

**Bericht Nr.** R0 04 1628

**Thema:** Zeitstandzugprüfungen an Proben aus einer  
PE-Deponieentwässerungsleitung zur Bestimmung des  
Widerstandes gegenüber langsamem  
Rissfortschritt im Full Notch Creep Test (FNCT)

**Auftraggeber:** Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner GmbH  
Größenwiesenweg 28  
D-73660 Urbach

Amtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungs-Stelle für  
Behälter, Rohre und Abdichtungsbahnen aus Thermoplasten (NRW 37).

**HESSEL Ingenieurtechnik GmbH**

Am Vennstein 1a  
D-52159 Roetgen

Tel.: +49 2471/ 920 220  
Fax: +49 2471/920 2219  
E-Mail: [info@hessel-ingtech.de](mailto:info@hessel-ingtech.de)  
Net: [www.hessel-ingtech.de](http://www.hessel-ingtech.de)



DAP-PL-3760.00

Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die  
DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH  
akkreditiertes Prüflaboratorium.

**Datum:** 13.10.2009

**Zeichnungsberechtigter:** Dr.-Ing. Joachim Hessel

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Joachim Hessel', is written over the printed name.

Die in diesem Bericht enthaltenen Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.

Dieser Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung der HESSEL Ingenieurtechnik nicht auszugsweise  
vervielfältigt werden.

## Vorbemerkung

Ziel der Untersuchungen ist es, den Widerstand von Proben aus der Rohrwand einer PE-Deponieentwässerungsleitung gegenüber langsamem Rissfortschritt im FNCT festzustellen.

Der Full Notch Creep Test (FNCT) dient zur Bestimmung des Spannungsrissverhaltens von Polymeren unter Verwendung von gekerbten Proben. Die Ergebnisse von FNCT-Versuchen korrelieren mit Zeitstandinnendruckversuchen an Rohren.<sup>1</sup>

Die Prüfung erfolgt nach DIN EN 12814-3<sup>2</sup> und Richtlinie DVS 2203 Teil 4; Beiblatt 2 (12/2001).<sup>3</sup> Zur Abkürzung der Prüfzeit werden die Versuche in einer 2%igen wässrigen Netzmittellösung (Arkopal N-100) durchgeführt.<sup>4</sup>

## Prüfmuster

Das Prüfmuster (ovalisierter Rohrabschnitt ca. 200 mm lang; Durchmesser 297 mm bzw. 256 mm; Wanddicke ca. 27 mm) wurde uns vom Auftraggeber zugeschickt (Probeneingang 27.08.2009). Weitere Angaben zu dem Prüfmuster sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

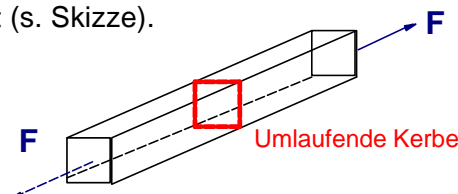
Interne Bezeichnung	Rohstoff	Farbe	Bemerkung
1628	Polyethylen	schwarz	„Rohrprobe Deponie Burghof“

Tabelle 1: Angaben zu dem Prüfmuster

## Probenvorbereitung und Prüfbedingungen beim FNCT

Aus dem Prüfmuster wurden je 3 Probestäbe mit quadratischem Querschnitt (10 x 10 mm) in Längsrichtung bzw. Rohrumfangsrichtung im Abstand von ca. 0,5 mm von der Rohrwandinnenseite herausgearbeitet.

Alle Proben wurden mittig gekerbt (s. Skizze).



<sup>1</sup>Fleißner, M.: Langsames Risswachstum und Zeitstandfestigkeit von Rohren aus Polyethylen. Kunststoffe 77 (1987) 1, S. 45/50.

