

ENTWICKLUNG EINES ALLGEMEIN ANWENDBAREN VERFAHRENS ZUR SELEKTIVEN ERSTINSPEKTION VON ABWASSERKANÄLEN UND ANSCHLUSSLEITUNGEN

Dipl.-Ing. Karsten Müller, Aachen

1 Einleitung

Die Inspektion von Kanalhaltungen dient neben der Planung von Sanierungsmaßnahmen und der Abnahme von Bau- oder Sanierungsmaßnahmen im Wesentlichen der Erfassung des Zustandes einer Kanalisation als Gesamtheit. Sie ist damit Grundlage für die Entwicklung, Aktualisierung und Umsetzung etwaiger Sanierungsstrategien [6].

Strategien für die Inspektion von Kanalhaltungen sollten grundsätzlich so gestaltet sein, dass die für die Erstellung von Sanierungsstrategien erforderliche Datenbasis möglichst wirtschaftlich gewonnen werden können. Unabhängig von der Wahl des wirtschaftlichsten Inspektionsverfahrens ist damit als Grundlage der Strategieentwicklung zu ermitteln, wann und in welchen Intervallen die einzelnen Kanalhaltungen einer Ortsentwässerung im Laufe ihrer Nutzungsdauer planmäßig zu inspizieren sind. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollte auf eine Zustandserfassung von schadensfreien bzw. nur gering schadhaften Kanalhaltungen weitestgehend verzichtet werden und eine planmäßige Inspektion möglichst erst kurzfristig vor Erreichung eines kritischen Zustandes, bei dem aufgrund von Schäden die erforderliche Standsicherheit, die hydraulische Leistungsfähigkeit oder die Dichtheit der Kanalhaltung nicht mehr gewährleistet ist, erfolgen. Zusätzlich kann eine außerplanmäßige, nicht durch eine Strategie abgedeckte Inspektion einer Kanalhaltung dann erforderlich werden, wenn eine Sanierung der betreffenden Kanalhaltung z. B. aufgrund von anstehenden Straßenbaumaßnahmen zu überprüfen ist.

Derzeit erfolgt die planmäßige Zustandserfassung von Kanalisationen aufgrund der Eigenkontrollverordnungen der Bundesländer in aller Regel mittels einer Inspektion in festen Intervallen. Dabei erfolgt zunächst eine flächendeckende Ersterfassung der Kanalisation, welche Grundlage für die Entwicklung von Sanierungsstrategien und der Budgetierung der erforderlichen Maßnahmen ist. Im Anschluss daran wird eine wiederholte flächendeckende Inspektion mit dem Ziel durchgeführt, schleichende Zustandsverschlechterungen in der Kanalisation hinreichend früh zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Die Intervalle, in denen eine flächendeckende Inspektion erfolgt, liegen üblicherweise bei etwa 10 - 20 Jahren.

Ungeachtet solcher rechtlichen Vorgaben, besteht die grundsätzliche Möglichkeit einer gezielten Auswahl der zu inspizierenden Kanalhaltungen in Abhängigkeit des jeweils erwarteten Zustandes. Diese Vorgehensweise, auch selektive Inspektion genannt, ist durch die DIN EN 752-5 als Stand der Technik anerkannt. Dort ist unter Punkt 7.5.1 formuliert: „Die baulichen Untersuchungen können entweder eine vollständige Untersuchung des Entwässerungssystems oder eine selektive Vorgehensweise umfassen.“

Soll die selektive Inspektion als Alternative zu einer flächendeckenden Wiederholungsinspektion ausgeführt werden, so können die für die Selektion der zu inspizierenden Kanalhaltungen erforderlichen Informationen über den Zustand der Kanalisation grundsätzlich aus einer vorangegangenen flächendeckenden Inspektion gewonnen werden. Problematisch hierbei ist, dass insbesondere bei großen Netzen eine flächendeckende Inspektion in aller Regel nicht innerhalb kurzer Zeit geschieht, sondern vielmehr ein kontinuierlicher Prozess ist. Daher ist zu einem gegebenen Zeitpunkt der Status quo der Kanalisation nicht hinreichend genau ermittelbar und somit die Qualität einer derartigen Selektion eingeschränkt.

