

## Richtig eingesetzt eine clevere Alternative

Dr. Stephan Schübler, Georg Fischer DEKA GmbH, Dautphetal

Kunststoffrohrleitungssysteme werden seit Jahrzehnten erfolgreich im chemischen Anlagenbau eingesetzt und können nach aktuellem Wissensstand nahezu jede chemische Belastung im moderaten Druckbereich (< 10 bar) bei Temperaturen < 100°C bei richtiger Systemwahl dauerhaft meistern. Dennoch spiegelt sich dieses Potenzial der Produkte noch nicht in ihrem Marktanteil in diesem Segment wieder. Der vorliegende Beitrag stellt die wichtigsten Vorteile von Kunststoffrohrleitungen im Anlagenbau strukturiert dar, zeigt Grenzen und aktuelle Trends auf. Abgerundet durch Informationen zur Normung, Qualitätssicherung und chemischen Beständigkeit entsteht so ein kompakter Überblick zum Thema.

### Statusbeschreibung

Überall dort, wo Medien transportiert, verteilt, dosiert oder gelagert werden, kommen Rohrleitungen zum Einsatz. In den allermeisten Bereichen haben Kunststoff-basierende Systeme seit ihrer flächigen Einführung vor 50 Jahren einen bedeutenden Anteil gewonnen und sind fest etabliert. Im industriellen Anwendungsfeld hingegen ist eine sehr differenzierte Betrachtung dieser Frage nötig, da es sich bei den Kontaktmedien i.d.R. um Chemikalien handelt, die oberirdisch transportiert werden. Zusammen mit ihren jeweiligen Anforderungen an Druck und Temperatur und dem Umfang an benötigten Systemkomponenten wird praktisch jede Anwendung zum Individualfall, an den im Anlagenbau höchste Ansprüche gestellt werden<sup>(1)</sup>:

- ▶ Sicherheitsreserven / Notlaufeigenschaften als System
- ▶ Chemische Beständigkeit bzw. kontrollierte Korrosion
- ▶ Einheitliches Korrosionsverhalten der Systemkomponenten
- ▶ Einfache Wartung, Erweiterung, Umbau
- ▶ Attraktives Preis-Leistungsverhältnis
- ▶ Hohe Verfügbarkeit
- ▶ Verfügbarkeit von Referenzen aus dem Langzeiteinsatz.

Die Anwendung von Rohrleitungen im chemischen Anlagenbau ist im Vergleich zu anderen Sparten von einem sehr ausgeprägten Sicherheitsanspruch und einem starken Vertrauen auf im individuellen Anwendungsbereich gemachten Langzeitpraxiserfahrungen gekennzeichnet.



Bild 1: Graphische Darstellung von Vorteilen Polymerbasierender Rohrleitungssysteme im Segment CPI

Kunststoffrohre weisen in diesem Segment im Mittel noch einen auffallend niedrigen Marktanteil von ca. 10% auf.<sup>(2)</sup> Aus Sicht der Materialwissenschaft, die das Potenzial der Werkstoffe quantifizieren kann, stellt sich die Frage, ob die Kunststoffrohrsysteme in diesem Segment nicht unterrepräsentiert sind.

Der vorliegende Beitrag möchte durch die zusammenhängende Beschreibung der Vorteile, der Grenzen von Kunststoffrohrleitungssystemen, repräsentativer Fallbeispiele und der Diskussion von Markttrends zur Diskussion dieser Thematik ermuntern. Dabei geht es nicht um eine Abwertung etablierter Werkstoffalternativen, sondern um eine aktuelle Skizze der Landschaft im polymeren Rohrleitungsbau.

### Vorteile und Charakteristiken

#### „Warum also Kunststoff verwenden?“

##### Chemisch beständig:

Wichtigste Grundvoraussetzung für den Einsatz in der chemischen Prozess-Industrie (CPI) ist eine dauerhaft ausreichende Korrosionsbeständigkeit der verwendeten Rohrleitungskomponenten. Dass die chemische Resistenz eines Kunststoffbauteils zum großen Teil von dessen Polymer-Identität abhängt, erscheint trivial; dass unterschiedliche Polymerarten aber durchaus sehr große Unterschiede in ihrem grundsätzlichen Beständigkeitsprofil zeigen, und dieses durch Rezepturveränderung oft in wesentlichen Aspekten beeinflusst bzw. an die Anwendung anpassbar ist, ist außerhalb der direkt mit den Polymer-Eigenschaften vertrauten Personen oft nicht bekannt.<sup>(2)</sup> Ebenfalls unbekannt oder unterschätzt ist der Einfluss der Verarbeitung der Polymer-Rezepturen auf die Endprodukteigenschaften; für manche Polymerwerkstoffe ist das Einflusspotenzial beider Aspekte etwa gleich stark.

