neutral
unabhängig
gemeinnützig

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Institute for Underground Infrastructure

Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen
Telefon: 0209-17806-0
Telefax: 0209-17806-88
Email: info@ikt.de
www.ikt.de

IKT-Warentest

„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

- September 2005 -

Bosseler, B.; Kaltenhäuser, G.

IKT-Warentest

„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Am IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ waren vierzehn Kanalnetzbetreiber beteiligt. Wir danken diesen Netzbetreibern für die inhaltliche Begleitung des Tests in den sieben Arbeitssitzungen und für die Mitwirkung bei der Bewertung der Systeme:

- Eigenbetrieb Abwasser Stadt Alsdorf
- Abwasserwerk Stadt Bergisch Gladbach
- Stadt Dinslaken
- Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf
- Stadt Gladbeck
- Stadtentwässerung Göttingen
- Stadt Hilden
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln
- Stadt Neuss
- Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG (NVV)
- Stadt Quickborn
- Stadt Recklinghausen
- Entsorgungsbetriebe Warendorf
- Staatliches Hochbauamt Würzburg

Das Vorhaben wurde gefördert durch das

Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Schwannstr. 3

40 476 Düsseldorf

Wissenschaftliche Leitung: **Dr.-Ing. B. Bosseler**

Projektleitung und Bearbeitung: **Dipl.-Ing. G. Kaltenhäuser**

Dipl.-Ing. C. Homey

Gelsenkirchen, September 2005

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangssituation 1
1.1 Aufgabenstellung 1
1.2 IKT-Warentest 2
1.3 Beteiligte Netzbetreiber 2
2 Inspektionstechniken 3
3 Getestete Inspektionssysteme 5
3.1 Aaligator 7
3.2 Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 9
3.3 Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf 12
3.4 Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini) 13
3.5 Lindauer Schere (mini) 15
3.6 ORION L (Kieler Stäbchen) 17
4 Test-Programm 19
4.1 Qualitätssicherung der Systemanbieter 19
4.2 Systemprüfung 21
4.3 In-situ-Untersuchungen 30
4.3.1 Gelsenkirchen 30
4.3.2 Würzburg 32
4.3.3 Göttingen 32
5 Test-Ergebnisse 35
5.1 Qualitätssicherung der Systemanbieter 35
5.2 Systemprüfungen 37
5.3 In-situ-Untersuchungen 48
5.3.1 Gelsenkirchen 48

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

5.3.2 Würzburg 54

5.3.3 Göttingen 56

5.3.4 Gesamteindruck der In-situ-Untersuchungen 59

6 Bewertung der Inspektionssysteme und Prüfurteile 61

6.1 Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Systemanbieter“ 61

6.2 Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ 62

6.3 Bewertungsschema und Noten 64

7 Gesamtergebnis 69

– Aaligator 70

– Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 71

– Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf 72

– Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini) 73

– Lindauer Schere (mini) 74

– ORION L (Kieler Stäbchen) 75

8 Zusammenfassung 76

8.1 Hintergrund 76

8.2 Vorgehensweise 77

8.3 Test-Ergebnisse 78

8.4 Fazit 80

9 Anhang 81

10 Literatur 94

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

1 Ausgangssituation

1.1 Aufgabenstellung

Seit dem Jahre 1996 wird in dem § 45 der Bauordnung Nordrhein-Westfalens (BauO NW) [1] ein Dichtheitsnachweis für unzugänglich verlegte Abwasserleitungen der privaten Grundstücksentwässerung gefordert. Der Grundstückseigentümer hat diesen Nachweis spätestens bis Ende des Jahres 2015, in Wasserschutzgebieten teilweise schon bis 2005, zu erbringen. Private Abwassernetze sind i.d.R. durch Bögen, Verzweigungen, geringe Rohrdurchmesser und oft eingeschränkte oder fehlende Zugänglichkeiten gekennzeichnet. Diese Randbedingungen erschweren eine 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 der Leitungen nur wenig auf die speziellen Randbedingungen abgestimmt. Herkömmliche Prüfelemente und Inspektionssysteme können i.d.R. nicht in abzweigende Leitungen eingelenkt werden [2]. Für die Inspektion beispielsweise bedeutet dies, dass ein Entwässerungsnetz nicht von einem einzelnen Zugangspunkt aus, wie beispielsweise über einen Schacht, aufgenommen werden kann. Das Netz muss mit meist hohem Zeit- und damit auch Kostenaufwand von zahlreichen Punkten aus untersucht werden. 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 Abzweige, kann das Netz nicht vollständig aufgenommen werden. Für eine wirtschaftliche und fristgerechte Umsetzung der Forderungen des § 45 der BauO NW sind daher Untersuchungstechniken erforderlich, die auf die Besonderheiten der privaten Grundstücksentwässerung abgestimmt sind.

Mittlerweile hat die Industrie auf die erhöhte Nachfrage nach geeigneten Systemen reagiert und zahlreiche neue Geräte zur Inspektion von Hausanschluss- und Grundleitungen entwickelt. Allerdings ist derzeit unklar, inwieweit diese Geräte die an

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

sie gestellten Anforderungen erfüllen. Bei den Netzbetreibern bzw. den privaten Grundstückseigentümern bestehen große Unsicherheiten hinsichtlich der Auswahl und des Einsatzes geeigneter Inspektionssysteme. Vor diesem Hintergrund bot es sich an, die Eignung und Anwendbarkeit der neu entwickelten Inspektionssysteme im Rahmen eines IKT-Warentests zu vergleichen. Dazu konnte auf einen bereits bestehenden und durch das MUNLV NRW geförderten Versuchsaufbau im Großversuchsstand des IKT zurückgegriffen werden (vgl. Forschungsvorhaben „Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle“, Az. IV-9-041 105 0180).

1.2 IKT-Warentest

Durch den IKT-Warentest werden Netzbetreibern zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften marktgängiger Produkte und Verfahren zur Verfügung gestellt. Der Bedarf nach solchen unabhängigen Informationen ist sehr groß, da das wirtschaftliche Risiko für die Netzbetreiber – und damit letztlich für die Gebührenzahler – enorm ist.

Zentraler Aspekt eines IKT-Warentests ist der praxisnahe Vergleich von Produkten und Verfahren. Im Vordergrund steht die intensive Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis. Daher werden die IKT-Warentests basierend auf den Erfahrungen der beteiligten Netzbetreiber entwickelt. Das gesamte Testprogramm wird in regelmäßigen Arbeitssitzungen mit den Netzbetreibern erarbeitet und abgestimmt. Die ausgewählten Produkte und Verfahren werden somit auf Grundlage der Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber geprüft.

Am Ende eines IKT-Warentests stehen den Netzbetreibern unabhängige, praxisorientierte und fachlich fundierte Auskünfte über die beobachteten Stärken, Schwächen und Einsatzmöglichkeiten bzw. -grenzen der untersuchten Produkte zur Verfügung.

1.3 Beteiligte Netzbetreiber

Am IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ waren die folgenden vierzehn Kanalnetzbetreiber beteiligt: Eigenbetrieb Abwasser Stadt

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Alsdorf, Abwasserwerk Stadt Bergisch Gladbach, Stadt Dinslaken, Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf, Stadt Gladbeck, Stadtentwässerung Göttingen, Stadt Hilden, Stadtentwässerungsbetriebe Köln, Stadt Neuss, Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG (NVV), Stadt Quickborn, Stadt Recklinghausen, Entsorgungsbetriebe Warendorf und Staatliches Hochbauamt Würzburg.

Die Netzbetreiber haben den Test während des gesamten Projektverlaufs intensiv begleitet. In sieben Arbeitssitzungen wurden die Testinhalte – vom Untersuchungsprogramm bis zur Bewertung – abgestimmt.

2 Inspektionstechniken

Der Einsatz „herkömmlicher“ Verfahren zur Inspektion erfordert grundsätzlich mehrere Zugangspunkte zum Entwässerungsnetz, um z. B. abzweigende Leitungen einzeln zu erfassen. Die Herstellung der Zugangspunkte, z.B. über Revisionsklappen an Fallleitungen, sanitäre Anlagen und Bodenabläufe, ist i.d.R. mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Als Techniken kommen geschobene Geräte (Schiebekamera) und selbstvortreibende Geräte (Fahrwagenkamera, Satelliten-kamera, Spülkamera) zum Einsatz.

Die Thematik der Zustandserfassung von Hausanschluss- und Grundleitungen mit „herkömmlichen“ Inspektionstechniken ist umfassend in [2] dargestellt und nicht Gegenstand des vorliegenden IKT-Warentests. Nachfolgend wird ein Überblick gegeben.

Schiebekameras

Schiebekameras wurden vor allem für den Einsatz in Leitungen mit geringen Nennweiten entwickelt. Mit einigen Modellen ist eine Inspektion von Leitungen mit einem Durchmesser von DN 40 möglich, z.B. ausgehend vom Ablauf eines Waschbeckens. Die Kameras werden mittels flexiblen Stangen oder einem sogenannten Röhrenaal vorgeschoben. Starre (axiale) sowie dreh- und schwenkbare Kameraköpfe sind erhältlich (Abb. 1, Abb. 2, Abb. 3).

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 1: Kamera mit Röhrenaal

Abb. 2: Kamera mit Schiebestab

Abb. 3: Dreh-/Schwenkkopf (oben), Axialkopf (unten) [3]

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. 4, Abb. 5).

Abb. 4: Fahrwagen mit Dreh-/Schwenkkopf

Abb. 5 : Fahrwagen mit Axialkopf [3]

Satellitenkameras

Satellitenkameras ergänzen die Kamera auf dem Fahrwagen um einen zusätzlichen Kamerakopf, der ausgehend vom Hauptkanal in die Hausanschlussleitung eingelenkt und durch einen Antriebsmechanismus, der auf dem Fahrwagen installiert ist, weiter vorgeschoben werden kann (Abb. 6).

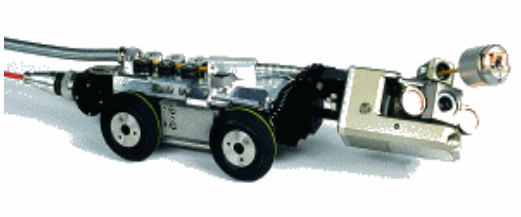


Abb. 6: Satellitenkamera [4]

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

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 zur Reinigung der Leitungen (Abb. 7).

Abb. 7: Spülkamera

Im Gegensatz zu den vorgenannten Inspektionstechniken erlauben es die im Rahmen des IKT-Warentests betrachteten, neu entwickelten Inspektionssysteme, weite, auch verzweigte Netzbereiche ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt zu inspizieren. Störungen, z.B. durch Demontage sanitärer Einrichtungen, lassen sich so vermeiden [5, 6]. Für öffentliche Netzbetreiber ist der Einsatz dieser Systeme vor allem dann interessant, wenn diese auch eine komplette Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen ausgehend vom Hauptkanal erlauben. Um in das Grundstücksentwässerungsnetz zu gelangen, werden die Systeme in diesem Fall ähnlich wie Satellitenkameras vom Hauptkanal in den Anschlusskanal eingelenkt und von dort in die einzelnen Netzbereiche weitergeführt.

3 Getestete Inspektionssysteme

Mittlerweile werden zahlreiche neu entwickelte Inspektionssysteme am Markt angeboten, die eine Inspektion des Grundstücksentwässerungsnetzes von einem einzelnen Zugangspunkt aus erlauben. Bei Kanalnetzbetreibern bestehen jedoch Unsicherheiten bzgl. der mit diesen Systemen erzielbaren Inspektionsqualität und der Anwendungsmöglichkeiten der jeweiligen Systeme. Vor diesem Hintergrund

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

wurden im IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ sechs dieser Inspektionssysteme getestet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Inspektionssysteme im Test (alphabetisch geordnet)

Inspektionssystem	Anbieter
Aaligator	Schwarz Umweltservice GmbH in Bielefeld
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	IMS Robotics GmbH in Ottendorf-Okrilla
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	IMS Robotics GmbH in Ottendorf-Okrilla
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)	IMS Robotics GmbH in Ottendorf-Okrilla
Lindauer Schere (mini)	JT-elektronik GmbH in Lindau
ORION L (Kieler Stäbchen)	IBAK Helmut Hunger GmbH Co. KG in Kiel

Nachfolgend werden die getesteten Inspektionssysteme detailliert beschrieben.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

3.1 Aaligator

Der Aaligator ist ein hydraulisch angetriebenes Kamerasystem. Die Antriebseinheit des Aaligators besitzt einen Kranz hydraulischer Düsen, die stufenlos mit Druck beaufschlagt werden können (bis zu 150 bar). Die Optik-Einheit besteht aus einer Axialkamera mit Beleuchtung und hat ebenfalls Düseneinsätze. Diese Düseneinsätze sind so angebracht, dass die Rohrwandung über ca. den halben Umfang angestrahlt werden kann. Antriebseinheit und Optik-Einheit sind durch zwei elastische Schläuche verbunden. Ein Schlauch dient zur Wasserzufuhr, der andere Schlauch beinhaltet die Daten- bzw. Versorgungskabel.

Abb. 8: Aaligator

Die in der Optik-Einheit befindlichen Düseneinsätze dienen zur Steuerung des Kamerakopfes und sind stufenreguliert. Die Düseneinsätze werden automatisch mit Wasser beaufschlagt, sobald der Druck der Antriebseinheit 100 bar übersteigt. Der Aaligator bewegt sich dann seitwärts, so dass bei gleichzeitigem, manuellen Drehen des Hochdruckschlauches ein Abbiegen in abzweigende Leitungen möglich wird. Die Drehung des Schlauches erfolgt durch einen Techniker, welcher unmittelbar an der Einschuböffnung (z.B. Schacht, Revisionsöffnung) steht und das Kamerabild des

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Aaligators auf einem Bildschirm beobachtet. Der Wasserhochdruck wird am Inspektionsfahrzeug gesteuert.

Der Aaligator wird bei der Inspektion zunächst hydraulisch bis zum Leitungsende vorgetrieben. Somit werden die Leitungen unmittelbar vor der Inspektion gespült. Die optische Erfassung des Leitungszustandes erfolgt beim manuellen Rückzug des Systems. Hierbei stimmen sich der Inspekteur und der Techniker am Schacht über Funk ab. Das Abschwenken von z.B. Schäden und Muffen ist nicht möglich.

Abb. 9: Aaligator im Schacht

Abb. 10: Seitwärtsbewegung des Aaligators im Rohr durch die Düsen im Kamerakopf

Laut Hersteller ist der Aaligator für den Einsatz in Nennweiten ab DN 100 geeignet. Der Aaligator kann von Schächten und Öffnungen auf dem Grundstück und vom Hauptkanal ausgehend eingesetzt werden. Das System wird auch im Hauptkanal ohne Fahrwagen betrieben. Die Längenmessung der Leitungen erfolgt über einen Meterzähler am Inspektionsfahrzeug. Sofern die Einschuböffnung nicht anfahrbar ist, wird ein transportabler Meterzähler unmittelbar an der Einschuböffnung positioniert. Über einen Peilsender kann der Aaligator im Netz geortet werden.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

3.2 Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500

Das hydraulisch angetriebene Inspektionssystem „Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500“ (Außendurchmesser ca. 70 mm, Länge ca. 660 mm; nachfolgend: großer Kanalwurm) hat als wesentliche Bestandteile einen Packer und eine in den Kopf des Packers integrierte Axialkamera mit Beleuchtung. Der mit dem Packer verbundene Versorgungsschlauch ermöglicht den manuellen Vorschub des Systems. Laut Hersteller kann der Vorschub mit einer Verspanneinrichtung im Schacht unterstützt werden. Weiterhin kann der hydraulische Zusatzantrieb eingesetzt werden, um den großen Kanalwurm mit Wasserhochdruck vorzutreiben (max. 84 l/min bei max. 180 bar). Die seitliche Bewegung des Systems erfolgt über eine pneumatisch angetriebene Mechanik im Inneren des Packers, mit der das Gerät stufenlos in eine Richtung um bis zu 90° abgewinkelt werden kann. Ein Drehmotor am hinteren Ende des großen Kanalwurms ermöglicht die Rotation des Gerätes um 360° und somit u.a. die horizontale Ausrichtung des Kamerabildes. Das Abschwenken von z.B. Schäden und Muffen ist nicht möglich.

Abb. 11: Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Durch die Abwinkelung des Wurms bei gleichzeitigem Vorschub wird dieser in abzweigende Leitungen eingefahren. Die Steuerung der Mechanik führt der Inspekteur durch. Dieser stimmt den Vortrieb des Systems mit einem Techniker, der sich z.B. beim manuellen Vorschub im Schacht befindet, über Funk ab. Die optische Erfassung des Leitungszustandes kann sowohl beim Vorschub als auch beim Rückzug des Systems erfolgen. Beim manuellen Rückzug werden dann die abzweigenden Leitungen befahren. In Abhängigkeit von der Inspektionsaufgabe wird der Vorschub durch den hydraulischen Zusatzantrieb unterstützt, wodurch das Netz gleichzeitig gereinigt wird.

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

Der große Kanalwurm wird über Schächte bzw. größere Inspektionsöffnungen auf dem Grundstück eingesetzt. Die Längenmessung der Leitungen erfolgt beim Einsatz des großen Kanalwurms über einen Meterzähler, der unmittelbar an der Einschuböffnung positioniert ist. Der große Kanalwurm ist mit einem Peilsender ausgestattet.

Die Befahrung von Grundstücksentwässerungsnetzen ist auch aus dem Hauptkanal heraus möglich. Hierbei kann bei größeren Nennweiten die neuentwickelte SIDAL-Anlage (Satellitenanlage für die Inspektion und Druckprüfung von Anschlussleitungen) eingesetzt werden (Abb. 12).

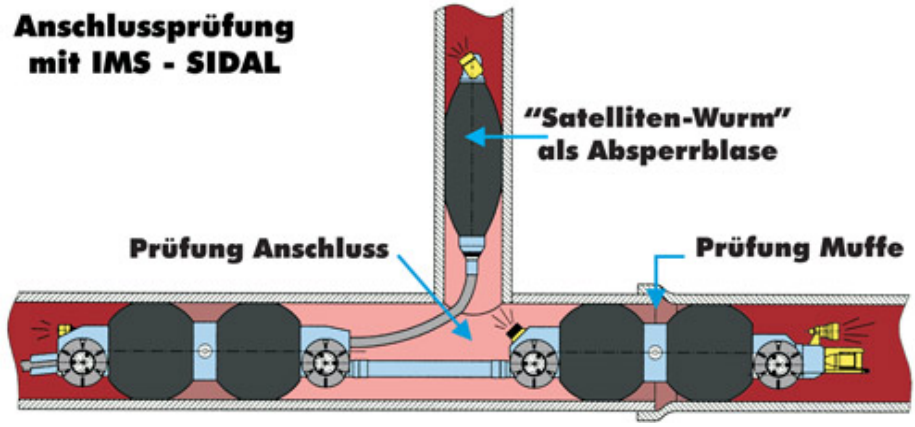
Die SIDAL-Anlage wurde erstmals auf der RO-KA-TECH im September 2004, vorgestellt. Sie dient nicht nur als „Trägereinheit“ für den großen Kanalwurm bzw. zur Inspektion von Hauptkanälen und Anschlussleitungen, sondern soll zusätzlich die Dichtheitsprüfung von Hausanschlussleitungen und deren Anschlussstutzen sowie Muffen-Dichtheitsprüfungen im Hauptkanal ermöglichen.

Die SIDAL-Anlage besteht aus zwei Doppelpackern, die mittels Zuggestänge miteinander verbunden sind. Der vordere Doppelpacker ist mit einer Front-Dreh-/Schwenkkopf-Kamera zur Inspektion des Hauptkanals und einer Heckkamera ausgestattet. Ein zwischen den beiden Doppelpackern installierter Kanalwurm lässt

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

sich mit Unterstützung der Heckkamera des vorderen Packersystems und der Kamera des Wurmes in Hausanschlüsse einlenken. Der Antrieb des Wurmes erfolgt dabei mechanisch oder hydraulisch.

Die SIDAL-Anlage wurde im Rahmen des Tests in Einzelfällen zur Inspektion und zur Dichtheitsprüfung von Anschlüssen eingesetzt, um ihre grundsätzliche Einsatzfähigkeit zu überprüfen.