Erfolgt die Selektion der Kanalhaltungen auf Basis einer repräsentativen Stichprobe, kann der aktuelle Kanalnetzzustand kurzfristig und kostengünstig mit hinreichend genauer Sicherheit abgeschätzt und Handlungsschwer-

punkte für die weitergehende Inspektion mit hoher Sicherheit ermittelt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit ein Sanierungskonzept zu erarbeiten und den erforderlichen Sanierungsbedarf zu budgetieren. Die Finanzierung der gegebenenfalls erforderlichen Sanierung kann damit schon vor der weitergehenden Inspektion, also der Inspektion der nicht über die Stichprobe erfassten Kanalhaltungen, sichergestellt werden. Zudem ist es bei Kombination mit der Inspektion einer Stichprobe auch möglich, eine selektive Vorgehensweise bereits im Rahmen einer Erstinspektion anzuwenden.

Eine selektive Inspektion von Kanalhaltungen bzw. Anschlusskanälen und Abwasserleitungen ist somit dann sinnvoll, wenn sie auf Basis einer repräsentativen Stichprobe erfolgt. Im Weiteren wird daher eine „selektive Inspektion“ definiert durch die Kombination von

- Inspektion einer repräsentativen Stichprobe,
- statistischen Auswertungen und
- anschließende Selektion der im weiteren zu inspizierenden Haltungen bzw. Festlegung der weiteren Inspektionsreihenfolge.

Diese Inspektionsstrategie wurde in verschiedenen Variationen seit etwa Mitte der neunziger Jahre in der Fachwelt diskutiert (vgl. z. B. Hochstrate, Schönborn [3] oder Hochstrate, Jansen, Schönborn [2]) und im Rahmen einiger eng begrenzter Pilotprojekte bereits umgesetzt (z. B. Hartwig, Krug [1]), ohne dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser Untersuchungen überprüft werden konnte. Nun allerdings liegen aufgrund von im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (bmb+f) geförder-ten Forschungsvorhabens durchgeführten Untersuchung allgemeingültige und übertragbare Aussagen über konkretes Vorgehen, Randbedingungen für einen wirtschaftlich sinnvollen Einsatz sowie der Frage, ob die Prognose mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmt, vor [4, 5]. Diese Untersuchungen beinhalten sowohl statistische Auswertungen von ca. 35.000 Kanalhaltungen als auch die wissenschaftliche Begleitung einer praktischen Umsetzung durch die folgenden vier Kanalnetzbetreiber:

- Stadt Braunschweig,
- Stadt Ingolstadt,
- Gemeinde Marpingen,
- Entsorgungsverband Saar.

2 Grundsätzliche Vorgehensweise

2.1 Allgemeines

Ziel der selektiven Inspektion ist, von der Zustandsklassenverteilung einer repräsentativen Stichprobe auf die Zustandsklassenverteilung von bestimmten Kanalhaltungsgruppen zu schließen. Hierbei wird auf statistische Verfahren zurückgegriffen, wie sie in der Meinungsforschung, bei Wahlumfragen oder auch in der Medizin zur Prüfung der Wirksamkeit von Therapien Verwendung finden.

Solche Hochrechnungen sind grundsätzlich mit Unsicherheiten verbunden. Diese können aber quantifiziert werden, sofern die Zufälligkeit der Stichprobe gewährleistet ist. Hierzu werden Konfidenzintervalle ermittelt, in denen der tatsächliche relative Anteil einer bestimmten Zustandsklasse in der nicht inspizierten Gruppe von Kanalhaltungen mit vorgegebener Sicherheit (z. B. 95 %) enthalten ist (vgl. Bild 1).

