Intelligente Rohrsysteme durch smarte Kombination verschiedener Werkstoffe

Thorsten Späth

Rohrnetz, Kunststoffrohrsysteme, Rohrleitungsbau, Werkstoffe, Rohrkonstruktionen

Die Eigenschaften unterschiedlicher Werkstoffe sind grundverschieden und schon immer wurden die zur Verfügung stehenden Materialien miteinander kombiniert. Moderne Fertigungstechnik und der Blick über den Tellerrand auf andere Anwendungen haben eine Reihe smarter Ideen zur Kombination verschiedener Werkstoffe in den Rohrleitungsbau gebracht. Composite-Konstruktionen erobern Hochdruckanwendungen und sensible Leitungen lassen sich zum Schutz der Umwelt oder auch des Mediums kontinuierlich überwachen. Die Verwendung von RFID-Chips ist im digitalen Alltag selbstverständlich geworden. Auch für die Rohrleitungsnetzdokumentation gibt es erste Ansätze, Bauteile mit beschreibbaren Informationsdatenträgern auszustatten.

Intelligent pipe systems via the smart combination of various materials

The properties of different materials are fundamentally different, and the available materials have always been combined with one another. Modern construction technology and looking outside of the box for other applications has introduced a range of smart ideas for combining various materials into the field of pipeline engineering. Composite constructions are taking over high-pressure applications, and sensitive pipes allow for continuous monitoring of both the protection of the environment as well as the medium. The usage of RFID chips has become self-evident in everyday digital applications. In piping network documentation, too, there have been initial forays into equipping construction components with recordable information storage devices.

1. Einleitung

Die Eigenschaften unterschiedlicher Werkstoffe sind grundverschieden und schon immer wurden die zur Verfügung stehenden Materialien miteinander kombiniert. Heute werden in vielen Anwendungen systematisch Werkstoffkombinationen eingesetzt. So können die Vorteile verschiedener Materialien sinnvoll kombiniert werden. Heute bestehen die meisten Autos und auch Flugzeuge mehr aus Verbundwerkstoffen als aus Metallen, was zu großen Gewichts- und somit Kraftstoffeinsparungen geführt hat.

Die Ausnutzung moderner Fertigungsverfahren ermöglicht, PE-Rohre schichtweise zu fertigen. Steigende Anforderungen als Innovationsmotor für neue Lösungen haben so verschiedene „intelligente" Rohrkonstruktionen entstehen lassen. Stand der Technik sind helle Innenschichten zur besseren Sicht bei Kamerabefahrungen und Innenschichten, die besonders gute, chemische Beständigkeit gegenüber den zu transportierenden Medien aufweisen. Rohre aus Kunststoffen mit metallischen Schichten vereinen die Vorteile der Kunststoffe wie das geringe Gewicht, hohe Chemikalienbeständigkeit, einfache Schweißbarkeit sowie ressourcenschonende Fertigung und Verlegung mit den positiven Eigenschaften eines Metalls wie geringe Permeabilität oder gute elektrische Leitfähigkeit. Es gibt mittlerweile sogar Ansätze, Rohrleitungen mit Sensoren auszustatten.

Anwendungen im Hochdruckbereich waren bislang Rohren aus metallischen Werkstoffen vorbehalten. Die Verwendung von hochfesten Verstärkungsschichten er-

öffnet aber auch hier neue Einsatzmöglichkeiten für Kunststoffrohre.

Alternative Verlegemethoden bieten ein großes Einsparpotential. Da Polyethylenrohre sehr flexibel und längskraftschlüssig schweißbar sind, kommen sie auch im grabenlosen Leitungsbau sehr stark zum Einsatz. Rissbeständige RC-Werkstoffe (Resistance to Crack) und „clevere" Mehrschichtrohrkonstruktionen ermöglichen deren Einsatz ohne das Risiko für den Betreiber zu erhöhen.

