

Prüfung von geraden Kunststoffmantelrohren

# Qualitätsprüfung von KMR-Systembauteilen

Mit dem Beschluss der AGFW, jährlich eine Qualitätsüberprüfung werkmäßig hergestellter Rohrsystembauteile durchzuführen, wurden 2006/2007 erstmals entsprechende Aktivitäten im Auftrag der AGFW initiiert. In dieser ersten Prüfrunde wurden gerade Kunststoffmantelrohre im FFI getestet. Die Ergebnisse von 8 der 9 untersuchten Rohrsysteme werden insgesamt als gut bis befriedigend bewertet. Es folgt eine Darstellung der Prüfverfahren und der Resultate.

Um die Qualität von KMR-Systembauteilen zu ermitteln, wurden im Jahr 2006 aus projektspezifischen Lieferungen Rohre entnommen. Die Prüfungen an diesen zufällig ausgewählten Systembauteilen stellen Stichprobenprüfungen dar.

## 1 Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung

Im Rahmen projektbegleitender Qualitätssicherungsmaßnahmen kann die Qualität gelieferter KMR-Systembauteile (z.B. Rohre, Formstücke und Erdeinbauarmaturen) meist nur visuell überprüft werden. Mechanisch-technologische Prüfungen beim Wareneingang bzw. auf der Baustelle sind Kurzzeitprüfungen und ermöglichen nur in begrenztem Umfang Rückschlüsse auf die Langzeiteignung. Untersuchungen zur Feststellung der Mindestanforderungen der Materialien und Verbundeigenschaften können nur in entsprechend ausgerüsteten Prüflabors durchgeführt werden.

Im AGFW-Arbeitsblatt FW 401 wird gefordert, dass nur KMR-Systembauteile mit dem Nachweis einer Typprüfung einzusetzen sind.

Dabei wird unterstellt, dass alle Anforderungen der Produktnormen EN 253, 448, 488, 489 und 14419 nachgewiesen sind. Eine Forderung, die Typprüfungen in bestimmten Zeitabständen erneut durchzuführen, besteht bisher nicht; sofern keine wesentlichen Produktänderungen vorgenommen werden, muss die Typprüfung bisher nicht wiederholt werden.

Mit den von den Herstellern vorgelegten Zeugnissen wird aber meist nur ein begrenzter Teil der gesamten Anforderungen nachgewiesen. Insbesondere Ergebnisse länger dauernder und damit kostenintensiverer Versuche liegen nur in wenigen Fällen vor. Darüber hinaus werden verschiedene Prüfungen an unterschiedlichen Prüfinstituten in Auftrag gegeben. Der Kunde bzw. Leitungsbetreiber kann dann nicht nachvollziehen, ob an den Prüfinstituten Rohre aus der gleichen Charge geprüft wurden. Oftmals ist nicht nachzuvollziehen, welche Ausgangswerte die Rohre aufgewiesen haben. Nur in den Produktnormen und den entsprechenden Fachdiskussionen bewanderte beziehungsweise eingebundene Fachpersonen sind überhaupt in der Lage, die vorgelegten Zeugnisse über Typprüfungen etc. einigermaßen zu bewerten.

Die zur Qualitätssicherung in den informativen Anhängen der EN 253 festgelegten Prüfungen werden mit dem AGFW-Arbeitsblatt FW 401 als verbindlich erklärt. Die Einhaltung der internen und externen Prüfungen und deren Häufigkeiten kann

zukünftig auf der Grundlage von Euroheat & Power, Brüssel, mit der EHP/001 »Certification guidelines for quality assessment of district heating pipes« überprüft werden. Die KMR-Hersteller können ihre Produktionsstandorte regelmäßig auf Erfüllung nach EHP/001 überprüfen lassen und erhalten bei erfolgreicher Überprüfung das Recht, auf den Rohren und Formstücken aus diesen Produktionsstätten ein Qualitätszeichen anzubringen. Den Kunden bzw. Leitungsbetreibern wird empfohlen, zukünftig nur noch Rohre und Formstücke aus entsprechend nachgewiesener Qualitätsproduktion zu beziehen bzw. zu verwenden.

## 2 Überprüfung der Qualitäten von Kunststoffmantelrohren

Durch eine unabhängige, wiederkehrende Stichproben-Qualitätskontrolle soll der Qualitätsstand von KMR-Systembauteilen zukünftig durch jährliche Prüfungen auf der Grundlage der EN-Produktnormen und dem AGFW-Arbeitsblatt FW 401 festgestellt werden.

Im Auftrag der AGFW wurden im ersten Prüfdurchgang 2006/2007 die Prüfungen von geraden Kunststoffmantelrohren – je zwei 6 m lange Rohre bzw. ein 12 m langes Rohr DN 50/125 – folgender Hersteller bzw. Lieferanten im Fernwärme-Forschungsinstitut (FFI) durchgeführt:

- Brugg Rohrsysteme GmbH, Wunstorf, (nachfolgend als »Brugg« bezeichnet),
- GermanPipe Industrie- und Fernwärmetechnik GmbH, Nordhausen (nachfolgend als »GermanPipe« bezeichnet),
- Isoplus Fernwärmetechnik Gesellschaft m.b.H., Hohenberg (nachfolgend als »Isoplus-H« bezeichnet),
- Isoplus Fernwärmetechnik Gesellschaft m.b.H., Sondershausen (nachfolgend als »Isoplus-S« bezeichnet),
- KE Kelit Kunststoffwerk Gesellschaft m.b.H., Linz, Österreich, (nachfolgend als »KE Kelit« bezeichnet),
- Logstor Ror Polska Sp. Zo.o., Zabrze (nachfolgend als »Logstor-Z« bezeichnet) und
- Starpipe A/S, Fredericia, Dänemark (nachfolgend als »Starpipe« bezeichnet).

Die Rohre wurden von

Rolf Besier, AGFW, Frankfurt am Main; Armin Böhm, Vattenfall Europe Berlin, Wärme Berlin; Thomas Grage, Fernwärme Forschungsinstitut, Hemmingen; Hans-Otto Meyer, Stadtwerke Hannover; Peter Rührer, Fernwärme Wien; Alexander Wagner, Eon Bayern Wärme, München

Eigenschaft	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	Isoplus-S DN 65/140	KE Kelit	Logstor-Z	Logstor DN 40/110	Starpipe
2.1 Begleitende Dokumente					Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach EN 10204				
<b>2.2 Anbringung der Kennzeichnung</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.2.1 Stahl-Mediumrohr	-	-	+	+	+	+	-	+	+
2.2.2 PE-Mantelrohr	+	+	-	+	+	+	+	-	-
2.2.3 Verbundrohr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>2.3 Stahl-Mediumrohr</b>									
2.3.1 Geschweißte Stahlrohre	+	+ <sup>1</sup>	+	+	+	+	+	+	+
2.3.2 Durchmesser-Toleranz	+	-	+	-	+	+	-	+	-
Wanddicken-Toleranz	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.3.3 Oberflächenbeschaffenheit	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>2.4 PE-Mantelrohre</b>									
2.4.1 Dichte	+	+	+	+	○	+	+	○	+
Zusammensetzung	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.4.2 Schmelzflussindex	+	+	-	+	+	+	+	+	+
2.4.3 Wärmebeständigkeit	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.4.4 Mech. Langzeitverhalten Rohmaterial	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.4.5 Erscheinungsbild, Oberflächenbeschaffenheit, Rohrenden									
2.4.6 Bruchdehnung	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.4.7 Veränderung nach Wärmebehandlung	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.4.8 Mechanisches Langzeitverhalten					Prüfungen sind noch nicht abgeschlossen				
2.4.9 Spannungsrissbeständigkeit	+	+	-	+	○	-	+	○	+
<b>2.5 PUR-Hartschaumstoffdämmung</b>									
2.5.1 Zusammensetzung	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.5.2 Zellstruktur	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.5.3 Dichte	+	+	+	+	+	+	+	+	-
2.5.4 Druckfestigkeit	+	-	+	+	+	+	-	-	-
2.5.5 Wasseraufnahme	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<b>2.6 Verbundrohr</b>									
2.6.1 Dämmdicke	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.6.2 Rohrenden	+	+	+	+	+	+	+	+	-
2.6.3 Durchmesser der PE-Mantelrohre	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wanddicke der PE-Mantelrohre	+	+	+	+	+	+	+	+	-
2.6.4 Koaxialitätsabweichung	+	-	+	-	+	+	-	+	+
2.6.5 Schaumbereiche nach FW 401	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.6.6 Scherfestigkeit	+	+	+	+	+	+	+	+	-
2.6.7 Wärmeleitfähigkeit	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.6.8 Stoßfestigkeit	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.6.9 Kriechverhalten $\Delta S_{100}$ $\Delta S_{1000}$	+	+	+	+	○	+	+	○	+
Extrapolation					Prüfungen sind noch nicht abgeschlossen Extrapolation steht noch aus				
2.6.10 Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>2.7 Überwachungs- und Fehlerortungssysteme</b>									
Abstand der Drähte zum Mediumrohr	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Schleifendurchgang	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kontaktfreiheit	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Länge der Adern an den Rohrenden	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schutz der Adern	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**Tafel 1. Zusammenfassung der Ergebnisse.**

+ Prüfung bestanden; - Prüfung nicht bestanden; ○ Anforderung wurde nicht überprüft

<sup>1</sup> zu EN 253 abweichende Stahlqualität; <sup>2</sup> Prüfung nur im Anlieferungszustand

- Drewag Stadtwerke Dresden GmbH,
  - RheinEnergie AG, Köln,
  - Stadtwerke Hannover AG,
  - MVV Energie AG, Mannheim,
  - Fernwärme Wien GmbH,
  - Vattenfall Europe Berlin AG & Co KG,
- aus Baustellenlieferungen zur Prüfung zur Verfügung gestellt.

