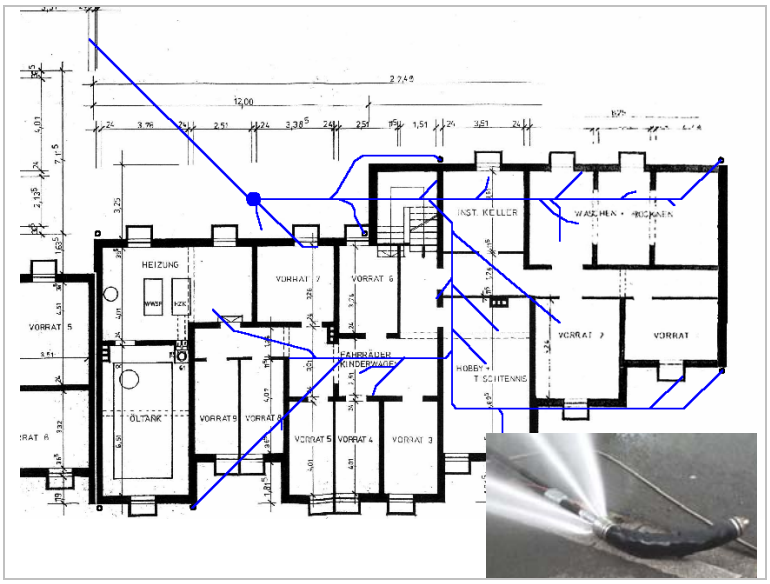
IKT – Institut für
Unterirdische Infrastruktur

Einsatz eines neuartigen Verfahrens zur Zustandserfassung von Hausanschluss- und Grundleitungen bei Netzbetreibern in NRW

- Erfahrungsbericht-

Akz. 54.3-4.11-809/03



Auftraggeber:

Bezirksregierung Münster
Domplatz 1-3
48128 Münster

Bearbeitung:

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Gelsenkirchen, Mai 2005

AUFTRAGGEBER

Bezirksregierung Münster
Domplatz 1-3
48128 Münster

BEARBEITUNG

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

Dr.-Ing. Bert Bosseler

PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Harting

Dipl.-Ing. Mark Herrscher

Inhaltsverzeichnis

1 VERANLASSUNG, ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE 2

2 GRUNDSTÜCKSENTWÄSSERUNGEN 4

3 INSPEKTIONSTECHNIKEN 6

3.1 Herkömmliche Verfahren 6

3.2 Göttinger-ZK-Kanalwurm 8

3.3 Weitere Neuentwicklungen 10

4 EINSÄTZE AN TESTOBJEKTEN 11

4.1 Objekt Nr. 1 – Kanalwurm Typ 1 18

4.2 Objekt Nr. 2 – Kanalwurm Typ 2 22

4.3 Objekt Nr. 15 – Kanalwurm Typ 3 26

4.4 Objekt Nr. 17 – Kanalwurm Typ 4 30

4.5 Objekt Nr. 34 – Kanalwurm Typ 4 33

4.6 Objekt Nr. 35 – Kanalwurm Typ 4 36

5 ERGEBNISSE 39

6 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT 47

7 LITERATUR 49

1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

Seit dem Jahre 1996 wird in dem § 45 der Bauordnung Nordrhein-Westfalens (BauO NW) [1] ein Dichtheitsnachweis für unzugänglich im Erdreich verlegte Abwasserleitungen der privaten Grundstücksentwässerung gefordert. Der Grundstückseigentümer hat diesen Nachweis spätestens bis Ende des Jahres 2015 zu erbringen, in Wasserschutzgebieten schon bis 2005, wenn die Leitungen vor 1965 errichten wurden bzw. vor 1990 erbaut wurden und industrielles oder gewerbliches Abwasser fördern. Private Abwassernetze sind i.d.R. durch Bögen, Verzweigungen, geringe Rohrdurchmesser und oft eingeschränkte oder fehlende Zugänglichkeiten gekennzeichnet. Diese Randbedingungen erschweren die Zustandserfassung der Leitungen, die neben der Dichtheitsprüfung auch begleitende Arbeitsschritte wie Reinigung, TV-Inspektion und Ortung umfasst.

Da Zustandserfassungen und somit auch Sanierungen der privaten Grundstücksentwässerung in der Vergangenheit größtenteils vernachlässigt wurden, sind handelsübliche Geräte zur Untersuchung von Kanälen nur wenig auf die speziellen Randbedingungen abgestimmt. Herkömmliche Inspektionssysteme können bei den geringen Leitungsdurchmessern nicht in abzweigende Leitungen eingelenkt werden [2]. Für die TV-Inspektion beispielsweise bedeutet dies, dass ein Entwässerungsnetz nicht von einem einzelnen Zugangspunkt aus, wie z.B. über einen Schacht, aufgenommen werden kann. Das Netz muss von zahlreichen Punkten aus untersucht werden, was einen sehr hohen Zeit- und damit auch Kostenaufwand erfordert. Oft müssen erst Zugänglichkeiten durch Demontage von WCs und Waschbecken oder das Freilegen von verputzten Fallleitungen geschaffen werden. Fehlen diese Zugangsmöglichkeiten an den Endpunkten der abzweigenden Leitungen, kann das Netz nicht vollständig aufgenommen werden. Für eine wirtschaftliche und fristgerechte Umsetzung der Forderungen des § 45 der BauO NW ist daher die Entwicklung von Untersuchungstechniken notwendig, die auf die Besonderheiten der privaten Grundstücksentwässerung abgestimmt sind.

Im Februar 2003 wurde auf den Göttinger Abwassertagen eine Neuentwicklung der ZK-Kanalprüftechnik GmbH und der IMS GmbH, der „Göttinger-ZK-Kanalwurm“ vorgestellt, mit dem laut Hersteller auch abzweigende und sonst unzugängliche Leitungen untersucht werden können. Die Stadtentwässerung Göttingen sammelte bereits erste Erfahrungen mit diesem System und im März 2003 wurde die vorgestellte Technik durch das IKT an einem Testobjekt beispielhaft erprobt. Es bestätigte sich, dass mit diesem Gerät weit umfassendere Netzbereiche mit weniger Aufwand untersucht werden können, als es mit herkömmlichen Verfahren möglich ist.

Vor diesem Hintergrund beauftragte die Bezirksregierung Münster das IKT mit der Begleitung von Praxiseinsätzen des „Göttinger-ZK-Kanalwurms“. Einsatzmöglichkeiten und -grenzen des Gerätes sollten erfasst sowie Verbesserungspotenziale beim Einsatz des ZK-Kanalwurmes identifiziert werden. Im Laufe des Projektes wurden unter fortlaufender Weiterentwicklung des Gerätes in einem Zeitraum von März 2003 bis August 2004 Einsätze an insgesamt 40 Objekten, wie Mehr- und Einfamilienhäusern, begleitet und dokumentiert. Zunächst waren darüber hinaus Testeinsätze an einer Versuchsstrecke im Labor vorgesehen. Da bereits im Zuge der Vor-Ort-Untersuchungen vielfältige Netzgeometrien untersucht

werden konnten, wurde den Laborversuchen in neuverlegten Netzen eine Betrachtung weiterer 10 In-situ-Einsätze unter Betriebsbedingungen vorgezogen.

In dem vorliegenden Bericht sind die Erfahrungen aus der Zustandserfassung privater Entwässerungsnetze mit dem neuartigen Verfahren zusammengefasst.

2 Grundstücksentwässerungen

Gegenüber der öffentlichen Kanalisation weist die private Grundstücksentwässerung Charakteristiken auf, die die Zustandserfassung und auch Sanierungsarbeiten deutlich erschweren. Das Abwasser wird an mehreren Orten des Gebäudes gesammelt und i.d.R. durch vertikale Fallleitungen, die meist innerhalb der Wände verlaufen, bis unter die Bodenplatte des Gebäudes geleitet. Dort gehen die Fallleitungen in Grundleitungen über, die das Abwasser zum Hausanschlusskanal führen. Der Hausanschlusskanal ist das Verbindungselement zwischen dem öffentlichen Abwasserkanal und dem Grundleitungsnetz und reicht i.d.R. vom öffentlichen Kanal bis hin zur Grundstücksgrenze bzw. zur ersten Reinigungsöffnung (z.B. dem Übergabeschacht) auf dem Grundstück (vgl. Abb. 1 und Abb. 2).

Das Grundleitungsnetz ist i.d.R. durch Verzweigungen und Bögen, eingeschränkte oder nicht vorhandene Zugangsmöglichkeiten sowie geringe Rohrdurchmesser (i.d.R. zwischen DN 100 und DN 250) gekennzeichnet. Oftmals liegen im Grundleitungsbereich (Leitungen unterhalb der Bodenplatte bis zum Hausanschlusskanal, s. Abb. 1) mehrfache Verzweigungen, z.B. eine vom Hauptstrang abzweigende Leitung, die sich nochmals gabelt. Mit Abwinkelungen bis hin zu rechtwinkligen Bögen muss gerechnet werden, auch wenn dies gegen geltende Richtlinien (vgl. [3]) verstößt. Gute Zugangsmöglichkeiten durch Schächte vor oder innerhalb des Gebäudes sind nicht immer gegeben. Der Zugang zu Teilbereichen des Grundleitungsnetzes ist oftmals nur über Revisionsklappen an den Fallleitungen im Gebäude möglich. Diese Randbedingungen der Grundstücksentwässerung erschweren bzw. verhindern i.d.R. den Einsatz von Reinigungsgeräten, Inspektionskameras und Techniken zur Dichtheitsprüfung.

Erfahrungen zeigen, dass Entwässerungspläne oft nicht vorliegen oder diese stark vom Bestand abweichen ([2], [4]). In der Folge erfordert die Erfassung des Netzverlaufes speziell bei größeren Objekten einen hohen Zeitaufwand.

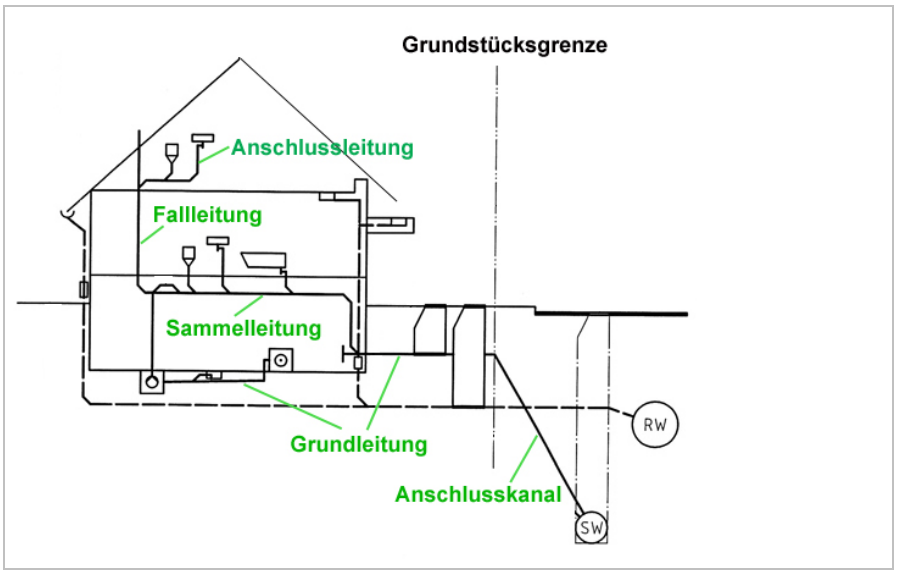
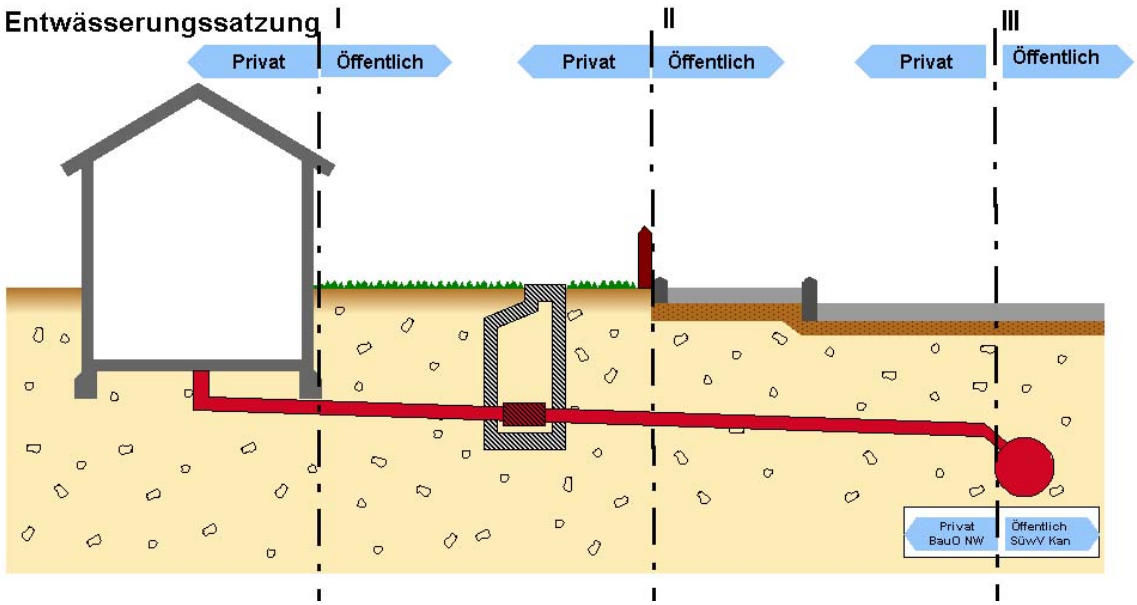


Abb. 1: Leitungen der Grundstücksentwässerung nach [3]

Die Abgrenzung der Eigentumsverhältnisse zwischen privaten und öffentlichen Leitungen wird von den Kommunen in den örtlichen Entwässerungssatzungen geregelt. Grundsätzlich können drei Fälle unterschieden werden (vgl. Abb. 2).



I. Der Hausanschlusskanal vom öffentlichen Kanal bis zur Gebäudegrenze bzw. der ersten Revisionsöffnung im Gebäude ist im Besitz des öffentlichen Netzbetreibers.

II. Der Hausanschlusskanal vom öffentlichen Kanal bis zur Grundstücksgrenze bzw. einem auf dem Grundstück liegenden Schacht ist im Besitz des öffentlichen Netzbetreibers.

III. Der komplette Hausanschlusskanal ist in privatem Besitz, wobei noch unterschieden werden muss, ob der Anschlussstutzen im privaten oder öffentlichen Besitz ist.

Abb. 2: Eigentumsverhältnisse öffentlich/privat in Abhängigkeit von der Gemeindesatzung (nach [2], [5])

3 Inspektionstechniken

Die optische Inspektion ist ein grundlegendes Verfahren zur Zustandserfassung von Kanälen und Leitungen. In den folgenden Ausführungen wird ein Überblick zur Funktionsweise der am Markt verbreiteten Verfahren sowie des Göttinger-ZK-Kanalwurms und weiterer Neuentwicklungen gegeben.

3.1 Herkömmliche Verfahren

Die Techniken der heute üblichen Verfahren zur optischen Inspektion können grundsätzlich in geschobene Geräte (Schiebekameras) und selbstvortreibende Geräte (Fahrwagenkamera, Satellitenkamera, Spülkamera) unterteilt werden. Ihr Einsatz in der Grundstücksentwässerung ist i.d.R. nur begrenzt möglich. Mit selbstvortreibenden Geräten kann i.d.R. die Hauptleitung von einem Schacht aus befahren werden. Eine Aufnahme der abzweigenden Leitungen ist mit einer herkömmlichen Fahrwagenkamera nicht möglich und auch Satellitenkameras sowie Spülkameras können i.d.R. höchstens in einen Abzweig der Hauptleitung, jedoch nicht in eine weitere Verästelung, eingelenkt werden. Eine herkömmliche Schiebekamera kann nicht in abzweigende Leitungsstrecken eingelenkt werden, bietet allerdings die Möglichkeit, auch über kleine Revisionsöffnungen in Fallleitungen oder über Abläufe von Entwässerungsgegenständen Inspektionen durchzuführen. Dies ist jedoch meist mit hohem Aufwand verbunden.

Schiebekameras

Schiebekameras wurden vor allem für den Einsatz in Leitungen mit geringen Nennweiten entwickelt. Mit einigen Modellen ist selbst eine Inspektion von Leitungen mit einem Durchmesser von DN 40, z.B. vom Ablauf eines Waschbeckens aus, möglich. Die Kameras werden mittels flexiblen Stangen oder einem sogenannten Röhrenaal vorgeschoben. Starre (axiale) sowie dreh- und schwenkbare Kameraköpfe sind erhältlich.

Abb. 3: Kamera mit Röhrenaal

Abb. 4: Kamera mit Schiebestangen

Abb. 5: Schwenkkopf (oben), Axialkopf (unten) [6]

Fahrwagenkameras

Bei dieser Technik wird die Kamera mittels eines ferngesteuerten Fahrwagens durch die Leitungen transportiert. Oftmals lassen sich die Fahrwagen mit verschiedenen Kameraköpfen (Axial-, Dreh-Schwenkkopf) kombinieren.

Abb. 6: Fahrwagen mit Schwenkkopf

Abb. 7 : Fahrwagen mit Axialkopf [6]

Satellitenkameras

Satellitenkameras ergänzen die Kamera auf dem Fahrwagen um einen zusätzlichen Kamerakopf, der in abzweigende Leitungen eingelenkt und durch einen Antriebsmechanismus, der auf dem Fahrwagen installiert ist, weiter vorgeschoben werden kann.

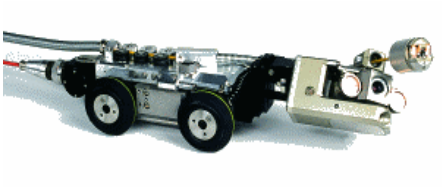


Abb. 8: Satellitenkamera [7]

Spülkameras

Spülkameras, deren Kopf am Ende eines Hochdruckschlauches angebracht ist, werden durch Wasserhochdruck in die Leitung vorgetrieben. Das über Öffnungen am hinteren Rand des Kameragehäuses austretende Wasser dient neben dem Vortrieb zusätzlich der Reinigung der Leitungen.