2. Werkstoffhomogene Schichten

Kanalrohre müssen zur Überwachung systematisch mit Kameras befahren werden. Polyethylen ist üblicherweise mit Hilfe von Ruß gegen UV-Strahlen stabilisiert. Diese Stabilisierung ist für Transport, Lagerung und Verlegung notwendig. Ein rußgeschwärztes Rohr lässt sich nur sehr schwer von innen ausleuchten. Daher werden Kanalrohre aus Polyethylen heute mit einer hell eingefärbten Innenschicht ausgerüstet (**Bild 1**). Zur Kennzeichnung des im Rohr transportierten Mediums tragen sonst schwarze Rohre in der Regel eine blaue bzw. orange Außenschicht (**Bild 2**).

3. Verschleiß- und Verlegeschutz

Erdverlegte Rohrleitungen werden heute häufig nicht mehr in offenen Gräben verlegt, sondern mit verschiedenen grabenlosen Verfahren direkt in den Boden eingebracht. Dabei ergeben sich deutlich erhöhte Anforderungen an das Rohr. Insbesondere muss die Außenseite des Rohres gegen Kratzer und Beschädigungen während der Verlegung geschützt sein. Es werden heute meist Rohre verwendet, die eine außen angebrachte flexible Verschleißschutzschicht haben (**Bild 3**).

Die neuste Generation Schutzmantelrohre wird mit einer Schutzschicht aus einem hochabriebfesten Polyethylen gefertigt. Dieser werkstoffhomogene Rohraufbau vereinfacht das Handling und macht die Rohre flexibler (**Bild 4**). Den größten Vorteil bietet aber die Möglichkeit des direkten Heizelementstumpfschweißens der Schutzmantelrohre ohne Mantelrückschnitt unter Einhaltung der im DVS-Regelwerk vorgegebenen Parameter [1].

4. PE-Rohre mit Verstärkungsschichten

Im Vergleich zu Stahl hat Polyethylen nur eine geringe Festigkeit. Daher liegt es nahe, höherfeste Materialien zur Verstärkung in der Rohrwand zu integrieren. Faserverstärkte Polyethylenrohre, sogenannte RTP (Reinforced Thermoplastic Pipes), verfolgen dieses Ziel und besitzen in die Rohrwand integrierte hochfeste Fasern aus z. B. Stahl, Glas oder Aramid, so dass sehr hohe Betriebsdrücke von sogar über 100 bar erreicht werden können [2, 3].

Bild 1: Kanalrohr mit heller Innenschicht

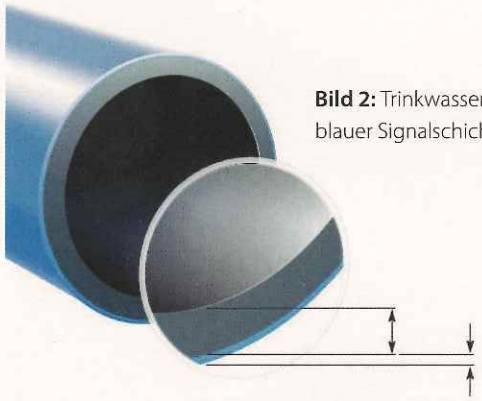

Bild 2: Trinkwasserrohr mit blauer Signalschicht

Bild 3: Schutzmantelrohre mit äußerer Verschleißschutzschicht

Bild 4: PE-Rohr mit Verschleißschutzschicht beim Einzug

Kennzeichnend für diese Art von Hochdruckrohren ist, dass es sich um Werkstoffverbunde unterschiedlicher Materialklassen, sogenannte Composites, handelt, die bereits den Stand der Technik darstellen.