Die Prüfungen fanden unter identischen Bedingungen statt. Die Rohrabmessung DN 50/125 wurde gewählt, um einen direkten Vergleich zu den üblicherweise in den Typprüfungen verwendeten Dimensionen zu ermöglichen.

Parallel dazu wurden von Steag Fernwärme GmbH, Essen, Rohre der Hersteller Logstor (DN 40/110) und Isoplus-S (DN 65/140) im FFI mit eingeschränktem Prüfumfang untersucht. Die Ergebnisse wurden für diese Veröffentlichung zur Ver-

fügung gestellt und werden im Folgenden mit dargestellt.

Alle untersuchten Rohre stammen aus diskontinuierlicher Herstellung.

Die Begleitung der Prüfungen erfolgte im Auftrag des AGFW-Fachausschusses »Wärmeverteilung« durch den AGFW-Arbeitskreis »Netzbautechnik«.

Die Ergebnisse sind als Stichpunktprüfungen zu werten; eine Aussage über die Qualität von Rohren aus anderen Chargen, Produktionsstandorten u. ä. ist nicht möglich. Die Ergebnisse aller geprüften Rohre erlauben eine Aussage zum Qualitätsstandard üblicher Lieferungen.

Mit den Prüfungen konnten – soweit dies an den vorhandenen Rohren nach der Herstellung möglich ist – die Anforderungen nach EN 253:2006, EN 14419:2004 und

AGFW FW 401:1999 überprüft werden.

Die wesentlichen, zusammenfassenden Ergebnisse sind in *Tafel 1* dargestellt. Es wurde bewusst darauf verzichtet, die einzelnen Prüf-anforderungen zu gewichten.

### 2.1 Begleitende Dokumente

Mit der Anlieferung der Rohre im FFI wurden Kopien der Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach EN 10204 übergeben bzw. nachgereicht.

Das Herstellungsdatum, die Produktionsstätte und weitere Informationen auf den Verbundrohren können nur nach Rückfragen bei den Herstellern aus den auf den Rohren angegebenen Nummern bzw. Codes in Erfahrung gebracht werden.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden zu den Kennzeichnungen keine diesbezüglichen Rückfragen an die Hersteller gerichtet.

Hersteller	angegebene Abmessung	Toleranzen	
		D entsprechend	T entsprechend
Brugg	60,3 · 2,9*	EN 253	EN 253
GermanPipe	60,3 · 3,2	EN 10217-1	EN 253
Isoplus-H	60,3 · 3,2	EN 253	EN 253
Isoplus-S	60,3 · 3,2	EN 10217-1	EN 253
Isoplus-S DN 65/140	76,1 · 2,9*	EN 253	EN 253
KE Kelit	60,3 · 3,2	EN 253	EN 253
Logstor-Z	60,3 · 3,2	EN 10217-1	EN 253
Logstor DN 40/110	48,3 · 2,6*	EN 253	EN 253
Starpipes	60,3 · 3,2	EN 10217-1	EN 253

**Tafel 2.** Abmessungen der Rohre entsprechend der angegebenen technischen Regeln

\* Entspricht der bestellten Wanddicke

**2.2 Kennzeichnung**

Die Kennzeichnung der Rohre kann in jeglicher geeigneten Weise erfolgen, sofern sie nicht die funktionalen Eigenschaften der Rohrummantelung beeinträchtigt und allen Beanspruchungen durch Handhabung, Lagerung und Anwendung widersteht.

Alle Rohre erfüllten die Anforderungen.

**2.2.1 Stahl-Mediumrohr**

Die Stahlrohre der untersuchten Durchmesser müssen gemäß der Ergänzung 2 zur EN 253 den Stahlrohrnormen EN 10216-2, 10217-1 bzw. -2 entsprechen. Die Stahlrohre müssen gekennzeichnet sein; das heißt, bei einem Außendurchmesser >51 mm ist eine dauerhafte Kennzeichnung, zumindest an einem Rohrende, anzubringen.

Auf den Stahlrohren von Brugg, GermanPipe und Logstor-Z war keine vollständige Kennzeichnung vorhanden.

**2.2.2 PE-Mantelrohr**

Auf dem Mantelrohr sind vom Hersteller des PE-Mantelrohres folgende Angaben zu machen:

- Rohmaterial des PE entweder durch Handelsname oder Code,
- MFR-Tabellenwert (Melt Flow Rate = Schmelzflussindex) wie vom Rohstoffhersteller angegeben,
- Nenn Durchmesser und Nennwanddicke des Mantelrohres,
- Jahr und Woche der Herstellung (gegebenenfalls Code),
- Herstellerzeichen.

Auf dem Rohr von Starpipe fehlte die Angabe der Nennwanddicke, bei Isoplus-H die Angabe des MFR-

Faktors und bei Logstor DN 40/110 die Angabe der Nennwanddicke und das Herstellerzeichen.

**2.2.3 Verbundrohr**

Von den Herstellern der Verbundrohre sind auf dem PE-Mantelrohr anzugeben:

- Nenn Durchmesser und Nennwanddicke des Mediumrohres,
  - Stahlbezeichnung und Stahlqualität,
  - Herstellerzeichen,
  - Nummer der Europäischen Norm EN 253,
  - Jahr und Woche des Verschäumens (gegebenenfalls Code).
- Ergänzende Forderungen nach FW 401-3:
- Schaumtyp mit Angabe des Treibmittels,
  - Schäumtechnologie,
  - Produktionsstätte.

Auf den Rohren von Brugg und GermanPipe fanden sich keine Angaben zur Stahlqualität, auf den Rohren von Logstor-Z und Starpipe fehlt die Angabe »EN 253«.

Kennzeichnungen zu den ergänzenden Forderungen nach FW 401-3 waren auf keinem Rohr vorhanden.

Das Fabrikat der Messdrähte der Überwachungs- und Fehlerortungssysteme muss nach FW 401-3 nicht auf den Rohren angegeben werden. Die systemspezifischen Messdrähte sind an den unterschiedlichen Werkstoffen bzw. Drahtisolierungen erkenntlich.

**2.3 Stahl-Mediumrohr**

**2.3.1 Qualität**

Nach EN 253/A2 wird für nahtlose Rohre die Stahlqualität P235GH ge-

fordert, für geschweißte Rohre sind die Stahlqualitäten P235TR1, P235TR2 oder P235GH zu verwenden.

Zur Überprüfung der Qualität der längsnahtgeschweißten Stahlrohre wurden die Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach EN 10204 herangezogen. Darin wurden folgende Qualitäten bescheinigt:

- Die Rohre von Isoplus-H, Isoplus-S, Isoplus-S DN 65/140, KE Kelit, Logstor DN 40/110 und Starpipe entsprechen der Qualität P235TR1 nach EN 10217-1. Die Warmstreckgrenze wurde für St 37.0 nach DIN 1626:1984 bescheinigt.
- Das nahtlose Rohr von Brugg entspricht der Qualität St 37.0 nach DIN 1626:1984 und P235TR2 nach EN 10217-1
- Das Rohr von GermanPipe entspricht der Qualität St 37.0 nach DIN 1626:1984.
- Das Rohr von Logstor-Z entspricht den Qualitäten St 37.0 nach DIN 1626:1984 sowie P235TR1 nach EN 10217-1.

Acht Rohre entsprechen gemäß den Abnahmeprüfzeugnissen den Stahlqualitäten nach EN 253/A2. Das Rohr von GermanPipe bezieht sich auf eine nach EN 253/A2 nicht zulässige Stahlrohrnorm. Die Materialqualität war mit dem Besteller abgestimmt.