Abb. 9: Spülkamera

Weitere Informationen zu den unterschiedlichen Inspektionstechniken können dem Endbericht zum Vorhaben „Zustandserfassung und Dichtheitsprüfung von Hausanschluss- und Grundleitungen“ [2] entnommen werden. In diesem Projekt wurde untersucht, inwieweit die am Markt verfügbaren Verfahren eine Dichtheitsprüfung und Zustandserfassung für die Sanierungsplanung an Hausanschluss- und Grundleitungen ermöglichen und ob Verfahrensentwicklungen für diesen speziellen Bereich notwendig sind.

3.2 Göttinger-ZK-Kanalwurm

Wesentliche Bestandteile des „Göttinger-ZK-Kanalwurms“ (nachfolgend: Kanalwurm), der speziell zur Zustandserfassung von Grundstücksentwässerungen entwickelt wurde, sind eine Absperrblase und eine in den Kopf der Blase integrierte Kamera. Über eine pneumatisch angetriebene Mechanik im Inneren der Blase wird das Gerät wurmartig gekrümmt und so in abzweigende Leitungen eingelenkt. Der Kanalwurm wird über Schächte auf dem Grundstück bzw. größere Inspektionsöffnungen im Gebäude eingesetzt und kann manuell oder mechanisch mit Hilfe einer Verspanneinrichtung im Schacht vorgeschoben werden. Zur Unterstützung des Vorschubs mit gleichzeitiger Reinigungswirkung kann zusätzlich eine Hochdruckspüleinrichtung in Form einer Düse am hinteren Ende des Gerätes zugeschaltet werden.

Neben seiner Funktion als Inspektionseinheit kann der Kanalwurm als Absperrblase für Wasserdichtheitsprüfungen eingesetzt werden, indem er mit Hilfe der Kamera an gewünschter Position (bspw. in einer abzweigenden Leitung) platziert und die integrierte Blase wie herkömmliche Absperrelemente mit Luftdruck beaufschlagt wird.

Der Göttinger-ZK-Kanalwurm wird derzeit in zwei unterschiedlichen Größen gefertigt (s. Abb. 10 und Abb. 11). Für das größere Modell, rund 500 mm lang mit einem Außendurchmesser von ca. 70 mm, wird der Einsatzbereich vom Hersteller mit DN 100 bis DN 200 angegeben. Für das kleinere Gerät, rund 400 mm lang mit einem Außendurchmesser von ca. 50 mm, ist der Einsatzbereich auf DN 80 bis DN 150 festgelegt. Das zur Zeit aktuelle Modell des kleinen Kanalwurms ist mit einer Axialkamera mit automatischer horizontaler Bildausrichtung und das aktuelle Modell des großen Kanalwurmes mit einer Dreh-Schwenkkopf-Kamera (schwenkbar ab DN 125) ausgestattet. Eine zusätzliche Front-Spüleinrichtung des Modells mit Dreh-Schwenkkopf-Kamera soll eine Säuberung der Linse ermöglichen.

Die aktuellste Weiterentwicklung des Kanalwurms, erstmals vorgestellt auf der RO-KA-TECH im September 2004, ist ein Hausanschluss-Prüfsystem (genannt IMS-SIDAL), das vom Hauptkanal aus einsetzbar (s. Abb. 12) und bisher für Hauptkanäle DN 300 ausgelegt ist. Es besteht aus zwei Doppelpackern, die mittels Zuggestänge miteinander verbunden sind. Der vordere Doppelpacker ist mit einer Front-Schwenkkopf-Kamera zur Inspektion des Hauptkanals und einer Heckkamera ausgestattet. Ein zwischen den beiden Doppelpackern installierter Kanalwurm (Modell mit 500 mm Länge, 70 mm Außendurchmesser, Dreh-Schwenkkopf-Kamera) lässt sich mit Unterstützung der Heckkamera des vorderen Packersystems und der Kamera des Wurmes in einen Hausanschluss einlenken. Der Antrieb des Wurmes erfolgt mechanisch oder hydraulisch. Das System SIDAL wurde zur Inspektion sowie Dichtheitsprüfung von Hausanschlussleitungen und deren Anschlussstutzen entwickelt. Zusätzlich soll das Gerät zur Muffen-Dichtheitsprüfung des Hauptkanals dienen.

Abb. 10: Göttinger-ZK-Kanalwurm 70 mm Durchmesser mit Hochdruck-Spüleinsatz

Abb. 11: Göttinger-ZK-Kanalwurm 50 mm Durchmesser mit Hochdruck-Spüleinsatz

Abb. 12: Hausanschluss-Prüfsystem SIDAL: Packersystem mit abzweigendem Kanalwurm (links), Kanalwurm mit Dreh-Schwenkkopf (Mitte), Funktionsskizze SIDAL [8] (rechts)

3.3 Weitere Neuentwicklungen

Neben dem Göttinger-ZK-Kanalwurm werden derzeit auch weitere Gerätetechniken angeboten, die ebenfalls speziell für den Einsatz in verzweigten Leitungssystemen entwickelt wurden. Hier sind beispielsweise zu nennen:

Die „Lindauer Schere“: Technische Besonderheit der Lindauer Schere[1] ist eine Leitvorrichtung (Schere) in Kombination mit einer Dreh-Schwenkkopf-Kamera (s. Abb. 13). Bei der Aufnahme einer abzweigenden Leitung wird der Kamerakopf zunächst über seine Dreh-Schwenkfunktion in Richtung des aufzunehmenden Abzweiges gelenkt. Durch die anschließend ausgefahrene Schere wird der Kamerakopf in seiner Richtung fixiert, sodass er beim weiteren Vorschub in den Abzweig eingelenkt werden kann. Auch Testeinsätze der Lindauer Schere wurden bereits durch das IKT begleitet [2], [9], [10].

Die „IBAK ORION L“: Die IBAK ORION L[2], auch als „Kieler Stäbchen“ bezeichnet, ist ebenfalls mit einer Führungseinrichtung ausgestattet. Hier wird die Dreh-Schwenkkopf-Kamera mit Hilfe eines starren Kunststoffstabes, der am Kamerakopf montiert ist, in die abzweigende Leitung eingelenkt. Testeinsätze dieser Kameratechnik wurden bereits vom IKT [10] und vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen [9] begleitet.

Der „Aaligator“: Der Aaligator[3] ist ein hydraulisch angetriebenes Kamerasystem. Es besteht aus einer Axialkamera mit seitlichen Düseneinsätzen, die zur Steuerung des Kamerakopfes dienen, und einer Antriebseinheit mit einer hydraulischen Düse, zum Vortrieb der Kamera und zur Reinigung der Leitungen. Verbunden sind Kamera- und Antriebseinheit über einen flexiblen Druckschlauch und ein Kabel (s. Abb. 15). Das Abbiegen in abzweigende Leitungsstrecken wird über die Betätigung einer Düse am Kamerakopf und das Drehen des Schlauches realisiert. Auch hier werden bereits Testeinsätze durch das IKT begleitetet [10].

Abb. 13: Lindauer Schere

Abb. 14: ORION L [9]

Abb. 15: Aaligator

[1] Lindauer Schere der JT-elektronik GmbH in Lindau
[2] IBAK ORION L der Helmut Hunger GmbH Co. KG in Kiel
[3] Aaligator der Schwarz Umweltservice GmbH in Bielefeld

4 Einsätze an Testobjekten

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden Einsätze des Göttinger-ZK-Kanalwurms an 40 Objekten begleitet. Die Testobjekte umfassten insgesamt 28 Mehrfamilienhäuser, sechs Einfamilienhäuser (teilweise mit Anbau), eine Schule, ein Geschäftshaus, eine Industriehalle, ein Verwaltungsgebäude, die Entwässerung unterhalb eines Marktplatzes sowie eine Burg. So lag ein breites Feld an Randbedingungen vor, insbesondere bezüglich des Umfangs der Netze, der Leitungsdurchmesser und des Verzweigungsgrads der Netze.

Die Leitungsdurchmesser reichten von DN 80 bis DN 300, wobei überwiegend Leitungen zwischen DN 100 und 150 vorlagen. Bei 32 der 40 Objekte waren die Netze ausschließlich aus Steinzeugrohren hergestellt worden. Bei den verbleibenden acht Objekten bestand das private Grundleitungsnetz überwiegend aus PVC-Rohren und der öffentliche Anschlusskanal aus Steinzeugrohren. In seltenen Fällen waren auch Beton- und Gussrohre eingesetzt worden.

Die Baujahre der Objekte liegen zwischen dem 17. und dem 20. Jahrhundert, wobei die überwiegende Zahl der untersuchten Objekte zwischen 1920 und 1980 errichtet wurde. I.d.R. kann davon ausgegangen werden, dass das Leitungsnetz mit dem Bau des Gebäudes verlegt wurde. Ausnahmefälle sind die Burg aus dem 17. Jh., bei der Leitungen nachträglich errichtet wurden, und z.T. Objekte mit Baujahren vor 1900, bei denen das Leitungsnetz erneuert bzw. erweitert wurde. Der Zustand der inspizierten Netze war nur bei einem der 40 Objekte optisch einwandfrei, bei den restlichen Objekten lagen überwiegend Muffenversätze, z.T. auch Riss- und Scherbenbildungen sowie Wurzeleinwüchse vor. Zusammenfassende Informationen zu den Objekten und Leitungsnetzen können Tab. 1 entnommen werden.

Tab. 1: Übersicht der untersuchten Objekte

Gebäude				Grundleitungen	
Objekt		**Baujahr**	**Gebäudeart**	**Leitungsart**	**Netz-Gesamtlänge[2]**
1		1963	Schule	Steinzeug DN 80-150	> 90 m
2		1969/70	Verwaltungsgebäude	Steinzeug DN 100-200	> 200 m
3	1)	1980er	Geschäftshaus	Steinzeug DN 100-150	> 200 m
4	1)	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 42 m
5	1)	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 125-150	> 43 m

[1] *Bild nicht freigegeben*

[2] *Die Netzlänge konnte aufgrund von häufig unvollständiger Inspektionen bzw. nicht zutreffenden Planangaben nur abgeschätzt werden.*

Fortsetzung Tab. 1: Übersicht der untersuchten Objekte

Gebäude				Grundleitungen	
Objekt		Baujahr	Gebäudeart	Leitungsart	Netz-Gesamtlänge[2]
6	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 150	> 60 m
7	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 48 m
8	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 125-150	> 54 m
9	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 89 m
10	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 35 m
11	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 33 m
12	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 36 m
13	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 45 m
14	[1]	1950er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 36 m
15		17. Jh.	Wasserburg	Steinzeug, PVC DN 100-150	> 100 m
16		un-bekannt	Industriehalle	Steinzeug DN 150	> 40 m
17		1970er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 120 m
18		---	Marktplatz	Steinzeug, Mauerwerk DN 100-300	> 340 m
19		1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 28 m
20		1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 58 m
21		1970er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-300	> 98 m

[1] *Bild nicht freigegeben*

[2] *Die Netzlänge konnte aufgrund von häufig unvollständiger Inspektionen bzw. nicht zutreffenden Planangaben nur abgeschätzt werden.*

Fortsetzung Tab. 1: Übersicht der untersuchten Objekte

Gebäude				Grundleitungen	
Objekt		Baujahr	Gebäudeart	Leitungsart	Netz-Gesamtlänge[2]
22		1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 150	> 34 m
23		1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 31 m
24	[1]	1920er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 37 m
25	[1]	1920er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 50 m
26	[1]	1920er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 28 m
27	[1]	1920er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 52 m
28	[1]	1920er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 125-150	> 15 m
29	[1]	1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-200	> 76 m
30	[1]	1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-200	> 64 m
31	[1]	1960er	Mehrfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 30 m
32		vor 1900	Mehrfamilienhaus	Steinzeug, PVC, Guss DN 100-150	> 32 m
33		vor 1900	Einfamilienhaus mit Scheune	Steinzeug DN 100-150	> 47 m
34		1980er	Einfamilienhaus mit Anbau	PVC, Steinzeug DN 100-150	> 29 m
35		vor 1900	Einfamilienhaus mit Scheune	Steinzeug DN 100-150	> 28 m
36		vor 1900	Zwei Einfamilien-häuser	Steinzeug, PVC, Guss DN 100-150	> 47 m

[1] *Bild nicht freigegeben*

[2] *Die Netzlänge konnte aufgrund von häufig unvollständiger Inspektionen bzw. nicht zutreffenden Planangaben nur abgeschätzt werden.*

Fortsetzung Tab. 1: Übersicht der untersuchten Objekte

Gebäude				Grundleitungen	
Objekt		Baujahr	Gebäudeart	Leitungsart	Netz-Gesamtlänge[2]
37		unbekannt	Zwei Mehr-familienhäuser	PVC, Steinzeug DN 100-150	> 43 m
38		unbekannt	Einfamilienhaus	PVC, Steinzeug 100-150	> 41 m
39		unbekannt	Einfamilienhaus	Steinzeug DN 100-150	> 48 m
40		unbekannt	Mehrfamilien-haus	PVC, Steinzeug, Beton DN 100-150	> 67 m

[1] *Bild nicht freigegeben*

[2] *Die Netzlänge konnte aufgrund von häufig unvollständiger Inspektionen bzw. nicht zutreffenden Planangaben nur abgeschätzt werden.*

Bei den begleiteten Einsätzen des Kanalwurms wurde das Gerät von Mitarbeitern der Firma ZK-Kanalprüftechnik GmbH bedient. Der Kanalwurm wurde bei den Untersuchungen stets über Schächte auf dem Grundstück, im Gebäude oder vor dem Gebäude gelegen, eingesetzt. Ergänzend dazu wurde das Gerät z.T. auch über Revisionsöffnungen der Leitungen im Gebäude eingebracht. Einsätze des Kanalwurms über den Hauptkanal waren während des Vorhabens nur eingeschränkt möglich, da das Gerät nur bis Leitungsdurchmesser von DN 200/250 in seitliche Abzweige einbiegen kann. Mittlerweile wird der Göttinger Kanalwurm in Kombination mit der „SIDAL"-Anlage angeboten, einem Packersystem, das den Einsatz des Gerätes auch ab Leitungen DN 300 ermöglichen soll (s. Kapitel 3.2, S. 8f).

Inspiziert wurde bevorzugt gegen die Fließrichtung, da hier zur Aufnahme abzweigender Leitungen, die mit einem Bogen in Fließrichtung angeschlossen sein sollten, nur ein geringer Bogen (meist 45°) überwunden werden muss. Bei einer Inspektion in Fließrichtung muss dagegen meist ein Bogen mit ca. 135° befahren werden (s. Abb. 16 und Abb. 17). Daher können bei einer Inspektion in Fließrichtung, z.B. vom Schacht des Gebäudes Richtung Hauptkanal, die abzweigenden Leitungen i.d.R. auch nicht mit speziellen Techniken aufgenommen werden.

Dichtheitsprüfungen mit dem Göttinger Kanalwurm wurden im Rahmen des Vorhabens nicht durchgeführt, da bei der optischen Inspektion bereits Schäden und Undichtigkeiten festgestellt wurden bzw. die Prüfungen vom Netzeigentümer nicht erwünscht waren.