Funktionsskizze SIDAL [7]

SIDAL-Anlage vor dem Einsatz im IKT

Abb. 12: Hausanschluss-Prüfsystem SIDAL (Satellitenanlage für die Inspektion und Druckprüfung von Anschlussleitungen)

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

3.3 Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf

Der Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf (Außendurchmesser ca. 70 mm, Länge ca. 660 mm; nachfolgend: großer Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf) ist die Weiterentwicklung des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500. Die Funktionsweise der beiden Kanalwürmer ist weitestgehend vergleichbar (siehe 3.2). Auch der große Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf besteht aus einem Packer mit integrierter Kamera. Bei Bedarf kann der Vorschub ebenfalls durch Wasserhochdruck unterstützt werden. Im Gegensatz zum Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 ist jedoch der große Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf mit einer Dreh-/Schwenkkopf-Kamera (Drehbereich ca. 400°; Schwenkbereich ca. 270°) ausgestattet. Eine zusätzliche Front-Spüleinrichtung am großen Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf soll die Säuberung der Kameralinse ermöglichen.

Abb. 13: Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf

Die Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen erfolgt beim Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf grundlegend analog zum großen Kanalwurm ohne Dreh-/Schwenkkopf (siehe 3.2). Allerdings können mit der Dreh-/Schwenkkopf-Kamera

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Schäden, Muffen und Leitungsenden komplett abgeschwenkt und im Detail aufgenommen werden. Ferner kann die Kameralinse des Kanalwurms durch die Front-Spüleinrichtung bei einer Verschmutzung u.U. unmittelbar im Kanal gereinigt werden, wodurch das zeitaufwendige Zurückziehen des Wurms vermieden wird.

Auch der Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf kann für Dichtheitsprüfungen eingesetzt werden. Er wird ebenfalls über Schächte bzw. größere Inspektionsöffnungen auf dem Grundstück und aus dem Hauptkanal heraus eingesetzt, bei größeren Nennweiten mit der SIDAL-Anlage (vgl. 3.2). Ein Peilsender ist in den großen Kanalwurm mit Dreh-/Schwenkkopf integriert.

3.4 Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)

Der Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (Außendurchmesser ca. 50 mm, Länge ca. 400 mm; nachfolgend: kleiner Kanalwurm) ist die kleinere Version des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500. Die Funktionsweise des kleinen Kanalwurms ist im Wesentlichen mit der des großen Kanalwurms vergleichbar (siehe 3.2). Der kurze Packer ist mit einer Axialkamera mit automatischer, horizontaler Bildausrichtung und Beleuchtung ausgestattet. Eine Reinigungsfunktion für die Kameralinse ist nicht vorhanden. Auch der kleine Wurm besitzt den hydraulischen Zusatzantrieb. Im Gegensatz zum großen Kanalwurm besitzt er keinen Drehmotor, kann allerdings aufgrund der anders gestalteten Mechanik im Inneren des Packers stufenlos in vier Richtungen um bis zu 90° abgewinkelt werden.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 14: Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)

Die Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen wird beim kleinen Kanalwurm vergleichbar zu dem großen Kanalwurm durchgeführt (siehe 3.2). Das Abschwenken von z.B. Schäden und Muffen ist nicht möglich. Als Absperreinheit für Dichtheitsprüfungen ist der kleine Kanalwurm nicht konzipiert.

Der kleine Kanalwurm kann über Schächte bzw. größere Inspektionsöffnungen auf dem Grundstück eingesetzt werden. Laut Hersteller kann auch der kleine Kanalwurm mit der SIDAL-Anlage aus dem Hauptkanal heraus in Anschlusskanäle eingebracht werden (siehe 3.2). Der kleine Kanalwurm besitzt keinen Peilsender.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

3.5 Lindauer Schere (mini)

Die Lindauer Schere (mini) besteht aus einem Kamerakopf (Außendurchmesser ca. 85 mm, Länge ca. 250 mm) mit Beleuchtung und daran montierter, ausfahrbarer und schwenkbarer Scherenmechanik. Die Kamera ist als Dreh-/Schwenkkopf-Kamera konzipiert (endlosdrehbar, Winkelbereich 200°). Mit Hilfe einer Schnur, die im Kamerakopf auf- und abgewickelt wird, kann die Schere aus- und eingefahren werden. An den beiden Spitzen der Schere befindet sich zur Stabilisierung eine Zugfeder, welche sich beim Ausfahren entspannt. Der Vorschub des Systems kann durch Einsatz von Schiebestangen bzw. hydraulisch mit Wasserhochdruck erfolgen. Die Steuerung der Kamera erfolgt elektrisch. Bei der Erfassung einer abzweigenden Leitung wird der Kamerakopf vom Inspekteur zunächst über seine Dreh-Schwenkfunktion in Richtung des aufzunehmenden Abzweiges gelenkt. Anschließend wird die Schere ausgefahren, so dass der Kamerakopf beim weiteren Vorschub abgelenkt und in den Abzweig eingefahren werden kann. Nach dem Einfahren in den Abzweig wird die Schere wieder zurückgezogen, wodurch die Dreh-/Schwenkkopffunktion der Kamera voll genutzt werden kann.

Abb. 15: Lindauer Schere (mini)

Der Vorschub des Systems wird mit einem Techniker abgestimmt, welcher sich an der Einfahröffnung befindet. Die optische Erfassung des Leitungszustandes kann

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

sowohl beim Vorschub als auch beim Rückzug des Systems erfolgen. Da die Leitvorrichtung (Schere) bei der optischen Erfassung des Netzzustandes zurückgezogen ist, kann die Leitungswandung mit der Dreh-/Schwenkkopfkamera rechtwinklig abgeschwenkt werden, Schäden, Muffen und Leitungsenden können damit detailliert erfasst werden. Bei Einsatz einer Hochdruckdüse wird das Netz während der Inspektion gleichzeitig gereinigt.

Die Lindauer Schere kann über Schächte bzw. größere Inspektionsöffnungen auf dem Grundstück und bei gleichzeitigem Einsatz des Fahrwagens SKI II auch ausgehend vom Hauptkanal eingesetzt werden. Hierzu wird die Lindauer Schere auf dem Fahrwagen montiert.

Abb. 16: Einführung der Lindauer Schere (mini) in einen Abzweig

Abb. 17: Lindauer Schere (mini) mit Fahrwagen

Die Längenmessung der Leitungen erfolgt mit einem Meterzähler an der Einschuböffnung. Die Peilung der Lindauer Schere ist durch einen zusätzlich integrierten Sender möglich.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

3.6 ORION L (Kieler Stäbchen)

Die ORION L, auch als „Kieler Stäbchen“ bezeichnet, besteht aus einem Kamerakopf (Außendurchmesser ca. 60 mm, Länge ca. 250 mm) mit Beleuchtung und daran befestigtem Führungsstab mit vorn angesetzter Kugel. Der Führungsstab ist austauschbar, wodurch Stäbe mit unterschiedlichen Dimensionen (z.B. Längen) eingesetzt werden können. Die Kamera ist als Dreh-/Schwenkkopf-Kamera konzipiert (endlosdrehbar). Somit kann der Führungsstab, der nicht teleskopierbar ist, in jede Richtung geschwenkt werden. Der Vorschub des Systems erfolgt manuell durch Einsatz eines Schiebestabs (Kunststoffschlauch mit eingezogenem Kamerakabel und Glasfaserstab). An diesen Schiebestab kann bei Bedarf eine Hochdruckdüse mit Spülschlauch montiert werden, um den Vorschub hydraulisch zu unterstützen. Die Steuerung der Kamera erfolgt elektrisch. Die ORION L wird mit Hilfe des Führungsstabes in die abzweigende Leitung eingeführt. Nachdem der Kamerakopf in Richtung des Abzweigs gelenkt wurde, wird der Stab vom Inspekteur in die Leitung eingefädelt, um den Kamerakopf in den Abzweig einschieben zu können.

Abb. 18: ORION L

Der Vorschub des Systems wird mit einem Techniker abgestimmt, welcher sich an der Einfahröffnung befindet. Die Inspektion kann sowohl beim Vorschub als auch

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

beim Rückzug erfolgen. Der Führungsstab befindet sich bei der optischen Erfassung permanent im Aufnahmebereich der Kamera. Durch den Stab ist auch ein Abschwenken der Leitungswandung nur bedingt möglich, wobei der Grad der Einschränkung von der Dimension des Stabes und der Nennweite des Leitungsabschnittes abhängt. Bei Einsatz einer Hochdruckdüse wird das Netz während der Inspektion gleichzeitig gereinigt.

Die ORION L kann über Schächte bzw. größere Inspektionsöffnungen auf dem Grundstück und bei gleichzeitigem Einsatz des Fahrwagens LISY 150 auch ausgehend vom Hauptkanal eingesetzt werden. Hierzu wird die ORION L auf den Fahrwagen LISY 150 montiert.

Abb. 19: Einführung der ORION L über ein PVC-Rohr

Abb. 20: ORION L mit dem Fahrwagen LISY 150

Die Längenmessung der Leitungen erfolgt über einen Meterzähler an der Einschuböffnung. Die ORION L ist mit einem Peilsender ausgestattet.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

4 Test-Programm

Im Rahmen des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücks-entwässerungsnetze“ wurde in den Arbeitssitzungen auf Basis der Praxis- und Betriebserfahrungen der beteiligten Netzbetreiber ein Prüfprogramm entwickelt, in dem neben dem Fachwissen des IKT insbesondere die Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber den zentralen Ausgangspunkt darstellen.

Der IKT-Warentest unterscheidet grundlegend drei Prüfungsschwerpunkte: **Qualitätssicherung, Systemprüfung** und **In-situ-Untersuchung** (vgl. [8, 9]).

Beim Test der Inspektionssysteme zeigt die Untersuchung der Qualitätssicherung der Systemanbieter, inwieweit der Anbieter eine qualitativ hochwertige Inspektion beim Einsatz seines Inspektionssystems unterstützt. Die Systemprüfungen dienen zur Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und der Inspektionsqualität bei der optischen Erfassung von Leitungsnetzen mit den jeweiligen Inspektionssystemen. Hierbei werden alle Inspektionssysteme des Tests in Kanalversuchsstrecken eingesetzt. Die In-situ-Untersuchungen werden sowohl zur Plausibilitätsprüfung des Einsatzes der Inspektionssysteme in den Versuchsstrecken als auch zur Erfassung der Handhabbarkeit der Systeme in bestehenden Grundstücksentwässerungsnetzen unter In-situ-Bedingungen (z.B. Verkehr, Wetter, Zeitdruck) durchgeführt.

4.1 Qualitätssicherung der Systemanbieter

Der Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Systemanbieter“ befasst sich mit der Fragestellung: Wie unterstützt der Systemanbieter die Durchführung der Inspektion, so dass qualitativ hochwertige Ergebnisse erzielt werden?

Nachdem z.B. Dienstleister ein Inspektionssystem erworben haben, wird dieses zur optischen Erfassung von Leitungsnetzen eingesetzt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist auch abhängig vom Zusatzangebot (z.B. Schulungen) des Systemanbieters. Weiterhin ist von Bedeutung, inwieweit die Systeme mit Zusatzfunktionen (z.B. Reinigungsfunktion) ausgestattet sind, welche bei der Inspektionsarbeit hilfreich sein können.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Grundvoraussetzung für die Arbeit mit einem Inspektionssystem ist die Schulung durch den Systementwickler bzw. -anbieter. Beim Einsatz bzw. bei der Anwendung des Inspektionssystems ist ein Verfahrenshandbuch hilfreich. Ein Handbuch dient beispielsweise dazu, dem Inspekteur Hinweise für Problemlösungen zu geben, sofern dieser Schwierigkeiten beim Verfahrenseinsatz hat. Es sollte eine Funktionsbeschreibung sowie umfassende Sicherheits- und Wartungshinweise enthalten.

Der Anbieter sollte durch ein umfangreiches Service- und Wartungsangebot sicherstellen, dass technische Probleme mit dem Inspektionssystem kurzfristig gelöst werden können. Sofern ein System komplett ausfällt, können Ersatzgeräte die Fortsetzung der Inspektionsarbeiten ermöglichen. Durch ein solches Angebot wird ein verhältnismäßig reibungsloser Arbeitsablauf gewährleistet.

Von erheblicher Bedeutung ist bei der optischen Zustandserfassung inwieweit die Zustände dokumentiert werden können. Hierzu muss eine entsprechende Software vorhanden sein, die zu dem jeweiligen Inspektionssystem kompatibel ist. Diese muss mindestens die Eingabe sämtlicher Leitungszustände ermöglichen. Zusätzlich sollte es möglich sein, mit der Software zumindest Skizzen der Leitungsverläufe zu erstellen.

Für eine qualitativ hochwertige Inspektion muss der Inspekteur sich im Leitungsnetz z.B. mit Hilfe von Bestandsplänen orientieren. Verliert der Inspekteur die Orientierung und bestehen Unklarheiten bezüglich der Position des Inspektionssystems ist ein integrierter Sender, mit dem das System gepeilt werden kann, von Nutzen. Auch dies sichert die Qualität der Dokumentation.

Um den Zustand eines Grundstücksentwässerungsnetzes umfassend aufnehmen zu können, ist es aufgrund der i.d.R. vorliegenden Ablagerungen und Verschmutzungen sinnvoll, die Leitungen zu reinigen. Ein Synergieeffekt entsteht, wenn das Inspektionssystem zusätzlich eine Reinigungsfunktion, z.B. Hochdruckdüse, besitzt bzw. diese nachträglich angebracht werden kann. Das Leitungsnetz wird somit während der Inspektion gleichzeitig mit Wasserhochdruck gereinigt, was der Erfassung aller Zustände i.d.R. förderlich ist. Weiterhin kann der Vortrieb des Systems im Leitungsnetz durch den Wasserschub unterstützt werden. Die

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Reinigungsfunktion sollte für die unterschiedlichen Anwendungsfälle zur Verfügung stehen, z.B. den Einsatz vom Revisionsschacht oder ausgehend vom Hauptkanal.

Das IKT hat bei den Anbietern der getesteten Systeme Aussagen zu Schulungen und Verfahrenshandbücher angefordert. Die Systemanbieter wurden um Angaben zum Service- und Wartungsangebot, zu einsetzbarer Software und zu den Möglichkeiten, das System in Kanalnetzen zu orten, gebeten. Weiterhin wurden Informationen zu den vorhandenen bzw. nachrüstbaren Reinigungsfunktionen angefragt.

4.2 Systemprüfung

Zur Systemprüfung – Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und der Inspektionsqualität – der Inspektionssysteme in Versuchsstrecken wurden im Großversuchsstand des IKT Grundstücksentwässerungsnetze mit definiert eingebrachten Schäden erstellt. Alle getesteten Systeme wurden in den Netzen zur optischen Zustandserfassung eingesetzt.

Abb. 21: Aufbau der Grundstücksentwässerungsnetze

Die Versuchsnetze waren vom Aufbau grundlegend vergleichbar. Es handelte sich um verzweigte Entwässerungsnetze die über einen Anschlusskanal an einen Hauptkanal angeschlossen worden waren. Am Anfang und Ende des Hauptkanals befanden sich Einstiegschächte.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Nachfolgende Aufzählung stellt die Details der erstellten Entwässerungsnetze zusammen:

- Einstiegschächte: Beton DN 1000
- Hauptkanal: Steinzeug DN 300.
- Anschlusskanal: Steinzeug DN 150.
- Grundleitungen: Steinzeug-Leitungen DN 100; 45°-Abzweige aus Steinzeug; PVC-Leitungen DN 100, DN 70; 90°-Bögen, 45°-Abzweige und 67°-Abzweige aus PVC.
- Fallleitungen: PVC-Leitungen DN 100; 90°-Bögen aus Steinzeug; Übergangsstücke Steinzeug auf PVC DN 100.

Die drei Grundstücksentwässerungsnetze hatten eine Grundfläche von ca. 3,5 m x 5,5 m. Die Leitungen der Netze wurden mit einem Gefälle von ca. 0,5 cm/m verlegt; eine Leitung wurde mit Gegengefälle erstellt. An den Leitungsenden waren i.d.R. die Fallleitungen aus PVC angebracht, wobei eine Leitung als sogenannte „tote“ Leitung ausgeführt und das Leitungsende entsprechend mit einem Deckel verschlossen worden war. In Abb. 22, Abb. 23 und Abb. 24 sind die drei im Großversuchsstand erstellten Grundstücksentwässerungsnetze vor dem Bodeneinbau dargestellt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 22: Netz 1: Grundstücksentwässerungsnetz und Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau

Abb. 23: Netz 2: Grundstücksentwässerungsnetz und Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau

Abb. 24: Netz 3: Grundstücksentwässerungsnetz und Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

In die Leitungen jedes Grundstücksentwässerungsnetzes wurden folgende Schäden bzw. Mängel eingebracht: Vertikale Muffenversätze, Längs- und Querrisse, Scherbenbildungen, ein Unterbogen, eine einragende Leitung, eine vertikale Verformung und Stanzlöcher. Der Anschlusskanal wurde durch eine Mörtelummantelung nicht fachgerecht an den Hauptkanal angeschlossen. Aus allen PVC-Rohren wurden die Dichtungen entfernt.

Nachfolgend wird die Geometrie und Lage der eingebrachten Schäden detailliert beschrieben. Hierzu wird der Netzaufbau der erstellten Grundstücksentwässerungsnetze in acht Teilbereiche unterteilt (Abb. 25).

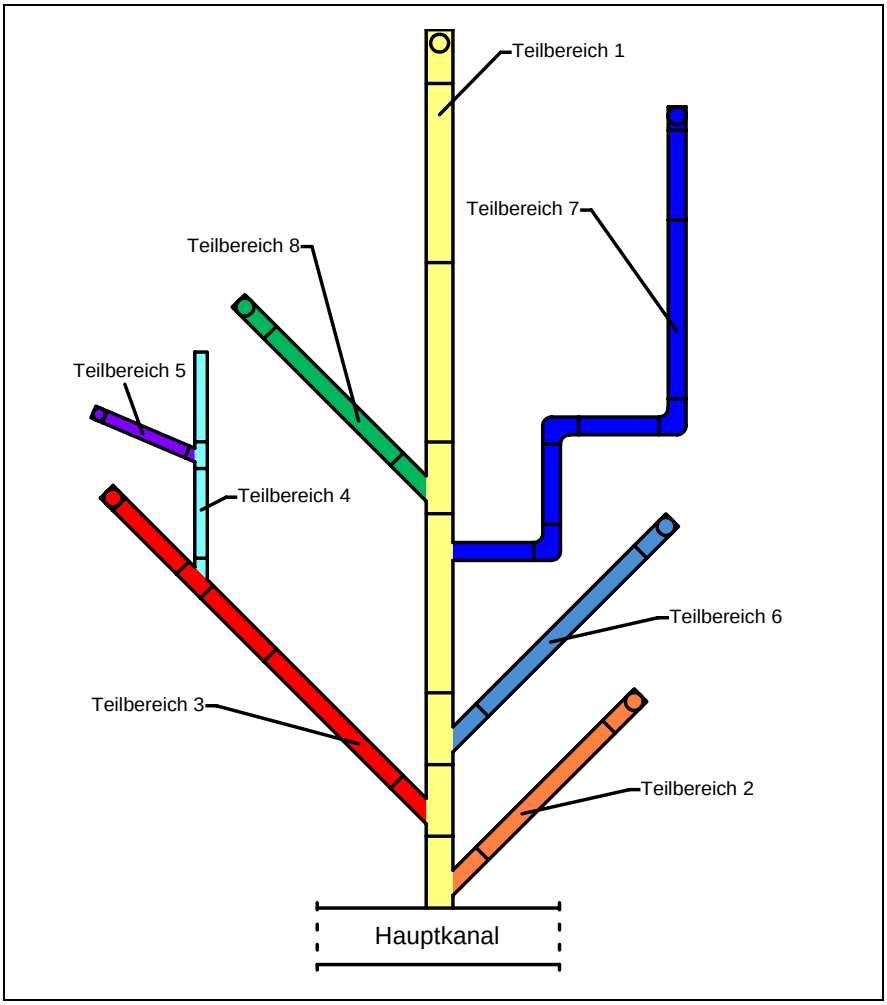


Abb. 25: Teilbereiche der Grundstücksentwässerungsnetze

Tabelle 2 stellt die einzelnen Teilbereiche der Grundstücksentwässerungsnetze und die eingebrachten Schäden bzw. Mängel beispielhaft dar.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 2: Teilbereiche der Grundstücksentwässerungsnetze und eingebrachte Schäden

