

# **Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen**

## **Vorausschauende Instandhaltung**

Dipl.-Ing. Karl Jansen / Saarbrücken

### **1. Einleitung**

Infolge der historischen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland hat nach dem 2. Weltkrieg der Wiederaufbau und in Verbindung mit dem wirtschaftlichen Aufschwung der Neubau der Infrastruktursysteme insbesondere mit der Netzerweiterung der Kanalisation Vorrang gehabt.

Die Instandhaltung der Abwasserkanalisationen war bisher ein Stiefkind der staatlichen und kommunalen Verwaltungen. Dies ist insoweit verwunderlich, da sich mit der Abwasserkanalisation das größte Anlagevermögen kommunaler und privater Netzbetreiber unter der Erde befindet.

Die Vielzahl der kommunalen und privaten Kanalnetzbetreiber verdrängen die Erkenntnis aus dem Hochbau das sich auch Abwasserkanalisationen, ähnlich wie alle anderen technischen Bauwerke, abnutzen und dementsprechend wieder in Stand gesetzt werden müssen. Seit etwa zehn Jahren hat die herkömmliche Kanalinstandhaltung mit der Entwicklung moderner Farb-TV-Inspektionskamarasystemen den gebührenden Stellenwert erhalten. Damit wird erstmalig mit einer systematischen, flächendeckenden Erfassung der Baustände die Grundlage für eine weitergehende Instandhaltungsstrategie gelegt.

Es ist allgemein bekannt, daß der schlechte Erhaltungszustand der Abwasserkanalnetze zur Ex- und Infiltration des Grundwassers führt, die Entsorgungssicherheit beeinträchtigt und schadensbedingte Sofortmaßnahmen zur Instandsetzung erfordert, welche unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen. Der derzeitige hohe Sanierungsrückstand beschränkt sich nicht auf den Ersatzbedarf überalterter Netzteile. Zusätzlich sind neuere Haltungen und Schächte aufgrund von Baumängeln und Beschädigungen weit vor ihrer kalkulierten Nutzungsdauer sanierungsbedürftig geworden. Diese Fehleinschätzung der betriebsüblichen Nutzungsdauer erfordert die Einführung einer vorbeugenden Instandhaltungsplanung mit Schwachstellenanalyse und prognostischer Inspektionsstrategie. Zur Entwicklung eines modernen Kanalmanagements sollten Erfahrungen der Energieversorger und des verarbeitenden Gewerbes berücksichtigt werden.

Mit den knapper werdenden Finanzmitteln bekommt die kostendeckende Gebührenkalkulation zur Werterhaltung der Abwasserkanalnetze mit einer einwandfreien Funktion eine immer größere Bedeutung[1]. Sie ist in den nächsten Jahrzehnten eine Notwendigkeit für den Gewässerschutz und die Gesundheit von Mensch und Tier. Versäumnisse der Vergangenheit dürfen wir nicht zukünftigen Generationen überlassen.

### **2. Stellenwert der vorausschauenden Instandhaltung**

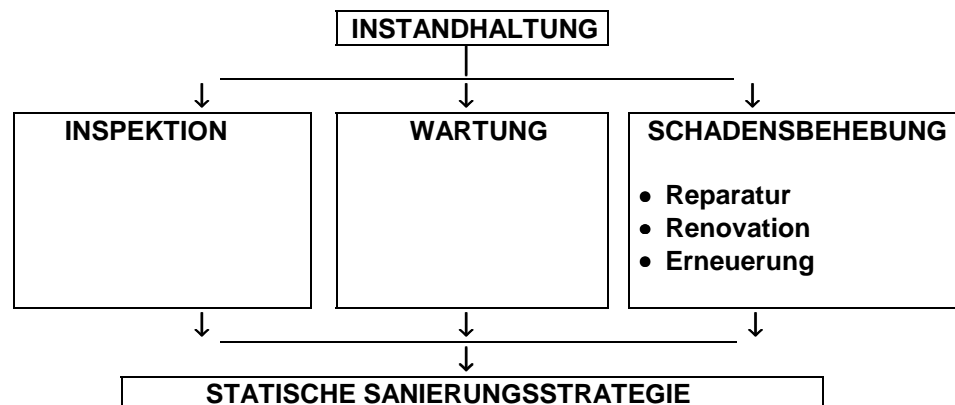
#### **2.1 Aufgaben der herkömmlichen Instandhaltung**

