

Prüfung von geraden Kunststoffmantelrohren

Qualitätsprüfung von KMR- Systembauteilen – Teil 2

Nach dem Beschluss der AGFW, jährlich eine Qualitätsüberprüfung werkmäßig hergestellter Rohrsystembauteile durchzuführen, wurden 2006/2007 erstmals gerade Kunststoffmantelrohre im FFI getestet. Erste Ergebnisse wurden in der *EuroHeat&Power* 5/2007 vorgestellt. Die Autoren ergänzen diese um die länger andauernden Prüfungen des mechanischen Langzeitverhaltens der PE-Mantelrohre und des Kriechverhaltens der Verbundrohre.

In der *EuroHeat&Power* 5/2007 wurden die ersten Ergebnisse der Qualitätsprüfung an geraden Kunststoffmantelrohren (KMR) vorgestellt [1]. Die Prüfung wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft – AGFW – e.V., Frankfurt am Main, in Auftrag gegeben und im Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V. (FFI), Hemmingen, durchgeführt. Grundlage dafür waren die gültigen Normen EN 253:2006 und EN 14419:2004 sowie das AGFW-Arbeitsblatt FW 401-3:1999.

1 Ergänzungen

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die länger andauernden Prüfungen des mechanischen Langzeitverhaltens der PE-Mantelrohre und des Kriechverhaltens der Verbundrohre noch nicht abgeschlossen. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser beiden noch ausstehenden Prüfungen dargestellt.

Die Autoren empfehlen den Auftraggebern bzw. Betreibern von Fernwärmenetzen, von den Herstellern der Kunststoffmantelrohre auch die wesentlichen Nachweise zur Beurteilung der Tauglichkeit zu fordern:

- PE-Mantelrohr:
Bruchdehnung, mechanisches Langzeitverhalten (CLT), Spannungsrissbeständigkeit (NCLT),
- PUR-Hartschaumstoff:
Zellstruktur, Schaumstoffdichte, Druckfestigkeit, Wasseraufnahme,
- Verbundrohr:
Scherfestigkeit bei Raumtemperatur und bei 140 °C sowohl im ungealterten als auch im thermisch gealterten Zustand, Wärmeleitfähigkeit, Stoßfestigkeit, Kriechverhalten.

2 Überprüfung der Qualität von Kunststoffmantelrohren

Die folgenden Darstellungen sind Ergänzungen zu den entsprechenden Abschnitten des Fachbeitrags in der *EuroHeat&Power* 5/2007. Um eine einfachere Zuordnung zu ermöglichen, orientiert sich die Nummerierung am ersten Teil des Fachbeitrags (siehe *Tafel 1*).

2.4.8 Mechanisches Langzeitverhalten der PE-Mantelrohre

Die Prüfungen des mechanischen Langzeitverhaltens wurden bei allen Probestäben bei einer Prüfzeit von 2 000 h abgebrochen, obwohl zur Erfüllung des geometrischen Mittelwertes je Rohr eine Reihe von

Probestäben längere Versuchsdauern erfordert hätten.

Alle 6 Probestäbe der Rohre von GermanPipe, Logstor-Z und Starpipe zeigten bei einer Prüfzeit von 2 000 h kein Versagen. Sie haben die Anforderung erfüllt.

Bei den Rohren von Brugg und Isoplus-S erreichten jeweils 4 Probestäbe die Prüfzeit von 2 000 h; jeweils 2 Probestäbe versagten früher. Um den geforderten geometrischen Mittelwert zu erreichen, hätten die jeweils noch intakten 4 Probestäbe von Brugg eine Prüfdauer von 2 200 h und die von Isoplus-S eine Prüfdauer von 2 403 h ohne Versagen erreichen müssen. Eine definitive Aussage über die Erfüllung der Anforderung kann für diese Rohre nicht getroffen werden.

Alle 6 Probestäbe der Rohre von KE Kelit und Isoplus-H versagten deutlich vor der Mindestzeit von 2 000 h. Unter der Annahme, dass die PE-Werkstoffe zur Rohrextrusion aus qualifizierter Herstellung stammten, werden Probleme bei der Rohrextrusion und/oder bei der Zumischung von aufgearbeitetem Material vermutet.

