

3R INTERNATIONAL

Zeitschrift für die Rohrleitungspraxis

Rohre Rohrleitungsbau Rohrleitungssysteme

Pipes Piping Engineering Piping Systems

PE-Rohre mit besonderen Schutzeigenschaften

Dipl.-Ing. Nicole Barnstein

erschienen in 3R international 5/2005

Vulkan-Verlag GmbH, Essen

Kontakt: N. Hülsdau (Tel. 0201/82002-33, E-Mail: n.huelsdau@vulkan-verlag.de)



PE-Rohre mit besonderen Schutzeigenschaften

Niedrigere Baukosten im Rohrleitungsbau bei ständig steigenden Qualitätsansprüchen – ein unvereinbarer Widerspruch?

PE pipes with special safety properties

Lower pipeline installation costs plus continuously rising quality standards – an irreconcilable contradiction?

Stehen Kostendruck und gestiegene Qualitätsansprüchen im Rohrleitungsbau unversöhnlich gegenüber oder gibt es Auswege aus diesem Dilemma? Der folgende Beitrag möchte darüber informieren, welche Einsparpotentiale heute im Rohrleitungsbau vorhanden sind und wie diese durch die Auswahl geeigneter Rohrsysteme erschlossen werden können. Speziell die heute am Markt erhältlichen mehrschichtigen Rohrkonstruktionen weisen durch ihr besonderes Eigenschaftsprofil den Weg in die Richtung, die Abläufe auf der Baustelle zu vereinfachen und trotzdem die vielfältigen Anforderungen hinsichtlich Lebensdauer, Betriebssicherheit, Qualität und Umweltschutz zu erfüllen.

Are cost-pressure and increased quality standards in pipeline engineering destined always to remain unreconciled, or are there ways out of the dilemma? The following article is intended to provide details of the savings potentials available in present-day pipe engineering and how they can be realized via the selection of suitable piping systems. The special properties of the laminated pipe designs currently available on the market, in particular, point the way toward simplification of on-site procedures combined nonetheless with fulfillment of the numerous and diverse demands for longevity, operational safety and reliability, quality and environmental safety.

Einleitung

Gemäß verschiedener Untersuchungen werden die Baukosten in nicht unerheblichem Maße von der Art der Verlegung beeinflusst. Nach Fleckner [1] liegt der Anteil der Kosten, die für die Herstellung der Leitungsgräben und das Wiederherstellen der Oberflächen zu kalkulieren sind, bei ca. 80 % der Gesamtkosten. Es ist durchaus nachvollziehbar, dass bei tieferliegenden Abwasserleitungen dieser Anteil bis auf 90 % der Gesamtkosten steigen kann. Ähnliche Größenver-

hältnisse wurden auch im benachbarten deutschsprachigen Ausland ermittelt.

Bezüglich der Bewertung der realisierbaren Einsparpotentiale bei der Anwendung grabenloser Verlegetechniken gehen die Einschätzungen gerade in der jüngsten Vergangenheit auseinander. Wurde noch in einer Pressemitteilung des Bayerischen Staatsministeriums vom 11.09.1996 [2] das Einsparpotential mit bis zu 50 % beziffert, häufen sich in den letzten Jahren die Aussagen von Energieversorgern als auch von Rohrleitungsbauunternehmen, wonach es immer wieder



Dipl.-Ing. Nicole Barnstein

FRANK GmbH, Mörfelden
Tel. +49(0)6105/926-38
E-Mail: n.barnstein@frank-gmbh.de

Baustellenbedingungen gibt in denen die Kosten für die Verlegung in einem offenen Graben in der gleichen Größenordnung zu finden sind, wie die einer grabenlosen Verlegung (z. B. Horizontalspülbohrverfahren, Fräs- und Pflügerverfahren). Ausschlaggebend sind hier die vorliegenden Bodenverhältnisse.