Bild 2 zeigt Mikrotomschnitte von PVC-U Leitungskomponenten aus einer typischen Anwendung nach mehreren Jahren Dauereinsatz: Aus diesem einfachen Beispiel wird die realisierbare Spannweite von Rezeptureffekten deutlich.

##### Kostengünstig und als System global verfügbar:

Gegenüber alternativen metallischen Systemen zeichnen sich Kunststoffrohrleitungssysteme durch ein deutlich geringeres Gewicht, eine Isolatorwirkung gegenüber Wärme- und elektrischer Energie, einer vielfach schnelleren Verbindungstechnik und einfacherem Handling bei der Installation aus. Be-

Hier ist KG 2000 gefragt:

- Unter Schwerlastverkehr (SLW 60).
- In Industriebetrieben mit chemisch belasteten Abwässern.
- Bei Verlegearbeiten unter dem Gefrierpunkt.
- In Schlachthöfen und Großküchen mit heißen, fettigen Abwässern.
- In einer sauberen, schützenswerten Umwelt, die absolut dichte Kanalsysteme braucht und keine Exfiltration von Abwässern ins Grundwasser duldet.

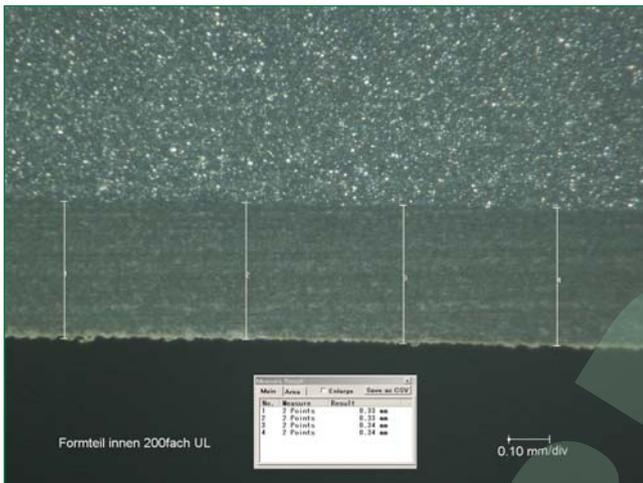
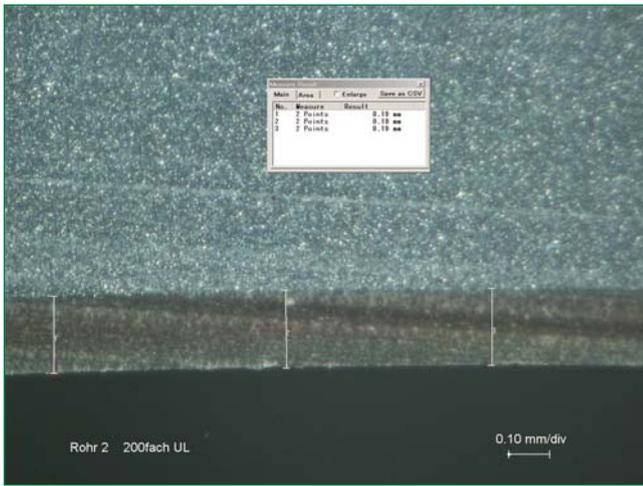


Bild 2: Schnittbilder von PVC-U Rohrleitungen nach 6-jährigem Einsatz zum Transport von 37%iger Salzsäure (Vergrößerung 1:200, Durchlicht) (oben: hochwertiges Industrierohr; unten: Standardfitting); es bestehen Unterschiede von 100% in der Korrosionstiefe

merkenswerte weitere Synergien bzgl. der Kosten können sich für Betreiber aber auch dadurch ergeben, dass einige in diesem Segment kompetente Hersteller komplette, in sich abgestimmte Systeme über weite Dimensions- und Druckstufen inklusive der geeigneten Mess- und Regeltechnik und Armaturen aus einer Hand anbieten können. Noch interessanter wird dieser Aspekt, wenn bei Projektgeschäften für völlig unterschiedliche Anwendungen benötigte Rohrleitungssysteme zusammen von ein und demselben Hersteller bezogen werden können. Im Idealfall kann dieser Hersteller sogar noch Engineering- und Beratungsaufgaben mit lösen und Anwender auch während des Betriebes beratend zur Seite stehen. Bild 3 zeigt exemplarisch am Beispiel des PP Rohrleitungssystems die Breite des Systemangebotes für diesen Werkstoff im Segment CPI.

