

Einfluss von Wasserstoff auf Kunststoffrohre und Formteile untersucht: Wasserstoffintegrität belegt

Von Andreas Redmann

Als Energieträger der Zukunft soll grüner Wasserstoff zur Dekarbonisierung von Gebäuden, Verkehr und Industrie beitragen. Um dieses Potenzial gerade für den Gebäudesektor produktiv zu machen, gilt es aktuell die in Gasverteilnetzen eingesetzten Werkstoff-, Rohr- und Bauteillösungen auf deren Wasserstoffintegrität zu bewerten, damit diese Netze auch zukünftig weiter genutzt und perspektivisch ausgebaut werden können. Vor diesem Hintergrund hat die Kunststoffrohr-Industrie eine Vielzahl internationaler Testfeld- und Pilot-Installationen initiiert, um den Einfluss von Wasserstoff auf Kunststoffrohrleitungen zu untersuchen. Auf Grundlage der derzeit vorliegenden Studien und Veröffentlichungen ist davon auszugehen, dass Rohre und Formteile aus den Werkstoffen PE 80, PE 100, PE 100-RC und PA-U12 unter den untersuchten Randbedingungen für den Transport von Wasserstoff geeignet sind.

Ein Energieträger mit Vergangenheit und Zukunft

Wasserstoff ist in leitungsgebundenen Infrastrukturen kein unbekannter Player. Öffentliche Gasnetze wurden in Europa ab Mitte des 19. Jahrhunderts mit sogenanntem Stadtgas betrieben, einem Brenngas, das zumeist in städtischer Regie durch Kohlevergasung hergestellt wurde. Die Hauptbestandteile von Stadtgas waren Wasserstoff H_2 (rund 50 Vol.-%), Methan CH_4 (rund 20 Vol.-%), Stickstoff N_2 (rund 15 Vol.-%) und Kohlenstoffmonoxid CO (rund 10 Vol.-%). Erst ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfolgte eine Umstellung auf Erdgas mit einem Methananteil (CH_4) von ca. 85 bis 98 %. Vor dem Hintergrund der Vision einer kompletten Dekarbonisierung der Gasversorgung bis zum Jahr 2050 – so vorangedacht in der „EU- Wasserstoffstrategie“ – beschäftigt sich die Gaswirtschaft derzeit mit der Zielsetzung, regenerativ erzeugten Wasserstoff als Zusatzgas in das Gasnetz einzuspeisen. Um an dieser Stelle auch allen regulatorischen Implikationen gerecht zu werden, befinden sich die technischen Regeln des DVGW hinsichtlich eines Transports von Wasserstoff in der Gasinfrastruktur in einer umfassenden Weiterentwicklung. Während der Wasserstoffanteil nach Regelwerk DVGW G 262: „Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung“ aktuell auf maximal 10 Vol.-% begrenzt ist, sollen in Zukunft in weiteren Schritten auch höhere Anteile möglich sein. Dieser langfristig geplante Umstieg auf grünen Wasserstoff bis zum Jahr 2050 ist für die Planungshorizonte der Kunststoffrohr-Industrie gerade auch deshalb von hoher Relevanz, da für die langlebigen Rohr-, Form- und Bauteillösungen von einer Nutzungs-

dauer von 100 Jahren ausgegangen werden kann. Somit gilt es für alle laufenden und geplanten Bauvorhaben die bereits abzusehenden energiepolitischen Zielsetzungen der kommenden Jahre zu antizipieren.

Internationale Feldforschung liefert positiven Ausblick

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 Gasnetz bietet neue und interessante Möglichkeiten, diese überschüssige erneuerbare Energie in Form von Wasserstoff zu speichern und an den Kunden zu verteilen. Übersteigt die Nachfrage an Wasserstoff die nationale Erzeugung ist ein Import zum Beispiel aus Nordafrika, Süd- und Osteuropa denkbar. Diese Perspektive einer zunehmenden Nutzung von Wasserstoff als Energieträger führt auch aktuell auf dem Markt dazu, dass Hersteller von Gasrohren bei Ausschreibungen zu einer Aussage hinsichtlich der Wasserstoffbeständigkeit ihrer Erzeugnisse aufgefordert werden. Grundsätzlich existiert die Normenreihe EN 1555 und gilt allgemein für die Verteilung von Brenngasen, hierunter fällt auch Wasserstoff. Die Errichtung dieser PE-Gasrohrsysteme wird in EN 12007-2 beschrieben. Auf internationaler Ebene wurden in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl von Studien durchgeführt, um den Einfluss von Wasserstoff auf Kunststoffrohrleitungen zu untersuchen.

Einige Studien im Überblick

Testfeldinstallation in skandinavischen Gasverteilungsnetzen – PE 80 und PE 100

Bei einer internationalen Konferenz der forschenden Gasversorger wurde im Jahre 2017 über eine Testfeldinstallation berichtet, mit der über zehn Jahre Erfahrungen mit der Nutzung des Erdgasnetzes für die Verteilung von 100 % Wasserstoff gesammelt wurden [1]. Dabei wurde über Untersuchungen an Rohren aus PE 80 und PE 100 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 Kunststoffes 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 PE 80 und PE 100 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,
- » der Ermittlung einer Änderung der Zugeigenschaften und der Eigenschaften des Materials hinsichtlich des Widerstands gegen langsames Risswachstum,
- » der Untersuchung der Oberflächenoxidation.

