

Kurzbericht

Pilotstudie Inspektion teilgefüllter Kanäle



Sokoll, O.
Gelsenkirchen, 2007

Auftraggeber:



Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes NRW

Bearbeitung:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen



STEB Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn
Technisches Rathaus
Pontanusstraße 55
33102 Paderborn

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

Dr.-Ing. Bert Bosseler

PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. Oliver Sokoll

Dipl.-Ing. Andreas Downar

DANKSAGUNG

Für die zahlreichen Anregungen und die fachliche Diskussion im Rahmen der Beteiligung am Projektbeirat danken wir:

- Christine Appelt, Stadtentwässerung Neuss
- Dieter Drieschner (Vertreter: Detlef Enders, Matthias Ventker), Stadt Hilden
- Frank Großklags, Stadt Bochum
- Andreas Hengstler (Beiratssprecher), Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn
- Stefan Hüttenrauch, Stadtentwässerungsbetrieb Köln AöR
- Roland Kammerer, Stadtentwässerung Frankfurt am Main
- Jens Klingebiel, Wupperverband
- Christian Koch, Stadt Olpe
- Thomas Palz, Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen AöR (SAL)
- Michael Schoppen, Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf
- Friedrich Schürmann, Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld, Stadtentwässerung
- Norbert Wigger, Stadtentwässerung Stadt Ahaus

Ein besonderer Dank für die Vorbereitung, Begleitung und Unterstützung der im Paderborner Untersuchungsobjekt durchgeführten Kanalinspektionen gilt den beteiligten Mitarbeitern des Stadtentwässerungsbetriebes Paderborn. Darüber hinaus danken wir den Mitarbeitern folgender Firmen für ihr Engagement bei der Umsetzung der für den vorliegenden Anwendungsfall ausgewählten Inspektionsverfahren: Tauchunternehmen und Apparatebau Hirt (Koblenz), ISAS GmbH (Füssen), Gustav Kehne Bauunternehmen GmbH (Detmold), Lönne Entsorgung GmbH & Co. KG (Lippstadt), Pader Kanal Technik - Rohr Frei GmbH & Co. KG (Paderborn-Sennelager) und Radiodetection Ltd. (Bristol, UK). In diesem Zusammenhang danken wir auch der Stadtwerke Osnabrück AG, die ihren auf das

Kamerasystem „Argus“ abgestimmten Fahrwagenzusatz zur Verfügung stellte, sowie der IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG (Kiel) für die Bereitstellung des Systems „Cerberus“.

Der ISAS GmbH gilt unser Dank dafür, dass wir im Vorfeld des Praxiseinsatzes in Paderborn eine Kanalbegehung in Kaiserslautern begleiten durften, um auf diese Weise einen Einblick in die Arbeitsweise der Inspekture zu erhalten. Bedanken möchten wir uns auch bei Herrn Meyer-Hübner von der BASF AG für die Erläuterungen zum Einsatz einer Heberanlage im Rahmen eines Vor-Ort-Termins in Ludwigshafen sowie bei Herrn Bernd Otte (Horstedt) für die Bereitstellung eines Ejektors zur Durchführung von Versuchen zum Thema Durchleiten in einer IKT-Prüfstrecke. Mit Blick auf den Demonstrationseinsatz einer Propellerdüse zur Großkanalreinigung (Hersteller: Enz Technik AG, Giswil/Schweiz) in Paderborn danken wir sowohl der Günther Sausgruber Kanaltechnik GmbH (Frankenthal) für die Bereitstellung des Reinigungsgerätes und die Begleitung der Vorführung als auch der Firma ZRKT - Zentrum für Rohr- und Kanaltechnik (Lünen) für die Dokumentation des Vor-Ort-Einsatzes unter Verwendung der Inspektionssysteme Schachtkamera (Hersteller: Ritec GmbH, Haldenwang) bzw. Quickview (Hersteller: Envirosight LLC, Randolph, USA).

Darüber hinaus danken wir Herrn Dr.-Ing. Olaf Kaufmann (öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Kanalisationstechnik und Dichtheitsprüfungen) vom gleichnamigen Ingenieurbüro (Bochum, Köln) für die Unterstützung in Fragen der Anwendung von temporären Absperrelementen unter besonderer Berücksichtigung der betrieblichen Randbedingungen des Paderborner Untersuchungsobjektes.

BILDNACHWEIS FÜR DIE TITELSEITE

1. Reihe: links: TV-Inspektionsroboter: Argus 4¹ mit Fahrgestell² für Großrohre; Foto: IKT
rechts: bemannte Kanalbefahrung: Inspekteur mit Fahrwagen³; Foto: IKT
2. Reihe: links: Kanalbegehung: Inspekteur der ISAS GmbH, Füssen; Foto: IKT
rechts: TV-Inspektionsroboter: Argus 4¹ mit Schwimfloß⁴; Foto: IKT

¹ Hersteller: IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, Kiel

² Hersteller: Pader Kanal Technik - Rohr Frei GmbH & Co. KG, Paderborn-Sennelager

³ Hersteller: Tauchunternehmen und Apparatebau Hirt, Koblenz

⁴ Hersteller: Lönne Entsorgung GmbH & Co. KG, Lippstadt

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG.....	1
2	ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE.....	2
3	VORUNTERSUCHUNGEN.....	3
4	VERSUCHE IN PRÜFSTRECKEN DES IKT.....	4
5	IN-SITU-INSPEKTIONEN IN PADERBORN	6
6	PLANUNGSEMPFEHLUNGEN.....	13
7	AUSBLICK.....	17
8	LITERATUR.....	18

1 Veranlassung

Abwasseranlagen müssen so geplant und gebaut sein, dass sie die sicherheitstechnischen und betrieblichen Anforderungen erfüllen und jederzeit betriebsbereit sind. Dies wird u.a. gewährleistet durch Maßnahmen zur Instandhaltung (vgl. [1]). Nach [2] sind unter dem Begriff Instandhaltung sowohl Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes als auch zur **Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes** zu verstehen, d.h. im Gesamtblick Wartung, **Zustandserfassung** und Sanierung. Der Entwurf zum DWA-Merkblatt M 149-2 aus dem Jahr 2006 [3] beinhaltet als **Definition der Zustandserfassung** „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des baulichen/betrieblichen, hydraulischen und umweltrelevanten Ist-Zustandes von Entwässerungssystemen“ und fasst unter dem Begriff **Inspektion** „Untersuchungen zur Erfassung des baulichen/betrieblichen Zustandes“ zusammen.

Nach der in Nordrhein-Westfalen geltenden Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) sind die Betreiber von Abwasseranlagen unter anderem dazu verpflichtet, den Zustand des gesamten Kanalnetzes in regelmäßigen Abständen zu erfassen. Im Rahmen einer im Jahre 2003 abgeschlossenen IKT-Erhebung zur Umsetzung dieser Verordnung (vgl. [4], [5]) wurde bereits deutlich, dass erhebliche Unsicherheiten bezüglich der Inspektion teilgefüllter Abwasserkanäle bestehen. Zahlreiche Netzbetreiber hatten angegeben, den Zustand insbesondere von Hauptsammlern, in denen kontinuierlich, d.h. sowohl tagsüber als auch nachts, erhebliche Abwassermengen abgeleitet werden, noch nicht erfasst zu haben. Als Grund wurde das Fehlen von Strategien und Verfahren zur Inspektion teilgefüllter Abwasserkanäle genannt.

Auch der Stadtentwässerungsbetrieb (STEB) Paderborn sah sich mit der oben genannten Problematik konfrontiert. Zur Großkläranlage des Kanalnetzbetreibers führt ein einzügig ausgeführter Haupt-Schmutzwassersammler, der ständig teilgefüllt ist und dessen Zustand seit seiner Inbetriebnahme im Jahre 1981 nicht erfasst wurde. Der insgesamt ca. 8 km lange Kanal besteht aus Betonrohren mit Kunststoffauskleidung der Nennweiten DN 1200, DN 1600 und DN 1800. Bei einer Fließgeschwindigkeit von etwa 1,5 m/s beträgt die minimale Teilfüllung in den Nachtstunden zwischen 30 und 40 cm. Aufgrund der großen eingeleiteten Abwassermengen der Industrie liegt die Wasserstandshöhe tagsüber bedeutend höher.

