

Zuverlässige Daten über den Sanierungsbedarf per selektive Kanalinspektion:

Profitable Prognose

Fast jede Wahl ist schon um 18:30 Uhr entschieden . obwohl erst ein Bruchteil der Stimmen ausgezählt sind. Möglich machen dies komplexe Hochrechnungen. Ähnliches entwickeln Wissenschaftler an der TH Aachen für das Kanalnetz. Bisläng gilt, dass erst dann saniert wird, wenn das Roboterauge ein Kanalnetz komplett inspiziert hat. Untersuchungen am Abwassernetz der VW-Werke zeigen, das auch eine Stichprobe den Zustand des Gesamtnetzes sicher taxiert. Der Autohersteller bremste die Kosten für die TV-Inspektion um 75 Prozent. Wird das Verfahren in Kommunen angewandt, könnten Kämmerer jedes Jahr Millionen Mark sparen.

Dipl.-Ing. Karsten Müller, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA),

Für jeden Kämmerer ist die Sanierung von Abwasserkanälen ein ungeliebtes Thema. Rund 46 DM pro Einwohner geben die Kommunen jedes Jahr für die Instandsetzung maroder Kanäle aus. Trotzdem sanieren Städte und Gemeinden stetig dem Bedarf hinterher. Schätzungen besagen, dass 16 Prozent der öffentlichen Abwasserkanäle in *irgend* einer Form defekt sind. Bei einer Netzlänge 400.000 km in Deutschland und durchschnittlichen Sanierungskosten von 1650 DM pro Kanalmeter ergibt sich schnell ein Sanierungsbedarf von über 100 Mrd. DM.

Nimmt man hinzu, dass in den neuen Bundesländern mehr als 50 Prozent der Kanäle aus der Vorkriegszeit stammen (alte Bundesländer: ca. 23 Prozent), dann wird deutlich, welche Investitionen auch künftig auf die kommunalen Haushalte zukommen.

Noch kritischer sieht es beim privaten Leitungsnetz aus. Obwohl wenig solides Datenmaterial vorliegt, setzt z.B. die Abwassertechnische Vereinigung das Schadenspotential im 1,55 Mio. km langen privaten Kanalnetz wesentlich höher an. Entsprechend schätzt die ATV die Sanierungskosten auf „deutlich über 250 Mrd. DM“.

Als wären die Sanierungsmittel nicht knapp bemessen, werden bei der Feststellung des Kanalzustands bislang allerdings keine Kosten gescheut: Mit der flächendeckenden Inspektion von Kanalnetzen und öffentlichen Anschlusskanälen entstehen bereits vor der eigentlichen Sanierung erhebliche Kosten. Dabei ist dieses Vorgehen mit mehreren Nachteilen verbunden: Eine der größten Probleme ist der erhebliche Zeitbedarf bei einer Vollerfassung des Netzzustandes. Sie nimmt erfahrungsgemäß in Bundesländern, in denen Selbstüberwachungsverordnungen eingeführt sind, rund zehn Jahre in Anspruch. Für Bundesländer, die keine planmäßige Inspektion fordern, ist kaum abschätzbar, wann die Kanalisation vollständig inspiziert sein wird. Da ein Sanierungskonzept erst gegen Ende der Vollerhebung formuliert werden kann, sind zu diesem Zeitpunkt ein Großteil der zuvor gewonnenen Inspekti-

onsergebnisse wieder veraltet.

Dies bedeutet, dass zum einen ohne Sanierungskonzept die Haushaltsplanung über Jahre hinweg mit entsprechenden Ungenauigkeiten behaftet ist. Zum anderen müssen die als sanierungsbedürftig eingestuften Haltungen in der Regel vor der Ausschreibung erneut inspiziert werden, sofern es sich nicht um Sofortmaßnahmen handelt.

Relevanz von Einflussmerkmalen für kommunale Kanalnetze und öffentliche Anschlusskanäle: Informationen zu den kursiv gedruckten Einflussmerkmalen werden allgemein nicht (wirtschaftlich) verfügbar sein. Diese müssen daher so weit wie möglich auf andere Einflussmerkmale (im wesentlichen Baujahr und Rohmaterial) zurückgeführt werden.