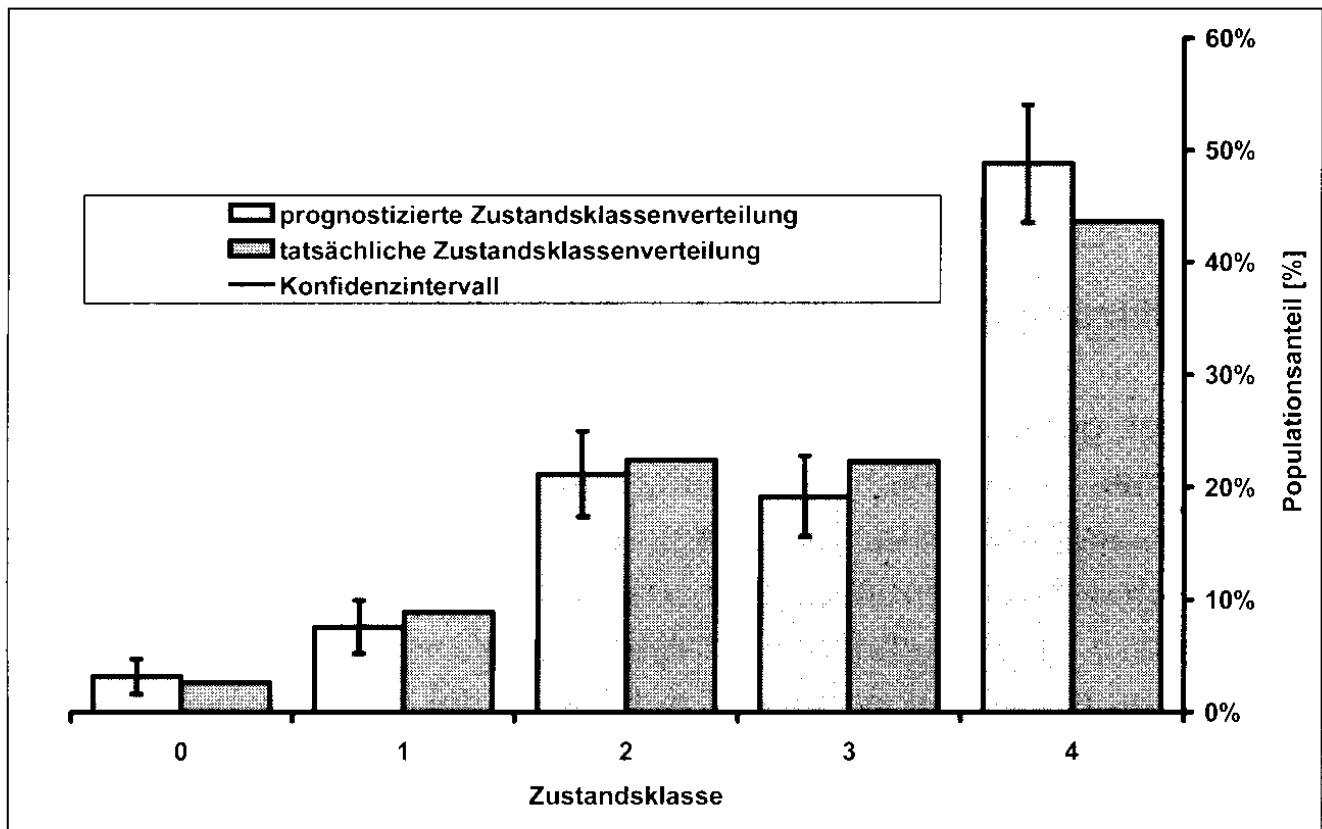


Bild 1: Beispiel für eine prognostizierte und tatsächliche Zustandsklassenverteilung sowie das Konfidenzintervall der Prognose

Die Spannweite der Konfidenzintervalle hängt neben dem relativen Anteil (Populationsanteil) und der gewählten Sicherheit der Prognose ausschließlich vom absoluten Gesamtstichprobenumfang, also der Anzahl der inspezierten Kanalhaltungen ab. Sie ist gleichbedeutend mit der Qualität der Prognose: Je kleiner die Spannweite der Konfidenzintervalle ist, desto hochwertiger ist die Prognose.