Vor dem Hintergrund dieser Randbedingungen und den damit verbundenen offenen Fragestellungen zur Zustandserfassung des Sammlers initiierte der STEB Paderborn gemeinsam mit dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur die Pilotstudie „Inspektion teilgefüllter Kanäle“. Dieses Forschungsvorhaben wurde durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (MUNLV) gefördert (Aktenzeichen: IV-9-041 105 0240). Die Ergebnisse des Projektes werden in der Langfassung ausführlich dargestellt und nachfolgend zusammengefasst.

2 Zielstellung und Vorgehensweise

Gegenstand des Pilotvorhabens war es, mehrere Lösungsvarianten zur optischen Inspektion eines 5,7 km langen Teilabschnittes des Paderborner Schmutzwasser-Hauptsammlers zu erarbeiten, eine oder mehrere Varianten auszuwählen und vor Ort umzusetzen. Die im Rahmen der Begleitung der Maßnahmen gewonnenen Erkenntnisse wurden mit Blick auf Vor- und Nachteile der gewählten Vorgehensweisen ausgewertet und auf diese Weise Verbesserungsmöglichkeiten bzw. Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der eingesetzten Techniken aufgezeigt. Im Ergebnis werden den Kanalnetzbetreibern allgemeine **Hinweise zur Vorbereitung** von Inspektionsmaßnahmen und zur inspektionsgerechten Planung künftiger Anlagen an die Hand zu geben.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine praxisorientierte **Vorgehensweise** gewählt. Zunächst wurden mit Blick auf den gegebenen Anwendungsfall Recherchen zu Techniken und Geräten aus den Themenbereichen optische Inspektion, Kanalreinigung und Vorflutsicherung durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden insbesondere auch Fragestellungen und Anforderungen aus dem Bereich der Arbeitssicherheit betrachtet. Anschließend wurden die Randbedingungen des Paderborner Untersuchungsobjektes detailliert ermittelt. Dies beinhaltete u.a. die Sichtung von Bestandsunterlagen, die Erfassung von Praxiserfahrungen des STEB Paderborn, die Begehung der Kanaltrasse sowie die Inspektion und Vermessung der Schachtbauwerke. Im nächsten Arbeitsschritt wurden unterschiedliche Lösungsansätze zur optischen Inspektion des Hauptschmutzwasser-sammlers erarbeitet, nach einer ersten Vorauswahl zu konkreten Verfahrensvorschlägen weiterentwickelt und schließlich sechs verschiedene Varianten zur optischen Inspektion für die Umsetzung vor Ort ausgewählt. Diese Inspektionstechniken wurden durch Fachfirmen – zum Teil unterstützt durch Personal des STEB Paderborn – im Untersuchungsobjekt angewendet. Im Ergebnis konnte der ausgewählte Teilabschnitt des Schmutzwasser-Hauptsammlers in Bezug auf seine Gesamtlänge von 5,7 km zu 92 % inspiziert werden. Die dafür notwendigen 10 Nachteinsätze wurden durch das IKT begleitet und ausführlich dokumentiert. Aus den dabei gewonnenen Erkenntnissen sowie ergänzenden Untersuchungen (u.a. Interviews mit Kanalnetzbetreibern, Versuchen in IKT-Prüfstrecken) wurden Planungsempfehlungen zur Inspektion teilgefüllter Kanäle abgeleitet. Die einzelnen Projektinhalte sind im vorliegenden Kurzbericht zusammengefasst. Die Langfassung gibt darüber hinaus einen Überblick zum Stand der Technik bezüglich Verfahren und Geräten zur Inspektion, Kanalreinigung und Vorflutsicherung sowie zu den arbeitssicherheitstechnischen Anforderungen.

3 Voruntersuchungen

Zunächst wurden **Interviews mit 16 öffentlichen Kanalnetzbetreibern** geführt, um bereits bestehende Praxiserfahrungen hinsichtlich der Zustandserfassung von Kanälen, in denen ständig hohe Abwassermengen abgeleitet werden, zu erfassen. Demnach waren 14 der Entwässerungssysteme, über die berichtet wurde, nicht mit ortsfesten Betriebspunkten (z.B. Schieber) ausgestattet, um teilgefüllte Sammler temporär abwasserfrei halten zu können. Es wurde herausgestellt, dass sowohl die Nachrüstung derartiger Einrichtungen als auch der alternative Einsatz provisorischer Wasserhaltungsmaßnahmen mit hohen Kosten verbunden sind. Vor diesem Hintergrund verzichteten einige Netzbetreiber bei der Inspektion auf aufwendige Techniken zur Vorflutsicherung und tolerieren die Einschränkungen der Zustandserfassung, die sich aus der Teilfüllung ergeben. Im Gegensatz dazu wurde Kompromissen hinsichtlich der Einhaltung arbeitssicherheitstechnischer Vorschriften eine deutliche Absage erteilt. Neben der Vorflutsicherung wurde die Kanalreinigung als wesentliche Voraussetzung für die Inspektion genannt. Probleme bei der Ablagerungsbeseitigung können u.a. entstehen durch Sonderquerschnitte sowie Schächte, die nur eingeschränkt oder überhaupt nicht zugänglich sind. Im Gesamtblick der Befragung ist festzuhalten, dass die Kanalnetzbetreiber bei der Zustandserfassung von teilgefüllten Kanälen den Einsatz von Verfahren zur Reinigung, Vorflutsicherung und Inspektion anstreben, die nicht nur aus technischer Sicht den Anforderungen des vorliegenden Anwendungsfalles genügen, sondern auch zuverlässig, wirtschaftlich vertretbar und aus arbeitssicherheitstechnischer Sicht geeignet sind.

Im nächsten Schritt wurden vor dem Hintergrund von Überlegungen, im Rahmen der Zustandserfassung des Paderborner Untersuchungsobjektes einen Heber zur Vorflutsicherung einzusetzen und Kanalbegehungen durchführen zu lassen, ein in Betrieb befindlicher **Heber in Ludwigshafen besichtigt** (vgl. Abb. 1) und eine **Kanalbegehung in Kaiserslautern begleitet**. Als Ergebnis der Vor-Ort-Besichtigung des Hebers wurde festgestellt, dass bei diesem Gerät nicht nur die Dimensionierung und Verlegung der Leitung zu beachten ist, sondern auch der gegebenenfalls notwendige Umbau von Schächten zu geeigneten Zu- und Ablaufbauwerken. Mit Blick auf die zu erwartenden Kosten wurde der Einsatz eines Hebers zur temporären Umleitung des Abwassers für die Inspektion des Paderborner Untersuchungsobjektes nicht weiter verfolgt. Demgegenüber legten die Erfahrungen aus der Begleitung einer Kanalbegehung einen solchen Einsatz auch für den Paderborner Haupt-Schmutzwassersammler nahe.



