

Mehrschichtverbundrohre

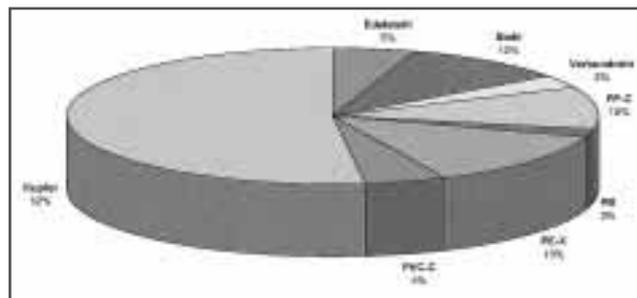
Eine unterschätzte Alternative

Winfried Langlouis*

Mehrschichtverbundrohre haben sich im Trinkwasser- und Heizungsrohrbereich etabliert und weisen stetiges Wachstum auf. Welche Eigenschaften und Vorteile diese Rohre aufweisen, welche Bauarten es gibt und welche Forderungen an die herstellungstechnisch anspruchsvollen Rohre gestellt werden, ist im folgenden Bericht dargestellt.

Die Idee eines Mehrschichtverbundrohres gibt es schon längere Zeit. So lag bereits 1974 ein entsprechendes Patent in Frankreich vor. Die erste bedeutende Produktion erfolgte ab ca. 1984 mit der „Schweizer Version“. Eine qualitativ hochwertige Produktion dieser Rohre erfordert aber sehr viel Know-how und ist ohne größere Investitionen in moderne Maschinen mit einer entsprechend ausgereiften Überwachung und Qualitätskontrolle nicht realisierbar. Die ständig weiterentwickelte Maschinenteknik machte es möglich, daß diese Rohre inzwischen den Durchbruch am

Markt geschafft haben. Der Begriff „Verbundrohre“ gilt für eine Anzahl unterschiedlicher Rohrkonstruktionen. „Verbund“ bedeutet dabei die Kombination aus mehreren Komponenten mit dem Ziel einer Eigenschaftsoptimierung, die die Einzelkomponenten für sich alleine nicht erfüllen können. Diese Kombination kann sowohl – wie bei den hier vorgestellten Kunststoff-Metallverbundrohren – aus einem schichtweisen Aufbau der Komponenten bestehen als auch auf der Grundlage einer zusätzlichen geometrischen Komponente – wie bei Wellrohren – die eine glatte Rohrinnenoberfläche und eine profilierte Außenrohroberfläche aufweisen. Kunststoff-Metallverbundrohre werden, neben der vereinfachten Bezeichnung Verbundrohr, auch MP-Rohr, composite-pipe oder multi-layer-pipe genannt.



Marktanteile von Trinkwassersystemen in Deutschland im Jahre 1995

Eigenschaftsprofil

Die Idee der Kombination von Kunststoff und Metall resultiert aus dem Wunsch, die positiven Eigenschaften beider Werkstoffe zu addieren und die negativen Eigenschaften möglichst zu eliminieren. Durch die gezielte Kombination von Kunststoffinnenrohr (Inliner-oder Mediumrohr genannt), Aluminiumrohr und Kunststoffaußenrohr (Mantelrohr) besitzt das Verbundrohr einige bemerkenswerte Eigenschaften. Kunst-

stoffrohre weisen neben einer sehr guten chemischen Beständigkeit auch hohe Korrosions- und Inkrustationsbeständigkeit auf. Die bei Metallrohren übliche Erscheinung von Lochfraß, Muldenerosion und Erosionskorrosion tritt nicht auf. Die einzige Metallalternative Edelstahl ist kostenintensiv und auch hinsichtlich der Verletechnik und wegen des hohen Gewichtes aufwendiger zu handhaben. Die Erfüllung der hygienischen Anforderungen im Sinne des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG) im Trinkwasserbereich, die durch Hygienezeugnisse nachgewiesen werden, ist für die hier üblicherweise verwendeten Kunststoffe kein Problem. Weiterhin weisen Kunststoffe einen geringeren Fließwiderstand auf und reduzieren damit die Druckverluste in den Rohrsystemen. Auch die Schallübertragung ist wesentlich geringer als bei Metallrohren. Zusätzlich wird die Tauwasserbildung verringert. Der Vorteil der Metallkomponente beim Verbundrohr besteht im wesentlichen in der gegenüber Kunststoffen geringeren Wärmeausdehnung, dem geringen Kriechverhalten, der Minimierungsmöglichkeit der Wandstärken und damit der Erhöhung des Durchflusses und der Diffusionsdichtheit. Durch den Verbund wird zum einen die Wärmeausdehnung praktisch auf das Metallebene gesenkt. Zum anderen bleibt ein (fachmännisch) gebogenes Rohr in seiner Form, wobei die Biegewinkel frei gewählt werden können. Beides reduziert den verletechnischen Aufwand. Da die Metallkomponente eine höhere Festigkeit aufweist, kann die Wanddicke z. T. erheblich reduziert