Unabhängig von der Struktur der zu betrachtenden Kanalisation bzw. Anschlusskanäle ist die Abschätzung des erforderlichen Stichprobenumfanges der erste Arbeitsschritt bei Durchführung einer selektiven Erstinspektion. Die weiteren Arbeitsschritte sind:

- Gruppierung der Kanalhaltungen in Abhängigkeit von zustandsklassenrelevanten Einflussmerkmalen (Schichtung),
- Festlegung, Inspektion und Zustandsklassifizierung der Stichprobe,

- Hochrechnung der Zustandsklassenverteilungen sowie
- Lokalisierung von Inspektions- und Sanierungsschwerpunkten.

2.2 Abschätzung des erforderlichen Stichprobenumfanges

Aufgrund der genannten Abhängigkeiten der Prognosequalität ist es bei Vorgabe eines maximalen Konfidenzintervalls für einen maßgebenden Populationsanteil und einer festgelegten Sicherheit möglich, den erforderlichen Gesamtstichprobenumfang abzuschätzen [4],[5]. Untersuchungen im Rahmen des o. g. Forschungsvorhabens ergaben, dass der Gesamtzustand einer Kanalisation bereits auf Basis der statistischen Hochrechnung von 500 - 1.000 Kanalhaltungen bzw. Anschlussleitungen sicher abgeschätzt werden kann.

Ebenso wie die erwünschte Prognosequalität ist die Anzahl der Schichten vorab festzulegen: Je differenzierter eine Selektion der im Weiteren zu inspizierenden Kanalhaltungen ermöglicht werden soll, desto größer ist die Anzahl der Schichten zu wählen. Die Anzahl der Schichten hat, da der Mindeststichprobenumfang je Schicht bei etwa 100 Kanalhaltungen liegt, wiederum Einfluss auf dem Gesamtstichprobenumfang. Aus diesem Grund sollte die Schichtanzahl nicht zu groß gewählt werden. Selbst für großstädtische Kanalisationen, ist eine sinnvolle Selektion in der Regel auf der Basis von etwa 10 - 20 Schichten möglich [4, 5].

Der sich aus diesen Betrachtungen ergebende erforderliche Gesamtstichprobenumfang lässt sich somit direkt aus der Vorgabe für die Schichtenanzahl abschätzen: Bei einer Anzahl von z. B. 20 Schichten ist ein Gesamtstichprobenumfang von etwa $20 \cdot 100 = 2.000$ Haltungen erforderlich.

Der erforderliche Stichprobenumfang ergibt sich damit zum einen aus den Vorgaben zur Prognosequalität und zum anderen aus der vorgegebenen Anzahl der Schichten. Der Maximalwert aus beiden Überprüfungen ist zu wählen.

2.3 Schichtung

Für die Prognose der Zustandsklassenverteilung von Kanalisationen ist aufgrund ihrer heterogenen Struktur die Bildung möglichst homogener Gruppen sinnvoll. Zum einen wird damit die Qualität der Prognose für den Gesamtnetzzustand grundsätzlich, wenn auch nachweislich gering [4], [5], verbessert, zum anderen wird durch eine Gruppierung des Netzes eine Festlegung von Inspektions- und Sanierungsprioritäten (Ranking) von Netzbereichen überhaupt erst ermöglicht. Dies ist der wesentliche Aspekt der Schichtung.