Stichprobe ist sehr präzise

Diese Nachteile können durch die Inspektion einer ausgewählten Stichprobe und die anschließende Übertragung der Zustandsklassifizierung auf das Gesamtnetz umgangen werden. Dies zeigen erste Untersuchungen an industriellen Entwässerungssystemen z.B. in den VW-Werken in Wolfsburg, Braunschweig und Emden (siehe Kasten) [3]. Um eine Übertragbarkeit dieses Verfahrens auf kommunale Netze und öffentliche Anschlusskanäle zu ermöglichen, müssen jedoch noch wesentliche Fragen geklärt werden. Aus diesem Grund führen das Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA) und die Aqua-Ingenieure GmbH, Saarbrücken, in Zusammenarbeit mit verschiedenen Kanalnetzbetreibern ein Forschungsvorhaben durch. Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt trägt den Titel „Entwicklung eines allgemein anwendbaren Verfahrens zur selektiven Erstinspektion von Abwasserkanälen und Anschlusskanälen“. Dabei sollen die Grundlagen für ein allgemein anwendbares Verfahren der selektiven Inspektion erarbeitet und die prognostizierten Zustandswerte durch eine solche Inspektion überprüft werden.

Aussagen über den Zustand von Kanalnetzen werden ins wesentlichen für zwei Planungsziele benötigt:

1. Als Grundlage für die konkret baureife Sanierungsplanung (einzelne Haltung) und
2. als Grundlage für eine Analyse der Zustands- und Kostenentwicklung sowie des insgesamt erforderlichen Sanierungsumfangs von Kanalnetzen bzw. von Teilnetzen (flächendeckende Übersicht).

Für die baureife Sanierungsplanung ist auf jeden Fall eine aktuelle Inspektion der betreffenden Kanalhaltung erforderlich.

Für eine flächendeckende Zustandsübersicht kann der bauliche Zustand grundsätzlich durch eine

- Vollerfassung des Netzzustandes oder durch eine

- repräsentative Inspektion selektierter Haltungen mit anschließender Hochrechnung auf das Gesamtnetz festgestellt werden.

Die derzeit übliche flächendeckende Inspektion des Kanalnetzes ohne repräsentative und prognostische Auswertung ist eine kostenintensive und ineffiziente Strategie [4]. Dies kann an einem einfachen Rechenbeispiel verdeutlicht werden: Geht man von einer Lebensdauer eines Kanals von 51 bis 100 Jahren aus, dann müssen etwa ein bis zwei Prozent des Gesamtnetzes im Jahr saniert werden. Unterstellt man zudem, dass im Jahr etwa zehn Prozent des Netzes untersucht wird, so führen nur 10 bis 20 Prozent der Inspektionsbefunde zu Sanierungsmaßnahmen. Anders formuliert: der Kollege Kanalroboter schaut fünf bis zehn mal an einer Haltung vorbei, bevor sie tatsächlich saniert werden muss.

Dieser Aufwand ist unnötig, da der aktuelle Sanierungsbedarf durch eine repräsentative Stichprobe im Umfang von etwa 15 bis 30 Prozent des Gesamtnetzes sehr genau abgeschätzt werden. Durch die stichprobenartige Erfassung des Netzzustandes und dessen repräsentativer Hochrechnung stehen zuverlässige Planungsgrundlagen nicht nur erheblich kostengünstiger, sondern auch deutlich kurzfristiger zur Verfügung.

VW: Schnell-TÜV fürs Kanalnetz

Weil die Produktion weiter laufen muss und die innerbetriebliche Logistik nicht gestört werden darf, können Kanalsanierungen in Industriebetrieben zu einem Klotz am Bein werden. So auch beim Volkswagen-Werk in Wolfsburg, das zudem aus Kostengründen eine flächendeckende Inspektion des Kanalnetzes gescheut hat. Das Kanalnetz entstand ab 1938, wurde sukzessive erweitert und hat eine Länge von insgesamt 350 km. Davon befinden sich 70 Prozent unter den Produktionshallen. Kleindimensionierte Anschlusskanäle addieren sich auf 230 km, die über Revisionschächte zugänglichen Haupt- und Sammelleiter machen 120 km aus.