Kosteneinsparpotentiale

Einsatz alternativer Verlegeverfahren

Durch den Einsatz bestimmter Verlegeverfahren können Kostensenkungspotentiale in verschiedenen Bereichen der Verlegung erschlossen werden. Diese sollen exemplarisch anhand der alternativen Verfahren „Fräsverfahren“ und „Horizontalspülbohrverfahren“ (**Tabelle 1**) im Vergleich zur Verlegung im „offenen Graben“ verdeutlicht werden.

Je nach örtlichen Gegebenheiten kann die Ausprägung der Kosteneinsparpotentiale variieren.

Da nicht alle am Markt vorhandenen Rohrsysteme das für diese Verlegetechniken notwendige Eigenschaftsprofil aufweisen (längskraftschlüssige Verbindung, Flexibilität u. a.) scheidet einzelne Systeme für bestimmte Verfahren aus. Besteht der Wunsch Einsparpotentiale unter Verwendung der grabenlosen Verlegetechniken zu nutzen, können deshalb nur ausgewählte Rohrsysteme eingesetzt werden.

Verwendung geeigneter Rohrsysteme

Je nach Anforderung oder Anwendungsfall stehen heute dem Planer verschiedene Rohrsysteme (Kunststoff, Guss, Stahl, Steinzeug usw.) zur Verfügung. Innerhalb dieser verschiedenen Werkstoffgruppen existieren z. T. eine größere Anzahl Varianten, die mitunter unterschiedliche Eigenschaftsprofile aufweisen. So können z. B. aus der Gruppe der Kunststoffe Rohrsysteme aus PE längskraftschlüssig mittels Heizelementstumpfschweißung verbunden werden, während dies bei Rohrsystemen aus PVC nicht möglich ist. Entsprechend eingeschränkt sind damit die anwendbaren Verlegeverfahren sowie die erzielbaren Kosteneinsparungen.

Tabelle 2 zeigt geeignete Verlegeverfahren für verschiedene Rohrsysteme.

Einen weiteren Aspekt stellt das Handling auf der Baustelle dar. Gerade metallische Rohrsysteme sind, bedingt durch ein deutlich höheres Gewicht, auf der Baustelle schwerer zu handhaben. **Bild 1** zeigt einen Vergleich von Rohren (DN 100 und DN 300) aus unterschiedlichen Werkstoffen.

Auch die entstehenden Kosten für eine Schweißnahtverbindung sollten bei der Planung einer Leitung nicht außer Acht gelassen werden. So ist bei der Schweißung z. B. einer Stahlleitung auch die Nachisolierung der Schweißnaht zu beachten, die sich letztlich auch in den Kosten niederschlägt. In **Tabelle 3** sind empirisch ermittelte Kosten für eine Schweißnahtverbindung von Stahl und PE 100 gegenüber gestellt wurden.

Speziell im Versorgungsbereich werden besondere Anforderungen an die Rohrsysteme hinsichtlich der Qualität gestellt. Hierbei sollen vor allem die Gesamtkosten bei gleichbleibender Qualität möglichst gering gehalten werden. Einen wichtigen Punkt bei der Auswahl des Rohrsystems spielen hierbei die Umgebungsbedingungen der zu verlegenden Rohrleitung. Polyethylen hat sich in den letzten Jahren als Rohrwerkstoff für den Versorgungsbereich bewährt. Wie bei allen polymeren Rohrsystemen kann der Planer auf einen materialinhärenten Korrosionsschutz vertrauen und deshalb auf aufwändige Maßnahmen verzichten.

Verlegetechniken

Die altbewährte Verlegung einer Rohrleitung ist die Verlegung im offenen Graben. Hier werden die Einbaubedingungen künstlich geschaffen und somit definierte Aussagen über das Bettungsmaterial, die Bedingungen in der Leitungszone und die Belastung der Leitung möglich. Die Kosten der Tiefbauarbeiten bei dieser Verlegung hängen von der zu verlegenden Rohrleitung, der Grabentiefe und -breite sowie den örtlichen Gegebenheiten (z. B. Stadtgebiet, Straßen, Bodenverhältnisse usw.) ab.

