

1195

# Wirtschaftlichkeit und Langzeitbewährung von Wasserleitungs- und Entwässerungsrohren aus Kunststoffen im Vergleich

96,3 %

unter Einbeziehung technischer, ökologischer, hygienischer und toxikologischer Aspekte

## Kurzfassung

Gefördert vom

Bundesminister für Verkehr,  
Bau- und Wohnungswesen

B 15 - 80 01 97 - 9 / B 4 - Nr. 2356

Bearbeitet vom



Institut für das Bauen  
mit Kunststoffen e. V.  
Osannstraße 37  
64285 Darmstadt

Tel.: 0 61 51 / 4 80 97  
Fax.: 0 61 51 / 42 11 01

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Rainer Weltring  
Dipl.-Ing. Dieter Arlt



Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, sind nicht gestattet.

Januar 1999

## **Zielsetzung**

Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel, da es nicht ersetzt werden kann. Statistisch gesehen verbraucht jeder Bundesbürger pro Tag 128 Liter Trinkwasser. Daraus ergibt sich für Deutschland ein Gesamtbedarf von über 10 Milliarden Liter Wasser täglich. Der Transport dieser Wassermenge erfolgt überwiegend durch das öffentliche Trinkwassernetz, an das über 98 % der Bürger in den alten und gut 93 % der Bewohner der neuen Bundesländer angeschlossen sind.

Schäden an Rohren und sonstigen Elementen des Trinkwasserversorgungsnetzes führen in der Regel zum unkontrollierten Austritt großer Wassermengen. Der damit einhergehende finanzielle Verlust wird häufig von den erheblichen Gebäude- und Sachschäden, die das ausgetretene Wasser anrichtet, um ein Vielfaches überstiegen.

Ein großer Teil des verbrauchten Wassers gelangt mehr oder weniger verschmutzt in das öffentliche Abwassernetz, an das 98 % der Bürger in den alten und 95 % in den neuen Bundesländern angeschlossen sind.

Der Verlust von Abwasser ist - anders als beim Trinkwasser - vordergründig nicht mit finanziellen Einbußen der Rohrbetreiber verbunden. Der Austritt von Abwässern kann jedoch zur Kontamination des umgebenden Erdreiches und Grundwassers führen. Der Betrieb schadhafter Kanäle stellt daher einen Straftatbestand nach dem Umweltrecht dar.

Die Schadenhäufigkeiten in Ver- und Entsorgungsnetzen unterscheiden sich sehr stark: Abwasserleitungen weisen rund vierzig mal so viele Schäden auf wie Trinkwasserleitungen.

Dabei dürfte es eine Rolle spielen, daß Leckagen im Versorgungsbereich mit einem finanziellen Verlust der Betreiber einhergehen. Die finanziellen Anreize zur Instandhaltung der Versorgungsnetze sind daher ungleich größer als bei den Abwasserrohren.

Die Anlagen zum Transport und zur Beseitigung von Abwasser gehören finanztechnisch zu den langlebigsten Einrichtungen überhaupt. Die aktuellen Schadenstatistiken zeigen aber, daß ein Großteil der eingesetzten Kanalrohre schon lange vor dem Erreichen der Abschreibungsdauern von 50 oder 100 Jahren schadhaft werden.

Diese Umstände weisen darauf hin, daß die vorhandenen abwassertechnischen Anlagen den Anforderungen - zumindest teilweise - nicht gewachsen sind.

Aufgrund der genannten Bedeutung des Trinkwassers, und vor dem Hintergrund der Schadenentwicklung im Abwasserbereich, stellt sich die Frage nach geeigneten Rohrwerkstoffen.

Zielsetzung der Studie war es daher festzustellen, inwieweit Rohre aus polymeren Werkstoffen wirtschaftlich und dazu geeignet sind, den beim Einsatz als Trinkwasser- oder Kanalrohre gestellten Anforderungen zu genügen.

## **0 Vorgehensweise**

Da es aus naheliegenden Gründen nicht sinnvoll ist, Rohrstücke aus intakten Trink- oder Abwasseranlagen zwecks labortechnischer Überprüfung zu entnehmen, mußte ein Großteil der Betrachtungen in erklärender und bewertender Form erfolgen. Dazu wurden zunächst alle Anforderungen beschrieben, die an Produkte in den einzelnen Anwendungsgebieten gestellt werden (müssen). Im folgenden wurde eruiert, in welchem Umfang die Rohre und Formteile aus den verschiedenen Werkstoffen diesen Anforderungen entsprechen. Dazu wurde auch auf Erfahrungen aus der Praxis sowie Schadenanalysen und -statistiken zurückgegriffen. Das Ergebnis aller Untersuchungen führt zu einer fundierten Aussage zur Langzeitbewährung der einzelnen Produkte und zur Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Werkstoffe und Systeme. Da auch die ökologische Bewertung eine Funktion der möglichen Nutzungsdauer - also der Langzeitbewährung - ist, schließt sich die Betrachtung dieses Aspekts an.

