

KRV Stellungnahme zur Wasserstoffintegrität von Kunststoffrohren und Formteilen

Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die öffentlichen Gasnetze in Europa mit sogenanntem Stadtgas, einem Brenngas, das zumeist in städtischer Regie durch Kohlevergasung hergestellt wurde, betrieben. Die Hauptbestandteile von Stadtgas waren Wasserstoff H_2 (ca. 50 %), Methan CH_4 (ca. 20 %), Stickstoff N_2 (ca. 15 %) und Kohlenstoffmonoxid CO (ca. 10 %). Erst ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfolgte eine Umstellung auf Erdgas mit einem Methananteil (CH_4) von ca. 85 bis 98 %. Von der Gaswirtschaft wird heute gewünscht, das Erdgas mit einem Wasserstoffanteil von 20 % anzureichern. Die Vision einer dekarbonisierten Gasversorgung bis 2050 beschreibt einen kompletten Umstieg auf grünen Wasserstoff. Dies ist von besonderer Bedeutung bei einer zu erwartenden Nutzungsdauer der Rohrleitungen von bis zu 100 Jahren und damit akut relevant im Hinblick auf alle laufenden und geplanten Bauvorhaben.

Die Gaswirtschaft erwartet, dass die zur Verfügung stehenden Wasserstoffmengen zunehmen werden. Insbesondere dann, wenn überschüssige erneuerbare Energie, die vor allem auf Photovoltaikzellen oder Windkraftanlagen zurückgeht, gespeichert werden muss und somit für die Erzeugung von Wasserstoffgas verwendet werden kann. Das bestehende Erdgasnetz bietet neue und wirtschaftlich interessante Möglichkeiten, diese überschüssige erneuerbare Energie in Form von Wasserstoff zu speichern und zu transportieren. Übersteigt die Nachfrage an Wasserstoff die nationale Erzeugung ist ein Import z. B. aus Nordafrika, Süd- und Osteuropa denkbar.

Vor diesem Hintergrund werden aktuell die Hersteller von Gasrohren bei Ausschreibungen zu einer Aussage hinsichtlich der Wasserstoffbeständigkeit ihrer Erzeugnisse aufgefordert. Ein technisches Regelwerk über die möglichen und anzuwendenden Prüfverfahren existiert noch nicht. Auf internationaler Ebene wurden allerdings in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl von Studien durchgeführt, um den Einfluss von Wasserstoff auf Kunststoffrohrleitungen zu untersuchen.

- Bei einer internationalen Konferenz der forschenden Gasversorger wurde im Jahre 2017 über eine Testfeldinstallation berichtet, mit der über 10 Jahre Erfahrungen mit der Nutzung des Erdgasnetzes für den Transport von 100 % Wasserstoff gesammelt wurden [1]. Dabei wurde über Untersuchungen an Rohren aus PE80 und PE100 in dänischen und schwedischen Gasverteilungsnetzen berichtet. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde insbesondere die Oxidationsbeständigkeit der Rohre betrachtet. Die Rheologie, also das Fließen und Verformen des Kunststoffs unter Einwirkung äußerer Kräfte sowie Schmelzflussrate wurden zur Feststellung und Beurteilung struktureller Veränderungen des Materials durch Wasserstoffeinwirkung herangezogen. Bezüglich der mechanischen Eigenschaften wurden die Zugfestigkeit sowie der Widerstand gegen das langsame Risswachstum geprüft. Im Rahmen der Untersuchung wurde in einem Testfeld ein Gasnetz mit Rohren aus PE80 und PE100 eingebaut und über mehrere Jahre mit Wasserstoff betrieben. In Abständen von jeweils einem Jahr wurden Rohrproben entnommen und untersucht. Einige der Rohre, die für die Untersuchung verwendet und in dem Testfeld eingebaut wurden, stammten aus dem dänischen Erdgasnetz. Sie waren zuvor bereits bis zu 20 Jahre in Betrieb, bevor sie in der Untersuchung des Testfeldes mit Wasserstoff beaufschlagt wurden.

Das jährliche Analyseprogramm bestand aus:

- der Untersuchung struktureller Veränderungen im Polymer und damit technisch-physikalische Materialeigenschaften,
- der Ermittlung des Verbrauchs von Antioxidantien und damit einer Abschätzung der Lebensdauer,

[1] Henrik Iskov, Stephan Kneck: Using the natural gas network for transporting hydrogen – 10 years of experience, International Gas Union Research Conference 2017.

- der Ermittlung einer Änderung der Zugeigenschaften und der Eigenschaften des Materials hinsichtlich des Widerstands gegen langsames Risswachstum und
- der Untersuchung der Oberflächenoxidation.

Im Ergebnis zeigt sich hier nach insgesamt 4 Jahren (PE80) bzw. 10 Jahren (PE100) kontinuierlicher Wasserstoffexposition kein Einfluss auf die Haltbarkeit von PE80- oder PE100-Erdgasleitungen. Es wird daher nach [1] davon ausgegangen, dass die Rohre mit Wasserstoff verträglich sind und unter dem Gesichtspunkt der Polymerstruktur und der Rohreigenschaften sicher für den Wasserstofftransport verwendet werden können.