Abb. 1: Komponenten eines Heber 2000 auf dem Betriebsgelände der BASF AG in Ludwigshafen, links: Betriebsgerät, rechts: Leitung DN 1400, Fotos: [6]

4 Versuche in Prüfstrecken des IKT

Um unter reproduzierbaren Randbedingungen Techniken zur Absenkung des Wasserstandes bzw. zur Inspektion der Rohrsohle zu untersuchen, wurden **Versuche in teilgefüllten Prüfstrecken des IKT durchgeführt**. Dabei kamen zwei Techniken zum Einsatz. Es wurde zum einen untersucht, inwieweit die Möglichkeit besteht, in einem in Betrieb befindlichen Kanal mit Hilfe einer Ejektordüse eine Absenkung des Wasserspiegels zu erzielen. Anhand der Versuchsergebnisse war insbesondere mit Blick auf die optische Kanalinspektion festzustellen, dass unter den gegebenen Randbedingungen der Wasserspiegel zwar deutlich erkennbar abgesenkt, der Sohlenbereich jedoch nicht vollständig wasserfrei gehalten werden konnte. Die im Rahmen der Versuchsdurchführung beobachtete Spritzwasser- und Aerosolbildung kann sich darüber hinaus negativ auf die Qualität einer parallel durchgeführten optischen Inspektion auswirken (vgl. Abb. 2).



a) Ansaugöffnung der Ejektordüse, Absenkung des Wasserspiegels: von 20 auf ca. 12 cm

b) Turbulenzen und Spritzwasser hinter der Düse, Höhe: ca. 0,6 m

Abb. 2: Einsatz einer Großprofil-Ejektordüse des Typs GRE 1200* in einer IKT-Prüfstrecke mit Ei-Profil 1200/1800, Fotos: IKT

* Hersteller: Firma Dipl.-Ing. Bernd Otte (Horstedt)

Zum anderen wurde eine an der Unterseite offene Druckkammer zur optischen Inspektion des Sohlbereiches von Kanälen getestet, die nicht vollständig abwasserfrei gehalten werden können. Im Ausgangszustand der Versuche wurde die Prüfstrecke (Rohre DN 2200 mit Kreisprofil) mit simuliertem Abwasser geflutet und die Druckkammer aufgebaut (vgl. Abb. 3). Zur Verdrängung dieses Mediums aus dem Prüfraum wurde zum einen Luft (Variante A) und zum anderen Frischwasser (Variante B) zugeführt. Bei der Versuchsvariante A konnte das Höhenniveau des simulierten Abwassers innerhalb der Druckkammer zwar deutlich, jedoch nicht vollständig abgesenkt werden. Darüber hinaus führte Spritzwasserbildung zu Einschränkungen bei der Inaugenscheinnahme des Druckkammerinnenraumes. Die optische Inspektion der Rohrsohle erscheint auf diese Weise zumindest teilweise realisierbar. Allerdings bestehen Verbesserungspotentiale hinsichtlich der Absenkung des Wasserspiegels und der Vermeidung von Spritzwasser. Die Umsetzung der Versuchsvariante B ergab, dass das simulierte Abwasser mit Hilfe des direkt aus dem Trinkwassernetz zugeführten Frischwassers nicht in ausreichendem Maße aus der

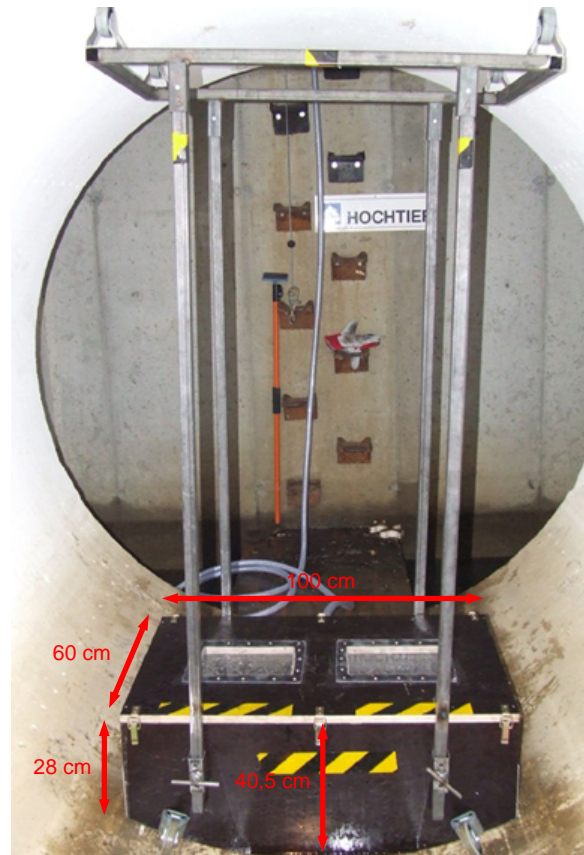
Druckkammer verdrängt werden konnte. Eine Inaugenscheinnahme der Rohrsohle war daher nicht möglich.



a) Einzelelemente: Seitenwände, Deckel



b) Seitenwand mit Druckluftanschluss



c) Gesamtansicht in Rohrlängsrichtung

Abb. 3: Elemente und Maße der Druckkammer, Fotos: IKT

5 In-situ-Inspektionen in Paderborn

Vor dem Hintergrund der durchgeführten Recherchen zum Stand der Technik und Versuche im IKT sowie der Erhebung von Praxiserfahrungen verschiedener Netzbetreiber und den Anforderungen aus der Arbeitssicherheit werden nachfolgend die In-situ-Inspektionen in Paderborn ausgehend von den Vorbereitungen bis zur Umsetzung vor Ort beschrieben.

5.1 Vorbereitungen

Hauptschlagader des Entwässerungssystems der Stadt Paderborn ist ein insgesamt ca. 8 km langer, einzügig gebauter Sammler, der nahezu die gesamte Menge des Paderborner Schmutzwassers aufnimmt und zur Zentralkläranlage transportiert. Gegenstand der vorliegenden Studie war die Inspektion eines ca. 5,7 km langen Abschnittes dieses Kanals.

Um die örtlichen – z.B. baulichen und betrieblichen – Randbedingungen des Untersuchungsobjektes aufzunehmen, wurde eine detaillierte **Ist-Aufnahme** durchgeführt. Diese Vorgehensweise beinhaltete mehrere Arbeitsschritte. Zunächst wurden die zur Verfügung stehenden Bestandsunterlagen erfasst und gesichtet. Anschließend wurden Gespräche mit Mitarbeitern des STEB Paderborn geführt, um auf diese Weise Betriebsinformationen aus der Praxis zu erheben, die für die Planung und Umsetzung der Kanalinspektion von Bedeutung sein könnten. Der dritte Schritt beinhaltete eine Begehung der Kanaltrasse inkl. Inaugenscheinnahme der Schächte, da diese Bauwerke den Zugang zum Kanal darstellen und damit von wesentlicher Bedeutung für die Planung und Umsetzung von Inspektionsmaßnahmen sind. Betrachtet wurde sowohl die Anfahbarkeit (z.B. Straßen, Wege, Lage im Gelände) und Zugänglichkeit (z.B. verschraubte Deckel) der Schachtöffnungen als auch die Konstruktion (z.B. Anzahl und Anordnung der Bermen) und der bauliche Zustand (z.B. Einstiegshilfen) der Schachtbauwerke. Darüber hinaus wurden in den Schächten stichprobenartig Gasmessungen durchgeführt, um Erkenntnisse über den Gehalt gesundheitsschädlicher oder explosiver Substanzen in der Kanalluft zu gewinnen. Im Rahmen der Ortsbegehung wurde u.a. festgestellt, dass ein Teil der Einstiegshilfen deutliche Anzeichen von Korrosion erkennen ließ und die Schachtbauwerke deutliche Unterschiede hinsichtlich der Konstruktion (z.B. Breite der Auftritte, Höhe des Arbeitsraumes) aufwiesen. Vor diesem Hintergrund und mit Blick auf die oben bereits erwähnte besondere Bedeutung der Schächte für die Kanalinspektion wurde zunächst eine Vermessung und Inspektion sämtlicher Schächte durchgeführt. Als Ergebnis der umfangreichen Ist-Aufnahme lagen detaillierte Informationen über den Haupt-Schmutzwassersammler, seine Schachtbauwerke sowie die in Wechselwirkung stehenden Elemente des Entwässerungssystems der Stadt Paderborn vor.