## 1 Anforderungen

Wie groß die Anforderungen sind, die an das einzelne Rohr gestellt werden, wird im wesentlichen durch die begleitenden Randbedingungen bestimmt. Die wichtigsten allgemeinen Einflußgrößen sollen im folgenden genannt werden:

- Die im Rohr geförderte Flüssigkeit, die mit dem Rohrwerkstoff in ständigem Kontakt steht, kann mit diesem chemisch reagieren.
- Gleiches gilt für die Medien (Böden etc.), die mit der Außenwand der Rohrleitung korrespondieren.
- Abrasive Feststoffe, die mit dem Flüssigkeitsstrom durch das Rohr geführt werden, können zu einer mechanischen Veränderung des Rohres führen (Abrieb).
- Volumenstrom: Der zu fördernde Volumenstrom, also der Druck und die Menge des fließenden Mediums, beeinflussen die Dimensionierung und Belastung des Rohres nachhaltig. Bei Kunststoffrohren gibt der Zeitstandinnendruckversuch Aufschluß darüber, welche Innendruckbelastung über welchen Zeitraum von dem jeweiligen Rohr ertragen werden kann.
- Umgebende Einflüsse: Von außen wirken - je nach Art und Ort der Verlegung - unterschiedliche Einflüsse auf das Rohr ein. Beispielfhaft seien an dieser Stelle Druckbelastungen durch das umgebende Erdreich bei Grabenverlegung oder die Bewitterung bei freiliegenden Rohren genannt.
- Temperatur: Auch die Temperatur, beziehungsweise die Temperaturunterschiede zwischen äußerem und innerem Medium können eine erhebliche Belastung des Rohres verursachen.

Dort wo es möglich war, wurden im Rahmen der Betrachtungen einzelner Anforderungen auch die diesbezüglichen Unterschiede der mineralischen, metallischen und polymeren Rohrwerkstoffarten beschrieben. Die wichtigsten Kriterien werden im folgenden kurz wiedergegeben.

### 1.1 Mechanische Festigkeit

An dieser Stelle muß zunächst festgestellt werden, daß die Auslegung von Trink- und Abwassernetzen und somit auch die Auswahl der geeigneten Komponenten den Planern obliegt. Schäden, die durch falsche Dimensionierung von Rohren oder anderen Netzkomponenten verursacht werden, sind nicht den verwendeten Materialien anzulasten.

Rohre aus metallischen Werkstoffen können allgemein die höchsten Innendrucke aufnehmen. Die Druckverhältnisse in den Trink- und Abwassernetzen bewegen sich jedoch meistens in Bereichen, in denen auch der Großteil verfügbarer Kunststoffrohre eingesetzt werden kann.

Einen wesentlichen Unterschied weisen bodenverlegte Rohre aus metallischen und polymeren Werkstoffen gegenüber solchen aus Mineralien auf. Während die Metall- und Kunststoffrohre auch auf starke Bodenbewegungen allgemein mit Verformung reagieren, werden Beton- und Steinzeugrohre beim Überschreiten der Maximallast durch Spröbruch zerstört. Der Bruch dieser Rohre führt in aller Regel auch zu deren Undichtigkeit.

Das Verhalten der flexiblen Rohre stellt einen erheblichen Vorteil für den weiteren Betrieb der betroffenen Rohrstrecke dar, da sich zwar der Rohrquerschnitt örtlich verringert, die Rohre aber dicht bleiben.

### 1.2 Inkrustationen

Inkrustationen stellen vor allem im Bereich der Hausinstallation eine häufige Versagensursache von Rohren dar. Ihre Bildung ist auf hohen Mineraliengehalt des Wassers und die Präsenz von Korrosionsprodukten zurückzuführen und wird durch raue Rohrwände begünstigt.

Die für diesen Einsatzbereich verfügbaren Kunststoffrohre weisen in dieser Hinsicht Eigenschaften auf, die eine lange störungsfreie Gebrauchsdauer der Rohre ermöglichen. Das liegt vorrangig darin begründet, daß die Rohre praktisch nicht korrodieren, glatte Wände aufweisen und nur minimalem Verschleiß unterliegen.

### 1.3 Hydraulische Eigenschaften, Verschleißverhalten

Das Abriebverhalten ist als Indikator für die Verschleißfestigkeit von Abwasserkanälen und -leitungen anzusehen.

