass eine Messprobe mit einem repräsentativen Ausschnitt der Oberflächenstruktur dauerhaft unter eine einaxiale Zugspannung gesetzt wird. Der Probekörper wird dabei in einer die Spannungsrissebildung beschleunigenden Prüfflüssigkeit bei erhöhter Temperatur gelagert. Die Zeit bis zum Bruch des Probekörpers, die sogenannte Standzeit, wird gemessen.

5. Messproben

Die Proben werden nach DIN EN ISO 9862 entnommen. Als Messproben werden Parallelstäbe oder Schulterstäbe in Anlehnung an DIN EN ISO 527 mit einem schnelllaufenden Metallkreissägeblatt (HSS) oder hochtourigen Fräsen gefertigt. Die Maße des Probekörpers werden jeweils so

gewählt, dass seine Oberfläche einen repräsentativen Ausschnitt der Oberflächenstruktur umfasst. Die Schnittkanten müssen glatt und frei von Riefen sein. Die Messproben werden so hergestellt, dass die Längsachse quer zur Fertigungsrichtung liegt. Weitere Hinweise zur Probenvorbereitung für Zeitstandversuche finden sich in der DVS-R 2203-4.

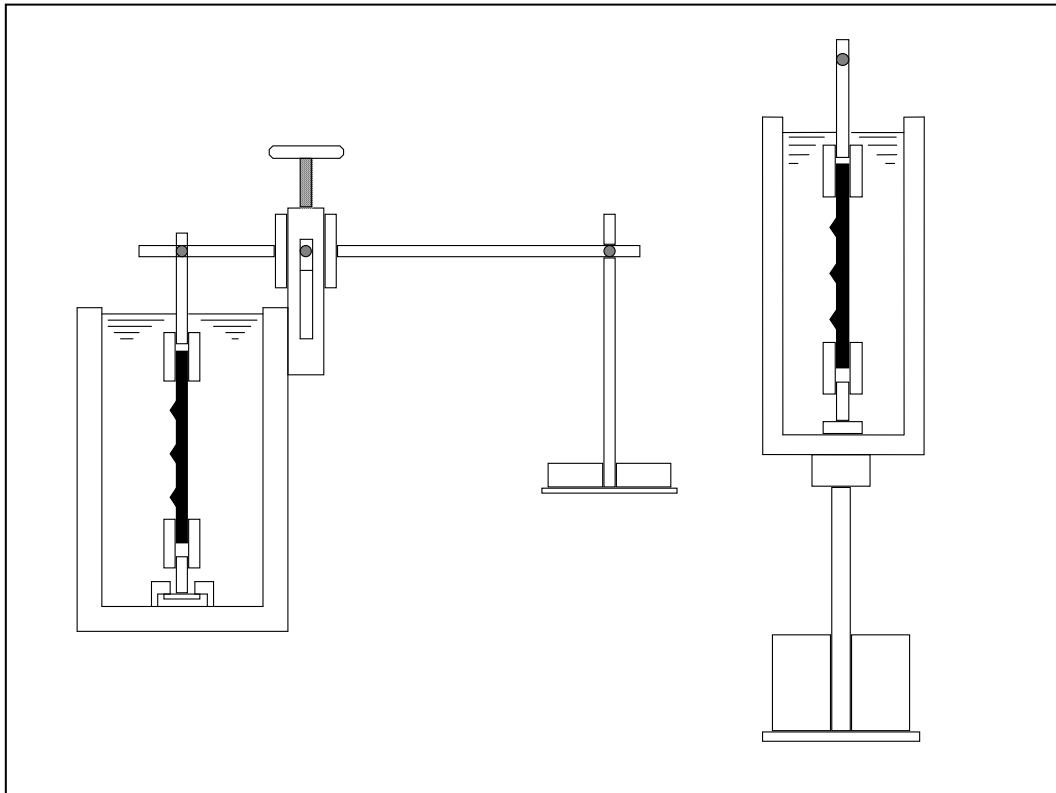


Abb. 1: Schematische Darstellungen von Prüfeinrichtungen. Bei der Prüfeinrichtung links wird das Prüfgefäß mit einer geregelten Heizung temperiert. Die rechte Prüfeinrichtung kann z. B. in einen Wärmeschrank gehängt werden.

