

Kostensenkungspotenziale durch die Rohrwerkstoffwahl in der öffentlichen Abwasserentsorgung

Kalkulatorische Abschreibungen und Sanierungskosten

Potential cost-savings by the piping material choice in public waste-water management

Calculatory depreciation and rehabilitation costs

Von Thomas Frank, Dr. Christian Habedank und Jan Wennemer

Aufgrund des öffentlichen Kostendrucks wird die Aufrechterhaltung der Abwasserentsorgung zunehmend zu einem Problem. Zwar werden Abwassergebühren erhoben, die Bevölkerung sieht die Entsorgung von Abwässern jedoch immer öfter als selbstverständlich an und ärgert sich über steigende Beiträge. Somit können die Kommunen und ihre privaten Partner das System nur dann weiterhin aufrechterhalten, wenn es zu langfristigen Kosteneinsparungen bei der öffentlichen Abwasserentsorgung kommt.

In einer im Jahr 2005 durchgeführten Untersuchung der Technischen Universität Darmstadt konnten bereits erste interessante Erkenntnisse zu Werkstofftrends in der öffentlichen Abwasserentsorgung gewonnen werden.

Im Rahmen einer weiteren empirischen Untersuchung im Jahr 2006 wurden daher unter deutschen, österreichischen und schweizerischen Kanalnetzbetreibern die Kostensenkungspotenziale in den Bereichen „kalkulatorische Abschreibungen“ und „Sanierungskosten“ durch den Einsatz des Kanalrohrwerkstoffs PE analysiert. Aufgrund der hohen Nutzungsdauer und der geringen Anfälligkeit gegenüber diversen Schadensarten sind Einsparungen in diesen Bereichen zu erwarten.¹⁾

In dieser Folgeuntersuchung wurde deutlich, dass viele Kanalnetzbetreiber aufgrund mangelnder Erfahrung mit der Umstellung auf den Rohrwerkstoff PE nach wie vor zögern. Trotzdem befinden sich die Abwasserrohre aus PE aufgrund ihrer technischen Vorteile derzeit in einem kontinuierlichen Etablierungsprozess. Mittelfristig ist deshalb mit einem deutlichen Anstieg des Kunststoffanteils im gesamten Kanalnetz zu rechnen.

Because of the increase of public costs the maintenance of the waste water disposal systems is getting to be more and more of a problem. Although waste-water disposal charges are imposed, however, citizens consider waste-water management as a matter of course, and are angry about rising contributions. So as to keep the general burdening with waste-water charges minimal simultaneously combined with the assurance of operational reliability there is a need for long-term cost-reductions in public waste-water management and disposal.

With an empirical study accomplished by the Technical University of Darmstadt in 2005 could be already won first interesting information about material trends in the public waste water disposal.

In the context of a further empirical survey in 2006 the potentials for achieving cost-reductions in the sectors "cost-accounting depreciation" and "rehabilitation costs" via the use of high-quality polyethylene (PE) have been analyzed among German, Austrian and Swiss drain and sewer system operators. Due to its high service life and fair susceptibility to damage savings can be anticipated in these areas.

The survey showed that many drain and sewer system operators still hesitate due to missing experience in changing pipe material into PE. Nevertheless thanks to its technical advantages, sewage pipes made of PE are continuously establishing themselves on this market. Therefore a clear increase of plastic pipes in the entire waste water system is expected in the near future.

1) 3R international 45 (2006) Nr. 8, S. 419–423

Die Untersuchung

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung wurden 83 Kanalnetzbetreiber aus Deutschland, Österreich und der Schweiz befragt. Durch die teilnehmenden Unternehmen sind insgesamt 18,3 % der Einwohner Deutschlands repräsentiert. Für Österreich und die Schweiz ergaben sich Werte von 20,8 % und 15,0 %. Mit gut 56.000 Kanalkilometern wurden knapp 12 % des deutschen Kanalnetzes erfasst.

Bild 1 zeigt, dass die „traditionellen“ Rohrwerkstoffe Beton und Steinzeug aktuell häufiger als die biegeweichen Kunststoffe im Einsatz sind. Mit zusammen knapp 90 % dominieren die biegesteifen Materialien die Werkstoffverteilung. Dieser Wert stimmt annähernd mit den Ergebnissen der DWA-Umfrage aus dem Jahr 2004 [1] überein. Während den übrigen Werkstoffen nur wenig Bedeutung beizumessen ist, bestehen gemäß dieser Umfrage knapp 7 % des Netzes aus Kunststoffrohren.