Wie bei jeder baulichen Maßnahme, so ist auch bei Kanälen und Leitungen sowie den zugehörigen Schachtbauwerken selbst bei sorgfältigster Planung und Bauausführung von einer begrenzten Lebensdauer auszugehen. Die Funktionsfähigkeit von Kanalleitungen kann im wesentlichen durch folgende Faktoren eingeschränkt werden:

- massive Zerstörung der Rohrwandung mit Verlust der Standfähigkeit;
- Scherbenbildung und Ablagerungen im Sohlbereich mit Behinderung des Fließvorganges;
- Undichtigkeit der Rohrwandung oder der Rohrverbindung mit Abwasseraustritt oder Wassereintritt.

Um das Kanalnetz in einem ordnungsgemäßen und funktionsfähigen Zustand zu halten, ist es erforderlich, regelmäßig die Kanäle zu überwachen, zu reinigen und besondere Anlagenteile zu warten.

Aus Bild 1 kann in Anlehnung an die DIN 31051 [2], dem ATV-Merkblatt M143, Teil 1 [3] und der Euronorm DIN EN 752, Teil 5 [4] der Ablauf einer herkömmlichen Instandhaltung entnommen werden:



**Bild 1:      Herkömmliche Instandhaltung**

Die Instandhaltung von Kanalisationsanlagen hat das Ziel, die Funktionsfähigkeit der Kanalleitungen aufrecht zu erhalten durch

- standsichere Kanäle,
- ausreichendes Abflußvermögen der Kanäle und
- dauerhaft dichte Kanäle.

## 2.2    Vorausschauende Instandhaltung mit vorbeugender Instandhaltungsstrategie

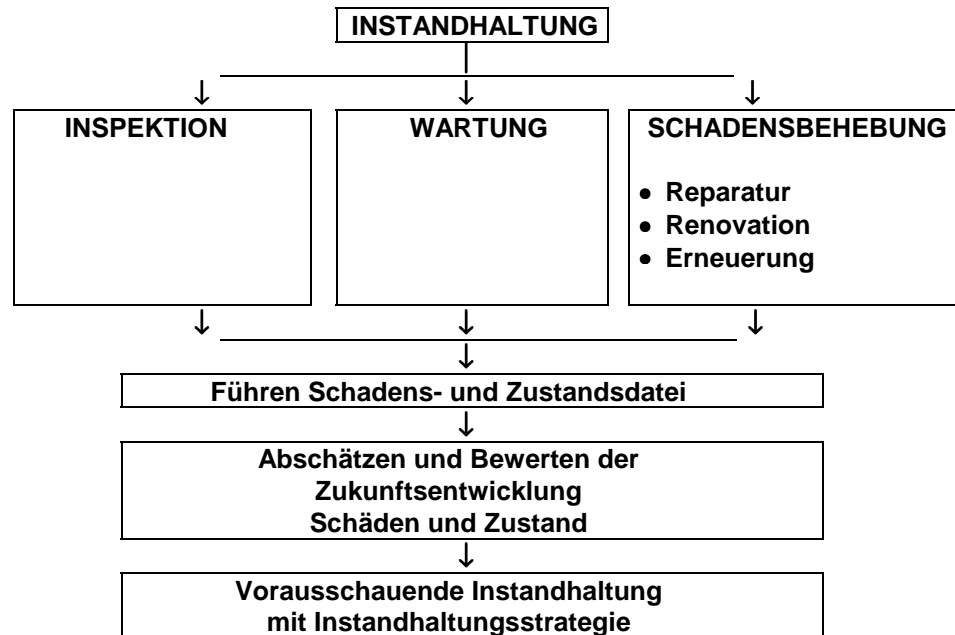
Wie die Definition bereits ausdrückt, ist die „vorausschauende Instandhaltung“ in die Zukunft gerichtet.

Ziel einer vorausschauenden Instandhaltungsstrategie ist die Verhinderung eines Schadenseintrittes und deren Häufigkeit. Damit können teure Kosten der Einzelschadensbehebung sowie Folgekosten vermieden und die Entsorgungssicherheit erhöht werden. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis des Bauzustandes und des netzspezifischen Alterungsprozesses mit den bisher durchlaufenen Verweilzeiten in den jeweiligen Zustandsklassen.