Alle Rohre erfüllen die gegenüber den EN-Stahlrohrnormen erhöhten Anforderungen an die Warmstreckgrenzen nach EN 253 und FW 401. Die gemäß Abnahmeprüfzeugnis im Zugversuch nachgewiesenen Streckgrenzen bei Raumtemperatur ( $R_{p0,2}$ ) lagen zwischen 285 und 383 N/mm<sup>2</sup>, das heißt mehr als 20 % über dem nach EN 253 bzw. FW 401 geforderten Mindestwert.

**2.3.2 Durchmesser und Wanddicke**

Um die Beanspruchungen der Rohre während des Rohrnetzbetriebes auf Grund von Temperaturunterschieden und Versatz an den Schweißnahtverbindungen zu minimieren, sind die in EN 253 geforderten Toleranzen strenger als die nach EN 10216 und EN 10217; alle Toleranzen entsprechen den Toleranzen der zurückgezogenen DIN 1626:1984 und DIN 1629:1984.

In FW 401 wird für die untersuchte Rohrabmessung gegenüber EN 253 eine erhöhte Mindestwanddicke von 3,2 mm gefordert um die Verarbeitungssicherheit (Dichtigkeit der

Schweißverbindungen) unter Baustellenbedingungen zu erhöhen.

Die Rohre halten die in *Tafel 2* angegebenen technischen Regeln bezüglich der Toleranzen ein.

Durchmesser: Die Rohre von Brugg, Isoplus-H, Isoplus-S DN 65/140, KE Kelit und Logstor DN 40/110 erfüllen die gegenüber den Stahlrohrnormen verschärften Anforderungen nach EN 253.

Für die Rohre von GermanPipe, Isoplus-S, Logstor-Z und Starpipe ist nicht bekannt, dass ein entsprechender Hinweis an die Kunden erfolgte, dass die Anforderungen der EN 253 nicht erfüllt werden.

Wanddicken: Die Rohre von GermanPipe, Isoplus-H, Isoplus-S, KE Kelit, Logstor-Z und Starpipe wurden mit Wanddicken von 3,2 mm entsprechend FW 401 geliefert.

Die Rohre von Brugg, Isoplus-S DN 65/140 und Logstor DN 40/110 entsprechen der von den Leitungsbetreibern bestellten Mindestwanddicke.

Alle Rohre erfüllten die Wanddickentoleranzen nach EN 253.

### 2.3.3 Oberflächenbeschaffenheit

Vor dem Verschäumen muss die äußere Rohroberfläche gereinigt werden, damit sie frei von Rost, Walzsinter, Ölen, Fetten, Staub, Anstrichstoffen, Feuchtigkeit und anderen Verunreinigungen ist. Vor dem Reinigen muss die äußere Oberfläche des Rohres den Rostgraden A, B oder C nach ISO 8501-1:1988 entsprechen; Lochfraß darf nicht vorhanden sein.

In der Prüfung wurde eine visuelle Kontrolle der Stahlrohroberflächen an den freien Rohrenden sowie an den Stellen vorgenommen, an denen nach den zerstörenden Prüfungen die Mediumrohre begutachtet werden konnten. Lochfraß wurde nicht festgestellt.

## 2.4 PE-Mantelrohre

Da alle geprüften Rohre aus diskontinuierlicher Produktion stammen, wurden separat hergestellte PE-Mantelrohre bei der Herstellung als Halbzeuge verwendet.

### 2.4.1 Dichte und Zusammensetzung

Abweichend von EN 253 wurde die Dichte anhand von Proben aus den verschäumten PE-Mantelrohren überprüft. Als Prüfergebnis wurde der Durchschnittswert von Messungen an drei Probekörpern bestimmt.

Sieben geprüfte PE-Mantelrohre wiesen eine Dichte von mehr als  $944 \text{ kg/m}^3$  auf.

Die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials sowie der Rußgehalt, die Rußverteilung und dessen Vermischung wurden nicht überprüft.

### 2.4.2 Schmelzflussindex

Um das Verschweißen zu erleichtern, hat der Hersteller den MFR-Faktor für das PE-Rohr anzugeben. Die Schmelzflussindizes der zu verschweißenden Rohre – z. B. Mantelrohr-Segmentformstücke oder Schweißmuffen – dürfen sich höchstens um  $0,5 \text{ g je } 10 \text{ min}$  unterscheiden.

Wie in Abschnitt 2.2.2 bereits ausgeführt, ist dem Rohr von Isoplus-H keine Information zum Schmelzflussindex zu entnehmen.

Die Angaben auf den anderen Rohren weisen Schmelzflussindizes im zulässigen Bereich aus.

### 2.4.3 Wärmebeständigkeit

Die Induktionszeit des Rohrwerkstoffes muss mindestens 20 Minuten betragen, wenn nach EN 728 bei  $210^\circ \text{C}$  geprüft wird.

Diese Prüfung wurde nicht durchgeführt.

### 2.4.4 Mechanisches Langzeitverhalten des Rohmaterials

Diese Prüfung am Rohmaterial konnte nicht durchgeführt werden.

### 2.4.5 Erscheinungsbild, Oberflächenbeschaffenheit, Rohrenden

Die inneren und äußeren Oberflächen der extrudierten PE-Mantelrohre müssen sauber sein und dürfen keine Unebenheiten oder andere Beschädigungen aufweisen, die den bestimmungsgemäßen Einsatz beeinträchtigen könnten. Die Rohrenden müssen sauber geschnitten und rechtwinklig zur Rohrachse mit einer Toleranz von  $2,5^\circ$  sein.

In Anlehnung an EN 253 wurden die äußeren Oberflächen am Verbundrohr einer Sichtprüfung ohne Vergrößerungshilfen unterzogen. Alle Rohre erfüllten die Anforderungen.

### 2.4.6 Bruchdehnung

Für die vorliegenden Mantelrohrabmessungen wurden fünf Probestäbe in Längsrichtung und gleichmäßig über den Umfang des PE-Mantelrohres verteilt am selben Querschnitt herausgeschnitten und im

Zugversuch geprüft. Die nachzuweisende Bruchdehnung an jedem Probestab muss mindestens 350 % betragen.

Die Rohre von GermanPipe, Logstor DN 40/110 und Isoplus-S DN 65/140 erfüllten die Anforderungen mit allen Einzelprüfungen. Bei den Rohren von Brugg, Isoplus-S, KE Kelit, Logstor-Z und Starpipe erreichte jeweils ein Probestab nicht die geforderte Bruchdehnung; beim Rohr von Isoplus-H unterschritten zwei Probestäbe die Mindestanforderung.

### 2.4.7 Veränderung nach Wärmebehandlung

Diese Prüfung konnte an den Verbundrohren nicht durchgeführt werden.

### 2.4.8 Mechanisches Langzeitverhalten

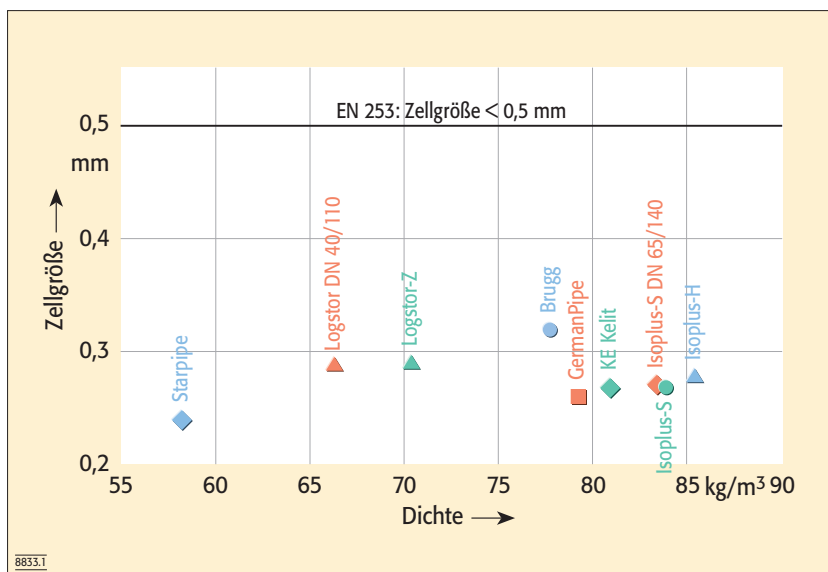
Bei der Prüfung des mechanischen Langzeitverhaltens (CLT-Prüfung = Constant Load Tensile Test) werden 6, am selben Querschnitt gleichmäßig über den Umfang des PE-Mantelrohres verteilte und in Längsrichtung herausgeschnittene Probestäbe bei einer Temperatur von  $80^\circ \text{C}$  mit einer konstanten Zugspannung von 4 MPa in einer wässrigen Lösung mit 2%igem Tensid-Gehalt geprüft.