Mit der Revision der EN 253 [2] soll die Anforderung an das mechanische Langzeitverhalten der PE-Mantelrohre entfallen. Es wird nur noch die Materialzusammensetzung festgelegt. Damit könnten normativ keine entsprechenden Prüfungen der PE-Materialien an den fertigen KMR-Systembauteilen mehr durchgeführt werden. Ein Nachweis des in dieser Untersuchung festgestellten deutlich unterschiedlichen Langzeitverhaltens wäre damit nicht mehr möglich.

2.6.9 Radiales Kriechverhalten der Kunststoffmantelrohre

a) Radiales Kriechverhalten nach 100 h

In [1] wurden in *Bild 10* die Ergebnisse von je zwei Probekörpern für 7 Rohre zum Zeitpunkt 100 h dargestellt; *Bild 1* in dieser Veröffentlichung zeigt die abschließenden Ergebnisse der jeweils 3 Probekörper je Rohr. Die Mittelwerte werden bei den Rohren von Brugg, GermanPipe, Logstor-Z und Starpipe dadurch geprägt, dass die radiale Verformung je eines Probekörpers deutlich von den beiden übrigen abweicht. Bei den Rohren von GermanPipe, Logstor-Z und Starpipe weist jeweils ein Probekörper eine

Rolf Besier, Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft – AGFW – e.V., Frankfurt am Main; Armin Böhm, Vattenfall Europe Berlin AG & Co. KG; Thomas Grage, Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V., Hemmingen; Hans-Otto Meyer, Stadtwerke Hannover AG; Peter Rührer, Fernwärme Wien GmbH; Alexander Wagner, Eon Bayern Wärme AG, München

Eigenschaft	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	Isoplus-S DN65/140	KE Kelit	Logstor-Z	Logstor DN40/110	Starpipe
2.4 PE-Mantelrohre									
2.4.8 Mechanisches Langzeitverhalten	#	+	-	#	○	-	+	○	+
2.6 Verbundrohr									
2.6.9 Kriechverhalten									
• ΔS_{100}	+	+	+	+	○	+	+	○	+
• ΔS_{1000}	#	#	#	#	○	#	#	○	#
Extrapolation auf 30 Jahre	-	-	-	-	○	+	-	○	-

Tafel 1. Zusammenfassung der Ergebnisse (Ergänzung zu Tafel 1 aus EuroHeat&Power 5/2007)
+ Prüfung bestanden; - Prüfung nicht bestanden; # Messwerte ermittelt, ○ Anforderung wurde nicht überprüft

Verformung von über 2,5 mm auf. Auffällig sind die geringen Verformungen und die geringen Abweichungen der Einzelergebnisse bei den Rohren von KE Kelit, Isoplus-H und Isoplus-S.

Die Mittelwerte aller Rohre erfüllen die Anforderungen.

b) Radiales Kriechverhalten nach 1 000 h

In Bild 2 sind die Ergebnisse der jeweils 3 Probekörper von 7 Rohren für den Prüfzeitpunkt 1 000 h dargestellt. Die Verformungen sind erwartungsgemäß höher als zum Prüfzeitpunkt 100 h. Auch hier weist bei den Rohren von Brugg, GermanPipe, Isoplus-S, Logstor-Z und Starpipe jeweils ein Probekörper eine von den beiden anderen Probekörpern deutlich abweichende radiale Verformung auf. Wie bei der Verformung zum Prüfzeitpunkt 100 h zeichnen sich auch hier die Rohre von KE Kelit und Isoplus-H durch geringe Abweichungen der Einzelergebnisse aus. Gemäß EN 253 ist kein Grenzwert für die Verformung nach 1 000 h festgelegt; der Mittelwert ist für die Extrapolation auf 30 Jahre einzusetzen.