Diese so genannte Schichtung erfolgt anhand einer Klassierung von Einflussmerkmalen. Als Einflussmerkmale gelten dabei alle Aspekte, welche für die hochzurechnende Zielgröße, hier also der Zustandsklasse einer Haltung, von Bedeutung sind (z. B. Baujahr, Material oder Verkehrslast) [4]. Die Anzahl der gebildeten Schichten ergibt sich aus der Anzahl der berücksichtigten Einflussmerkmale und den jeweiligen Klassierungen. Damit stellt sich die Frage, wie stark die Relevanz der einzelnen Merkmale für die Zustandsklasse einer Kanalhaltung ist.

Im Rahmen des o.g. Forschungsvorhabens war es möglich, die Zustandsklassenverteilung zweier Gruppen von Kanalhaltungen, die sich nur bezüglich einer Klassierung eines speziellen Einflussmerkmals unterschieden, zu vergleichen. Mittels statistischer Testverfahren wurde untersucht, ob die Unterschiede in den Zustandsklassenverteilungen zufällig oder systematisch bedingt sind. Hierauf aufbauend wurde die Relevanz der jeweils untersuchten Klassierung beurteilt [4].

Eine zusammenfassende Beurteilung der Relevanz der erfassten Einflussmerkmale sowie eine sinnvolle Klassierung dieser Merkmale ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Relevanz der für die Schichtung zu berücksichtigenden Einflussmerkmale und empfohlene Klassierung [6]

| Merkmal | Relevanz | empfohlene Klassierung |
|----------------------|-----------------------|---|
| Baujahr | sehr hoch | ab 1940 jeweils zehn Jahre |
| Nennweite | hoch | bis DN 200 größer DN 200 bis DN 300 größer DN 300 bis DN 400 größer DN 400 |
| Abwasserart | | Mischwasser Regenwasser Schmutzwasser |
| Überdeckung | | bis 1 m größer 1 m bis 2 m größer 2 m bis 3 m größer 3 m bis 4 m größer 4 m |
| Bodenart | | Sande und Kiese sonstige Böden |
| Material | | Steinzeug Beton sonstige Materialien |
| Verkehrslast | gering | leicht mittel schwer |
| Profil | keine Aussage möglich | |
| Lage zum Grundwasser | | |
| Stadtgebiet | | |

Für alle betrachteten Kanalisationen konnte jeweils festgestellt werden, dass das Einflussmerkmal „Baujahr“ mit Abstand den größten Einfluss auf die Zustandsklasse einer Kanalhaltung hat. Die Relevanz der Einflussmerkmale „Nennweite“, „Entwässerungssystem“, „Überdeckung“, „Bodenart“ und „Material“ ist in Bezug auf die Zustandsklasse in etwa als gleichwertig hoch zu beurteilen. Die weiteren Merkmale, für die eine Aussage getroffen werden kann, sind von deutlich geringerer Bedeutung [4].

2.4 Festlegung, Inspektion und Zustandsklassifizierung der Stichprobe

Bei der Stichprobenfestlegung müssen grundsätzlich zwei Aspekte gegeneinander abgewogen werden:

- Zum einen ist zu gewährleisten, dass die Stichprobenauswahl zufällig erfolgt,
- zum anderen ist es bei kommunalen Kanalisationen aus logistischen Gründen erforderlich, zusammenhängende Stränge bestimmter Länge zu inspizieren.

Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Kanalisation in zusammenhängende Stränge sinnvoller Länge (z. B. sechs Haltungen) einzuteilen und die zufällige Stichprobe aus diesen Strängen zu ziehen. Bei der Inspektion von Anschlusskanälen kann die Auswahl der Stichprobe dagegen in der Regel rein zufällig erfolgen.

Eine Verwendung bereits vorhandener Inspektionsergebnisse ist grundsätzlich möglich, sofern die zufällig ausgewählte Stichprobe die entsprechenden Haltungen enthält. Keinesfalls darf das Vorhandensein von Inspektionsergebnissen die Auswahl der Stichprobe beeinflussen, da ansonsten die Repräsentativität der Stichprobe nicht gewährleistet ist und damit die Verfahren zur Hochrechnung der Ergebnisse versagen.