Werden diese Ergebnisse mit früheren Studien verglichen, so kann festgestellt werden, dass der Kunststoffanteil stetig wächst, d. h., der Anteil an den jährlich neu verlegten Rohrleitungen ist wesentlich höher. Mittlerweile zur Domäne für Kunststoffrohre sind Abwasserdruck- und Vakuumentwässerungsleitungen geworden. Für diese Anwendungen werden überwiegend geschweißte Rohrsysteme aus Polyethylen (PE) eingesetzt.

Interessant ist die Aufteilung der Rohrmaterialien auf die einzelnen Nenndurchmesser. Dazu wurden drei Durchmesser-kategorien entsprechend **Bild 2** betrachtet. Die meisten in der Abwasserentsorgung verwendeten Rohre (60,5 %) haben einen Nenndurchmesser kleiner als DN 400.

Die Auswertung hat zu dem Ergebnis geführt, dass Steinzeug bevorzugt in den kleineren Nenndurchmessern bis DN 400 im Einsatz ist. Große Durchmesser über DN 800 sind dagegen fast ausschließlich von Beton und Altbeständen von Mauerwerk besetzt. Die Kunststoffe werden aktuell überwiegend im kleinen Nenndurchmesserbereich unter DN 400 eingesetzt. Meistens handelt es sich dabei um technisch und topographisch anspruchsvolle Rohrlegungen. In diesem Bereich gibt es auch einen relativ großen Restbestand an PVC-Rohren. Immer häufiger werden jedoch Rohrleitungen aus PE eingesetzt.

Allerdings zeigt es sich, dass sich die Kunststoffe, allen voran PE, in einem Etablierungsprozess befinden. Mit einem weiteren Anstieg von Abwasserrohren aus Kunststoff ist in Zukunft zu rechnen (Bild 3). Betrachtet man die Einschätzungen der an der Studie teilnehmenden Unternehmen bezüglich der zukünftigen Werkstoffverteilung, fällt auf, dass lediglich den Kunststoffen ein steigender Trend zugesprochen wird.

68 % der Befragten sehen in den Kunststoffen den Rohrwerkstoff der Zukunft. Während Stahl, Guss und Mauerwerk wesentlich an Bedeutung verlieren werden, dürften die Beton- und Steinzeugbestände relativ stabil bleiben bzw. geringere Einbußen verzeichnen. Es lässt sich vermuten, dass Rohre aus Kunststoff solche aus Stahl, Guss und Mauerwerk verdrängen und sich neben den Kanalrohren aus Beton und Steinzeug als gleichberechtigter Werkstoff etablieren werden. Damit ist wohl auch der in den letzten Jahren beobachtete starke Anstieg der Kunststoffe zu erklären.

Bei den Kunststoffen werden die Werkstoff-trends für PE und PP gleichauf am positivsten beurteilt. Lediglich für PVC wird in den nächsten fünf Jahren ein sinkender Trend erwartet.

Im Rahmen der empirischen Untersuchung wurden die Teilnehmer gebeten, ihre Einschätzung nach den zukünftigen Werkstoff-trends zu begründen. Die Kanalnetzbetreiber wurden nach denjenigen Kriterien befragt, nach denen sie sich für einen Rohrwerkstoff entscheiden. Dazu waren die Unternehmen angehalten, die aus ihrer Sicht fünf wichtigsten Rohreigenschaften anzugeben. Das Ergebnis ist in Bild 4 dargestellt.

Demnach ist die Lebensdauer von Rohr und Verbindung mit 72 Nennungen die wichtigste Eigenschaft eines Abwasserrohres. Knapp 90 % der Befragten sehen in der möglichen Nutzungsdauer eine unverzichtbare Werkstoffanforderung. Ebenfalls als wichtig eingestuft werden von mehr als 40 % der Befragten Korrosionsbeständigkeit, Dichtheit an den Verbindungsstellen, geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten und geringes Risiko von Ein-

Bild 1: Prozentuale Rohrwerkstoffverteilung in den erfassten Kanalnetzen (Quelle: Eigene empirische Erhebung)
Fig. 1: Market shares by materials by drain/sewer system length in percent (Source: Own empirical survey)