<sup>2</sup>Prüfen von Schweißverbindungen aus Thermoplasten -Zeitstandzugversuch-

<sup>3</sup>Deutscher Verband für Schweißtechnik e.V.: Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen - Zeitstand-Zugversuch -; Beiblatt 2: Full Notch Creep Test Deutscher Verlag für Schweißtechnik DVS-Verlag GmbH, Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf

<sup>4</sup>Hessel, J. u. Mauer, E.: Zeitstandprüfung in wässriger Netzmittellösung Zeitschrift "Materialprüfung" 36 (1994) 6, S. 240/243

Je 3 Proben in Rohrumfangsrichtung bzw. Rohrlängsrichtung wurden im Zeitstand-Zugversuch nach Richtlinie DVS 2203 Teil 4, Beiblatt 2, bei der Prüftemperatur  $80\text{ °C} \pm 0,5\text{ K}$  geprüft.

Die Prüfspannung von  $4,0\text{ N/mm}^2$  wurde auf den verbleibenden ungekerbten Restquerschnitt bezogen. Als Prüfmedium wurde eine 2%ige wässrige Lösung aus einem Netzmittel (Arkopal N-100) und deionisiertem Wasser verwendet.

### Durchgeführte Untersuchungen

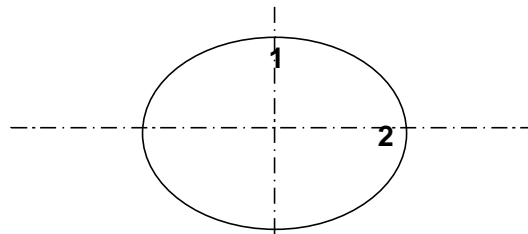
Es wurden nachfolgend genannte Untersuchungen durchgeführt:

1. Berechnung der Randfaserdehnung durch Ovalisierung des Rohres
2. Messung der Oxidations-Induktions-Zeit (OIT) bei  $210\text{ °C}$
3. Prüfung des Widerstandes gegenüber Spannungsrisssbildung im FNCT

### Ergebnisse der Untersuchungen

#### Berechnung der Randfaserdehnung

Die Berechnung der Randfaserdehnung an der Rohrwandinnenseite am Scheitel (Stelle 1) beträgt  $2,2\text{ %}$ , am Kämpfer (Stelle 2) wurde eine Stauchung von  $2,7\text{ %}$  berechnet



Fazit: Die berechnete Randfaserdehnung liegt unterhalb des in DVS 2205-1 genannten Grenzwertes von  $3\text{ %}$ .

#### Oxidations-Induktions-Zeit (OIT)

Es wurde eine Oxidations-Induktionszeit von 22 Minuten gemessen.

Fazit: An dem Untersuchungsmuster sind noch keine Anzeichen von Wärmealterung zu erkennen.

Untersuchungen im FNCT

Die bei den Zeitstanduntersuchungen bei 80 °C und 4,0 N/mm<sup>2</sup> erreichten Standzeiten sind in Tabelle 2 angegeben.

Muster	Nr. - Probe	Standzeit (Stunden)	Geometrischer Mittelwert (Stunden)	Bemerkung
1628-L*	1	25,2	<b>23,9</b>	Sprödbrüche
	2	24,9		
	3	21,8		
1628-Q**	1	24,3	<b>26,2</b>	Sprödbrüche
	2	27,6		
	3	26,8		

\*: Probenentnahme in Rohrlängsrichtung

\*\* : Probenentnahme in Rohrumfangsrichtung

Tabelle 2: Ergebnisse der Zeitstandzugversuche an gekerbten Proben (FNCT) aus der Rohrwand einer PE-Deponieentwässerungsleitung in wässriger Netzmittellösung (2 % Arkopal N-100)

Zur Einordnung der gemessenen Standzeiten sind in Tabelle 3 die vom DIBt<sup>5</sup> geforderten Standzeiten für die bauaufsichtliche Zulassung von Formmassen für Rohre und Behälter aus Polyethylen unter gleichen Prüfbedingungen genannt.