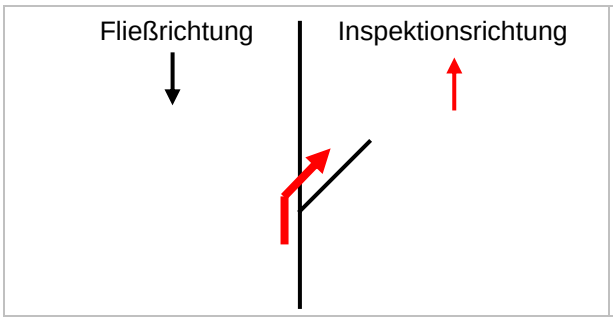


Abb. 16: Inspektion gegen Fließrichtung

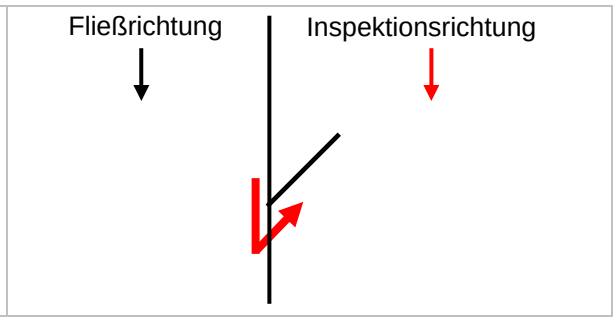


Abb. 17: Inspektion in Fließrichtung

Da der Kanalwurm während der gesamten Projektlaufzeit fortschreitend weiterentwickelt wurde, um das Gerät weiter auf die Randbedingungen der Grundstücksentwässerung anzupassen, wurden bei den begleiteten Maßnahmen verschiedene Modelle unterschiedlichen Entwicklungsstands einge setzt. Aktuelles Modell zu Beginn des Vorhabens war der „große“ Kanalwurm, mit einer Länge von ca. 600 mm und einem Durchmesser von ca. 70 mm, ausgestattet mit einer Axialkamera und einer Absperrblase zur Dichtheitsprüfung. Der Vortrieb des Gerätes erfolgte rein manuell über einen speziellen Schubschlauch. Das Gerät wurde später mit einer Spüldüse als Reinigungseinheit und zur hydraulischen Unterstützung des Vortriebs erweitert. Um eine besserer Abzweig- und Bogengängigkeit des Gerätes zu schaffen, wurde zusätzlich zu dem „großen“ Kanalwurm auch ein „kleiner“ Kanalwurm entwickelt. Die Abmessungen dieses Gerätes betragen ca. 400 mm Länge und 50 mm Durchmesser. Das aktuellste Modell des „großen“ Kanalwurms (∅ ca. 70 mm, Länge ca. 500 mm), dessen Einsätze im Rahmen dieses Vorhabens nicht mehr begleitet werden konnten, ist mit einer Dreh-Schwenkkopfkamera ausgestattet, um das Abschwenken von Muffen zu ermöglichen. Zukünftig wird angestrebt, auch den „kleinen“ Kanalwurm mit einer Dreh-Schwenkkopfkamera anzubieten. Die technischen Merkmale der verschiedenen Modelltypen sind zusammenfassend in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Verschiedene Modelle und technische Merkmale des Göttinger-ZK-Kanalwurms

Gerätemodell*	Abbildung	Technische Merkmale
Typ 1: **großer Kanalwurm ohne HD** (Einsatz im Vorhaben ab März 2003)		**Maße:** ca. 70 mm Durchmesser, ca. 600 mm Länge **Kameratechnik:** Axialkamera in Kombination mit Absperrblase zur Dichtheitsprüfung **Vortrieb:** manuell über Spezial-Schubschlauch
Typ 2: **großer Kanalwurm mit HD** (Einsatz im Vorhaben ab Juli 2003)		**Maße:** ca. 70 mm Durchmesser, ca. 600 mm Länge **Kameratechnik:** Axialkamera in Kombination mit Absperrblase zur Dichtheitsprüfung **Vortrieb:** manuell über Spezial-Schubschlauch mit hydraulischer Unterstützung
Typ 3: **kleiner Kanalwurm ohne HD** (Einsatz im Vorhaben ab Nov. 2003)		**Maße:** ca. 50 mm Durchmesser, ca. 400 mm Länge **Kameratechnik:** Axialkamera mit horizontaler Bildausrichtung **Vortrieb:** manuell über Spezial-Schubschlauch
Typ 4: **kleiner Kanalwurm mit HD** (Einsatz im Vorhaben ab April 2004)		**Maße:** ca. 50 mm Durchmesser, ca. 400 mm Länge **Kameratechnik:** Axialkamera mit horizontaler Bildausrichtung **Vortrieb:** manuell über Spezial-Schubschlauch mit hydraulischer Unterstützung
Typ 5: **großer Kanalwurm mit HD und Dreh-Schwenkkopf** (Entwicklung nach Abschluss der Einsätze)		**Maße:** ca. 70 mm Durchmesser, ca. 500 mm Länge **Kameratechnik:** Dreh-Schwenkkopf in Kombination mit Absperrblase zur Dichtheitsprüfung **Vortrieb:** manuell über Spezial-Schlauch mit hydraulischer Unterstützung

**durch IKT gewählte Bezeichnung, HD: mit hydraulischem Antrieb durch Hochdruck-Spüldüse*

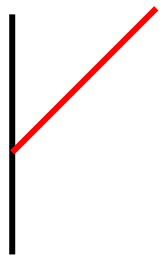
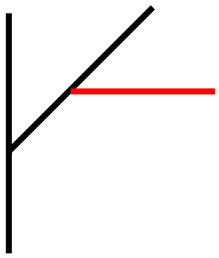
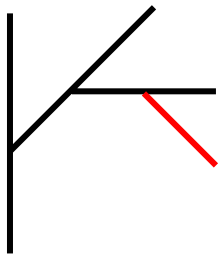
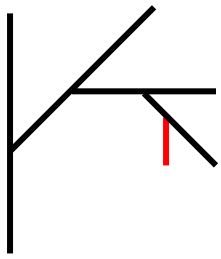
Einzelheiten zu den begleiteten Einsätzen des Kanalwurms werden im vorliegenden Bericht exemplarisch an sechs Objekten erläutert. Die Beispielobjekte wurden so ausgewählt, dass je Gerätetyp (Typ 1 bis Typ 4) ein möglichst komplexes Entwässerungsnetz dargestellt wird. Darüber hinaus sind die Untersuchungen an zwei Einfamilienhäusern beschrieben, um auch den Aufwand für die Inspektion kleinerer Objekte aufzunehmen. Die Beispielobjekte entsprechen den Objektnummern 1, 2, 15, 17, 34 und 35 der Tab. 1.

Für jedes der sechs Objekte wird zunächst ein Überblick zu den Randbedingungen des Testobjektes (z.B. Umfang des Entwässerungsnetzes, Leitungsmaterialien und genereller Leitungszustand) gegeben. Einem anschließenden Plan kann der Netzverlauf des Objektes (soweit bekannt) entnommen werden. In darauf folgenden Übersichtstabellen sind die wesentlichen Untersuchungsergebnisse, wie inspizierte Netzlänge, Bögen und Abzweige (s. hierzu Tab. 3), zusammenfassend dargestellt. Details zu den Inspektionsgrenzen bzw. –abbrüchen können anschließenden Planausschnitten entnommen werden. Zu beachten ist, dass die Netzverläufe, Leitungsdurchmesser und Bögen nur auf Basis der TV-Inspektionen skizziert bzw. geschätzt wurden. Der Netzverlauf wurde nicht geortet bzw. eingemessen.

Zum Teil wurden Hochdruckspülungen mit herkömmlichen Reinigungsdüsen durchgeführt, um die über die Schächte zugänglichen Leitungen (im Folgenden als *Hauptleitung* bezeichnet) vor der Inspektion zu reinigen.

In Kapitel 5 werden die Erfahrungen zu Einsatzmöglichkeiten und -grenzen des Göttinger Kanalwurms zusammenfassend dargestellt.

Tab. 3: Abzweige - verwendete Begriffe

Einfacher Abzweig	Zweifacher Abzweig	Dreifacher Abzweig	Vierfacher Abzweig
			

4.1 Objekt Nr. 1 – Kanalwurm Typ 1

Objekt Nr. 1 ist ein Schulgebäude, das im Jahre 1963 errichtet wurde. Das z.T. stark verästelte Entwässerungsnetz aus Steinzeugrohren umfasst eine Gesamtlänge von mehr als 90 m (vgl. Abb. 18). Die Nennweite der über den Schacht zugänglichen Hauptleitung beträgt DN 150, die abzweigenden Leitungen wurden aus Rohren DN 125, DN 100 und DN 80-90 hergestellt. Das Netz ist über zwei im Inneren des Gebäudes und einen auf dem Schulhof liegenden Schacht zugänglich, wobei beim Geräteeinsatz nur Letzterer genutzt werden durfte, um für die Beobachtung der Leistungsfähigkeit des Gerätes schwierige Einsatzbedingungen zu schaffen. Bei nahezu allen Muffen lagen Versätze vor, teilweise in horizontaler und z.T. in vertikaler Richtung. Darüber hinaus waren z.T. Riss- und Scherbenbildungen sichtbar.

Im folgenden Netzplan (Abb. 18) ist der Verlauf des Netzes skizziert. Einzelheiten zu inspizierbaren Netzverläufen und Inspektionsabbrüchen können den folgenden Ausführungen entnommen werden.

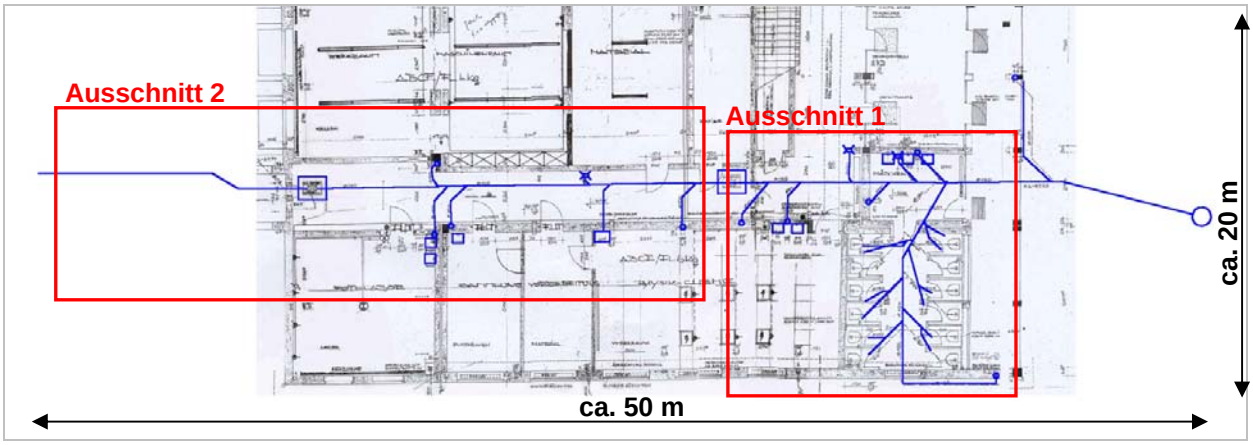


Abb. 18: Objekt Nr. 1 - Skizze des Netzes (Ausschnitt 1 vgl. Abb. 19, Ausschnitt 2 vgl. Abb. 20)

Tab. 4: Übersicht zu Objektdaten und Untersuchungsumfang - Objekt Nr. 1

Objekt Nr. 1 – Kanalwurm Typ 1		
Gebäudeansicht	Netzzugang	Eingesetztes Gerät

Untersuchungsziel	**Eingesetzte Gerätetechnik**
• *Aufnahme des Leitungsverlaufes (März 2003)*	• ***Typ 1: Großer Kanalwurm ohne HD*** *Durchmesser ca. 70 mm, Länge ca. 600 mm, ohne Spülvorrichtung, Antrieb: manuell geschobener Spezialschlauch ohne hydraulische Unterstützung*

Randbedingungen		**Untersuchungsumfang**	
Gebäudeart, Baujahr	*Schule, 1963*	*Dauer Baustelleneinrichtung*[1]	*ca. 0,5 Stunden*
		Inspektionsdauer[2]	*ca. 6,5 Stunden*
Vorhandene Pläne	*Grundriss mit Entwässerungs-leitungen und -gegenständen*	*Aufgenommene Netzlänge*	*ca. 80 m*
			DN 80/90: ca. 2 m *DN 100: ca. 9 m* *DN 125: ca. 36 m* *DN 150: ca. 33 m*
Leitungsmaterial und Durchmesser	*Steinzeug DN 150/125/100/ 80-90*	*Untersuchungs-geschwindigkeit*[3]	*11,4 m/h ($^{80m}/_{7\,h}$)*
Verzweigungsgrad des inspizierbaren Netzes	*18 Abzweige / 80 m Netzlänge = 0,23 Abzweige/m*	*Überwundene Abzweige*	*9 x einfacher Abzweig* *6 x zweifacher Abzweig* *3 x dreifacher Abzweig*
Zustand	*Zahlreiche Muffenversätze, z.T. Riss- und Scherbenbildungen, Ablagerungen*	*Befahrene Bögen*[4]	*1 x 15° in DN 150* *2 x 30° in DN 125* *2 x 45° in DN 125* *3 x 45° in DN 100* *2 x 90° in DN 125*

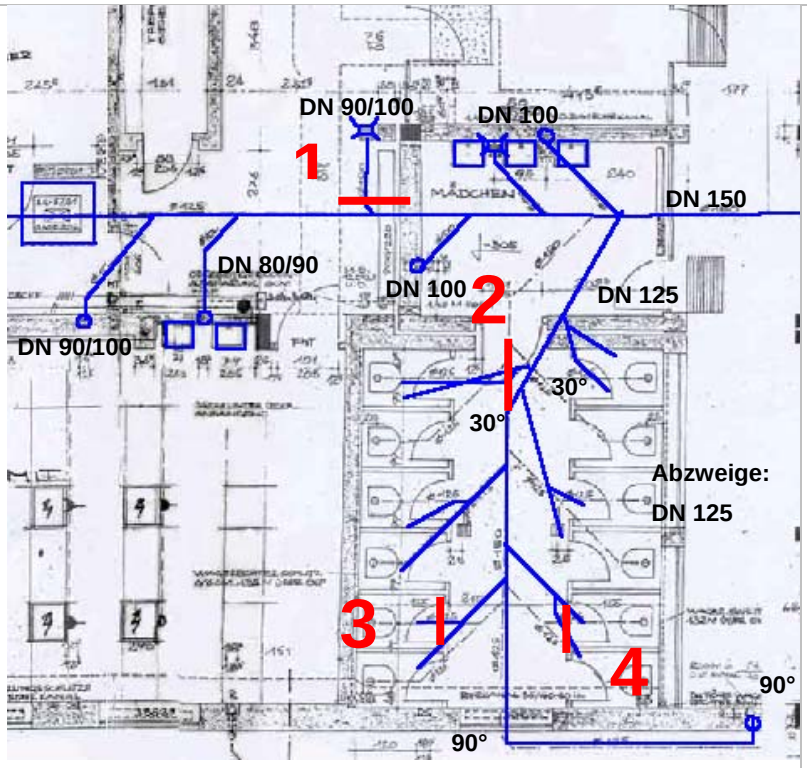
Einsatzgrenzen
s. Abb. 19 und Abb. 20

[1] darin berücksichtigt: Ortsbegehung, Auf- und Abbau der Technik, Wasser-Betankungen des Inspektionsfahrzeugs
[2] reine Inspektionsdauer ohne Aufwand für Reinigungsarbeiten oder Baustelleneinrichtung
[3] einschließlich Dauer für die Baustelleneinrichtung und Inspektion
[4] Krümmung basiert auf Schätzungen

Bei den begleiteten Einsätzen im März 2003 wurde eines der Erstmodelle des Gerätes verwendet (Typ 1). Das ca. 600 mm lange Gerät mit einem Außendurchmesser von 70 mm wurde mit Hilfe eines speziellen Schubschlauches von Hand vorwärts geschoben. Eine Spüldüse für einen zusätzlichen hydraulischen Antrieb war bei diesem Gerät noch nicht integriert.

Das Entwässerungsnetz konnte mit diesem Modell innerhalb von rund sieben Stunden zu einem Großteil inspiziert werden. Grundsätzlich konnte es in Abzweige, teilweise auch dreifach aufeinander folgend, eingelenkt werden und Bögen (bis 90° in DN 125) überwinden. Bei insgesamt vier Abzweigen mit Nennweiten zwischen DN 90 und DN 125 und z.T. unmittelbar folgenden Bögen konnte der Kanalwurm nur zu rund 40 cm seiner Länge eingeschoben werden (s. Abb. 19), da das hintere Teil des Gerätes am Abzweigformstück hängen blieb. Darüber hinaus konnte ein im Rohrscheitel liegendes Abzweigstück geringen Durchmessers DN 70/80 nicht befahren werden (s. Abb. 20). Die Reichweite des Gerätes war bei diesem Testobjekt auf ca. 33 m beschränkt, da sich das Gerät von Hand nicht weiter einschieben ließ (s. Abb. 20).

Die begrenzte Reichweite sowie Abzweig- und Bogengängigkeit wurden bereits bei Weiterentwicklungen des Gerätes berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.2 bis 4.6). Zum einen wurde der „große“ Kanalwurm (∅ ca. 70 mm; Länge ca. 600 mm) mit einem zusätzlichen hydraulischen Antrieb ausgerüstet, sodass von einem verbesserten Vortrieb ausgegangen werden kann, der höhere Reichweiten sowie eine bessere Bogengängigkeit und Aufnahmemöglichkeit von Abzweigen ermöglicht. Zum anderen konnte mit einem kleineren Modell mit rund 400 mm Länge und einem Außendurchmesser von 50 mm eine verbesserte Abzweig- und Bogengängigkeit erreicht werden. Auch bei diesem Gerät erleichtert ein zusätzlicher hydraulischer Antrieb den Vortrieb.



Inspektionsgrenzen:

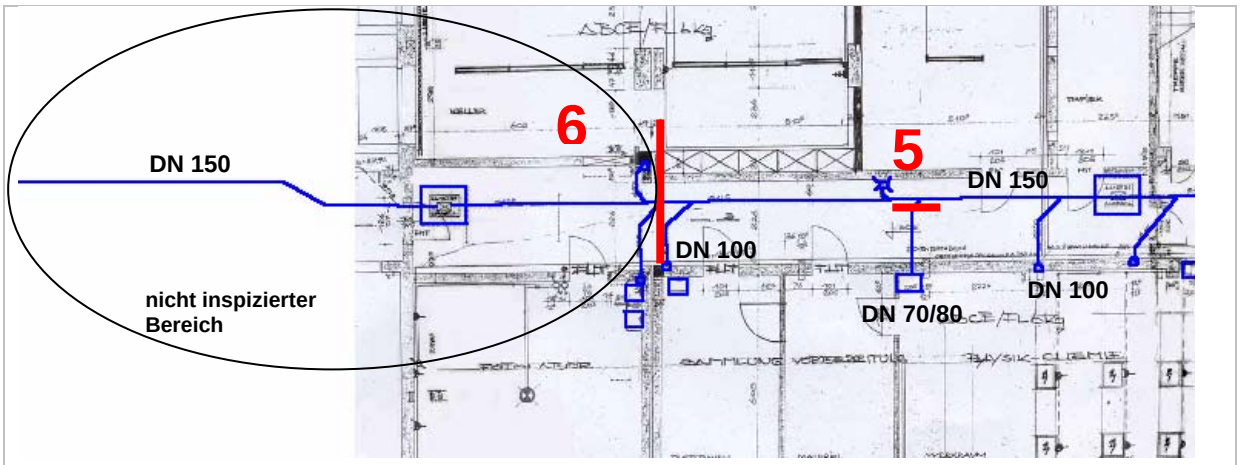
***Nr. 1**: Das Gerät konnte nur ca. 40 cm in den Abzweig DN 90/100 eingelenkt werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 15 m)*

***Nr. 2**: Das Gerät konnte nur ca. 40 cm in den Abzweig DN 125 mit unmittelbarem 60°-Bogen eingelenkt werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 14 m)*

***Nr. 3**: Das Gerät konnte nur ca. 40 cm in den Abzweig DN 125 eingelenkt werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 19 m)*

***Nr. 4**: Das Gerät konnte nur ca. 40 cm in den Abzweig DN 125 mit unmittelbarem 30°-Bogen eingelenkt werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 18 m)*

Abb. 19: Objekt Nr. 1 - Ausschnitt 1, Inspektionsgrenzen Typ 1



Inspektionsgrenzen:

***Nr. 5**: Ein Abzweigformstück DN 70/80 im Scheitel konnte nicht befahren werden.*
(Leitungsstrecke vom Einsatzschacht aus: ca. 25 m)

***Nr. 6**: Nach einer Inspektionsstrecke von ca. 33 m ließ sich das Gerät nicht weiter einschieben.*

Abb. 20: Objekt Nr. 1 - Ausschnitt 2, Inspektionsgrenzen Typ 1

4.2 Objekt Nr. 2 – Kanalwurm Typ 2

Beim Objekt Nr. 2 handelt es sich um ein Verwaltungsgebäude, das Ende der 70er, Anfang der 80er Jahre erbaut wurde. Es wird über ein sehr komplexes Leitungsnetz entwässert (s. Abb. 21). Zum Bau des Netzes wurden Steinzeugleitungen mit Durchmessern von DN 200 (Anschluss an den öffentlichen Kanal) und DN 100 bis 150 (Grundleitungsnetz) verwendet. In den Übergangsbereichen zu den Fallleitungen sind unterhalb der Bodenplatte teilweise auch Gussrohre zu finden. Die Leitungen wiesen z.T. leichte Muffenversätze auf und es lagen z.T. starke Ablagerungen in den Leitungen vor (z.B. Sand, Geröll).