Durch den immer dichter werdenden Verkehrsraum, die schnelle Entwicklung der Maschinenteknik sowie die neuen Entwicklungen auf dem Rohrleitungsmarkt gewinnt die grabenlose Verlegung immer mehr an Bedeutung für den Anwender.

Für beide Verfahrensvarianten ergeben sich die in der **Tabelle 4** aufgeführten Argumente.

Planung

Nach Feststellung der Rahmenbedingungen der Baumaßnahme sowie der Bewertung der in Tabelle 4 genannten Argumente erfolgt die Festlegung auf die anzuwendenden Verlegeverfahren. Aus dieser Bewertung ergibt sich ein spezielles Anforderungsprofil,

Tab. 1: Einsparpotentiale (X = Ersparnis gegenüber der Verlegung im offenen Graben; XX = erhebliche Ersparnis gegenüber der Verlegung im offenen Graben)

Table 1: Savings potentials (X = Savings compared to installation in open trench; XX = Significant savings compared to installation in open trench)

	offener Graben	Fräsverfahren	Horizontalspülbohrverfahren
Erdbewegungen	-	X	XX
Deponierung von Aushub	-	X	XX
Wasserhaltung	-	-	XX
Baustelleneinrichtung und -sicherung	-	X(X)	XX
Oberflächenwiederherstellung	-	X	XX
Zeitbedarf	-	X	X

X: Ersparnis gegenüber der Verlegung im offenen Graben

XX: erhebliche Ersparnis gegenüber der Verlegung im offenen Graben

Tab. 2: Geeignete Verlegeverfahren für verschiedene Rohrsysteme

Table 2: Suitable installation procedures for a range of pipe systems

	PE / PE-X	PVC	Guss	Stahl	Faserzement
Ungesteuerte Erdraketen	X	X	-	-	-
Fräsverfahren	X	-	X	X	-
Pflugverfahren	X	-	X	X ¹⁾	-
Horizontalspülbohrverfahren	X	-	X	X	X
Rohrvortriebs-Ramm-Verfahren	-	-	X	X	-
Berstlining	(X)	-	X	(X)	-
Langrohr-Relining	X	-	X	X	-

¹⁾ Raketenpflug

Tab. 3: Durchschnittliche Schweißnahtkosten verschiedener Firmen für Stahl und PE 100

Table 3: Average weld costs for various companies for welding steel and PE 100

Dimension [mm]	Schweißnahtkosten ca. Euro/Stck.	
	Stahl (inkl. Isolierung)	PE 100
DN 100	62,50	10,60
DN 150	75,00	14,30
DN 200	92,00	28,50
DN 300	140,00	42,90

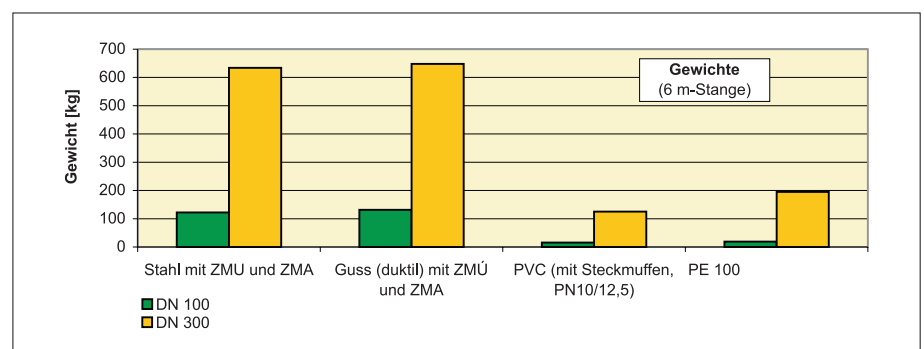


Bild 1: Übersicht verschiedener Rohrgewichte (Stahl, Guss, PVC, PE 100)