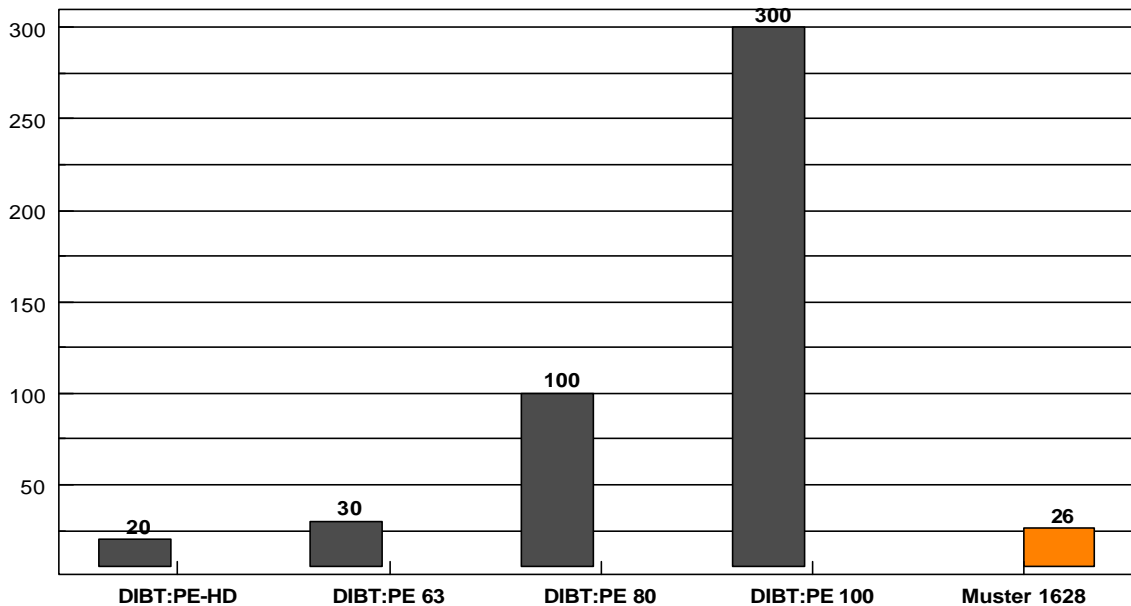
PE-Klassifikation	Mindeststandzeit in Stunden
PE-HD	20
PE 63	30
PE 80	100
PE 100	300

Tabelle 3: Mindeststandzeiten für Formmassen aus Polyethylen im Hinblick auf deren bauaufsichtliche Zulassung

Im Bild 1 sind die Daten aus Tabelle 2 und Tabelle 3 vergleichend dargestellt.

<sup>5</sup> DIBt: Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin

Standzeit in Stunden



**Bild 1:** Gegenüberstellung der Standzeiten im FNCT von Muster 1628 und den Anforderungen des DIBt.

### Schlussfolgerungen/ Interpretation

**Die Standzeiten im FNCT an Proben aus der Rohrwand einer PE-Deponieentwässerungsleitung liegen auf einem sehr geringen Niveau.**

**Im Vergleich zu den Anforderungen des DIBt an Formmassen zur Herstellung von Rohren aus Polyethylen betragen die Standzeiten an den Proben aus der Rohrwand einer PE-Deponieentwässerungsleitung ca. 87 % des für PE 63, 26 % des für PE 80 und 8,7 % des für PE 100 geforderten Wertes.**

**Damit handelt es sich bei dem Rohstoff des Rohres für die PE-Deponieentwässerungsleitung um einen vergleichsweise spannungsrissempfindlichen Werkstoff, so dass beim Vorhandensein von Zugspannungen mit vorzeitigen Zeitandrissen gerechnet werden muss.**

**Bei einer Randfaserdehnung von 2,2 % betragen diese Zugspannungen 3 bis 4 N/mm<sup>2</sup> (DVS 2205-1).**