Die Betrachtung der Wandreibung zeigt, daß die Steinzeug- und Kunststoffrohre in dieser Disziplin den Rohren aus allen anderen Werkstoffen deutlich überlegen sind. Thermoplastische Rohre weisen in dieser Disziplin die besten Eigenschaften auf. GFK-Rohre unterliegen einem etwas höheren Verschleiß als die Steinzeugrohre, sind aber wesentlich abriebfester als die ebenfalls mit ihnen konkurrierenden Betonrohre.

### 1.4 Verbindung und Verlegung

Die Verfügbarkeit geeigneter Verbindungstechniken ist unabdingbare Voraussetzung für die Einsetzbarkeit von Rohren. Bei der Bewertung der Eignung von Fügeverfahren findet nicht nur die Sicherheit der Verbindung Beachtung. Zunehmend werden bei der Auswahl der anzuwendenden Verfahren auch Faktoren wie die Handhabbarkeit auf der Baustelle und die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt.

Eine besondere technische Herausforderung stellt die Konstruktion von Verbindern dar, mit denen Rohre und Netzkomponenten aus unterschiedlichen Werkstoffen miteinander verbunden werden können.

Die Flexibilität verschiedener Kunststoffrohre ermöglicht deren Verlegung im Boden mittels grabenloser Verlegetechniken. Dort, wo diese „no-dig“-Verfahren angewendet werden können, besitzen sie gegenüber der aufwendigen Verlegung in offenen Gräben erhebliche Vorteile. Die schnelleren und weniger aufwendigen Verlegetechniken weisen nicht zuletzt auch wirtschaftliche Vorteile auf

Ähnliches gilt für die Sanierungsverfahren Relining und Berstlining, bei denen mit der Verwendung von langen, flexiblen Kunststoffrohren die größten Verlegeleistungen erreicht werden können.

Auch im Bereich der Hausinstallation spart die Verwendung von Systemen mit den flexiblen Polymerrohren Zeit, da keine Winkelstücke oder Bögen geformt oder eingesetzt werden müssen. Die rationelle Verlegung wirkt sich auch in diesem Bereich kostensparend aus.

Das Eigengewicht der Rohre und Formstücke wirkt sich nicht nur bei der Verlegung aus. Je leichter die Rohre sind, desto geringer ist der Aufwand beim Handling und dem Transport der Bauteile. Auch dieser Aspekt spricht für die Verwendung von Kunststoffrohren.

Gerade im Rohrsektor haben die zunehmende Materialvielfalt, technische Fortschritte und der wachsende Konkurrenzdruck zur Entwicklung zahlreicher neuer Verbindungssysteme für Rohre aus Kunststoffen geführt. Die meisten dieser Systeme zeichnen sich durch leichte Handhabbarkeit und rationelle Verbindungsherstellung aus.

### 1.5 Temperatureinflüsse

Der zulässige Temperatureinsatzbereich der Rohrleitungsbestandteile und die mit Temperaturänderungen einhergehenden Dimensionsänderungen sind bei der Planung und Auslegung von Rohrnetzen grundsätzlich zu beachten.

Mineralische und metallische Rohre sind Einschränkungen aus Temperatureinflüssen in wesentlich geringerem Maße unterworfen als Kunststoffrohre.

### 1.6 Hygienische Aspekte (nur Trinkwasser)

Idealerweise sollte Trinkwasser keinerlei Fremdstoffe enthalten. In der Praxis ist jedoch die Präsenz verschiedener organischer und anorganischer Substanzen und Feststoffe im Trinkwasser nicht völlig zu vermeiden.

Ein wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der Hygiene von Trinkwasser ist dessen Gehalt an Mikroorganismen. Verschmutzungen und Rückstände aus der Herstellung und Verarbeitung der Rohre sowie

raue Rohrwände können die großflächige Besiedelung der Rohrwände mit Mikroben - dem sogenannten Biofilm - begünstigen.

Eine für den Menschen besonders gefährliche Bakterienart sind die sogenannten Legionellen, die eine häufig tödlich verlaufende Art von Lungenentzündung (Legionärskrankheit) hervorrufen können. Anfällig für den Befall mit Legionellen sind vor allem große Sanitäranlagen, wie sie in Krankenhäusern oder Hotelanlagen anzutreffen sind.

Die Desinfektion dieser Sanitäranlagen kann durch verschiedene Maßnahmen, wie den dauerhaften Betrieb der Warmwasserversorgung mit Temperaturen über 60 °C oder periodische Maßnahmen wie Chlordesinfektion oder Schwachstrom-Elektrolyse erfolgen.

