

# **I/5 Zur Mindestqualität von Rohren aus PE für die Erdverlegung ohne Sandeinbettung**

**Dr.-Ing. Joachim Hessel**

## **Einleitung und Problemstellung**

Die Einwirkung punkt- oder linienförmiger Lasten auf die Außenoberfläche von Rohren wird in den für Rohrleitungsbau relevanten Normen als zeitstandverkürzend angesehen. Deshalb wird z. B. in DIN 4033 und DIN 19630 gefordert, die Rohre so zu verlegen, dass während des Betriebs keine Punkt- oder Linienlasten auf die Rohrwand einwirken.

Die notwendige Sandeinbettung von erdverlegten Rohren ist in den einschlägigen Regelwerken vorgeschrieben [1]. Schäden an Rohren aus Polyethylen-Rohstoffen der 1. und 2. Generation bei unsachgemäßer Verlegung sind bekannt und in der Literatur beschrieben [2].

Aufgrund der Entwicklung der Polyethylen-Rohrwerkstoffe hin zu verbessertem Zeitstandverhalten stellt sich die Frage, welches Niveau der Zeitstandfestigkeit ausreicht, um auf die kostenintensiven Maßnahmen der Sandumhüllung, Entsorgung des Aushubs u. a. bei der Erdverlegung von Rohren aus Polyethylen verzichten zu können.

## **1. Ziel der Untersuchungen**

Ziel der Untersuchungen ist die Bestimmung einer Korrelation zwischen dem Zeitstandverhalten von grabenlos verlegten Rohren ohne Sandumhüllung unter äußeren Punktlasten und dem Widerstand der Rohrwerkstoffe gegenüber langsamem Rissfortschritt.

Im ersten Schritt wird eine konservative Abschätzung der Mindest-Rohrqualität vorgenommen, die eine sichere Verlegung ohne Sandumhüllung erlaubt. In einem weiteren Schritt wird die Möglichkeit der Verlegung ohne Sandumhüllung bei verschiedenen Belastungsfällen angegeben.

## **2. Durchführung der Untersuchungen**

Die experimentellen Untersuchungen an 10 verschiedenen Rohstoffqualitäten umfassen Innendruckversuche an Rohren 110 x 10 mm mit äußeren Punktlasten sowie Riefen und die Bestimmung des Widerstandes gegenüber langsamem Rissfortschritt der Rohre im Full Notch Creep Test (FNCT).

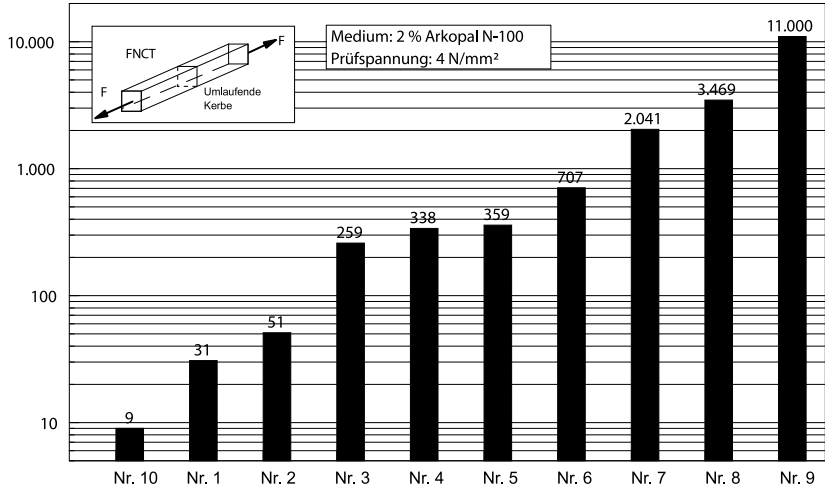
Die Versuche werden zur Abkürzung der Versuchszeiten in wässriger Netzmittellösung durchgeführt. Durch Vergleichsuntersuchungen in Wasser wird der Bezug zu dem in der Praxis herrschenden Milieu hergestellt. Die Untersuchungen zur Aktivierungsenergie erlauben eine Extrapolation der bei 80 °C erhaltenen Daten auf die Betriebstemperatur in der Praxis.

Die theoretischen Betrachtungen beziehen sich auf die polymerphysikalischen Eigenschaften der untersuchten Prüfmuster im Hinblick auf deren maximal mögliche Einsatzzeiten [3; 4].

## **2.1 Untersuchungen zum langsamem Rissfortschritt im FNCT**

Der FNCT dient zur Bestimmung des Spannungsrissverhaltens von Polymeren unter Verwendung von gekerbten Proben. Die Ergebnisse von FNCT-Versuchen korrelieren mit Zeitstands-

Standzeit in Stunden



**Bild 1:** Langsamer Rissfortschritt an Proben aus Rohren im FNCT

innendruckversuchen an Rohren. Die Prüfung erfolgt nach DIN EN 12814-3 bzw. Richtlinie DVS 2203 Teil 4; Beiblatt 2 (Entwurf 1999).

An den Rohren aus den 10 Rohstoffqualitäten wurden Versuche im FNCT bei 95 °C und 80 °C in wässriger Netzmittellösung bei einer Zugspannung von 4 N/mm<sup>2</sup> durchgeführt.