Neben den Instandhaltungsmaßnahmen nach DIN 31051 werden in der Praxis auch vorbeugende Maßnahmen zur Erhöhung der Funktionssicherheit technischer Systeme ergriffen. Für diese hat das Institut für interne Revision 1989 den Begriff **Vorbeugende Instandhaltung** [5] geprägt.

„Unter **Vorbeugender Instandhaltung** sind allgemein Maßnahmen zu verstehen, bei denen man Mittel und Wege sucht, um bereits bei der Planung, der Konstruktion oder sogar bei der Montage von Anlagen zu erwartende Schäden weitgehend zu vermeiden sowie zukünftige Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungskosten möglichst niedrig zu halten.“

In Anlehnung an DIN31051 [2] wurde folgende Definition vom Institut für interne Revision entwickelt (siehe Bild 2):



**Bild 2: Vorausschauende Instandhaltung**

- **Vorbeugende Instandhaltung nach [5] sind:**

Maßnahmen zur kostenminimalen Erhaltung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systemes, die sich an folgenden Kriterien orientieren:

- kostenminimierende Inspektion, Wartung und vorbeugende Instandsetzung
- Wahl schadensresistenter Anlagenkonstruktionen
- Instandhaltbarkeit
- Beschaffbarkeit
- Technische Zuverlässigkeit
- Wertbeständigkeit

Klassische Strategien im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung sind:

- die **Präventivstrategie** (Periodische Instandsetzung von Komponenten ohne Inspektion)
- die **Inspektionsstrategie** (Periodische Inspektion, zustandsabhängige Instandsetzung)
- die **Operativstrategie** (Lagerhaltung, schneller Austausch bei Funktionsausfall)

Abweichend von den klassischen Strategien stützt sich die **Vorausschauende Instandhaltung** auf eine Prognose der Wertminderung und der Ausfallkosten. Zweck dieser Prognose ist die kostengünstige Optimierung der Funktionssicherheit des Systems. Konkret werden betriebswirtschaftliche Beurteilungen und Bewertungen alternativer Sanierungsstrategien (Vorbeugende Reparatur/ Renovation/Erneuerung) und alternativer Sanierungsverfahren durchgeführt. Aus der entwickelten vorausschauenden Instandhaltungsstrategie werden dann Vorgaben für folgende Einzelentscheidungen abgeleitet:

- Veränderte Inspektionsintervalle oder Sonderinspektionen
- geänderte Wartungsmaßnahmen
- vorbeugende Reparaturen
- Veränderung der kalkulierten Restnutzungsdauer
- Veränderte Materialien oder Verlegeverfahren
- Erneuerung von Leitungsabschnitten

Die vorausschauende Instandhaltung ist in der Elektrizitäts-, Gas- und Wasserversorgung Stand der Praxis. Hier werden Leitungsabschnitte nach Ablauf der betriebsüblichen Nutzungsdauer vorsorglich erneuert, um das Risiko einer Betriebsstörung zu minimieren. Durch eine systematische Schwachstellenanalyse werden Baumängel und Bauschäden (z.B. unzureichender Korrosionsschutz und beobachtete Korrosionsschäden) bei der Festlegung der kalkulierten Nutzungsdauer berücksichtigt.

Noch ausgeprägter ist die vorausschauende Instandhaltung im produzierenden Gewerbe, insbesondere in der Fließbandproduktion. Dort dient sie zur Vermeidung von störungsbedingten Produktionsausfällen. So führt z.B. der Ausfall eines Systemglieds in der Fließbandproduktion von Automobilen nach einer Karenzzeit von 4 Minuten zum Produktionsausfall, der täglich Umsatzverluste in zweistelliger Millionenhöhe nach sich zieht.

Auch im modernen Kanalmanagement wird die Entsorgungssicherheit durch vorausschauende Instandhaltungsmaßnahmen gewährleistet. Daneben ist hier die Finanzplanung [1] von besonderer Bedeutung, da die Maßnahmenplanung in der kommunalen Abwasserentsorgung wesentlich durch Liquiditätsengpässe bestimmt wird.

### **3. Wertminderung technischer Bauwerke**

Die Wertermittlungsrichtlinie (WertR 91) [6] ist eine bundesministerielle Richtlinie, die für alle staatlichen Behörden und Verwaltungen verbindlich ist und vor Gericht als anerkanntes Regelwerk zur Ermittlung von Schadensersatzansprüchen bzw. Wertminderungen der öffentlichen Hand angewendet wird.