Das Ingenieurbüro **Aqua-Ingenieure, Saarbrücken**, führte in dem Werk eine selektive Kanalinspektion durch. VW wollte insbesondere wissen, welche Sanierungskosten mittelfristig zu erwarten sind. Die Auswertung der Stichproben wurde auf alle Kanäle hochgerechnet und ergab, dass 51 Prozent des Netzes sich im Bereich der Zustandsklassen 2 bis 6 (1 = schwerste Schäden; 6 = schadensfrei) befinden. Umgekehrt konnten das Ingenieurbüro mit 95prozentiger Sicherheit ausschließen, dass in diesen Teilen des Netzes schwere Schäden vorliegen, die eine kurzfristige Überwachung und Sanierung erfordern. Die Hochrechnung ermittelte, dass in 33 Prozent des übrigen Netzes alle Zustandsklassen vertreten sein können. Es handelt sich vor allem um die alten Netzteile, auf die sich die Sanierung künftig konzentrieren wird. Nach Angaben des Ingenieurbüros konnten gegenüber einem konventionellen Vorgehen rund 75 Prozent der Kosten für Kanalreinigung und TV-Inspektion eingespart werden. Diese Mittel sollen jetzt unmittelbar der Sanierung zu Gute kommen.

Untersuchung an verschiedenen Netzen

Auch bei der selektiven Inspektion wird nach und nach das gesamte Kanalnetz erfasst. Im Vergleich zur konventionellen Vorgehensweise erfolgt die Inspektion jedoch gezielt in Abhängigkeit vom prognostizierten Zustand. Hierdurch können Inspektionen weitgehend erst unmittelbar vor dem prognostizierten Sanierungsbedarf erfolgen.

Somit kann weitgehend auf Wiederholungsinspektionen verzichtet werden. Die Anwendbarkeit dieses Verfahrens ist grundsätzlich auch in den Ländern gegeben, in denen durch Selbstüberwachungsverordnungen im Regelfall eine flächendeckende Inspektion gefordert wird.

Sofern nämlich auf andere Weise eine einwandfreie Überwachung gewährleistet ist, können die Behörden aufgrund entsprechender Ausnahmeregelungen diese Vorgehensweise genehmigen.

Um allgemeingültige Aussagen treffen zu können, werden dabei unterschiedlich strukturierte Netze betrachtet:

- ein groß- und mittelstädtisches Kanalnetz (Stadt Braunschweig),
- ein ländliches Kanalnetz (Gemeinde Marpingen, Saarland),
- außerörtliche Verbindungssammler (Entsorgungsverband Saar) und
- öffentliche Anschlusskanäle (Stadt Ingolstadt).

Methodik der selektiven Erstinspektion: Bei der Methode der selektiven Inspektionsstrategie wird zunächst ein repräsentativ ausgewählter Teil des Kanalnetzes bzw. der Anschlussleitungen inspiziert und klassifiziert. Auf dieser Grundlage können Aussagen sowohl über den Zustand des Gesamtnetzes als auch über den jeder einzelnen Haltung getroffen werden. Die charakteristischen Merkmale des jeweiligen Netzes werden berücksichtigt, indem die Stichprobenauswahl und Hochrechnung der Zustandsklassifizierung jeweils für einzelne Haltungstypen mit gleicher Merkmalsausprägung, den sogenannten Schichten, erfolgt. Im einzelnen sind für die Durchführung einer selektiven Inspektion folgende Arbeitsschritte nötig, die im folgenden dargestellt werden:

- Schichtung des Netzes,
- Auswahl der zu inspizierenden Stichprobe,
- Inspektion und Zustandsklassifizierung der Stichprobe und
- statistische Auswertung der Zustandsklassifizierung und Übertragung der Ergebnisse auf das Gesamtnetz (Prognose).

Schichtung des Netzes: Da kommunale Kanalnetze und öffentliche Anschlusskanäle hinsichtlich der Eigenschaften der Haltungen eher heterogen sind, ist für die Prognose des Kanalzustandes eine Schichtung des Netzes erforderlich.

Schichtung erleichtert Auswertung

Diese Schichtung hat zum Ziel, mehrere im Hinblick auf die Schadensverteilung möglichst homogene Grundgesamtheiten zu erhalten und so eine statistische Auswertung zu ermöglichen (Bild 1). Sie erfolgt anhand der Differenzierung von Einflussmerkmalen. Als Einflussmerkmale werden dabei die Charakteristika einer Haltung bezeichnet, die Auswirkungen auf deren Zustand erwarten lassen (z.B. Rohrmaterial, Baujahr, die Lage im Verkehrsraum oder ggf. durchgeführte Sanierungsmaßnahmen. Das Baujahr beinhaltet neben dem Alter der Haltung auch die zum Zeitpunkt der Erstellung vorhandenen technischen Standards hinsichtlich der Qualität der Werkstoffe (Festigkeit der Rohre, Muffenausbildung und Dichtsystem) und Bauausführung und beschreibt somit auch das Alterungsverhalten einer Haltung. hinsichtlich der Relevanz von Einflussmerkmalen wird unterschieden zwischen Einflussmerkmalen, die im Rahmen einer selektiven Inspektion unbedingt erfasst werden sollten und solchen, die in Abhängigkeit lokaler Randbedingungen unterschiedliches Gewicht haben und gegebenenfalls auch gänzlich vernachlässigt werden können (siehe Tabelle S. 26).