Die Präsenz verschiedener Metalle im Wasser stört den Stoffwechsel von Legionellen nachhaltig. Entsprechende Versuche zeigten, daß die Bakterien in Kupferrohren unter bestimmten Bedingungen nach einiger Zeit absterben.

## 1.7 Qualität

Produkte, deren Herstellung sowie Dienstleistungen, deren Ausführung der Überwachung von Gütegemeinschaften unterliegen, bieten dem Kunden die garantierte Einhaltung von hohen Qualitätsstandards. Gerade in sensiblen Bereichen wie der Trinkwasser- und Abwasserentsorgung stellt diese Sicherheit ein wichtiges Kriterium dar.

Unabhängig vom eingesetzten Rohrwerkstoff sollte generell auf die Verwendung gütegeprüfter Bauteile geachtet werden.

## 1.8 Ausschlußkriterien

Neben den zuvor beschriebenen allgemeinen Anforderungen, können im Einzelfall besondere Vorgaben oder Bestimmungen dafür sorgen, daß einzelne Rohrwerkstoffe oder -systeme nicht eingesetzt werden können oder dürfen. Solche Einschränkungen können unter anderem von besonderen Vorgaben bezüglich des Brand- oder Schallschutzes ausgehen.

## 2 Betrachtung der Rohrwerkstoffe

### 2.1 Rohre aus mineralischen Werkstoffen

Das Sortiment umfaßt Rohre aus Betonen verschiedener Güte, faserverstärkte Betonrohre und Rohre aus Steinzeug. Die bis zu einem Nenndruck PN 16 belastbaren Stahlbeton- und Spannbetonrohre können auch in der Versorgung eingesetzt werden, die Domäne der mineralischen Rohre ist aber die drucklose Entwässerung. Der Anteil mineralischer Werkstoffe am deutschen Kanalnetz beträgt über 96 %.

- Betonrohre dominieren den Bereich der begehbaren Kanalrohre, weil es dort kaum Alternativen gibt. Sie werden aber auch bei kleineren Durchmessern eingesetzt. Die Anschaffungspreise sind vergleichsweise günstig, müssen aber durch Abstriche bei den Eigenschaften erkaufte werden. Die rauhen Wände bedingen ungünstige hydraulische Eigenschaften, fördern das Anhaften von Verschmutzungen und erleichtern den Korrosionsangriff. Auch das Abriebverhalten läßt zu wünschen übrig.
- Steinzeugrohre bedienen vorrangig den Markt der Abwasserrohre bis zu einem Durchmesser von 1,20 m. Im Vergleich zu Betonrohren sind vor allem die besseren hydraulischen Eigenschaften von Steinzeug zu nennen, die auch den höheren Preis rechtfertigen. Die eingebrennte Glasur verleiht den Rohren eine glatte, korrosionsbeständige und verschleißfeste Oberfläche.

Je nach Gegebenheiten und Einbauart, kann ein unterschiedlich großer Teil des Preisvorteils gegenüber polymeren Rohren von den hohen Transport-, Handling- und Verlegekosten der schwergewichtigen Beton- und Steinzeugrohre aufgezehrt werden. Ihr wesentliches Manko gegenüber konkurrierenden Produkten ist das Verhalten bei Überbeanspruchung durch Erd- oder Verkehrslasten und Bodenschichtverschiebungen. Sie führen meistens zum Bruch der mineralischen Rohre, während Metall- und Kunststoffrohre lediglich verformt werden.

## 2.2 Rohre aus metallischen Werkstoffen

Die festen und zähen metallischen Werkstoffe erlauben die Herstellung von Rohren für höchste Innendrucke. Das bevorzugte Einsatzgebiet ist die Wasserversorgung, die duktilen Gußeisenrohre werden aber auch zunehmend im Entsorgungsbereich eingesetzt. Die Unempfindlichkeit der Metallrohre gegenüber Temperaturen von bis zu 100 °C und darüber wirkt sich im Sanitärbereich positiv aus.

- Stahlrohre werden in der Hausinstallation, aber auch in den Versorgungsnetzen eingesetzt. Die heute in der Hausinstallation eingesetzten Stahlrohre sind aus Korrosionsschutzgründen verzinkt.
- Edelstahlrohre sind auch ohne eine Beschichtung ausreichend korrosionsbeständig. Sie sind jedoch relativ teuer.
- Kupfer ist in Deutschland der beliebteste Rohrwerkstoff in der Hausinstallation. Der Marktanteil von Kupferrohren beträgt bei den Sanitärsystemen rund 50 %. Die einfache Herstellbarkeit der Weichlötverbindungen hat die weite Verbreitung der Kupferrohre im Sanitärbereich begünstigt.
- Duktiles Gußeisen wird zur Herstellung von großvolumigen Rohren für Ver- und Entsorgungsleitungen verwendet. Die biegeweichen Rohre reagieren auf Bodenverschiebungen mit Verformung und verhalten sich somit wesentlich günstiger als die mineralischen Rohre. Als geeigneter Korrosionsschutz haben sich Zementmörtelauskleidungen auf der Innenseite und die Kombination von Verzinkung und Umhüllung mit PE auf der Außenseite der Rohre bewährt. Trotz der hohen Anschaffungspreise haben die guten Eigenschaften in den letzten Jahren zu einer Zunahme des Einsatzes von duktilen Gußrohren geführt.