Da die Ergebnisse der Inspektion bei dieser Vorgehensweise nicht nur zur Zustandsbeschreibung der jeweils inspizierten Kanalhaltung verwendet werden, sondern auf die Grundgesamtheit der nicht inspizierten Kanalhal-

tungen hochgerechnet werden, ist auf die Qualität der Inspektion ein besonders großes Augenmerk zu legen. Bezüglich der Wahl des zu verwendenden Zustandsklassifizierungsverfahrens bestehen keine Einschränkungen.

2.5 Hochrechnung der Zustandsklassenverteilungen und Lokalisierung von Inspektions- und Sanierungsschwerpunkten

Die Zustandsklassenverteilung einer Schicht entspricht der Zustandsklassenverteilung der Stichprobe. Die obere und untere Grenze der Konfidenzintervalle können mit den entsprechenden Gleichungen unproblematisch ermittelt werden.

Der tatsächliche Zustand einer Haltung kann letztlich nur durch eine TV-Befahrung festgestellt werden. Die Ergebnisse der Zustandsprognose für die einzelnen Schichten geben Populationsanteile für die einzelnen Zustandsklassen in einer Schicht an. Je höher der Anteil der Haltungen kritischen Zustandes (Sofortmaßnahmen und kurzfristig durchzuführende Maßnahmen) in einzelnen Schichten ist, desto größer ist der Sanierungsbedarf und damit auch die Dringlichkeit, den Kanalzustand in den Haltungen der Schicht durch TV-Inspektionen festzustellen.

Ein Ranking der Schichten kann auf Basis der Populationsanteile der Haltungen kritischen Zustandes (in der Regel ZK 0 und ZK 1) oder für oberen Grenzen der Konfidenzintervalle dieser Populationsanteils erfolgen.

3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Ein wesentlicher Aspekt der Untersuchungen im Rahmen des o.g. Forschungsvorhabens war die Betrachtung der Frage unter welchen Randbedingungen eine selektive Inspektion wirtschaftliche Vorteile gegenüber der konventionellen Vorgehensweise aufweist [4]. Hierfür sind zunächst die spezifischen Nutzen beider Inspektionsstrategien gegenüberzustellen.

Bei Anwendung der konventionellen Inspektionsstrategie erfolgt die Erfassung des Zustandes von Kanalisationen und Anschlussleitungen einer Ortsentwässerung mit einer selbstgewählten, in der Regel räumlich oder organisatorisch bedingten Systematik. Der mit dieser Inspektionsstrategie verbundene Nutzen liegt in der sicheren Erfassung des Zustandes der inspizierten Netzteile. Da diese Systematik auch eine Inspektion in Abhängigkeit des auf Betriebserfahrungen basierenden erwarteten Zustandes der Haltungen sein kann, ist ein Ranking von Haltungsgruppen bzw. Teilnetzen eingeschränkt möglich. Über die Qualität dieses Rankings kann keinerlei Aussage getroffen werden, da dieses stark von den Kenntnissen des Betreibers abhängt. Aufgrund der in aller Regel nicht vorliegenden Betriebserfahrungen, bzw. der nicht vorhandenen Möglichkeit diese Erfahrungen zu sammeln, ist für die Anschlusskanäle einer Ortsentwässerung ein Ranking so nicht möglich. Ebenfalls kann, unabhängig von der Netzstruktur, grundsätzlich keine Aussage über den Zustand des nicht inspizierten Teilnetzes erfolgen.

Der Nutzen der selektiven Vorgehensweise liegt in der Erfassung des Gesamtnetzzustandes auf Basis einer Stichprobe und in einem sicheren Ranking von Haltungsgruppen bzw. Teilnetzen. Damit ergibt sich die Grundlage für eine langfristige Planung von notwendigen Sanierungsbudgets und -prioritäten. Sanierungsbedürftige Haltungen können gezielter inspiziert und, da die notwendigen Budgets vorab zu Verfügung gestellt werden können, auch zeitnah saniert werden.