Die grundsätzliche Anpassbarkeit von Standardsystemen an individuelle Ansprüche rundet durch vielfach verfügbare „Customizing“-Möglichkeiten der Hersteller die Attraktivität der Option „Kunststoff“ ab.

Die Rohrleitungskomponenten eines ggb. Systems sind bei namhaften Herstellern global verfügbar und grundsätzlich mit denen der Wettbewerbsprodukte kompatibel. Die Ferti-

## magnoplus Vollwandrohr



- **Calcium-Zink stabilisiert** – ein Gewinn für Qualität und Umwelt
- **Hochlast Kanalrohr** – hohe Ringsteifigkeit, sicher unter Schwerlastverkehr (SLW 60), SN 8
- **Dauerhaft dicht** – durch neues SK Sicherheits-Dichtsystem
- **Wirtschaftlich** – kompatibel mit glattwandigen Formteilen, über den Handel überall verfügbar

# magnoplast

**Magnaplast GmbH**

Wilhelm-Bunsen-Straße 6 · D-49685 Emstek  
Tel. 04473 9490-0 · Fax 04473 949090

Internet: [www.magnaplast.com](http://www.magnaplast.com) · E-Mail: [info@magnaplast.com](mailto:info@magnaplast.com)



Bild 3: Systemkomponenten für das GF-PP-Rohrleitungssystem

gung erfolgt nach den jeweiligen relevanten Grund- und Anwendernormen; innerhalb eines Systems besteht im Idealfall eine Harmonisierung der Abmessungstoleranzen. Dort, wo es sinnvoll ist, gilt für alle Produkte eines Systems der selbe Zulassungsstatus.

Die Georg Fischer „Planungsgrundlagen für industrielle Rohrleitungssysteme“ (3) sind schon seit vielen Jahren international ein viel verwendetes Nachschlagewerk zu allen technischen Fragen in diesem Metier und werden gerne weiterempfohlen.

**Variable Verbindung:**

Die Verbindungsmöglichkeiten für Kunststoffrohrleitungssysteme sind sehr vielfältig und in den meisten Fällen stark von dem gewählten Polymer abhängig. Aus dem Ver- und Entsorger-Rohrleitungsbau bekannte Klemm- und Steckverfah-

ren sowie das Elektromuffenschweißen kommen im CPI-Bereich nicht zur Anwendung. Hier dominieren Schweiß- und Klebverfahren, sowie die Verbindung über Flansche, wenn es um lösbare Verbindungen und den Einbau vorgefertigter Module geht.

Bei den Schweißverfahren unterscheidet man zwischen Stumpf-, Muffen- und Drahtschweißung. Bei ersterem existiert eine weitere Unterscheidung nach Heizelement- und Infrarotstumpfschweißen, wobei sich das letztgenannte Verfahren durch eine deutlich verkleinerte Wärmeeinflusszone und damit durch die Ausbildung verkleinerter Schweißwülste auszeichnet. Gekrönt werden die Kunststoffschweißverfahren durch das sog. WNF (Wulst- und Nut-freie) Schweißen,

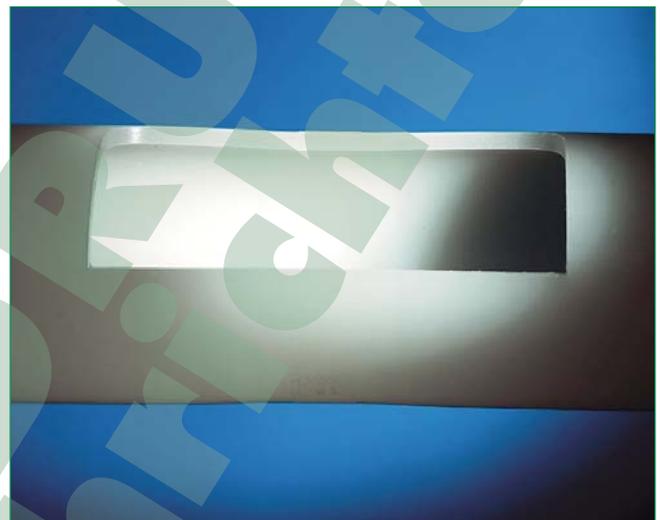


Bild 4: Aufsicht auf eine WNF-Schweißung; die Energie wird von der Außenoberfläche eingekoppelt; der Erhalt eines glatten Innenflächenübergangs gelingt durch einen von innen eingeschobenen Balg