Die Ermittlung des tatsächlichen Gebrauchs- bzw. Verkehrswertes zum Bewertungsstichtag ist abhängig von der Ursächlichkeit und Kausalität der vorgefundenen Mängel und Schäden. Diese sachgemäße Gebrauchswertermittlung ist insbesondere für Vermögensbewertungen zwingend erforderlich. Sie wird aber erschwert durch die unterschiedlichen Wertvorstellungen des jeweiligen Betrachters. Je nach Interessenlage klaffen die Wertvorstellungen erheblich auseinander.

Die Wertvorstellungen werden vom Geltungswert und Gebrauchswert bestimmt. Für Abwasserkanäle hat der Geltungswert mit Form, Farbe, Schönheit, Prestigewert etc. nur eine geringe Bedeutung. Dem gegenüber hat der Gebrauchswert für Abwasserkanalisationen den größten Stellenwert. Er ist definiert durch folgende Wertfaktoren:

- Wirtschaftlichkeit,
- Betriebs- und Entsorgungssicherheit,
- Lebensdauer,
- Qualität,
- Leistungsfähigkeit,
- Standsicherheit,
- Abflußfunktion
- und Dichtheit.

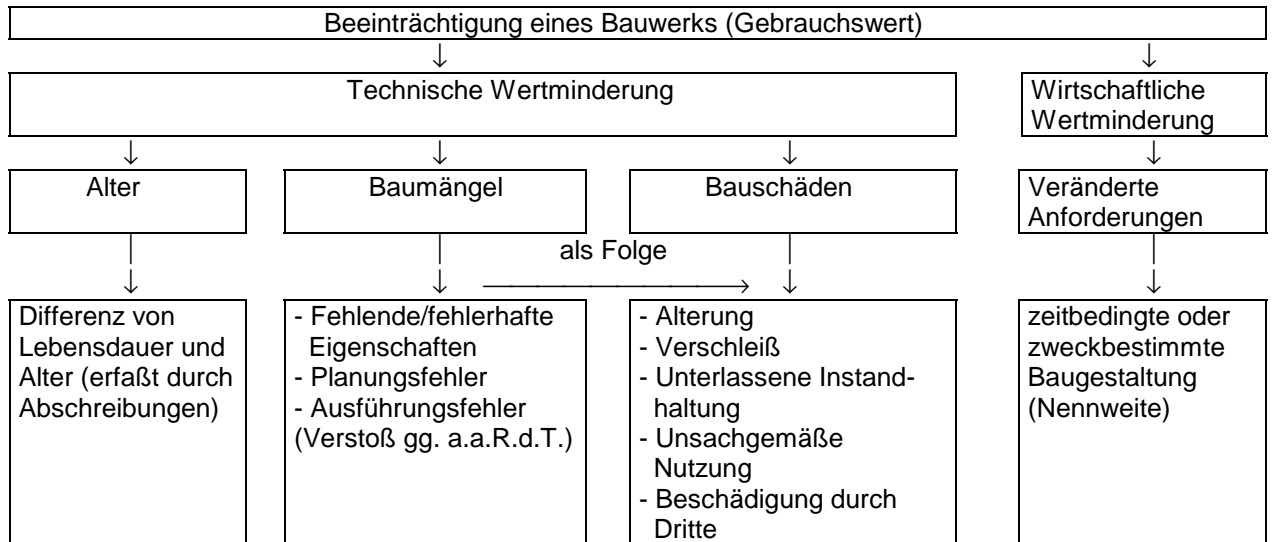
Die Beeinflussung dieser Wertfaktoren können mit Hilfe eines Schadensklassifizierungssystems (Punkt- oder Notensystem, siehe Abschnitt 4) beurteilt und bewertet werden.

Grundsätzlich führen die vorgefundenen Schäden zu einer Beeinträchtigung des Bauwerkes „Kanal“ mit einer Verkürzung der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer und einer dementsprechenden Wertminderung bzw. Wertverlustes. Nach den Wertermittlungsrichtlinien WertR 91 unterscheidet man technische und wirtschaftliche Wertminderung. Aus Bild 3 können die Kriterien der Wertminderung in Form vom Alter, Baumangel, Bauschaden und veränderten Anforderungen (Hydraulische Rohrvergrößerung) entnommen werden.