Die wesentlichen Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind im Folgenden aufgelistet:

- Für die Schichtung einer Kanalisation ist es in der Regel ausreichend, auf Stammdaten (Baujahr, Nennweite, Entwässerungssystem und Überdeckung) zurückzugreifen. Der mit Datenerhebung und Schichtung verbundene Aufwand ist daher in aller Regel gering bzw. vernachlässigbar. Dies gilt auch dann, wenn die Berücksichtigung weiterer Einflussmerkmale aufgrund lokaler Verhältnisse bei der Schichtung sinnvoll erscheint, da die Netzbetreiber gewöhnlich über entsprechende Daten bzw. Kenntnisse verfügen.

- Der Zustand des nicht inspizierten Netztes kann bei konventioneller Vorgehensweise nicht sicher abgeschätzt werden. Um sichere Aussagen über den Zustand des Gesamtnetzes bzw. aller Anschlussleitungen treffen zu können, wäre ein sehr hoher Inspektionsumfang von etwa 90 % der Haltungen erforderlich. Demgegenüber steht ein erforderlicher Inspektionsumfang von etwa 500 - 1.000 Haltungen bei selektiver Vorgehensweise.
- Die kritischen Netzzumfänge, ab denen die Anwendung einer selektiven Vorgehensweise sinnvoll ist, liegen unter diesen Annahmen bei etwa 2.000 bis 4.000 Haltungen. Der Kostenvorteil der selektiven Inspektion gegenüber konventioneller Vorgehensweise steigt mit den spezifischen Kosten der Reinigung und Inspektion. Je größer die Kanalisationen und die spezifischen Inspektionskosten sind, umso mehr kommen die Vorteile der selektiven Inspektion zum Tragen.
- Auch bei bereits teilweise inspizierten Netzen kann die selektive Erstinspektion noch sinnvoll sein. Die kritischen Netzzumfänge liegen dabei aber entsprechend höher. Aufgrund der Vielzahl kostenbeeinflussender Parameter ist eine allgemeingültige Aussage allerdings nicht möglich. Für den Einzelfall kann dagegen die Frage, ob sich ein solches „Umschwenken“ lohnt exakt ermittelt werden.
- Gesamtwirtschaftlich betrachtet erscheint der Einsatz der selektiven Erstinspektion unter Berücksichtigung der bereits (teil-)inspizierten Netze [4] für kommunale Kanalisationen für etwa 25 % der bundesdeutschen Bevölkerung sinnvoll. Die Kosten für die Erfassung des Gesamtnetzstatus liegt bei selektiver Vorgehensweise bei etwa 30 % der Kosten einer konventionellen flächendeckenden Inspektion.
- Bei Anschlusskanälen kann derzeit davon ausgegangen werden, dass die Inspektion bislang in einem nicht nennenswerten Umfang erfolgte. Sinnvoll anwendbar ist die selektive Erstinspektion von Anschlussleitungen ab Gemeindegrößen von etwa 6.000 Einwohnern. Etwa 80 % der deutschen Bevölkerung leben in Gemeinden dieser Größenordnung und könnten damit wirtschaftlich davon profitieren. Die relativen Kosten für die Ersterfassung der Zustände der Anschlussleitungen mittels selektiver Erstinspektion liegen damit bei etwa 15 % bis 35 % der Kosten, die sich bei konventioneller flächendeckender Ersterfassung der Leitungen ergäben.

4 Beispiele der praktischen Umsetzung

Erste praktische Erfahrungen mit der hier vorgestellten Vorgehensweise wurden bei der Inspektion und Hochrechnung einer repräsentativen Stichprobe des etwa 350 km langen Kanalnetzes des VW-Werkes Wolfsburg gewonnen. Hier konnte der Zustand der Kanalisation auf Basis einer Stichprobe von etwa 25 km Länge kostengünstig hochgerechnet werden [1].