Konzept	Verbindungstechnik	ADBereich /mm	Besonderheit
Druckrohre	(Stumpf-)Schweißung, Klebung, Flansche	16-2000	Standard im CPI-Bereich
Doppelrohre	Kleben, Schweißung	Innenrohr, 20 - 225	Notlaufeigenschaften; Außenrohr oft aus transparentem PVC-U
Verbundrohre	Schweißung, Flansche	16-2000	Notlaufeigenschaften, deutliche Erweiterung des Anwendungsspektrums für Thermoplast Innenrohre da diese nur noch als Chemieschutzschicht operieren; Druckanforderung/T-Belastung werden durch den GFK Mantel getragen
Schlauch-Lösungen	Steck-/Flare-Verbindungen/Speziallösungen	< 2"	Endlosschläuche aus vollfluorierten Polymeren in Kombination mit Doppelrohrsystemen interessant
Lüftungsrohre	Steckverbindung, Kleben/Schweißen	< 800	Oft einzig wirtschaftlicher Weg beim Handling von korrosiver Abluft
Sonderrohre	Alle denkbaren/individuell	meist < 250	Rohre als Halbzeug/Bauteil; keine Systeme

Tabelle 1

bei dem bei ordnungsgemäßer Durchführung die Schweißnaht überhaupt nicht mehr sichtbar ist.

Bei den Klebeverbindungen kommen verschiedene Lösungsmittelkleber zum Einsatz, deren Rezeptur auf bestimmte Belastungsfelder abgestimmt sind, so dass auch Kunststoffrohre mit z.B. Dauerkontakt zu starken Oxidationsmitteln verklebt werden können. Ab einer bestimmten Rohrgröße ist das Kleben auf Grund der Spaltmaße und der nötigen Verfahrenstechnik nicht mehr sinnvoll; hier bieten sog. Verbundrohre (s.u.) mit Schweiß- und Flanschtechnik eine Alternative. Bei Verbundrohranwendungen sollten die Innenrohre nicht durch Klebung verbunden werden.

### Qualitätssicherung und Normensicherheit auf höchstem Niveau:

Seit Markteinführung der Kunststoffrohrsysteme haben sich zahlreiche deutsche Grundnormen für die einzelnen polymeren Rohrmaterialien auch global etabliert. Sie werden durch internationale Anwendernormen ergänzt und regelmäßig überarbeitet. Durch das System der Gütesicherung (z.B. DIN CERTCO) erfolgt bei bestimmten Zulassungen eine externe Überwachung nach noch anspruchsvolleren Güterichtlinien.

Für den internationalen Anlagenbau ist infolge der weitreichenden QS-Maßnahmen die DIBt-Zulassung von Rohrsystemen von einzigartiger Bedeutung. Sie hat neben dem für den deutschen Rechtsbereich (=> Wasserhaushaltsgesetz) interessanten Aspekt den Vorteil, dass Rohrprodukte mit einer derartigen Zulassung ein weltweit einzigartiges engmaschiges QS-Programm unter Sicherung einer Rezepturkonstanz haben und einen direkten Link zu einer relativ ausführlichen chemischen Resistenzdatenbank herstellen; diese Aspekte sollten Anwendern bewusst sein und tunlichst in den Spezifikationen berücksichtigt werden. Diese Art von Qualitätssicherung wird den Ansprüchen des chemischen Anlagebaus in ganz besonderer Weise gerecht.

Die Verbindungstechnik wird durch die einschlägigen Vorgaben des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik (DVS) aktuell geregelt<sup>(4)</sup> und ist auch international eine immer akzeptierte Grundlage. Auch die Ausbildung und Zertifizierung der Schweißfachkräfte orientiert sich an diesem Regelwerk. Viele erfahrene Endanwender verfügen zusätzlich noch über sehr detaillierte Werknormen, die auf der Erfahrung von Jahrzehnten für die relevanten Einsatzfelder immer wieder aktualisiert und in bestehende Spezifikationen aufgenommen werden.

### Vielseitigkeit im Leitungskonzept:

Wie keine andere Werkstoffklasse zeigen Kunststoffrohrleitungssysteme eine ausgesprochene Vielfalt im Leitungskonzept, Tabelle 1 (siehe links) gibt die Übersicht.