Nach der WertR 91 ergibt sich die Wertminderung wegen Alters aus der Restnutzungsdauer und der üblichen Gesamtnutzungsdauer. Darüber hinaus erfolgt eine Wertminderung durch Baumängel und Bauschäden. Baumängel entstehen während der Bauzeit und sind in der Regel durch fehlende und fehlerhafte Eigenschaften, Planungsfehler und Ausführungsfehler charakterisiert. Baumängel können

durch unsachgemäßer Planung und Bauausführung als auch durch Einsparungen auf Kosten von Qualitätserfordernissen verursacht werden.

Dem gegenüber entstehen Bauschäden nach der Fertigstellung eines Bauwerkes infolge äußerer Einwirkungen durch vernachlässigte und unterlassene Instandhaltung (Reparaturanstau), unsachgemäße Nutzung und vorsätzliche Beschädigung durch Dritte (zum Beispiel unsachgemäße Kanalanschlüsse in Form von hereinragenden Kanalstützen, Indirekteinleitungen, Bergsenkungen, etc.). Bauschäden können auch als Folge von Baumängeln auftreten.



**Bild 3: Wertminderung eines Bauwerks nach WertR 91**

Durch Baumängel oder Bauschäden wird die betriebsübliche Nutzungsdauer entsprechend verringert. Der tatsächliche Gebrauchswert ergibt sich somit aus der Differenz der betriebsgewöhnlichen Gesamtnutzungsdauer, dem Lebensalter und der verringerten Restnutzungsdauer.

Zur Berechnung der technischen Wertminderung beschädigter Abwasserkanalisationen werden in der WertR 91 die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten materialspezifischen technischen Lebensdauern definiert.

Mit der Neuauflage der LAWA-Leitlinie zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen in der Wasserwirtschaft von 1993 bzw. 1994 (4. bzw. 5. Auflage) wurden die ursprünglichen materialbezogenen Nutzungsdauern von Abwasserkanalisationen durch eine materialunabhängige Bandbreite der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern **zwischen 50 und 100 Jahren** ersetzt. Innerhalb dieser Bandbreite ist die Restnutzungsdauer unter Berücksichtigung des Alters, des Bauzustandes und des wasserwirtschaftlichen Gefährdungspotentiales zu bestimmen (siehe nachstehende Tabelle).

Bezeichnung	betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern (Jahre)	
	WertR 91 Materialabhängig	LAWA '94 Materialunabhängig
Schmutzwasserkanäle		
• Beton / Stahlbeton	30 - 50	50 - 80 (100)
Regenwasserkanäle		
• Beton / Stahlbeton	40 - 60	50 - 80 (100)
Steinzeugkanäle	80 - 100	50 - 80 (100)
Schächte		
• Beton / Stahlbeton	60 - 80	50
• Klinker	80 - 100	50

Ein Berechnungsverfahren für die Bestimmung der Restnutzungsdauer aus Alter und Bauzustand wird weder in der LAWA-Leitlinie von 1994 noch in der WertR 91 angegeben!

Die Bestimmung des tatsächlichen Gebrauchswertes bzw. des Anlagevermögens der Kanalisationen ist jedoch nach der ATV-Umfrage Abwassergebühren [7] von zentraler Bedeutung für die Gebührekalkulation. Nach diesen Auswertungen haben die kalkulatorischen Abschreibungen und Zinsen einen Anteil von 25,3 % bzw. 29,1 %, das heißt insgesamt von rd. 54,4 % an den jährlichen Abwassergebühren. Darüber hinaus ist die sachgemäße Bewertung des Bestandswertes eine wichtige Voraussetzung für die Werterhaltung und Finanzierung insbesondere bei der Übereignung des Kanalisationsnetzes in einen Eigenbetrieb oder der Übernahme durch einen privaten Kanalnetzbetreiber. Hierfür sollten ausschließlich Berechnungsmodelle [1;8] angewendet werden, die die örtlichen Alterungsprozesse (Wertminderung) hinreichend genau erfassen und prognostizieren können.