Teilbereiche der Netze	Beschreibung der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (von der jeweiligen Anschlussstelle in Richtung Fallleitung)	Position der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (entgegen der Fließrichtung)	Fotodokumentation der Schäden bzw. Mängel
Teilbereich1: Anschlusskanal, Stzg. DN 150	Nicht fachgerechter Anschluss mit Mörtelummantelung	Unmittelbar an der Anschlussstelle am Hauptkanal	
	Vertikaler Versatz (Dichtung entfernt)	ca. 0,4 m von der Anschlussstelle am Hauptkanal entfernt	
	Querriss (Länge ca. 20 cm)	ca. 1,7 m von der Anschlussstelle am Hauptkanal entfernt; im Scheitel	
	Nicht fachgerechter Anschluss (Einragende Leitung aus PVC)	ca. 2 m bis 2,2 m von der Anschlussstelle am Hauptkanal entfernt; im rechten Kämpfer	
	Vertikaler Versatz (Dichtung entfernt; Abplatzung am Unterteil der Muffe)	ca. 2,60 m von der Anschlussstelle am Hauptkanal entfernt	
	Längsrisse (Länge je Riss ca. 10 cm)	ca. 3 m bis 3,2 m von der Anschlussstelle am Hauptkanal entfernt; im Scheitel, zwischen Scheitel und rechtem Kämpfer und in der Sohle (auf dem Foto nicht sichtbar)	
	Scherbenbildung	ca. 3,4 m bis 3,5 m von der Anschlussstelle am Hauptkanal entfernt; im linken Kämpfer	

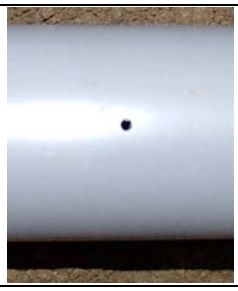
©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Fortsetzung von Tabelle 2

Teilbereiche der Netze	Beschreibung der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (von der jeweiligen Anschlussstelle in Richtung Fallleitung)	Position der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (entgegen der Fließrichtung)	Fotodokumentation der Schäden bzw. Mängel
Teilbereich 2: Abzweig Stzg. DN 100, Grundleitung Stzg. DN 100 (entgegen der Fließrichtung rechts vom Anschlusskanal abgehend, mit Gegengefälle)	Vertikaler Versatz (Dichtung entfernt)	ca. 0,3 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt	
	Längsriss (Länge ca. 30 cm)	ca. 0,9 m bis 1,2 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt; in der Sohle	
Teilbereich 3: Abzweig Stzg. DN 100, Grundleitung PVC DN 100 (entgegen der Fließrichtung links vom Anschlusskanal abgehend)	Nicht fachgerechter Anschluss am Übergang vom Steinzeugabzweig zur PVC-Leitung	ca. 0,3 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt	
	Unterbogen (ca. 5 cm)	ca. 1,3 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt	
	Stanzloch (ca. 3,5 mm)	ca. 2,3 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt; im Scheitel	
	Fehlende Dichtungen an allen Rohrübergängen aus PVC	ca. 1,3 m; 1,8 m; 1,9 m; 2,4 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt	

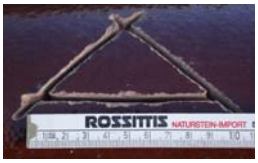
©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Fortsetzung von Tabelle 2

Teilbereiche der Netze	Beschreibung der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (von der jeweiligen Anschlussstelle in Richtung Fallleitung)	Position der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (entgegen der Fließrichtung)	Fotodokumentation der Schäden bzw. Mängel
Teilbereich 4: Abzweig PVC DN 70, Grundleitung PVC DN 70 (entgegen der Fließrichtung rechts von der PVC-Leitung DN 100 abgehend)	Stanzloch (ca. 3,5 mm)	ca. 1,1 m von der Anschlussstelle an der PVC-Leitung DN 100 entfernt; in der Sohle	
	Verschlossenes Rohrende	1,2 m von der Anschlussstelle an der PVC-Leitung DN 100 entfernt	
	Fehlende Dichtungen an allen Rohrübergängen	0,1 m; 0,6 m; 0,7 m von der Anschlussstelle an der PVC-Leitung DN 100 entfernt	
Teilbereich 5: Abzweig PVC DN 70, Grundleitung PVC DN 70 (entgegen der Fließrichtung links von der PVC-Leitung DN 70 abgehend)	Fehlende Dichtungen an allen Rohrübergängen	0,1 m; 0,6 m von der Anschlussstelle an der PVC-Leitung DN 70 entfernt	

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Fortsetzung von Tabelle 2

Teilbereiche der Netze	Beschreibung der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (von der jeweiligen Anschlussstelle in Richtung Fallleitung)	Position der Schäden bzw. Mängel in den Teilbereichen (entgegen der Fließrichtung)	Fotodokumentation der Schäden bzw. Mängel
Teilbereich 6: Abzweig Stzg. DN 100, Grundleitung Stzg. DN 100 (entgegen der Fließrichtung rechts vom Anschlusskanal abgehend)	Scherbenbildung	1,3 m bis 1,4 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt; im rechten Kämpfer	
Teilbereich 7: Anschluss nicht fachgerecht, Grundleitung PVC DN 100 (entgegen der Fließrichtung rechts vom Anschlusskanal abgehend)	Vertikale Verformung (ca. 10%)	ca. 3,4 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt	
	Fehlende Dichtungen an allen Rohrübergängen	ca. 0,5 m; 0,7 m; 1,2 m; 1,4 m; 1,9 m; 2,1 m; 3,1 m; 3,6 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt	
Teilbereich 8: Abzweig Stzg. DN 100, Grundleitung Stzg. DN 100 (entgegen der Fließrichtung links vom Anschlusskanal abgehend)	Längsriss (Länge ca. 30 cm)	ca. 0,8 m bis 1,1 m von der Anschlussstelle am Anschlusskanal entfernt; im Scheitel	

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Bei der Inspektion der Netze wurde den Anbietern freigestellt, ob sie die Arbeiten von eigenen Technikern durchführen lassen oder einen Dienstleister für die Durchführung empfehlen. Die Inspektionen wurden vom IKT beauftragt. Bei den gesamten Inspektionsarbeiten – von der Vorbereitung bis zur Nachbereitung – entschieden die ausführenden Firmen über das Vorgehen. Als Vorgabe wurde lediglich festgelegt, dass alle Netze vom Hauptkanal (Steinzeug DN 300) ausgehend inspiziert werden sollten. Die Systeme konnten hierbei von allen Schächten eingebracht werden, jedoch nicht über die installierten Fallleitungen. Ein Zeitlimit für die optische Erfassung der Netzzustände wurde nicht vorgegeben.

Ein erster, nicht bewerteter Einsatz der Systeme im Rahmen von Voruntersuchungen erlaubte den Anbietern, die grundlegende Anwendbarkeit zu überprüfen und die Systeme u.U. weiter auf die Anforderungen der Kanalnetzbetreiber auszurichten. Es wurde jedem Anbieter der Einsatz eines Systems in den Netzen gestattet.

Nach Abschluss der Voruntersuchung fand die Systemprüfung statt. Vorab wurden zwei der drei Grundstücksentwässerungsnetze mit einem Flutungsverfahren saniert. Somit war es möglich, die Inspektionssysteme sowohl in sanierten Netzen (Netz 1 und Netz 2), entsprechend einer Abnahmeuntersuchung, als auch in einem nicht sanierten Netz (Netz 3), entsprechend einer Inspektion zur Sanierungsvorbereitung, einzusetzen.

Tabelle 3 stellt die Einsätze der getesteten Inspektionssysteme im Großversuchs-stand zusammen.

Tabelle 3: Einsätze der Inspektionssysteme im Großversuchsstand

Inspektionssystem	Voruntersuchung			Systemprüfung		
	Netz 1	Netz 2	Netz 3	Netz 1	Netz 2	Netz 3
Aaligator	X	X	X	X	X	X
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	X	X	-	X	X	X
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	-	-	-	X	X	X
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300, (mini)	-	-	X	X	X	X
ORION L	X	X	X	X	X	X
Lindauer Schere (mini)	X	X	X	X	X	X

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

4.3 In-situ-Untersuchungen

Der Einsatz aller getesteten Inspektionssysteme wurde vor Ort in bestehenden Grundstücksentwässerungsnetzen begleitet. In-situ-Untersuchungen fanden in Gelsenkirchen, Göttingen und Würzburg statt. Hierdurch wurde die Plausibilität der Systemeinsätze im Großversuchsstand überprüft und die Handhabbarkeit der Systeme unter In-situ-Bedingungen erfasst.

Vor Ort wurden die Inspektionsarbeiten umfassend dokumentiert. Hierzu zählte beispielsweise die Erfassung der notwendigen Vorarbeiten und des Umgangs mit dem System bei etwaigen Schwierigkeiten. Neben der Handhabbarkeit vor Ort wurden zusätzlich die Einsatzfähigkeit der Systeme und die Erfassungsqualität der Inspektionsergebnisse begutachtet. Die grundsätzliche Anwendbarkeit der Systeme wurde beurteilt.

Nachfolgende Tabelle 4 stellt die durchgeführten In-situ-Untersuchungen zusammen.

Tabelle 4: In-situ-Untersuchungen

Inspektionssystem	Ort		
	Gelsenkirchen	Würzburg	Göttingen
Aaligator	9. April 2005	-	-
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	30./31. März 2005	-	23./24. Juni 2005
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	31. März 2005	-	-
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)	31. März 2005	-	-
ORION L	22. März 2005	6. Juni 2005	23./24. Juni 2005
Lindauer Schere (mini)	1. April 2005	-	23./24. Juni 2005

4.3.1 Gelsenkirchen

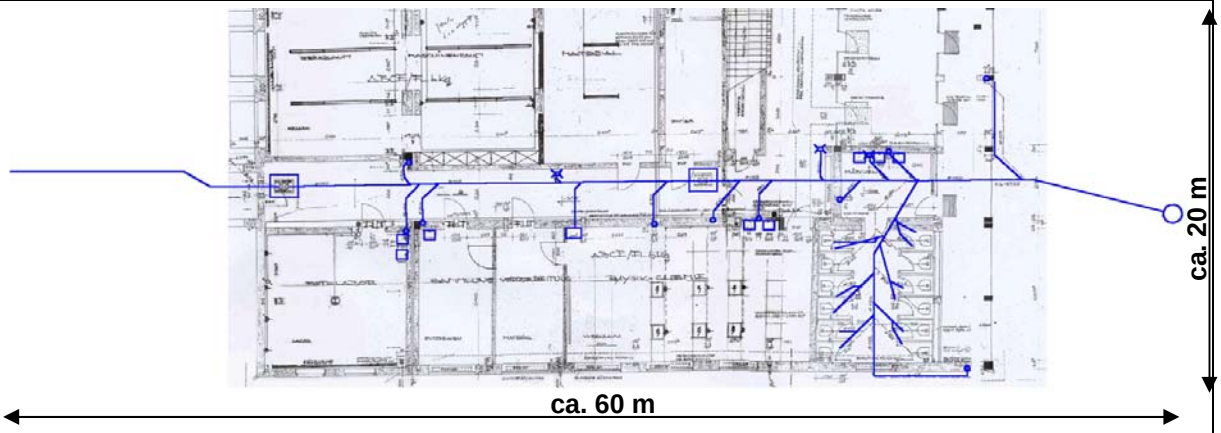
Die In-situ-Untersuchungen in Gelsenkirchen fanden in einem Schulgebäude, das im Jahre 1963 errichtet worden war, statt. In einem Teilbereich des Entwässerungsnetzes der Schule wurden alle getesteten Inspektionssysteme eingesetzt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Der inspizierte Teilbereich des z.T. stark verästelten Entwässerungsnetzes, welches überwiegend aus Steinzeugrohren besteht, umfasst eine Gesamtlänge von über 100 m. Die Nennweite des an einen Schacht angeschlossenen Anschlusskanals beträgt DN 150; die von diesem Anschlusskanal abzweigenden Leitungen haben unterschiedliche Durchmesser, z.B. DN 125, DN 100. Das Netz besitzt zahlreiche Bögen von 15° bis 90°. Inspektionssysteme können über zwei im Inneren des Gebäudes liegende Revisionsöffnungen und einen auf dem Schulhof befindlichen Schacht eingebracht werden. Der Einsatz der Systeme erfolgte über den Schacht im Schulhof, da an den Inspektionsterminen die Schule nicht zugänglich war (Osterferien in NRW, Wochenenden). Hierdurch war es möglich, die Leistungsfähigkeit der Systeme unter schwierigen Einsatzbedingungen zu erfassen. Im inspizierten Teil des Entwässerungsnetzes der Schule liegen zahlreiche Schäden vor, z.B. horizontale sowie vertikale Muffenversätze und Riss- bzw. Scherbenbildungen. Nachfolgende Abb. 26 stellt das Schulgebäude, den Netzzugang und die zum inspizierten Netzbereich vorliegenden Planunterlagen dar.

Schulgebäude

Netzzugang



vorliegende Planunterlagen

Abb. 26: In-situ-Untersuchung in Gelsenkirchen

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

4.3.2 Würzburg

In Würzburg wurde die Inspektion des Grundstücksentwässerungsnetzes eines Kasernengebäudes, gebaut im Jahr 1965, mit dem Inspektionssystem ORION L begleitet. Das Netz des Gebäudes besteht aus zwei Teilbereichen, die jeweils an einen Straßenschacht angeschlossen sind.

Der inspizierte Teil des verästelten Entwässerungsnetzes aus Steinzeug-, Guss- und PVC-Rohren hat eine Gesamtlänge von ca. 140 m. Die Anschlusskanäle bestehen überwiegend aus Steinzeug DN 150 und sind mit PVC-Rohren an die Straßenschächte angeschlossen; die Grundleitungen haben Nennweiten zwischen DN 100, DN 125 und DN 150. Das Netz besitzt zahlreiche Bögen von 30° bis 90°. Das Inspektionssystem wurde über die Straßenschächte eingebracht.

Auch das Entwässerungsnetz des Kasernengebäudes weißt viele Schäden auf, z.B. Muffenversätze, -spalten, Längsrisse, Scherbenbildung. Verstärkt wurden auch verfestigte Ablagerungen und Verstopfungen festgestellt. Nachfolgende Abb. 27 stellt den Netzzugang über einen der Straßenschächte dar.

Abb. 27: Netzzugang bei der In-situ-Untersuchung in Würzburg

4.3.3 Göttingen

In Göttingen wurde die Inspektion des Entwässerungsnetzes eines Schulgebäudes begleitet. Das Netz des Hauptgebäudes und das Netz der Turnhalle der Schule wurden teilweise inspiziert. In Göttingen kamen die Inspektionssysteme Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500, ORION L und Lindauer Schere (mini) nacheinander zum

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Einsatz. Von der Stadtentwässerung Göttingen wurden die zu inspizierenden Teilbereiche der Netze für die Inspektion vorgegeben (Anschlusskanal, mehrere abzweigende Leitungen), so dass alle Systeme dieselben Bereiche befuhren.

Der zu inspizierende Anschlusskanal im Teilnetz des Hauptgebäudes hatte eine Länge von über 45 m; zusätzlich sollten drei abzweigende Leitungsbereiche inspiziert werden. Die Inspektion sollte ausgehend von einem außerhalb des Gebäudes liegenden Schacht erfolgen. Im Gebäude befindet sich eine Revisionsöffnung, die ebenfalls das Einbringen von Inspektionssystemen ermöglicht. In den inspizierten Netzbereichen liegen zahlreiche Schäden (Muffenversätze, Rissbildung usw.) und z.T. erhebliche Ablagerungen vor. In Abb. 28 sind das Schulgebäude und der Netzzugang dargestellt.

Schulgebäude

Netzzugang

Abb. 28: In-situ-Untersuchung in Göttingen – Hauptgebäude der Schule

Der Anschlusskanal der Turnhalle hatte ebenfalls eine Länge von über 45 m; zusätzlich sollten zwei abzweigende Leitungsbereiche inspiziert werden. Das Netz der Turnhalle konnte ausgehend von einem unmittelbar neben der Turnhalle liegenden Schacht inspiziert werden. Auch in den inspizierten Netzbereichen der Turnhalle wurden zahlreiche Schäden und z.T. erhebliche Ablagerungen vorgefunden. In Abb. 29 sind das Gebäude der Turnhalle und der Netzzugang dargestellt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Gebäude der Turnhalle

Netzzugang

Abb. 29: In-situ-Untersuchung in Göttingen – Turnhalle der Schule

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

5 Test-Ergebnisse

5.1 Qualitätssicherung der Systemanbieter

Alle Systemanbieter haben auf die Anfrage des IKT bzgl. des Verfahrenshandbuchs für das Inspektionssystem, des Schulungsangebots für Anwender, des Service- und Wartungsangebots, der zum Inspektionssystem kompatiblen Software, der Peilsender und der zusätzlichen Reinigungsfunktionen bei Einsatz des Systems geantwortet. Dem IKT wurden umfangreiche Unterlagen zur Verfügung gestellt. Die Unterlagen und Angaben wurden ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 5: Auswertung der Angaben und Unterlagen zur Qualitätssicherung

Inspektions-system	Verfahrenshandbuch	Schulungen	Service- und Wartungsangebot	Software	Peil-sender	Reinigung
Aaligator	Kein Handbuch; Produkt-präsentation	1/2 Tag, max. 2 Personen: 285 €	Ersatzanlage innerhalb von 24h	easyCan professional	fest integriert oder separat mitgeführt	System wird mit Wasserhochdruck vorgetrieben; im Hauptkanal bis DN 500
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	Handbuch mit Funktions-beschreibung, umfassenden Sicherheits- und Wartungshinweisen	Kofferanlage: 1-2 Tage: kostenlos; Inspektionsfahrzeug: 3 Wochen vor und 1 Woche nach Auslieferung: 2500 €	z.Z. im Hauptsitz (Ottendorf-Okrilla), weitere Servicestellen in Vorbereitung; Ersatzgeräte innerhalb von 24h	MATIS mit automatisierter Erstellung von Bestandsplänen	fest integriert	Wurm ist mit einer Reinigungsdüse ausgestattet; im Hauptkanal mit SIDAL-Anlage bis DN 600
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	Handbuch mit Funktions-beschreibung, umfassenden Sicherheits- und Wartungshinweisen	Kofferanlage: 1-2 Tage: kostenlos; Inspektionsfahrzeug: 3 Wochen vor und 1 Woche nach Auslieferung: 2500 €	z.Z. im Hauptsitz (Ottendorf-Okrilla), weitere Servicestellen in Vorbereitung; Ersatzgeräte innerhalb von 24h	MATIS mit automatisierter Erstellung von Bestandsplänen	fest integriert	Wurm ist mit einer Reinigungsdüse ausgestattet; im Hauptkanal mit SIDAL-Anlage bis DN 600
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)	Handbuch mit Funktions-beschreibung, umfassenden Sicherheits- und Wartungshinweisen	Kofferanlage: 1-2 Tage: kostenlos; Inspektionsfahrzeug: 3 Wochen vor und 1 Woche nach Auslieferung: 2500 €	z.Z. im Hauptsitz (Ottendorf-Okrilla), weitere Servicestellen in Vorbereitung; Ersatzgeräte innerhalb von 24h	MATIS mit automatisierter Erstellung von Bestandsplänen	kein Peilsender integriert	Wurm ist mit einer Reinigungsdüse ausgestattet; im Hauptkanal mit SIDAL-Anlage bis DN 600
IBAK ORION L	Handbuch mit Funktions-beschreibung, umfassenden Sicherheits- und Wartungshinweisen	Schulungen bei Kauf und in wiederkehrenden Intervallen; 2 Tage, 2 Personen: 2260 €	im Hauptsitz in Kiel, in den Zweigstellen (Illerrieden) und Servicevertretungen (Dresden, Berlin, Schieder-Schw., Lünen-Brambauer, Krefeld, Neuberg, Wiesentheid)	IKAS 32 Kanal-Analysesystem mit Erweiterung zur Erstellung von Netzverläufen	fest integriert	Montage einer Spüldüse am Schiebestab möglich; beim Einsatz mit Fahrwagen im Hauptkanal nicht möglich, ein System wird z. Z. erprobt
Lindauer Schere (mini)	Kein Handbuch; Produktbeschreibung mit Bedienungshinweisen	Schulung bei Kauf und in wiederkehrenden Intervallen, bei Bedarf auch vor Ort; Erstschulung kostenlos	im Hauptsitz in Lindau und in Service-Stationen (Duisburg, Lünen, Biebergemünd, Hagen); Ersatzkameras werden zur Verfügung gestellt	ASYS mit 3D-Modell zur Erstellung von Netzverläufen in DXF-Dateien	fest integriert	Montage einer Spüldüse möglich; im Hauptkanal mit Fahrwagen und der Satelliten-Positioniereinheit (SPE) bis DN 900 bzw. DN 1800

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Für vier der sechs Systeme lag ein Verfahrenshandbuch mit Funktionsbeschreibung, umfassenden Sicherheits- und Wartungshinweisen vor. Schulungen für die Systemanwendung werden für alle Systeme angeboten; gleiches gilt für das Wartungs- bzw. Serviceangebot. Eine zum jeweiligen Inspektionssystem kompatible Software gehört ebenfalls zum Leistungsangebot aller Anbieter. Fünf der sechs Systeme werden mit Peilsender angeboten. Die gleichzeitige Reinigung von Grundstücksentwässerungsnetzen ist beim Einsatz von Revisionsschächten bzw. -öffnungen mit allen Systemen möglich. Beim Einsatz ausgehend vom Hauptkanal kann mit fünf der sechs Systeme gleichzeitig gereinigt werden. Hierfür muss in Abhängigkeit von der Nennweite des Hauptkanals und den Randbedingungen vor Ort bei einigen Systemen ein zusätzlicher Fahrwagen eingesetzt werden.