Der geometrische Mittelwert der Zeit der sechs Proben bis zu deren Bruchversagen wird errechnet und muss wenigstens 2 000 h betragen. Ein einzelner Prüfwert, der um mehr als das Zweifache von der Standardabweichung abweicht, kann dabei unberücksichtigt bleiben. Wenn nach 2 000 h kein Bruchversagen an den Probestäben festzustellen ist, kann die Prüfung abgebrochen werden, da das Ergebnis die Anforderungen erfüllt.

Die Prüfungen liefern zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses für diese Ausgabe der *EuroHeat&Power* noch. Die Prüfergebnisse werden in einer der nächsten Ausgaben veröffentlicht.

### 2.4.9 Spannungsrissbeständigkeit

Unter den gleichen Prüfbedingungen wie zur Feststellung des mechanischen Langzeitverhaltens werden vier, am selben Querschnitt gleichmäßig über den Umfang des PE-Mantelrohres verteilte und in Längsrichtung herausgeschnittene Probestäbe mit umlaufenden Kerben versehen, und hinsichtlich der Spannungsrissbeständigkeit (NCLT-Prü-



**Bild 1.** Mittlere Zellgrößen der Wärmedämmung

fung = Notch Constant Load Tensile Test) geprüft.

Die Zeitspanne aller Probekörper bis zum Versagen darf nicht kürzer als 300 h sein.

Bei den Rohren von Isoplus-H und KE Kelit erreichte kein einziger Probekörper die geforderten Mindestwerte. Bei den weiteren fünf geprüften Rohren erfüllten alle Probekörper die Anforderungen.

**2.5 PUR-Hartschaumstoffdämmung**

**2.5.1 Zusammensetzung**

Die Auswahl der Rohmaterialien, deren Zusammensetzung und die Herstellungsbedingungen liegen in der Verantwortung des Verbundrohrherstellers. Der Hersteller muss Unterlagen aufbewahren, welche die verwendeten Rohmaterialien, die angewendeten Mischungsverhältnisse und die durchgeführten Prüfungen dokumentieren.

Der Nachweis dieser Anforderungen wurde den Herstellern nicht abverlangt.

**2.5.2 Zellstruktur**

Der PUR-Hartschaumstoff muss eine gleichmäßige Zellstruktur ohne Schlieren aufweisen.

Die Durchschnittsgröße der Zellen muss in radialer Richtung <0,5 mm betragen. Sie ergibt sich aus dem Quotienten einer 10 mm langen, radial in der Mitte der Wärmedämmung liegenden Messstrecke und der Anzahl der entlang der Messstrecke gezählten Zellen. Der Durch-

schnittswert von Messungen an drei Probekörpern wird ermittelt und angegeben.

Das Verhältnis der offenen zu den geschlossenen Zellen ist an Würfeln mit Kantenlängen von 25 mm zu ermitteln.

Der Anteil geschlossener Zellen muss mindestens 88 % betragen.

Lunker und Blasen werden an fünf Querschnitten der Wärmedämmung bestimmt. Dazu werden wenigstens 1,5 m von den Rohrenden entfernt fünf Schnitte auf einer Gesamtlänge von 400 mm im Abstand von 100 mm durch die Ummantelung und die Dämmschicht angefertigt. Die 4 Ringe der Ummantelung und der Wärmedämmung werden nacheinander entfernt und die Querschnittsflächen auf Lunker und Blasen untersucht. Alle Löcher, die in beliebiger Richtung größer als 6 mm sind, werden in zwei senkrecht zueinander liegenden Richtungen gemessen und das Produkt aus den beiden Messungen als die Lochfläche definiert. Löcher, die kleiner als 6 mm sind, werden nicht gewertet. Bei dieser Prüfung darf der Anteil an Poren und Blasen nicht größer als 5 % der Querschnittsfläche sein. Keine einzige Pore darf mehr als 1/3 der Nennstärke der Wärmedämmung zwischen dem Stahl-Mediumrohr und dem PE-Mantelrohr offen lassen.

Alle Rohre erfüllten die Anforderungen an die Zellgröße (Bild 1). Die Bandbreite der Zellgrößenunterschiede je Querschnitt und Rohrsystem ist gering.

Lunker und Blasen wurden bei keinem Rohr festgestellt.

Die Geschlossenheit wurde nicht geprüft.

**2.5.3 Dichte**

Zur Prüfung der Schaumstoffdichte werden drei Probekörper, gleichmäßig über den Umfang verteilt, aus der radialen Mitte der Wärmedämmung entnommen. Jeder Würfel muss die Maße 30 mm · 30 mm · t aufweisen, wobei t die maximal mögliche Dicke ist, die jedoch 30 mm nicht überschreiten darf.

Bei der Bestimmung der Dichte darf diese an keiner Stelle geringer als 60 kg/m³ sein.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde an allen Rohrsystemen die Dichte an zwei Querschnitten je eines Rohres, das heißt an 6 Probekörpern, ermittelt.

Beim Rohrsystem Starpipe lag die Dichte von vier Probekörpern unter dem Mindestwert. Alle anderen Rohre erfüllten die Anforderungen.

Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass die Bandbreite der Einzelergebnisse je Querschnitt bis zu 30 kg/m³ beträgt. Die Mittelwerte der Dichte einzelner Querschnitte differieren je Rohr ebenfalls bis zu rd. 20 kg/m³. Damit wird die Erkenntnis bestätigt, dass die Dichte der Wärmedämmung diskontinuierlich hergestellter Rohre entlang der Rohrachse sowie über den Rohrquerschnitt deutlichen Schwankungen unterliegt. In den nachfolgenden Ergebnisdarstellungen werden die weiteren Eigenschaftswerte in Abhängigkeit der arithmetischen Mittelwerte aus den beiden untersuchten Querschnitten herangezogen.

Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf die unterschiedlichen Produktphilosophien der Hersteller zu. Während die Hersteller Logstor und Starpipe allem Anschein nach anstreben, die Dichte mit Blick auf eine Verringerung der Wärmeleitfähigkeit zu optimieren, scheinen die anderen Hersteller die sichere Erfüllung der mechanischen Eigenschaften in den Vordergrund zu stellen.

**2.5.4 Druckfestigkeit**

Die Druckfestigkeit in radialer Richtung wird an einem Würfel mit den Abmessungen 30 mm · 30 mm · t, die gleichmäßig über zwei Querschnitte eines Rohres verteilt entnommen werden, ermittelt. Dabei ist

t die größtmögliche Abmessung in radialer Richtung des Rohres, höchstens jedoch 20 mm.

Die Druckspannung oder die Druckbeanspruchung darf bei 10 % relativer Verformung in radialer Richtung nicht unter 0,3 MPa liegen. Kein Würfel darf eine unzulässig niedrige Druckfestigkeit aufweisen.

Bei allen Rohrssystemen wurde die Druckfestigkeit mit drei Würfeln an je zwei Querschnitten eines Rohres bestimmt.

Bei den Rohren von Brugg, Isoplus-H, Isoplus-S, Isoplus-S DN 65/140 und KE Kelit erfüllten alle Probekörper die Anforderung (Bild 3).

Die Rohre von GermanPipe, Logstor-Z und Logstor DN 40/110 erfüllten die Anforderung mit ein bis drei Probekörpern – an einer Rohrseite – nicht. Starpipe erfüllte nur bei einem von insgesamt sechs Probekörpern die Anforderung.

Wie die Regressionslinie in Bild 3 verdeutlicht, können nach dieser Untersuchung Rohre mit einer mittleren Schaumstoffdichte ab etwa 65 kg/m<sup>3</sup> die Anforderung erfüllen.