#### **4. Stand der Schadensklassifizierungssysteme**

Ein wesentlicher Eingangsparameter für die Berechnung der Restnutzungsdauer von Kanälen und Schächten bildet die haltungsweise Zustandsklassifizierung und Zustandsbewertung. Ein allgemein gültiges Regelwerk für die Zustandserfassung und Bewertung von Kanalisationen liegt zur Zeit noch nicht vor. Es haben sich aber in der jüngeren Vergangenheit verschiedene Zustandsklassifizierungssysteme am Markt etabliert (z.B. ATV-A149, ISYBAU, KAPRI (Möllers), KLAS (Pecher), S&K-KAIN (Sawatzki), RIONED (Niederlande), Pforzheimer Modell etc.).

Die Funktionstüchtigkeit von Prognosemodellen zur Bestimmung der (Rest-) Nutzungsdauer und zur Terminoptimierung der prognostischen Inspektionsstrategie erfordert eine zweckorientierte Definition der Zustandsklassen von Haltungen und Schächten.

Zustandsklassen für Haltungen werden durch rechnerische Aggregation der Schadensklassen der Einzelschäden in der jeweiligen Haltung bestimmt.

Die Bewertung erfolgt in beiden Systemen haltungsweise in sogenannte Zustandsklassen.

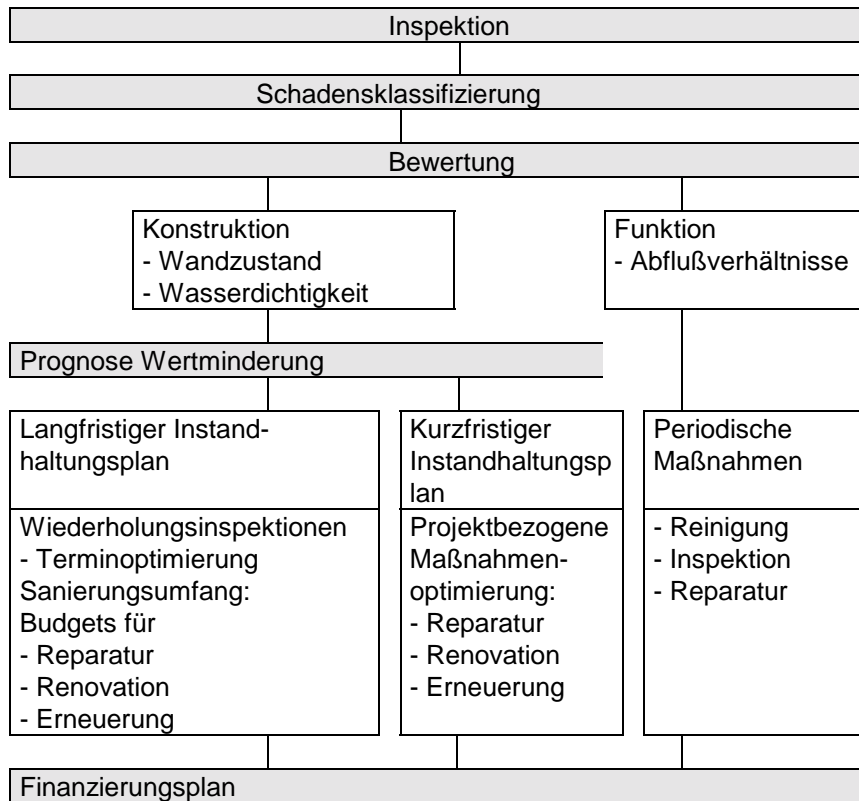
Die vorhandenen Punktsysteme sind im wesentlichen nur darauf ausgerichtet eine Priorisierung von Einzel- und Streckenschäden vorzunehmen. Diese prioritätsbezogenen Zustandsklassen gewährleisten bei einer sachgerechten Bewertung die richtige zeitliche Reihung von Schadensbehebungs- und Reparaturmaßnahmen, sie sind jedoch nicht darauf angelegt den Wertverlust (Wertminderung) oder den zukünftigen Sanierungsbedarf zu bestimmen. Für die Abbildung der Wertminderung von ganzen Haltungen sind punktuelle Einzelschäden dagegen nur von begrenzter Bedeutung. Demgegenüber ist mit dem Notensystem [9] auch eine objektivere Bewertung der äußeren Randbedingungen und des Wertverlustes möglich. Die Ermittlung des künftigen Sanierungsbedarfes ist auch bei diesem statischen Notensystem nicht möglich.