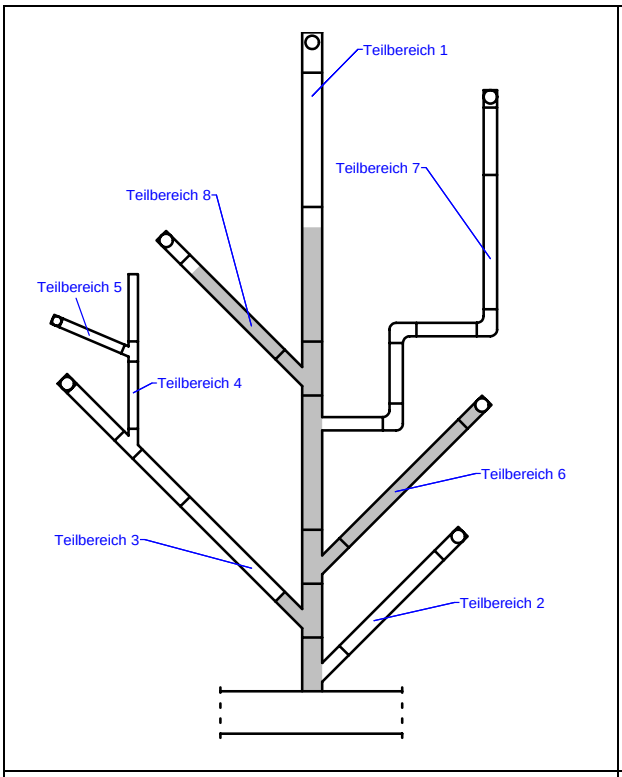
5.2 Systemprüfungen

Die Systemprüfung dient dazu, die Einsatzmöglichkeiten und die Inspektionsqualität der Systeme zu testen.

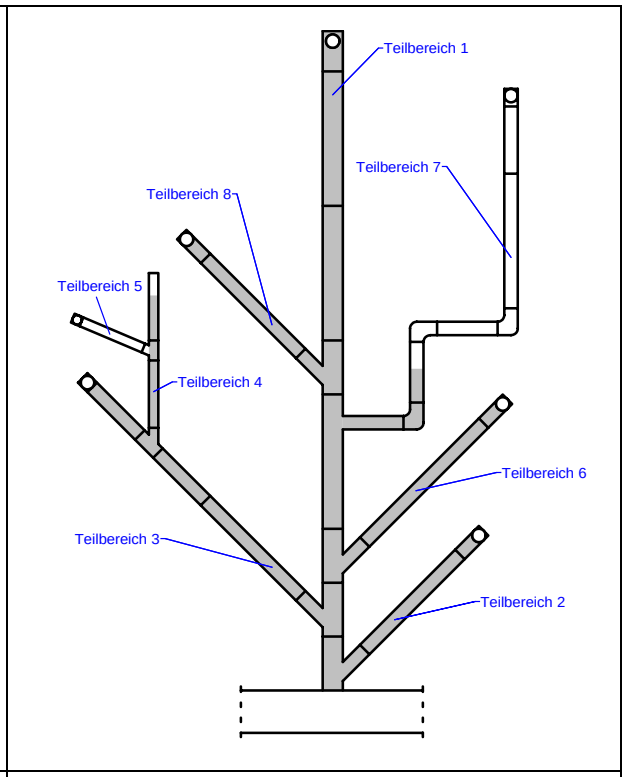
Die Technik aller Systeme ermöglichte einen Einblick in die im Großversuchsstand erstellten Grundstücksentwässerungsnetze. Alle Systeme konnten vom Hauptkanal ausgehend in die Netze eingebracht werden. Jedoch zeigten sich Unterschiede bei der Befahrung der einzelnen Teilbereiche der Netze. Die Systeme waren mehr oder weniger in der Lage die verschiedenen Netzbereiche zu befahren. Somit unterschied sich die Einsatzfähigkeit der Systeme.

Mit allen Systemen wurden jeweils im Mittel über 50 % der drei Netze befahren, die Systeme mit der besten Einsatzfähigkeit befuhren über 70 % der Netze. In Abb. 30 sind die Netzbereiche dargestellt, die bei sämtlichen Inspektionen stets mit allen Systemen befahren wurden. Dieser „Kernbereich“ hat einen Anteil von 36,4 % am Gesamtnetz. Daneben sind die Netzbereiche zusammengefasst, die zumindest einmal mit einem der Systeme befahren wurden. Der Anteil dieser „zusammengefassten Netzbereiche“ am Gesamtnetz beträgt 80,7 %.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH



Kernbereich der Netze, der bei sämtlichen Inspektionen stets mit allen Systemen befahren wurde (grau dargestellt); 36,4 %-Anteil am Gesamtnetz



Zusammengefasste Netzbereiche, die zumindest einmal mit einem der Systeme befahren wurden (grau dargestellt); 80,7 %-Anteil am Gesamtnetz

Abb. 30: Einsatzfähigkeit der Systeme

Aus Abb. 30 wird deutlich, dass der Anschlusskanal (Teilbereich 1) grundsätzlich befahren werden konnte, allerdings nicht immer vollständig. Auch die Teilbereiche 2, 3, 4, 6, 7 und 8 konnten befahren werden. Jedoch wurde lediglich der Teilbereich 6 bei allen Befahrungen vollständig erfasst. Die Teilbereiche 2, 3, 4, 7 und 8 wurden wie der Anschlusskanal nicht immer komplett erfasst. Der Teilbereich 5 konnte bei keiner Inspektion befahren werden.

Die Schwierigkeiten bei der Befahrung können auf die Geometrie der Inspektionssysteme (Ausmaße der Inspektionskamera, Länge des Systems) zurückgeführt werden. Weiterhin war die Kraftübertragung beim Vortrieb der Systeme nicht immer ausreichend.

In der Tabelle 6 ist die Einsatzfähigkeit (befahrene Netzbereiche) der Inspektions-systeme für die drei Grundstücksentwässerungsnetze und der Mittelwert für alle Befahrungen in Prozent angegeben.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 6: Einsatzfähigkeit (befahrene Netzbereiche) in Prozent

Inspektionssystem	Netz 1	Netz 2	Netz 3	Mittelwert
Aaligator	74,4	72,7	72,7	**73,3**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	55,7	46,6	60,2	**54,2**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	68,8	60,2	60,2	**63,1**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300, (mini)	71,6	52,3	72,2	**65,3**
ORION L	66,5	72,2	72,2	**70,3**
Lindauer Schere (mini)	68,8	60,2	66,5	**65,2**

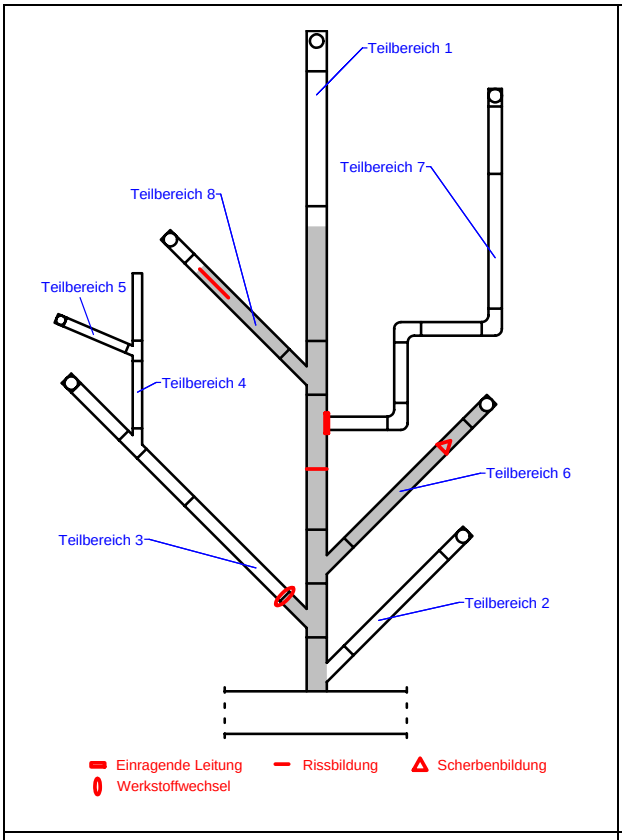
In die drei Grundstücksentwässerungsnetze wurden jeweils 17 erkennbare Schäden bzw. Mängel eingebracht (5 Längsrisse, 3 vertikale Versätze, 2 nicht fachgerechte Anschlüsse, 2 Scherbenbildungen, 2 Stanzlöcher, 1 Querriss, 1 Verformung und 1 Unterbogen). Zwei der drei Netze wurden mit einem Flutungsverfahren saniert (siehe auch 4.2). Mit den Inspektionssystemen sollte somit bei der Befahrung entweder der Zustand der Schadensstellen nach der Sanierung (Abnahmeuntersuchung) oder der „unsanierte“ Zustand (Sanierungsvorbereitung) erfasst werden.

Die Betrachtung der Befahrungsfilme zeigte, dass nahezu alle der in den jeweils befahrenen Bereichen der Netze befindlichen sanierten und nicht sanierten Schadensstellen mit den Kameras der Inspektionssysteme erfasst werden konnten. Das bedeutet, dass diese Stellen in den Filmaufnahmen zu erkennen sind. Der Erfassungsgrad – also die erfassten sanierten und nicht sanierten Schadensstellen in den befahrenen Bereichen der drei Netze – betrug bei allen Systemen im Mittel mindestens 80%; die Systeme mit dem besten Erfassungsgrad haben über 90 % der Schadensstellen in den jeweils befahrenen Bereichen aufgenommen.

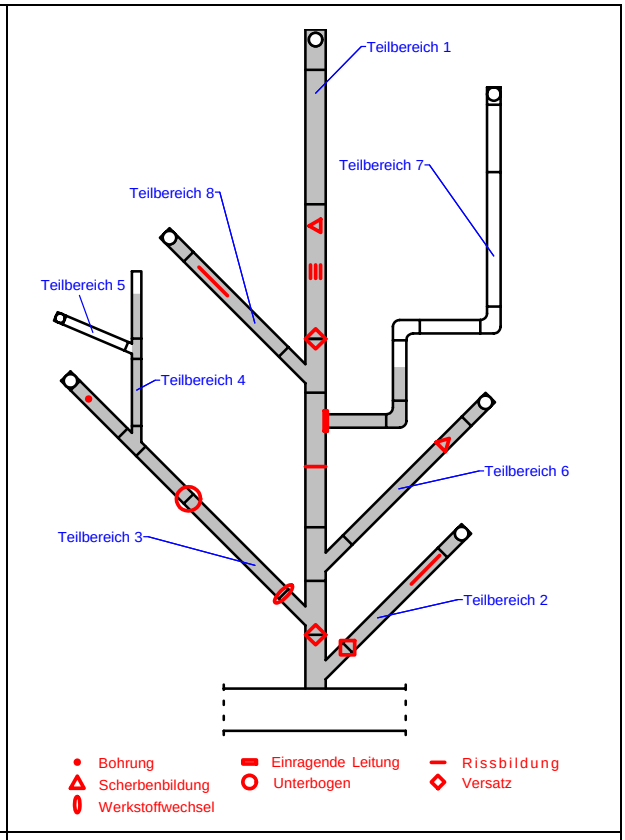
In Abb. 31 sind die im Kernbereich der Netze (vgl. Abb. 30) befindlichen sanierten und nicht sanierten Schadensstellen dargestellt, die stets auf allen Befahrungsfilmen zu erkennen sind. Diese haben einen Anteil von 45,5 % an allen Schadensstellen im Kernbereich. Daneben sind die Schadensstellen dargestellt, die im zusammengefassten Netzbereich (vgl. Abb. 30) liegen und zumindest einmal auf

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

einem der Befahrungsfilme zu erkennen sind. Deren Anteil an allen im zusammengefassten Netzbereich befindlichen Schadensstellen beträgt 100 %.



Sanierte und nicht sanierte Schadensstellen (rot dargestellt), die im Kernbereich der Netze (grau dargestellt, vgl. Abb. 30) liegen und stets auf allen Befahrungsfilmen zu erkennen sind;
45,5 %-Anteil an allen Schadensstellen im Kernbereich



Sanierte und nicht sanierte Schadensstellen (rot dargestellt), die im zusammengefassten Netzbereich (grau dargestellt, vgl. Abb. 30) liegen und zumindest einmal auf einem der Befahrungsfilme zu erkennen sind; 100 %-Anteil an allen Schadensstellen im zusammengefassten Netzbereich

Abb. 31: Erfassungsgrad der Systeme

Aus Abb. 31 ist ersichtlich, dass alle in den befahrenen Netzbereichen befindlichen Schadensstellen grundsätzlich mit den Inspektionskameras erfasst werden konnten. Allerdings wird auch deutlich, dass Schadensstellen teilweise bei der Befahrung nicht aufgenommen wurden.

Dass Schadensstellen teilweise auf den Filmaufnahmen nicht zu sehen sind, kann auf die angewandte Inspektionstechnik (z.B. Vortrieb der Systeme; Axial- oder Dreh-/Schwenkkopfkamera) zurückgeführt werden. Die Möglichkeiten der Schadens-erfassung unterscheiden sich in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik. Beispielsweise kann eine Dreh-/Schwenkkopf-Kamera Muffen und Schäden komplett abschwenken; dies ist mit einer Axialkamera nicht möglich.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Weiterhin kann eine zu starke Reinigungsfunktion bei der Schadenserfassung dazu führen, dass in die Leitungen einströmendes Wasser oder Spritzwasser die Sicht beim Vortrieb behindert.

In der Tabelle 7 ist der Erfassungsgrad in den befahrenen Netzbereichen der drei Grundstücksentwässerungsnetze und der Mittelwert für alle Befahrungen in Prozent angegeben.

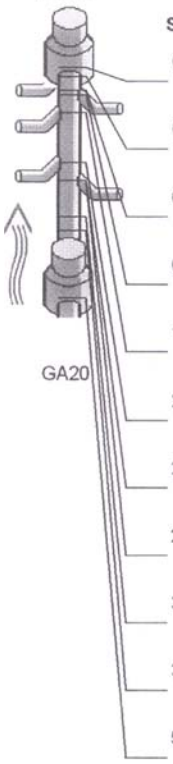
Tabelle 7: Erfassungsgrad in Prozent (auf den Filmen zu erkennende sanierte und nicht sanierte Schadensstellen in den befahrenen Bereichen)

Inspektionssystem	Netz 1	Netz 2	Netz 3	Mittelwert
Aaligator	80,0	86,7	73,3	**80,0**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	84,6	100	92,3	**92,3**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	93,3	92,3	84,6	**90,1**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)	93,3	90,9	100	**94,7**
ORION L	93,3	80,0	93,3	**88,9**
Lindauer Schere (mini)	100	73,3	93,3	**88,9**

Die Systemanbieter bzw. die ausführenden Dienstleister lieferten als Dokumentation der im Großversuchsstand durchgeführten Inspektionen Haltungsprotokolle, Leitungspläne und Digital Versatile Discs (DVDs) bzw. Videokassetten mit den Filmaufnahmen an das IKT. Diese Unterlagen dienen Netzbetreibern dazu, den Zustand des Leitungsnetzes zu beurteilen und mögliche Sanierungsmaßnahmen zu planen. Vor diesem Hintergrund muss die Qualität der Dokumentation, im Folgenden als Erfassungsqualität bezeichnet, eine entsprechende Güte besitzen. Die Dokumentation wird i.d.R. mit der zum Inspektionssystem kompatiblen Software bzw. Technik automatisiert erstellt.

Mit allen getesteten Systemen wurden Inspektionsprotokolle erstellt. In Abb. 32 ist beispielhaft die Dokumentation des Zustands einer Leitung in einem Haltungsprotokoll für eines der Inspektionssysteme auszugsweise dargestellt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH



Leitungsinspektion

Start	Ende	Kürzel	Beschreibung	ZK Video	Foto
0,00	0,00	HA	Haltungsanfang	00:48:00	
0,20	0,20	A--R	Abzweig, rechter Kämpfer	00:47:20	
0,50	0,50	RL-U	Längsriß (100 mm), Sohle	00:46:54	
0,60	0,60	A--L	Abzweig, linker Kämpfer	00:46:33	
1,00	1,00	A--R	Abzweig, rechter Kämpfer	00:46:15	
2,10	2,10	S--R	Stutzen, rechter Kämpfer	00:45:45	
2,50	2,50	A--L	Abzweig, linker Kämpfer	00:45:17	
2,50	2,50	TVUW	Kamera unter Wasser, keine Sicht	00:44:51	
3,30	3,30	RL-U	Längsriß (200 mm), Sohle	00:43:53	
3,60	3,60	RL-L	Längsriß (mm), linker Kämpfer	00:43:09	
5,10	5,10	EH	Haltungsende	00:42:25	

Abb. 32: Inspektionsprotokoll, Auszug, Beispiel

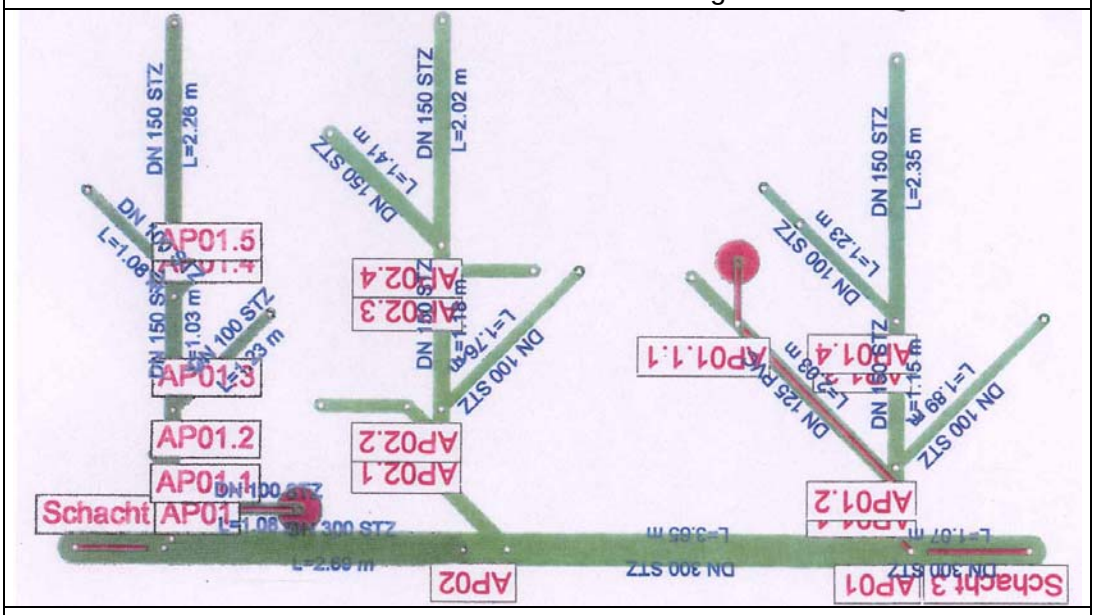
Aus dem Protokollauszug in Abb. 32 geht bereits hervor, dass bei einigen Systemen die Position von Schäden und Abzweigen bzw. Stutzen in der Leitung durch die Angaben rechter/linker Kämpfer, Sohle und Scheitel beschrieben werden. Eine exakte Positionsangabe z.B. nach dem Zifferblatt einer Uhr ist in diesen Fällen nicht vorhanden. Bei allen Systemen fehlen i.d.R. Angaben zu den Abgangswinkeln von Abzweigen bzw. Stutzen und teilweise sind die Abzweige bzw. Stutzen nicht nummeriert.

Im Anhang I sind für alle Systeme Beispiele der gelieferten Inspektionsprotokolle zusammengestellt.