Das wesentliche Manko metallischer Rohrwerkstoffe ist die Korrosion, deren Voranschreiten sich zwar verzögern, aber nicht vermeiden läßt. Die fortschreitende Korrosion verursacht die Zerstörung der Rohre und Zubehörteile, zusätzlich stellen die Korrosionsprodukte in den Versorgungsleitungen auch ein hygienisches Problem dar.

## 2.3 Rohre aus polymeren Werkstoffen

Die am längsten verfügbaren polymeren Rohre bestehen aus Polyvinylchlorid und werden seit über 60 Jahren eingesetzt. Der Großteil heute verfügbarer Kunststoffrohre kann auf eine über 30jährige Geschichte zurückblicken.

Ein wesentlicher Unterschied zu den metallischen und mineralischen Rohrwerkstoffen besteht in der Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften von Kunststoffen. Das wirkt sich im Bereich von Rohren durch eine relativ große temperaturbedingte Längenausdehnung und die Temperaturabhängigkeit der Innendruckfestigkeit.

Die unterschiedlichen Eigenschaftsprofile der verschiedenen Polymere werden in einer Vielzahl von Rohrsortimenten genutzt. Folgende Kunststoffe finden Verwendung:

- Polybuten (PB) wird erst seit den siebziger Jahren als Rohrwerkstoff eingesetzt. Bevorzugter Anwendungsbereich der Rohre ist die Hausinstallation. Die guten Festigkeitseigenschaften bleiben über einen relativ weiten Temperaturbereich erhalten. Die Flexibilität der PB-Rohre erleichtert die Verlegung.
- Polyethylen (PE) wurde seit der ersten Verwendung als Rohrwerkstoff in zwei Stufen nachhaltig verbessert. PE-Rohre werden vorwiegend im Bereich kommunaler Ver- und Entsorgung eingesetzt. Eine Domäne der biegsamen PE-Rohre ist der Einbau mittels zeit- und kostensparender grabenloser Verlegeverfahren. Gute hydraulische Eigenschaften bedingen geringe Druckverluste bei der Trinkwasserförderung. Die hervorragende chemische Beständigkeit von PE prädestiniert das Material auch als Werkstoff für Kanalrohre, die zur Erleichterung der vorgeschriebenen Kamerateinspektionen seit einiger Zeit mit hell eingefärbten Innenwänden erhältlich sind. Die guten Praxiserfahrungen mit PE-Rohren reichen zurück bis in das Jahr 1955, in dem PE-Rohre erstmals eingesetzt wurden.
- Vernetztes Polyethylen (PE-X) entsteht aus PE durch den Einsatz chemischer oder physikalischer Vernetzungsverfahren. Die Vernetzung verändert das Eigenschaftsprofil nachhaltig. Festigkeit, Zähigkeit und Flexibilität nehmen gegenüber unvernetztem PE deutlich zu. Die Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften ist gering. Bevorzugtes Einsatzgebiet der PE-X-Rohre ist die Etagenverteilung. Die erste Anwendung von PE-X-Rohren in Deutschland ist die Rasenheizung des Münchner Olympiastadions, in der sich die Rohre von 1972 bis heute bewährt haben.
- Polypropylen (PP) wird seit fast 40 Jahren als Rohrwerkstoff eingesetzt, hat sich aber zunächst nur im industriellen Bereich etablieren können. Steigende Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit von Abwasserrohren haben seit den siebziger Jahren zu einer weiten Verbreitung der

Hausabflußsysteme aus PP geführt. Bei den Sanitärsystemen beträgt ihr Marktanteil in Deutschland derzeit rund 10 %.

- Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) ist der am längsten eingesetzte polymere Rohrwerkstoff, er wird seit über 60 Jahren verwendet. Ein wesentlicher Grund für die weite Verbreitung von PVC-U-Rohren in den Trink- und Abwassernetzen ist das gute Preis-/Leistungsverhältnis dieser Bauteile. Die gute chemische Beständigkeit und das hervorragende Verhalten bei Bewitterung erlauben lange Nutzungsdauern trotz der vergleichsweise niedrigen Anschaffungspreise. Die leicht und schnell herstellbaren aber dennoch sicheren Klebverbindungen von PVC-U-Rohren haben wesentlich zu ihrer weiten Verbreitung im Installationsbereich geführt. Neuere Entwicklungen brachten profilierte Kanalrohre und solche mit geschäumtem Kern aus PVC-U hervor, die bei vergleichbarem Materialeinsatz höhere Nennringsteigigkeiten aufweisen als vollwandige Rohre. Die positiven Erfahrungsberichte aus der Praxis von PVC-U-Rohren reichen bis in deren Pionierzeit, also in das Jahr 1935 zurück. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung von PVC-U-Rohren, die auf die Verwendung schwermetallhaltiger Bestandteile verzichten können und damit höhere Umweltschutzanforderungen erfüllen.
- Ungesättigte Polyesterharze (UP) werden zur Herstellung von Rohren zusammen mit Glasfasern (GFK) als Verstärkungsstoff verarbeitet. Die Eigenschaften des duroplastischen, also aus nicht schmelzbarem Material bestehenden UP-GF werden von Temperaturänderungen nur wenig beeinflusst. Die gas- und wasserdampfdiffusionsbeständigen Rohre besitzen zudem sehr gute hydraulische Eigenschaften. Die Anschaffungspreise der aufwendig gefertigten UP-GF-Rohre liegen innerhalb des Preisrahmens von Kunststoffrohren relativ hoch und setzen einer weiten Verbreitung Grenzen.

Weitere Rohre, die gänzlich oder teilweise aus Kunststoffen bestehen, sind entweder erst seit kurzer Zeit oder nur in sehr geringem Umfang am Markt der Trink- und Abwasserrohre verfügbar. Sie wurden innerhalb der Studie nicht explizit betrachtet.

### **3 Wirtschaftliche Aspekte**

Eine allgemeingültige Aussage zur Wirtschaftlichkeit von Rohrleitungen in Abhängigkeit der verwendeten Rohrwerkstoffe kann aus verschiedenen Gründen nicht getroffen werden:

- Die Auswahl des Rohrsystems wird von einer großen Anzahl von Einzelaspekten bestimmt. Ein Kostenvergleich kann daher nur anhand konkreter Ausführungsangebote für das jeweilige Projekt erfolgen.
- Die speziellen Anforderungen (Druck, Temperatur, Volumenstrom, Umgebung, Wasserqualität etc.) einzelner Aufgaben und Projekte können einerseits die Verwendung einzelner Rohrwerkstoffe unbedingt erforderlich machen – andererseits aber auch den Einsatz einzelner Materialien ausschließen.
- Die Anschaffungskosten eines Rohrsystems sagen nur wenig über die Wirtschaftlichkeit der daraus erstellten Rohrleitungen aus. Die Gesamtbetrachtung der Wirtschaftlichkeit muß auch die Kosten für die Planung, Verlegung, Wartung und den Betrieb der Installation berücksichtigen.

Einige vorteilhafte Eigenschaften der Rohre aus polymeren Werkstoffen wirken sich im allgemeinen auch wirtschaftlich aus. Dazu zählen neben der rationellen Verlegung - vor allem bei „no-dig“-Verfahren - auch die lange, störungsfreie Nutzungsdauer, die durch Korrosionsfreiheit und gute hydraulische Eigenschaften ermöglicht wird.

### **4 Ökologische Aspekte**

Sinnvolle Mittel zur Bewertung der Umweltrelevanz von Produkten sind ganzheitliche ökologische Betrachtungen, die alle bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produkts anfallenden Umweltbeeinträchtigungen bilanzieren.

Die Bearbeiter dieser Ökobilanzen weisen selbst darauf hin, daß die Bilanzen nicht dazu geeignet seien, eine Entscheidung für oder wider die Verwendung bestimmter Werkstoffe zu fällen.

Trotzdem könnte die Feststellung, daß bestimmte Werkstoffe oder Verfahren zu enorm hohen Umweltbelastungen führen, zu einer diesbezüglichen Diskussion über den weitergehenden Einsatz der fraglichen Produkte führen.

Die bisher verfügbaren ökologischen Betrachtungen, die sich mit Trink- und Abwasserinstallationen befassen, haben uneinheitliche Ergebnisse erbracht. Keine der betrachteten Systeme oder Werkstoffe weisen bezüglich der Ökologie insgesamt nennenswerte Vor- oder Nachteile auf.

sion zu verlangsamen. Diese Maßnahmen weisen unterschiedliche Wirksamkeit auf, die mit dem Preis zunimmt. Gute Korrosionsbeständigkeit besitzen Edelstahlrohre und duktile Gußeisenrohre - das sind in den jeweiligen Anwendungsgebieten die teuersten Vertreter der Metallrohre.