Bild 5: PE-Rohre mit integrierter Tape-Verstärkung

Bild 6: Schweißen einer Kunststoffhochdruckleitung

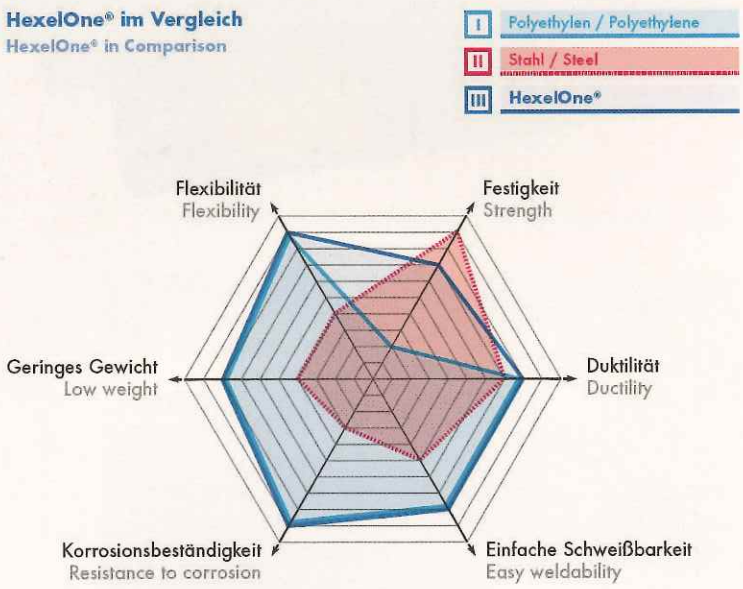

Bild 7: Eigenschaften von Polyethylen im Vergleich zu Stahl

Ein neuer Ansatz sind eigenverstärkte Hochdruckrohre, die zu 100 % aus bekannten Polyethylenrohrwerkstoffen wie beispielsweise PE 100 bestehen, sogenannte Monocomposites (**Bild 5**). Vorteil von Monocompositen ist, dass sowohl die als Verstärkungsschicht eingesetzten Tapes als auch das Kernrohr und die Außenschicht aus ein und demselben Grundmaterial hergestellt werden. Durch diesen Ansatz wird die Festigkeit des Bauteils erhöht, andere positive Eigenschaften wie beispielsweise die gute Schweißbarkeit, die Korrosionsbeständigkeit, das niedrige spezifische Gewicht und die Biegeweichheit bleiben aber nahezu unbeeinträchtigt (**Bild 6 und 7**) [4].

Grundlage für die im Vergleich zu dimensionsgleichen PE-100-Rohren ca. doppelt so hohe Druckfestigkeit ist die Verwendung von hochfesten Bändern, sogenannten Tapes, die als Armierung eingesetzt werden können. Anforderungen an derartige tapeverstärkte PE-Rohre werden zukünftig beim DVGW im Arbeitsblatt GW 335 A5 beschrieben [5].

5. Kunststoffrohre mit metallischen Schichten

Die intelligente Kombination flexibler thermoplastischer Werkstoffe mit der Permeationsdichtigkeit von metallischen Werkstoffen ermöglicht einen permanenten Schutz von z. B. Trinkwasser. Darüber hinaus bietet eine im Kunststoffrohr eingebettete Metallschicht durch ihre elektrischen Eigenschaften auch die Möglichkeit, den Verlauf der Verbundrohre im Erdreich zu lokalisieren oder sogar den Betrieb zu überwachen. Insbesondere bei sensiblen Medien erhöht dies die Sicherheit.

5.1 Einzugskontrolle durch Integritätsnachweis

Eine eingebettete Metallschicht ermöglicht sowohl die Ortung einer verlegten Rohrleitung als auch die Bestimmung der Tiefenlage mit handelsüblichen Messgeräten. Der Einzug eines neuen Rohres durch einen unbekannten Bohrkanal birgt in jedem Fall das Risiko die neue Leitung zu beschädigen. Um die Unversehrtheit des innen liegenden Druckrohres (Riefentiefe = 0 % der Wandstärke) während und nach dem Einziehvorgang zu überwachen, genügt eine einfache Durchgangsprüfung (**Bild 8**) mittels elektrisch leitender Metallbänder, die spiralförmig zwischen dem Schutzmantel und das Medienrohr eingebracht sind.

Sollten beim Rohreinzug Kerben bis auf den Grund des Schutzmantels entstehen, so wird der spiralförmig unter diesem gewickelte elektrische Leiter durchtrennt. Im Anschluss an den Rohreinzug kann mit einem einfachen Durchgangsprüfer der elektrische Durchgang geprüft und somit die Unversehrtheit des neuen Druckrohres nachgewiesen werden (**Bild 9**).