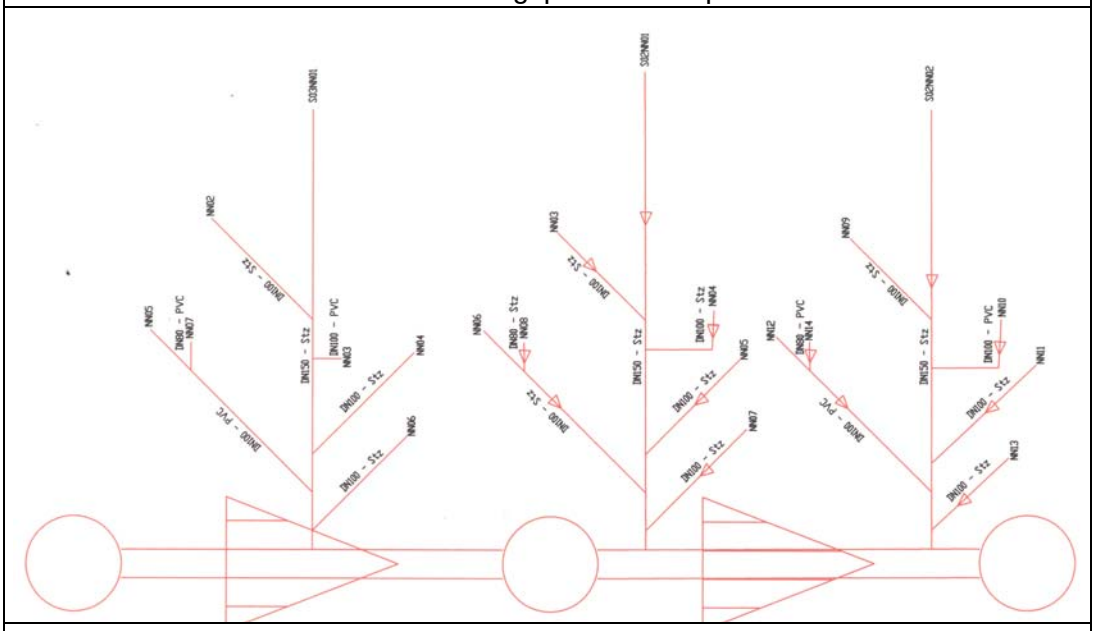
Wie bereits erwähnt, wurden bei der Systemprüfung im Großversuchsstand sechs Inspektionssysteme eingesetzt. Dennoch wurden lediglich vier Leitungspläne geliefert. In der Dokumentation von zwei Einsätzen waren somit keine Leitungspläne enthalten. Abb. 33 stellt beispielhaft die auf Basis zweier Inspektionen erstellten Leitungspläne und zur Veranschaulichung die Draufsicht der im Großversuchsstand eingebauten Netze dar.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Draufsicht der im Großversuchsstand eingebauten Netze



Erstellte Leitungspläne – Beispiel 1



Erstellte Leitungspläne – Beispiel 2

Abb. 33: Erstellte Netze und Beispiele für gelieferte Leitungspläne

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Aus Abb. 33 werden die Qualitätsunterschiede bei den gelieferten Leitungsplänen deutlich. Das Beispiel 1 zeigt, dass unterschiedliche Netzverläufe erfasst wurden, obwohl der Verlauf der drei eingebauten Grundstücksentwässerungsnetze vergleichbar war. Die Beschriftung ist teilweise überlappend, Winkelangaben an Abzweigen fehlen. Im Beispiel 2 sind die erfassten Netzverläufe mit dem Verlauf der eingebauten Netze vergleichbar. Lediglich die Teilbereiche 4, 5 und 7 der Netze sind nicht vollständig dargestellt, da diese mit diesem System nicht erfasst werden konnten. Bei der Beschriftung sind ebenfalls keine Winkelangaben vorhanden und es fehlen Längenangaben an den dargestellten Leitungen.

Im Anhang II sind alle erstellten Leitungspläne zusammengestellt.

Für alle Inspektionen wurden Filme auf DVD geliefert. Die Filmqualität ist i.d.R. in großem Maße von der Kameratechnik des Inspektionssystems abhängig. So muss z.B. für eine ansprechende Sicht im Kanal eine entsprechende Bildschärfe gewährleistet sein. Um für die Auswertung der Filme eine ruhige Aufnahme sicherzustellen, ist ein Wackeln der Kamera, z.B. beim Vortrieb des Systems, zu kompensieren (Bildstabilisierung). Von erheblicher Bedeutung ist auch die Ausleuchtung des Kanals (Beleuchtung). Weitere Einflüsse auf die Filmqualität können durch die Reinigungsfunktion des Inspektionssystems entstehen, z.B. Sichtbehinderungen durch Spritzwasser.

Nachfolgend werden für alle Systeme Bildausschnitte der erstellten Inspektionsfilme dargestellt und erläutert.

In Abb. 34 sind Bildausschnitte aus den Befahrungsfilmen des „Aaligators“ zu sehen. Die Bilder verdeutlichen die mindere Qualität des Films und die durch Spritzwasser bzw. Wasserrückstände entstandenen Sichtbehinderungen. Trotz dieser Sichteinschränkung sind in den Bildbeispielen die in den Leitungen vorhandenen Schäden (Längsrisse) zu erkennen.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

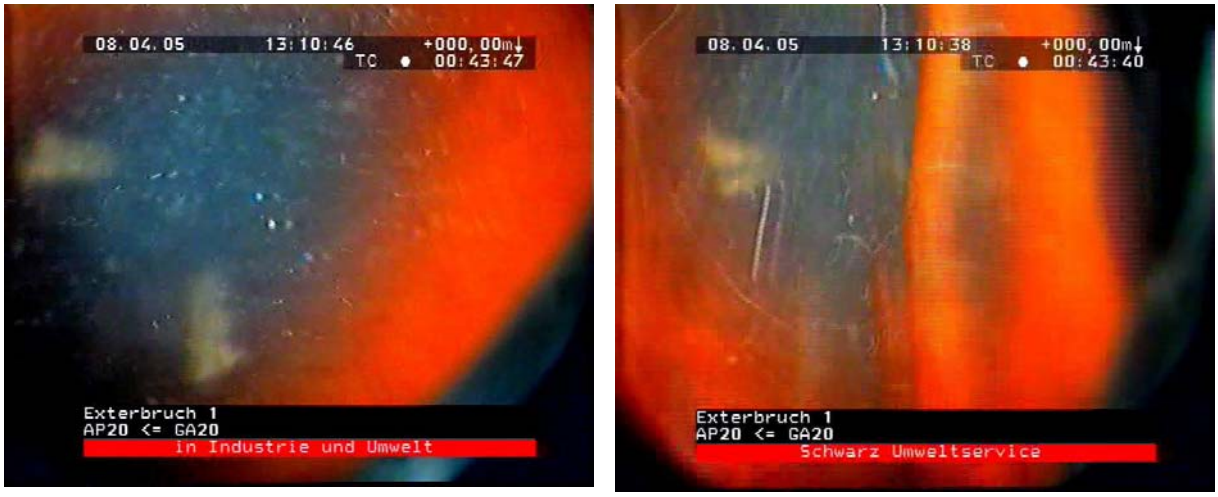


Abb. 34: Bildbeispiele aus den Befahrungsfilmen des „Aaligators“

Abb. 35 zeigt Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm des „Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500“. Die Abbildung zeigt eine unterschiedliche Bildqualität, die davon abhängt, ob der Wurm stillsteht oder vorgeschoben wird. Bei Stillstand des Wurms ist das Bild ruhig, Leitungen und deren Zustand sind deutlich zu erkennen. Jedoch entsteht beim Vorschub des Wurms 70/500 ein „Verwackeln“ des Bildes.

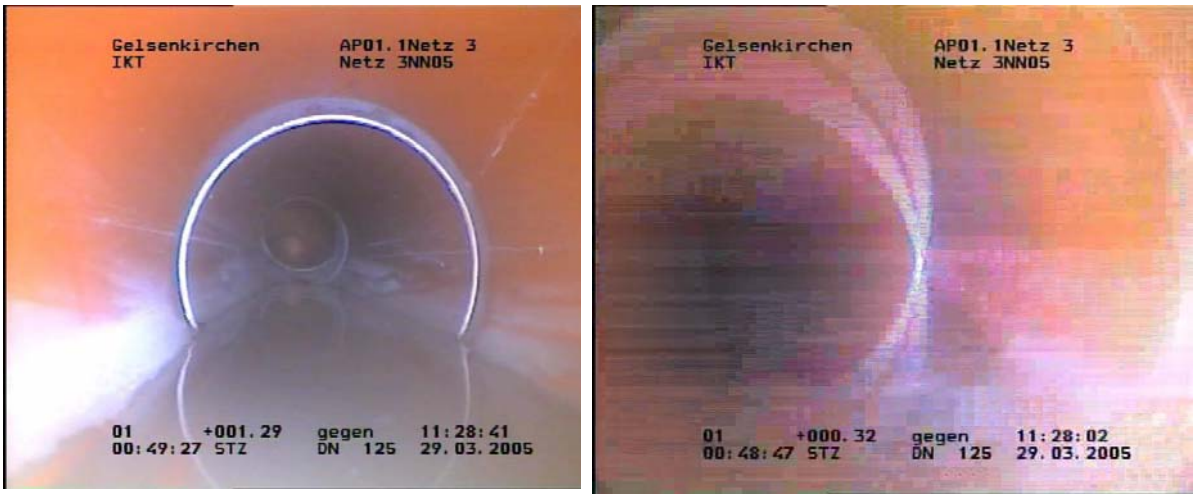


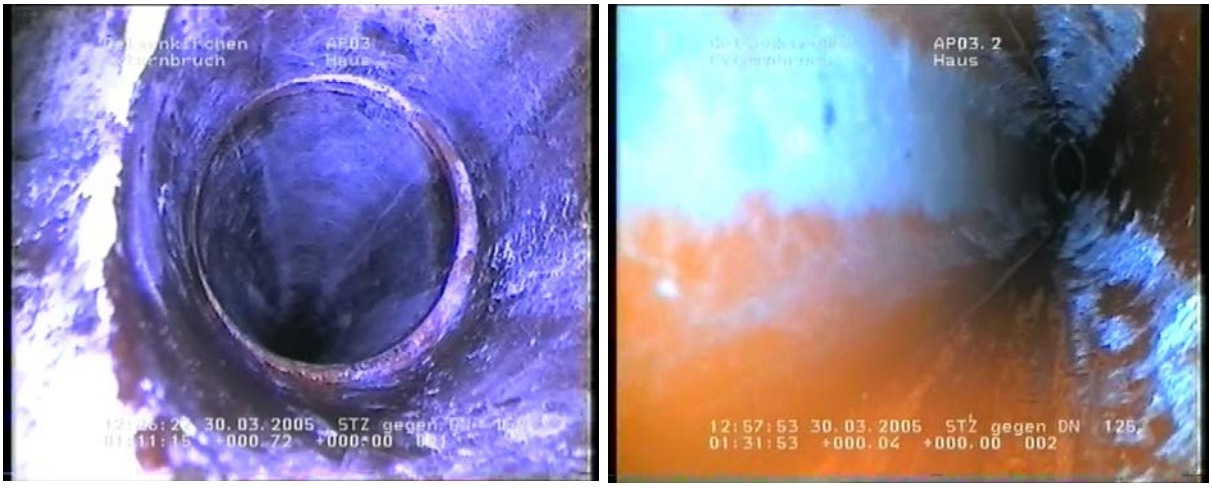
Bild bei Stillstand | Verwackeltes Bild bei Vorschub

Abb. 35: Bildbeispiele aus den Befahrungsfilmen des „Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 (großer Wurm)“

Die in Abb. 36 dargestellten Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm des „Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf“ heben die Vorteile dieses Systems gegenüber dem „älteren“ Modell des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 ohne Dreh-/Schwenkkopf hervor. Neben der Möglichkeit, Schäden durch das Abschwenken

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

ohne Sichtbehinderung komplett aufzunehmen, besitzt dieser Wurm auch eine bessere Bildstabilisierung. Somit ist das Bild sowohl bei Stillstand als auch bei Vorschub des Wurms ruhig und Leitungszustände sind i.d.R. während der gesamten Inspektion deutlich zu erkennen.



Kameraschwenk in Richtung Abzweig Gedrehter Kamerakopf

Abb. 36: Bildbeispiele aus den Befahrungsfilmen des „Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf“

Beim „Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (kleiner Wurm)“ zeigte sich eine ähnliche Bildqualität wie beim großen Wurm ohne Dreh-/Schwenkkopf. Dies verdeutlichen die Bildausschnitte in Abb. 37. Bei Stillstand ist das Bild ruhig, beim Vorschub entsteht das bereits beschriebene „Verwackeln“. Allerdings tritt dieser Effekt nicht so ausgeprägt auf, wie beim großen Wurm ohne Dreh-/Schwenkkopf.

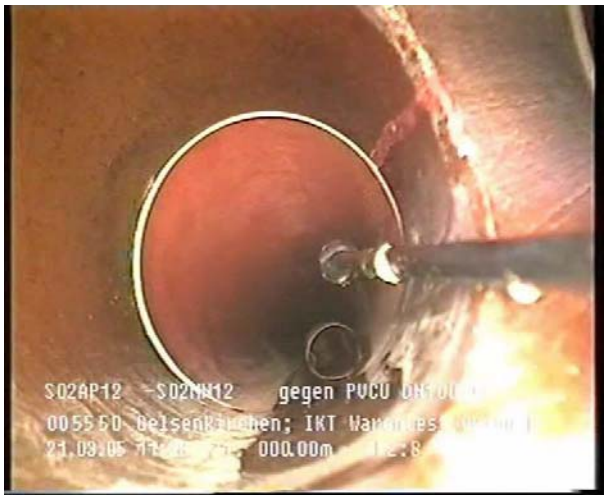
Bild bei Stillstand Verwackeltes Bild bei Vorschub

Abb. 37: Bildbeispiele aus den Befahrungsfilmen des „Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (kleiner Wurm)“

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Die Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm der ORION L in Abb. 38 zeigen, dass sowohl Detailaufnahmen als auch komplette Leitungsabschnitte deutlich zu erkennen sind. Das Bild dieser dreh- und schwenkbaren Kamera ist i.d.R. während der gesamten Inspektion ruhig (kein Bildwackeln). Die Ausleuchtung der Leitungen ist weitreichend. Der am Kamerakopf montierte Stab kann u.U. als störend empfunden werden, da dieser während der gesamten Befahrung im Bild zu sehen ist.

Gedrehter Kamerakopf, Stab sichtbar



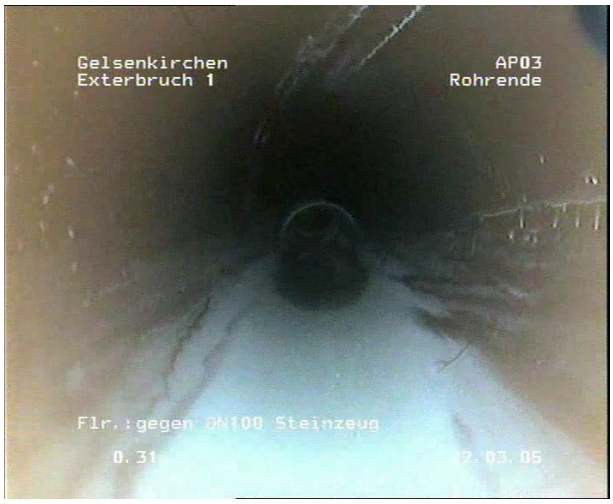
Kameraschwenk in Richtung Abzweig, Stab sichtbar

Abb. 38: Bildbeispiele aus den Befahrungsfilmen der „ORION L“

Abb. 39 zeigt Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm der Lindauer Schere (mini). Schäden sind bei Detailaufnahmen mit dem System deutlich zu erkennen. Da die Schere aus- und einfahrbar ist, wirkt diese nicht störend bei der Schadensaufnahme. Das Bild dieser dreh- und schwenkbaren Kamera ist i.d.R. während der gesamten Inspektion ruhig (kein Bildwackeln). Jedoch ist die Beleuchtung der Leitungsabschnitte eher dürftig und häufig ist das Bild bei Detailaufnahmen zunächst undeutlich, bevor es scharf gestellt wird.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Detailaufnahme



Kaum beleuchteter Leitungsabschnitt

Abb. 39: Bildbeispiele aus den Befahrungsfilmen der „Lindauer Schere (mini)“

5.3 In-situ-Untersuchungen

5.3.1 Gelsenkirchen

In dem Teilbereich des Schulnetzes in Gelsenkirchen wurden alle getesteten Inspektionssysteme eingesetzt.

Grundsätzlich war es mit allen Systemen möglich, den ausgewählten Teilbereich des Netzes zu inspizieren. Alle Systeme wurden unterstützt durch Wasserhochdruck im Netz vorgetrieben. Hierbei entstanden teilweise Schwierigkeiten mit den eingesetzten Reinigungsgeräten. So platzte beim Einsatz des Kieler Stäbchens einmal und beim Einsatz des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 zweimal der Spülschlauch. Die hierdurch notwendigen Reparaturen wurden unmittelbar vor Ort ausgeführt. Die Inspektion musste sowohl beim Aaligator als auch beim Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 wegen einer Verschmutzung des Kameraobjektivs unterbrochen werden. Der Aaligator musste zur Säuberung des Objektivs komplett zurückgezogen werden; beim Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 löste sich die Verschmutzung beim Rückzug. Ansonsten war die Handhabung der Inspektionssysteme i.d.R. unproblematisch. Unterschiede beim Einsatz der Systeme wurden vor allem bei der Handhabung und der Schadenserfassung festgestellt. Nachfolgende Tabelle 8 fasst die Handhabung der Inspektionssysteme beim Einsatz in Gelsenkirchen in Form einer Beschreibung mit exemplarischer Bilddokumentation zusammen.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 8: Handhabung der Inspektionssysteme beim Einsatz in Gelsenkirchen

Inspektions-system	Beschreibung (Stichpunkte)	Bild 1*	Bild 2
Aaligator	Vortrieb mit Wasserhochdruck; Steuerung durch Techniker am Schacht (Schlauchverdrehung, Rückzug, Hochdruckspülung); Datenerfassung im Fahrzeug; Abstimmung per Funk.		
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	Vortrieb mit Wasserhochdruck; Steuerung durch Techniker im Schacht (Vorschub, Rückzug); Datenerfassung und Steuerung der Hochdruckspülung im Fahrzeug; Abstimmung per Funk.		
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/ Schwenkkopf	Vortrieb mit Wasserhochdruck; Steuerung durch Techniker im Schacht (Vorschub, Rückzug); Datenerfassung und Steuerung der Hochdruckspülung im Fahrzeug; Abstimmung durch Zuruf.		
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)	Vortrieb mit Wasserhochdruck; Steuerung durch Techniker im Schacht (Vorschub, Rückzug); Datenerfassung und Steuerung der Hochdruckspülung im Fahrzeug; Abstimmung per Funk.		
ORION L	Vortrieb mit Wasserhochdruck; Steuerung durch Techniker am Schacht (Vorschub, Rückzug, Hochdruckspülung per Fern-bedienung); Datenerfassung im Fahrzeug; Abstimmung per Funk		
Lindauer Schere (mini)	Vortrieb mit Wasserhochdruck; Steuerung durch Techniker am Schacht (Rückzug, Hochdruck-spülung); Datenerfassung im Fahrzeug; Abstimmung durch Zuruf.		

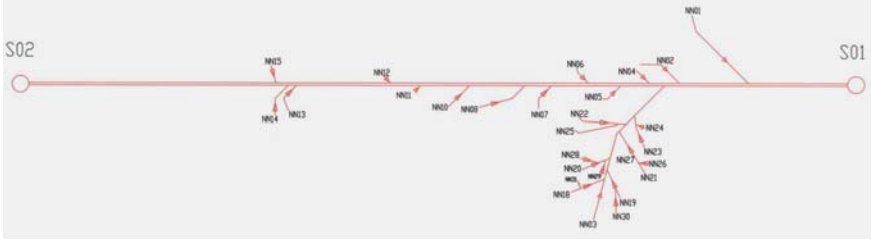
* Alle Systeme wurden von demselben Revisionsschacht aus eingesetzt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

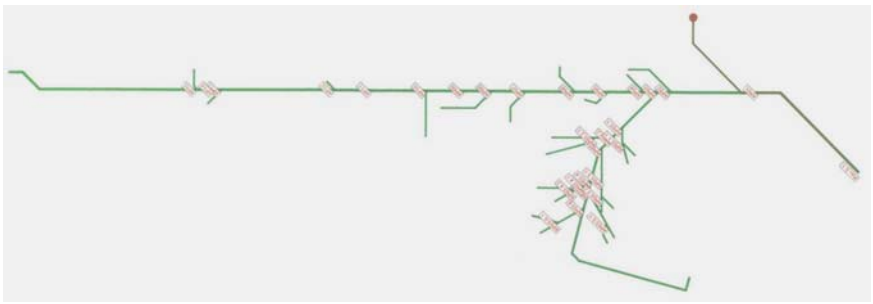
Die Tabelle 8 verdeutlicht die unterschiedliche Handhabung der Systeme. Beim Einsatz des großen bzw. kleinen Kanalwurms musste ein Techniker in den Schacht steigen, um das System vorzuschieben und zurückzuziehen. Dies führt i.d.R. zu einer hohen körperlichen Belastung. Der Aaligator, die Lindauer Schere und die ORION L wurden von einem Techniker, welcher unmittelbar am Schacht positioniert war, vorgetrieben. Ein Schachteinstieg war bei diesen Systemen nicht notwendig. Beim Aaligator muss der Techniker jedoch das Abbiegen in einen Abzweig durch Schlauchverdrehung unterstützen. Auch dies kann zu einer erhöhten körperlichen Belastung führen.