Fig. 1: Overview of a range of pipe-weight classes (steel, cast iron, PVC, PE 100)

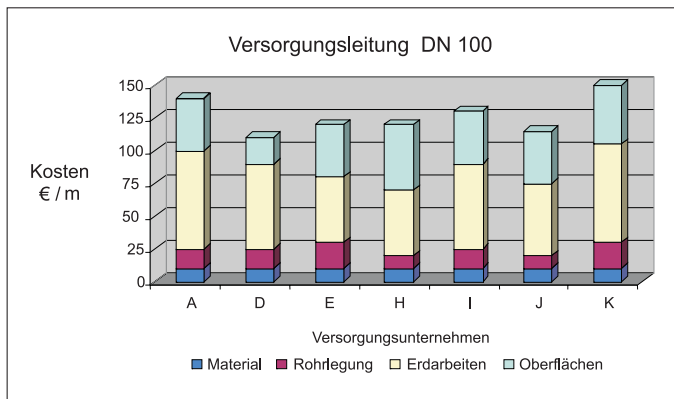


Bild 2: Kostenaufteilung bei der Erstellung einer Versorgungsleitung DN 100 (Quelle [5]: DVGW Wasser-Information Nr. 58 • 9/99)

Fig. 2: Cost breakdown for creation of a DN 100 supply line (source [5]: DVGW Wasser-Information No. 58 • 9/99)

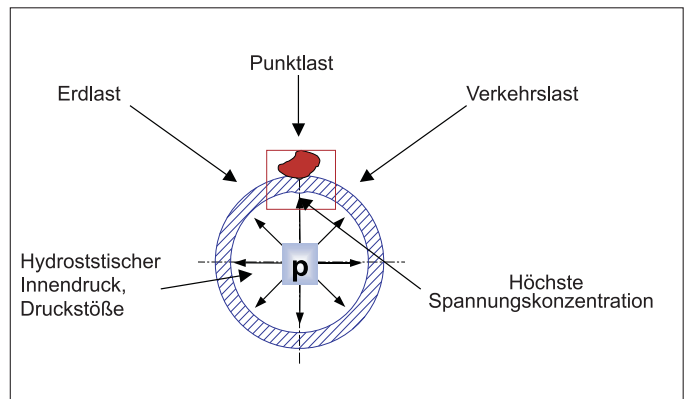


Bild 3: Darstellung der Punktlast

Fig. 3: View of punctiform load

Tab. 4: Argumente für die grabenlose und die Verlegung im offenen Graben

Table 4: Arguments in favour of trenchless and open-trench installation

grabenlos	offener Graben
Sandeinsparung	Bekannte Verhältnisse in der Rohrleitungszone
keine Wiederherstellung der Oberfläche bzw. Erdarbeiten (Verfüllung, Verdichtung) notwendig,	Visuelle Kontrolle der Rohrqualität nach Verlegung möglich
geringere Belastung durch Baustelleneinrichtung und -betrieb, Verkehrsbelastung,	Genauer Verlauf der Rohrleitung bestimmbar
geringere Zeit und Aufwand für Baustellensicherung, schnellerer Baufortschritt	Einfachere Nacharbeit nach Entdeckung von Mängeln auch nicht kraftschlüssige Rohrsysteme verlegbar
Manipulationssicherheit	gleichzeitige Installation von Abzweigen usw. leicht möglich
geringerer Eingriff in die Natur	
keine größeren Störungen der Bodenverhältnisse im Trassenverlauf	

das anschließend mit dem unterschiedlichen Leistungsvermögen der verschiedenen Rohrsysteme verglichen werden muss. In vielen Fällen ergeben sich durch die Anforderung seitens der Leitungsbeschreibung der Rohr-

leitung (Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Druckbelastung usw.), der Forderungen an die Verlegung (schneller Baufortschritt, einfaches Handling usw.) sowie betriebswirtschaftliche Vorgaben (geringe Schadensraten [3], hohe Lebensdauererwartungen [4] usw.) Vorteile für thermoplastische Rohrsysteme, da diese neben den bereits genannten Vorteilen auch hinsichtlich grabenloser Verlegetechniken erhebliche Vorteile im Vergleich zu traditionellen Werkstoffen haben.