5.2 Diffusionsdichtigkeit und elektrische Abschirmung

Permeation

Grundsätzlich weisen alle Kunststoffrohre (PE, PA, PVC etc.), eine gegenüber metallischen Werkstoffen höhere Gasdurchlässigkeit auf, die jedoch in der Praxis vernachlässig-

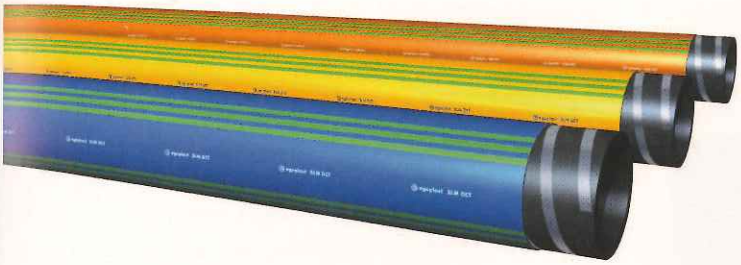

Bild 8: Rohrsystem mit integrierten Leiterbändern

Bild 9: Durchgangsprüfer

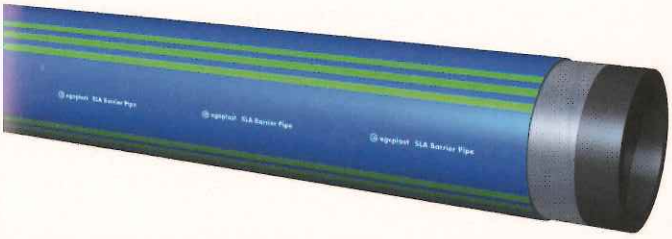

Bild 10: Rohrsystem mit Diffusionssperre

Bild 11: Verlegung eines Rohres mit Permeationssperre im Fräsverfahren

bar ist. Durch den Einbau einer metallischen Schicht in die Rohrwand lassen sich verschiedene Effekte erreichen. Aluminium oder verzinkter Stahl werden häufig angewendet.

Die im Vergleich zu Kunststoff hohe Zugfestigkeit einer Metallschicht kann sowohl zur Verringerung der Wanddicke, als auch zur Biegbarkeit von Kunststoffrohren Verwendung finden. Kunststoffrohre stellen sich durch den sogenannten Memoryeffekt immer wieder in ihre Ausgangslage zurück, was durch eine Metallschicht verhindert werden kann. Solche Kunststoff-Metallverbundrohre finden in der Hausinstallation häufig Anwendung.

Daneben kann die im Vergleich zu Kunststoffen deutlich geringere Diffusionsrate von Aluminium dazu genutzt werden, um flexible diffusionsdichte Leitungen zu erhalten. Häufig ist die Diffusion von außen in das Medium von besonderer Bedeutung. Die nachfolgende Abbildung (s. **Bild 10 und 11**) zeigt ein Rohrsystem für die Trinkwasserversorgung in kontaminierten Böden.

Dabei ist eine innere drucktragende Schicht aus Polyethylen von einer mehrlagig verbundenen Aluminiumschicht als Diffusionsschutz umgeben. Die Aluminiumschicht selber ist wiederum durch eine verschleißfeste Schutzschicht umhüllt, um mit einem solchen Rohrsystem grabenlose Verlegetechniken mit ihren besonderen Beanspruchungen für das Rohr zu ermöglichen.

Eingesetzt werden derartige Rohrsysteme z.B. in stark kontaminierten Bereichen wie Chemiegeländen, unter Intensivlandwirtschaft oder auf ehemaligen Militärgeländen.

Ein gleichartiger Rohraufbau kann auch dazu verwendet werden, um elektrische Datenleitungen abzuschirmen.