* Dipl.-Ing. Winfried Langlouis, 97082 Würzburg, Fax (09 31) 4 10 42 07, referierte zu diesem Thema auf der SKZ-Fachtagung „Kunststoffrohr“, die im März in Würzburg stattfand.

Vorteile der Kunststoffkomponente	Vorteile der Metallkomponente
<ul style="list-style-type: none"> • chemische Beständigkeit • Korrosionsbeständigkeit • Inkrustationsbeständigkeit • geringes Gewicht • geringer Fließwiderstand • geringere Schallübertragung • geringe Tauwasserbildung • rationale Verlegetechnik • hygienische Unbedenklichkeit • hervorragende Beurteilung in Ökobilanzen 	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Wärmeausdehnung • geringes Kriechverhalten • höhere Formstabilität • höhere Festigkeit (Wanddickenminimierung) • Diffusionsdichtheit • geringerer Befestigungstechnischer Aufwand

Im Kunststoff-Metall-Verbundrohr nutzt man die Vorteile der einzelnen Komponenten

werden, was nicht nur zu einer Materialeinsparung, sondern auch zu einer Erhöhung des Durchflusses bei gleichem Rohraußendurchmesser führt. Die Diffusionsdichtheit des Metalls ist vor allem bei Heizungsrohren gefragt, wo durch Sauerstoffeintrag bei Verwendung nicht diffusionsdichter Kunststoffrohre in das Heizungssystem Korrosionsschäden durch Oberflächenabtrag u. a. in Stahlkesseln auftreten.

Verlegetechnik

Die Anwendung schneller und rationeller Verbindungstechniken (Preßverbinder) ist Stand der Technik. Des Weiteren werden auch konventionelle Verbindungstechniken (Klemmverbinder) angeboten. Das Arbeiten mit offener Flamme ist nicht erforderlich, was vor allem die Haftpflichtversicherungen der Handwerker zu schätzen wissen. Durch die erhöhte Formstabilität gegenüber reinen Kunststoffrohren kann man – bei Verlegung über Putz – ohne unterstützende Halbschalen auskommen und die Befestigungspunkte reduzieren.

Aufbau

Es gibt derzeit mehrere unterschiedliche Konstruktionen, die sich an der jeweils vorgegebenen Zielrichtung bzw. „Firmenphilosophie“ orientieren. Die Ursache für diese Variationsbreite liegt darin, daß es zwar keine normativen Festlegungen für Verbundrohre hinsichtlich des Aufbaues und des Materialeinsatzes, wohl aber für das Qualitäts- und Eigenschaftsprofil im Trinkwasser- und Heizungsrohrbereich gibt. Unterschiedlichen Verfahren, mit denen die Aluminiumverbindung realisiert wird (unterschiedliche Schweiß- und Klebetechniken, Wickelverfahren), beeinflussen die erforderliche Aluminiumschichtdicke und berühren damit vor allem die Variationsmöglichkeiten hinsichtlich der möglichen Stabilität, Flexibilität und Rohrwanddicke.

Die Qualität der Schweiß- und Klebeverbindung, die bei mangelhafter Ausführung eine Schwachstelle des Rohres darstellen, bestimmt entscheidend die Zeitstandfestigkeit der Rohre. Ein erheblicher Konstruktions- und Eigenschaftsunterschied resultiert auch durch das Loch der Aluminiumschicht. Dadurch erübrigt sich aufgrund der direkten Verbindungsmöglichkeit des gleichen Kunststoffes der Außen- und der Innenoberfläche bei der Herstellung des Rohres die Aufbringung der sonst erforder-

wurden und werden die Anforderungen sehr hoch angesetzt. Zwar existiert seit einigen Jahren ein Normenausschuß (FNK 504.8), aber er ist nicht aktiv. Deshalb hat das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ) seit 1985 für Verbundrohre im Heizungsrohrbereich und seit 1988 im Trinkwasserbereich Prüf- und Überwachungsbestimmungen erarbeitet und festgelegt, auf deren Basis entsprechende Gütezeichen (SKZ-Zeichen) vergeben werden. Seit einiger Zeit entwickelt der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) in Bonn auf dieser Basis ein entsprechendes Arbeitsblatt (EW 542), das sich aber noch – aufgrund der Miteinbeziehung der neuen Konstruktionsvarianten – im Entwurfsstadium befindet. Es wurden aber bereits einige DVGW-Prüfzeichen mit Zertifizierungsnummer für Verbundrohre über den DVGW-Fachauschuß vergeben.