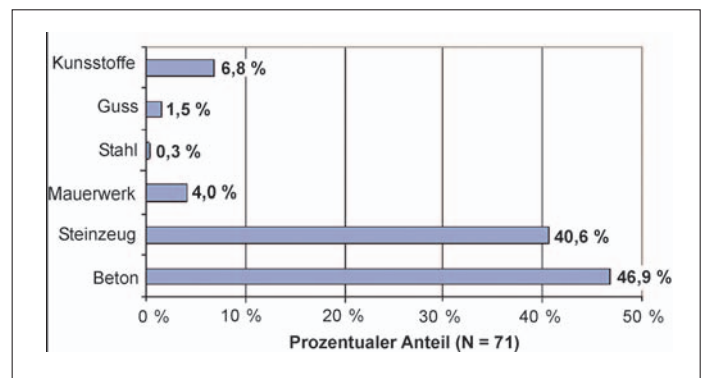


Bild 2: Eingesetzte Werkstoffe pro Nenndurchmesser-kategorie (Quelle: Eigene empirische Erhebung)
Fig. 2: Material market shares by diameter categories (Source: Own empirical survey)

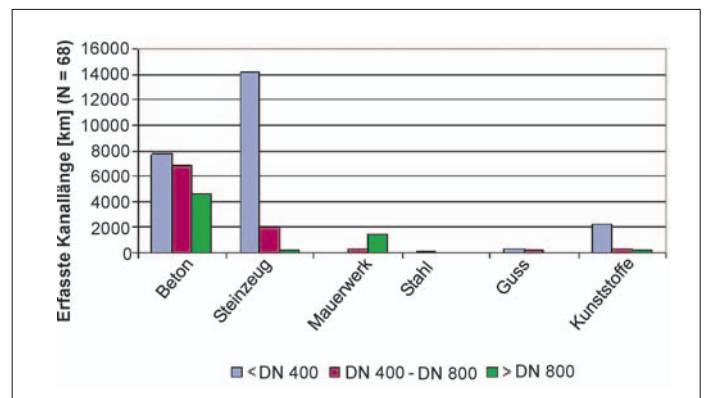
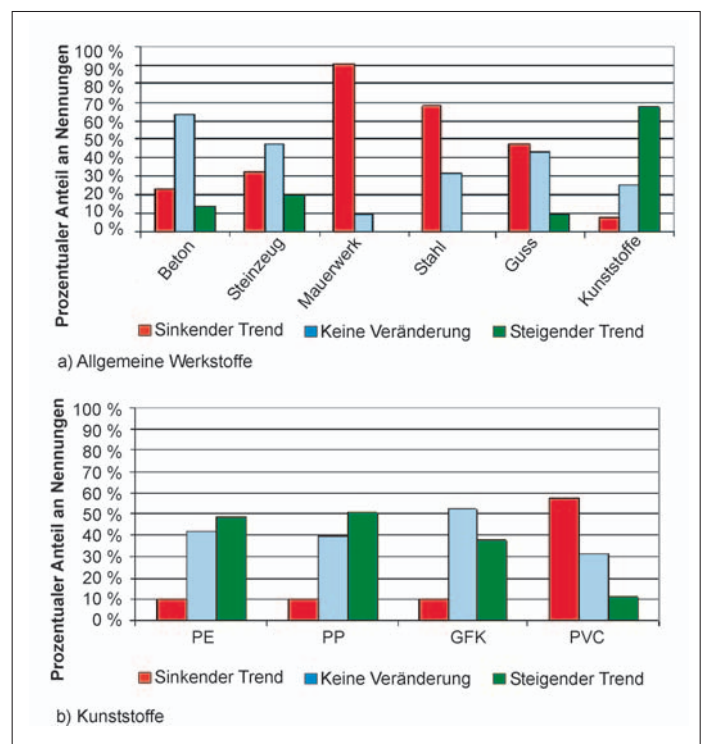


Bild 3: Werkstoff-trends der nächsten fünf Jahre (Quelle: Eigene empirische Erhebung)
Fig. 3: Material-trends for the next five years (Source: Own empirical survey)



baufehlern. Mehr als ein Drittel der Befragten sehen die „gute Eignung für Hochdruckspülung“, die „hohe Bruchsicherheit“ und die „Langzeiterfahrung“ als wichtig an.

Interessanterweise beeinflussen die genannten Eigenschaften bis auf die Langzeiterfah-

rung alle direkt die Kostenblöcke „Abschreibungen“ und „Betriebskosten“. Es fällt zudem auf, dass Eigenschaften, die kurzfristige Kosten verursachen, sehr selten genannt wurden. Hinsichtlich dieser Erkenntnisse lässt sich sagen, dass eine Vielzahl der teil-

Geringes Risiko von Einbaufehlern	33	40,7 %
Hohe Korrosionsbeständigkeit	41	50,6 %
Hohe Bruchsicherheit	29	35,8 %
Hohe Lebensdauer (Rohr bzw. Verbindung)	72	88,9 %
Geringe Materialkosten	7	8,6 %
Geringe Verlegungskosten	12	14,8 %
Geringe Betriebs-/Instandhaltungskosten	35	43,2 %
Hohe Komplettsystemverfügbarkeit	17	21,0 %
Hohe Resistenz gegen Abrasion	11	13,6 %
Gute Eignung für Hochdruckspülung	32	39,5 %
Hohe Dichtheit an Verbindungsstellen	37	45,7 %
Hohe Langzeiterfahrung	29	35,8 %
Hohe Ringsteifigkeit	6	7,4 %
Andere Eigenschaften	3	3,7 %
Häufigkeit an Nennungen, N = 81		

Bild 4: Gewichtung von Rohreigenschaften (Quelle: Eigene empirische Erhebung)

Fig. 4: Weighting of various material properties (Source: Own empirical survey)

nehmenden Unternehmen bereit ist, höhere kurzfristige Kosten in Kauf zu nehmen, wenn dadurch die langfristigen Kosten gesenkt werden können.

Die Langzeiterfahrung beinhaltet zum einen die Erfahrung der Betreiber selbst, zum anderen aber auch die Einschätzung über die Gesamterfahrung aller Anwender zum Einsatz im Abwassernetz. Wie später gezeigt wird, ist diese oft subjektive Einschätzung ein wichtiges Kriterium für die Festlegung der Nutzungs- und Abschreibungsdauer des Abwassernetzes.

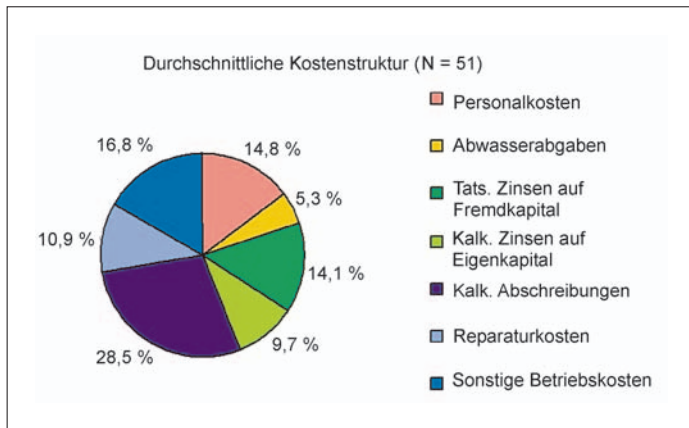
Kostensenkungspotenziale

Ein weiterer Schwerpunkt der empirischen Untersuchung war die Analyse von Kostensenkungspotenzialen in den Bereichen „Sanierungskosten“ und „kalkulatorische Abschreibungen“. Ist es möglich, in diesen Bereichen durch eine geschickte Rohrwerkstoffwahl langfristig Einsparungen zu erzielen?

Bild 5 gibt einen Überblick über die durchschnittliche Kostenstruktur eines Abwasserentsorgungsunternehmens. Die Angaben decken sich weitestgehend mit vorher durchgeführten Studien [2]. Es hat sich auch in dieser Umfrage bestätigt, dass die „kalkulatorischen Abschreibungen“ (28,5 %) gefolgt von den „sonstigen Betriebskosten“ (16,8 %) mit Abstand die größten Kostenblöcke darstellen. Der durchschnittliche Reparaturkostenanteil wurde mit 10,9 % angegeben. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass viele Unternehmen für anfallende Reparaturkosten keinen eigenen Kostenblock bilden und diese etwas willkürlich den „sonstigen Betriebskosten“ hinzurechnen. Der Reparaturkostenanteil ist somit in Wirklichkeit beträchtlich größer und der Block „sonstige Betriebskosten“ dementsprechend kleiner.

Bild 5: Durchschnittliche Kostenstruktur der erfassten Unternehmen (Quelle: Eigene empirische Erhebung)

Fig. 5: Average cost distribution for drain/sewer system operators questioned (Source: Own empirical survey)



Die Kostenarten „kalkulatorische Abschreibungen“ und „Betriebs- und Reparaturkosten“ stellen somit die wichtigsten Kostenfaktoren dar. Dort sind folgerichtig auch die größten Kosteneinsparungen zu erwarten.

Im Rahmen der Untersuchung wurde analysiert, ob sich Kosteneinsparungen in den genannten Bereichen durch die verstärkte Wahl von PE als Rohrwerkstoff erzielen lassen.

Sanierungskosten als Kostensenkungsmöglichkeit

Eine Einsparung bei den Sanierungskosten kann hauptsächlich dadurch erreicht werden, dass die relativ teuren Schadensarten möglichst selten auftreten. Dieses kann neben einer regelkonformen Verlegung vor allem durch die Rohrwerkstoffwahl erreicht werden. Die an der Studie teilnehmenden Unternehmen wurden einerseits gefragt, wie teuer ausgewählte Schadensarten in der Re-

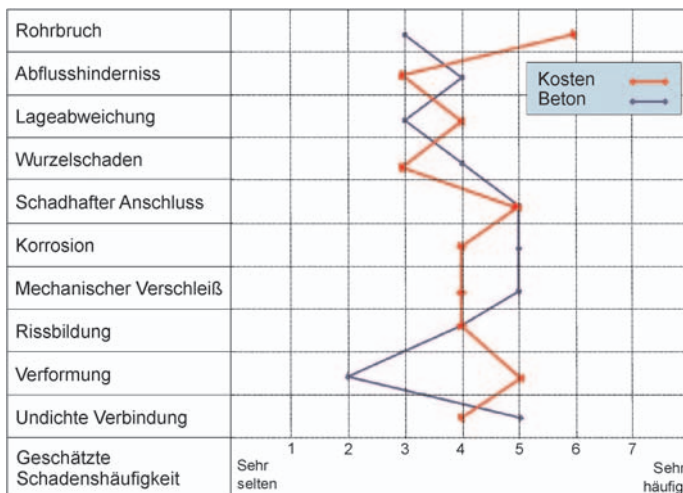


Bild 6: Kosteneinschätzung zur Behebung (rot) und Häufigkeitseinschätzung ausgewählter Schadensarten beim Werkstoff Beton (blau) (Quelle: Eigene empirische Erhebung)

Fig. 6: Qualitative estimation of costs for elimination (red) and rates of damage of various types of damage for the pipe material concrete (blue) (Source: Own empirical survey)

gel zu beheben sind und andererseits nach ihrer Einschätzung, wie häufig diese Schadensarten bei den jeweiligen Rohrwerkstoffen auftreten. Die Ergebnisse für die Werkstoffe Beton, Steinzeug und PE können den **Bildern 6, 7 und 8** entnommen werden.

Aufgrund der Antworten können folgende Aussagen getroffen werden:

- Die Schadensarten „Rohrbruch/Einsturz“, „schadhafter Anschluss“ und „Verformung“ verursachen die höchsten Kosten, weil hier umfangreiche Sanierungsmaßnahmen häufig in offener Bauweise durchgeführt werden müssen bzw. die Schäden selbst (schadhafte Anschlüsse) am häufigsten auftreten.
- Der Rohrwerkstoff Beton wird als kritisch angesehen in den Bereichen „schadhafter Anschluss“, „Korrosion“, „mechanischer Verschleiß“ und „undichte Verbindung“. Als unproblematisch wird der Werkstoff im Bereich „Verformung“ beurteilt.
- Bei Steinzeug wird die Schwäche in der Gefahr von Rissbildung gesehen. Der Rohrwerkstoff wird als problematisch eingestuft in den Bereichen, die typischerweise mit biegesteifen Werkstoffen in Verbindung gebracht werden. Undichte Verbindungen, Rohrbrüche und schadhafte Anschlüsse stellen zusätzlich ein hohes Schadensrisiko dar. Als Stärken werden selten vorkommende Verformungen, hohe Korrosionsbeständigkeit und Beständigkeit gegenüber mechanischem Verschleiß genannt.
- PE schneidet nach Einschätzung der teilnehmenden Unternehmen insgesamt deutlich besser ab als die betrachteten biegesteifen Rohrwerkstoffe. Vor allem in den Bereichen „Rohrbruch/Einsturz“, „Korrosion“ und „Rissbildung“ erhält das Material die besten Werte. Lediglich der Widerstand gegen Verformung wird im Vergleich zu den biegesteifen Werkstoffen niedriger eingestuft.

Ein Vergleich der Rohrwerkstoffe zeigt, dass Rohrsysteme aus Beton und Steinzeug eine schwächere Einschätzung erhalten haben als diejenigen aus Polyethylen. Nur im Schadensbereich „Verformung“ schneiden sie besser ab als PE.

Wird an dieser Stelle nochmals die Gewichtung der Rohreigenschaften betrachtet (Bild 4) und mit den Ergebnissen aus den Bildern 5, 6 und 7 verglichen, ist zu konstatieren, dass der Einsatz des Werkstoffes PE im Bereich der öffentlichen Abwasserentsorgung wesentliche Vorteile mit sich bringt. In den wichtigen Eigenschaftsbereichen „Korrosion“ und „Dichtheit“ weist PE eindeutig bessere Werte auf. Wird die allgemeine Schadenshäufigkeit, die bei Beton und Steinzeug höher ist, mit den „Reparatur- und Betriebskosten“ gleichgesetzt, schneiden die Kunst-

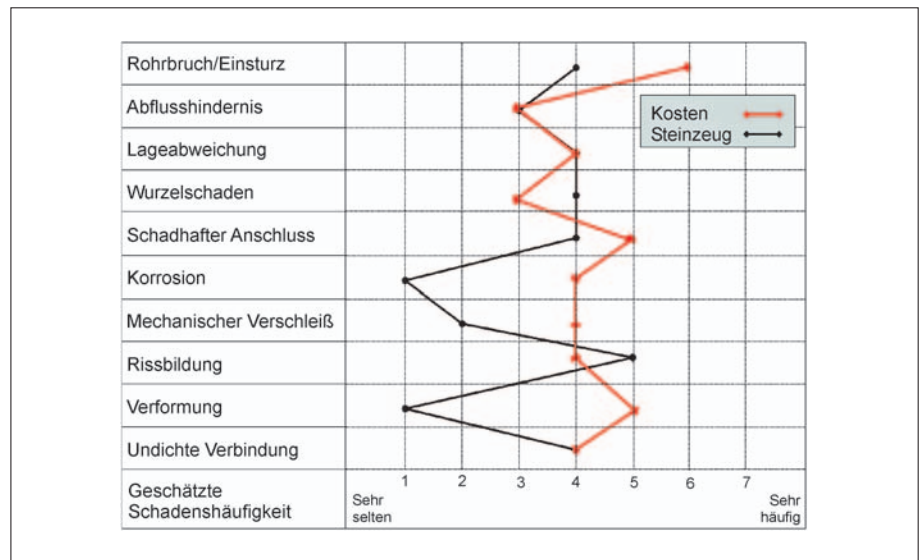


Bild 7: Kosteneinschätzung zur Behebung (rot) und Häufigkeitseinschätzung ausgewählter Schadensarten beim Werkstoff Steinzeug (schwarz) (Quelle: Eigene empirische Erhebung)

Fig. 7: Qualitative estimation of costs for elimination (red) and rates of damage of various types of damage for the pipe material stoneware (black) (Source: Own empirical survey)

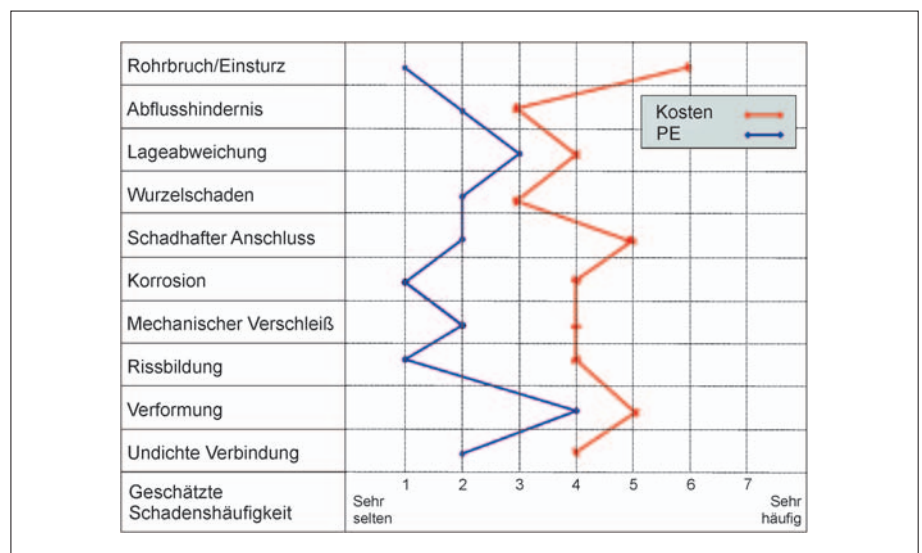


Bild 8: Kosteneinschätzung zur Behebung (rot) und Häufigkeitseinschätzung ausgewählter Schadensarten beim Werkstoff PE (blau) (Quelle: Eigene empirische Erhebung)

Fig. 8: Qualitative estimation of costs for elimination (red) and rates of damage of various types of damage for the pipe material PE (blue) (Source: Own empirical survey)

stoffe auch hier besser ab. Sogar das Risiko von Einbaufehlern ist niedriger, da durch die Verformungsfähigkeit von PE vollkommen neue Einbauverfahren zum Einsatz kommen können.

Die Schadensarten, deren Behebung hohe Kosten verursacht (Rohrbruch/Einsturz und schadhafter Anschluss), sind typischerweise bei den Werkstoffen Beton und Steinzeug vorzufinden. Lediglich „Verformungsschä-

den“ werden bei den Kunststoffrohrsystemen im Vergleich häufiger erwartet.

Der in Bild 1 aufgeführte Werkstoffanteil von Beton und Steinzeug am Gesamtnetz (zusammen knapp 90 %) mag in Verbindung mit den oben angeführten Erkenntnissen ein Grund für den hohen Anteil der Reparaturkosten an den Gesamtkosten sein. Durch verstärkten Einsatz von Polyethylen im Abwassernetz ist mit einer deutlichen Reduktion der Reparaturkosten zu rechnen.

LWA: KVR-Leitlinien	27	37,0 %			
BMVBS: Wertermittlungsrichtlinien	1	1,4 %			
DWA-Arbeitsblatt A 133	17	23,3 %			
KGSt kommunale Richtlinie	24	32,9 %			
Eigene Erfahrungen/Berechnungen	40	54,8 %			
Andere	8	11,0 %			
Anzahl von Nennungen, N = 74	10	20	30	40	50

Bild 9: Vorgehensweise zur Bestimmung von Abschreibungszeiträumen (Quelle: Eigene empirische Erhebung)
Fig. 9: Procedure to determine depreciation life (Source: Own empirical survey)

Kalkulatorische Abschreibungen als Kostensenkungsmöglichkeit

Darüber hinaus wurde in der vorliegenden empirischen Untersuchung eine Reduzierung der kalkulatorischen Abschreibungen der Abwassernetzbetreiber durch eine geeignete Werkstoffwahl in Betracht gezogen. Die Abschreibungsdauern hängen wesentlich von den angenommenen Nutzungsdauern und dem Erfahrungszeitraum mit den jeweiligen Rohrwerkstoffen ab.

Die LAWA-Richtlinien, an denen sich viele Unternehmen bezüglich ihrer Nutzungsdauern orientieren, empfehlen pauschal eine Nutzungsdauer zwischen 50 und 80 Jahren [3]. Das kann insbesondere bei Werkstoffen wie PE, mit denen noch nicht so lange Erfahrungen wie mit Steinzeug- oder Betonrohren vorliegen, zum Ansatz von übertrieben konservativen Nutzungsdauern führen. Gerade bei den traditionellen Werkstoffen (Steinzeug und Beton) fällt auf, dass die vom Betreiber angegebenen Nutzungsdauern die geplanten Abschreibungsdauern um rund zehn Jahre übersteigen. Das bedeutet, dass Kanalrohre länger als vorgesehen im Einsatz sind. Um kurzfristig Kosten einzusparen, werden also fällige Erneuerungsmaßnahmen zu Gunsten von Reparaturmaßnahmen aufgeschoben, anstatt in neue, langlebigere Rohrleitungssysteme zu investieren.

An dieser Stelle erscheint es besonders wichtig, auf den Zusammenhang zwischen tatsächlicher Erfahrung und angenommener Nutzungsdauer hinzuweisen: Es wird von den befragten Unternehmen tendenziell denjenigen Rohrwerkstoffen eine längere Haltbarkeit bescheinigt, mit denen die Kanalisationsbetreiber die längste Erfahrung haben.

In der durchgeführten Studie wurden die teilnehmenden Unternehmen darüber hinaus dazu befragt, nach welchem Kriterium die Abschreibungszeiträume der Abwassernetze festgelegt werden (**Bild 9**).

Hier bestätigt sich die zuvor gewonnene Erkenntnis, dass als wichtigstes Kriterium zur

Festlegung des Abschreibungszeitraumes die eigenen Erfahrungen mit dem jeweiligen Werkstoff im Vordergrund stehen.

Somit ist zu erwarten, dass der Betreiber mit zunehmender Erfahrung mit dem Werkstoff PE auch die voraussichtliche Nutzungsdauer deutlich länger einschätzen wird.

Fazit

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die „traditionellen“ biegesteifen Rohrwerkstoffe die aktuelle Werkstoffverteilung dominieren. Das Zukunftspotenzial von Kunststoff wurde in dieser Untersuchung deutlich, was einen verstärkten Anstieg von Kunststoffrohren für die Zukunft erwarten lässt. Allerdings wird die Verbreitung von PE in der öffentlichen Abwasserentsorgung derzeit noch etwas gebremst, da viele Kanalnetzbetreiber lange Erfahrung mit altbewährten Materialien wie Beton und Steinzeug haben. Durch den anhaltenden Etablierungsprozess von PE- und PP-Kanalrohren und die positiven Erfahrungen, die die Netzbetreiber mit biegeweichen Werkstoffen machen werden, wird sich die Akzeptanz von Rohren aus Polyolefinen in den nächsten Jahren jedoch potenzieren.

Die Befragung hat außerdem gezeigt, dass die Kanalnetzbetreiber die kalkulatorisch angesetzten Abschreibungszeiträume häufig niedriger ansetzen als die erwartete Lebensdauer. Die Abschätzung der Lebensdauer und somit auch der angesetzten Abschreibungszeiträume wird demnach maßgeblich durch die Erfahrung mit dem jeweiligen Rohrwerkstoff geprägt. Besonders diejenigen Betreiber, die heute noch keine oder unzureichende Erfahrung mit dem Werkstoff PE besitzen, tendieren demnach dazu, eine zu geringe Nutzungsdauer anzunehmen und somit zu kurze Abschreibungszeiträume für PE einzuplanen. Durch eine realistischere Einschätzung der Nutzungsdauer von Polyethylenrohrsystemen (diese darf wesentlich länger angenommen werden als bei den traditionellen Werkstoffen) können die kalkulatorischen Kosten maßgeblich gesenkt werden.

Den Ergebnissen der Untersuchung zufolge birgt der verstärkte Einsatz von PE als Rohrwerkstoff darüber hinaus die Möglichkeit, die Lebensdauerkosten von Abwasserleitungen nachhaltig zu senken. Vor allem bei den von den befragten Unternehmen als wichtig angegebenen Rohrwerkstoffeigenschaften „Rohrbruch/Einsturz“, „schadhafter Anschluss“ und „Verformung“ schneidet Polyethylen deutlich besser ab als die herkömmlichen Rohrwerkstoffe. Ebenso stellte sich heraus, dass Beton und Steinzeug häufiger Schäden aufweisen, die nur mit großem Aufwand und erheblichen Kosten zu beheben sind (z. B. „schadhafter Anschluss“, „Korrosion“, „mechanischer Verschleiß“ und „undichte Verbindung“).

Abschließend lässt sich festhalten, dass durch den Einsatz von PE in der öffentlichen Abwasserentsorgung nachhaltig Sanierungskosten und kalkulatorische Abschreibungen gesenkt werden können.

Literatur

- [1] Berger, C.; Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland – Ergebnisse der DWA-Umfrage 2004, 2005, http://www.atv.de/download/Kanalisation_De2004.pdf, zuletzt aufgerufen am 04.10.2006
- [2] ATV-DVWK/BGW: Marktdaten Abwasser 2003: Ergebnisse der gemeinsamen Umfrage zur Abwasserentsorgung, 2004, http://www.dwa.de/download/markt_daten-abwasser_2003.pdf, zuletzt aufgerufen am 04.10.2006
- [3] LAWA: Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen. KVR-Leitlinien, 7. überarbeitete Auflage, Berlin, 2005
- [4] DIN 8074 „Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Maße“ (1999)

Autoren:

Dipl.-Ing. Thomas Frank
 Geschäftsführer Frank GmbH,
 Mörfelden



Tel. +49(0)6105/926-20
 E-Mail: t.frank@frank-gmbh.de

Dr. Christian Habedank
 Exportleiter Frank GmbH,
 Mörfelden



Tel. +49(0)6105/926-156
 E-Mail: c.habedank@frank-gmbh.de

Jan Wennemer



E-Mail: Jan.Wennemer@gmx.de