Mit allen Systemen konnte fast das gesamte Teilnetz erfasst werden. Lediglich einige Leitungen bzw. Abzweige zeigten die Grenzbereiche der Systeme auf, z.B. geringe Leitungsnennweiten, extreme Rohrbögen. Somit kann die Einsatzfähigkeit (Befahrung der Netze: Nennweiten, Bögen, Abzweige) insgesamt als gut eingeschätzt werden. Bei der Schadenserfassung haben einige Systeme aufgrund der eingesetzten Kameratechnik, z.B. Dreh-/Schwenkkopfkameras, Vorteile. Weiterhin fiel hierbei die unterschiedliche Film-/Bildqualität auf.

Die Qualitätsunterschiede bei der Dokumentation werden beispielsweise durch die erstellten Leitungspläne verdeutlicht, die verschiedene Leitungsverläufe darstellen, obwohl dasselbe Netz befahren wurde (Abb. 40).



Erstellter Leitungsplan – Beispiel 1



Erstellter Leitungsplan – Beispiel 2

Abb. 40: Beispiele für gelieferte Leitungspläne

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Der **Aaligator** hat entsprechend der gelieferten Haltungsprotokolle insgesamt eine Netzlänge von ca. 126 m befahren. Der Anschlusskanal wurde auf einer Länge von ca. 62 m inspiziert. Die Auswertung der Dokumentation lässt den Schluss zu, dass lediglich zwei Abzweige nicht befahren wurden. Die Filmaufnahme und damit die Schadenserfassung erfolgte während des manuellen, aufgrund der Systemkonfiguration (Maße, Gewicht) i.d.R. ruckartigen Rückzugs. Hierbei wurden z.B. vertikale sowie horizontale Versätze, Scherbenbildungen, Längs- und Querrisse, Ausbiegungen und Abflusshindernisse dokumentiert. Als Dokumentation wurde ein handschriftlich ergänzter Lageplan als Leitungsplan, Haltungsprotokolle und Filmaufnahmen geliefert. Die Filmaufnahmen sind von geringer Qualität, da z.B. die Ausleuchtung der Haltung unzureichend ist. Zudem führt der manuelle Rückzug zu Bildwackeln und teilweise zur Verdrehung des Aaligators; die Bildausrichtung ist häufig nicht horizontal. Ebenfalls störend kann die Einblendung der farblich hinterlegten Textfelder sein. Abb. 41 zeigt Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm des Aaligators.

Abb. 41: Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm des Aaligators

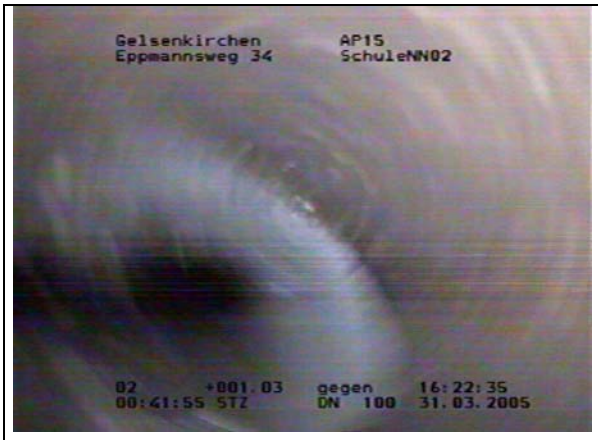
Die mindere Bildqualität kann in Verbindung mit dem manuellen, ruckartigen Rückzug des Systems dazu führen, dass z.B. Abzweige oder Schäden übersehen werden.

Während der Untersuchung in Gelsenkirchen stellte der Anbieter des Aaligators bereits den Prototyp einer Weiterentwicklung des Systems vor. Bei dieser Weiterentwicklung wurden Erkenntnisse aus den Testeinsätzen im IKT genutzt. Beispielsweise wurde die Kameraoptik verbessert und die Konstruktion des

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Aaligators modifiziert. Dies führt u.U. zu einem besseren Bild und erhöht die Einsatzfähigkeit des Systems. Der Prototyp war allerdings noch nicht einsatzbereit.

Mit dem **Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500** wurde eine Netzlänge von ca. 104 m befahren, wobei der Anschlusskanal auf einer Länge von ca. 43 m inspiziert wurde. Die Begutachtung der Dokumentation zeigte, dass lediglich zwei 90°-Bögen und mehrere Abzweige mit kleinen Nennweiten (vermutlich kleiner DN 100) nicht befahren werden konnten. Darüber hinaus wurden zwei im Scheitel angeordnete Abzweige nicht inspiziert, jedoch im Leitungsplan festgehalten. Die Schadenserfassung erfolgte sowohl beim Vorschub als auch beim Rückzug des Systems. Dies ist mit z.T. erheblichem Kraftaufwand verbunden, wodurch das System ruckartig vorgeschoben und zurückgezogen wird. Es wurden z.B. vertikale sowie horizontale Versätze, Scherbenbildungen, Längs- und Querrisse, Ausbiegungen und Abflusshindernisse erfasst. Als Dokumentation wurde ein automatisiert erstellter Leitungsplan, Haltungsprotokolle und Filmaufnahmen geliefert. Die Filmaufnahmen sind von mittlerer Qualität. Beim Vorschub und Rückzug des Systems wackelt das Bild erheblich. Bei Stillstand des Wurms ist das Bild scharf, jedoch im Vordergrund teilweise sehr grell. Abb. 41 zeigt Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500.



Bildwackeln beim Vorschub

Bei Stillstand aufgezeichnete Scherbenbildung

Abb. 42: Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500

Die Betrachtung der Befahrungsaufzeichnungen verdeutlichte die Unregelmäßigkeit, mit der das System vorgetrieben und zurückgezogen wird. Auch beim Göttinger-ZK-

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Kanalwurm 70/500 besteht die Gefahr, dass z.B. Abzweige oder Schäden übersehen werden.

Für den **Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf** konnte die Dokumentation der Befahrung des Schulnetzes vom Anbieter nicht geliefert werden; für den **Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)** nur teilweise. Die nicht gelieferten Daten waren nach Aussage des Anbieters aufgrund technischer Probleme zerstört worden.

Die **Lindauer Schere (mini)** hat eine Netzlänge von ca. 106 m inspiziert; der Anschlusskanal wurde auf einer Länge von ca. 46 m befahren. Lediglich eine im Rohrscheitel angeschlossene Leitung mit kleiner Nennweite (vermutlich DN 70) sowie zwei 90°-Abzweige konnten nicht inspiziert werden. Der Leitungszustand wurde filmisch beim Vorschub aufgenommen. Eine Beschreibung der im Leitungsnetz vorhandenen Schäden fehlt im Film und in den Haltungsprotokollen. Zu den Haltungsprotokollen und Filmaufnahmen wurde ein handschriftlich ergänzter Lageplan als Leitungsplan geliefert. Die Bildqualität des Befahrungsfilms ist zufrieden stellend. Die Schäden sind auf den Filmen deutlich zu erkennen. Jedoch war die Aufzeichnung teilweise unscharf und das Bild, insbesondere während die Schere ausgefahren war, recht dunkel. Der Befahrungsfilm zeigt eine gleichmäßige Vorschubgeschwindigkeit, wodurch die Gefahr, Schäden oder Abzweige zu übersehen, minimiert wird. Abb. 41 zeigt Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm der Lindauer Schere (mini).

Ausleuchtung der Haltung bei ausgefahrener Schere	Ausleuchtung der Haltung bei eingefahrener Schere	Aufgezeichnete Scherbenbildung

Abb. 43: Bildausschnitte aus dem Befahrungsfilm der Lindauer Schere (mini)

Die **ORION L** hat eine Netzlänge von ca. 122 m inspiziert, wovon der Anschlusskanal ca. 50 m ausmacht. Probleme bei der Befahrung ergaben sich daraus, dass der Stab

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

der ORION L teilweise an Versätzen hängen blieb. In diesen Fällen musste das System mit größerem Kraftaufwand vorgeschoben werden. Die Leitungszustände wurden während des manuellen Vorschiebens und Zurückziehens aufgezeichnet. Erfasst wurden z.B. vertikale sowie horizontale Versätze, Scherbenbildungen, Längs- und Querrisse, Ausbiegungen und Abflusshindernisse. Als Dokumentation wurde ein automatisiert erstellter Leitungsplan, Haltungsprotokolle und Filmaufnahmen geliefert. Die Filmaufzeichnung hat eine zufrieden stellende Bildqualität. Das Bild ist scharf; selten ist ein leichtes Bildwackeln zu erkennen. Darüber hinaus werden die Leitungen gut ausgeleuchtet. Die Vorschubgeschwindigkeit der ORION L ist sehr gleichmäßig, wodurch auch bei diesem System die Gefahr, Schäden oder Abzweige zu übersehen, minimiert wird.

Abb. 44: Bildausschnitt aus dem Befahrungsfilm der ORION L

Neben den erstellten Leitungsplänen zeigte die Auswertung der von den Anbietern gelieferten Unterlagen weitere Unterschiede. Für fast alle Leitungen wurden verschiedene Längen angegeben; für einige zusätzlich unterschiedliche Nennweiten. Weiterhin unterschieden sich die Angaben zu den vorliegenden Schäden. So sind z.B. mit dem Aaligator 6, mit dem Göttinger-ZK-Kanalwurm 4 und mit der ORION L 2 Längsrisse dokumentiert worden.

5.3.2 Würzburg

In Würzburg kam lediglich das Inspektionssystem ORION L zum Einsatz. Bei der Inspektion konnte nahezu das gesamte Entwässerungsnetz des inspizierten Kasernengebäudes erfasst werden. Nur in wenigen Leitungen musste die Inspektion

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

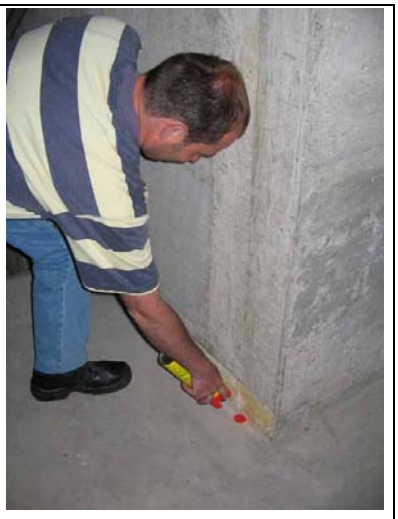
z.B. aufgrund zu starker Ablagerungen oder nicht ausreichender Vortriebskraft abgebrochen werden. Bei der Inspektion wurden zahlreiche Schäden und Mängel im Netz erkannt.

Der Vorschub des Systems, der rein manuell erfolgte, verursachte zunächst Schwierigkeiten. Nachdem ein Anschlusskanal und ein Abzweig nicht vollständig inspiziert werden konnten, wurde zur Vortriebsunterstützung eine Hochdruckdüse montiert. Dies vereinfachte den Vortrieb erheblich. Weitere Probleme bei der Handhabung des Gerätes traten nicht auf.

Bezüglich der Inspektionstechnik bestätigte sich, dass der an der ORION L montierte Stab bei der Inspektion u.U. hinderlich sein kann. Das Abschwenken der Leitungswandung und der Muffen war nur bedingt möglich. Leitungsenden konnten nicht immer komplett inspiziert werden.

Aufgrund fehlerhafter bzw. wenig aussagekräftiger Plangrundlagen war zweimal die genaue Position des Inspektionssystems im Leitungsnetz unklar. In diesen Fällen wurde ein Peilsender in der Kamera des Systems mit einem Peilgerät lokalisiert. Hierbei zeigte sich, dass Störfaktoren und Hindernisse eine solche Peilung erschweren können. So wirken beispielsweise in Wänden und Böden verlegte Leitungen bzw. Kabel u.U. störend; verschlossene Türen können schwierig zu überwindende Hindernisse sein.

Peilung der Kamera



Markierung des Peilpunktes

Abb. 45: Peilung der ORION L

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Die zur Inspektion des Netzes von dem Dienstleister gelieferte Dokumentation wurde ausgewertet. Zu jeder inspizierten Leitung wurde ein Haltungsprotokoll mit zahlreichen, aussagekräftigen Bildern geliefert. Zusätzlich wurden ein Netzplan und DVDs mit den Befahrungsfilmen erstellt.

Die in Papierform gelieferten Protokolle, Bilder und Pläne geben einen umfassenden Eindruck vom Netzzustand. Bei der Auswertung bestanden nur selten Unklarheiten, welche eine Ansicht der erstellten Filme notwendig machten. Beispielsweise wurden für einige Abzweige und Schäden keine Bilder erzeugt und z.T. zeigten sich Widersprüche zwischen den schriftlichen Angaben und der Bilddokumentation.

Dennoch kann die Dokumentation – vor allem die gelieferten Protokolle, Bilder und Pläne – als vergleichsweise hochwertig bezeichnet werden.

5.3.3 Göttingen

In Göttingen wurden die Systeme Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500, Lindauer Schere (mini) und ORION L eingesetzt.

Mit allen eingesetzten Systemen war es grundsätzlich möglich, die von der Stadtentwässerung Göttingen ausgewählten Teilbereiche der Netze zu inspizieren. Die Systeme wurden mit Wasserhochdruck-Unterstützung in den Netzen vorgetrieben. Hierbei war die Handhabung der Inspektionssysteme i.d.R. unproblematisch.

Vergleichbar zu den Ergebnissen der Einsätze in Gelsenkirchen (siehe 5.3.1) wurden auch in Göttingen vor allem bei der Handhabung und der Schadenserfassung Unterschiede erkannt.

Nachfolgende Abb. 46 verdeutlicht die unterschiedliche Handhabung der Inspektionssysteme in Göttingen. Es wird der Vorschub der Systeme beim Einsatz ausgehend von demselben Revisionsschacht dargestellt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Vorschub des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500	Vorschub der ORION L	Vorschub der Lindauer Schere (mini)

Abb. 46: Handhabung der Inspektionssysteme beim Einsatz in Göttingen

Wie in Gelsenkirchen wurde der Kanalwurm durch einen im Schacht befindlichen Techniker vorgeschoben und zurückgezogen. Die Arbeiten im Schacht erfolgten ohne besondere Sicherung. Die ORION L und die Lindauer Schere (mini) konnten von den unmittelbar am Schacht stehenden Technikern bedient werden.

Mit allen Systemen konnten fast die gesamten Teilnetze erfasst werden. Lediglich einige Leitungen bzw. Abzweige zeigten die Grenzbereiche der Systeme auf (z.B. geringe Leitungsnennweiten, extreme Rohrbögen). Die Filmaufzeichnungen zeigten bei allen Systemen zahlreiche aufgenommene Schäden. Sowohl die Einsatzfähigkeit als auch der Erfassungsgrad können grundsätzlich als gut eingeschätzt werden.

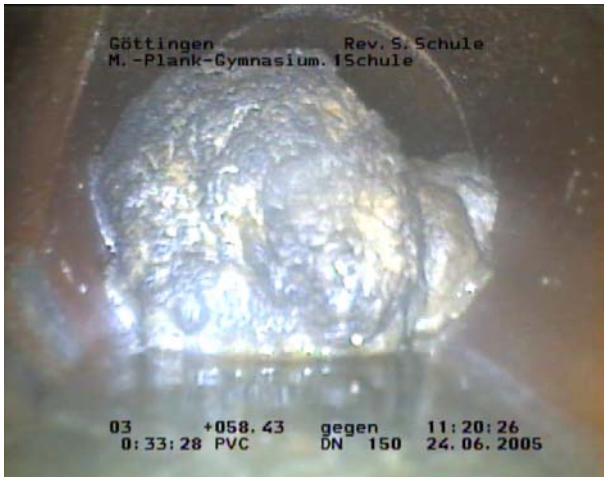
Als Dokumentation lieferten alle Anbieter Haltungsprotokolle, Leitungspläne und Filmaufnahmen. Die Auswertung der Dokumentation zeigte wiederum Unterschiede, z.B. bzgl. der erfassten Leitungsverläufe.

Die zur Befahrung des **Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500** erstellten Haltungsprotokolle sind übersichtlich. Zusätzlich lag eine ausführliche Bilddokumentation vor. Jedoch sind die Bilder häufig unscharf und z.T. sind die angegebenen Schäden auf den Bildern nicht sichtbar. Die Leitungspläne wurden automatisiert erstellt. Dabei wurden alle Abzweige mit den entsprechenden Nummerierungen in den Plänen eingetragen. Die Textfelder mit den Abzweignummern sind teilweise überlagert, so dass diese nicht lesbar sind. Die Filmaufnahmen sind von mittlerer Qualität. Beim

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Vorschub und Rückzug des Systems verwackelt das Bild teils erheblich. Bei Stillstand des Wurms ist das Bild scharf, aber im Vordergrund z.T. sehr grell.

Verwackeltes Bild beim Vorschub



Aufgezeichnete Ablagerung bei Stillstand

Abb. 47: Bildausschnitt aus dem Befahrungsfilm des Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500

Die für die Inspektion der **ORION L** erstellten Haltungsprotokolle sind sehr übersichtlich. Eine ausführliche, hochwertige Bilddokumentation wurde zusätzlich geliefert. Die Leitungspläne wurden automatisiert erstellt und sind ebenfalls übersichtlich. Die Zwischenschächte, die befahrenen Abzweige und die Fließrichtung sind eingetragen. Die Filmaufnahme hat eine gute bis mittlere Qualität: Das Bild ist teilweise unscharf und dunkel, aber selten verwackelt.

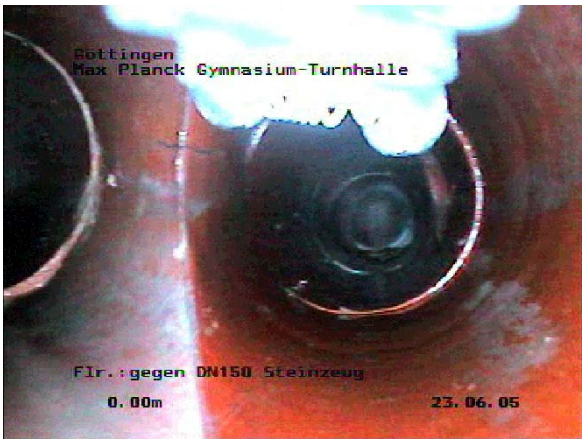
Aufgezeichneter verschlossener Abzweig

Aufgezeichnetes einragendes Hindernis

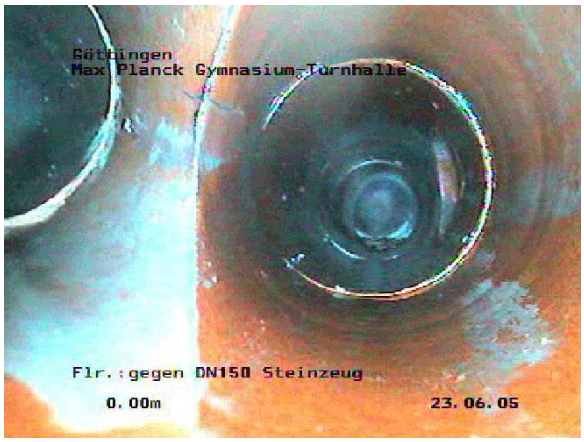
Abb. 48: Bildausschnitt aus dem Befahrungsfilm der ORION L

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Die Unterlagen zur Inspektion mit der **Lindauer Schere (mini)** enthalten übersichtliche Haltungsprotokolle ohne zusätzliche Bilddokumentation. Die Leitungspläne sind handschriftlich ergänzte Lagepläne, in die alle Zwischenschächte und Abzweige eingetragen wurden. Die Filmaufnahme hat eine gute bis mittlere Qualität. Die Aufzeichnung ist teilweise unscharf und das Bild ist, insbesondere während die Schere ausgefahren ist, dunkel.