Bild 4: Sureline®II von Frank GmbH

Fig. 4: Sureline®II, from Frank GmbH



Die Anwendung grabenloser Verlegetechniken, z. B. Horizontalspülbohrverfahren, kann dem Versorger Kosteneinsparungen im Bereich der Sandbettung und der Erdarbeiten gegenüber der Verlegung in offener Bauweise ermöglichen. **Bild 2** zeigt die allgemeine Kostenverteilung für Material, Rohrlegung, Erdarbeiten (z. B. Sandbettung) und Oberflächen einer DN 100 Versorgungsleitung verschiedener Versorgungsunternehmen auf. Den größten Kostenanteil nehmen hier die Erd- und Oberflächenarbeiten ein.

Im Bereich der Material- und Rohrlegungskosten ist aus Versorgersicht nur ein geringer Teil der Kosten einzusparen. Das größte

Einsparungspotentials ist im Bereich der Erd- und Oberflächenarbeiten zu sehen.

Besondere Belastungen bei alternativen Verlegeverfahren

Die Wiederverwendung des Bodenaushub bzw. der Verzicht auf die Sandbettung erfordert ein Rohrsystem, das den auftretenden Lasten entgegen wirken kann. Die Verlegung einer Leitung ohne Sandbett kann dazu führen, dass die Oberfläche verkratzt wird (DVGW G472, DVS 2207-1: max. 10 % der Wanddicke zulässig). Neben den Betriebslasten wie hydrostatischer Innendruck, Druckstöße, Verkehrs- und Erdlast, können bei grabenlos verlegten Rohren zusätzliche Belastungen durch Kraffteinwirkung von außen (Punktlasten) auftreten. **Bild 3** verdeutlicht diese Problematik.

Bei einer auftretenden Punktlast konzentriert sich die Spannung an der Rohrrinnenwand. Dadurch können Spannungsrisse entstehen, die zum vorzeitigen Versagen der Rohrleitung führen. Aus diesem Grund können nur Rohre, die über eine besonders gute Spannungsrisssbeständigkeit verfügen, in solchen Anwendungen eingesetzt werden.

Diese Rohre werden auf dem Markt als Rohre mit funktionalen Schichten bezeichnet. Hierbei handelt es sich um Rohrsysteme mit integrierter oder maßlich aufaddierter Schutzschicht. Zu der erstgenannten Gruppe gehört das Sureline®II-Rohr (**Bild 4**).

Um die tatsächliche Leistungsfähigkeit solcher Rohrsysteme zu beschreiben, reichen die heute in den technischen Regelwerken genannten Spezifikationen nicht mehr aus. Deshalb wurden verschiedene Prüfverfahren entwickelt, die speziell die Eigenschaften betrachten, die bei der Verwendung von alternativen Verlegeverfahren essentiell sind und zusätzlich zu den „Standardanforderungen“ an PE-Rohre erbracht werden müssen. Im Folgenden sind drei dieser Prüfverfahren näher erklärt:

Notch-Test (DIN EN ISO 13479)

Im Rahmen dieses Versuches werden Rohre mit vier axial verlaufenden Kerben (Tiefe: 20 % der Gesamtwanddicke) versehen und mit einem Prüfdruck von 9,2 bar bei 80 °C geprüft (Bild 5).

Diese Prüfung gibt Hinweise auf Auswirkungen von äußeren Kerben und Riefen im Langzeitverhalten der Rohre.