Trinkwasserrohre

Um ein DVGW- oder SKZ-Zertifizierungszeichen zu bekommen, ist für Verbundrohre ein langer und teurer Weg zurückzulegen. Der Grund dafür liegt darin, daß es der

Innenrohr aus	Metallrohr aus	Außenrohr aus
<ul style="list-style-type: none"> • Polyethylen vernetzt (PE-X)* • Polyethylen vernetzt (PE-X)* • Polyethylen mittlerer Dichte (PE-MD) • Polypropylen Typ 3 (PP-R) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aluminium • Aluminium • Aluminium • Aluminium (gelocht) 	<ul style="list-style-type: none"> • Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) • Polyethylen vernetzt (PE-X)* • Polyethylen mittlerer Dichte (PE-MD) • Polypropylen Typ 3 (PP-R)
<p>* Als Vernetzungsverfahren sind silanvernetztes PE (PE-Xb) und elektronenstrahlenvernetztes PE (PE-Xc) am verbreitetsten</p>		

Für die Sanitärinstallation werden verschiedene Verbundrohrkonstruktionen angeboten

lichen Haftvermittlerschichten zwischen der Aluminium- und der Kunststoffschicht. Diese Konstruktion ist damit produktionstechnisch unkomplizierter. Durch die Lochung ist das Rohr allerdings nicht mehr diffusionsdicht, was aber im Trinkwasserbereich nicht relevant ist. Die reduzierte Stabilität wird durch eine entsprechende Erhöhung der Kunststoffwanddicken ausgeglichen.

Anforderungen

Die Definition und Festlegung von Anforderungen an die Verbundrohre ist in der Vergangenheit aufgrund der Neuartigkeit dieser Konstruktion mit hohen Unsicherheiten belastet gewesen. Dementsprechend

zeit kein anerkanntes Berechnungsverfahren für die Auslegung dieser Rohre gibt. Deshalb kann man die einzelnen Schichtdicken der Komponenten für andere Durchmesser und/oder Werkstoffkombinationen nicht einfach über die bekannte Kesselformel hochrechnen. Die Folge ist, daß für jeden Durchmesser die einzelnen Schichtdicken empirisch ermittelt werden müssen und die Langzeitfestigkeit des Verbundes jeweils nachgewiesen werden muß. Zum anderen muß zusätzlich die Haltbarkeit des Verbundes überprüft werden. Der Nachweis der Langzeitfestigkeit erfolgt in der Regel im Zeitstand-Innendruckversuch, wobei entsprechende Rohre bei verschiedenen Temperaturen und Drücken geprüft werden. Dabei müssen z. B. Rohre für den Trinkwasserbereich – entsprechend DIN 16887 – Standzeiten über 10 000 Stunden (ca. 1,2 Jahre) bei Temperaturen von 20, 60, 95 und 110 °C erreichen, damit eine entsprechende Langzeitaussage nach den Betriebsbedin-

gungen des DVGW gemacht werden kann. Ist dieser Nachweis für jeden der vorgesehenen Verbundrohrdurchmesser erfolgt, wird jedes Rohr dem umfangreichen und anspruchsvollen Prüfprogramm nach dem DVGW-Arbeitsblatt EW 542 unterworfen. Will ein Hersteller nicht nur Rohre, sondern ein komplettes System (Rohr und Verbind-er) mit einem DVGW-Zeichen (System-zeichen) anbieten,



Bei Verbundrohren mit gelochter Aluminiereinlage werden keine Haftvermittler zwischen den Werkstoffschichten benötigt [8]

so muß die Verbindungstechnologie ebenfalls überprüft werden. Dies erfolgt auf der Grundlage des DVGW-Arbeitsblattes W 534. Dabei muß sichergestellt sein, daß die Verbindungen nicht nur die Betriebsbedingungen des DVGW und die hygienischen Anforderungen erfüllen, sondern es muß auch gewährleistet sein, daß an das korrosionsgefährdete Aluminium des Verbundrohres kein Wasser – weder von innen noch von außen – kommt und, daß jegliche elektrolytische Kontaktkorrosion zwischen dem Metallverbinder und dem Aluminium unterbunden wird.