Die bei diesen Maßnahmen gewonnenen positiven Erfahrungen mit einer selektiven Erstinspektion waren Veranlassung für die Beantragung des Forschungsvorhabens „Entwicklung eines allgemein anwendbaren Verfahrens zur selektiven Erstinspektion von Abwasserkanälen und Anschlussleitungen“ und dessen Bewilligung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (bmb+f). Im Rahmen dieses nun weitgehend abgeschlossenen Vorhabens erfolgte eine praktische Umsetzung der selektiven Erstinspektion

- der kommunalen Kanalisation der Stadt Braunschweig und der Gemeinde Marpingen,
- der öffentlichen Anschlussleitungen der Stadt Ingolstadt und
- der außerörtlichen Verbindungssammler des Entsorgungsverbandes Saar (EVS).

Weitere konkrete Maßnahmen sind die selektive Erstinspektion

- der Kanalisation der Stadt Regensburg (Beginn 2002) sowie
- für etwa 3.000 Anschlusskanäle im Bereich des Abwasserzweckverbandes München Ost (Gemeinde Kirchheim).

5 Abschließende Bemerkung

An dieser Stelle sei allen gedankt, die zum Gelingen des hier vorgestellten Forschungsvorhabens beigetragen haben.

Hierbei seien zunächst die Städte Braunschweig und Ingolstadt, die Gemeinde Marpingen, der Entsorgungsverband Saar und vor allem das Bundesministerium für Bildung und Forschung genannt, durch deren finanziellen Einsatz das Vorhaben ermöglicht wurde.

Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern der AQUA-Ingenieure GmbH für die Initiierung des Vorhabens und für die ingenieurtechnische Begleitung der Inspektionsmaßnahmen bedanken.

Der Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben sowie die hierauf aufbauende Handlungsanleitung zur Durchführung einer selektiven Erstinspektion können auf der Internetseite des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen unter folgenden Adressen abgerufen werden:

<http://www.isa.rwth-aachen.de/docs/Selerin-Abschlussbericht.pdf>

<http://www.isa.rwth-aachen.de/docs/Selerin-Handlungsanleitung.pdf>

Literatur

- [1] Hartwig, E.
Krug, R. Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen – Selektive Kanalinspektion als Grundlage zur Ermittlung der Zustands- und Kostenentwicklung des Kanalnetzes im VW-Werk Wolfsburg
<http://www.aqua-ingenieure.de/aqua/pdf/ka-vw-98.pdf>
- [2] Hochstrate, K.
Jansen, K.
Schönborn, F. Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen – Qualitätsprüfung selektiver Inspektionsstrategien nach DIN EN 752-5 durch Genehmigungsbehörden
Korrespondenz Abwasser, 1996, H. 2, S. 1971
- [3] Hochstrate, K.
Schönborn, F. Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen – Selektive Inspektionsstrategien
Umwelttechnologie Aktuell 1996, H. 3, S. 249
- [4] Müller, K.
Dohmann, M. Entwicklung eines allgemein anwendbaren Verfahrens zur selektiven Erstinspektion von Abwasserkanälen und Anschlussleitungen
Abschlussbericht Teil A: wissenschaftliche Untersuchungen
Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA), 12/2002,
abrufbar unter <http://www.isa.rwth-aachen.de>
- [5] Müller, K.
Dohmann, M. Entwicklung eines allgemein anwendbaren Verfahrens zur selektiven Erstinspektion von Abwasserkanälen und Anschlussleitungen
Abschlussbericht Teil C: Handlungsanleitung
Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (ISA), 12/2002,
abrufbar unter <http://www.isa.rwth-aachen.de>
- [6] Stein, D. Instandhaltung von Kanalisationen
Verlag Ernst & Sohn, 3. Auflage, 1998