Kosteneinsparungen - ein Rechenbeispiel

Die Kosteneinsparungen durch eine selektive Erstinspektion im Vergleich zur konventionellen, flächendeckenden Inspektion kann anhand eines 100 km langen Kanalnetzes beispielhaft dargestellt werden.

- 20 Prozent der Kanäle sind sanierungsbedürftig.
- Die Kosten der TV-Inspektion betragen sechs DM pro Meter.

Weiterhin werden weder Preissteigerungsraten noch Zinssätze berücksichtigt. **Konventionelles Vorgehen:** Beim konventionellen Vorgehen wird in Anlehnung an die Selbstüberwachungsverordnungen davon ausgegangen, dass pro Jahr etwa zehn Prozent des Kanalnetzes inspiziert werden. Damit beträgt der Zeitraum für eine flächendeckende Erstinspektion zehn Jahre. Inspektionsdaten, die älter als fünf Jahre sind, können zur Planung und Ausschreibung von Sanierungsmaßnahmen nicht mehr verwendet werden. Hier ist eine erneute Inspektion erforderlich, so dass bei einem Sanierungsbedarf von 20 Prozent ein Zehntel der Netzlänge vor Ausschreibung der Sanierung erneut inspiziert werden muss. Diese Kosten werden hier auf die erste Dekade umgelegt. Aus diesen Annahmen ergeben sich für die konventionelle Vorgehensweise Gesamtkosten von 660 000 DM.

Selektive Inspektion: Bei der selektiven Inspektion müssen für eine qualifizierte Zustandsaussage ca. 20 Prozent des gesamten Kanalnetzes inspiziert werden. Diese Inspektion dauert ca. zwei Jahre. Im Vorfeld ist eine Schichtung der Haltungen über das Kanalkataster notwendig; des weiteren erfolgt im Anschluss an die Inspektion eine statistische Auswertung der Zustandsinformationen Diese Ingenieurleistungen sind im wesentlichen unabhängig von der Größe des Kanalnetzes. Sie dauern ca. acht

Monate und werden hier pauschal mit 80 000,- DM angesetzt.

Nach der selektiven Erstinspektion hat man 20 Prozent (= vier km) der schadhaften Kanäle erfasst; es ist also erforderlich, vor Ausschreibung der Sanierung die Kanäle mit prognostiziertem Sanierungsbedarf zu inspizieren. Diese Strecke beträgt 16 km.

Im Anschluss an die selektive Erstinspektion erfolgt zur weiteren Erfassung des Kanalnetzes eine vom Zustand abhängige selektive Inspektion. Diese differenzierten Inspektionsintervalle liegen mit voraussichtlich im Mittel 25 bis 30 Jahren deutlich über dem Rhythmus von zehn Jahren bei der konventionellen Vorgehensweise. Pro Jahr wird somit etwa eine Länge von drei km inspiziert. Damit liegen die Jahreskosten für eine Inspektion bei 9000 DM.

Nachdem die für ein Kanalnetz als relevant betrachteten Einflussmerkmale ermittelt wurden, erfolgt deren Differenzierung. Diese muss aus statistischen und wirtschaftlichen Gründen so vorgenommen werden, dass einerseits möglichst homogene und andererseits möglichst wenige Schichten (Kombinationen der Differenzierungen) entstehen. Hier muss man also in Abhängigkeit jeweiligen Randbedingungen einen geeignete Kompromiss finden.

Festlegung der Stichprobe

Stichproben müssen grundsätzlich zufällig und repräsentativ bezüglich der Grundgesamtheit sein. Die als Stichproben zu untersuchenden Haltungen werden daher zufällig aus den Netzteilen, die eine entsprechende Schicht repräsentieren, in erforderlicher Anzahl ausgewählt und inspiziert. Neben der Zufälligkeit der Stichprobe sind allerdings auch logistische Aspekte zu berücksichtigen. Eine Inspektion von Haltungen, die einzeln über das ganze Kanalnetz verstreut sind, sollte vermieden werden. Im Anschluss an die Inspektion erfolgt die Zustandsklassifizierung der Stichprobe, die dann Grundlage für die Prognose und für weitere statistische Betrachtungen ist.