Heizungsrohre

Für Heizungsrohre gibt es derzeit das SKZ-Zeichen auf der Basis der SKZ-Prüf- und Überwachungsbestimmungen HR 3.12, bzw. das Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre (GKR). Auch hier ist der bereits genannte Langzeitnachweis erforderlich, allerdings auf einem niedrigeren Niveau. Die Prüfungen sind wesentlich weniger umfangreich und aufwendig, da die Anforderungen im Heizungsrohrbereich nicht so hoch sind wie bei den Trinkwasserrohren.

Gütezeichen

Die Vorgaben des DVGW für den Trinkwasserbereich beinhalten nicht nur die einmalige Prüfung der Verbundrohre (Erstprüfung), die sicherstellt, daß das System die entsprechenden Anforderungen über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren erfüllt. Es wird in diesem Zusammenhang auch festgeschrieben, welche Informationen dem Planer und Verleger zur Verfügung stehen müssen, damit eine sachgerechte Verlegung der Rohre erfolgen kann. Des weiteren wird im Vorfeld überprüft, ob der Hersteller die personellen und gerätetechnischen Voraussetzungen für eine entsprechende Produktion und Qualitätskontrolle nach den festgeschriebenen Vorgaben der genannten Regelwerke erfüllt. Zur Sicherstellung einer konstanten Produktqualität ist der Hersteller vertraglich zu entsprechenden Prüfungen und Qualitätssicherungsmaßnahmen (Eigenüberwachung) verpflichtet. Im Rahmen der Fremdüberwachung wird schließlich durch eine neutrale, anerkannte Prüf- und Überwachungsstelle sichergestellt, daß eine

entsprechend funktionstüchtige Qualitätssicherung stattfindet. Bei den dazu unangemeldet durchgeführten Überwachungsbesuchen werden Proben gezogen und in der Prüfstation den festgelegten Tests unterworfen.

Kunststoff-Metallverbundrohre haben ihren prüfungs- und zulassungstechnischen Preis, da es noch keine Berechnungsmodelle hinsichtlich der Verbundgestaltung der Rohre gibt. Die derzeit



Die Verbindung der Verbundrohre untereinander sowie der Übergang auf andere Leitungskomponenten erfolgt durch Verpressen (o.) oder durch Klemmen [9]

am Markt befindlichen Systeme erfüllen – soweit sie ein DVGW-, GKR- oder SKZ-Prüfzeichen besitzen – die entsprechenden Anforderungen, wie sie auch für andere zertifizierte Kunststoff- und Metallrohre gelten. Ein zusätzlicher Vorteil der Verbun-

vorgesehene Betriebszeit	50 Jahre
angenommene Dauerbelastung	10 bar
angenommene Dauerbetriebstemperatur	70 °C
Sicherheitsfaktor	> 1,5

drohre liegt in dem vorhandenen Schichtaufbau, der es ermöglicht ein „Rohr nach Maß“ zu konstruieren, das völlig verschiedenen Anforderungen sowohl vom Medium als auch von den äußeren Bedingungen her genügen kann. Dies ermöglicht es auch, andere Anwendungsgebiete als hier dargestellt (z. B. im Chemie- und Apparatebau) zu erschließen. □

Literatur und Bildnachweis

- [1] J. Bowman, „The long-term behaviour of an aluminium-reinforced polyethylene pressure pipe“, Journal of Materials Science 27 (1992)
- [2] B. Genath, „Stabil wie Metall, resistent wie Kunststoff“, Sanitär- und Heizungstechnik, 11/92
- [3] N. Fischer, „Mehrschichtige Kunststoffrohre für Kraftstoffleitungen“, Kunststoffe 83 (1993) 3
- [4] Kunststoff-Wochendienst (KWD), Darmstadt, 23. Jahrg., Ausgabe 863, 14. 6. 1996
- [5] Dr. F.-K. Läge, „Frisch gepreßt: Preßfitinge im Wettbewerb“, werkstatt+montagepraxis, 10/95
- [6] Dipl.-Ing. W. Langlouis, „Heizungsleitungen aus Kunststoff“, IKZ-Haustechnik, Heft 10/96
- [7] Nils Wehmeier, „Werkstoff PE-X und stumpfgeschweißte Mehrschichtverbundrohre auf PE-X-Basis“, Vortragsunterlagen SKZ-Seminar „Kunststoffe im Sanitärbereich“, 13. 3. 1996
- [8] Aquatherm, 57439 Attendorf
- [9] Geberit, 88630 Pfullendorf