- Polyamid-Gasrohrsysteme aus den Werkstoffen PA-U11 und PA-U12 werden in den Systemnormen der DIN EN ISO 16486-Serie sowie im Code of Practice nach CEN/TS 12007-6 beschrieben. In Untersuchungen und wissenschaftlichen Veröffentlichungen wird die Eignung dieser Werkstoffe zum Transport von Wasserstoff bestätigt, so z. B. in [2].
- Im International Journal of Pressure Vessels and Piping 89 aus dem Jahr 2012 findet sich ein Beitrag zum Einfluss der langfristigen Wasserstoffexposition auf die mechanischen Eigenschaften von Rohrwerkstoffen [3]. Hier werden drei wesentliche Aspekte hinterfragt, wenn Polymere über einen langen Zeitraum mit einem Gas oder einer Flüssigkeit beaufschlagt werden. Erstens: Wie verändert die Diffusion von Gas- oder Flüssigkeitsmolekülen im Polymer seine mechanischen Eigenschaften? Zu berücksichtigen sind hier auch die Faktoren Temperatur, Druck oder Zeit. Zweitens: Welchen Einfluss hat die physikalische Alterung des Polymers auf die Permeationsrate? Drittens: Können Abbauprodukte von Stabilisatoren durch Einwirkung von chemisch aktiven Gasen oder Flüssigkeiten entstehen? Bisher fehlende Daten zur Bewertung der Kopplung zwischen mechanischem Verhalten und Wasserstoffdiffusion in Thermoplasten sowie den Einflüssen durch die Langzeitexposition sollten mit der in [3] beschriebenen Studie für die Werkstoffe PE100 und PA11 ermittelt werden. Im Ergebnis zeigt sich eine vernachlässigbare Kopplung zwischen mechanischen Eigenschaften und der Wasserstoffdiffusion. In Übereinstimmung mit den Zugeigenschaften wurde durch DSC-Analysen (Dynamische Differenzkalorimetrie) belegt, dass durch Alterung in Wasserstoff keine signifikante Veränderung in der kristallinen Mikrostruktur hervorgerufen wird.
- Weitere Informationen zum Permeationsverhalten von PE100 und PA-U12 finden sich in [4] bzw. [5]. Angaben zu Permeationsverhalten und zur Wasserstoffintegrität von PA-U12 sind CEN/TR 17797 [6], Annex G „Use of polyamide (PA-U) in gas piping systems in relation to hydrogen, methane or their mixtures“ sowie DIN EN ISO 16486-1 [7], Anhang E „Permeationsbeständigkeit gegenüber verschiedenen Gasen“ zu entnehmen.

[2] Gottfried Ehrenstein, Sonja Pongratz, Resistance and stability of polymers, Hanser Publications 2013.

[3] Sylvie Castagnet, Jean-Claude Grandidier, Mathieu Comyn, Guillaume Benoît: Effect of long-term hydrogen exposure on the mechanical properties of polymers used for pipes and tested in pressurized hydrogen, International Journal of Pressure Vessels and Piping 89 (2012) 203-209.

[4] Frans Scholten, Kiwa Technology, PO Box 137, 7300 AC, Apeldoorn, the Netherlands, Methane and Hydrogen Permeation through Polyamide and Composite Pipes – Comparison of Candidate High-Pressure Gas Pipes, Report GT/060157/Sch, 2009.

[5] Frans Scholten and Mannes Wolters, Kiwa Technology, PO Box 137, 7300 AC, Apeldoorn, the Netherlands, Methane permeation through advanced high-pressure plastics and composite pipes, Proceedings of the Plastics Pipes XIV Conference, Budapest, 22 – 24 September 2008.

[6] DIN CEN/TR 17797:2022-09 „Gasinfrastruktur – Auswirkungen von Wasserstoff in der Gasinfrastruktur und Identifikation des zugehörigen Normungsbedarfs im Zuständigkeitsbereich des CEN/TC 234“.

[7] DIN EN ISO 16486-1 :2021-02 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Rohrleitungssysteme aus weichmacherfreiem Polyamid (PA-U) mit Schweißverbindungen und mechanischen Verbindungen – Teil 1: Allgemeines“.