5.3 Mehrschichtrohre zur kontinuierlichen Leckageüberwachung

Dreischichtmantelrohre mit einer zwischen dem Druckrohr aus Polyethylen und einem Schutzmantel integrierten elektrisch leitenden Schicht aus Alumini-

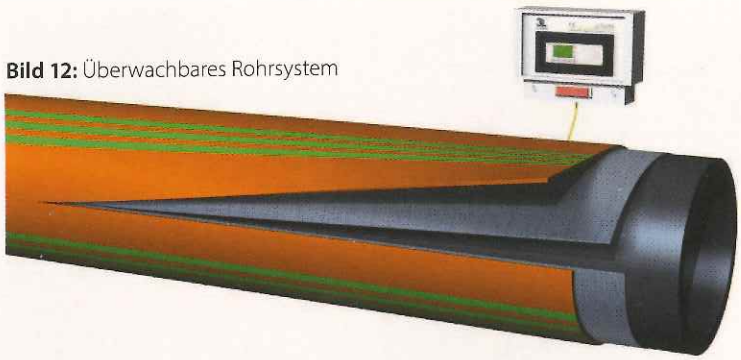

Bild 12: Überwachbares Rohrsystem

Bild 13: Messung des Widerstands

Bild 14: Barcode ermöglicht lückenlose Rückverfolgung

Bild 15: PE-Rohr mit RFID-Chip

um können auch kontinuierlich auf Leckagen überwacht werden (**Bild 12**). Die Aluminiumschicht wird mit einer Spannung beaufschlagt und der Widerstand (**Bild 13**) zu einem ins Erdreich gesteckten Messkontakt gemessen. Ist das Kunststoffrohr beschädigt, so wird die Änderung des elektrischen Widerstands genutzt, um die Leckage anzuzeigen und auch anschließend bis auf einen halben Meter genau einzumessen. Derartig sichere Leitungssysteme werden z. B. zum Transport umweltgefährdender Stoffe, aber auch für die Ableitung von Abwasser in Trinkwassergewinnungsgebieten eingesetzt. Zur reinen Zustandsüberwachung wird daher häufig auch die Möglichkeit gefordert, eine Rohrleitung kontinuierlich auf Leckagen zu überwachen sowie im Schadensfall die Schadstelle oder die Leckage zu lokalisieren.

Die im zu überwachenden Rohrstrang integrierte Aluminiumschicht wird über ein Anschlussstück mit einer Überwachungseinheit verbunden. Es besteht nun die Möglichkeit, temporär in Intervallen oder permanent eine Messspannung auf die Aluminiumschicht aufzubringen. Im Falle einer Rohrbeschädigung tritt die Aluminiumschicht in elektrischen Kontakt mit dem umgebenden Erdreich. Dadurch wird ein Impuls im Überwachungsgerät ausgelöst. Die Schadensmeldung kann nun durch akustische oder optische Signale erfolgen oder auch direkt aufs Smartphone gesendet werden.

6. Rohrleitungen mit integrierter Sensorik

Stand der Technik sind in eine Rohrwand integrierte Sensoren zum Feststellen von Feuchtigkeit, um die isolierende Wirkung von dämmenden Schichten zu überwachen. Bei auftretender Feuchtigkeit nimmt die Leitfähigkeit zwischen den elektrisch leitenden Schichten zu und die entsprechende Messstelle kann geortet werden. Das Verfahren kommt bei Fernheizungsrohren oder Pipelines zum Einsatz. Die Messstelle befindet sich nicht in der Rohrwandung des überwachten Rohrs, sondern in der umgebenden Isolierung.

Die Verwendung von Informationsträgern, z. B. Barcodes (**Bild 14**) oder auch sogenannten RFID-Chips (**Bild 15**) zur Kennzeichnung von Produkten ist aus dem Alltag bekannt. Im digitalen Zeitalter erobern diese Technologien auch zunehmend die Produkte des Rohrleitungsbaus.

Die eindeutige Kennzeichnung von Bauteilen wie auch Rohren mit Barcode ist Basis für eine saubere Netzdokumentation. Die Verwendung von RFID-Chips ermöglicht sogar die Speicherung von individuellen Netzinformationen am Bauteil nach erfolgter Verlegung.

7. Zusammenfassung

Der Entwicklungstand der Maschinentechnik ermöglicht heute die gezielte Kombination verschiedener Werkstoffe in Rohrkonstruktionen. Hierdurch können die vorteilhaften Eigenschaften verschiedener Materialien gezielt ausgenutzt und die Bauteile auf eine Anwendung maßgeschneidert werden. Der Blick über den Tellerrand auf anderen Anwendungen hat zur Übertragung guter Ideen in den Rohrleitungsbau geführt.