Auf dieser Basis wurden **Lösungsansätze und -varianten** zu den Themen Kanalreinigung, Wasserhaltung und Inspektion **entwickelt und** anschließend diejenigen **Verfahren ausgewählt**, die unter den gegebenen Randbedingungen für den Vor-Ort-Einsatz geeignet erschienen. Zur Ablagerungsbeseitigung wurde das Untersuchungsobjekt nachts unter Einsatz eines Sohlenreinigers gereinigt. Auf den Einsatz von rundumreinigenden Düsen (z.B. Propellerdüse) und handgeführten Hochdruckreinigern wurde aufgrund des aus Sicht des

STEB Paderborn unverhältnismäßig großen Aufwandes und der spezifischen Einsatzrisiken verzichtet.

Das **Wasserhaltungskonzept** wurde vor dem Hintergrund entwickelt, dass das Paderborner Untersuchungsobjekt keine festinstallierten Einrichtungen (z.B. Schieber oder Pumpstationen) umfasst, um den zu inspizierenden Haupt-Schmutzwassersammler temporär abwasserfrei zu halten. Unter Berücksichtigung der gegebenen örtlichen Randbedingungen sowie von wirtschaftlichen und arbeitssicherheitstechnischen Anforderungen wurden Maßnahmen zur Vorflutsicherung entwickelt, deren Ziel es war, den Wasserstand mit vertretbarem Aufwand so weit wie möglich abzusenken. Dieses Vorgehen beinhaltete zum einen das Absperrern eines der wesentlichen Zuläufe zum Haupt-Schmutzwassersammler mit Hilfe eines dort vorhandenen Schiebers und die Zwischenspeicherung des zurückgehaltenen Abwassers in den Becken einer sog. Regenwasserbehandlungsanlage. Zum anderen wurden die Inspektionen in den im Tages-Vergleich zuflussarmen Nachtstunden zwischen 0.00 Uhr und 6.00 Uhr durchgeführt. Darüber hinaus wurden die Termine zur Zustandserfassung mit den Industriebetrieben, die in der Regel auch nachts erhebliche Abwassermengen einleiten, abgestimmt, um so eine weitere Reduzierung der Zulaufmengen zu erreichen.

Mit Blick auf die Faktoren Qualität der Inspektion, bauliche und betriebliche Randbedingungen des Untersuchungsobjektes, Anforderungen aus der Arbeitssicherheit sowie Ressourcen, Technik und Know-how wurden sechs Inspektionstechniken zur Zustandserfassung des Untersuchungsobjektes ausgewählt. Dabei handelte es sich um drei fahrende Robotersysteme, wie sie in ähnlicher Art auch bei der Inspektion von nicht-begehbaren Kanälen üblich sind, ein schwimmendes Robotersystem sowie jeweils eine technische Lösung zur bemannten Befahrung bzw. Kanalbegehung.

5.2 Umsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie kamen bei **zehn Vor-Ort-Einsätzen** insgesamt **sechs** verschiedene **Inspektionstechniken** im betrachteten, 5.700 m langen Abschnitt des Paderborner Haupt-Schmutzwassersammlers zur Anwendung. Dabei handelte es sich um **vier unbemannte** und **zwei bemannte Verfahren**. Die Umsetzung der Inspektionsplanungen im Rahmen von Vor-Ort-Einsätzen wurde durch den STEB Paderborn und das IKT begleitet und insbesondere mit Blick auf die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der ausgewählten Inspektionstechniken dokumentiert und in der Langfassung des Projektberichtes ausführlich beschrieben.

Als Ergebnis der durchgeführten Zustandserfassungsmaßnahmen ist festzustellen, dass der Kanal auf einer Länge von **5.224 m inspiziert** werden konnte. Dies entspricht in Bezug auf die Gesamtlänge des Untersuchungsobjektes einer **Quote von 92 %**. Tab. 1 gibt für jede Inspektionstechnik die Anzahl der Einsätze, die Länge des untersuchten Kanalabschnittes sowie die Wasserstandshöhe im Zeitraum der Inspektion an.

Tab. 1: Übersicht zu den Inspektionseinsätzen im Paderborner Untersuchungsobjekt

Inspektionstechnik			Vor-Ort-Einsätze	Leistung [m]	Wasserstandshöhe [cm]*
I	Fahrender Roboter A: Argus 4 ¹ mit Fahrgestell ² für Großrohre, Foto: IKT		3	1.994	20 bis 25
II	Fahrender Roboter B: Argus 4 ¹ mit Fahrwagenzusatz ¹ , Foto: IKT		2	474	20 bis 30
III	Fahrender Roboter C: Tractor P448 ³ , Foto: IKT		1	(84)	30
IV	Schwimmfähiger Roboter: Argus 4 ¹ mit Schwimmfloß ⁴ , Foto: IKT		2	724	20 bis 25
V	Bemannte Befahrung: Fahrwagen ⁵ und Handkamera Cerberus ¹ , Foto: IKT		2	1.208	10 bis 20
VI	Kanalbegehung: Ausrüstung der ISAS GmbH, Füssen, Foto: IKT		1	824	25 bis 30
* nach Wasserhaltungsmaßnahmen; übliche Teilfüllung im Betriebszustand ca. 90 cm				Σ 5.224 (92 % d. Gesamtlänge)	

¹ Hersteller: IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, Kiel

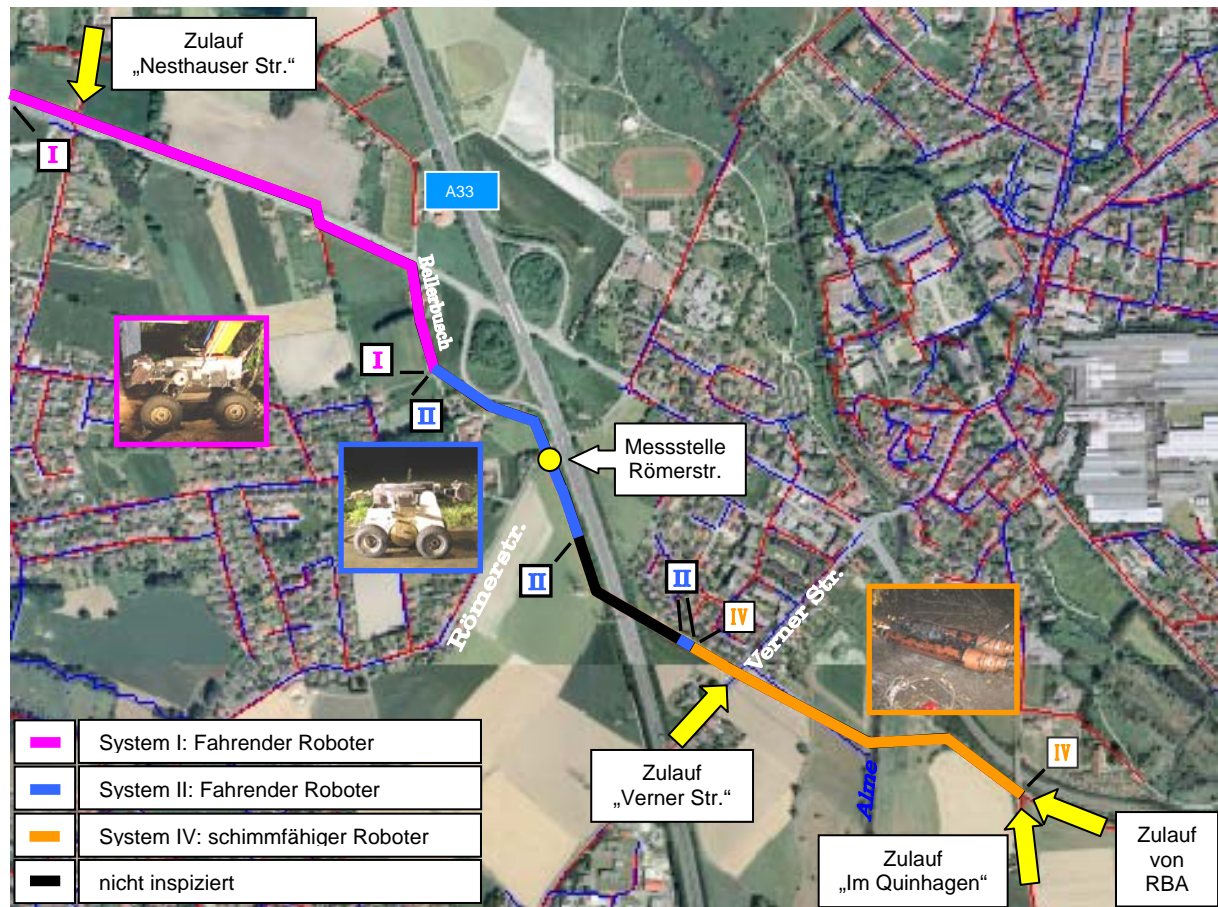
² Hersteller: Pader Kanal Technik - Rohr Frei GmbH & Co. KG, Paderborn-Sennelager,