### Seit Jahrzehnten bewährt:

Obwohl Kunststoffrohrsysteme im chemischen Anlagenbau neben anderen Werkstofflösungen bislang nur einen kleineren Anteil stellen, gibt es doch zahlreiche Segmente in dieser Industrie, die die Vorteile dieser Werkstoffklasse seit langem ausnutzen<sup>(5)</sup> und die über Jahrzehnte bereits sehr posi-

tive Erfahrungen gesammelt haben. Hier sind vor allem die Chlorindustrie, die Grundchemikaliensynthese, die Chemikalienlogistik, die Wasseraufbereitung, die Oberflächenveredelung (Galvanik, Beize), die Papierindustrie sowie die Kraftwerkstechnik zu nennen. Gemeinsam mit Erkenntnissen aus anderen Rohrleitungssegmenten ergibt sich ein beachtlicher Bestand an echtem praktischem Wissen zur Performance, Werkstoffauswahl und Systementscheidung.

Ein ständig wachsendes globales Netzwerk aus Spezialisten der Branche sowie eine in den letzten 10 Jahren sehr deutlich gesteigerte Initiative zur gezielten Erforschung von Zusammenhängen rund um das Thema Kunststoffkorrosion und Langzeitrohrverhalten unterstützen den dauerhaften Wissensgewinn zu diesen Produkten langfristig; hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Aktivitäten von Swerea KIMAB (Schweden), FGK/GfKorr (Deutschland), KRV (Deutschland), Eurocorr (EU) und NACE (USA). Das Ergebnis dieser Aktivitäten ist eine ständig steigende Zahl von Langzeitreferenzen zu unterschiedlichen Kunststoffrohr-Schlüsselanwendungen sowie eine stetige Verbesserung des Datenmaterials zur Vorhersage und dem Verständnis von Korrosionsprozessen im Werkstoff Kunststoff. Die Bilder 5 a/b zeigen exemplarisch einen Eindruck typischer Aktivitäten aus diesem Feld: →

## Qualität, die Maßstäbe setzt

Rohre und Fittings für die anspruchsvolle Installation



Bänninger Kunststoff-Produkte GmbH  
Bänningerstraße 1 | D-35447 Reiskirchen  
Telefon (06408) 89-0 | Fax (06408) 6756  
www.baenninger.de | info@baenninger.de



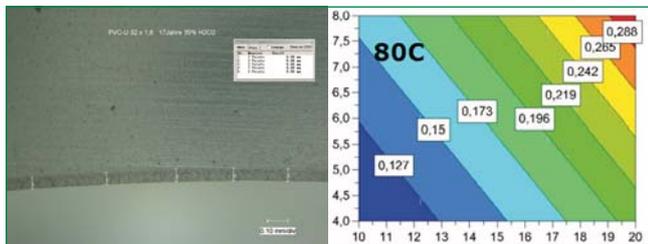


Bild 5 a): Lediglich 60 µm Korrosionsschädigung nach 17-jährigem Kontakt von 35% Wasserstoffperoxid / T = 25°C mit PVC-U Leitungskomponenten; die hierbei erfassten Eindringtiefen beeinträchtigen die Funktion des Systems in keinsten Weise

Bild 5 b): Über Simulation und gezielte Laborversuche ermittelte Diffusionskoeffizienten in PVC-U Rohren bei Kontakt mit Mischsäure (HNO<sub>3</sub>/HF) variabler Konzentration und konstanter Temperatur<sup>(6)</sup> (Quelle: Swerea KIMAB 2008)

## Physikalische Grenzen

Eine immanente Eigenschaft aller Thermoplaste ist ihre vergleichsweise hohe thermische Ausdehnung, das Kriechen unter mechanischer Last sowie die deutliche Verringerung der mechanischen Kennwerte bei Temperaturerhöhung. Diese Aspekte sind bei den einzelnen Werkstoffen natürlich bestens untersucht und fließen durch entsprechende Berücksichtigung in der Auslegung und der Werkstoffwahl in die Rohrleitung ein. Werkstoffabhängige Sicherheitsfaktoren und normativ gesichertes Zeitstandsverhalten bilden eine zusätzliche Stütze bei der Auslegung.