Gegenüber dem Objekt Nr. 1 war der Kanalwurm (∅ ca. 70 mm; Länge ca. 600 mm) zwischenzeitlich mit einer Spüldüse zur Unterstützung des Antriebs sowie zur gleichzeitigen Reinigung der Leitungen erweitert worden.

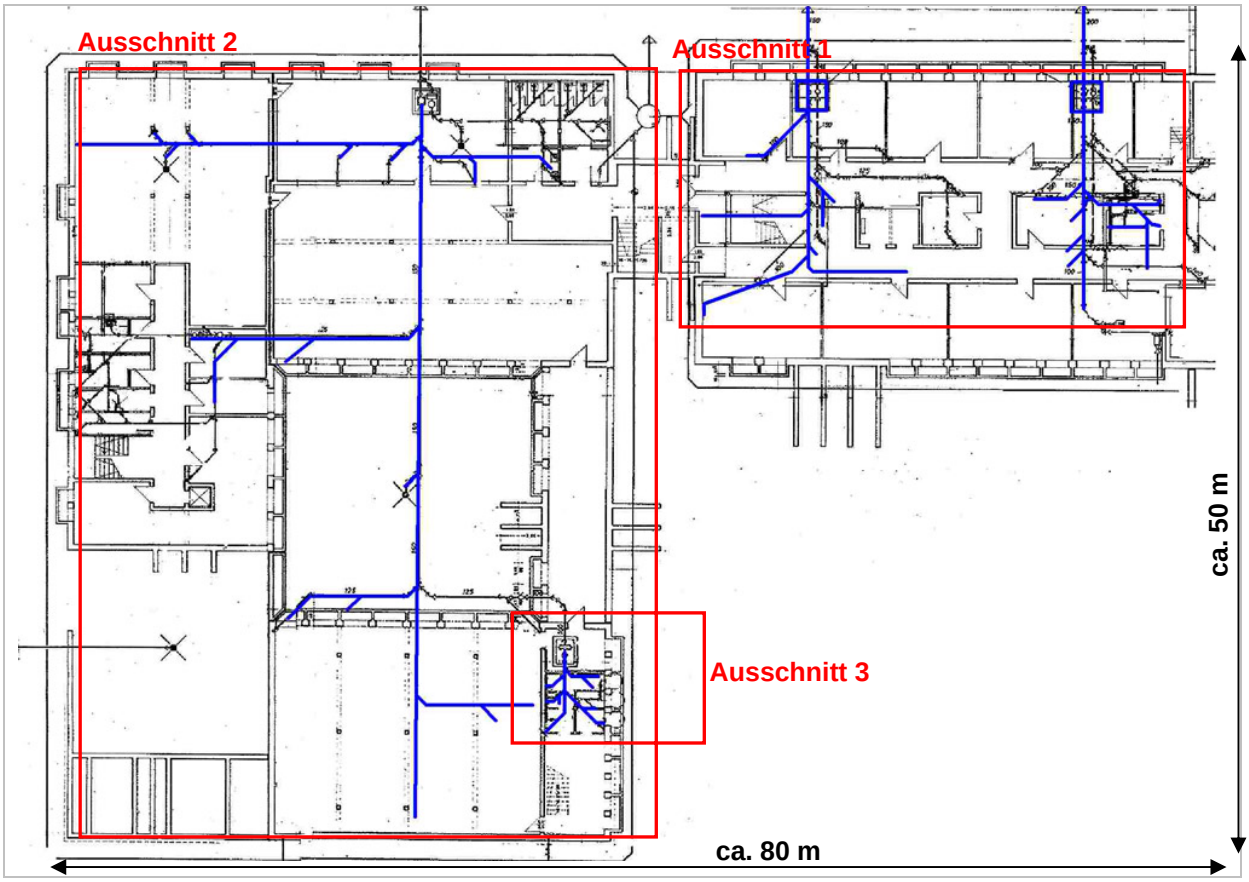


Abb. 21: Objekt Nr. 2 - Skizze des Netzes
(Ausschnitt 1 vgl. Abb. 22, Ausschnitt 2 vgl. Abb. 23, Ausschnitt 3 vgl. Abb. 24)

Tab. 5: Übersicht zu Objektdaten und Untersuchungsumfang, Objekt Nr. 2

Objekt Nr. 2 – Kanalwurm Typ 2		
Gebäudeansicht	Beispiel Netzzugang	Eingesetztes Gerät

Untersuchungsziel	**Eingesetzte Gerätetechnik**
• *Aufnahme des Leitungsverlaufes, Zustandserfassung (Juli 2003)*	• ***Typ 2: Großer Kanalwurm mit HD*** *Durchmesser ca. 70 mm, Länge ca. 600 mm, mit Spülvorrichtung, Antrieb: manuell geschobener Spezialschlauch mit hydr. Unterstützung* • *Hochdruck-Reinigung (Einsatz ca. 1,25 h)*

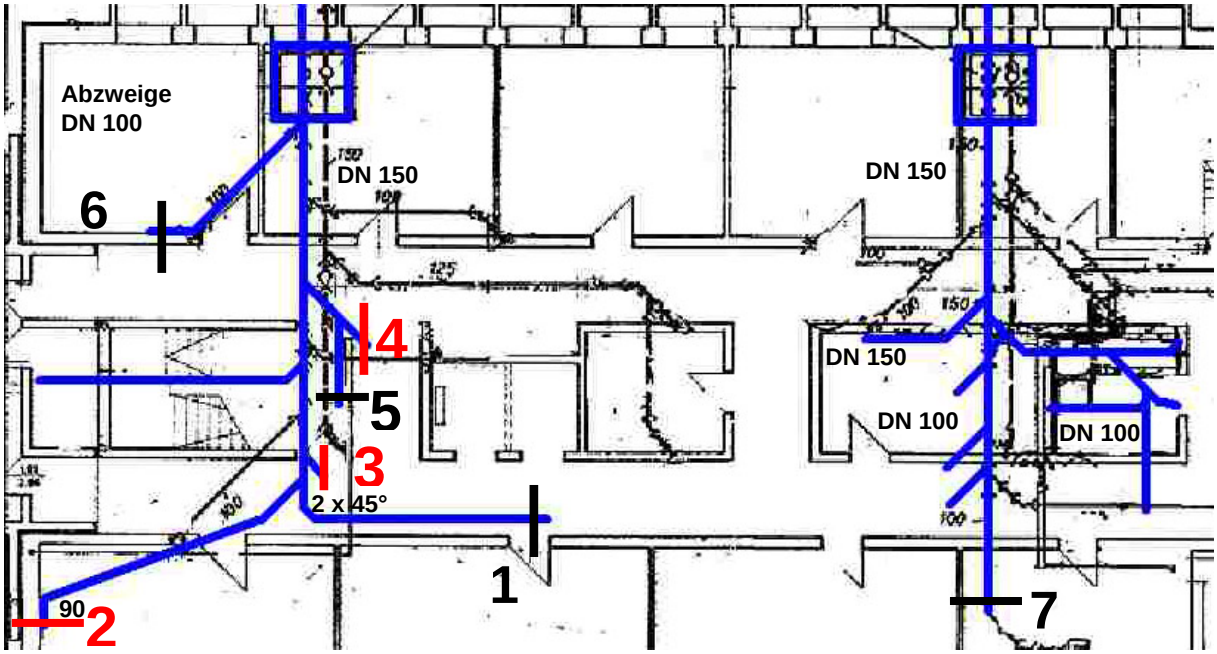
Randbedingungen		**Untersuchungsumfang**	
Gebäudeart, Baujahr	*Verwaltungsgebäude, 1969/1970*	*Dauer Baustelleneinrichtung*[1]	*ca. 5,7 Stunden*
		Inspektionsdauer[2]	*ca. 12,2 Stunden*
Vorhandene Pläne	*Grundriss mit Entwässerungsleitungen, -gegenständen und Leitungsdurchmessern (Planangaben unzutreffend)*	*Aufgenommene Netzlänge*	*ca. 205 m* *DN 100: ca. 67 m* *DN 125: ca. 58 m* *DN 150: ca. 70 m* *DN 100: ca. 10 m*
Leitungsmaterial und Durchmesser	*Steinzeug, z.T. Guss DN 200/150/125/100*	*Untersuchungsgeschwindigkeit*[3]	*11,5 m/h ($^{205m}/_{17,9\,h}$)*
Verzweigungsgrad des inspizierbaren Netzes	*34 Abzweige / 205 m Netzlänge = 0,17 Abzweige/m*	*Überwundene Abzweige*	*19 x einfacher Abzweig* *13 x zweifacher Abzweig* *1 x dreifacher Abzweig* *1 x vierfacher Abzweig*
Zustand	*z.T. Muffenversätze, Ablagerungen*	*Befahrene Bögen*[4]	*3 x 15° in DN 100* *3 x 30° in DN 200* *1 x 30° in DN 125* *6 x 30° in DN 100* *1 x 45° in DN 150* *6 x 45° in DN 125* *5 x 45° in DN 100* *1x (2x45°) in DN 150*

Einsatzgrenzen
s. Abb. 22 bis Abb. 24

[1] darin berücksichtigt: Ortsbegehung, Auf- und Abbau der Technik, Wasser-Betankungen des Inspektionsfahrzeugs
[2] reine Inspektionsdauer ohne Aufwand für Reinigungsarbeiten oder Baustelleneinrichtung
[3] einschließlich Dauer für die Baustelleneinrichtung und Inspektion
[4] Krümmung basiert auf Schätzungen

Innerhalb eines Zeitraums von ca. 18 Stunden konnten rund 200 m Leitungsstrecke des sehr komplexen Entwässerungsnetzes aufgenommen werden. Der Kanalwurm konnte bis zu zwei direkt aufeinander folgende 45°-Bögen überwinden und größtenteils in Abzweige eingelenkt werden. Auch eine vierfache Verzweigung konnte inspiziert werden (s. Abb. 22, Entwässerungsstrang rechts). Allerdings blieb der „große“ Kanalwurm wie auch beim Objekt Nr. 1 in einigen Fällen mit dem hinteren Geräteteil am Abzweigformstück hängen (s. Abb. 19, Nr. 3 und Abb. 23, Nr. 2, Nr. 4, Nr. 9 und Nr. 10).

Aufgrund der großen Haltungslängen des Entwässerungsnetzes, kann an diesem Objekt die Reichweite des hier eingesetzten „großen“ Kanalwurms mit hydraulischem Antrieb verdeutlicht werden. Während beim Objekt Nr. 1 die maximale Reichweite bei 33 m lag, konnte an diesem Objekt eine Hauptleitung DN 150 auf ihrer gesamten Länge von 45 m inspiziert werden (s. Abb. 23). In abzweigenden Leitungsstrecken, teilweise mit Bögen und Abflusshindernissen, wurde durch die größer werdende Reibung zwischen Gerät und Rohrwanddung z.T. die maximale Reichweite erreicht. Beispiele hierzu können Abb. 23 (Ziffer 1 und 3) entnommen werden: Das Gerät konnte in den Abzweigen nach einer Gesamt-Inspektionsstrecke von ca. 45 m bzw. 38 m nicht weiter vorgeschoben werden.



Inspektionsgrenzen:

***Nr. 1, Nr.6**: Inspektionsabbruch aufgrund verfestigter Ablagerungen und Korrosion in einer Gussleitung*

***Nr. 2:** Das Gerät konnte nach einem 90°-Bogen im Abzweig DN 100 nicht weiter eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Einsatzschacht aus: ca. 16 m)*

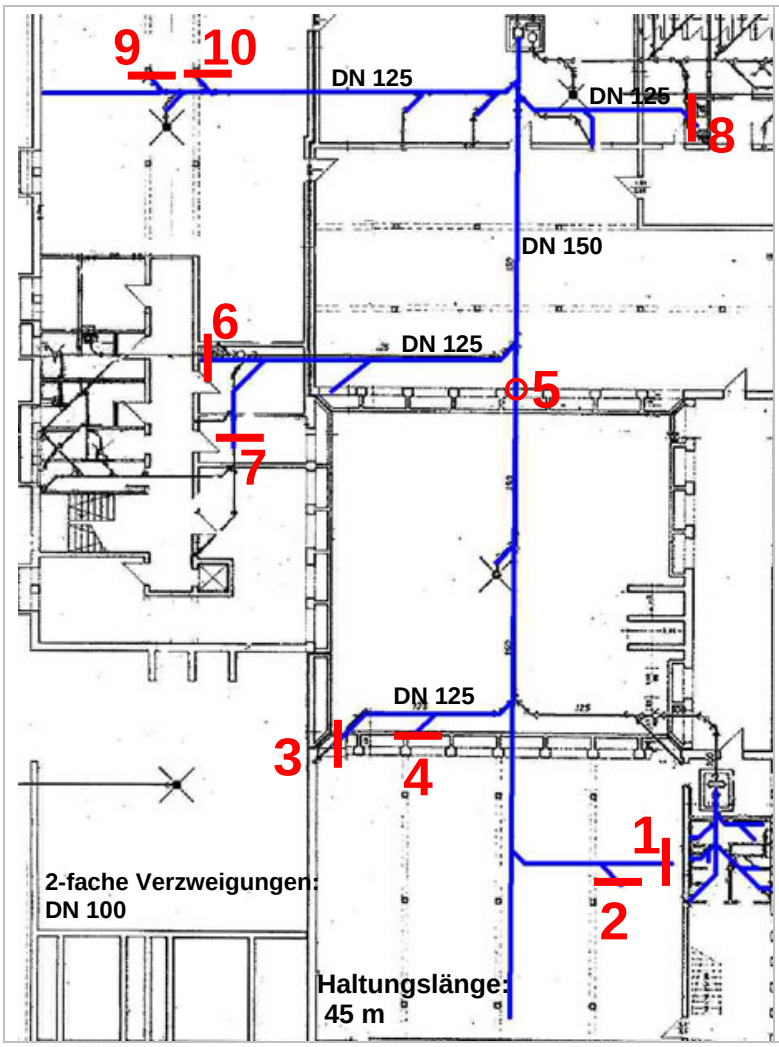
***Nr. 3**: Das Gerät konnte nur ca. 50 cm in einen Abzweig DN 100 eingelenkt werden (Leitungsstrecke vom Einsatzschacht aus: ca. 9 m)*

***Nr. 4**: Das Gerät konnte nur ca. 1,50 m in den Abzweig DN 100 eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Einsatzschacht aus: ca. 6 m)*

***Nr. 5**: Abbruch aufgrund von Steinen in der Leitung (ca. 100 % Querschnittsreduzierung) (Leitungsstrecke vom Einsatzschacht aus: ca. 16 m)*

***Nr. 7:** Inspektionsabbruch aufgrund von Sandablagerungen (90 % Querschnittsreduzierung)*

Abb. 22: Objekt Nr. 2 - Ausschnitt 1, Inspektionsgrenzen Typ 2



Inspektionsgrenzen:

Nr. 1: *Das Gerät ließ sich nach 45 m Reichweite nicht weiter vorschieben.*

Nr. 2*: Das Gerät konnte nur ca. 60 cm in den Abzweig DN 100 eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 41 m)*

Nr. 3*: Das Gerät konnte nach einem 30°-Bogen in DN 125 nicht weiter eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 38 m)*

Nr. 4*: Das Gerät konnte nur ca. 50 cm in den Abzweig DN 100 eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 34 m)*

Nr. 5: *Ein Abzweig im Rohrscheitel konnte nicht aufgenommen werden.*

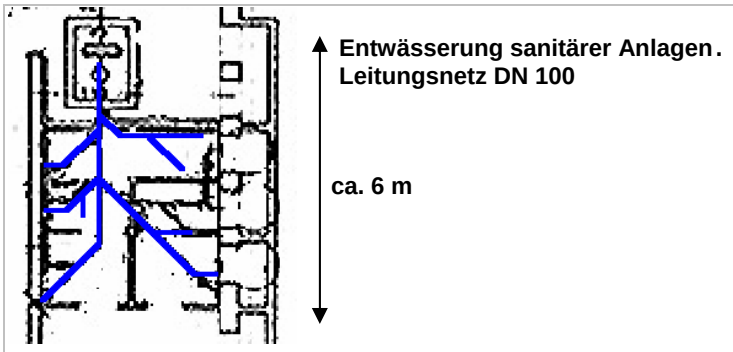
Nr. 6: *Das Gerät konnte nur ca. 15 m in den Abzweig DN 125 eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 30 m)*

Nr. 7: *Das Gerät konnte nur ca. 4 m in den Abzweig DN 100 eingeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 30 m)*

Nr. 8: *Das Gerät konnte nach einem 45°-Bogen in DN 125 nicht weiter vorgeschoben werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 12 m)*

Nr. 9, Nr. 10: *Das Gerät konnte nur ca. 50 cm in den Abzweig DN 100/125 eingelenkt werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 19 m bzw. 15 m)*

Abb. 23: Objekt Nr. 2 - Ausschnitt 2, Inspektionsgrenzen Typ 2



Inspektionsgrenzen sind nicht aufgetreten

Abb. 24: Objekt Nr. 2 - Ausschnitt 3, Inspektionsgrenzen Typ 2

4.3 Objekt Nr. 15 – Kanalwurm Typ 3

Das Objekt Nr. 15, eine Wasserburg im Renaissance-Stil des 17. Jahrhunderts, verfügt über ein umfangreiches, z.T. stark verästeltes Entwässerungsnetz unterschiedlicher Leitungsmaterialien und unterschiedlichen Alters. Das untersuchte Leitungsnetz (Länge ca. 100 m) dient der Entwässerung eines Gastronomiebetriebs und besteht überwiegend aus Steinzeugleitungen DN 100 bis DN 150. Für einen nach 1970 erbauten Teil wurden PVC-Leitungen DN 100 bis DN 150 verwendet. Bei den Steinzeugleitungen lagen z.T. Muffenversätze sowie Risse und in einem Teilbereich starke Ablagerungen bzw. Inkrustationen (Querschnittsreduzierung ca. 30 %) vor. Dagegen wies das neuere PVC-Leitungsnetz bis auf eine Muffe mit starkem Wurzeleinwuchs augenscheinlich keine Mängel auf.

Im Gegensatz zum Objekt Nr. 1 und 2 wurde hier ein kleineres Modell des Kanalwurms (Typ 3) mit einem Außendurchmesser von ca. 50 mm und einer Länge von rund 400 mm eingesetzt. Eine Skizze zum Verlauf des Entwässerungsnetzes kann Abb. 25 entnommen werden. Einzelheiten zu den Inspizierten Netzverläufen und Inspektionsabbrüchen können den folgenden Ausführungen entnommen werden.

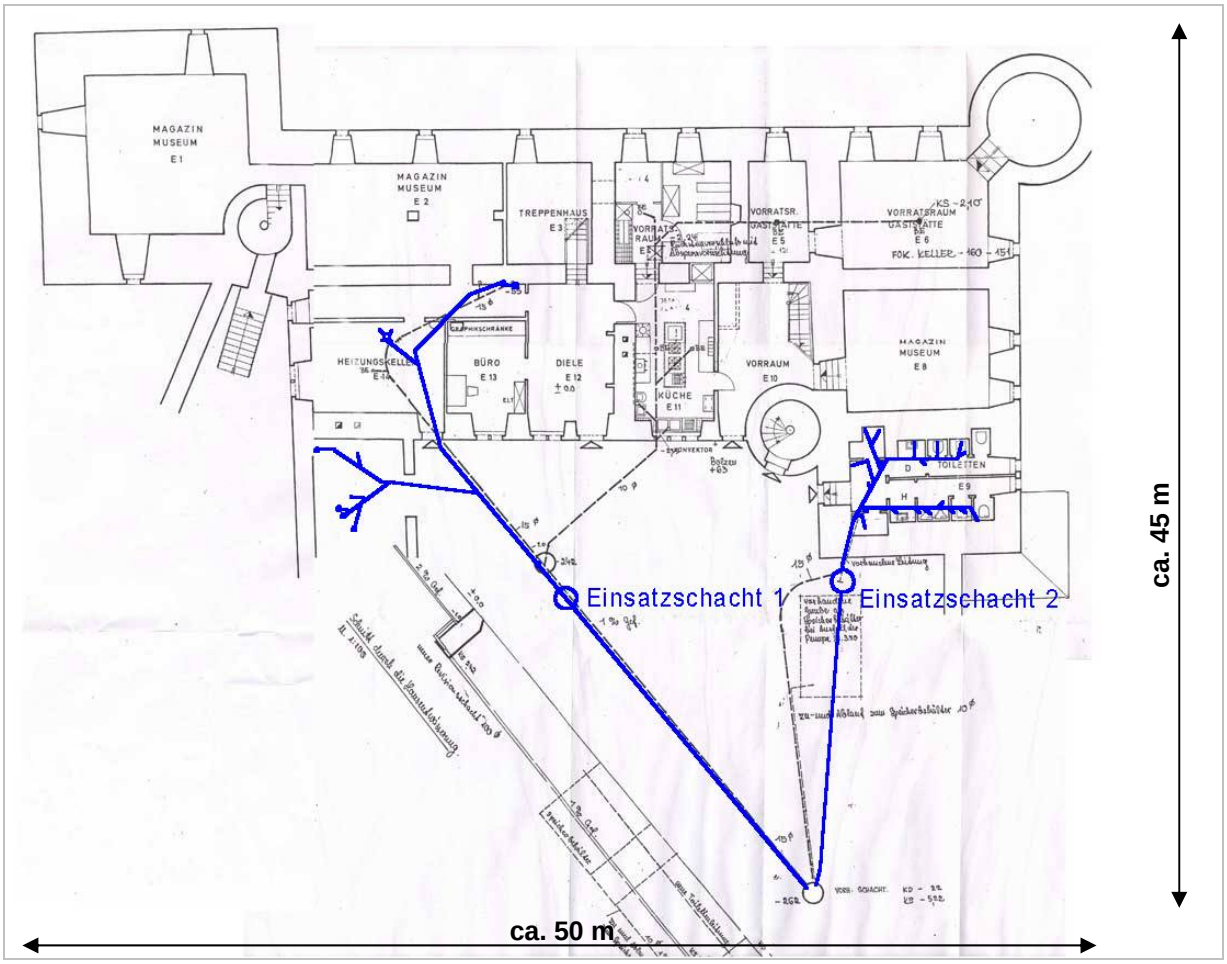
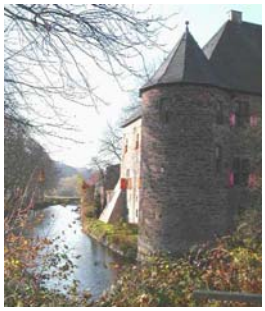


Abb. 25: Objekt Nr. 15 - Skizze des Netzes

Tab. 6: Übersicht zu Objektdaten und Untersuchungsumfang, Objekt Nr. 15

Objekt Nr. 15 – Kanalwurm Typ 3


Gebäudeansicht

Beispiel Netzzugang

Eingesetztes Gerät

Untersuchungsziel	Eingesetzte Gerätetechnik
• *Aufnahme des Leitungsverlaufes, Zustandserfassung (November 2003)*	• ***Typ 3: Kleiner Kanalwurm ohne HD*** *Durchmesser ca. 50 mm, Länge ca. 400 mm, Antrieb: manuell geschobener Spezialschlauch ohne hydraulische Unterstützung* • *Hochdruck-Reinigung (Einsatz ca. 0,5 h)*

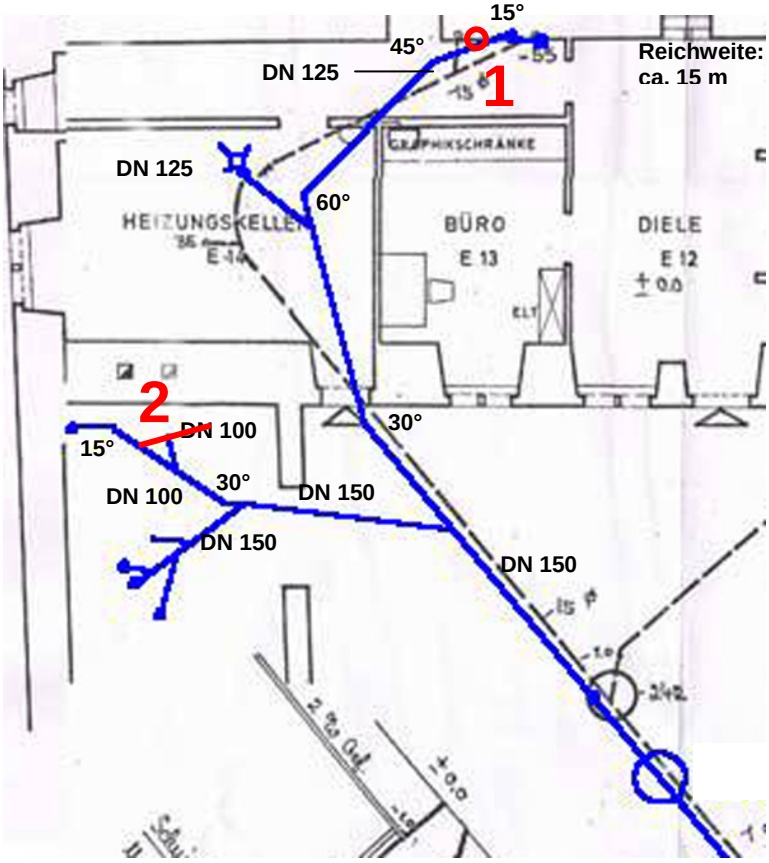
Randbedingungen		Untersuchungsumfang	
Gebäudeart, Baujahr	*Burg aus dem 17. Jh., Teilrenovierung/Erneuerung des Entwässerungsnetzes um 1970*	*Dauer Baustelleneinrichtung[1]*	*1,25 Stunden*
		Inspektionsdauer[2]	*5 Stunden*
Vorhandene Pläne	*Grundriss mit Entwässerungsleitungen und -gegenständen*	*Aufgenommene Netzlänge*	*ca. 100 m* *DN 100: ca. 12 m* *DN 125: ca. 20 m* *DN 150: ca. 68 m*
Leitungsmaterial und Durchmesser	*Steinzeug DN 150/125/100; PVC DN 150/125/100*	*Untersuchungsgeschwindigkeit[3]*	*16 m/h ($^{100m}/_{6,25\,h}$)*
Verzweigungsgrad des inspizierbaren Netzes	*25 Abzweige / 100 m Netzlänge = 0,25 Abzweige/m*	*Überwundene Abzweige*	*10 x einfacher Abzweig* *12 x zweifacher Abzweig* *3 x dreifacher Abzweig*
Zustand	*Steinzeugleitungen z.T. mit Versätzen, Rissen und Inkrustationen, PVC-Leitungen augenscheinlich ohne Mängel*	*Befahrene Bögen[4]*	*2 x 15°in DN 150* *1 x 15° in DN 125* *3 x 30° in DN 150* *2 x 45° in DN 125* *1 x 45° in DN 100* *2 x 60° in DN 150* *1 x 60° in DN 125* *1 x 60° in DN 100* *2 x 70° in DN 150* *2 x 90° in DN 100*

Einsatzgrenzen

s. Abb. 26 und Abb. 27

[1] darin berücksichtigt: Ortsbegehung, Auf- und Abbau der Technik, Wasser-Betankungen des Inspektionsfahrzeugs
[2] reine Inspektionsdauer ohne Aufwand für Reinigungsarbeiten oder Baustelleneinrichtung
[3] einschließlich Dauer für die Baustelleneinrichtung und Inspektion
[4] Krümmung basiert auf Schätzungen

Innerhalb eines Zeitraums von rund sechs Stunden konnte das Netz fast vollständig über zwei Schächte (s. Abb. 25: Einsatzschacht 1 und Einsatzschacht 2) aufgenommen werden. Lediglich an drei Punkten des Netzes ergaben sich Inspektionsgrenzen: Ein im Rohrscheitel liegendes Abzweigformstück konnte nicht befahren werden, da der 40 cm lange Kanalwurm nicht in den Anschluss eingelenkt werden konnte (s. Abb. 26, Nr. 1). In zwei Fällen musste die Inspektion abgebrochen werden, da der Kanalwurm in abzweigenden Leitungen mit Leitungsdurchmessern von DN 100 nicht weiter vorgeschoben werden konnte (s. Abb. 26 und Abb. 27, Nr. 2). Darüber hinaus wurde ein Abzweig im rechten Kämpfer kurz nach einem 60°-Linksbogen übersehen, da dieser durch die Krümmung des Kanalwurms nicht im Blickwinkel der Kamera lag. Abzweige von DN 100 bis DN 150 konnten i.d.R. problemlos befahren und auch zwei 90°-Bögen in DN 100 überwunden werden.

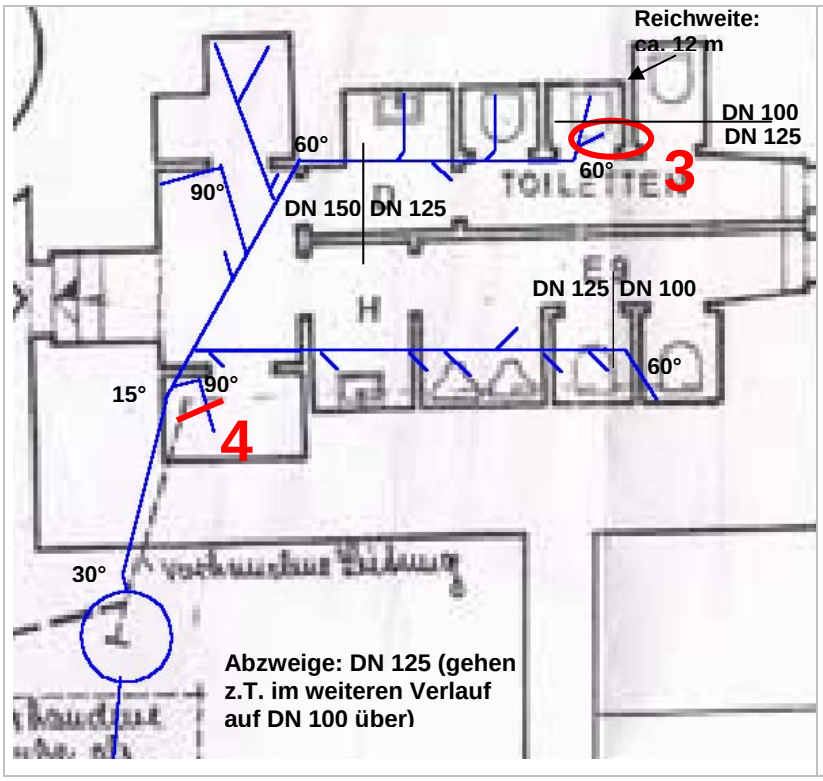


Inspektionsgrenzen:

***Nr. 1**: Ein im Rohrscheitel liegendes Abzweigformstück konnte nicht befahren werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 19 m)*

***Nr. 2**: Eine abzweigende Leitungen DN 100 konnte nicht komplett aufgenommen werden. (Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 12 m)*

Abb. 26: Objekt Nr. 15 - Ausschnitt 1, Inspektionsgrenzen Typ 3



Inspektionsgrenzen:

***Nr. 3**: Ein Abzweig im rechten Kämpfer wurde beim Durchfahren eines 60°-Links-Bogens übersehen.*
(Leitungsstrecke vom Schacht aus : ca. 10 m)

***Nr. 4**: Ein Abzweig DN 125 mit unmittelbarer Nennweitenänderung auf DN 100 konnte nicht komplett befahren werden.*
(Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 4 m)

Abb. 27: Objekt Nr. 15 - Ausschnitt 2, Inspektionsgrenzen Typ 3

4.4 Objekt Nr. 17 – Kanalwurm Typ 4

Das Objekt Nr. 17, ein Mehrfamilienhaus aus den 70er-Jahren, verfügt über ein umfangreiches Entwässerungsnetz aus Steinzeugleitungen zwischen DN 100 und DN 150 mit einer Gesamtlänge von über 120 m. Eine Öffnung zum Netz besteht in einem Schacht vor dem Gebäude, der nicht mit Fahrzeugen angefahren werden kann. Die Leitungen wiesen einen überwiegend guten Zustand auf, z.T. lagen Muffenversätze vor.

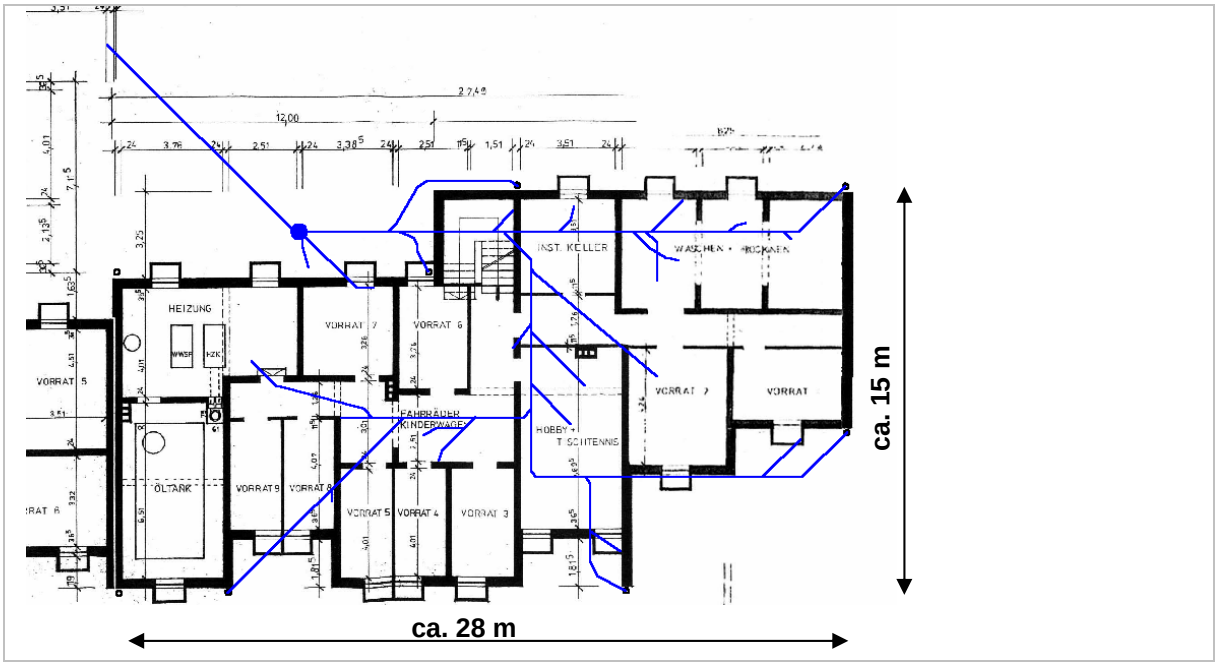


Abb. 28: Objekt Nr. 17 - Skizze des Netzes

Tab. 7: Übersicht zu Objektdaten und Untersuchungsumfang, Objekt Nr. 17

Objekt Nr. 17 – Kanalwurm Typ 4		
Gebäudeansicht	Netzzugang	Eingesetztes Gerät

Untersuchungsziel	**Eingesetzte Gerätetechnik**
• *Aufnahme des Leitungsverlaufes, Zustandserfassung (April 2004)*	• ***Typ 4: Kleiner Kanalwurm mit HD*** *Durchmesser ca. 50 mm, Länge ca. 400 mm, Antrieb: manuell geschobener Spezialschlauch mit hydraulischer Unterstützung* • *Hochdruck-Reinigung (Einsatz ca. 0,25 h)*

Randbedingungen		**Untersuchungsumfang**	
Gebäudeart, Baujahr	*Mehrfamilienhaus, 70er Jahre*	*Dauer Baustelleneinrichtung*[1]	*1,3 Stunden*
		Inspektionsdauer[2]	*7,4 Stunden*
Vorhandene Pläne	*Grundriss ohne Entwässerungsleitungen*	*Aufgenommene Netzlänge*	*ca. 120*
			DN 100: ca. 74 m *DN 125: ca. 18 m* *DN 150: ca. 28 m*
Leitungsmaterial und Durchmesser	*Steinzeug, DN 150/125/100*	*Untersuchungsgeschwindigkeit*[3]	*13,8 m/h* ($^{120\ m}/_{8,7\ h}$)
Verzweigungsgrad des inspizierbaren Netzes	*26 Abzweige / 120 m Netzlänge = 0,22 Abzweige/m*	*Überwundene Abzweige*	*12 x einfacher Abzweig* *9 x zweifacher Abzweig* *4 x dreifacher Abzweig* *1 x vierfacher Abzweig*
Zustand	*z.T. Muffenversätze*	*Befahrene Bögen*[4]	*1 x 15° in DN 125* *4 x 15° in DN 100* *3 x 30° in DN 125* *21 x 30° in DN 100* *2 x 45° in DN 125* *5 x 45° in DN 100* *1 x 60° in DN 125*

Einsatzgrenzen
S. Abb. 29

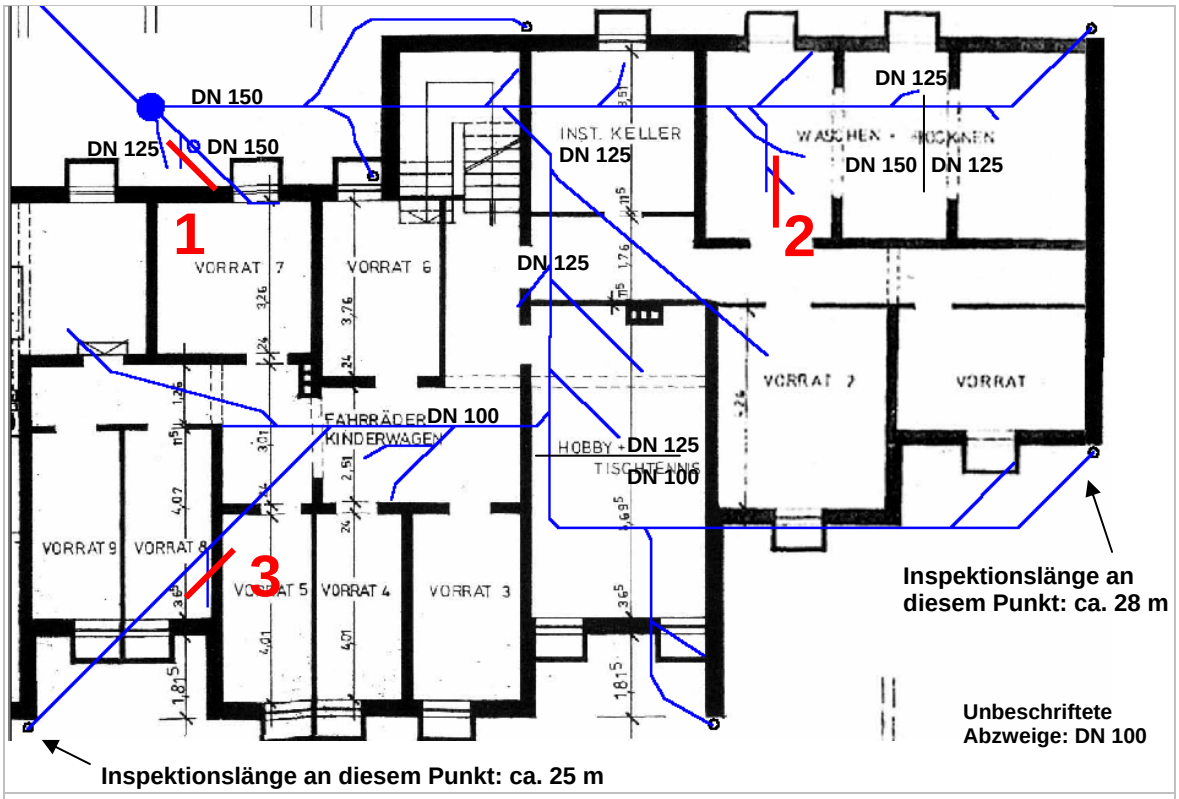
[1] darin berücksichtigt: Ortsbegehung, Auf- und Abbau der Technik, Wasser-Betankungen des Inspektionsfahrzeugs
[2] reine Inspektionsdauer ohne Aufwand für Reinigungsarbeiten oder Baustelleneinrichtung
[3] einschließlich Dauer für die Baustelleneinrichtung und Inspektion
[4] Krümmung basiert auf Schätzungen

Das beim Objekt Nr. 17 eingesetzte kleinere Modell des Göttinger Kanalwurms (∅ ca. 50 mm; Länge ca. 400 mm) ist, zusätzlich zu dem beim Objekt Nr. 15 verwendeten Modell, mit Düseneinsätzen am hinteren Ende des Gerätes ausgestattet. Sie dienen als zusätzlicher hydraulischer Antrieb und zur Reinigung der Leitungen. Der Kanalwurm wurde ausgehend

vom Schacht manuell in die Leitungen eingeschoben, wobei dies durch Zuschalten des hydraulischen Antriebs unterstützt wurde.

Das umfangreiche und z.T. stark verästelte Netz des Objektes Nr. 17 konnte mit nur wenigen Einschränkungen vollständig innerhalb von rund neun Stunden inspiziert werden. Dabei konnten zahlreiche Bögen (bis 60° in DN 125) sowie Abzweige DN 100 und DN 125 (auch bis zu vier aufeinander folgende) i.d.R. problemlos überwunden werden. Es konnten Leitungslängen bis zu 28 m mit mehreren Bögen und Abzweigen untersucht werden (s. Abb. 29). In lediglich drei Abzweige DN 100 konnte der Kanalwurm nur 10-60 cm eingelenkt werden. Bei zwei der Abzweige sind Muffenspalte an den Abzweigformstücken als Ursache zu nennen (vgl. Abb. 29).

Als Ausnahmefall konnte bei diesem Objekt ein im Rohrscheitel liegendes Abzweigstück in einer Leitung DN 150 befahren werden.



Inspektionsgrenzen:

***Nr. 1**: Das Gerät konnte nur ca. 60 cm in den Abzweig DN 100 eingelenkt werden.*
(Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 1,50 m)

***Nr. 2 – Nr. 3**: Muffenspalte an den Abzweigformstücken DN 100 konnten nicht überwunden werden.*
(Leitungsstrecken vom Einsatzschacht aus: ca. 15 m und 21 m)

Abb. 29: Objekt Nr. 17 - Inspektionsgrenzen Typ 4

4.5 Objekt Nr. 34 – Kanalwurm Typ 4

Beim Objekt Nr. 34, einem Einfamilienhaus mit Anbau aus den 1980er Jahren, das in einem Trennsystem entwässert wird, wurde das Schmutzwassernetz inspiziert. Dieses Netz besteht aus einem Hauptstrang mit vier abzweigenden Leitungen. Die Leitungen im Grundleitungsbereich bestehen aus PVC-Rohre DN 100 und DN 125 und die Hausanschlussleitung aus Steinzeugrohren DN 150. Bis auf eine einragende Dichtung und einen einragenden Stutzen wies das PVC-Netz keine optischen Schäden auf, allerdings wurden zwei Fehlanschlüsse entdeckt.

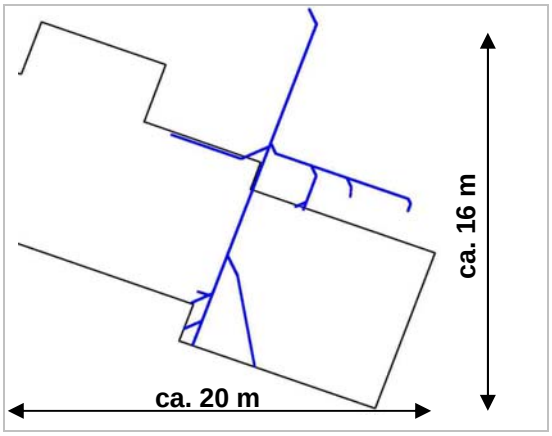


Abb. 30: Objekt Nr. 34 - Skizze des Netzes

Wie auch beim Objekt Nr. 17 wurde Typ 4 (s. Tab. 2) des Göttinger Kanalwurms über einen Schacht vor dem Gebäude eingesetzt. Von dem Entwässerungsnetz konnten innerhalb eines Gesamtzeitraums von rund drei Stunden ca. 30 m aufgenommen werden. Das Netz zeigt Beispiele dafür, wie durch einen ungünstigen Leitungsaufbau schlechte Inspektionsbedingungen entstehen können. Hier ergaben sich Inspektionsabbrüche überwiegend an Stellen, wo unmittelbar aufeinander folgende Abzweige und/oder Bögen in Leitungen DN 100 verbaut worden sind, sodass zu starke Widerstände beim Einschieben der Kamera entstanden (s. Abb. 31 Nr. 1 bis 3). Der übrige Netzverlauf konnte, mit Ausnahme eines einragenden Stutzens im Rohrscheitel, ohne Probleme aufgenommen werden.

Tab. 8: Übersicht zu Objektdaten und Untersuchungsumfang, Objekt Nr. 34

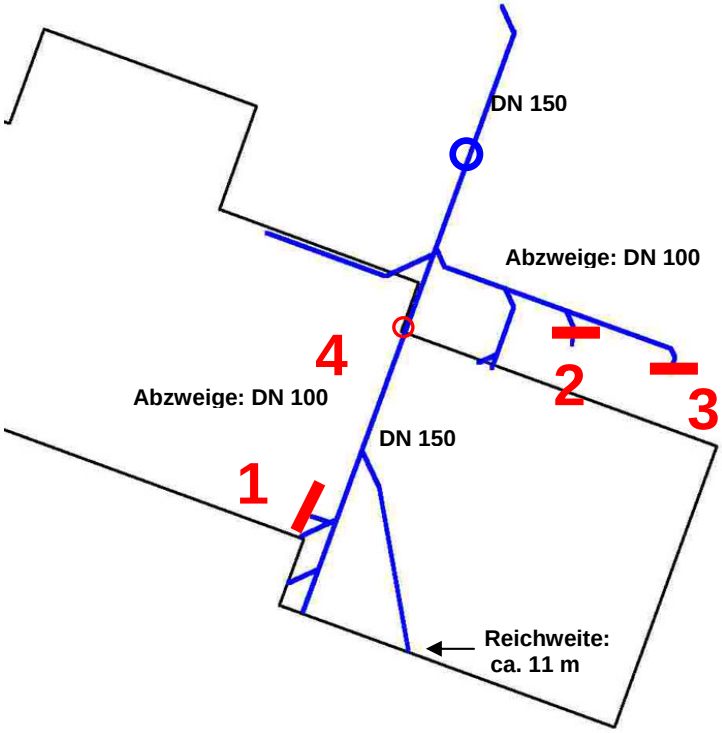
Objekt Nr. 34 – Kanalwurm Typ 4		
Gebäudeansicht	Netzzugang	Eingesetztes Gerät

Untersuchungsziel	**Eingesetzte Gerätetechnik**
• *Aufnahme des Leitungsverlaufes, Zustandserfassung (Juli 2004)*	• ***Typ 4: Kleiner Kanalwurm mit HD*** *Durchmesser ca. 50 mm, Länge ca. 400 mm, Antrieb: manuell geschobener Spezialschlauch mit hydr. Unterstützung* • *Hochdruck-Reinigung (Einsatz: ca. 0,25 Stunden)*

Randbedingungen		**Untersuchungsumfang**	
Gebäudeart, Baujahr	*Einfamilienhaus, Baujahr ca. 1980er*	*Dauer Baustelleneinrichtung*[1]	*ca. 1,5 Stunden*
		Inspektionsdauer[2]	*ca. 1,25 Stunden*
Vorhandene Pläne	*Grundriss ohne Entwässerung*	*Aufgenommene Netzlänge*	*ca. 28,5 m* *DN 100: ca. 22 m* *DN 125: ca. 0,5 m* *DN 150: ca. 6 m*
Leitungsmaterial und Durchmesser	*Hausanschlussleitung: Steinzeug DN 150* *Grundleitungen: PVC DN 100/125*	*Untersuchungsgeschwindigkeit*[3]	*10,4 m/h* ($^{28,5\ m}/_{2,75\ h}$)
Verzweigungsgrad des inspizierbaren Netzes	*7 Abzweige / 28,5 m Netzlänge = 0,25 Abzweige/m*	*Überwundene Abzweige*	*5 x einfacher Abzweig* *1 x zweifacher Abzweig* *1 x dreifacher Abzweig*
Zustand	*PVC: Fehlanschlüsse, einragende Stutzen, einragende Dichtung, Sedimentation*	*Durchfahrene Bögen*[4]	*1 x 15° in DN 100* *1 x 45° in DN 150* *4 x 45° in DN 100*

Inspektionsabbrüche
s. Abb. 31

[1] darin berücksichtigt: Ortsbegehung, Auf- und Abbau der Technik, Wasser-Betankungen des Inspektionsfahrzeugs
[2] reine Inspektionsdauer ohne Aufwand für Reinigungsarbeiten oder Baustelleneinrichtung
[3] einschließlich Dauer für die Baustelleneinrichtung und Inspektion
[4] Krümmung basiert auf Schätzungen



Inspektionsgrenzen:

***Nr. 1**: Eine zweite Verzweigung DN 100, unmittelbar auf eine erste folgend, konnte nicht befahren werden.*
(Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 9 m)

***Nr. 2**: Ein 30°-Bogen unmittelbar hinter dem Abzweigformstück in einem Abzweig DN 100 konnte nicht überwunden werden.*
(Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 6 m)

***Nr. 3**: In einem Abzweig DN 100 konnten zwei direkt aufeinander folgende 45°-Bögen nicht überwunden werden.*
(Leitungsstrecke vom Schacht aus: ca. 8 m)

***Nr. 4**: Ein einragender Stutzen im Scheitel konnte nicht befahren werden.*

Abb. 31: Objekt Nr. 34 - Inspektionsgrenzen Typ 4

4.6 Objekt Nr. 35 – Kanalwurm Typ 4

Objekt Nr. 35 ist ein Einfamilienhaus mit Scheune, Baujahr vor 1900, das im Trennsystem entwässert wird. Als Leitungsmaterial sind Steinzeugrohre DN 100 bis DN 150 eingesetzt worden. Der Zustand ist durch Muffenversätze sowie z.T. Unterbögen und fehlende Scherben gekennzeichnet. Darüber hinaus sind einige Stutzen nicht fachgerecht im Scheitel angeschlossen worden, sodass sie einragten. Den Verlauf des Netzes zeigt die Skizze in Abb. 32.

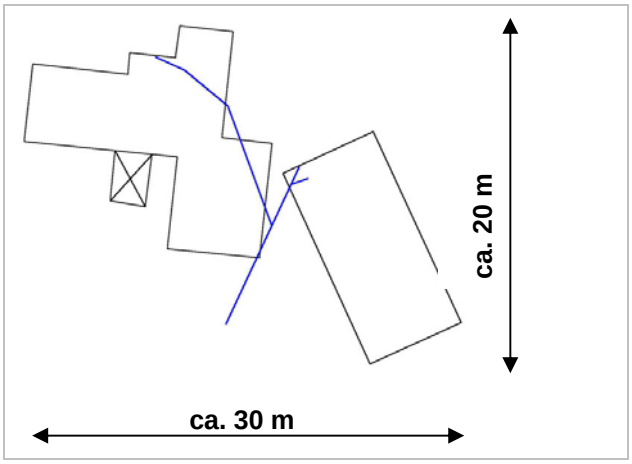


Abb. 32: Objekt Nr. 35 - Skizze des Netzes

Auch bei diesem Objekt wurde Typ 4 (s. Tab. 2) des Göttinger Kanalwurms, über einen Schacht vor dem Gebäude, eingesetzt. Das Netz konnte, bis auf drei im Rohrscheitel liegende Abzweige (einragende Stutzen), innerhalb eines Gesamtzeitraums von rund zwei Stunden vollständig aufgenommen werden (s. Abb. 33).

Tab. 9: Übersicht zu Objektdaten und Untersuchungsumfang, Objekt Nr. 35

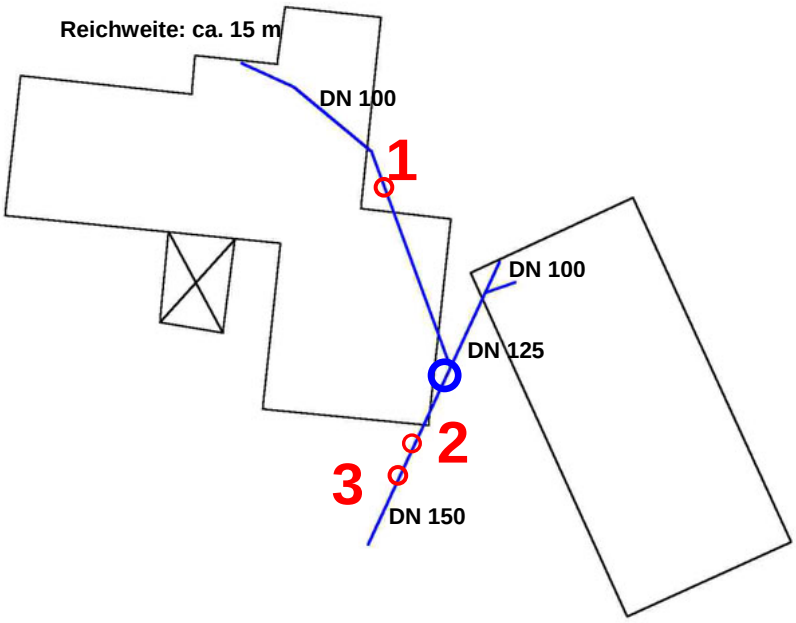
Objekt Nr. 35 – Kanalwurm Typ 4		
Gebäudeansicht	Netzzugang	Eingesetztes Gerät

Untersuchungsziel	**Eingesetzte Gerätetechnik**
• *Aufnahme des Leitungsverlaufes, Zustandserfassung (Juli 2004)*	• ***Typ 4: Kleiner Kanalwurm mit HD*** *Durchmesser ca. 50 mm, Länge ca. 400 mm, Antrieb: manuell geschobener Spezialschlauch mit hydr. Unterstützung* • *Hochdruck-Reinigung (Einsatz: ca. 0,5 Stunden)*

Randbedingungen		**Untersuchungsumfang**	
Gebäudeart, Baujahr	*Einfamilienhaus mit Scheune, Baujahr vor 1900*	*Dauer Baustelleneinrichtung*[1]	*ca. 0,75 Stunden*
		Inspektionsdauer[2]	*ca. 1 Stunde*
Vorhandene Pläne	*Grundriss ohne Entwässerung*	*Aufgenommene Netzlänge*	*ca. 28 m* *DN 100: ca. 17 m* *DN 125: ca. 4 m* *DN 150: ca. 7 m*
Leitungsmaterial und Durchmesser	*Steinzeug DN 150/125/100*	*Untersuchungsgeschwindigkeit*[3]	*16 m/h* ($^{28\ m}/_{1,75\ h}$)
Verzweigungsgrad des inspizierbaren Netzes	*2 Abzweige / 28 m Netzlänge = 0,07 Abzweige/m*	*Überwundene Abzweige*	*2 x einfacher Abzweig*
Zustand	*Muffenversätze, fehlende Scherben, einragende Stutzen, Ausbiegung*	*Durchfahrene Bögen*[4]	*2 x 15° in DN 100* *1 x 30° in DN 100*

Inspektionsabbrüche
s. Abb. 33

[1] darin berücksichtigt: Ortsbegehung, Auf- und Abbau der Technik, Wasser-Betankungen des Inspektionsfahrzeugs
[2] reine Inspektionsdauer ohne Aufwand für Reinigungsarbeiten oder Baustelleneinrichtung
[3] einschließlich Dauer für die Baustelleneinrichtung und Inspektion
[4] Krümmung basiert auf Schätzungen



Inspektionsgrenzen:

***Nr. 1-3**: Ein im Scheitel liegender Abzweig (einragender Stutzen) konnte nicht aufgenommen werden.*

Abb. 33: Objekt Nr. 35 - Inspektionsgrenzen Typ 4

5 Ergebnisse

Mit dem Göttinger Kanalwurm steht eine neue Technik zur Verfügung, die gegenüber herkömmlichen Verfahren weit verbesserte Einsatzmöglichkeiten zur Zustandserfassung der Grundstücksentwässerung bietet. Die durch das IKT begleiteten Einsätze bestätigten, dass die Gerätetechnik grundsätzlich bogengängig und für die Aufnahme von Abzweigen geeignet ist. Jedoch können je nach Randbedingungen unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten und -grenzen bestehen. Diese werden im Folgenden speziell unter den Punkten Bogengängigkeit, Aufnahmemöglichkeit von Abzweigen, Inspektionsgeschwindigkeit, Antrieb, Kameratechnik, Reinigung und Reichweite erläutert. Zunächst werden die Weiterentwicklungen des Gerätes im Zeitrahmen des Vorhabens vorgestellt.

Weiterentwicklungen

Während der Laufzeit des Vorhabens wurden einige Verbesserungspotentiale erkannt, die unmittelbar durch entsprechende Weiterentwicklungen des Gerätes durch den Hersteller umgesetzt wurden. So wurde u.a. ergänzend zum vergleichsweise großen Ursprungs-Modell (∅ ca. 70 mm; Länge ca. 600 mm) ein „kleiner“ Kanalwurm (∅ ca. 50 mm; Länge ca. 400 mm) mit einer besseren Bogengängigkeit in kleineren Leitungsdurchmessern entwickelt. Die wichtigsten Erweiterungen, bezogen auf den eingesetzten „Typ 1“ (s. Tab. 2) des Kanalwurms waren:

- *Antrieb:* Der zunächst rein manuelle Antrieb durch Schieben des Spezialschlauches konnte durch einen zuschaltbaren hydraulischen Antrieb über eine Spüldüse am hinteren Teil des Kanalwurms verbessert werden.
- *Spülfunktion:* Die Düseneinsätze des Gerätes dienen zusätzlich zum hydraulischen Antrieb zur Reinigung der Leitungen.
- *Bogen- und Abzweiggängigkeit:* Bei dem „großen“ Kanalwurm konnte eine bessere Bogen- und Abzweiggängigkeit durch den flexibleren Anschluss von Schubschlauch und den verbesserten Antrieb erzielt werden. Mit der Entwicklung des „kleinen“ Kanalwurms konnte die Bogen- und Abzweiggängigkeit durch die verringerten Abmessungen des Gerätes weiterhin verbessert werden. Auch der „kleine“ Kanalwurm wurde mit einer hydraulischen Düse ausgestattet.
- *Reichweite:* In Folge des verbesserten Antriebs sowie der Bogengängigkeit konnte auch die Reichweite des Gerätes erhöht werden.
- *Kameratechnik:* Die Kameratechnik wurde von Modell zu Modell verändert. Zum einen wurde an der Leuchtkraft und der Bildqualität gearbeitet, zum andern wurde die Störanfälligkeit herabgesetzt, indem z.B. Dichtungen verbessert und die Leuchtmittel mit einem Schutzglas versehen wurden. Darüber hinaus liefern die Axialkameras gegenüber den beiden ersten Modelltypen ein horizontal ausgerichtetes Bild.
  Die im Rahmen des Vorhabens eingesetzten Modelle des Kanalwurms waren mit einer Axialkamera ausgestattet, sodass Muffen und Abzweige nur eingeschränkt abgeschwenkt werden konnten. Das neuste Modell des „großen“ Kanalwurms ist mit einer Dreh-Schwenkkopfkamera ausgestattet.

- *Software:* Um die Dokumentation der Inspektion zu verbessern, wurde eine spezielle Software für das TV-Fahrzeug entwickelt, mit der die Leitungsverläufe entsprechend den Eintragungen des Inspektionsprotokolls in einer Skizze dargestellt werden.

Bogengängigkeit

Im Rahmen der Untersuchungen konnten mit dem Göttinger Kanalwurm Bögen meist problemlos überwunden werden. Je geringer die Krümmungen und je größer die Leitungsdurchmesser sind, desto leichter können Bögen durchfahren werden. Darüber hinaus ist entscheidend, wie viel Widerstand die bereits befahrene Leitungsstrecke (Länge, Abzweige, Bögen, Schäden) gegen den Antrieb erzeugt. Somit ist die Bogengängigkeit des Gerätes von den örtlichen Gegebenheiten abhängig.

Mit dem **„großen“ Kanalwurm** (∅ ca. 70 mm; Länge ca. 600 mm) ist es im Rahmen der begleiteten Einsätze gelungen, Bögen

- bis 90° in DN 125 und
- bis 45° in DN 100[4] zu befahren.

Mit dem **„kleinen“ Kanalwurm** (∅ ca. 50 mm; Länge ca. 400 mm) konnten Bögen

- bis 90° in DN 100 aufgenommen werden.

Schwierigkeiten traten teilweise dann auf, wenn eine Kombination aus mehreren direkt aufeinander folgenden Bögen und/oder Abzweigen vorlag. In diesen Fällen konnte das Gerät nicht ausreichend bzw. nicht gegenläufig gekrümmt werden. Darüber hinaus konnten Bögen z.T. nicht durchfahren werden, wenn das Gerät bereits über eine längere Leitungsstrecke und/oder Bögen und Abzweige eingeschoben worden war und die Antriebskraft zur Überwindung des Bogens nicht ausreichte. Ebenfalls können Leitungsschäden oder starke Ablagerungen die Inspektion behindern.

Bei der Inspektion von Leitungen DN 150 und größer kann davon ausgegangen werden, dass Bögen bis zu 90° mit beiden Modellen des Göttinger Kanalwurms inspiziert werden können, wobei ggf. auch hier durch den Widerstand der bereits überwundenen Leitungsstrecke Schwierigkeiten entstehen können.

[4] Stärkere Krümmungen in DN 100 sind in den untersuchten Netzen nicht aufgetreten.

Aufnahmemöglichkeit von Abzeigen

Grundsätzlich bieten sowohl der „große“ als auch der „kleine“ Göttinger Kanalwurm die Möglichkeit, in Abzweige einzubiegen. Beschränkende Faktoren können die Leitungsdurchmesser und die Lage der Abzweigformstücke darstellen.

Mit dem „großen“ Kanalwurm (Typ 1 und Typ 2) konnten bis zu vier aufeinander folgende Abzweige zwischen DN 100 und DN 150 inspiziert werden. Allerdings konnten diese ersten Modelle des Kanalwurms bei einigen Abzweigen nicht vollständig eingelenkt werden, da sie offensichtlich mit dem hinteren Geräteteil am Abzweigformstück hängen blieben (s. Kapitel 4.1 und 4.2).

Bei dem „kleinen“ Kanalwurm wurde dieses Problem nicht mehr beobachtet, sodass seitliche Abzweige zwischen DN 100 und 150 meist problemlos aufgenommen werden konnten. Bis zu vierfache Verzweigungen wurden im Rahmen des Vorhabens inspiziert (s. Objekt Nr. 3 Kapitel 4.4). Prinzipiell ist es möglich, das Gerät entsprechend den Herstellerangaben auch in Abzweige DN 80 einzulenken (demonstriert an Abzweigformstücken). Allerdings konnte dieser Anwendungsfall aufgrund der vorliegenden Netzgeometrien nicht in-situ überprüft werden.

Schwierigkeiten können zumindest dem „kleinen“ Kanalwurm im Rohrscheitel liegende Abzweigformstücke bereiten (bedingt durch die geringe Länge des Gerätes), die in den Versuchsnetzen nur in Ausnahmefällen aufgenommen werden konnten. Inwieweit dies mit dem „großen“ Kanalwurm möglich ist, kann nicht abschließend beurteilt werden, da bei den untersuchten Netzen nur eine geringe Anzahl an Abzweigen im Rohrscheitel vorlag.

Ebenso konnten abzweigende Leitungen nicht aufgenommen werden, wenn die Hauptleitung in Fließrichtung inspiziert wurde. Da die Abzweige bei korrekter Ausführung in Fließrichtung angeschlossen werden, kann das Gerät nicht eingelenkt werden (s. Abb. 16 und Abb. 17).

Einsatzgrenzen bei Abzweigen im Kämpfer traten teilweise auf, wenn bereits eine längere Inspektionsstrecke zurückgelegt worden war und/oder Kombinationen aus mehreren Abzweigen und Bögen vorlagen, sodass der Widerstand beim Antrieb des Gerätes zu groß wurde. Darüber hinaus konnten einige Abzweige aufgrund von Leitungsschäden (wie Muffenversätze oder Wurzeleinwuchs) oder starken Ablagerungen nicht befahren werden.

Inspektionsgeschwindigkeit

Die Dauer einer Inspektion ist zum einen von der Geschicklichkeit (Einlenken in Abzweige) und der Gründlichkeit des Inspekteurs bzw. von den Qualitätsanforderungen an die Aufnahme abhängig (z.B. Inspektion und Dokumentation von Schäden sowie Einmessen von Entwässerungsgegenständen). Zum anderen sind der Aufbau und der Zustand des Netzes für die Inspektionsdauer maßgeblich. Liegen beispielsweise viele Schäden vor, wird entsprechend mehr Zeit für die Dokumentation benötigt. Ebenso erfordert die Inspektion von abzweigenden Leitungen durch das Einlenken des Gerätes und die Dokumentation einen höheren Zeitaufwand. Bei Ablagerungen in den Leitungen muss das Gerät ggf. mehrmals unter Spülbetrieb in die Leitung eingeschoben und u.U. wieder entfernt werden, um die Optik zu säubern.

Im Rahmen des Vorhabens lagen die Untersuchungsgeschwindigkeiten zwischen 10 m/h und 32 m/h, wobei Entwässerungsgegenstände nur selten eingemessen und zugeordnet wurden (z.T. augrund fehlender Zugänglichkeit). Die durchschnittliche Untersuchungsgeschwindigkeit lag bei ca. 16,9 m/h. In der Untersuchungsgeschwindigkeit sind sowohl die Zeiten für die Baustelleneinrichtung, d.h. für Ortsbegehung, Öffnen der Schächte, Betankungen des TV-Fahrzeuges und Auf- und Abbauten, als auch die Zeiten für die reine Inspektion berücksichtigt. Nicht darin enthalten ist der Aufwand für Reinigungsarbeiten, da sehr unterschiedliche Bedingungen vorlagen. Teilweise waren die Netze schon im Vorfeld vom Betreiber gereinigt worden. Der Aufwand für Reinigungsarbeiten an den über Schächte zugänglichen Leitungen betrug pro Objekt meist zwischen 0,25 und 0,5 Stunden.

Die durchschnittliche Netto-Inspektionszeit, in der nur der Aufwand für die Inspektion berücksichtigt ist, betrug ca. 23,5 m/h.

Antrieb

Grundsätzlich gilt für alle Inspektionstechniken, dass der Vorschub der Kamera bei schlecht zugänglichen Schächten bzw. Schächten im Inneren des Gebäudes erschwert ist. Wird das Gerät mit hydraulischem Antrieb über das TV-Fahrzeug gesteuert, sind die Spül-/Schubschläuche mit entsprechenden Reibungsverlusten, ggf. unter Verwendung von Umlenkvorrichtungen, zum Schacht zu führen. Vorteilhaft für den Vortrieb des Kanalwurms ist hier die Kombination aus hydraulischem Antrieb und manuellem Vorschub. So konnte das Gerät sehr flexibel eingesetzt werden, z.B. auch bei Schächten oder Revisionsöffnungen innerhalb eines Gebäudes, die nicht mit dem TV-Fahrzeug angefahren werden können. Ein weiterer Vorteil des manuellen Antriebs ist, dass entsprechend weniger Wasser für den Antrieb des Gerätes benötigt wird und somit z.T. zeitaufwendige Betankungen des TV-Fahrzeugs vermieden werden können.

Bezüglich der Arbeitsbedingungen ist der unterstützende manuelle Vorschub des Kanalwurms gegenüber einem rein hydraulischen oder mechanischen Antrieb sicherlich als nachteilig zu bewerten, da innerhalb eines Schachtes sehr beengte sowie hygienisch bedenkliche Arbeitsverhältnisse herrschen (v.a. Möglichkeit der Aerosolbildung) und der Vorschub einen hohen Kraftaufwand erfordert. Nach Angaben des Herstellers ist mittlerweile

auch ein mechanischer Antrieb in Form einer Verspanneinrichtung für den Schacht verfügbar.

Darüber hinaus war der manuelle Vorschub mit hydraulischer Unterstützung vergleichsweise weniger präzise handhabbar als ein rein hydraulischer Antrieb, der vom TV-Fahrzeug aus gesteuert wird. Da der im Schacht stehenden Person kein Einblick auf einen Monitor gegeben war, erfolgte der Vorschub des Gerätes aufgrund von Anweisungen des Inspekteurs im TV-Fahrzeug.

Kameratechnik

Eine Dreh-Schwenkkopf-Kamera hat gegenüber einer Axialkamera den Vorteil, dass Muffen und Schäden abgeschwenkt werden können. Sie weist jedoch i.d.R. vergleichsweise größere Abmessungen und eine empfindlichere Technik auf. Die im Rahmen des Vorhabens eingesetzten Modelle waren mit Axialkameras ausgestattet, mit denen abzweigende Leitungen und Schäden nur eingeschränkt durch Krümmen des Kanalwurms aufgenommen werden konnten.

Der „große“ Kanalwurm ist mittlerweile auch mit Dreh-Schwenkkopfkamera erhältlich, deren grundsätzliche Funktionstauglichkeit bereits im Rahmen eines noch laufenden IKT-Vorhabens [10] bestätigt werden konnte. Nach Angaben des Herstellers soll zukünftig auch der „kleine“ Kanalwurm mit einer Dreh-Schwenkkopf-Kamera erhältlich sein.

Durch den hydraulischen Antrieb entsteht ein Unterdruck, der einen Luftstrom in der Leitung erzeugt, sodass im Luftstrom schwebende Partikel die Linse der Kamera verschmutzen können. Ebenso können Schmutzpartikel von den Rohrwandungen (wie Spinnweben) vor die Linse gelangen. Die Säuberung der Linse erfordert i.d.R. einen entsprechenden Zeitaufwand, da die Kamera aus der Leitung entfernt werden muss. Nach Herstellerangaben wurde der „große“ Kanalwurm zwischenzeitlich mit einer Spülvorrichtung am Kamerakopf ausgestattet, mit der Verschmutzungen des Objektivs entfernt werden können.

Liegen Ablagerungen in der Rohrsohle vor, die nur einen Teil des Querschnitts füllen, bietet die Gerätetechnik die Möglichkeit, den Kamerakopf über die Ablagerungen hinweg zu heben. So können Verschmutzungen der Linse durch Aufschieben von Schmutz vermieden werden.

Reichweite

Die Reichweite eines Gerätes wird in erster Linie durch die zwischen Rohrwandung und Kamera bzw. Schub-/Spülschlauch entstehende Reibung begrenzt. Wie weit ein System letztendlich in eine Leitung eingeschoben werden kann, hängt damit vom Aufbau und Zustand des Netzes ab. Die höchsten Reichweiten lassen sich i.d.R. in geraden Leitungsstrecken ohne Hindernisse erzielen. Bögen, Abzweige, Schäden oder verfestige Ablagerungen und Sedimentationen können die Reichweite erheblich einschränken. In zweiter Linie wird die Reichweite durch die Länge des verwendeten Schub-/Spülschlauches begrenzt.

An den im Rahmen des Vorhabens untersuchten Objekten konnte mit dem „großen“ Göttinger Kanalwurm eine maximale Reichweite von **45 m** (Ende der Haltung) und mit dem „kleinen“ Kanalwurm von **48 m** (max. Schlauchlänge des eingesetzten Gerätes erreicht) erzielt werden. In Fällen, bei denen die Inspektion vor Haltungsende abgebrochen werden musste, war das Gerät meist über mehrere Bögen und/oder Abzweige oder Schäden bzw. Hindernisse in den Leitungen vorgeschoben worden, sodass der Widerstand zu groß wurde.

Reinigung

Ein Vorteil der hier eingesetzten Techniken mit hydraulischem Antrieb gegenüber herkömmlichen Reinigungsgeräten ist, dass prinzipiell auch abzweigende Leitungen vom Schacht aus gereinigt werden können. In über Schächte zugängliche Hauptleitungen wurden von der ausführenden Firma aufgrund des höheren Wirkungsgrades und des geringeren Widerstands herkömmliche Hochdruckdüsen eingesetzt. Da im Rahmen des Vorhabens keine speziellen Spülversuche stattgefunden haben, kann die Reinigungsleistung des Gerätes nicht abschließend beurteilt werden. Allerdings konnte bei den begleiteten Einsätzen beobachtet werden, dass zumindest unverfestigte Ablagerungen vermindert bzw. beseitigt wurden.

Software

Mit der während der Laufzeit des Vorhabens entwickelten Software können anhand der Eintragungen in die Inspektionsprotokolle (Haltungslänge, Abzweige, Bögen) parallel zur Inspektion Skizzen des Leitungsverlaufes erstellt werden (s. Abb. 34). Der Skizze kann ein Bestandsplan hinterlegt werden, sodass der inspizierte Netzverlauf während der Inspektion mit der Lage der Entwässerungsgegenstände verglichen werden kann. Dies kann beim Abschätzen der Krümmung von Bögen und der Zuordnung von Entwässerungsgegenständen hilfreich sein.

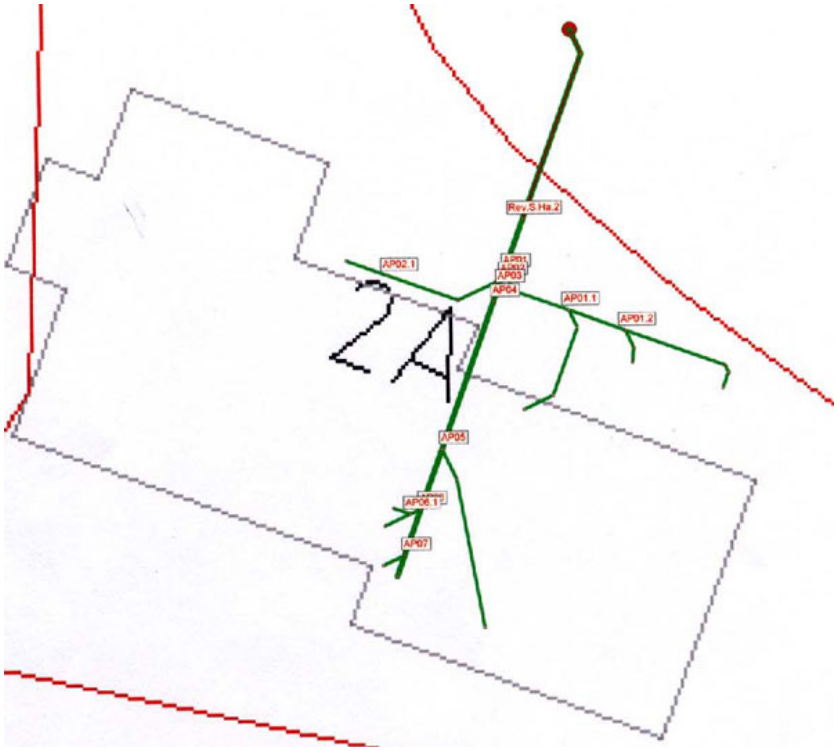


Abb. 34: Beispiel einer durch Software erstellten Skizze

Ergänzende Hinweise

Grundsätzlich ist vor einer Inspektion die Reinigung der über einen Schacht zugänglichen Hauptleitungen zu empfehlen. Je weniger Ablagerungen in den Leitungen vorliegen, desto geringer ist die Gefahr, dass Schmutzpartikel die Sicht der Kamera einschränken. Ablagerungen in den abzweigenden Leitungen können, soweit der Abzweig noch befahrbar ist, prinzipiell mit dem Kanalwurm beseitig werden. Allerdings ist dies mit einem entsprechend hohen Zeitaufwand verbunden.

Bei den Inspektionen sollte stets beachtet werden, dass Abzweige und Bögen nicht nur beim Einschub der Kamera, sondern auch auf dem Rückweg Probleme bereiten können. Sowohl beim Kanalwurm als auch bei weiterführenden Untersuchungen mit anderen Inspektionstechniken ([9], [10]) trat der Fall auf, dass die Kamera nur mit großen Schwierigkeiten wieder aus einem Abzweig bzw. Bogen entfernt werden konnte. „Übereifriges“ Handeln eines Inspekteurs kann u.U. zu aufwändigen und kostspieligen Aufgrabungen führen.

Wie auch die Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes zeigten, liegen oft keine Entwässerungspläne vor und falls doch, stimmen sie selten mit der Realität überein. Wichtig ist daher eine ausführliche Dokumentation der Inspektion. Dazu sollten alle Abzweigpunkte systematisch nummeriert und Skizzen zum Verlauf des Netzes mit entsprechender Nummerierung angefertigt werden. Nur so können bei umfangreichen Netzen anschließend die Protokolle und Videoaufzeichnungen den einzelnen Positionen zugeordnet werden. Soll der Verlauf eines Entwässerungsnetzes geklärt werden, ist es auf jeden Fall ratsam, vor Beginn der Inspektion alle sichtbaren Fallleitungen und Entwässerungsgegenstände in einem Plan aufzunehmen. Auf dieser Grundlage können Abzweige besser zugeordnet und Leitungsverläufe

besser eingeschätzt werden. Gerade die Aufnahme von Bögen, deren Krümmung bisher nur aufgrund der Erfahrungen des Inspekteurs abgeschätzt werden können, kann damit erleichtert werden. Im Rahmen weiterer durch das IKT begleiteter Inspektionsmaßnahmen [9] wurden Bögen durch verschiedene Inspekteure mit Differenzen von 0° bis 30° geschätzt. Wird bei der Inspektion nicht auf die Zuordnung von Abzweigen und Entwässerungsgegenständen geachtet, ergeben anschließende Skizzen des Netzverlaufes auf Basis der Haltungsprotokolle oft unrealistische Systeme. Hilfreich kann eine entsprechende Software sein, mit der parallel zur Inspektion eine Skizze zum Netzverlauf erstellt werden kann (s. z.B. Abb. 34). Werden den Verlaufsskizzen Pläne mit Entwässerungsgegenständen hinterlegt, können die geschätzten Bögen mit örtlichen Gegebenheiten abgeglichen werden.

Der Inspektionserfolg hängt, außer von der Inspektionstechnik, stark von den örtlichen Gegebenheiten ab. Ist die Leitung in einem schlechten Zustand, z.B. durch starke Muffenversätze, Einstürze, starke Ablagerungen oder Wasserrückstau durch Unterbögen, können auch mit einer speziellen Technik möglicherweise nur Leitungsabschnitte untersucht werden.

6 Zusammenfassung und Fazit

Da die Zustandserfassung der privaten Grundstücksentwässerung zunehmend an Bedeutung gewinnt, haben die Hersteller von Inspektionssystemen mit speziellen Techniken für diesen Bereich reagiert. Noch im Jahre 2002 musste ein privates Netz, das i.d.R. durch kleine Leitungsdurchmesser, Abzweige und eine Vielzahl von Bögen gekennzeichnet ist, mit den herkömmlichen Fahrwagen und Schiebekameras meist von zahlreichen Punkten aus (z.B. über Schächte und Entwässerungsgegenstände) untersucht werden [2]. Dies erforderte einen extrem hohen Zeitaufwand. Heute werden bereits einige Techniken angeboten, die in abzweigende Leitungen eingelenkt werden können und damit die Inspektion von einem einzelnen Zugangspunkt aus ermöglichen sollen. Eine der ersten Neuentwicklungen war der „Göttinger-ZK-Kanalwurm“, bestehend aus einer Art Dichtblase mit integrierter Kamera, die über eine pneumatisch angetriebene Mechanik im Inneren wurmartig gekrümmt und so in Abzweige eingelenkt werden kann.

Um Einsatzmöglichkeiten und -grenzen dieses Systems zu erfassen sowie Verbesserungspotentiale zu identifizieren, wurden unter fortlaufender Weiterentwicklung des Gerätes, Praxiseinsätze an 40 Objekten vom IKT begleitet. Im vorliegenden Bericht werden die Erfahrungen aus der Zustandserfassung privater Entwässerungsnetze mit dem neuartigen Verfahren zusammengefasst.

Bereits während des Vorhabens konnten vom Hersteller zahlreiche **Weiterentwicklungen** des Gerätes umgesetzt werden, um Antrieb und Reichweite sowie Abzweig- und Bogengängigkeit zu steigern. Beispielsweise wurde ein zusätzlicher hydraulischer Antrieb mit gleichzeitiger Reinigungsfunktion entwickelt, die Axialkamera mit einer horizontalen Bildausrichtung erweitert und ein weiteres kleineres Modell, speziell für Leitungsdurchmesser zwischen DN 80 bis DN 150, entwickelt.

Die begleiteten Einsätze zeigten, dass sowohl der „große“ Kanalwurm (∅ ca. 70 mm; Länge ca. 600 mm, Einsatzbereich DN 100 bis DN 200) als auch der „kleine“ Kanalwurm (∅ ca. 50 mm; Länge ca. 400 mm, Einsatzbereich DN 80 bis DN 150) grundsätzlich bogengängig sind und in abzweigende Leitungen eingelenkt werden können.

Bögen konnten meist problemlos überwunden werden, mit dem „kleinen“ Kanalwurm bis zu 90° in DN 100. Einschränkungen traten teilweise dann auf, wenn eine Kombination von mehreren direkt aufeinander folgenden Bögen und/oder Abzweigen vorlag oder wenn das Gerät bereits über eine längere Leitungsstrecke eingeschoben worden war.

Ebenfalls konnte das Gerät bei Inspektionen gegen die Fließrichtung meist ohne Schwierigkeiten in seitliche, im Kämpfer liegende **Abzweige** eingelenkt werden. Bis zu vierfache Verzweigungen zwischen DN 100 und 150 konnten im Rahmen des Vorhabens mit dem „kleinen“ und dem „großen“ Kanalwurm aufgenommen werden. Prinzipiell ist es möglich, den „kleinen“ Kanalwurm entsprechend den Herstellerangaben auch in Abzweige DN 80 einzulenken (demonstriert an Abzweigformstücken). Allerdings konnte dieser Anwendungsfall aufgrund der vorliegenden Netzgeometrien nicht in-situ überprüft werden. Im Rohrscheitel liegende Abzweige dagegen bereiteten zumindest dem „kleinen“ Kanalwurm Schwierigkeiten und konnten von diesem nur in Ausnahmefällen inspiziert werden. Einsatzgrenzen bei Ab-

zweigen im Kämpfer können auftreten, wenn eine längere Inspektionsstrecke zurückgelegt wird und/oder Kombinationen aus mehreren Abzweigen und Bögen auftreten.

Die höchsten **Reichweiten** konnten in geraden Leitungsstrecken ohne Hindernisse erzielt werden. Im Rahmen des Vorhabens lag die maximale Reichweite für den „großen“ Kanalwurm bei 45 m (Ende der Haltung) und für den „kleinen“ Kanalwurm bei 48 m (max. Schlauchlänge des eingesetzten Gerätes erreicht).

Die **Inspektionsgeschwindigkeit** ist sowohl von der Geschicklichkeit (Einlenken in Abzweige) und der Gründlichkeit des Inspekteurs bzw. von den Qualitätsanforderungen an die Aufnahme abhängig. Darüber hinaus sind Aufbau und Zustand des Netzes maßgeblich. Im Rahmen des Vorhabens lag die durchschnittliche Untersuchungsgeschwindigkeit (inkl. Baustelleneinrichtung und Ortsbegehung) bei ca. 16,9 m/h. Die Geschwindigkeit für die reine Inspektion betrug durchschnittlich ca. 23,5 m/h.

Vorteilhaft für den **Vortrieb** des Kanalwurms ist die Kombination aus hydraulischem Antrieb und manuellem Vorschub. So konnte das Gerät sehr flexibel eingesetzt werden, z.B. auch bei Schächten oder Revisionsöffnungen innerhalb eines Gebäudes, die nicht mit dem TV-Fahrzeug angefahren werden können. Als nachteilig sind die Arbeitsbedingungen für den Mitarbeiter im Schacht zu bewerten. Nach Angaben des Herstellers ist jedoch zwischenzeitlich auch ein mechanischer Antrieb in Form einer Verspanneinrichtung für den Schacht verfügbar.

Mit der **Axialkamera** der im Rahmen des Vorhabens eingesetzten Geräte ließen sich abzweigende Leitungen und Schäden nur eingeschränkt durch Krümmen des Kanalwurms aufnehmen. Allerdings ist der „große“ Kanalwurm mittlerweile auch mit **Dreh-Schwenkkopfkamera** erhältlich und künftig soll auch der „kleine“ Kanalwurm mit einer Dreh-Schwenkkopf-Kamera ausgestattet werden.

Ein Vorteil der hier eingesetzten Techniken mit hydraulischem Antrieb gegenüber herkömmlichen **Reinigung**sgeräten ist, dass prinzipiell auch abzweigende Leitungen vom Schacht aus gereinigt werden können.

Ob ein Netz letztendlich vollständig aufgenommen werden kann, hängt außer von der Kameratechnik stark vom Aufbau und Zustand des Netzes ab. So wird sowohl die Reichweite als auch die Abzweig- und Bogengängigkeit durch die zwischen Rohrwandung und Kamera bzw. Schub-/Spülschlauch entstehende Reibung begrenzt. Je mehr Schäden, Hindernisse, Abzweige oder Bögen auftreten und je länger die Leitungsstrecken sind, desto größer wird der Widerstand. Daher sollte bereits beim Bau eines Entwässerungsnetzes auf einfache Netzstrukturen mit möglichst wenig Bögen und Abzweigen geachtet werden.

Insgesamt können sowohl der „große“ als auch der „kleine“ Göttinger Kanalwurm als äußerst fortschrittliche Entwicklungen im Bereich der Inspektionssysteme bezeichnet werden. Sie bieten die Möglichkeit, unter vergleichbar geringem Aufwand weite Teile der Grundstücksentwässerung zu untersuchen. Insbesondere das kleine Modell des Kanalwurms ist aufgrund seiner verringerten Abmessungen sehr gut abzweig- und bogengängig. Der „große“ Kanalwurm bietet zusätzlich die Möglichkeit einer Dichtheitsprüfung und wird seit diesem Jahr auch mit der so genannten „SIDAL“-Anlage für den Einsatz über den Hauptkanal angeboten.

7 Literatur

[1] Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NW). In der Fassung und Bekanntmachung vom 07.03.1995, zuletzt geändert am 24.10.1998

[2] Bosseler, B.; Puhl, R.; Harting, K.: Zustandserfassung und Dichtheitsprüfung von Hausanschluss- und Grundleitungen. Endbericht zum Vorhaben I: Dichtheitsprüfungen von Hausanschluss- und Grundleitungen – Einsatzgrenzen, Verfahren, Prüfkriterien; und Vorhaben II: Grundlagen der Sanierungsplanung für Hausanschluss- und Grundleitungen, Gelsenkirchen, April 2003

[3] DIN 1986: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 100: Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056, März 2002

[4] Erläuterungsbericht zum Pilotprojekt „Ermittlung und Eliminierung von Fremdwasser im Einzugsgebiet der Wiehltalsperre – Gemeinde Reichshof“, Abwasserberatung NRW unter Beteiligung von: Gemeinde Reichshof, Aggerverband, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Dr. Pecher AG, November 2004

[5] Bosseler, B.; Schlüter, M.; Kaltenhäuser, G.; Meyer, P.: Sanierung von Hausanschlussleitungen – Pilotprojekt Stadt Würselen; Gelsenkirchen, Januar 2004; download unter www.ikt.de.

[6] Firmeninformation der Fa. IPEK Spezial-TV GmbH & Co. KG, Hirschegg, 2002

[7] Firmeninformation der Fa. Wolfgang Rausch GmbH & Co. KG, Eggenwall/Weißenberg, 2002

[8] Firmeninformation der Fa. ZK-Kanalprüftechnik GmbH, Wettstetten, 2004

[9] Pinnekamp, J.; Stepkes, H.; Harting, K., Herrscher, M.: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Untersuchung einer Vorrichtung zur TV-Inspektion und Dichtheitsprüfung von Grundstücksentwässerungsleitungen“, Institut für Siedlungswasser wirtschaft der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des MUNLV, Aachen, November 2004

[10] Forschungsprojekt „Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle“, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Abschluss in 2005