³ Hersteller: Radiodetection Ltd., Bristol (United Kingdom)

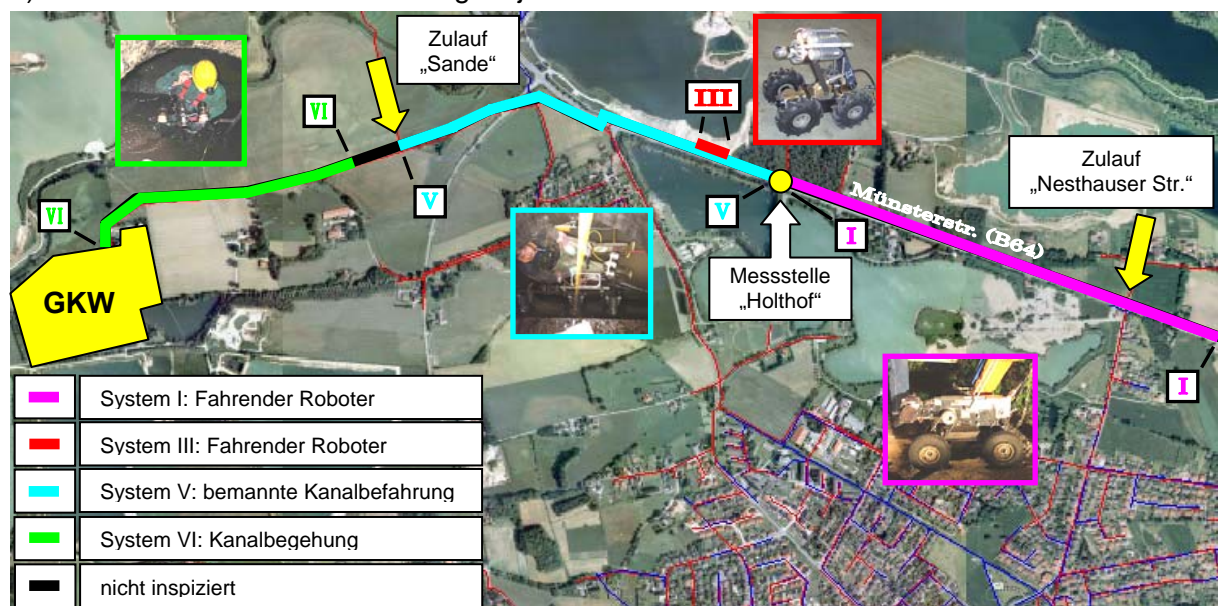
⁴ Hersteller: Lönne Entsorgung GmbH & Co. KG, Lippstadt

⁵ Hersteller: Tauchunternehmen und Apparatebau Hirt, Koblenz

In Abb. 4 zeigen farbige Markierungen des Kanaltrassenverlaufes die jeweiligen Einsatzabschnitte. Die **zwei** schwarzen **Bereiche** (154 m bzw. 322 m lang) konnten **nicht inspiziert** werden, weil die Schächte aufgrund örtlicher Randbedingungen nicht anfahrbar waren.



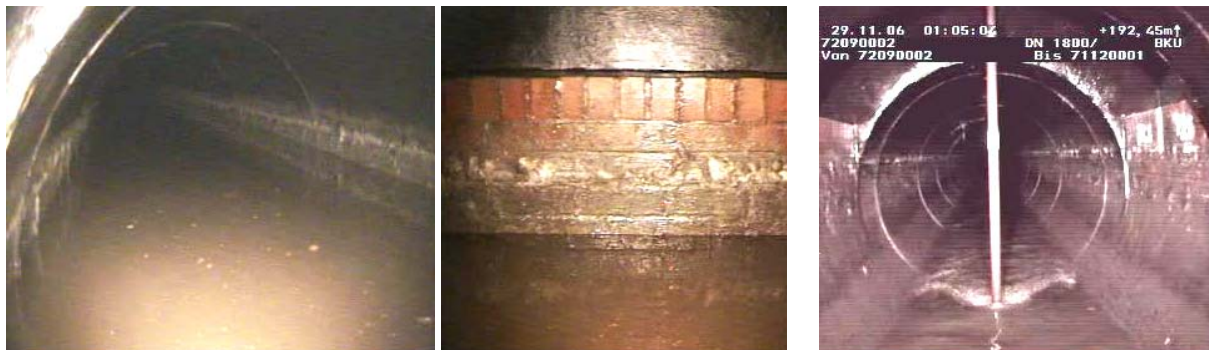
a) Ost-Abschnitt des Untersuchungsobjektes



b) West-Abschnitt des Untersuchungsobjektes

Abb. 4: Einsatzabschnitte der sechs unterschiedlichen Inspektionstechniken

Durch die Umsetzung des in Abschnitt 5.1 beschriebenen Wasserhaltungskonzeptes gelang es, die Abflussmenge im Kanal temporär abzusenken. Daher betrug die **Wasserstandshöhe** bei der Durchführung der Inspektionen **zwischen 10 und 30 cm** (vgl. Tab. 1). Damit lag sie zum Teil deutlich unterhalb der minimalen Teilfüllungshöhe von 30 bis 40 cm, die unter regulären Betriebsbedingungen auch nur in Nächten von Trockenwetterperioden erreicht wird. Abb. 5 stellt anhand des Schachtes S 7112 0002 beispielhaft die Teilfüllung des Kanals, wie sie sich bei der Schachtinspektion, d.h. am Tag und ohne Wasserhaltungsmaßnahmen, zeigte, der Teilfüllung bei der Kanalinspektion gegenüber. Der Unterschied zwischen den Betriebszuständen (50 % bzw. 17 % Teilfüllung) ist optisch deutlich zu erkennen. Um die Wasserstandshöhe über das erreichte Maß hinaus abzusenken, hätten die Zulaufmengen der Industrie deutlich reduziert werden müssen. Trotz Abstimmung der Inspektionseinsätze mit den Betriebsleitern gelang dies jedoch nur zum Teil, da die Produktion nicht in allen Fällen eingeschränkt oder unterbrochen werden konnte.



a) 50 % Teilfüllung bei der Schachtinspektion,
(links: Ansicht der Haltung, rechts: Ansicht der Berme)

b) 17 % Teilfüllung bei
der Kanalbegehung

Abb. 5: *Unterschiedliche Teilfüllungshöhen im Bereich des Schachtes S 7112 0002, Rohrenweite DN 1800, Fotos: [7]**

* aufgenommen im Rahmen der Pilotstudie

Als Ergebnis der Begleitung von Praxiseinsätzen der Inspektionstechniken I bis VI in Paderborn wurden folgende wesentliche Erkenntnisse über deren Einsatzmöglichkeiten und -grenzen unter den gegebenen Randbedingungen gewonnen:

Der Einsatz **des schwimmfähigen Roboters** bietet sich insbesondere mit Blick auf die Gesamtwirtschaftlichkeit der Inspektionsmaßnahme an, wenn das Untersuchungsobjekt ständig hohe Teilfüllungsgrade aufweist und durch die Umsetzung von geeigneten Wasserhaltungsmaßnahmen, im Vergleich zu den Aufwendungen für die reine Zustandserfassung, unverhältnismäßig hohe Kosten entstehen würden. Darüber hinaus stellen Ablagerungen in der Sohle bei ausreichender Wassertiefe kein Hindernis für dieses System dar. Allerdings ist mit Hilfe des vorgestellten schwimmfähigen Roboters nur eine **Grobinspektion** durchführbar, denn die Kamera ermöglicht lediglich die optische Erfassung des Gasraumes. Darüber hinaus ist zu beachten, dass als Antrieb der Inspektionstechnik eine Zugvorrichtung (z.B. Winde) und ein Zugseil erforderlich sind. Insbesondere das Einbringen des Seils in den Kanal kann in Abhängigkeit der gegebenen Randbedingungen mit erheblichem Zeitaufwand verbunden sein. Einsatzgrenzen dieser Inspektionstechnik können

sich aus Abwasserströmungen ergeben, wenn dadurch verwackelte und somit unbrauchbare Videodaten aufgenommen werden.

Bei Anwendung der **unbemannten fahrenden Inspektionstechniken** können starke Abwasserströmung sowie Ablagerungen oder Abflusshindernisse zu Abbrüchen der Zustandserfassung führen. Darüber hinaus beeinflusst die Wasserstandshöhe den Umfang der Inspektion, denn den einzigen Sensor stellt auch bei diesen Robotern eine Kamera dar, mit deren Hilfe der Gasraum optisch erfasst werden kann. Vor diesem Hintergrund sind für den erfolgreichen Einsatz der fahrenden Inspektionsgeräte geringe Wassertiefen und die Beseitigung von Ablagerungen – insbesondere aus dem Sohlbereich – durch Maßnahmen der Kanalreinigung Voraussetzung. Der Zeitbedarf für das Einbringen der Roboter in den Kanal bzw. das Bergen aus dem Kanal ist in der Regel gering, da die Geräte in den meisten Fällen im einsatzfähigen Zustand durch Standardschachtöffnungen geführt werden können. Erhöhter Aufwand kann jedoch entstehen, wenn z.B. Steighilfen in Schächten als Zugangshindernis für den Roboter wirken und dieser infolgedessen im Schacht montiert werden muss. Die eingesetzten, fahrenden Inspektionsgeräte lieferten ein ruhiges Videobild. Es zeigte sich, dass auch mit Hilfe von nicht lenkbaren Robotern Richtungswechsel des Kanals, die im Rahmen der durchgeführten Praxiseinsätze bis zu 60 Grad betrug, überwunden werden können. Bauwerkdetails wie z.B. Seiteneinläufe oder Rohrverbindung konnten durch Schwenken der Kamera und Nutzung des Zooms aufgenommen werden. Um den Kanal detailliert, d.h. auch mit Blick auf geringfügige Schäden, untersuchen zu können, müssten diese Funktionen jedoch flächendeckend eingesetzt werden. Es ist zu erwarten, dass sich der Zeitaufwand für die Inspektion dadurch deutlich erhöhen würde.

Im Vergleich zu den unbemannten Inspektionstechniken zeigte sich, dass durch den Einsatz der **bemannten Befahrung und der Begehung** der **Kanalzustand detaillierter untersucht** werden kann. Der Mensch nimmt im Gegensatz zu Kamera-Robotern seine Umgebung optisch räumlich wahr und ist in der Lage, seinen Tastsinn zu nutzen sowie manuelle Tätigkeiten auszuführen. Aufgrund dieser Fähigkeiten war es bei den bemannten Vor-Ort-Einsätzen im Paderborner Untersuchungsobjekt möglich, auch geringfügige Schäden zu erfassen, Auffälligkeiten des im Gasraum liegenden Kanalquerschnittes durch Tasten näher zu untersuchen (z.B. Rohrverbindungen oder Anschlussbereiche) und Materialproben des Kanalbauwerkes zu gewinnen. Darüber hinaus konnte der Inspekteur den unterhalb des Abwasserspiegels liegenden Teil des Untersuchungsobjektes mit den Füßen abtasten, um ihn auf bedeutende Schäden oder Ablagerungen zu untersuchen. Neben den genannten Vorteilen von bemannten Inspektionsmethoden im Vergleich zu unbemannten Verfahren sind bei deren Umsetzung zwei Faktoren zu berücksichtigen. Zum einen ist das im Kanal tätige Personal verschiedenen Gefahren ausgesetzt. So können z.B. Notfälle durch schädliche Gase entstehen. Zur Minimierung derartiger Risiken müssen geeignete Vorsorgemaßnahmen getroffen werden (z.B. Belüftung des Kanals, Einsatz von Gaswarngeräten, Mitführen von Selbstrettern oder Atemschutzgeräten). Zum anderen können durch die eingesetzten, handgeführten Kameras, in Abhängigkeit der örtlichen Randbedingungen und der Routine des Inspektors, unruhige oder verwackelte Videobilder entstehen. Um dies im Vorfeld zu erkennen, bietet sich die Durchführung von Testeinsätzen im Untersuchungsobjekt an.

Bei der **bemannten Befahrung** sitzt der Inspekteur auf einem Fahrwagen, der durch den Kanal gezogen wird und so konstruiert ist, dass sich seine Räder oberhalb des Abwasserspiegels an der Rohrwand abstützen. Daraus leiten sich im Vergleich zur Kanalbegehung folgende Vorteile ab. Es besteht keine Sturzgefahr und der Fahrwagen stellt einen Haltepunkt für den Inspekteur dar. Die Zustandserfassung ist bei höheren Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten sowie unabhängig von Sohlablagerungen durchführbar. Demgegenüber erfordert die Kanalbegehung deutlich kürzere Vorbereitungszeiten, da hierbei weder der Zusammenbau eines Fahrwagens noch die Installation einer Zugvorrichtung und das Einbringen eines Zugseiles erforderlich ist. Bei niedrigen Wasserstandshöhen und Fließgeschwindigkeiten sowie geringen Ablagerungen bietet sich zur Detail-Inspektion daher diese Methode an.

6 Planungsempfehlungen

Nachfolgend werden Planungsempfehlungen für die Inspektion teilgefüllter Kanäle beschrieben. Diese Hinweise wurden aus Erkenntnissen abgeleitet, die im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie gewonnen bzw. erfasst wurden. Als Informationsbasis dienten dabei die Recherchen zum Stand der Technik, die Erhebung von bestehenden Erfahrungen unterschiedlicher Kanalnetzbetreiber und die Durchführung ergänzender Versuche im IKT, die Betrachtungen zum Thema Arbeitssicherheit sowie insbesondere die In-situ-Inspektionen in Paderborn (vgl. Kapitel 5). Hervorzuheben ist, dass neben den Aspekten Technik, Know-how und Ressourcen sowie den Anforderungen aus der Arbeitssicherheit und der geforderten Qualität der Zustandserfassung **insbesondere die baulichen und betrieblichen Randbedingungen** des jeweils betrachteten Einzelfalls **von wesentlicher Bedeutung für die Planung und Umsetzung der Inspektion** sind. Dies betrifft z.B. Aspekte wie Nennweite, Haltungslänge, Abwassermenge und Wasserstandshöhe. Vor diesem Hintergrund erschien die Aufstellung eines übergreifenden Musterleistungsverzeichnisses zur Inspektion teilgefüllter Kanäle wenig sinnvoll. Vielmehr bot es sich an, dem verantwortlichen Ingenieur mit nachfolgender Zusammenstellung allgemeine **Hinweise zur Vorbereitung** von Inspektionsmaßnahmen und zur inspektionsgerechten Planung künftiger Anlagen an die Hand zu geben. Zur Aufgabenstellung gehört dabei nicht nur die **Auswahl eines geeigneten Inspektionsgerätes bzw. -verfahrens**, sondern auch ggf. die Vorbereitung ergänzender Maßnahmen zur Unterstützung des Inspektionsablaufes, wie z.B. Konzepte und Maßnahmen zur **Wasserhaltung** und die Auswahl eines geeigneten **Verfahrens zur Kanalreinigung in** Abhängigkeit der Ablagerungssituation.