Im Trinkwasserbereich sind neben den technischen Aspekten auch die hygienischen Konsequenzen der Korrosion zu betrachten. Die Präsenz von Korrosionsprodukten mindert die Qualität des Trinkwassers. Dabei sind vor allem die Metallionen zu nennen, die bei erhöhten Konzentrationen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen bei den Trinkwasserkonsumenten führen können.

Das gute Langzeitverhalten der Kunststoffrohre ist also maßgeblich durch die Kombination von Biegeweichheit und Korrosionsfreiheit bedingt.

Als Nachteile der Kunststoffrohre sind allgemein deren Brennbarkeit und die Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften zu nennen. Diese Einschränkungen wirken sich jedoch in der Anwendungspraxis der Kunststoffrohre kaum nachteilig aus, da die Temperaturgrenzen bekannt sind und die einzelnen Polymerrohre nur in den Bereichen eingesetzt werden, für die sie geeignet sind.

Lediglich die Forderung nach der Verwendung nicht brennbarer Rohre kann den generellen Verzicht auf Kunststoffrohre bewirken.

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit kann festgestellt werden, daß vor allem die für höhere Anforderungen konzipierten Rohre aus GFK, PE-HD und PE-X häufig teurer sind, als die alternativ einsetzbaren Produkte aus anderen Werkstoffen. Zumindest dann, wenn man den Anschaffungspreis von Rohren und Zubehörteilen in DM pro Meter Rohrmaterial betrachtet.

Generell verursacht der Anschaffungspreis der Systemkomponenten, die zur Herstellung einer Trink- oder Abwasserinstallation erforderlich sind, aber nur einen geringen Teil des gesamten Investitionsaufkommens. Gute Verarbeitbarkeit und Verbindungstechniken sind mindestens ebenso wesentlich.

Der wichtigste Aspekt bei der Rentabilitätsrechnung von Installationen, deren Abschreibungsdauern bis zu 100 Jahre betragen, muß jedoch die Frage sein, ob diese Nutzungsdauern auch tatsächlich erreicht werden.

Die vorliegende Studie zeigt, daß die gütegeprüften Rohre aus Polymerwerkstoffen dafür die besten Voraussetzungen bieten.

Leichte Handhabbarkeit, Verbindungstechnik und Flexibilität der Kunststoffrohre bieten bei Einbau und Verlegung häufig zusätzliche wirtschaftliche Vorteile.

Auch die Betrachtung ökologischer Aspekte erbringt keine Hinweise darauf, daß die Kette aus Herstellung, Einsatz und Entsorgung von Rohren aus polymeren Werkstoffen bezüglich der Umweltrelevanz Nachteile gegenüber alternativen Produkten haben könnte.

Derzeit gewinnen die Kunststoffrohre zwar stetig Marktanteile dazu, der Anstieg findet aber langsam statt und das von einem - vor allem in Deutschland - relativ niedrigen Niveau aus. Vor allem im Versorgungsbereich erfreuen sich Kunststoffrohrsysteme wachsender Marktbedeutung.

Um eine Verbesserung der unbefriedigenden Schadensquoten im öffentlichen Kanalnetz zu erreichen, sollte bei Neubau und Sanierung der Abwasserleitungen in wesentlich stärkerem Maße auf die Polymerrohre zurückgegriffen werden.

Ein Teil der Zögerlichkeit, die dem Einsatz von Polymerrohren von seiten der Entscheider bisher entgegengebracht wurde, ist sicherlich auf Skepsis bezüglich ihrer Haltbarkeit und Langzeitbewährung zurückzuführen.

Sofern die sonstigen Randbedingungen für den Einsatz sprechen, sollte dieser Einwand bei der Entscheidung für ein bestimmtes, möglichst gütegeprüftes Kunststoffrohrsystem künftig keine Rolle mehr spielen.



Aufgrund der geringen ökologischen Unterschiede zwischen den betrachteten Rohren ist festzustellen, daß keine stichhaltigen ökologischen Gründe für den Verzicht auf einen der eingesetzten Werkstoffe existieren.

Ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung der Umweltrelevanz von Produkten ist die Entsorgung. Die Deponierung stellt in vielen Fällen die ökologisch ungünstigste Entsorgungsart dar. Spätestens ab dem Jahr 2005 wird die Deponierung von Altstoffen stark verteuert, so daß sie dann vielfach auch unwirtschaftlich wird.