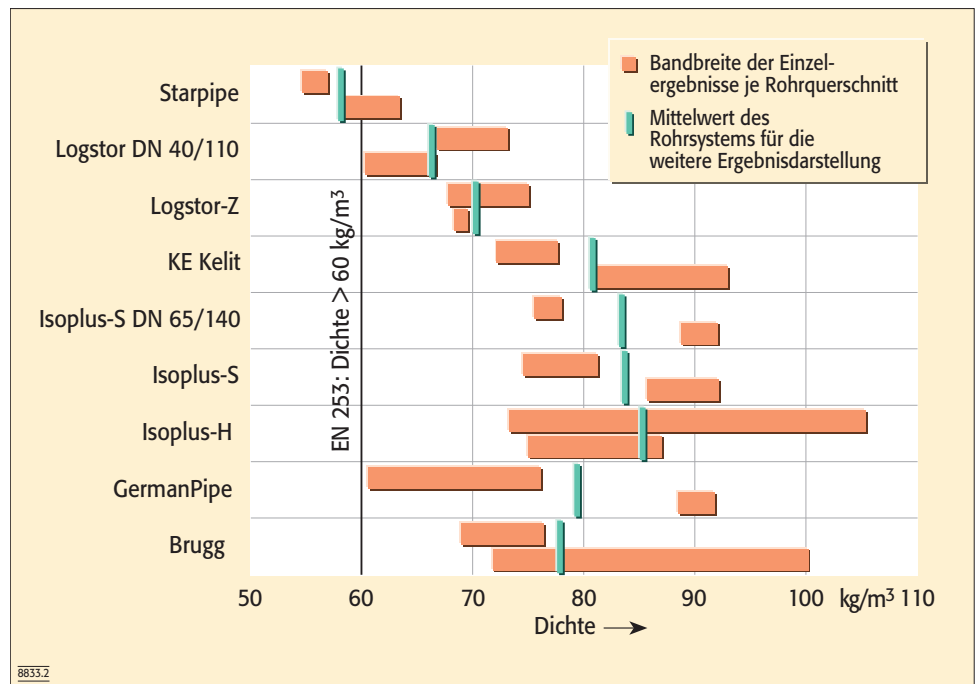
### 2.5.5 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme wird an 3 gleichmäßig über den Umfang entnommenen Würfeln mit 25 mm Kantenlänge ermittelt. Die Probekörper mit der Ausgangsmasse  $m_0$  werden 90 Minuten lang in kochendes Wasser getaucht und danach 1 h lang in einem Behälter mit Wasser von 23 °C abgekühlt. Das Wasser an der Oberfläche der Würfel wird definiert entfernt, bevor die Masse  $m_1$  bestimmt wird. Die Wasseraufnahme darf 10 % des Ausgangsvolumens nicht übersteigen.

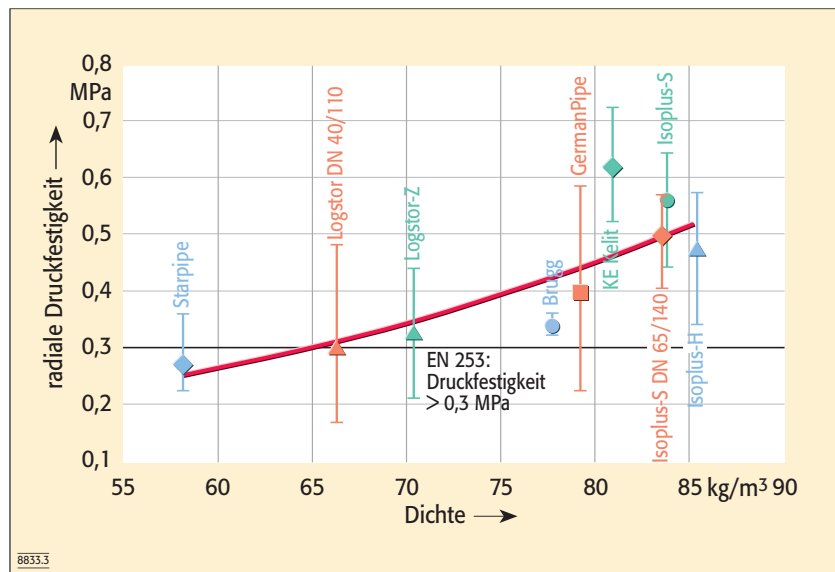
Die Wasseraufnahme wurde bei allen Rohrssystemen an zwei Querschnitten je eines Rohres, das heißt an sechs Probekörpern, bestimmt.

Dieser Test ermöglicht eine erste qualitative Beurteilung der Wärmedämmung. Liegen die Werte der Wasseraufnahme unter 10 %, kann eine hinreichende Qualität erwartet werden. Liegen die Werte oberhalb dieser Grenze können Probleme mit den Komponenten bzw. der Verarbeitung vermutet werden.

8 Rohre wiesen für die Wasseraufnahme Mittelwerte zwischen rd. 3 bis 5 % bei einer engen Toleranzbandbreite der Einzelwerte auf. Bei dem Rohr von Starpipe wurde eine



**Bild 2.** Dichte der Wärmedämmung



**Bild 3.** Radiale Druckfestigkeiten

deutlich über dem Grenzwert liegende Wasseraufnahme festgestellt (Bild 4).

## 2.6 Verbundrohr

### 2.6.1 Dämmdicke

Alle Rohre entsprachen der Standard-Dämmdicke nach FW 401-3.

### 2.6.2 Rohrenden

Die Enden der Mediumrohre müssen nach EN 253 über eine Länge von mindestens 150 mm frei von

Dämmmaterial sein. Die Toleranz des erklärten Wertes muss  $\pm 10$  mm betragen. Nach FW 401-3 werden freie Mediumrohrenden von  $200 \pm 50$  mm gefordert.

Die Enden der Mediumrohre müssen für die Schweißung vorbereitet sein.

Je ein Rohrende der beiden Rohre von Starpipe unterschritt die Mindestlänge. Alle anderen Rohre erfüllten die Anforderungen.

Alle Mediumrohrenden waren mit Schutzkappen versehen.

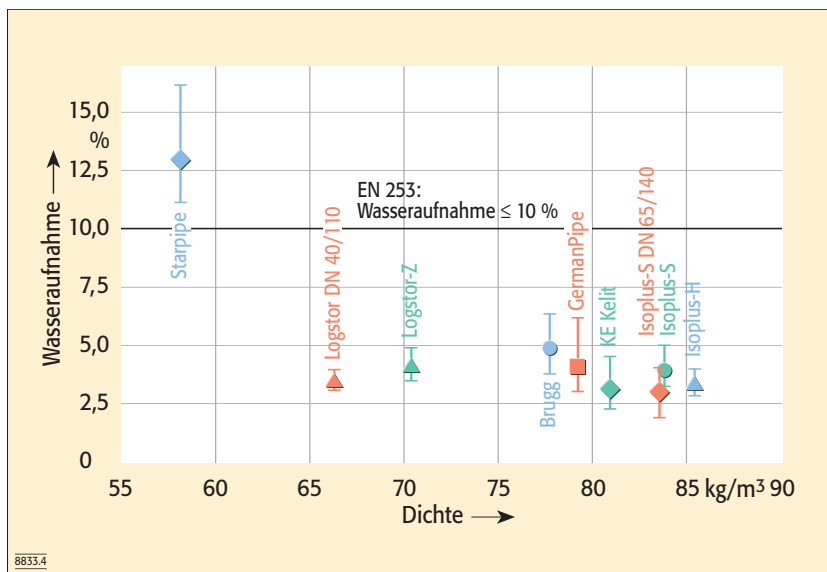


Bild 4. Wasseraufnahme der Wärmedämmungen

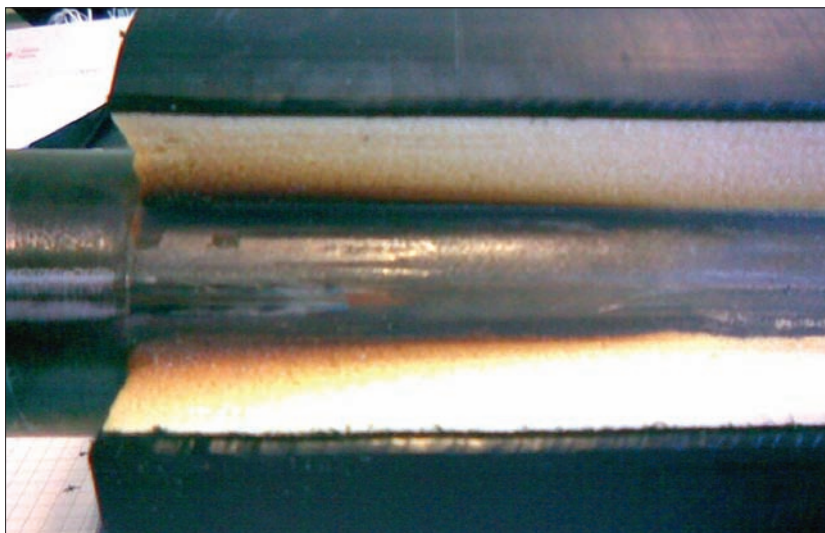


Bild 5. Einfluss der Umgebungsatmosphäre auf den Wärmedämmstoff an den Rohrenden nach der thermischen Alterung

2.6.3 Durchmesser und Wanddicke der PE-Mantelrohre

Der Außendurchmesser der PE-Mantelrohre muss an jedem Punkt zwischen dem Minstdurchmesser (Nenn-Außendurchmesser) und einer zulässigen Aufweitung nach dem Ausschäumen liegen (Ø 110-116, Ø 125-132, Ø 140-147). Die Mindestwanddicke der PE-Mantelrohre muss an jedem Punkt mindestens 3 mm betragen.