Für die **Planung der Inspektion bestehender teilgefüllter Kanäle** wird die nachfolgend beschriebene **dreistufige Vorgehensweise** vorgeschlagen.

a) Ist-Aufnahme

Voraussetzung für die Planung sind **detaillierte Kenntnisse über das Untersuchungsobjekt**. Aus diesem Grund wird die **Empfehlung** gegeben, **im ersten Schritt** eine umfassende **Ist-Aufnahme durchzuführen**. Dabei ist berücksichtigen, dass gegebenenfalls Wechselwirkungen zwischen dem Kanal und verschiedenen, vor- oder nachgeschalteten Betriebspunkten (Sonderbauwerke, Kläranlage usw.) bestehen, die mit Blick auf die Inspektion auf der einen Seite mit Nutzen und auf der anderen Seite mit Einschränkungen oder Risiken verbunden sein können. Zur Erhebung von entsprechenden Informationen bieten sich u.a. die Sichtung von Bestandsunterlagen, die Begehung der Kanaltrasse inklusive Inaugenscheinnahme der Schachtbauwerke sowie Interviews mit dem Personal des Kanalnetzbetreibers an. Auf diese Weise können z.B. **Angaben zu den nachfolgend aufgeführten baulichen, betrieblichen und rechtlichen Randbedingungen des Untersuchungsobjektes** erfasst werden:

- **Schächte:** u.a. Nummer, Verkehrslage, Abmessungen und Form der Schachttöpfung, Tiefe des Gerinnes unter Geländeoberkante, Konstruktion, baulicher Zustand,
- **Haltungen:** u.a. Länge, Nennweite, Profil, Material, Einzelrohrlänge, Gefälle, Baujahr, Art des Entwässerungssystems,

- **Lagepläne:** u.a. Verkehrswege/-flächen und andere Bebauungen, Flurstücksgrenzen und -nummern, Trassenverlauf,
- **Längsschnitte:** u.a. Gelände- und Sohlhöhen, Stationen, Querungen von Verkehrswegen und Flüssen,
- **Zuläufe:** u.a. Lage, Einleitungsmengen, Art der Einleiter (häuslich, gewerblich, industriell), Fremdwasser,
- **Betriebszustand des Untersuchungsobjektes:** u.a. Wasserstandshöhen, Strömungsgeschwindigkeit, Ablagerungssituation, Kanalreinigungstechnik,
- **Betriebspunkte des Entwässerungssystems:** u.a. Stauraumkanäle, Regenbecken, Absperrrichtungen, Pumpstationen, Kläranlage.
- **Grundeigentümer,** auf deren Flächen gegebenenfalls Schächte des Sammlers liegen: u.a. Name, Adresse, Flurstücksnummer, Betretungsrecht.

b) Entwicklung von Lösungsvarianten

Auf der Basis der Ist-Aufnahme können im **zweiten Planungsschritt** mit Blick auf die verfügbaren Geräte- und Verfahrenstechniken **Lösungsvarianten** zur Umsetzung der Inspektionsmaßnahme **entwickelt** werden. **Wesentliche Kriterien** sind dabei die **Nennweite des Untersuchungsobjektes** sowie die **Durchflussmenge und die Füllhöhe**. Um die Höhe des Wasserstandes für den Zeitraum der Zustandserfassung zu reduzieren, sollte geprüft werden, inwieweit tageszeitabhängige Schwankungen der Abflussmenge genutzt oder mit Hilfe von bestehenden Betriebspunkten (z.B. Pumpstationen, Schieber) Zwischenspeicher (z.B. Becken oder das Kanalsystem) für das zurückgestaute Abwasser aktiviert werden können. Scheiden diese Möglichkeiten aus, müssen andere provisorische Wasserhaltungsmaßnahmen, wie z.B. der Einsatz von Hebern und/oder mobilen Pumpen und Absperrgeräten, in Betracht gezogen werden. Der Zugänglichkeit und dem baulichen und betrieblichen Zustand der **Schachtbauwerke** kommt dann eine **extrem hohe Bedeutung** zu. Die **Zugänglichkeit** hängt insbesondere von der Topografie, Befestigung und Nutzung des umgebenden Geländes ab. Das Einbringen und Ablassen von Inspektionsgeräten, Pumpen und Absperrlementen wird dann wesentlich durch die **Abmessungen der Schachtöffnung** und die geometrische **Konstruktion** sowie den baulichen Zustand des Schachtkörpers (Größe und Anordnung der Bermen, Abmessungen des Arbeitsraumes, Sicherheit der Steigeisen) unterstützt bzw. eingeschränkt.

c) Verfahrensauswahl

Beim **dritten Planungsschritt**, der **Verfahrensauswahl**, sollten die entwickelten Lösungsvarianten zu den Bereichen Inspektionstechnik, Kanalreinigung und Vorflutsicherung nicht nur aus der Sicht der grundsätzlichen technischen Umsetzbarkeit unter den gegebenen Randbedingungen betrachtet werden. Zu hinterfragen ist zum einen, inwieweit die durch den Auftraggeber definierten **inhaltlichen und qualitativen Anforderungen an die Zustandserfassung** erreichbar sind. Dabei kann es sich u.a. um Festlegungen bzgl. der maximal zulässigen Teilfüllung, der Untersuchungsgenauigkeit (z.B. Vorgaben zur Rissbreitenerkennung), der Dokumentationsmethode, des Schadensklassifizierungssystems oder des Ergebnisformates (z.B. schriftliche Berichte oder EDV-Formate) handeln. Zum anderen stellt die **Wirtschaftlichkeit** ein wichtiges Auswahlkriterium dar. Dieser Faktor wird

beeinflusst durch die Kosten für Personal und Material im Vergleich zur Inspektionsleistung. Darüber hinaus sind **Anforderungen aus der Arbeitssicherheit** zu erfüllen. In Abhängigkeit des Verfahrens ergeben sich verschiedene Gefährdungspotentiale für das vor Ort tätige Personal. Dabei ist nicht nur zu beachten, dass gegebenenfalls unterschiedlich hohe Aufwendungen für entsprechende Schutz- und Vorsorgemaßnahmen entstehen, sondern es ist insbesondere zu hinterfragen, inwieweit die Risiken durch die Verfahrensauswahl minimiert werden können. Eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg der Kanalinspektion stellt das **Know-how** des ausführenden Personals dar. Dieses Kriterium ist unter Bezug auf Firmeninformationen oder Referenzen nur schwer zu prüfen. **Daher wird empfohlen**, zunächst eine verfahrensbezogene Vorauswahl zu treffen sowie anschließend **Testeinsätze im Untersuchungsobjekt durchführen zu lassen und zu begleiten**.

Mit Blick auf den **Bau zukünftiger Anlagen** bleibt festzustellen, dass als Grundvoraussetzung für eine Inspektion die **ausreichende Zugänglichkeit** zum Sammler an allen Schachtbauwerken gegeben sein muss und unterstützende Maßnahmen zur Wasserhaltung bereits zu berücksichtigen sind. Dies gilt insbesondere, wenn keine festinstallierten Absperreinrichtungen vorgesehen sind. Da auch bei der unbemannten Inspektion zur Installation der Inspektionstechnik stets Personal im Bereich des Schachtgerinnes eingesetzt werden muss, sind provisorische Wasserhaltungsmaßnahmen i.d.R. mit einem außergewöhnlich hohen arbeitssicherheitstechnischen Aufwand verbunden. Diese Aspekte sind sowohl bei der Planung der **Schachtbauwerke** als auch der konzeptionellen Auslegung der **Vorflutsicherung** zu berücksichtigen:

a) Schachtbauwerke

Schachtbauwerke stellen die Zugangsmöglichkeit zum Untersuchungsobjekt dar. Um diese Einrichtungen für die Kanalinspektion uneingeschränkt nutzen zu können, sollten die baulichen Voraussetzungen auf die **Anforderungen** abgestimmt werden, die **hinsichtlich der Zugänglichkeit**, der **Konstruktion** und der **Arbeitssicherheit** bestehen. Nachfolgend werden Empfehlungen zum Bau von Schachtbauwerken beschrieben:

- Sicherstellung der Anfahrbarkeit der Schachtöffnung unabhängig von der Witterung durch **Anlegen von Zufahrtswegen**, die hinsichtlich ihrer Abmessungen und Befestigung auf die Anforderungen der für den Kanalbetrieb notwendigen Einsatzfahrzeuge abgestimmt sind (z.B. Reinigungsfahrzeuge),
- **niveaugleiche Höhenlage der Schachtöffnung und des umgebenden Geländes** bzw. der an sie heranführenden Verkehrsflächen, um eine **einfache Zugänglichkeit** zu ermöglichen,
- **innerhalb von Verkehrsflächen** sollten Schachtöffnungen so angeordnet sein, dass der Verkehrsfluss durch Maßnahmen der Kanalinspektion (z.B. Positionierung von Einsatzfahrzeugen) nur in möglichst geringem Maß beeinträchtigt wird,
- **zentrische Anordnung einer ausreichend großen Schachtöffnung über dem Gerinne**, so dass mit Blick auf die **Abmessungen des vollständig einsatzfähigen Inspektionssystems** die Gerätetechnik in einem Zuge in das Untersuchungsobjekt eingebracht werden kann.

- Die **Abmessungen des gesamten Schachtbauwerkes** sowie die **Anzahl und Abmessungen der Bermen** sollten auf den Platzbedarf bei Durchführung manueller Arbeiten, z.B. Bergung des Inspektionssystems, abgestimmt sein,
- Zur sicheren Überwindung von Höhenunterschieden zwischen der Sohle des Schachtgerinnes und den Bermen (z.B. bei Kanalbegehungen), sind in Anlehnung an DIN EN 1917 [8] **Steighilfen im Gerinne** anzuordnen, wenn die Höhendifferenz mehr als 350 mm (maximaler Soll-Wert für den Abstand von Steighilfen) beträgt.

b) Vorflutsicherung

Mit Blick auf eine sichere und umfassende Inspektion sollten **bauliche Voraussetzungen** eingeplant werden, um den im regulären Betriebszustand teilgefüllten Kanal für einen angemessenen Zeitraum (z.B. 6 bis 8 Stunden) frei von Abwasser halten zu können. Hierfür sind sowohl **Absperrmöglichkeiten** als auch **Speicherräume** notwendig. Zur Absperrung des Kanals bietet sich u.a. die Installation ortsfester Schieber an. Insbesondere bei Kanälen, die eine Länge von mehreren Kilometern aufweisen und auf deren Strecke verteilt diverse Zuläufe mit bedeutenden Einleitungsmengen angeschlossen sind, wird die Anordnung von mehreren Schiebern empfohlen. Auf diese Weise kann der **Kanal selbst als Rückstauvolumen** genutzt werden und es besteht gegebenenfalls die Möglichkeit, die **Absperrrichtungen auch zur Erzeugung von Schwallspülungen** zu nutzen. Darüber hinaus sind Schieber auch für die Durchführung von punktuellen Sanierungsmaßnahmen von Vorteil. Auf der anderen Seite entstehen durch die Installation ortsfester Absperrrichtungen Kosten für den Bau sowie die regelmäßige Wartung und Instandhaltung.

Eine andere Alternative zur Vorflutsicherung stellt die **zweizügige Ausführung von Kanälen** dar. Im Fall einer Inspektion oder Sanierung, kann die gesamte Abwassermenge mit Hilfe von Schiebern wahlweise durch nur einen der beiden Stränge geleitet werden. Hierfür ist es nicht unbedingt notwendig, zwei Kanäle zu installieren, die jeweils für die maßgebende hydraulische Belastung dimensioniert sind. Um die Baukosten zu senken, könnte die Parallel-Leitung zum Hauptkanal auf den Trockenwetterabfluss ausgelegt werden.

7 Ausblick

Auf Basis der umfangreichen Erfahrungen aus den Vor-Ort-Einsätzen im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie strebt der STEB Paderborn nun die Umsetzung weiterer Maßnahmen an. Zum einen soll der Zustand der insgesamt 476 m langen Abschnitte (entspricht 8 % der Gesamtlänge) des Untersuchungsobjektes, die während der Projektlaufzeit nicht inspiziert werden konnten, erfasst werden. Um die Voraussetzungen dafür zu schaffen, ist geplant, die Zugänglichkeit der Schächte im Trassenverlauf zwischen Verner Straße und Römerstraße (vgl. **Abb. 4**) durch den **Bau von befestigten Anfahrtswegen**, die auf die Anforderungen der für den Kanalbetrieb notwendigen Einsatzfahrzeuge abgestimmt sind, sicherzustellen. In diesem Zusammenhang sind vorab Fragestellungen hinsichtlich des notwendigen Erwerbs von Grundstücksflächen zu klären. Zum anderen ist vorgesehen, mehrere ortsfeste **Schieber** in das Untersuchungsobjekt **einzubauen**. Die Standorte dieser Absperreinrichtungen sollen so gewählt werden, dass der Haupt-Schmutzwassersammler abschnittsweise temporär abwasserfrei gehalten werden kann. Als Zwischenspeicher für das zurückgestaute Abwasser soll der bestehende Kanal dienen. Die Installation der Schieber verspricht im Ergebnis nicht nur Vorteile für die Inspektion des Sammlers, sondern auch für die Durchführung von gegebenenfalls in der Zukunft notwendigen punktuellen Sanierungsmaßnahmen. Darüber hinaus ist es auch denkbar, diese Absperreinrichtungen zur regelmäßigen Erzeugung von Spülwellen zu nutzen und dadurch Kosten für die Hochdruckreinigung mit Wasserstrahlen einzusparen. Offen ist bisher noch, inwieweit die Schieber im Betriebszustand des Kanals, d.h. unter Teilfüllung, eingebaut werden können.

8 Literatur

- [1] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Arbeitsblatt A 140: Regeln für den Kanalbetrieb – Teil I: Kanalbetrieb; Hennef, GFA (März 1990).
- [2] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Merkblatt M 143, Teil 1: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Grundlagen; Hennef, GFA (August 2004).
- [3] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Entwurf zum Merkblatt M 149, Teil 2: Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Kodiersystem für die optische Inspektion (Ersatz für Merkblatt M 143-2 des DWA-Regelwerkes); Hennef, GFA (Februar 2006).
- [4] Bosseler, B.; Birkner, T.: Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW; Endbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Dezember 2003), Download unter www.ikt.de.
- [5] Protokoll der Abschlussbesprechung zum Vorhaben „Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW“ vom 09.12.2003.
- [6] Firmeninformation der BASF AG, Ludwigshafen.
- [7] Bestandsunterlagen des Stadtentwässerungsbetriebs (STEB) Paderborn (unveröffentlicht).
- [8] DIN EN 1917: Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton; Berlin, Beuth Verlag (April 2003).