Ausleuchtung der Haltung bei ausgefahrener Schere



Ausleuchtung der Haltung bei eingefahrener Schere

Abb. 49: Bildausschnitt aus dem Befahrungsfilm der Lindauer Schere (mini)

Wie bei der Untersuchung in Gelsenkirchen (siehe 5.3.1) wurden auch in Göttingen unterschiedliche Leitungslängen, -nennweiten und Schäden dokumentiert.

5.3.4 Gesamteindruck der In-situ-Untersuchungen

Die In-situ-Untersuchungen zeigen, dass alle Systeme des Tests für die Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen grundsätzlich geeignet sind.

Unterschiede bestehen vor allem in der körperlichen Beanspruchung der Techniker bei der Handhabung, z.B. Vorschub und Rückzug der Inspektionssysteme. Der Göttinger Kanalwurm muss beispielsweise mit hohem Kraftaufwand vorgeschoben bzw. zurückgezogen werden. Der Techniker muss sich hierzu i.d.R. im Schacht befinden. Der Aaligator wird u.a. durch Schlauchverdrehung gesteuert. Dies ist ebenfalls mit entsprechendem körperlichen Einsatz verbunden. Die Lindauer Schere und die ORION L sind so konzipiert, dass der körperliche Einsatz geringer ist.

Die Systeme machten hinsichtlich der Reichweite, Bogen- und Abzweiggängigkeit bei den In-situ-Untersuchungen einen guten Eindruck. Sowohl mit der ORION L als

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

auch mit der Lindauer Schere (mini) wurden Schäden detailliert aufgenommen. Dies war mit dem Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 nicht in dem Maße möglich (Axialkamera). Vor allem die Film-/Bildqualität führte bzgl. der Schadenserfassung beim Aaligator zu einem vergleichsweise schlechten Eindruck bei den In-situ-Untersuchungen.

Zu den Einsätzen des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf und des Göttinger-ZK-Kanalwurms 50/300 (mini) waren die Daten aufgrund technischer Probleme des Anbieters zerstört worden. Die Schadenserfassung konnte somit nicht ausgewertet werden.

In Tabelle 9 sind die Eindrücke zur Handhabung der Systeme, der Reichweite, Bogen- und Abzweiggängigkeit, der Schadenserfassung sowie der grundsätzlichen Eignung für die Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen auf Grundlage der In-situ-Untersuchungen zusammengestellt.

Tabelle 9: Eindrücke aus den In-situ-Untersuchungen

Inspektions-system	Grundsätzliche Eignung	Hand-habung	Reichweite/ Bogen- und Abzweig-gängigkeit	Schadens-erfassung
Aaligator	+	o	+	-
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	+	-	+	o
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	+	-	+	Dokumentation konnte vom Anbieter nicht geliefert werden.
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)	+	-	+	Dokumentation konnte vom Anbieter nicht geliefert werden.
ORION L	+	+	+	+
Lindauer Schere (mini)	+	+	+	+

+ = gut; o = mittel; - = schlecht

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Eindrücke der In-situ-Untersuchungen die Ergebnisse der Systemprüfungen im Großversuchsstand grundsätzlich bestätigten.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

6 Bewertung der Inspektionssysteme und Prüfurteile

Ziel des IKT-Warentests ist es, die am Markt angebotenen Produkte und Verfahren zu bewerten, Verbesserungspotentiale aufzuzeigen und gleichzeitig einen entsprechenden Marktdruck aufzubauen, damit diese Potentiale von den Anbietern auch genutzt werden. Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Produkte gestellt werden und wie die Produkte vor diesem Hintergrund zu bewerten sind.

Dementsprechend wurde in den Arbeitssitzungen des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ das Vorgehen zur Bewertung der Verfahren von den beteiligten Kanalnetzbetreibern festgelegt. Für die jeweiligen Inspektionssysteme werden aus den Bewertungsschwerpunkten *„Qualitätssicherung der Systemanbieter“* und „*Systemprüfungen“* Prüfurteile gebildet.

Der Einsatz der Inspektionssysteme wurde auch unter In-situ-Bedingungen in bestehenden Grundstücksentwässerungsnetzen betrachtet. Aufgrund der in diesen Fällen nicht vergleichbaren Randbedingungen, fließen diese Ergebnisse nicht in die Ermittlung der IKT-Prüfurteile (Noten) für die Systeme ein, sondern werden als Zusatzinformationen berücksichtigt.

6.1 Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Systemanbieter“

Der Bewertungsschwerpunkt *„Qualitätssicherung der* Systemanbieter*“* geht mit 30% in das jeweilige Prüfurteil ein.

Die Bewertung der Qualitätssicherung basiert auf dem Zusatzangebot der Systemanbieter und den Zusatzfunktionen des Systems. Diesbezüglich wurden sieben Bewertungsfälle unterschieden: „Verfahrenshandbuch“, „Schulungen“, „Service- und Wartungsangebot“, „Software“, „Peilsender“, „Reinigung beim Einsatz von der Revisionsöffnung“ und „Reinigung beim Einsatz vom Hauptkanal“. Bezüglich der Reinigungsfunktion ist bewusst der Einsatz von der Revisionsöffnung und aus dem Hauptkanal unterschieden worden, da dies unterschiedliche Anwendungsfälle sind und u.U. Zusatztechniken (z.B. Fahrwagen) eingesetzt werden müssen.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Die sieben Bewertungsfälle fließen in den Bewertungsschwerpunkt ein. Sie werden nach dem Kriterium „ja/ nein“ bewertet. „Ja“ bedeutet, ein entsprechendes Zusatzangebot ist vorhanden bzw. die jeweilige Zusatzfunktion kann bezogen werden. „Nein“ steht für das Fehlen eines entsprechendes Angebotes bzw. der Funktion.

Die Bewertungsfälle fließen zu gleichen Teilen (1/7 ≈ 14,3 %) in die Note für den Bewertungsschwerpunkt *„Qualitätssicherung der Systemanbieter*“ ein. Die Ergebnisse werden in Prozent dargestellt und durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet (Abb. 50). Hierbei stehen 100 % für die Note „sehr gut (1,0)“ und 0 % für die Note „ungenügend (6,0)“.

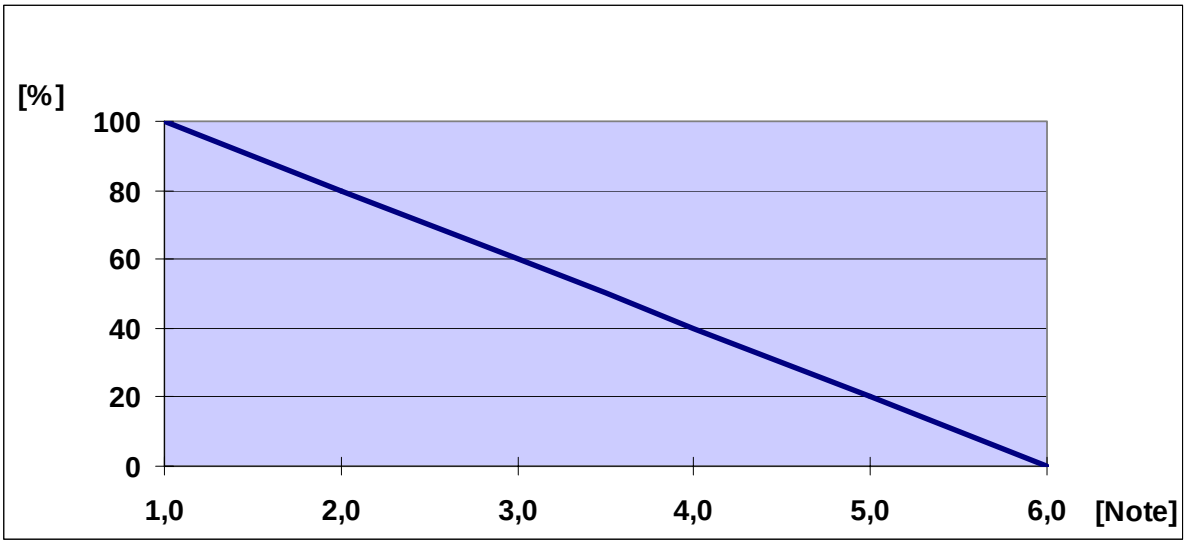


Abb. 50: Lineare Funktion zur Bewertung

6.2 Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Der Bewertungsschwerpunkt *„Systemprüfung“* geht mit 70% in das jeweilige Prüfurteil ein.

Die Bewertung der Systemprüfung erfolgt auf Grundlage der Einsätze der Inspektionssysteme im Großversuchsstand. Es fließen die Bewertungsfälle „Einsatzfähigkeit“, „Erfassungsgrad“ und „Erfassungsqualität“ ein.

Der Bewertungsfall „Einsatzfähigkeit“ beschreibt, inwieweit das jeweilige System das in den Großversuchsstand eingebrachte Leitungsnetz inspizieren konnte; Einflussfaktoren sind z.B. Nennweiten- und Bogengängigkeit. Es wird der

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

prozentuale Anteil der befahrenen Netzbereiche am Gesamtnetz bewertet. Die Ergebnisse für die drei eingebauten Netze werden arithmetisch gemittelt und durch lineare Interpolation wird die Note bestimmt (vgl. Abb. 50). Sind beispielsweise alle Netze komplett befahren worden – Einsatzfähigkeit gleich 100 % – wird die Note 1,0 vergeben; konnten die Netze gar nicht befahren werden, folgt daraus die Note 6,0.

Durch den „Erfassungsgrad“ wird dargestellt, wie viele der in die Netze eingebrachten sanierten bzw. nicht sanierten Schadensstellen mit den Kameras der Inspektionssysteme aufgenommen wurden und somit auf den Filmaufnahmen zu erkennen sind. Bewertet wird der prozentuale Anteil der erfassten sanierten bzw. nicht sanierten Schadensstellen an allen Schadensstellen in den befahrenen Netzbereichen. Die Ergebnisse für die drei eingebauten Netze werden arithmetisch gemittelt und durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet (vgl. Abb. 50). Waren z. B. alle Schadensstellen in den befahrenen Netzbereichen erkennbar – Erfassungsgrad gleich 100 % – wird die Note 1,0 vergeben; sind keine Schadensstellen erkennbar, führt dies zur Note 6,0.

Die „Erfassungsqualität“, also die von den Systemanbietern nach der Inspektion gelieferten Filmaufnahmen, Protokolle und Pläne wurden von den beteiligten Kanalnetzbetreibern durch Punktevergabe bewertet. Hierbei wurden jeweils für die drei Kriterien „Film-/Bildqualität“, „Haltungsprotokolle“ und „Leitungsverläufe“ maximal 100 und minimal 0 Punkte vergeben, wobei 100 Punkte für eine einwandfreie Dokumentation stehen (sehr gut/1,0) und 0 Punkte einer nicht akzeptablen Dokumentation entsprechen (ungenügend/6,0). Die Punkte für die drei Kriterien wurden zusammengezählt und anschließend gemittelt, woraus sich eine Gesamtpunktzahl für die „Erfassungsqualität“ ergab. Sämtliche Bewertungsergebnisse wurden für die Gruppe der Netzbetreiber arithmetisch gemittelt und die Note durch lineare Interpolation bestimmt (Abb. 51).

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

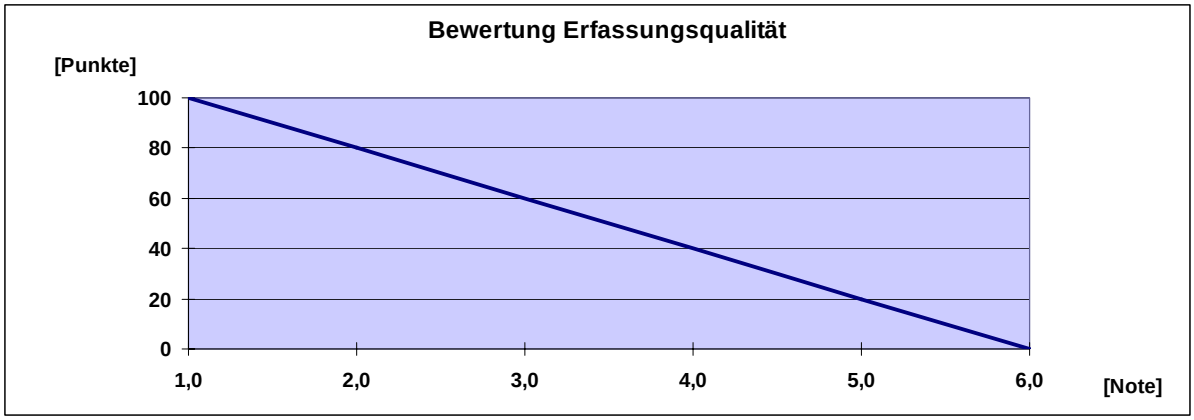


Abb. 51: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Erfassungsqualität“

Die drei Bewertungsfälle „Einsatzfähigkeit“, „Erfassungsgrad“ und „Erfassungsqualität“ fließen zu gleichen Teilen (1/3 ≈ 33,3 %) in die Note für den Bewertungsschwerpunkt *„Systemprüfung“* ein, für den ebenfalls Gesamtnoten von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“ vergeben werden.

6.3 Bewertungsschema und Noten

In Tabelle 10 ist das in 6.1 und 6.2 beschriebene Bewertungsschema des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ zusammengefasst.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 10: Bewertungschema des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Bewertungs-schwerpunkt	Bewertungsfälle	Gewichtung [%]
System-prüfung (70 %)	Einsatzfähigkeit (prozentualer Anteil der befahrenen Netzbereiche am Gesamtnetz)	1/3 (≈ 33,3 %)
	Erfassungsgrad (prozentualer Anteil der erfassten sanierten bzw. nicht sanierten Schadensstellen an allen Schadensstellen in den befahrenen Netzbereichen)	1/3 (≈ 33,3 %)
	Erfassungsqualität Kriterium „Film-/Bildqualität“ (1/3) Kriterium „Haltungsprotokolle“ (1/3) Kriterium „Leitungsverläufe“ (1/3)	1/3 (≈ 33,3 %)
Qualitäts-sicherung (30 %)	Verfahrenshandbuch (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)
	Schulungen (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)
	Service- und Wartungsangebot (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)
	Software (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)
	Peilsender (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)
	Reinigung vom Hauptkanal (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)
	Reinigung von der Revision (ja/nein)	1/7 (≈ 14,3 %)

Nachfolgend werden in Tabelle 11 die sich ergebenden Bewertungen und Noten für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Systemanbieter“ und in Tabelle 12 die Bewertungen und Noten für den Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfung“ dargestellt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 11: Noten für die „Qualitätssicherung der Systemanbieter“

Inspektions-systeme	Verfahrens-handbuch [ja/nein]	Schul-ungen [ja/nein]	Service- und Wartungs-angebot [ja/nein]	Software [ja/nein]	Peil-sender [ja/nein]	Reinigung		**Note**
						von der Revision [ja/nein]	vom Haupt-kanal [ja/nein]	
Aaligator	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	**gut (1,7)**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	**sehr gut (1,0)**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/ Schwenkkopf	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	**sehr gut (1,0)**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300, (mini)	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja	**gut (1,7)**
IBAK ORION L	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	**gut (1,7)**
Lindauer Schere (mini)	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	**gut (1,7)**

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 12: Noten der „*Systemprüfung*“

Inspektions-systeme	Einsatzfähigkeit	Erfassungsgrad	Erfassungsqualität	**Note**
Aaligator	2,3	2,0	4,1	**befriedigend (2,8)**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	3,3	1,4	3,3	**befriedigend (2,6)**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	2,8	1,5	3,6	**befriedigend (2,6)**
Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300, (mini)	2,7	1,3	3,6	**gut (2,5)**
IBAK ORION L	2,5	1,6	2,2	**gut (2,1)**
Lindauer Schere (mini)	2,7	1,6	2,7	**gut (2,3)**

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

Die Prüfurteile für die Inspektionssysteme werden aus den Bewertungs-schwerpunkten *„Qualitätssicherung der Systemanbieter (30 %)“* und *„Systemprüfung (70 %)“* gebildet. Die Tabelle 13 stellt die für die sechs untersuchten Inspektions-systeme gebildeten Prüfurteile dar.

Ergänzend werden die grundsätzlichen Eindrücke aus den In-situ-Untersuchungen wiedergegeben und zusätzliche Informationen zu dem jeweiligen Inspektionssystem aufgeführt. Abschließend werden die erkannten Verbesserungspotentiale für die einzelnen Systeme zusammengefasst und die Besonderheit des jeweiligen Inspektionssystems in einem Fazit beschrieben.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Tabelle 13: Ergebnisse des IKT - Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

IKT - Warentest "Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze"

Systemanbieter	IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG	JT elektronik GmbH	IMS Robotics GmbH	IMS Robotics GmbH	IMS Robotics GmbH	Schwarz Umweltservice GmbH
Inspektionssystem	ORION L (Kieler Stäbchen)	Lindauer Schere (mini)	Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf	Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500	Göttinger Kanalwurm 50/300	Aaligator
Inspektion von drei Leitungsnetzen mit definiert eingebrachten Schäden bestehend aus Anschlusskanal DN 150 mit abzweigenden Grundleitungen DN 100 und DN 70. Abzweige 45° und 67°, Bögen 90°. Inspektion ausgehend vom Hauptkanal DN 300.						
Inspektionsdauer in den Testnetzen	ca. 7 h	ca. 7,5 h	ca. 4,5 h	ca. 5,5 h	ca. 3 h	ca. 5 h
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,0)**	**GUT (2,1)**	**GUT (2,1)**	**GUT (2,2)**	**GUT (2,3)**	**GUT (2,5)**
Systemprüfungen (Gewichtung 70 %)	**gut (2,1)**	**gut (2,3)**	**befriedigend (2,6)**	**befriedigend (2,6)**	**gut (2,5)**	**befriedigend (2,8)**
Einsatzfähigkeit*	2,5	2,7	2,8	3,3	2,7	2,3
Erfassungsgrad**	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	2,0
Erfassungsqualität***	2,2	2,7	3,6*****	3,3	3,6*****	4,1
Qualitätssicherung der Systemanbieter (Gewichtung 30 %)	**gut (1,7)**	**gut (1,7)**	**sehr gut (1,0)**	**sehr gut (1,0)**	**gut (1,7)**	**gut (1,7)**
Verfahrenshandbuch****	ja	nein	ja	ja	ja	nein
Schulungsangebot****	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Service- und Wartungsangebot****	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Software****	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Peilsender****	ja	ja	ja	ja	nein	ja
Reinigung beim Einsatz von der Revision****	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Reinigung beim Einsatz vom Hauptkanal****	nein	ja	ja	ja	ja	ja
In-situ-Untersuchung						
Grundsätzliche Eignung	+	+	+	+	+	+
Handhabung	+	+	-	-	-	O
Reichweite, Bogen- + Abzweiggängigkeit	+	+	+	+	+	+
Schadenserfassung	+	+	Dokumentation nicht geliefert	O	Dokumentation nicht geliefert	-
Zusatzinformationen						
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	ca. 18.400	ca. 30.000	ca. 50.000	ca. 50.000	22.870	29.800
Lieferzeit	ab Lager	ca. 3 - 4 Wochen	ca. 8 - 10 Wochen	ca. 8 - 10 Wochen	ca. 8 - 10 Wochen	ca. 12 Wochen
Einsatzbereiche	DN 100 - DN 200	DN 100 - DN 200; 45°-Abzweige bei DN 100; 90°-Stutzen ab DN 125	DN 100 - DN 200; 45°-Bögen bei DN 100	DN 100 - DN 200; 45°-Bögen bei DN 100	DN 70 - DN 150; 90°-Bögen bei DN 100	Leitungen ab DN 100, Bögen bis 90°
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal	mit LISY-System DN 150 - 600	mit Fahrwagen-System DN 150 - 1800	mit SIDAL-Anlage in DN 200 bis DN 600	mit SIDAL-Anlage in DN 200 bis DN 600	mit SIDAL-Anlage in DN 200 bis DN 600	bis DN 500, ohne Fahrwagen
Kabellänge/Reichweite	60 m, mit Fahrwagen 33 m	Schiebebetrieb: 40 m; Spülbetrieb: 120 m	80 m	80 m	45 m	200 m
Zusatzfunktionen	Montage einer Reinigungsdüse, mit Fahrwagen LISY nicht möglich	Montage einer Reinigungsdüse; beim Einsatz vom Hauptkanal mit Satelliten-Positionier-Einheit	Reinigungsdüse, Absperrblase	Reinigungsdüse, Absperrblase	Reinigungsdüse	Reinigungsdüse
Empfohlene Verbesserungen	- Reinigung auch mit Fahrwagen ermöglichen - Front-Spüleinrichtung einbauen	- Front-Spüleinrichtung einbauen	- Einsatz ohne Schachteinstieg ermöglichen - Körperliche Belastung bei Vor- und Rückzug verringern	- Einsatz ohne Schachteinstieg ermöglichen - Körperliche Belastung bei Vor- und Rückzug verringern - Bildstabilisierung erhöhen****** - Dreh-/Schwenkkopfkamera einbauen****** - Front-Spüleinrichtung einbauen******	- Einsatz ohne Schachteinstieg ermöglichen - Körperliche Belastung bei Vor- und Rückzug verringern - Dreh-/Schwenkkopfkamera einbauen - Front-Spüleinrichtung einbauen	- Film/-Bildqualität steigern - Dreh-/Schwenkkopfkamera einbauen - Front-Spüleinrichtung einbauen - Körperliche Belastung bei Schlauchbedienung verringern
IKT - Fazit	Inspektionssystem mit hoher Erfassungsqualität (Haltungsprotokolle, Leitungspläne und Film-/Bildqualität)	Inspektionssystem mit frei beweglichem Dreh-Schwenkkopf (Abschwenken von Muffen möglich)	Inspektionssystem mit frei beweglichem Dreh-Schwenkkopf und Absperrtechnik (Abschwenken von Muffen und Absperren von Seitenzuläufen möglich)	Inspektionssystem mit Absperrtechnik (Absperren von Seitenzuläufen möglich)	Inspektionssystem speziell für sehr kleine Nennweiten (bis DN 70 im Test)	Inspektionssystem mit starker Reinigungsfunktion (zusätzliche seitlich abstrahlende Düseneinsätze integriert)

Die Prüfurteile und empfohlenen Verbesserungen beziehen sich auf die im Test untersuchten Anwendungsfälle mit den ausgewählten Randbedingungen.
*Bewertung: 100 % der Netze befahren = 1,0 bis 0 % befahren = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
**Bewertung: 100 % der sanierten bzw. nicht sanierten Schadensstellen in den befahrenen Netzbereichen erkannt = 1,0 bis 0 % erkannt = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
***Beurteilung durch die Netzbetreiber: 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
****Bewertung:vorhanden = ja; nicht vorhanden = nein; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
*****Leitungspläne wurden nicht vorgelegt.
******Dies wurde bei der Entwicklung des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopfkamera bereits umgesetzt.
Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.
Download des Testberichts unter www.ikt.de

© 2005 Alle Rechte vorbehalten IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
45886 Gelsenkirchen
Exterbruch 1

info@ikt.de
http://www.ikt.de

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Alle getesteten Inspektionssysteme erhalten das Prüfurteil „GUT“; die Bandbreite der Prüfurteile liegt zwischen „GUT (2,0)“ und „GUT (2,5)“. Somit erfüllen alle Inspektionssysteme einen Großteil der Anforderungen der Netzbetreiber.