Die Verfügbarkeit geeigneter Verwertungsmöglichkeiten, -einrichtungen und -logistiken wird sich ab diesem Zeitpunkt auch bei der Entsorgung von Altrohren stärker wirtschaftlich auswirken als bisher.

Die Verfügbarkeit geeigneter Verwertungsverfahren, die vorrangig auf der werkstofflichen Verwertung der Altstoffe basieren, stellt einen ökologischen Vorteil von Metall- und Kunststoffrohren dar.

## **5 Diskussion der Ergebnisse**

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit und Langzeitbewahrung von Rohren unter Einbeziehung technischer, ökologischer, hygienischer und toxikologischer Aspekte zeigt, daß die verschiedenen Kunststoffrohrsysteme gute Eigenschaftsprofile aufweisen.

Die vorgestellten Beispiele von Rohrleitungen aus verschiedenen Kunststoffen, die alle weit über 20, teilweise bis über 50 Jahre in Betrieb waren zeigen, daß schon die polymeren Rohrwerkstoffe der „ersten Generation“ ein beachtliches Zeitstandverhalten aufwiesen.

Solche Betrachtungen lassen zwar erahnen, welche Leistungen Rohren aus den aktuellen Sortimenten der Kunststoffrohrhersteller zuzutrauen sind. Gleichwohl können diese Einzelbeispiele - schon allein wegen der geringen Anzahl - aber nicht dazu herangezogen werden, ein fundiertes Urteil über die konkret zu erwartende störungsfreie Einsatzdauer heutiger polymerer Rohrsysteme zu fällen.

Die umfassende Auseinandersetzung mit allen Anforderungen, die an Rohre für Trink- und Abwasserleitungen gestellt werden zeigt zum einen, daß die Eigenschaften der metallischen und mineralischen Rohrwerkstoffe denen der Polymerwerkstoffe in verschiedener Hinsicht überlegen sind. So weisen metallische Rohre die höchsten Innendruckfestigkeiten auf, während die Haltbarkeit mineralischer Rohre von erhöhten Abwassertemperaturen kaum beeinflusst werden.

Der Vergleich von aktuellen Anforderungen mit dem derzeitigen Leistungsprofil der verschiedenen Rohrwerkstoffe zeigt aber zum anderen, daß die Rohre aus polymeren Werkstoffen für den Einsatz in vielen Bereichen der Trink- und Abwassernetze am besten geeignet sind.

Dieser scheinbare Widerspruch ist darauf zurückzuführen, daß die Langzeitbewahrung von Rohrwerkstoffen nicht durch einzelne Bestwerte, sondern durch das geeignete Eigenschaftsprofil bestimmt wird.

Bei den Polymerrohren ist im wesentlichen die Kombination von Biegeweichheit und Korrosionsfreiheit für das gute Langzeitverhalten verantwortlich. Gerade das Fehlen eines dieser beiden Attribute ist nämlich bei den alternativ einsetzbaren Rohrwerkstoffen in der weitaus überwiegenden Anzahl aller Fälle für deren vorzeitiges Versagen verantwortlich.

Biegesteife Rohre brechen bei Überlastung. Unabhängig davon, ob die Überlastung durch den Transport, während des Einbaus oder im Laufe der Betriebsdauer durch vorher nicht kalkulierbare Erdbebewegungen (z. B. Setzungen oder Unterspülung durch Grundwasseranstieg etc.) erfolgte, führt sie bei biegesteifen Rohren im aller Regel zum Bruch. Der Bruch des Rohres ist generell mit Undichtigkeit verbunden. Diese Schadenursache dominiert im Deutschen Abwassernetz, das zu über 96 % aus biegesteifen mineralischen Rohren besteht.

In diesem Punkt verhalten sich die polymeren und duktilen Metallrohre besser. Die gleiche Überlastung führt bei diesen, auch als biegeweich bezeichneten Werkstoffen lediglich zu einer Verformung des Rohres. Die damit einhergehende Querschnittsverminderung stellt nur eine geringe Beeinträchtigung der Funktion dar.

Korrosion ist eine der Erscheinungen, welche allgemein die größten volkswirtschaftlichen Schäden verursachen. Sie führt langfristig zur Zerstörung der Konstruktionen. Die Korrosionsprodukte verengen örtlich den Rohrquerschnitt und erhöhen die Rohrwandrauhigkeit. Die Anfälligkeit gegenüber Korrosion ist vor allem ein Manko der metallischen Rohrwerkstoffe, aber auch Betone sind davon betroffen. Durch die Beschichtung mit nicht oder weniger korrosiven Stoffen oder durch die Verwendung edlerer Metalle - als Werkstoff oder galvanische Beschichtung - wird versucht, das Voranschreiten der Korro-