Bei einer wertbezogenen Zustandsklassifizierung fließt die Schadensklasse bei Verwendung der Punktsysteme mit einer speziell der Wertminderung angemessenen Gewichtung in die Zustandsklasse ein.

#### **5. Aufbau eines modernen Kanalmanagements**

Ein modernes Kanalmanagement stützt sich auf ein methodisches Handlungsmodell [10], welches als zyklische Tätigkeitskette die Arbeitsschritte Bestandserfassung, Zustandserfassung, Bewertung, Prognose, Planung und Durchführung umfaßt. Im Hinblick auf die vorausschauende Instandhaltung und ihre Finanzierung ist hier insbesondere der systematische Analyse- und Entscheidungsprozeß zwischen Zustandserfassung und Planung bedeutsam.

Bild 4 zeigt, daß die Bestandserfassung und Zustandsbewertung im modernen Kanalmanagement zur Prognose der Wertminderung herangezogen wird. Letztere bildet die Grundlage für die langfristige Instandhaltungs- und Finanzierungsplanung.



**Bild 4: Ablaufschema eines modernen Kanalmanagements**

Das methodische Kernstück eines modernen Kanalmanagements ist die Analyse und Prognose der Wertminderung des Netzbestands, welche den Ersatzbedarf verursacht. Die Analyse der Wertminderung ist auf das Alter, beobachteten Verschleiß, Baumängel, Bauschäden und unzureichende Dimensionierung gerichtet. In Verknüpfung mit Mindestzustandsanforderungen (bedingt durch wasserwirtschaftliches Gefährdungspotential) erlaubt sie die Bestimmung der Restnutzungsdauer und damit eine zeitliche Fixierung des Sanierungsbedarfs.

Die Funktionstüchtigkeit unserer Versorgungsnetze sowie der privaten Produktionsanlagen wird durch systematische vorbeugende Instandhaltungsstrategien gewährleistet. Durch vorbeugende Instandhaltung kann auch in der Abwasserentsorgung kostengünstig eine hohe Entsorgungssicherheit realisiert und die Werterhaltung finanzierbar werden. Allerdings sind die in anderen Bereichen bewährten Strategien für das moderne Kanalmanagement zu modifizieren.

## **Literatur:**

- [1] Hochstrate, K.; K. Jansen: „Werterhaltung und Finanzierung von Abwasserkanalnetzen durch vorbeugende Instandhaltung“. Korrespondenz Abwasser 2/96, S. 284 ff.
- [2] DIN31051: „Instandhaltung: Begriffe und Maßnahmen“. Januar 1985.
- [3] ATV-M143, Teil 1: „Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und -leitungen“, Dezember 1989.
- [4] DIN EN752, Teil 5: „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“, T5: Sanierung; Rosadruck vom Mai 1994.
- [5] IIR Schriftenreihe 13: „Revision der Instandhaltung von Bauwerken und Außenanlagen“. Berlin: Institut für Interne Revision e.V., 1989. S. 17ff.
- [6] WertR91: Wertermittlungsrichtlinien 1991, 1. Auflage. München: Rechen-Verlag, 1992. S. 42ff.
- [7] ATV-Heft Nr. 34: „Umfrage Abwassergebühren“, Heft Nr. 34 aus „Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis der Abwassertechnischen Vereinigung“ von 1994.
- [8] AQUA-WertMin für Windows: EDV-Programm zur Berechnung der Wertminderung beschädigter Abwasserkanäle (Version 2.1). Saarbrücken Ingolstadt: AQUA Ingenieure GmbH.
- [9] Müller-Winterstein, R.; R. Hotz: „Was sollen, was können Modelle zur Zustandserfassung und -bewertung von Kanalnetzen leisten? Eine Alternative: Das Pforzheimer Modell“ aus KA 1/96.
- [10] Jansen, K.: „Ein methodisches Handlungsmodell zur betriebswirtschaftlichen Kanalunterhaltung“. Vortrag 2. Internationaler Kongress Leitungsbau, Hamburg, Oktober 1989.

## **AQUA INGENIEURE**

Dipl.-Ing. Karl Jansen

Von der Industrie- und Handelskammer des Saarlandes  
öffentlich bestellt und vereidigter Sachverständiger für  
Schäden an Kanalisationsrohren