Bei kleineren Leitungsquerschnitten verwenden erfahrene Betreiber ohnehin aus Sicherheitsaspekten ausschließlich dickwandige Druckrohrabmessungen (z.B. Reihe 9 bei PVC-U). Ein ebenfalls sehr wirksames Konzept bei Anwendungen unter Chemikalienlast bei erhöhten Temperaturen stellt die Verwendung von sog. GFK/Thermoplast-Verbundrohren dar; hier übernimmt der GFK Mantel die Mechanik der Leitung, wenn der Thermoplast-Inliner ordnungsgemäß mit der GFK Schicht verbunden und nicht zu dickwandig gewählt ist; die Thermoplast-eigene „Schwäche“ wird somit überwunden und der Kunststoff kann seine bekannte Stärke als „chemische Barriere“ auch bei höheren Temperaturen voll ausnutzen. Auch die Energietransporteigenschaften von Polymeren können durch entsprechende Compoundierung und Zusatz von Funktionsadditiven in sehr weiten Grenzen verändert werden; selbst elektrisch weiterhin isolierend wirkende Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit sind möglich.

Die zerstörungsfreie Online-Überwachung der Korrosion von Kunststoffrohrleitungen im Einsatz ist ein großer Wunsch der Anwender, der leider noch weit von der Realisierung entfernt ist. Effizientes Wissensmanagement, Erfahrung, detaillierte Spezifikationen sowie ein gutes Verständnis der Korrosionsabläufe und der verwendeten Materialien sind aber zuverlässige Garantien für einen sicheren Betrieb. Hier bieten kompetente Rohrhersteller gerne ihre Hilfe an. Gleiches gilt für die Orientierung, Betreuung und die Schulung zum Thema.

## Quo vadis industrieller Kunststoffrohrleitungsbau?

Obwohl volumenmäßig nur sehr klein, zeigt sich der industrielle Kunststoffrohrleitungsbau stets sehr innovativ. Die Innovationen gehen dabei zunehmend von den Halbzeugherstellern und Compoundern aus. Im Bereich der Materialien und Rohrkonzepte gibt es einen Trend zu druckbeständigeren Rohren, wobei die Konzepte zur Umsetzung extrem unterschiedlich sind: Schichtaufbau, Einsatz von verstreckten Wickellagen aus demselben Polymer und Einsatz innovativer Copolymere oder Füllstoffe sind dabei wichtige Trends. Die Themen Funktionsbeschichtung und Nanotechnologie werden auch diesem Industriezweig in den nächsten Jahren sicher interessante Produkte bescheren.

Bei der Verbindungstechnik werden neben der herkömmlichen Klebtechnik augenblicklich die Stumpfschweißverfahren für PVC-U / PVC-C etabliert. Das stark gestiegene Engagement im Bereich der Konsolidierung und dem Ausbau des Wissens um die Kunststoffkorrosionsvorgänge ist bereits erwähnt.

## Fazit

Kunststoffrohrleitungssysteme werden seit vielen Jahren in zahlreichen Gebieten des chemischen Anlagenbaus sehr erfolgreich eingesetzt. Am Markt befindliche Systeme können heute praktisch alle Anwendungen unterhalb T = 100°C / 10 bar über die unterschiedlichsten Material- und Leitungskonzepte in einem großen Dimensionsbereich abdecken.

Aufgrund Werkstoff-spezifischer Argumente und Synergien aus Paket- und Systemlösungen aus einer Hand ergeben sich gerade bei Projekten oft sehr attraktive Kostenvorteile. Eine solide Normung und wirkungsvolle Qualitätssicherung, gepaart mit Innovation und ständig wachsendem Verständnis der Marktteilnehmer zum Korrosionsverhalten und der Langzeitbeständigkeit, geben Kunststoffrohrleitungen eine ideale Ausgangsposition für weiteres Wachstum. ■

## Literatur:

- (1) Schübler, S.; „Kunststoff-Industrieröhre – „Gründe genug für eine eigene Klasse“; KRV Nachrichten, Bonn 1/2004
- (2) GFKorr Jahrestagung 2005; DECHEMA Frankfurt 11/2005
- (3) Georg Fischer AG; Planungsgrundlagen für industrielle Rohrleitungssysteme, Schaffhausen 2006
- (4) Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien; Beuth Verlag 12. Auflage; Berlin 2008
- (5) Nowack, E. et al. „60 Jahre Erfahrungen mit Rohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U)“; KRV Nachrichten 1/95
- (6) Römhild, S.; „Influence of the material characteristics on the resistance to pickling acids“; presentation T 5-Meeting Swerea KIMAB; Stockholm 12/2008

Besuchen Sie den  
Kunststoffrohrverband im Internet:

[www.krv.de](http://www.krv.de)

Informieren Sie sich über die Welt  
der Kunststoffrohre!