Alle Rohre erfüllten die Anforderungen an die Durchmesser-toleranzen.

Die Mindest-Wanddicken von 8 Rohren entsprachen den Anforderungen. Das Rohr von Starpipe unterschritt die Mindestwanddicke.

2.6.4 Koaxialitätsabweichung

Der Abstand zwischen der Mittellinie des Mediumrohres und des PE-Mantelrohres darf an keinem Punkt 3 mm überschreiten.

Bei 6 Rohrsystemen erfüllten jeweils beide Rohre die Anforderungen.

Ein Rohr von Isoplus-S überschritt den Maximalwert an einer Stelle, je ein Rohr von GermanPipe und Logstor etwa um den doppelten Grenzwert.

2.6.5 Schaumendbereiche

Durch Schrumpfungen des PUR-Hartschaumstoffes dürfen nach der Herstellung in den Endbereichen der Rohre nur begrenzte Ablösungs-

scheinungen sowohl am Mantel- als auch am Stahlrohr auftreten. Diese müssen in axialer Richtung so begrenzt sein, dass sie durch die im Rahmen der Muffenmontage auszustechenden Schaumenden vollständig entfernt werden können.

Bei keinem Rohr waren Ablösungserscheinungen zu erkennen.

2.6.6 Scherfestigkeit

Die Scherfestigkeit ist die Fähigkeit des Verbundrohres, einer Scherkraft zwischen PE-Mantelrohr und Mediumrohr zu widerstehen, das heißt im Netzbetrieb den aus den Temperaturänderungen des Heizwassers resultierenden axialen Scherbeanspruchungen ohne Versagen des Verbundes zu widerstehen. Sowohl im ungealterten als auch im gealterten Zustand sind bei der Prüfung bei Raumtemperatur axiale Scherfestigkeiten  $\tau_{ax, 23\text{ °C}} \geq 0,12\text{ MPa}$  und bei Prüfung bei 140 °C  $\tau_{ax, 140\text{ °C}} \geq 0,08\text{ MPa}$  nachzuweisen.

Der gealterte Zustand wird durch eine thermische Alterung bei einer Mediumtemperatur von 170 °C über 1 450 h herbeigeführt, während das Mantelrohr der Raumtemperatur ausgesetzt ist. Der Schaumstoff an den Enden der Rohre wurde mit Aluminiumklebeband abgedichtet, um das Eindringen von Luft zu behindern (Minimierung des oxidativen Alterungsanteil). Diese beschleunigte thermische Alterung nach EN 253 entspricht der im Geltungsbereich der Produktnorm festgelegten »betrieblichen« Alterung bei einer Dauertemperatur von 120 °C über 30 a. Die Wirkung des Luftzutrittes an den Rohrenden nach thermischer Alterung wird in Bild 5 dargestellt.

Die Probekörper sind Rohrschnitte, deren Länge 200 mm beträgt. Die Probekörper werden von beiden Rohrenden, wenigstens aber 500 mm vom Schaumstoffende entfernt, rechtwinklig zur Rohrachse mittels eines umlaufenden Ringspaltes durch das PE-Mantelrohr und den Wärmedämmstoff bis zum Mediumrohr freigelegt. Die Scherbeanspruchung wird axial auf die PE-Mantelrohre aufgebracht. Abweichend von EN 253 konnte durch das nur begrenzt zur Verfügung stehende Probenmaterial nur eine bzw. zwei Scherprüfungen je Rohr durchgeführt werden. Als Prüfergebnis gilt für diese Untersuchung der Einzelwert bzw. der Durchschnittswert beider Messungen.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass mit dieser Prüfung weitere Alterungsprozesse, wie der Einfluss der Oxidation und mechanischer Beanspruchungen, keine Berücksichtigung finden<sup>1</sup>. Die von den Herstellern gemäß EN 253 üblicherweise angegebenen Dauerbetriebstemperaturen erlauben nur eine Aussage zur thermischen Beanspruchung. Langfristige Erfahrungen mit, gegenüber EN 253 und FW 401, erhöhten Betriebstemperaturen bei gleichzeitig auftretenden oxidativen Einflüssen, mechanischen Beanspruchungen und sonstigen Vorgängen, die durchaus einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss haben können, liegen nicht vor.

Bei den Prüfungen bei Raumtemperatur erfüllten alle Rohre vor der thermischen Alterung die Anforderungen.

Alle 7, auch nach der thermischen Alterung geprüften Rohre erfüllten die Anforderungen (Bild 6). Es bestätigte sich die Erwartung, dass die Scherfestigkeiten nach der thermischen Alterung gegenüber den Ausgangswerten geringer werden.

Bei der Prüftemperatur von 140 °C lagen die Scherfestigkeiten vor der thermischen Alterung enger zusammen als bei der Prüfung bei 23 °C (Bild 7). Beim Rohr von Starpipe erreichte die Scherfestigkeit im Ausgangszustand nicht den geforderten Mindestwert. Bei den Rohren von Starpipe und Isolpus-H lagen die Scherfestigkeiten nach thermischer Alterung höher als im Ausgangszustand. Dieses gegenüber den anderen Rohrsystemen abweichende Verhalten lässt sich nur mit unterschiedlichen Werten entlang der Rohrachse erklären.

Eine eindeutige Abhängigkeit der Scherfestigkeit von der Dichte der Wärmedämmung lässt sich nicht ablesen.

### 2.6.7 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung wird bei 3 stationären Temperaturzuständen mit Mediumrohrtemperaturen von 80 °C ±10 K bestimmt, während die PE-Mantelrohre Raumtemperatur ausgesetzt sind.

Die Wärmeleitfähigkeit bei einer rechnerischen Mitteltemperatur von

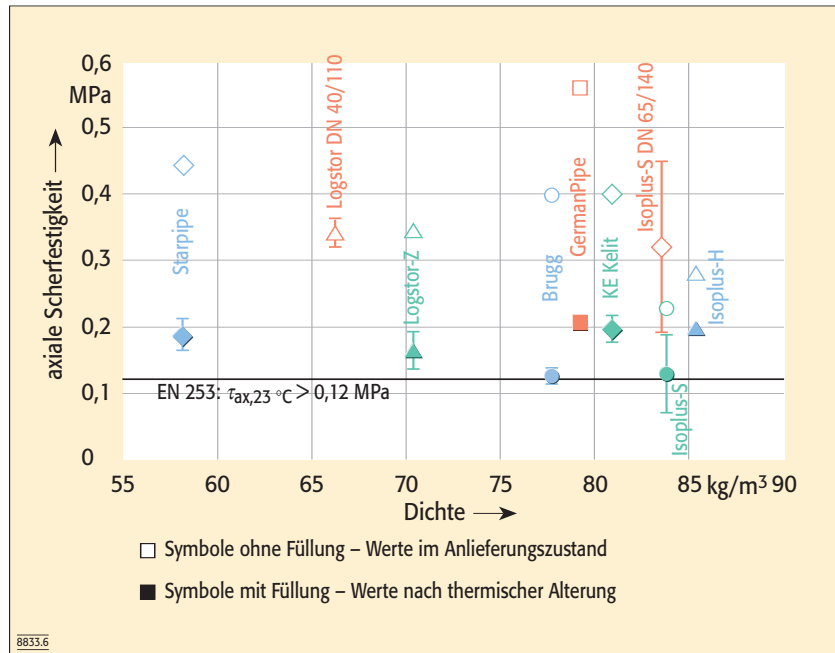


Bild 6. Axiale Scherfestigkeiten, Prüfung bei Raumtemperatur (23 °C)