- Anlässlich der „19th Plastic Pipes Conference“ im September 2018 wurde auch über Untersuchungen zur Eignung von PE100-RC-Rohren für den Transport von Wasserstoff berichtet [8]. Betrachtet wurden dabei die chemische Beständigkeit des Werkstoffs gegenüber Wasserstoff, die Permeationsrate von Wasserstoff durch den Werkstoff und Einflüsse auf Schweißverbindungen. Um Wasserstoff von der Produktionsanlage zu einer Tankstelle zu transportieren, wurde ein Rohrleitungssystem neu installiert. Der Bau- und Wartungsprozess sollte kostengünstig durchgeführt werden können und die Leitung mit einer langfristigen Sicherheit betrieben werden. Polyethylen mit erhöhter Rissbeständigkeit (PE100-RC) wurde als potenzielles Rohrleitungsmaterial ausgewählt. Da bezüglich des Transports von Wasserstoffgas in PE-Rohrleitungen wenige Erfahrungen vorlagen, wurde vor Baubeginn eine Studie durchgeführt. Für das ausgewählte PE100-RC-Material wurde eine Reihe wichtiger Materialparameter, z. B. die Permeationsrate und die Schmelzbarkeit nach längerer Einwirkung des Wasserstoffgases untersucht. Diese Studie berücksichtigte **Sicherheits- und Materialaspekte** sowie verschiedene mögliche Wartungsarbeiten während der Betriebsphase. Im Ergebnis zeigt sich hier, dass die getesteten PE100-RC-Rohre für den Transport von Wasserstoff bei Drücken von bis zu 2 bar geeignet sind.

Inzwischen liegen eine Reihe von Berichten zu unterschiedlichen Aspekten des Betriebs der Gasversorgung mit Wasserstoff vor, die keine Einschränkungen für eine Beimischung von 20 % zum Erdgas und sogar für den Betrieb mit 100 % Wasserstoff in modernen PE-Kunststoffrohrsystemen bis MOP 10 bar vorsehen. Auch auf europäischer Normungsebene werden z. B. durch CEN/TC 234/WG 02 "Gas supply systems up to and including 16 bar and pressure testing" mögliche Auswirkungen auf die Systeme untersucht und für Kunststoffrohrsysteme aus PE100 oder dem seit 2018 zertifizierten Polyamid-Werkstoff PA-U12 keine Einschränkungen gesehen.

Fazit

Auf Grundlage der vorliegenden Veröffentlichungen darf davon ausgegangen werden, dass Rohre und Formteile aus den Werkstoffen PE80, PE100, PE100-RC und PA-U12 unter den beschriebenen Randbedingungen für den Transport von Wasserstoff geeignet sind. Auch in der Systembetrachtung werden keine Einschränkungen erwartet. Für die Eignung von Elastomeren und Schmierstoffen, wie sie insbesondere in Armaturen eingesetzt werden, sind keine negativen Rückmeldungen in Verbindung mit Wasserstoffkontakt bekannt. Ein wissenschaftlicher Nachweis steht jedoch noch aus.

Eine Bestätigung für das dedizierte Produktangebot kann im Einzelfall beim Hersteller abgefragt werden.

[8] R.J.M. Hermkens, H. Colmer, H.A. Ophoff: Modern PE pipe enables the transport of hydrogen, 19th Plastic Pipes Conference, 24-26 September 2018, Las Vegas, Nevada.

Information zum KRV:

Der KRV ist der produkt- und unternehmensübergreifende Ansprechpartner für die an Kunststoffrohrsystemen mit technischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fragestellungen interessierte Fachwelt. Produkte der Kunststoffrohr-Industrie finden sich heute nahezu in allen denkbaren Anwendungsbereichen für Rohrsysteme. Die Bekanntesten sind sicherlich die Bereiche Entsorgung (Schmutz- und Regenwasser), Versorgung (Gas, Trinkwasser), Gebäudetechnik (Trinkwasser, Heizung, Klima, Gas) und der industrielle Anlagenbau. Daneben gibt es noch zahlreiche weitere Einsatzbereiche – von der Landwirtschaft, Versorgung mit Fernwärme, verschiedenste Anwendungen im Umweltschutz, in der Geothermie und der Verwendung als Kabelschutzrohre.

Kontakt:

Kunststoffrohrverband e.V. (KRV)
Fachverband der Kunststoffrohr-Industrie
Kennedyallee 1-5
53175 Bonn
Telefon: +49-(0)228/9 14 77-0
E-Mail info@krv.de
Internet: www.krv.de

Mitgliedsunternehmen des Kunststoffrohrverband e.V.

Hersteller von Rohren und Formteilen:

Aliaxis Deutschland GmbH
Amiblu Germany GmbH
Bänninger Kunststoff-Produkte GmbH
BT Nyloplast GmbH
egeplast international GmbH
Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH + Co. KG
Georg Fischer DEKA GmbH
Georg Fischer GmbH
Gerodur MPM Kunststoffverarbeitung GmbH & Co. KG
Kabelwerk Eupen AG
Pipelife Deutschland GmbH & Co. KG
Plasson GmbH
POLOPLAST GmbH & Co.KG
SIMONA AG
TECE GmbH
Wavin GmbH
Westfälische Kunststoff Technik GmbH

Rohstoffherzeuger:

Borealis AG
Evonik Operations GmbH
INEOS Köln GmbH
INOVYN Deutschland GmbH
LyondellBasell
SABIC Europe

Fördermitglieder:

battenfeld-cincinnati Germany GmbH
IANUS Simulation GmbH
SKZ – Das Kunststoff-Zentrum FSKZ e.V.