Die deutlich abweichenden Einzelergebnisse sind für Kunststoffprüfungen durchaus üblich. Sie lassen sich auch mit den gemessenen Eigenschaftsunterschieden entlang der Rohrachse erklären (siehe Abschnitt 2.5.3 in [1]).

c) Extrapolation des radialen Kriechverhaltens auf 30 Jahre nach gültiger EN 253

Nach EN 253 sind aus den Ergebnissen der 3 Einzelmessungen je Rohr und Prüfzeitpunkt die Mittelwerte zu bilden; ein deutlich von den beiden anderen Messwerten abweichender Einzelwert beeinflusst den Mittelwert stark. Dies ist mit ein Grund dafür, dass außer dem Rohr von KE Kelit alle anderen Rohre die Anforderung an das auf 30 Jahre zu extrapolierende Kriechverhalten nicht erfüllen (Bild 3). Interessant

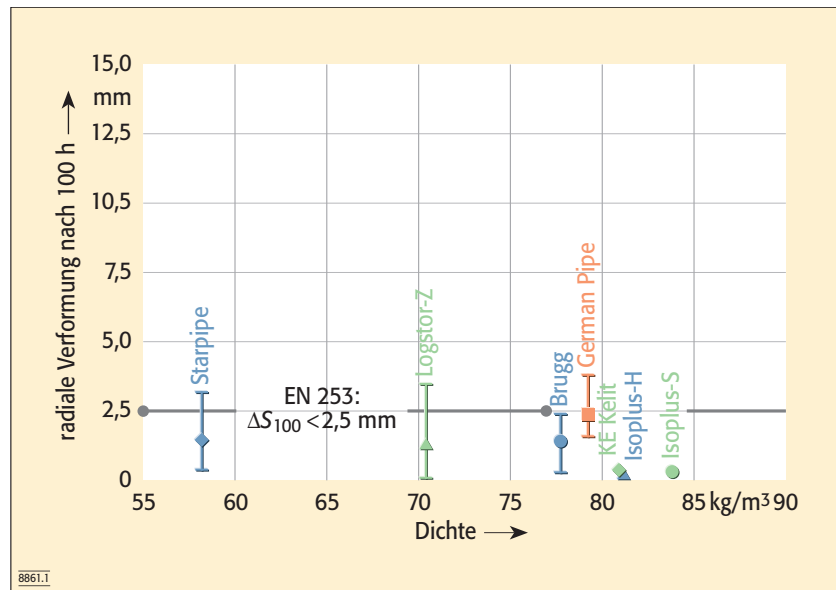


Bild 1. Radiale Verformungen zum Prüfzeitpunkt 100 h

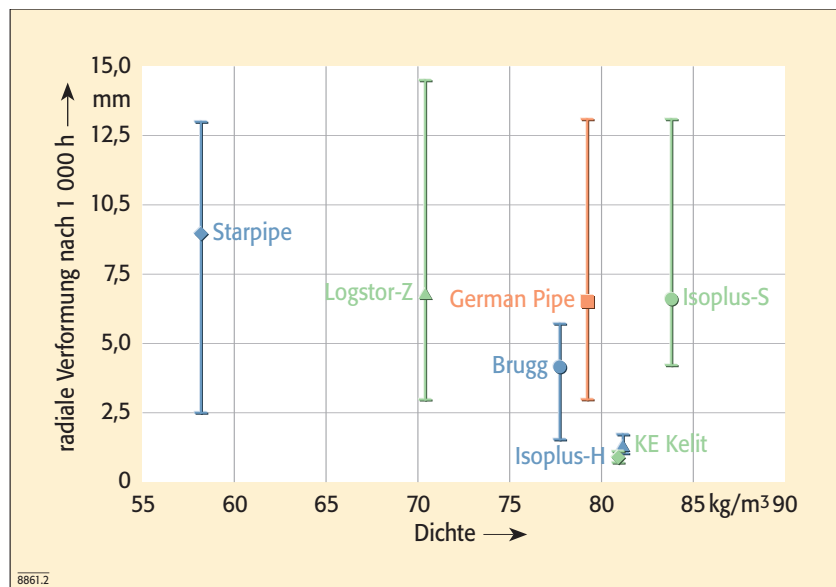


Bild 2. Radiale Verformungen zum Prüfzeitpunkt 1 000 h

ist, dass das Rohr von Isoplus-H ähnliche Mittelwerte für die beiden Prüfzeitpunkte wie das Rohr von KE Kelit aufweist, jedoch infolge der Extrapolationsvorschrift die Anforderung nicht erfüllt.

d) Extrapolation des radialen Kriechverhaltens nach Vorschlag für die Revision der EN 253

Mit der Revision der EN 253 [2] soll auch die Anforderung und die Prüfungsdurchführung zum Nachweis des

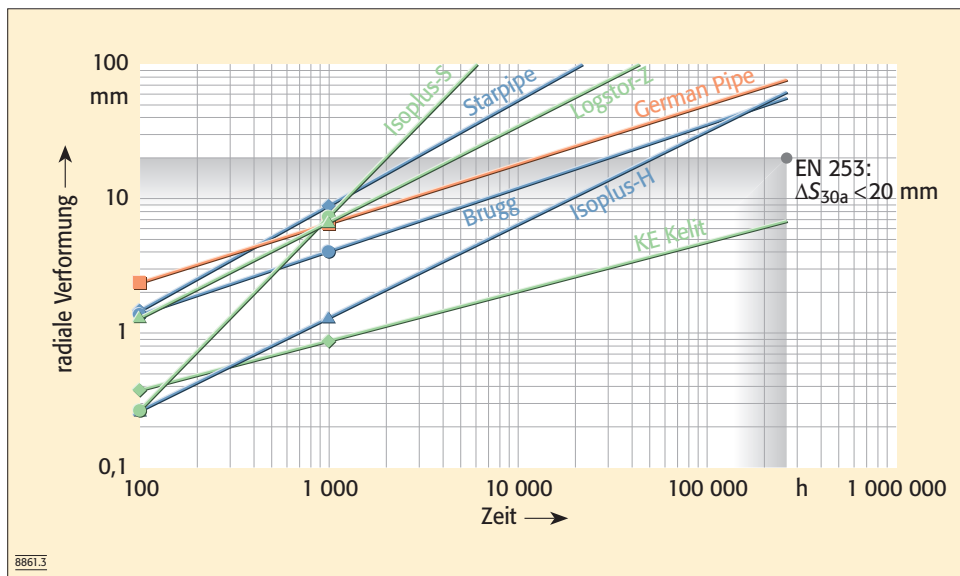


Bild 3. Extrapolation des Kriechverhaltens auf 30 Jahre

zulässigen radialen Kriechverhaltens geändert werden. Die Prüfzeitpunkte sollen zwischen 1 000 und 10 000 h (bisher 100 und 1 000 h) liegen; innerhalb dieses Prüfzeitraumes sind 2 weitere Messwerte zu erfassen. Das aus diesen Messwerten auf 30 Jahre zu extrapolierende Kriechverhalten darf 15 % der Dämmdicke nicht überschreiten. Für die untersuchten Rohre mit Dämmdicken von rd. 30 mm dürfen die radialen Verformungen nicht mehr als 4,5 mm betragen.

Unter Berücksichtigung der hier vorgestellten Ergebnisse für den Prüfzeitpunkt nach 1 000 h und der Annahme, dass mit zunehmender Versuchsdauer die Verformung größer wird, hätten die Rohre von Brugg, GermanPipe, Isoplus-S, Logstor-Z und Starpipe die Prüfung wahrscheinlich wiederum nicht bestanden. Am ehestens zu erwarten wären positive Ergebnisse bei den Rohren von Isoplus-H und KE Kelit.

3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der 9 untersuchten Rohrsysteme werden unter Berücksichtigung des ersten Teils des Fachbeitrages [1] als noch befriedigend eingestuft.

Die Hersteller sind aufgefordert, eine intensive Qualitätssicherung ihrer Produktion sicherzustellen. Dabei sind einerseits leicht vermeidbare Abweichungen von den Anforderungen auszuschließen (z.B. Kennzeichnung, Koaxialitätsabweichungen, Positionierung der Drähte für die Überwachungs- und Fehlerortungssysteme) sowie auch vermehrt Langzeitprüfungen an den Werkstoffen und Rohren durchzuführen (z.B. Bruchdehnung des PE, Spannungsrisssbeständigkeit, Druckfestigkeit, Kriechverhalten).

Die Nachweisführung bei den Rohrherstellern hinsichtlich der Vollständigkeit und Aktualität der durchgeführten Material- und Bauteilprüfungen gegenüber den Kunden ist verbesserungsbedürftig.