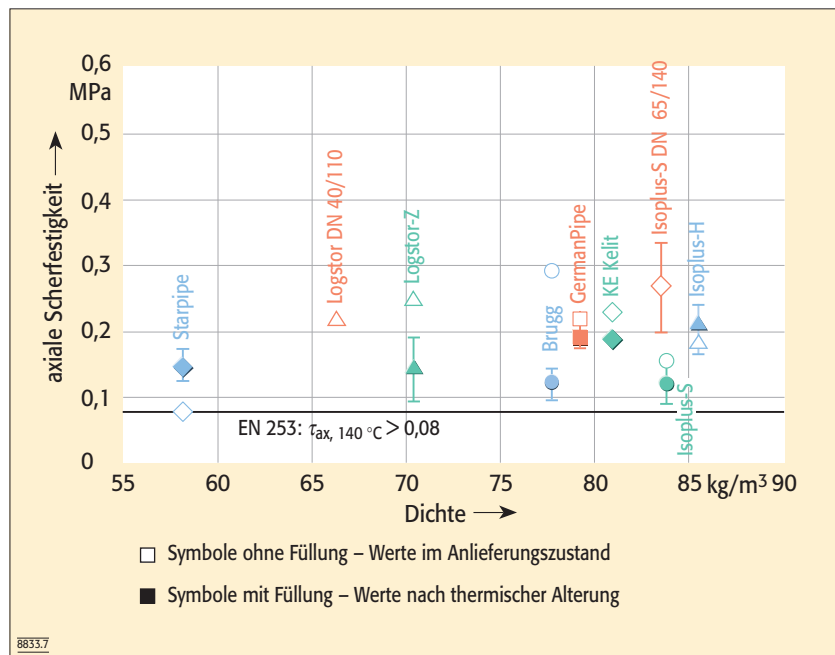


Bild 7. Axiale Scherfestigkeiten, Prüfung bei 140 °C

50 °C ( $\lambda_{50}$ ) darf nicht höher als 0,033 W/(m·K) sein.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass mit der in diesem Jahr zu erwartenden Entwurfsfassung für die Revision der EN 253 die zulässige Wärmeleitfähigkeit auf maximal 0,029 W/(m·K) begrenzt werden soll.

Alle Rohre erfüllten die Anforderungen. Bei den Rohren von Starpipe und Logstor-Z mit den niedrigen Dichten der Wärmedämmung liegen die Wärmeleitfähigkeiten

auch infolge einer geringeren Wärmeleitung durch die Zellwände sowie einem größeren Anteil an Zellgasvolumen am niedrigsten (Bild 8). Die in Bild 8 dargestellte Regressionslinie zeigt die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Dichte im Ausgangszustand.

Die im Rahmen dieser Untersuchung ergänzend durchgeführten Messungen der Wärmeleitfähigkeit nach der oben beschriebenen beschleunigten thermischen Alterung

<sup>1</sup> W. Schuricht: Vorschlag für einen Alterungsgradienten für Kunststoffmantelrohre, EuroHeatPower, 36. Jg. (2007), Heft 1-2



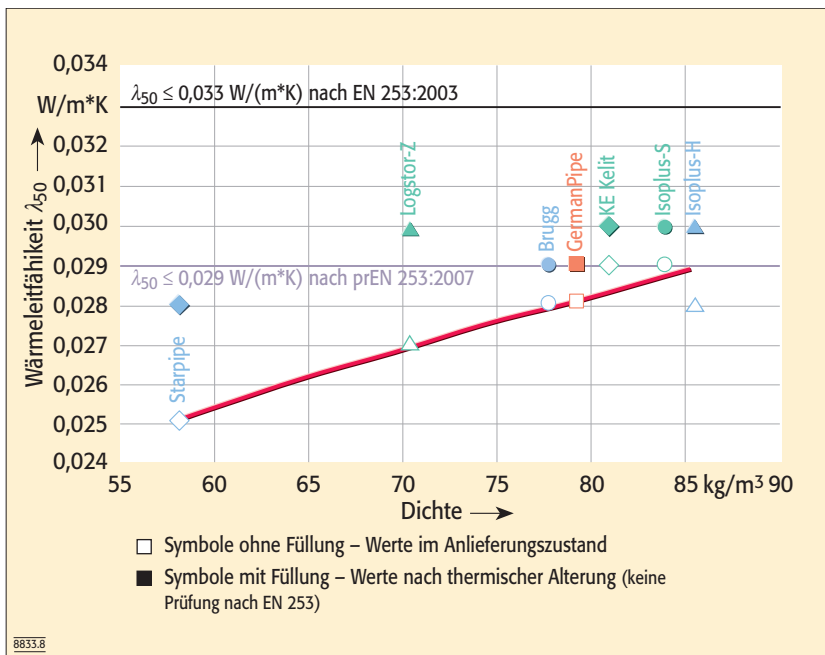


Bild 8. Wärmeleitfähigkeiten der Rohre

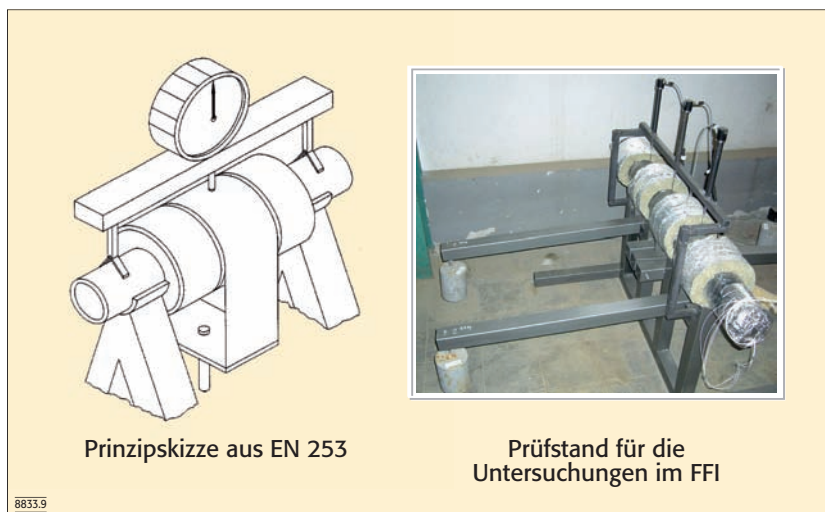


Bild 9. Aufbau zur Prüfung des Kriechverhaltens

stellen keine normativen Prüfungen dar. Diese Art der Alterung erlaubt keine Aussagen hinsichtlich eines Wärmeleitfähigkeitswertes nach einer bestimmten Nutzungsdauer bzw. eines »Endwertes«; eine Gesetzmäßigkeit für zeittraffende Alterungsversuche ist für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nicht belegt.

Die Messungen wurden durchgeführt, um Ergebnisse für gegebenenfalls zukünftige Vergleiche bzw. Hinweise auf Tendenzen zu erhalten. Die Ergebnisse liegen über den Messungen an ungealterten Rohren und bestätigen eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeiten durch Diffu-

sionsvorgänge. Die Bandbreite der Wärmeleitfähigkeitswerte hat sich gegenüber dem Ausgangszustand verringert. Dies bestätigt die Annahme, dass sich bei gleichem Rohraufbau durch Diffusionsvorgänge längerfristig vergleichbare Zellgaszusammensetzungen einstellen. Die Zellgaszusammensetzung hat den größten Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit.

2.6.8 Stoßfestigkeit

Mit der Stoßfestigkeit wird der Widerstand der Rohre gegen schlagartige äußere Krafteinwirkung ermittelt.

Dazu wird je ein Probekörper aus den Rohren, mit einer Länge von

mindestens dem fünffachen Außendurchmesser der PE-Mantelrohre, durch eine aus einer Fallhöhe von 2 m darauf fallende Masse mit einem Gewicht von 3,0 kg geprüft.

Vor den Prüfungen werden die Probekörper für 3 h bei einer Temperatur von -20 °C gekühlt. Die Prüfung muss innerhalb von 10 s nach Entnahme des Probekörpers aus der Kältekammer beginnen und so schnell wie möglich durchgeführt werden.

Nach der Prüfung dürfen die PE-Mantelrohre keine sichtbaren Risse aufweisen.

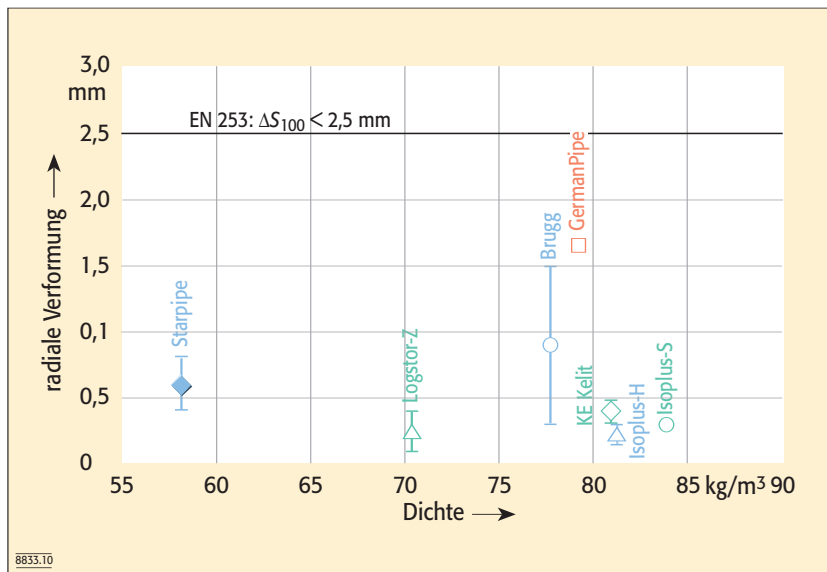
Alle geprüften Rohre erfüllten die Anforderungen.