Composite-Konstruktionen erobern Hochdruckanwendungen und sensible Leitungen lassen sich zum Schutz der Umwelt oder auch des Mediums kontinuierlich überwachen. Moderne Dokumentations- und Informationstechnik wird im Zeitalter der Digitalisierung auch im Leitungsbau eingesetzt. In der Zukunft wird es sicher noch weitere Anwendungen „intelligenter" Rohrleitungen geben.

Literatur

[1] *Späth, T.* und *Konert, J.*: Schutzmantelrohrsysteme für geschlossene Bauweisen, energiewasser-praxis Ausgabe 10/2014

[2] *Veenker, M.*: Kunststoffleitungen im Hochdruckbereich,

[3] 3R international (40) Heft 4/2001

[4] *Wessing, W.* und *Börgel, R.*: Neue Kunststoffrohrsysteme für den Hochdruckbereich

[5] bbr 9/2005

[6] *Späth, T.* und *Stranz, M.*: Ein Hochdruckrohr nur aus Polyethylen- eine neue Generation Kunststoffrohre, 3R international (47) Heft 12/2008

[7] Technische Prüfgrundlage DVGW GW 335-A5: Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen; Teil A5: PE-Mehrschichtrohre mit Verstärkung (PE gestreckt) sowie zugehörige Verbinder und Verbindungen

Autor

Dr.-Ing. **Thorsten Späth**
egeplast international GmbH |
Greven |
Tel.: +49 2575 9710 266 |
E-Mail: thorsten.spaeth@egeplast.de

Anzeige

DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik GmbH

INNOVATIONSFORUM
FerroKat 23.–24. Februar 2016 | Marriott Hotel Leipzig

Am 1. September 2015 startete die DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH das Vorhaben „Eisenoxide als effiziente und kostengünstige Katalysatoren zur Aufbereitung und stofflichen Nutzung biogener Gase (FerroKat)". Die Ergebnisse werden auf dem Innovationsforum FerroKat in Leipzig vorgestellt.

Ziel des Innovationsforums soll die Entstehung eines starken, regional orientierten Netzwerkes sein, das gezielt neue Märkte für eisenhaltige Materialien durch Etablierung von Wertschöpfungsketten und Initiierung marktorientierter Forschungsvorhaben erschließt.

Leistungsträger aus der Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik werden gemeinsam mit den Teilnehmern in drei parallelen Arbeitskreisen über Einsatz- sowie Entwicklungsmöglichkeiten von eisenhaltigen Materialien in der Energiewirtschaft diskutieren.

Arbeitskreise
- Aufbereitung fermentativ erzeugter Gase
- Aufbereitung thermochemisch erzeugter Gase
- Chemische Synthesen und Abgasreinigung

Gäste u. a.
Prof. Dr. S. Kureti (TU Bergakademie Freiberg)
G. Hermanns (LANXESS Deutschland GmbH)
Prof. Dr. K. Wagemann (DECHEMA)

Das vollständige Programm sowie das Anmeldeformular finden Sie unter www.dbi-gut.de

Teilnehmerkreis
Anlagenbauer und -betreiber, Materialhersteller, Katalysatorhersteller, Mitarbeiter von Stadtwerken, Energieversorger, innovative Handwerker und Zulieferer und Interessierte

Die Teilnahme ist Kostenlos. Max. 120 Teilnehmer.
(Der Veranstalter behält sich vor, bei Überschreitung der maximalen Teilnehmerzahl, Anmeldungen zurückzuweisen. Eine verbindliche Registrierung erfolgt nur durch eine gesonderte Anmeldebestätigung des Veranstalters).

Anmeldeschluss: 12.02.2016

Veranstalter
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111, D-02449 Leipzig
joerg.nitzsche@dbi-gut.de / anneliese.klemm@dbi-gut.de
Tel.: (+49) 3731 4195-341 / -338

Medienpartner:
gas for energy,
gwf-Gas|Erdgas

INNOVATIONSFOREN UNTERNEHMEN REGION
Die BMBF-Innovationsinitiative Neue Länder

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung