

II/4 Analyse der Restnutzungsdauer und Bestimmung des Erneuerungsbedarfs von Abwasserleitungen am Beispiel einer Thüringer Kleinstadt

**Dr.-Ing. Wolfram Kämpfer, Dipl.-Ing. Michael Berndt und
Prof. Dr.-Ing. Gottfried Voigtländer**

1 Zielstellung

Die Abwasserentsorgung stellt den größten einzelwirtschaftlichen Kostenfaktor im Umweltschutz dar. Die zunehmende Kenntnis zum Kanalzustand und deren Instandhaltungsdringlichkeit, wie auch die gestiegenen Anforderungen an die umweltgerechte Abwasserableitung haben Aktualität und Kosten in den letzten Jahren überproportional gesteigert. Ein zusätzlicher Kostendruck entsteht durch die in den Jahren 1950 bis 1990 in Ostdeutschland vernachlässigte Bestandspflege der Kanalnetze.

Nach seriösen Schätzungen beträgt der derzeitige Instandhaltungsbedarf in Deutschland etwa 60 ... 80 Mrd. DM. Bis zum Jahr 2015 sind 15.000 km öffentliche Abwasserkanäle, das heißt jährlich 1.000 km neu zu errichten. Wesentlich diffiziler als die Prognose des Erweiterungsbedarfes sind fundierte Angaben zum Instandhaltungsbedarf bestehender Kanalnetze. Die als schadhaft eingestuften Abwasserkanäle im Osten Deutschlands werden mit 40 % ... 55 % angegeben. Auf Grund des in den nächsten Jahren vorrangigen Neuanschlusses bisher nicht an das öffentliche Kanalnetz angeschlossener Entsorger ist zu erwarten, dass Investitionen für die Instandhaltung in weitaus geringerem Umfang erfolgen, als technisch notwendig wäre.

Der Instandhaltungsbedarf wird wesentlich von den verbleibenden Restnutzungsdauern bestimmt. Angaben dazu sind aus betriebswirtschaftlichen Aspekten, nicht jedoch aus technischer Sicht verfügbar. Spezielle Disparitäten sind zudem zwischen den Alten und den Neuen Bundesländern vorhanden sowie aus unterschiedlichen historischen Entwicklungen in Städten und im ländlichen Raum. Bei der Entscheidung für oder gegen eine Instandhaltung spielen subjektive Einschätzungen der Entscheidungsträger eine entscheidende Rolle.

2 Ausgangssituation

2.1 Kanalnetz in Deutschland

Die 1997 durch die ATV durchgeführte Umfrage zum Zustand der öffentlichen Kanalisation umfasst 128 Städte und Gemeinden [2]. Da Daten aus dem ländlichen Raum und den neuen Bundesländern unterrepräsentiert waren, konnte keine homogene Ergebnisverteilung erzielt werden. Der Untersuchungsgrad zum Zustand der Kanäle liegt in Kommunen mit 10 bis 250 TEW bei rund 70 %. Dagegen kann bei kleineren Kommunen im Durchschnitt nur ein Untersuchungsgrad von maximal 30 % angenommen werden. Die erfassten Kanalnetze weisen einen Instandhaltungsbedarf von 16 % auf, wobei dieser für Kommunen mit weniger als 10 TEW einen Umfang von 25 % einnimmt (Kommunen > 100 TEW: 10 %).

2.2 Kanalnetz in Thüringen

Die Gesamtlänge des öffentlichen Kanalnetzes in Thüringen beträgt 9.700 km, wobei seit 1990 etwa 1.200 km neu verlegt worden sind. Unterschiede in der Netzstruktur gegenüber den alten Bundesländern bestehen:

- in einem erheblich kleineren Anteil an Rohren \leq DN 250 vor (15 % / 21 %),
- in geringeren Anteilen begehrter Kanäle (6 % / 12 %).

Vorrangig eingesetzte Kanalwerkstoffe sind Steinzeug mit 53 % und Beton mit 45 %. Der Anteil an Kanälen mit einem Alter von mehr als 60 Jahren ist in Thüringen 4mal größer als im bundesdeutschen Durchschnitt. Über 28 % der öffentlichen Kanäle sind älter als 80 Jahre und damit am Ende ihrer betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer. Die Kommunen des Freistaates Thüringen mit 2 bis 10 TEW verfügen über ein öffentliches Kanalnetz von etwa 3.200 km Länge. Im ländlichen Raum sind etwa 2.800 km Kanalnetz vorhanden. In Abhängigkeit von ihrer Herstellungsqualität, Liegezeit und Belastung bedürfen nach ersten Abschätzungen etwa 48 % dieser Kanäle einer Sanierung oder Erneuerung.

2.3 Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer

Abwasserkanäle unterliegen physikalischen, chemischen und biochemischen Beanspruchungen. Diese führen zum Abbau des vorhandenen Abnutzungsvorrates. Als betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer wird die durchschnittliche Lebensdauer bezeichnet. Sie kann aus Erfahrungswerten der Netzbetreiber, aus Vorgaben der LAWA oder aus statistischen Analysen bestimmt werden. Nach den KVR-Leitlinien wird von einer materialunabhängigen mittleren Nutzungsdauer zwischen 50 bis 80 Jahren, in Ausnahmefällen auch von 100 Jahren ausgegangen.

In der betrieblichen Praxis ist die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer der im Mittel späteste Zeitraum, in dem eine Rohrleitung grundhaft saniert bzw. erneuert werden muss. In der Regel ist dies mit Erreichen des Interventionszustandes ZK 0/I gegeben. Die Abschreibung berücksichtigt daneben zusätzlich, dass Kanäle bereits vor dem Erreichen des Interventionszustandes planungsverdrängt, teilsaniert oder modernisiert werden. Die allgemeine Praxis zeigt, dass hierbei den Netzbetreibern ein erhebliches Ermessen eingeräumt wird.

3 Untersuchungsmethodik

Auf der Grundlage von Datenerfassungen, Zustandsbewertungen und Simulationsversuchen ist der Finanzbedarf für die Instandhaltung von Kanalnetzen für Kommunen mit 2 bis 10 TEW abzuschätzen. Für Beton- und Steinzeugrohre sind in Abhängigkeit von Alter und Betriebsart mittlere Verweildauern in Zustandsklassen zu ermitteln. Dabei ist von den jeweiligen realen Schadenslängen auszugehen. Der zukünftige Alterungsverlauf ist auf der Grundlage von Simulationsversuchen zu prognostizieren.

Das erfasste Modellkanalnetz ist so gewählt, dass die Kanalstamm- und Schadensdaten repräsentativ für eine Hochrechnung sind. Die untersuchte Kanallänge betrug 18.000 m. Die Zuordnung der Baujahrgänge zu den Zustandsklassen nach ATV M 143 / M 149 führt zu Übergangsfunktionen, aus denen die mittlere Verweildauer in den jeweiligen Zustandsklassen ermittelt werden kann. Daraus wird die Restnutzungsdauer, das heißt die Zeitspanne bis zum Erreichen eines festgelegten Interventionszustandes, bestimmt.

Zur Erfassung der Eigenschaften von Altrohrmaterialien wurden Proben unterschiedlichster Baujahre entnommen und Festigkeiten, Struktur- und Gefügeänderungen bestimmt sowie der altersabhängige Schädigungsgrad ermittelt. Die Alterungsprognose von Kanalwerkstoffen aus Beton und Steinzeug erfolgte durch Einlagerungsversuche, bei denen ein mechanisch-biochemischer Angriff im Zeitrafferverfahren simuliert wurde.

4 Schadensstatistik

Eine signifikante Abhängigkeit besteht zwischen Schadensdichte, Zustandsklasse und Alter für Steinzeugrohre. Mit fortschreitender Nutzungsdauer steigt die Schadenszahl proportional an. Für Betonkanäle liegen größere Abweichungen der Zustandssummenlinien in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer vor. Betonkanäle der Baujahre 1950 bis 1990 weisen eine überproportionale hohe Schadensdichte auf. Die Ursachen liegen in Material- und Einbaufehlern.

Der Anteil der Kanäle ohne Schäden, ausgehend von der realen Schadenslänge in Richtung der Rohrachse beträgt 78 %. Für nur etwa 1,5 % der Gesamtnetzlänge in Kommunen mit 2 bis 10 TEW besteht sofortiger Instandhaltungsbedarf. Von den insgesamt verbleibenden rund 20 % sind etwa 2,5 % für Instandhaltungsmaßnahmen in einem Zeitraum bis zu 2 Jahren einzuordnen, 7,8 % für Maßnahmen im Zeitraum bis zu 5 Jahren und 10,9 % für langfristige Maßnahmen im Zeitraum bis zu 10 Jahren. Die Kosten dafür sind in **Bild 1** enthalten.



Bild 1: Prognose zum Finanzbedarf der Kommunen mit 2 bis 10 TEW für Instandhaltungsmaßnahmen im Abwassernetz

Der mittelfristige, das heißt bis zu fünf Jahren zu kalkulierende Instandhaltungsbedarf, bezogen auf die Gesamtkanallänge, beträgt 7,1 %. Der Finanzbedarf liegt zwischen 80 TDM und 170 TDM pro 1.000 m Kanallänge, je nach Verhältnis von Sanierung zu Erneuerung. Für den Freistaat Thüringen leitet sich daraus für die bis zum Jahr 2005 instanzzusetzenden Abwasserkanäle ein erforderliches Finanzvolumen von etwa 450 Mio. DM ab. Wird jeweils die Instandhaltung der gesamten Haltung einbezogen, so ist von einem Schadensanteil von 12 % des Kanalnetzes auszugehen. Betrachtet man einen Handlungszeitraum von 10 Jahren, ergeben sich Instandhaltungskosten zwischen 160 TDM und 350 TDM pro 1.000 m Kanal. Damit liegt die zu kalkulierende Größenordnung für den 10-Jahres-Zeitraum im Bereich zwischen 500 Mio. DM und 1,2 Mrd. DM.

Altkanäle aus Beton im Ablauf von Kleinkläranlagen sind zu etwa 40 % bis zum Tragfähigkeitsverlust (ZK0) geschädigt. Bei Steinzeugrohren sind überproportional Lageabweichungen der Rohrverbindungen mit zum Teil umweltrelevanten Belastungen von Boden und Grundwasser vertreten. Die Werkstoffuntersuchungen an Steinzeug- und Betonrohren zeigen, dass bei mittleren mechanisch-chemischen Belastungen eine technische Nutzungsdauer von mehr als 100 Jahren zu erwarten ist. Bei Änderungen der Betriebs- und Umgebungsbedingungen, insbesondere im Zusammenhang mit Straßenbaumaßnahmen sollte eine Erneuerung des Kanals Vorrang vor einer Kanalsanierung besitzen.

5 Alterungsprognose für Betonrohre

Die Ermittlung der Zustandsübergangsfunktionen beruht auf der statistischen Auswertung von Alter und Bauzustand. Dabei werden die Summenlinien der Anteile der einzelnen Zustandsklassen in den Baujahrgängen des Kanalbestandes über dem Alter aufgetragen. Die Verweildauer bis zum Erreichen der Interventionsklasse ZK0/I ergibt die mittlere betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer. Bei erhöhten umweltrelevanten Gefährdungspotentialen kann eine Anpassung der Nutzungsdauer bereits bei Erreichen einer höheren Interventionsklasse erfolgen.

Die Datenbasis zur statistischen Ermittlung der Verweildauern von Betonrohren in den Zustandsklassen nach ATV M 143 für Kommunen mit 2 bis 10 TEW umfasst 8.200 m. Beispielhaft für die materialspezifische Alterungsprognose sind die Zustandsübergänge von Haltungen für Mischwasserkanäle aus Beton in **Bild 2** aufgetragen. Die Funktion der Baujahresanteile verläuft degressiv. Dies zeigt, dass in der Praxis als Folge von Verlegefehlern frühzeitig Rohrleitungsschäden auftreten, deren zeitliche Weiterentwicklung verzögert abläuft. Die Verweildauern der untersuchten Betonkanäle in den Zustandsklassen ist annähernd gleichmäßig verteilt. Bis zum Erreichen der Interventionsklasse ZK I werden im Durchschnitt, wie auch in den Leitlinien der LAWA angegeben, maximal 100 Jahre benötigt. Bei der Festlegung von Interventionsklassen sollte jedoch berücksichtigt werden, dass im Falle besonderer wasserwirtschaftlicher Randbedingungen die Interventionsklasse bereits bei ZK II erreicht wird.

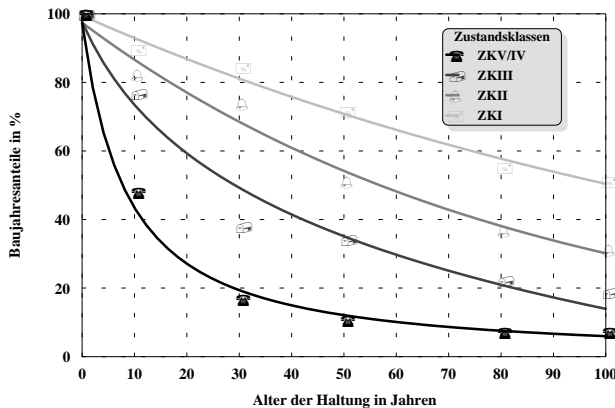


Bild 2:
Zustandsübergänge
für Betonrohre in
Mischwassersamm-
lern

6 Alterungsprognose für Steinzeugrohre

Die Alterungsprognose für Steinzeugrohre basiert auf der statistischen Auswertung von 10.400 m Mischwasserkanalisation und der Zuordnung in Zustandsklassen nach ATV M 143 / M 149. **Bild 3** zeigt die mittleren Verweildauern der Kanalhaltungen. Gegenüber dem Beton zeigt der Werkstoff Steinzeug ein spröderes Werkstoffverhalten, welches im geringeren Verformungsvermögen und im plötzlichen Versagen Ausdruck findet. Dabei zeigt sich, dass bei Verlegefehlern, insbesondere durch unzureichende Verdichtung in der Rohrleitungszone in Verbindung mit Bodensetzungen und Verkehrsbelastungen bereits relativ frühzeitig Schäden auftreten. Im Vergleich zu Betonrohren sind jedoch die Verweildauern in den Zustandsklassen ZK III und ZK II größer und führen damit zu mittleren Nutzungsdauern von 120 Jahren.

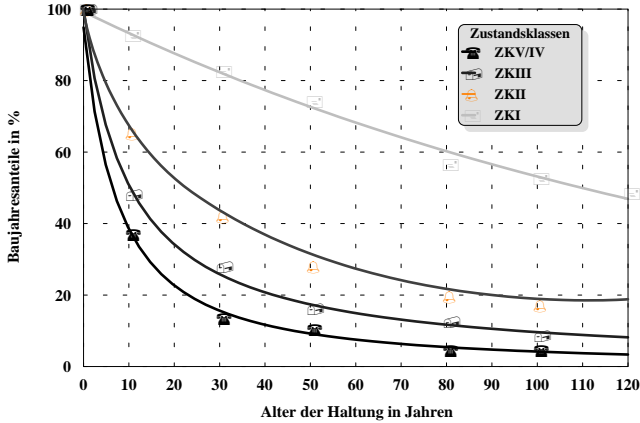


Bild 3: Zustandsübergangsfunktion für Haltungen aus Steinzeugrohren

Diese verkürzte Verweildauer in den Zustandsklassen ZKV/IV ist auf den überproportionalen Anteil von Lageabweichungen in den Rohrverbindungen, Abwinklungen und axialen Rohrverschiebungen zurückzuführen. Die mittlere Verweildauer bereits vorgeschädigter Rohre in der Zustandsklasse ZKII/I beträgt etwa 60 Jahre. Bei konsolidierten, ungestörten Bodenverhältnissen bleibt damit das vorgeschädigte Steinzeugrohr auf Grund seiner mechanisch-chemischen Beständigkeit und den begünstigten Spannungsverhältnissen im Rohrquerschnitt auch bei Rissbildung über einen langen Zeitraum tragfähig.

7 Umweltsimulation

Auf Grundlage eines Zeitrafferverfahrens wurden vorbelastete Proben in verdünnter Schwefelsäure eingelagert [1], um daraus das Langzeitverhalten bei biogenem Schwefelsäureangriff zu simulieren. **Bild 4** zeigt die Druckfestigkeiten von Beton in Abhängigkeit von der Belastungsdauer. Die Alterung weist einen linearen Verlauf auf. Aus dem Schädigungsver-

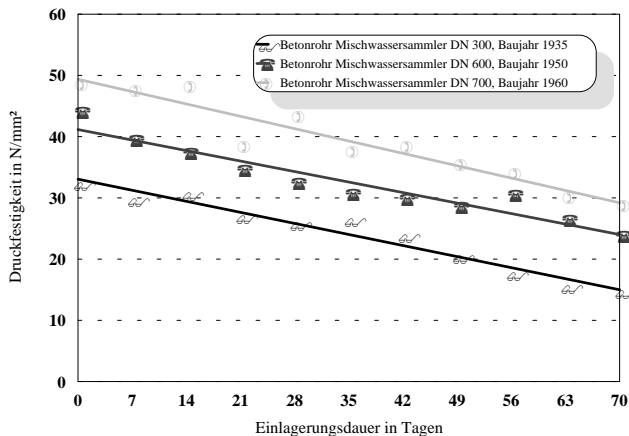


Bild 4: Festigkeit von Rohrbeton unter Schwefelsäurebelastung

halten kann die Regressionskurve approximiert und so der Schnittpunkt mit der Interventionsfestigkeit, das heißt der noch erforderlichen Mindestbetonfestigkeit bestimmt werden. Für die Übertragbarkeit von Zeitraffer- in Echtzeitbeanspruchungen werden derzeit Untersuchungen durchgeführt.

Analog zu Simulationsversuchen an vorbelasteten Betonrohren erfolgten Untersuchungen zum Schädigungsverlaufes von Steinzeugrohren unterschiedlicher Baujahre. Signifikante Veränderungen im Festigkeitsverhalten traten nur dann auf, wenn Glasur- und/oder größere Texturschäden vorlagen. Der Zeitraum bis zum Erreichen der Interventionsfestigkeit ist bei gleicher Belastung um den Faktor 2 bis 3 größer als bei Beton. Bei Vorschädigungen im Oberflächenbereich treten auch bei Steinzeugrohren belastungsabhängige Materialschädigungen durch biogene Korrosion auf. Für Steinzeugrohre mit fehlerfreier Glasur wurden auch bei entsprechend hohen Korrosionsbelastungen keine negativen Werkstoffveränderungen festgestellt.

8 Zusammenfassung

Die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer wird aus Erfahrungswerten der Netzbetreiber, aus Leitlinien der LAWA oder aus eigenen statistischen Analysen ermittelt. Grundlage einer Bewertung des Kanalnetzes sind die Vorgaben der DIN EN 752 und die Einstufung in Zustandsklassen nach ATV M 143 / M 149. Für Thüringen wurden für eine vorausschauende Instandhaltungsplanung die Stamm- und Zustandsdaten des Kanalnetzes einer Thüringer Kleinstadt erfasst und mittels statistischer Methoden ausgewertet. Die ermittelten materialspezifischen Zustandsfunktionen bilden die Grundlage zur Hochrechnung für den Instandhaltungsbedarf.

Bei Angaben zur Schadenshäufigkeit muss grundsätzlich zwischen den Zustandsbewertungen nach ATV M 149, die von der Bewertung der Haltung nach dem größten Einzelschaden ausgeht und der realen Schadenslänge unterschieden werden. Bezogen auf die reale Schadenslänge sind im Bereich der Kleinstädte etwa 12 % des Kanalnetzes instandhaltungsbedürftig.

Die mittleren Verweildauern in den einzelnen Zustandsklassen lassen sich aus den Übergangsfunktionen ermitteln. Für Steinzeugrohre beträgt die Nutzungsdauer 120 Jahre. Für Betonrohre kann je nach Betriebsbedingung von 60 bis 100 Jahren ausgegangen werden.

Die Schädigung der Rohrmaterialien beginnt für einen überraschend hohen Anteil bereits relativ frühzeitig. Dies wird insbesondere auf Verlegefehler und statische/dynamische Überlastungen zurückgeführt. Nach Konsolidierung des Bodens im Bereich der Rohrleitungszone treten langfristige Werkstoffalterungen auf, die im Durchschnitt zu hohen Verweildauern in den Zustandsklassen mit geringem/mittlerem Vorschädigungsgrad führen.

Die Materialkennwerte an Altrohren aus Beton und Steinzeug zeigen nur teilweise signifikante Abhängigkeiten zum Alter. Auf Grund verschiedenster Herstellungstechnologien und Materialzusammensetzungen ist eine direkte Zuordnung von Festigkeit und Baujahr nur bedingt möglich. Zeitrafferversuche lassen Rückschlüsse über den Schädigungsablauf, die Verweildauern in Zustandsklassen sowie Aussagen zur Restnutzungsdauer zu.

Literatur

- [1] Kämpfer, W., Berndt, M. und Voigtländer, G.: Analyse der Restnutzungsdauer von Rohrwerkstoffen in Ortsentwässerungsanlagen in ausgewählten Gebieten des Freistaates Thüringen; Studie TMLNU, MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar, 2000.

- [2] Dyk, C. und Lohaus, J.: Der Zustand der Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland – ATV-Umfrage 1997; ATV-Veröffentlichung, Bad Hoenf, 1997.
- [3] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn Berlin, 1999.
- [4] Krug, R. und Hochstade, K.: Anpassung der Abschreibungssätze / Nutzungsdauern an veränderte Bau- und Betriebszustände nach ATV A 133, UTA(1997)2, pp. 91-96.

Verfasser: Dr.-Ing. Wolfram Kämpfer (Vortragender)
Betriebsleiter Fachgebiet Materialbeständigkeit
MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar
Dipl.-Ing. Michael Berndt
MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar
Amalienstraße 13
99423 Weimar
Telefon: (0 36 43) 564 184
Telefax: (0 36 43) 564 202
e-mail: wolfram.kaempfer@mfpa.de
und
Prof. Dr.-Ing. habil. Gottfried Voigtländer
Bauhaus-Universität Weimar
Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft
Coudraystraße 7
99421 Weimar
Telefon: (0 36 43) 58 46 15
Telefax: (0 36 43) 58 46 48