Die Autoren empfehlen den Auftraggebern, wesentliche Informationen, wie beispielhaft in Bild 4 dargestellt, von den Rohrherstellern zu fordern. Mit dieser Übersicht, ergänzt um die konkreten Prüfberichte, lässt sich die Vollständigkeit wesentlicher nachgewiesener Eigenschaften feststellen. Wurden Prüfungen zu deutlich abweichenden Zeiten an unterschiedlichen Prüf-

Material-/Bauteilprüfungen für gerade KMR nach EN 253 / FW 401-3
Übersicht über die wesentlichen Prüfungen zum Nachweis der Lebensdauer bzw. Langzeittauglichkeit

- Die nachgewiesenen Prüfungen sollten nicht älter als 3 Jahre sein. Vorzugsweise sollten alle aufgeführten Prüfungen an Rohren aus einer Produktionsserie (Charge) stammen und in einem Prüfinstitut durchgeführt worden sein¹. Alle aufgeführten Prüfungen sind mit vollständigen Prüfberichten zu belegen.
- Die weiteren Anforderungen / Prüfungen nach EN 253 und FW 401 sind ebenfalls zu erfüllen.

Bezeichnung / Beschreibung der in den Prüfungen verwendeten Materialien:

Hersteller / Lieferant von geraden KMR:	
PUR-Hartschaumstoff	
Polyol (Hersteller und Bezeichnung):	
Isocyanat (Hersteller und Bezeichnung):	
Schaumstoffdichte in den Prüfungen ² :	
PE-Mantelrohr	
PE-Rohrwerkstoff (Hersteller und Bezeichnung):	

Technische Regel	Anforderung	Prüfung durch ³	Prüfung am ⁴	Auftraggeber der Prüfung ⁵
PE-Mantelrohr				
EN 253:2006, 4.3.2.4	Bruchdehnung			
EN 253:2006, 4.3.2.6	Mech. Langzeitverhalten des PE-Mantelrohres (CLT)			
EN 253:2006, 4.3.2.7	Spannungsrisssbeständigkeit (NCLT)			
PUR-Hartschaumstoff (Wärmedämmung)				
EN 253:2006, 4.4.2	Zellstruktur			
EN 253:2006, 4.4.3	Schaumstoffdichte			
EN 253:2006, 4.4.4	Druckfestigkeit			
EN 253:2006, 4.4.5	Wasseraufnahme			
Verbundrohr				
EN 253:2006, 4.5.4.2	Scherfestigkeit			
	ungealtert 23 °C			
	gealtert 23 °C			
	ungealtert 140 °C			
	gealtert 140 °C			
EN 253:2006, 4.5.5	Wärmeleitfähigkeit			
EN 253:2006, 4.5.6	Stoßfestigkeit			
EN 253:2006, 4.5.7	Kriechverhalten			

¹ Autorenkollektiv: Qualitätsprüfung von KMR-Systembauteilen, EuroHeatPower, Heft 5/2007
² Wenn für die Prüfung relevant
³ Name des Prüfinstitutes
⁴ t/mm² der durchgeführten Prüfung; dieses kann deutlich vom Ausstellungsdatum des Prüfdokumentes abweichen!
⁵ Z. B. Hersteller des KMR oder Schaumhersteller etc.

Bild 4. Übersicht der von den KMR-Herstellern nachzuweisenden wesentlichen Untersuchungen zur Beurteilung der Langzeiteignung der geraden Kunststoffmantelrohre

stellen durchgeführt, kann davon ausgegangen werden, dass die für die Prüfungen verwendeten Rohre bzw. Proben aus unterschiedlichen Chargen stammen. In wie weit dies eine aussagekräftige Gesamtbeurteilung zulässt, muss der Auftraggeber selbst bewerten.

Die vorgestellten Ergebnisse der Qualitätsprüfung von geraden Kunststoffmantelrohren sollten im Rahmen der Diskussionen zur Revision der Produktnorm EN 253 mit berücksichtigt werden. Dies betrifft insbesondere die Eigenschaften der PE-Mantelrohre und das radiale Kriechverhalten der Verbundrohre.

Neu: EuroHeat&Power-Forum

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

energie.de

www.energie.de/groups/detail/euroheatundpower/

4 Schrifttum

- [1] *Besier, R.; Böhm, A.; Grage, T.; Meyer, H.-O.; Rührer, P.; Wagner, A.*: Qualitätsprüfung von KMR-

Systembauteilen – Teil 1. *Euro-Heat&Power*, 36. Jg (2007), Heft 5, Seite 52ff.

- [2] E DIN EN 253, 9.2007: Fernwärmerohre – Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze – Verbundrohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen ■

r.besier@agfw.de

www.agfw.de