FNCT „Full Notch Creep Test“ (DIN EN 12814-3)

Bei dieser Prüfung wird ein Probekörper 10 x 10 x 100 mm axial aus der Rohrwand entnommen und mit einer senkrecht zur Achse verlaufenden Kerbe versehen. Im Anschluss wird die Probe im Wasserbad, unter Verwendung eines Netzmittels, bei erhöhter Temperatur auf Zug belastet (Bild 6).

Mit diesem Versuch wird die Kerbempfindlichkeit des Rohstoffes und somit der Rohre gemessen. Ebenso können Aussagen über Werkstoffreserven bei spannungsrisauslösenden Belastungen wie z. B. Punktlasten von außen getroffen werden.

Punktlastversuch nach Dr. Hessel

Hierbei handelt es sich um eine Kombination aus Innendruckprüfung mit zusätzlich von außen aufgebrachter Punktbelastung. Diese simuliert z. B. den in der Praxis anzutreffenden Stein und wird durch einen 10 mm Auflagestempel im Labor nachgestellt (Bild 7).

Durch diesen Versuch wird der Widerstand gegenüber Punktlasten, die von außen auf die Rohre einwirken, gemessen.

Fazit

Mit Hilfe praxiserprobter und qualitativ hochwertiger Rohrleitungssysteme aus Polyethylen ist es möglich, die komplexen Anforderungen, die heute bei der Verlegung mit alternativen Verlegeverfahren hinsichtlich Verlegesicherheit, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit gestellt werden, zu erfüllen. Im Zusammenspiel mit den am Markt seit vielen Jahren angewandten Verbindungstechniken können heute Bauvorhaben unter Verwendung moderner Mehrschicht-Rohrkonstruktionen wie z. B. Sureline®II (Anwendungen: Trinkwasser, Gas und Abwasser) außerordentlich wirtschaftlich und sicher abgewickelt werden. Die besonderen Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe (PE 100 VRC) garantieren einen dauerhaften, störungsfreien Betrieb während der möglichen Betriebsdauer von 100 Jahren auch unter erhöhten Belastungen (z. B. Punktlasten). Unter Einbeziehung aller Aspekte (Baustellenhandling, Verbindungstechnik, Formteilprogramm, Wirtschaftlichkeit in Bezug auf Produkt und Verlegung usw.) gibt es kei-