Kostenvorteil wird ermittelt

Auswertung der Ergebnisse und Übertragung auf Gesamtnetze: Die Ergebnisse der Zustandsklassifizierung der Stichprobe werden anschließend auf die jeweilige Grundgesamtheit (einzelne Schicht) hochgerechnet und auf das Gesamtnetz übertragen. An statistischen Zustandsinformationen stehen somit zur Verfügung:

- Prognostizierte Zustandsverteilungen in den einzelnen Schichten, im Gesamtnetz oder differenziert nach einzelnen Merkmalen und
- haltungsbezogene Schätzwerte hinsichtlich des Zustands:
 - ein schichtenspezifischer arithmetischer Mittelwert bzw. Median der Zustandsklasse
 - ein Mindestzustand für jede Haltung, der mit einer zu definierenden Sicherheit nicht unterschritten wird.

Projektverlauf und Untersuchungsbedarf: Die einzelnen Projektphasen entsprechen den darge-

stellten grundsätzlichen Arbeitsschritten zur Durchführung einer selektiven Erstinspektion. Derzeitiger Stand ist, dass die grundsätzlichen Einflussmerkmale ermittelt wurden und allgemeine Angaben zu deren Differenzierung gemacht werden können, die neben den lokalen Randbedingungen Grundlage für die Schichtenbildung der Netze der beteiligten Kommunen sind. Im Laufe diesen Jahres findet die Inspektion und Klassifizierung der Stichprobe statt.

Die statistische Auswertung der Zustandsklassifizierung wird allgemeingültige Aussagen zu folgenden Punkten ermöglichen:

Inspektionsumfang: Der für eine hinreichend genaue Prognose erforderliche absolute Inspektionsumfang ist von der Struktur des Netzes bzw. von der Verteilung der Zustandsklassen in den einzelnen Schichten abhängig. Die Auswertung industrieller Kanalnetze hat hier erste Erkenntnisse geliefert (siehe Kasten S. 27). Im weiteren Projektverlauf ist zu klären, inwieweit diese auf kommunale Netze übertragen werden können. Außerdem wird untersucht, von welchen Randbedingungen die Streuung der Zustandsklassen abhängt. Ziel ist es, den Kanalnetzbetreibern durch eine Analyse der Struktur ihres Kanalnetzes eine möglichst exakte Abschätzung des notwendigen Inspektionsumfanges und der mit der selektiven Erstinspektion verbundenen Kosteneinsparungen zu ermöglichen.

Relevanz und Differenzierung von Einflussmerkmalen:

Mit steigender Anzahl von betrachteten Einflussmerkmalen und Differenzierungen, steigt die Anzahl der zu betrachtenden Schichten. Die Schichten sind demzufolge geringer besetzt und damit homogener. Da der zu betrachtende Stichprobenumfang im wesentlichen absolut, also unabhängig vom Schichtenbesatz ist, steigt damit auch der relative Stichprobenumfang; der wirtschaftliche Vorteil einer selektiven Erstinspektion wird geringer. Durch die Auswertung der Inspektionsergebnisse wird daher untersucht, welche Einflussmerkmale unabdingbar oder gegebenenfalls vernachlässigbar sind und von welchen Randbedingungen diese Relevanz abhängt. Gleiches gilt für die Differenzierung der Einflussmerkmale.

Zustandsprognose: die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Zustandsprognose wird anhand einer vollständigen Inspektion ausgewählter Schichten überprüft. Hierdurch wird eine Aussage möglich, durch welche statistischen Verteilungskurven die Zustandsverteilungen im Kanalnetz am besten repräsentiert werden.

[1] Dilg, R.: Sanierung von Hausanschlußleitungen. In: gwf, Abwasser Spezial 137, 1996. S. 7

[2] DIN-EN: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, DIN-EN 752, 1995-1997.

[3] Hartwig, E./Krug, R.: Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen: Selektive Kanalinspektion im VW-Werk Wolfsburg. In: Korrespondenz Abwasser, Heft 8, 1998. S. 1483.

[4] Hochstrate, K./Schönborn, F.: Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen-Selektive Kanalinspektionsstrategien. In: UTA, Heft 3, 1996. S. 249.

[5] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen. 1994.