6. Prüfgeräte

Die Prüfungen kann mit unterschiedlichen Prüfgeräten realisiert werden. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung von möglichen Prüfeinrichtungen. Eine Prüfeinrichtung wird auch in der DVS-R 2203-4 beschrieben. Eine definierte, konstante Krafteinleitung muss dabei gewährleistet sein. Bei einer Hebeleinrichtung zur Kraftübertragung muss die wirksame Hebellast unter Berücksichtigung des Lastarms korrekt ermittelt werden und die Reibung am Drehpunkt im Hebellager vernachlässigbar sein. Die Probentemperatur muss über den ganzen Probenbereich konstant sein. Je nach Prüfeinrichtung muss die Prüfflüssigkeit u. U. umgerührt oder umgewälzt werden. Die Korrosion der Prüfeinrichtung durch die Prüfflüssigkeit kann zu Niederschlägen auf den Probenkörpern und Verunreinigungen führen. Für die Prüfeinrichtung müssen daher korrosionsfeste Werk-

stoffe verwendet werden. Der Zeitpunkt des Bruches und damit die Standzeit wird elektrisch oder elektronisch gemessen und aufgezeichnet. Oft werden auch Einrichtungen zur Messung der Dehnungs-Zeit-Kurve der Probe, also der Kriechkurve, installiert.

7. Prüfbedingungen

Die Prüfspannung aus der gleichbleibend ruhenden Zugkraft beträgt 4 N/mm² bzw. 4 MPa ($\pm 1\%$). Die Fläche des Probenquerschnitts wird dabei aus der Breite an der schmalsten Stelle und der Dicke an der dünnsten Stelle in der Strukturausbildung des Probekörpers berechnet. Die Prüftemperatur wird auf $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ eingestellt und thermostatisch geregelt. Als Prüfflüssigkeit wird eine Tensidlösung aus entionisiertem Wasser und 2 Vol.-% Tensid verwendet.

Als Tensid dient Nonylphenolpolyglykoether mit ca. 15 Gliedern der Ethylenoxidskette, z. B. Arkopal® N 150. Nur solche höherkettigen Netzmittel bieten die Gewähr, dass sie auch bei der hohen Prüftemperatur in Lösung bleiben. Bei der Verwendung anderer Netzmittel, z. B. Igepal® CO-630, Igepal® BC-9, Tergitol® NP-9, Arkopal® N 100 mit nur 9 bis 10 Gliedern der Ethylenoxidskette muss die Prüfflüssigkeit durch ein Rührwerk umgerührt werden. Die Standzeit nimmt in der Regel mit der Länge der Ethylenoxidskette ab.

8. Durchführung der Prüfung

Vor jeder Prüfung muss die Prüfflüssigkeit erneuert werden. Nach einem Vorlauf von 24 h bei 80 °C kann dann die Probe eingebaut werden. Der Probekörper darf beim Einbau und während der Prüfung nicht verdreht werden. Es dürfen also keine Biege- oder Torsionsmomente einwirken. Nach dem Einbau wird die Probe für eine halbe Stunde temperiert und dann zügig und stoßfrei belastet.

9. Auswertung

Prüfergebnis ist das geometrische Mittel der Standzeiten von mindestens 5 Messproben. Dabei dürfen nur die Standzeiten berücksichtigt werden, bei denen eindeutig ausgeschlossen werden kann, dass die Rissbildung durch Beanspruchungen in der Einspannung oder vom Rand der Messprobe her entstanden ist.

10. Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Prüfstelle, Ort und Datum der Prüfung
- b) Verweisung auf dieses Dokument sowie eine Beschreibung jeder eventuell gewählten Abweichung
- c) Vollständige Angaben zur Identifikation des geprüften Produkts (z. B. Hersteller, Kennzeichnungen (z. B. Zulassungsnummer), Werkstoff, Dichte, Schmelze-Massefließrate, Rußgehalt, Dicke, Breite, Oberflächenbeschaffenheit)
- d) Angaben zur eindeutigen Identifikation der Prüfflüssigkeiten
- e) Einzelheiten zur Probenahme und Vorbereitung der Messproben (Anordnung der Struktur, Verfahren der Herstellung der Messproben, Maße der Messprobe)
- f) Einzelheiten zum Prüfgerät
- g) Einzelheiten zur Durchführung der Prüfung
- h) Prüfergebnis nach Abschnitt 8 (Dokumentation der Bruchbilder. Standzeiten der einzelnen Messproben, geometrisches Mittel der Standzeiten)

Literaturhinweis

Müller, W. W.: Handbuch der PE-HD-Dichtungsbahnen in der Geotechnik. Basel: Birkhäuser Verlag 2001.

Kratochvilla, T. R., Dragaun, H., und Muschik, H.: Quantifizierung des Alterungsverhaltens von Netzmitteln für Medien-Zeitstandversuche. 3R International 45 (2006), S. 486-490.

Wüst, J., Bastian, M., und Brüll, R.: Untersuchungen zum Alterungsverhalten von Arkopal N 100. 3R International 44 (2005), S. 558-561.

Pinter, G., Haager, M., und Lang, R. W.: Influence of nonylphenol-polyglycol-ether environments on the results of the full notch creep test. Polymer Testing 26 (2007), S. 700-710.

Fleissner, M.: Experience with a full notched creep test in determining the stress crack performance of polyethylene. Polymer Engineering and Science 38 (1998), S. 330-340.