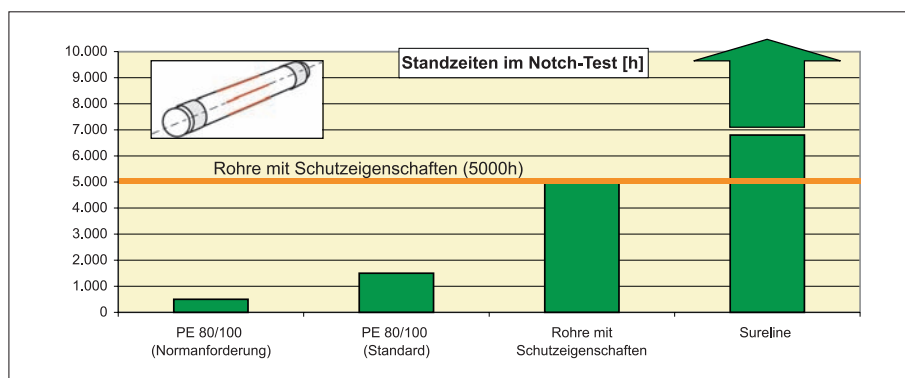


Bild 5: Standzeiten im Notchtest

Fig. 5: Service-lives in the notch test

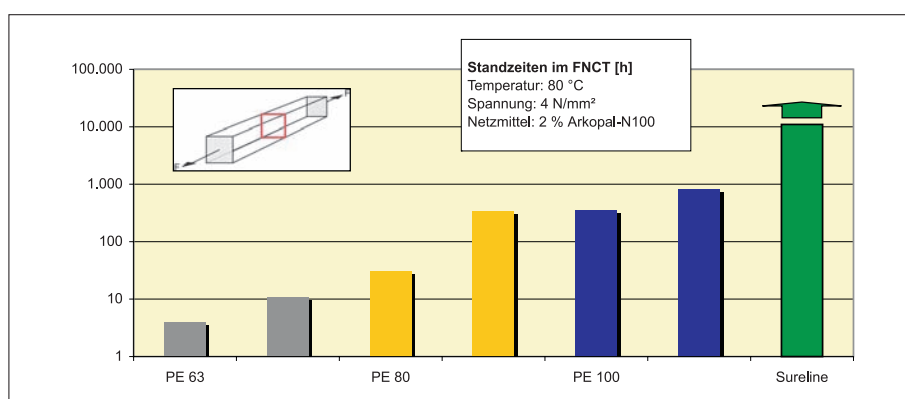


Bild 6: FNCT-Ergebnisse verschiedener Formmassen: Standard PE 100 > 300 h, Rohre mit Schutzzeigenschaften ohne Sandeinbettung nach Dr. Hessel > 2.000 h (Quelle: 3R international 6/2001), Sureline®II > 11.000 h

Fig. 6: FNCT results for various casting compounds: Standard PE 100 > 300 h, pipes with safety properties without sand-embedding as per Dr. Hessel > 2000 h (source: 3R international 6/2001), Sureline®II > 11000 h

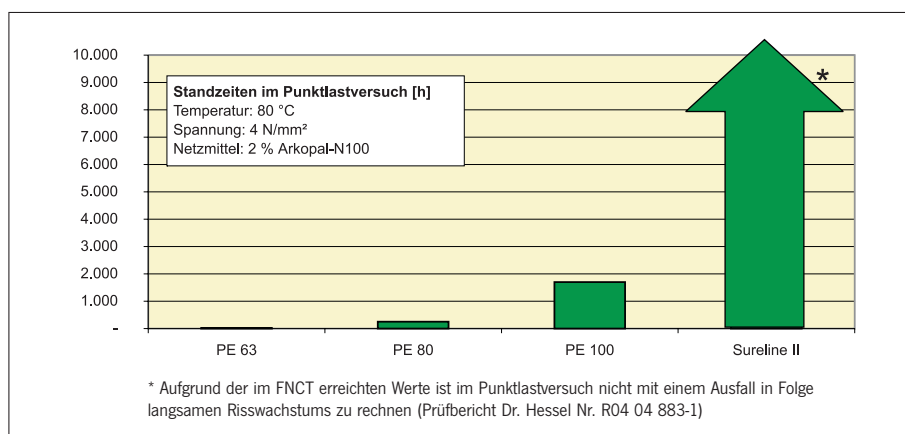


Bild 7: Standzeiten verschiedener Werkstoffe im Punktlastversuch.

Fig. 7: Survival times for various materials in the punctiform load test

ne anderen Rohrleitungssysteme, die ein derart vorteilhaftes Eigenschaftsprofil aufweisen.

Literatur

[1] Fleckner, H.: Abstandsregelung – Mindestabstände-Verlegetiefen und ihre wirtschaftlichen Folgen, Bregener Rohrleitungstage 1996 mit Fachausstellung

[2] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen; Pressemitteilung Nr. 750/96 vom 11.09.1996
 [3] Girsberger, W.: Rohrbruchschäden, Bregener Rohrleitungstage 2001
 [4] Schulte, U.: 100 Jahre Lebensdauer-Langzeitfestigkeit von Druckrohren aus bimodalem PE-HD nach ISO TR 9080 bestätigt. Kunststoffe 87 (1997) Nr. 2
 [5] DVGW Wasser-Information Nr. 58 • 9/99