## 2.2 Untersuchungen zum langsamem Rissfortschritt bei Rohren

Das Zeitstandverhalten von Rohren unter dem maximal zulässigen Betriebsdruck wurde unter Anwendung des folgenden Belastungskollektivs untersucht:

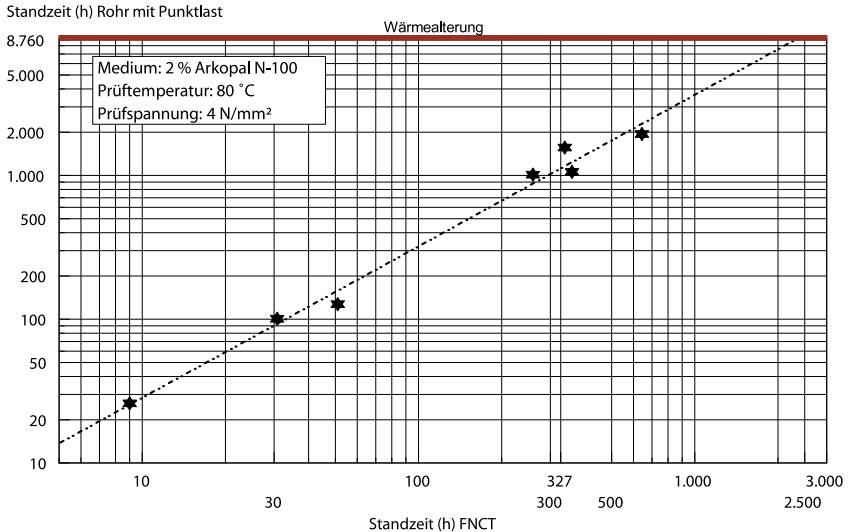
- Vergleichsspannung in der Rohrwand: 4 N/mm<sup>2</sup>
- Prüftemperatur: 80 °C
- Prüfmedium: 2 %-ige wässrige Netzmittellösung
- Randfaserdehnung an der Rohrwandinnenseite entsprechend Dehnung bei Streckspannung

Die Größe der Randfaserdehnung an der Rohrwandinnenseite wurde durch:

- Berechnungen mit der Finiten Elemente Methode (FEM),
- analytische Berechnungen mit Gleichungen der theoretischen Mechanik und
- experimentelle Untersuchungen verifiziert.

An einer ausgewählten Rohrqualität wird der Einfluss folgender Parameter untersucht:

- Größe des Innendrucks
- Größe der Punktlast
- Tiefe von Innenkerben
- Innenkerbe und Punktlast



**Bild 2:** Korrelation zwischen den Standzeiten von Rohren unter Punktlast und im FNCT

### 3. Ergebnisse der Untersuchungen

Der Widerstand gegenüber langsamem Rissfortschritt der untersuchten Rohrqualitäten durch Untersuchungen im FNCT bei 80 °C an den 9 Untersuchungsmustern ist im **Bild 1** zusammengefasst. Die unvernetzten Polyethylene zeigen um den Faktor 100 unterschiedliche Standzeiten. Bei dem Muster Nr. 9 handelt es sich um peroxidisch vernetztes Polyethylen (PE-Xa).

Zwischen den Standzeiten im FNCT und den Standzeiten von Rohren unter Innendruck und äußerer Punktlast zeigt sich ein eindeutiger Zusammenhang (**Bild 2**). Je größer die Standzeiten im FNCT sind, umso länger halten die Rohre unter zusätzlicher äußerer Punktlast.

### 4. Ausblick

Nachdem der prinzipielle Zusammenhang zwischen dem Widerstand eines Rohr(werkstoff)es gegenüber langsamem Rissfortschritt im FNCT und dem Zeitstandverhalten von Rohren unter zusätzlicher äußerer Punktlast nachgewiesen ist, ist die interaktive Untersuchung folgender Parameter im Hinblick auf den sicheren Betrieb nicht eingesandeter Rohre notwendig:

1. Rohrinndruck
2. Stempelweg
3. Temperatur
4. Medieneinfluss (Netzmittel / Wasser)
5. Systemspezifische Streuung

Die zum Zeitpunkt der Tagung aktuellen Ergebnisse werden im Vortrag erläutert.

**Literatur:**

- [1] DVGW, DIN, CEN, ISO: Richtlinien zur Verlegung von Gas- bzw. Wasserleitungen aus Polyethylen.
- [2] Hessel, J.: Zeitstandverhalten von Polyethylen unter dem Einfluss lokal konzentrierter Spannungen. 3R international 34 (1995) 10/11 S. 573/579.
- [3] Gaube, E. et al. : Zeitstandfestigkeit und Alterung von Rohren aus HDPE; Erfahrungen aus 30 Jahren Rohrprüfung. Kunststoffe 7 (1985), S. 412/ 415.
- [4] Gebler, H.: Langzeitverhalten und Alterung von PE-HD-Rohren. Kunststoffe 9 (1989), S. 823/ 826.

**Verfasser:** Dr.-Ing. Joachim Hessel  
Geschäftsführer  
HESSSEL Ingenieurtechnik GmbH  
Am Vennstein 1 a  
52159 Roetgen  
Telefon: (0 24 71) 920 220  
Telefax: (0 24 71) 920 22 19  
e-mail: joachim.hessel@hessel-ingtech.de  
net: www.hessel-ingtech.de