Im Ergebnis zeigt sich hier nach insgesamt vier Jahren (PE 80) bzw. zehn Jahren (PE 100) kontinuierlicher Wasserstoffexposition kein Einfluss auf die Haltbarkeit von PE 80- oder PE 100-Gasleitungen. 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.

PA-U11 und PA-U12

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



Bild 1: Installation einer Gasleitung im innerstädtischen Bereich

Quelle: Westfälische Kunststoff Technik GmbH



Bild 2: Umwelt- und ressourcenschneller Einbau von Gasrohren im Rohrflugverfahren

Quelle: GERODUR MPM Kunststoffverarbeitung GmbH & Co.KG

dieser Werkstoffe zum Transport von Wasserstoff bestmöglicht, so z. B. in [2].

Langfristige Wasserstoffexposition auf die mechanischen Eigenschaften von Rohrwerkstoffen

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



Bild 3: Die in der „Agenda 2030“ der Vereinten Nationen definierten 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung

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 PE 100 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.

Permeationsverhalten von PE100 und PA-U12

Weitere Informationen zum Permeationsverhalten von PE 100 und PA-U12 finden sich in [4] bzw. [5]. Der bei 10 bar niedrigere Permeationskoeffizient lässt für PA-U12 erwarten, dass die Wasserstoff-Permeation für PA-U12 bei MOP 16 bar in etwa auf dem Niveau von der für PE 100 bei MOP 10 bar liegt. Für PA-U12 ist eine Erweiterung der Datenbasis angedacht.

Eignung von PE 100-RC-Rohren für den Transport von Wasserstoff

Anlässlich der „19th Plastic Pipes Conference“ im September 2018 wurde auch über Untersuchungen zur Eignung von PE 100-RC-Rohren für die Verteilung von Wasserstoff berichtet [6]. 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 (PE 100-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 PE 100-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 PE 100-RC-Rohre für die Verteilung von Wasserstoff bei Drücken von bis zu 2 bar geeignet sind.

Systeme sind für den Transport geeignet

Inzwischen liegen eine Reihe von Berichten zu unterschiedlichen Aspekten des Betriebs der Gasversorgung mit Wasserstoff vor, die keine Einschränkungen für eine Beimischung zum Erdgas vorsehen und sogar für den Betrieb mit 100 % Wasserstoff in modernen PE-Kunststoffrohrsystemen bis MOP 10 bar geeignet sind. 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 Auswir-

kungen auf die Systeme untersucht und für Kunststoffrohrsysteme aus PE 100 oder dem seit 2018 zertifizierten Polyamid-Werkstoff PA-U12 keine Einschränkungen gesehen. In Summe kann auf Grundlage der vorliegenden Veröffentlichungen davon ausgegangen werden, dass Rohre und Formteile aus den Werkstoffen PE 80, PE 100, PE 100-RC und PA-U12 unter den beschriebenen Randbedingungen für die Verteilung 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 jeweilige Produktangebot kann im Einzelfall beim Hersteller abgefragt werden. Um das thematische Umfeld eines sicheren Transports von Wasserstoff kontinuierlich weiterzuentwickeln, adressiert der Kunststoffrohrverband e. V. (KRV), Bonn, als wissenschaftlich technische Institution intensiv das Thema „Zertifizierung von Kunststoffrohren für Wasserstoff-Anwendungen“. Mit allen Beteiligten soll eine einheitliche Lösung hierzu erarbeitet werden. Ziel ist es, dem Markt für eine gelingende Energie- und Wärme-wende eine Vielzahl leistungsfähiger und nachhaltiger Werkstoff-, Rohr- und Bauteillösungen zur Verfügung zu stellen und die Leistungsfähigkeit dieser Systeme an den Anforderungen einer nachhaltigen Infrastrukturplanung kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Literatur

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

Kunststoffrohrverband e. V. (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. Dabei gehört es zu den wesentlichen Handlungsprämissen des Verbandes und der in ihm organisierten Unternehmen, einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der UN-Sustainable Development Goals (SDGs) zu leisten und nachhaltige Werkstoff- und Systemlösungen für die globalen Herausforderungen unserer Gesellschaft mitzugestalten.

- [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] 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.

SCHLAGWÖRTER: Kunststoffrohre, Wasserstoff, Wasserstoffintegrität

AUTOR



Dipl.-Ing. **ANDREAS REDMANN**
Projektmanager Technik / Hochschulen
Kunststoffrohrverband e. V. (KRV), Bonn
Tel. +49 228 9 14 77-15
andreas.redmann@krv.de



Ihr Kontakt zum Anzeigenverkauf

Daniela Brown
Telefon + 49 201 82002-58
E-Mail: d.brown@vulkan-verlag.de

Helga Pelzer
Telefon: +49 201 82002-35
E-Mail: h.pelzer@vulkan-verlag.de

GEDRUCKT. DIGITAL. LIVE.
FACHWISSEN MIT MEHRWERT.

FÜR PROFIS DER ROHRLEITUNGSTECHNIK.



VULKAN VERLAG. **FÜR ALLE, DIE MEHR WISSEN WOLLEN.**

Jetzt abonnieren
und Wissen sichern!

**Freier Zugang zum
Online-Archiv mit allen
Ausgaben ab 2008.**

Fachlicher Austausch, neueste Erkenntnisse, geballtes Wissen auf allen Kanälen.

Bestellen Sie noch heute Ihr Abonnement.

Rufen Sie uns einfach an: +49 201 82002-26
Oder bestellen Sie online: www.3r-rohre.de/abo

www.vulkan-verlag.de

 **Vulkan Verlag**