2.6.9 Kriechverhalten

Zur Feststellung des radialen Kriechverhaltens werden Probekörper in der Mitte der Rohre entnommen. Sie bestehen aus einem Prüfteil mit einer Länge von 100 mm und zwei seitlichen Dämmteilen aus der Originaldämmung und dem PE-Mantelrohr mit Längen von 50 mm. Die Dämmteile müssen vom Prüfteil durch zwei Schnitte getrennt sein, die durch die PE-Ummantelung und die Dämmung bis zum Stahlrohr führen. Der Probekörper muss an beiden Enden direkt neben den Dämmteilen gestützt werden. Die radialen Druckbeanspruchungen werden über Schellen mit einer Kraft von 1,50 kN aufgebracht, während das Mediumrohr einer Temperatur von 140 °C ausgesetzt wird. Diese Temperatur muss eine Woche lang vor dem Aufbringen der radialen Druckbeanspruchungen aufrechterhalten werden. Der radiale Versatz der Wärmedämmung wird entlang der Kraftlinie in der Mitte des Probekörpers und unmittelbar auf der Oberseite der PE-Ummantelung gemessen (Bild 9). Die Prüfergebnisse werden als Mittelwerte aus drei Messungen an drei Probekörpern aus dem gleichen Rohr bestimmt. Der radiale Gesamtversatz zwischen dem PE-Mantelrohr und dem Mediumrohr wird nach 100 h und nach 1 000 h bestimmt.

Eine Linie zwischen diesen beiden Werten wird in einem doppelt logarithmischen Diagramm auf 30 a extrapoliert und darf an diesem Punkt 20 mm nicht überschreiten. Der radiale Versatz nach 100 h darf 2,5 mm nicht überschreiten.

Wie aus Bild 10 ersichtlich, wird die Anforderung für den Zeitpunkt



**Bild 10.** Kriechverhalten, radiale Verformung nach 100 h

100 h von den geprüften Rohren eingehalten.

Die Prüfungen für den Zeitpunkt 1 000 h liefen bei Redaktionschluss für diese Ausgabe der *EuroHeat&Power* noch. Sie werden in einer der nächsten Ausgaben veröffentlicht. Es zeichnet sich ab, dass einige Rohre die auf 30 a extrapolierte Anforderung voraussichtlich nicht erfüllen werden.

**2.6.10 Oberflächenbeschaffenheit bei Lieferung**

Die Stauchung an der Oberfläche der Rohre darf nicht mehr als 15 % der Dämmdicke betragen – gemessen an der ursprünglichen Oberfläche. Kratzer in der Ummantelung durch Handhabung und Lagerung dürfen 10 % der ursprünglichen Wanddicke des PE-Mantelrohres nicht überschreiten.

Alle Rohre erfüllten die Anforderungen.

**2.7 Überwachungs- und Fehlerortungssysteme**

Nach EN 14419 und FW 401 dürfen nur Messdrähte ohne Verbindungen in den Rohren eingebaut werden.

Diese sind so in der Wärmedämmung der Rohre anzuordnen, dass kein elektrischer Kontakt zwischen den einzelnen Messdrähten und zwischen den Messdrähten und dem Rohr auftritt. Der Abstand zwischen den Messdrähten und dem Mediumrohr sollte mindestens 10 mm betragen.

Um eine axiale Führung während der Produktion sicherzustellen und elektrische Kontakte auszuschließen,

können die Messdrähte in Abstandshaltern geführt werden.

Am Rohr von Brugg wurde an einer Stelle ein Abstand von 9 mm gemessen; am Rohr von Starpipe betragen die Abstände nur 1 bis 5 mm. Der Aderabstand zum Mediumrohr beträgt in allen anderen Rohren teilweise deutlich mehr als 10 mm; das heißt, die Messdrähte liegen näher am PE-Mantelrohr als am Stahlrohr.

Die Durchgängigkeit der Messdrähte wurde mit einer Schleifen-Widerstands-Prüfung an allen Rohren festgestellt.

Die Prüfung auf Kontaktfreiheit erfolgte durch Messung des elektrischen Widerstandes mit Hochspannung. Auch hierbei wurden die Prüfanforderungen von allen Rohren erfüllt.

Die Messdrähte, die an den Stirnseiten der Rohrelemente herausgeführt werden, müssen mindestens 20 mm länger als die Mediumrohre sein.

Alle Rohre erfüllten die Anforderung.

Die Enden der Messdrähte müssen vor Transport- und Lagerungsschäden bewahrt werden.

Bei allen Rohren lagen die Messdrähte bei Anlieferung an den Schaumenden an und waren durch die überstehenden PE-Mantelrohre vor unbeabsichtigter Beschädigung geschützt.

**3 Zusammenfassung**

Insgesamt ist festzustellen, dass kein im Rahmen dieser Qualitäts-

prüfung untersuchtes Rohre alle Anforderungen erfüllte. Alle Rohre wurden von Leitungsbetreibern aus Baustellenlieferungen für die Prüfungen zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse von 8 der 9 Rohre werden insgesamt als gut bis befriedigend bewertet. Beim Rohr von Starpipe scheinen in größerem Maße Probleme bei der Produktion und der Qualitätskontrolle vorhanden zu sein.

Die Eigenschaften der Wärmedämmung und des Verbundes für diskontinuierlich hergestellte Rohre sind auch von der Stelle entlang der Rohrachse abhängig, an der die einzelnen Prüfungen durchgeführt werden. Infolge der diskontinuierlichen Herstellung können deutlich unterschiedliche Eigenschaftswerte auftreten. Da in vielen Fällen die Eigenschaftswerte normgemäß nur an einer Querschnittsfläche der Rohre ermittelt werden, ist jedenfalls bei Prüfergebnissen, die nur knapp die Mindestanforderungen erfüllen, die Aussagefähigkeit beziehungsweise Übertragbarkeit auf die gesamte Rohrlänge kritisch zu beurteilen.

In den Darstellungen der Anforderungen, der Prüfungsdurchführungen und den Prüfergebnissen wird keine Diskussion zur Sinnhaftigkeit einzelner Anforderungen geführt. In den Normgremien sollten die einzelnen Sachverhalte eingehend diskutiert werden.

Die Autoren dieses Berichtes empfehlen nachdrücklich, dass alle Prüfungen nach EN 253 und FW 401 (Typprüfungen) einerseits an Rohren aus einer Charge in einer Prüfstelle untersucht und andererseits für die Erhaltung des Qualitätszeichens EHP/001 die Typprüfungen in festgelegten Zeitabständen, zum Beispiel alle 2 Jahre, vollständig zu wiederholen sind. Die zu prüfenden Rohre sind dabei während der Überprüfung in den Produktionsstandorten von der Zertifizierungsstelle auszuwählen.

**4 Technische Regeln**

- DIN 1626:1984 – Geschweißte kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen (zurückgezogen; ersetzt durch EN 10217).
- DIN 1629:1984 – Nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderun-

gen; Technische Lieferbedingungen (zurückgezogen; ersetzt durch EN 10216).

- EN 253:2006 – Fernwärmerohre – Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Verbund-Rohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen; Deutsche Fassung EN 253:2003 + A1:2005.

- EN 253/A2:2006 – Änderung zum Abschnitt 4.2.1 (Qualitäten der Stahl-Mediumrohre).

- EN 10204

Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen.

- EN 10216-1

Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen.

**Neu: EuroHeat&Power-Forum**

Diskutieren Sie mit anderen Fachexperten der Energiebranche über diesen Fachbeitrag im Diskussionsforum der **EuroHeat&Power**



[www.energie.de/groups/detail/euroheatundpower/](http://www.energie.de/groups/detail/euroheatundpower/)

Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur.

Teil 2: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen.

- EN 10217-1

Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen.

Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur.

- EN 14419

Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohre für erdverlegte Fernwärmenetze – Überwachungssysteme.

- FW 401-3

Verlegung und Statik von Kunststoffmantelrohren (KMR) für Fernwärmenetze; Teil 3: Bauteile; Gerade Verbundmantelrohre.

- EHP/001

Certification guidelines for quality assessment of district heating pipes. ■

[r.besier@agfw.de](mailto:r.besier@agfw.de)

[www.agfw.de](http://www.agfw.de)