Das beste Prüfurteil erhält das System ORION L mit „GUT (2,0)“. Die Systeme Lindauer Schere (mini) und Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Schwenkkopf werden mit „GUT (2,1)“ beurteilt. Der Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 erhält das Prüfurteil „GUT (2,2)“. Der Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 wird mit „GUT (2,3)“ und der Aaligator mit „GUT (2,5)“ bewertet.

7 Gesamtergebnis

Im Folgenden werden die Ergebnisse des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ für jedes der untersuchten Inspektionssysteme zusammengefasst.

Diese Zusammenfassung enthält die Prüfurteile und die Ergebnisse der In-situ-Untersuchungen. Es werden Hinweise für eine mögliche Verbesserung der jeweiligen Systeme aufgeführt. Die empfohlenen Verbesserungen beziehen sich ausdrücklich auf die im vorliegenden IKT-Warentest untersuchten Anwendungsfälle (Grundstücksentwässerungsnetze) mit den ausgewählten Randbedingungen (Leitungsnennweiten, Bögen usw.).

Des Weiteren werden Zusatzinformationen für die Inspektionssysteme dargestellt, z.B. die Einsatzbereiche laut Anbieter. Abschließend wird in einem Fazit die Besonderheit der jeweiligen Inspektionssysteme aufgezeigt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Warentest
„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Aaligator

Test-Ergebnis	
Inspektionsdauer in den Testnetzen	ca. 5 h
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,5)**
Systemprüfung	2,8
Qualitätssicherung der Anbieter	1,7
In-situ-Untersuchung	
Grundsätzliche Eignung	+
Handhabung	o
Reichweite, Bogen- u. Abzweiggängigkeit	+
Schadenserfassung	-

Verbesserungspotential
➢ Film/-Bildqualität steigern[1]!
➢ Dreh-/Schwenkkopfkamera einbauen!
➢ Front-Spüleinrichtung zur Säuberung der Kameralinse einbauen!
➢ Körperliche Belastung des Schlauchbedieners verringern!

Zusatzinformationen	
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	29.800
Lieferzeit	ca. 12 Wochen
Einsatzbereiche:	Leitungen ab DN 100, Bögen bis 90°
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal:	bis DN 500, ohne Fahrwagen
Kabellänge/Reichweite:	200 m
Zusatzfunktionen:	Reinigungsdüse
Weitere Informationen	www.schwarz-umweltservice.de

IKT - Fazit Inspektionssystem mit starker Reinigungsfunktion (zusätzliche seitlich abstrahlende Düseneinsätze integriert)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, 45866 Gelsenkirchen, Exterbruch 1; www.ikt.de, info@ikt.de

[1] Laut Anbieter wurde die Kameraoptik bereits verbessert (siehe auch 5.3.1).

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Warentest
„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500

Test-Ergebnis	
Inspektionsdauer [h]	ca. 5,5
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,2)**
Systemprüfung	2,6
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
In-situ-Untersuchung	
Grundsätzliche Eignung	+
Handhabung	-
Reichweite, Bogen- u. Abzweiggängigkeit	+
Schadenserfassung	o

Verbesserungspotential
➢ Einsatz ohne Schachteinstieg ermöglichen!
➢ Körperliche Belastung bei Vor- und Rückzug verringern!
➢ Bildstabilisierung erhöhen[2]!
➢ Dreh-/Schwenkkopfkamera einbauen[2]!
➢ Front-Spüleinrichtung einbauen[2]!

Zusatzinformationen	
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	ca. 50.000
Lieferzeit	ca. 8 - 10 Wochen
Einsatzbereiche:	DN 100 - DN 200; 45°-Bögen bei DN 100
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal:	mit SIDAL-Anlage in DN 200 bis DN 600
Kabellänge/Reichweite:	80 m
Zusatzfunktionen:	Reinigungsdüse, Absperrblase
Weitere Informationen	www.ims-robotics.de

IKT - Fazit Inspektionssystem mit Absperrtechnik (Absperren von Seitenzuläufen möglich)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, 45866 Gelsenkirchen, Exterbruch 1; www.ikt.de, info@ikt.de

[2] Dies wurde bei der Entwicklung des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopfkamera bereits umgesetzt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Warentest
„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf

Test-Ergebnis	
Inspektionsdauer [h]	ca. 4,5
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,1)**
Systemprüfung	2,6
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
In-situ-Untersuchung	
Grundsätzliche Eignung	+
Handhabung	-
Reichweite, Bogen- u. Abzweiggängigkeit	+
Schadenserfassung	[3]

Verbesserungspotential
➢ Einsatz ohne Schachteinstieg ermöglichen!
➢ Körperliche Belastung bei Vor- und Rückzug verringern!

Zusatzinformationen	
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	ca. 50.000
Lieferzeit	ca. 8 - 10 Wochen
Einsatzbereiche:	DN 100 - DN 200; 45°-Bögen bei DN 100
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal:	mit SIDAL-Anlage in DN 200 bis DN 600
Kabellänge/Reichweite:	80 m
Zusatzfunktionen:	Reinigungsdüse, Absperrblase
Weitere Informationen	www.ims-robotics.de

IKT - Fazit Inspektionssystem mit frei beweglichem Dreh-Schwenkkopf und Absperrtechnik
(Abschwenken von Muffen und Absperren von Seitenzuläufen möglich)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, 45866 Gelsenkirchen, Exterbruch 1; www.ikt.de, info@ikt.de

[3] Dokumentation konnte vom Anbieter nicht geliefert werden.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Warentest
„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)

Test-Ergebnis	
Inspektionsdauer [h]	ca. 3
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,3)**
Systemprüfung	2,5
Qualitätssicherung der Anbieter	1,7
In-situ-Untersuchung	
Grundsätzliche Eignung	+
Handhabung	-
Reichweite, Bogen- u. Abzweiggängigkeit	+
Schadenserfassung	[4]

Verbesserungspotential
➢ Arbeitsbedingungen verbessern: Vorschub außerhalb des Schachts ermöglichen!
➢ Körperliche Belastung bei Vor- und Rückzug verringern!
➢ Dreh-/Schwenkkopfkamera einbauen!
➢ Front-Spüleinrichtung zur Säuberung der Kameralinse einbauen!

Zusatzinformationen	
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	22.870
Lieferzeit	ca. 8 - 10 Wochen
Einsatzbereiche:	DN 70 - DN 150; 90°-Bögen bei DN 100
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal:	mit SIDAL-Anlage in DN 200 bis DN 600
Kabellänge/Reichweite:	45 m
Zusatzfunktionen:	Reinigungsdüse
Weitere Informationen	www.ims-robotics.de

IKT - Fazit Inspektionssystem speziell für sehr kleine Nennweiten (bis DN 70 im Test)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, 45866 Gelsenkirchen, Exterbruch 1; www.ikt.de, info@ikt.de

[4] Dokumentation konnte vom Anbieter nicht geliefert werden.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Warentest
„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Lindauer Schere (mini)

Test-Ergebnis	
Inspektionsdauer [h]	ca. 7,5
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,1)**
Systemprüfung	2,3
Qualitätssicherung der Anbieter	1,7
In-situ-Untersuchung	
Grundsätzliche Eignung	+
Handhabung	+
Reichweite, Bogen- u. Abzweiggängigkeit	+
Schadenserfassung	+

Verbesserungspotential
➢ Front-Spüleinrichtung zur Säuberung der Kameralinse einbauen!

Zusatzinformationen	
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	ca. 30.000
Lieferzeit	ca. 3 - 4 Wochen
Einsatzbereiche:	ab DN 100 - DN 200; 45°-Abzweige bei DN 100; 90°-Stutzen ab DN 125
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal:	mit Fahrwagen-System DN 150 - 1800
Kabellänge/Reichweite:	Schiebebetrieb: 40 m; Spülbetrieb: 120 m
Zusatzfunktionen:	Montage einer Reinigungsdüse; beim Einsatz vom Hauptkanal mit Satelliten-Positionier-Einheit
Weitere Informationen	www.jt-elektronik.de

IKT - Fazit Inspektionssystem mit frei beweglichem Dreh-Schwenkkopf (Abschwenken von Muffen möglich)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, 45866 Gelsenkirchen, Exterbruch 1; www.ikt.de, info@ikt.de

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

IKT - Warentest
„Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

ORION L (Kieler Stäbchen)

Test-Ergebnis	
Inspektionsdauer [h]	ca. 7
IKT - Prüfurteil	**GUT (2,0)**
Systemprüfung	2,1
Qualitätssicherung der Anbieter	1,7
In-situ-Untersuchung	
Grundsätzliche Eignung	+
Handhabung	+
Reichweite, Bogen- u. Abzweiggängigkeit	+
Schadenserfassung	+

Verbesserungspotential
➢ Reinigung auch mit Fahrwagen ermöglichen[5]!
➢ Front-Spüleinrichtung zur Säuberung der Kameralinse einbauen!

Zusatzinformationen	
Kosten (kleinste einsatzfähige Einheit) [netto in €]	ca. 18.400
Lieferzeit	ab Lager
Einsatzbereiche:	DN 100 - DN 200
Einsatz ausgehend vom Hauptkanal:	mit LISY-System DN 150 - 600
Kabellänge/Reichweite:	60 m, mit Fahrwagen 33 m
Zusatzfunktionen:	Montage einer Reinigungsdüse[5]
Weitere Informationen	www.ibak.de

IKT - Fazit Inspektionssystem mit hoher Erfassungsqualität (Haltungsprotokolle, Leitungspläne und Film-/Bildqualität)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, 45866 Gelsenkirchen, Exterbruch 1; www.ikt.de, info@ikt.de

[5] Beim Einsatz vom Hauptkanal mit dem Fahrwagen „LISY“ nicht möglich. Ein entsprechendes System wird z. Z. erprobt.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

8 Zusammenfassung

8.1 Hintergrund

Seit dem Jahre 1996 wird in dem § 45 der Bauordnung Nordrhein-Westfalens (BauO NW) [1] ein Dichtheitsnachweis für unzugänglich verlegte Abwasserleitungen der privaten Grundstücksentwässerung gefordert. Der Grundstückseigentümer hat diesen Nachweis spätestens bis Ende des Jahres 2015, in Wasserschutzgebieten teilweise schon bis 2005, zu erbringen. Private Abwassernetze sind i.d.R. durch Bögen, Verzweigungen, geringe Rohrdurchmesser und oft eingeschränkte oder fehlende Zugänglichkeiten gekennzeichnet. Da Zustandserfassungen und somit auch Sanierungen der privaten Grundstücksentwässerung in der Vergangenheit größtenteils vernachlässigt wurden, sind handelsübliche Geräte zur Untersuchung der Leitungen nur wenig auf die speziellen Randbedingungen abgestimmt. Mittlerweile hat die Industrie zahlreiche neue Geräte zur Inspektion von Hausanschluss- und Grundleitungen entwickelt.

Aufgrund der hohen Unsicherheiten bei den Netzbetreibern bzw. den privaten Grundstückseigentümern hinsichtlich der Auswahl und des Einsatzes des geeigneten Inspektionsgeräts hat das IKT die Eignung und Anwendbarkeit der neu entwickelten Inspektionssysteme im Rahmen eines IKT-Warentests vergleichend getestet. Dazu konnte auf einen bereits bestehenden und durch das MUNLV NRW geförderten Versuchsaufbau im Großversuchsstand des IKT zurückgegriffen werden (vgl. Forschungsvorhaben „Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle“, Az. IV-9-041 105 0180).

Ziel des IKT-Warentests ist es, die Qualität der am Markt angebotenen Produkte zu bewerten, Verbesserungspotentiale aufzuzeigen und gleichzeitig einen entsprechenden Marktdruck aufzubauen, damit diese Potentiale von den Anbietern auch genutzt werden. Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Produkte gestellt werden und wie die Produkte vor diesem Hintergrund zu bewerten sind. An dem IKT - Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ waren 14 Kanalnetzbetreiber beteiligt: Eigenbetrieb Abwasser Stadt Alsdorf, Abwasserwerk Stadt Bergisch Gladbach, Stadt

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Dinslaken, Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf, Stadt Gladbeck, Stadtentwässerung Göttingen, Stadt Hilden, Stadtentwässerungsbetriebe Köln, Stadt Neuss, Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG (NVV), Stadt Quickborn, Stadt Recklinghausen, Entsorgungsbetriebe Warendorf und Staatliches Hochbauamt Würzburg.

Untersucht wurden sechs Inspektionssysteme: Der Aaligator, der Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500, der Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf, der Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini), die ORION L (Kieler Stäbchen) und die Lindauer Schere (mini). Diese Systeme sind in den letzten Jahren speziell für den Einsatz in Grundstücksentwässerungsnetzen entwickelt worden und erlauben ausgehend von einer einzelnen Zugangsöffnung die Inspektion weiter Netzbereiche.

8.2 Vorgehensweise

Insgesamt fanden sieben Arbeitssitzungen statt, in denen die gesamten Testinhalte, vom Untersuchungsprogramm bis zur Bewertung, mit den Kanalnetzbetreibern abgestimmt wurden. Drei Schwerpunkte standen im Vordergrund: **Qualitätssicherung, Systemprüfung**, und **In-situ-Untersuchung** [vgl. 8, 9].

Qualitätssicherung der Systemanbieter

Das IKT hat bei den Anbietern der getesteten Systeme Aussagen zu Schulungen und Verfahrenshandbücher angefordert. Die Systemanbieter wurden um Angaben zum Service- und Wartungsangebot, zu einsetzbarer Software und zu den Möglichkeiten, das System in Kanalnetzen zu orten, gebeten. Weiterhin wurden Informationen zu den vorhandenen bzw. nachrüstbaren Reinigungsfunktionen angefragt. Die gelieferten Unterlagen und die Angaben der Systemanbieter wurden vom IKT ausgewertet und anschließend bewertet.

Systemprüfungen

Zur Systemprüfung der Verfahren wurden drei vergleichbare Leitungsnetze mit definiert eingebrachten Schäden im Großversuchsstand des IKT aufgebaut. Nach einer Voruntersuchung fand die Systemprüfung statt. Hierzu wurden zwei der drei Grundstücksentwässerungsnetze mit einem Flutungsverfahren saniert. Somit war es möglich, die Inspektionssysteme sowohl in sanierten Netzen, entsprechend einer

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abnahmeuntersuchung, als auch in einem nicht sanierten Netz, entsprechend einer Inspektion zur Sanierungsvorbereitung, einzusetzen.

Die Anbieter der getesteten Systeme wurden vom IKT mit der Inspektion beauftragt. Hierbei war den Anbietern freigestellt, ob sie die Arbeiten von eigenen Technikern durchführen lassen oder einen Dienstleister für die Durchführung empfehlen. Bei den gesamten Inspektionsarbeiten – von der Vorbereitung bis zur Nachbereitung – entschieden die ausführenden Firmen über das Vorgehen.

Im Fokus der Bewertung der Systemprüfungen nach Abschluss der Inspektionen standen die Einsatzfähigkeit der Systeme, d.h. inwieweit die Systeme in der Lage waren die verschiedenen Netzbereiche zu befahren, der Erfassungsgrad, d.h. die erfassten sanierten und nicht sanierten Schadensstellen in den befahrenen Bereichen der drei Netze, und die Erfassungsqualität, d.h. die Qualität der Dokumentation (Film-/Bildqualität, Haltungsprotokolle, Leitungspläne).

In-situ-Untersuchungen

Der Einsatz aller getesteten Inspektionssysteme wurde vor Ort in bestehenden Grundstücksentwässerungsnetzen begleitet. In-situ-Untersuchungen fanden in Gelsenkirchen, Göttingen und Würzburg statt. Hierdurch wurden die Ergebnisse der Systemprüfungen auf Plausibilität überprüft und z.B. die Handhabbarkeit der Systeme unter In-situ-Bedingungen (z.B. Verkehr, Wetter, Zeitdruck) erfasst.

Aufgrund der im In-situ-Einsatz nicht vergleichbaren Randbedingungen, flossen die Ergebnisse nicht in die Ermittlung der IKT-Prüfurteile ein, sondern wurden als Zusatzinformationen im Gesamtergebnis berücksichtigt.

8.3 Test-Ergebnisse

Stärken und Schwächen variieren

Keines der Inspektionssysteme erfüllt die Qualitätsanforderungen der Kanalnetzbetreiber vollständig. Die Test-Ergebnisse verdeutlichen die unterschiedlichen Stärken und Schwächen der Geräte. Folglich muss die Entscheidung für oder gegen ein System die Randbedingungen der

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Inspektionsaufgabe und die eigenen Ansprüche an das Inspektionsergebnis berücksichtigen.

Umfassende Qualitätssicherung

Grundlage der Qualitätssicherung sind Zusatzangebote und -funktionen für das Inspektionssystem. Diese unterstützen eine qualitativ hochwertige Inspektion. Die im Test formulierten Anforderungen bzgl. der Qualitätssicherung wurden von allen Systemanbietern fast vollständig erfüllt. Mit der Folge, dass die Noten „sehr gut“ und „gut“ vergeben wurden.

Einsatzfähigkeit in Ordnung

Inwieweit waren die Systeme in der Lage die verschiedenen Netzbereiche zu befahren? Diese Frage beantworteten drei Systeme mit „gut“. Drei Systeme erreichten allerdings nur ein befriedigendes Ergebnis. Keines der Systeme konnte eines der drei im Großversuchsstand erstellten Leitungsnetze komplett befahren.

Fast alle Schadensstellen erkannt

Mit allen eingesetzten Inspektionskameras konnten zahlreiche Schadensstellen in den befahrenen Netzbereichen der drei Leitungsnetze erkannt werden. Das heißt, die Schadensstellen waren auf den Filmaufnahmen zu sehen. Der Erfassungsgrad der Geräte war „sehr gut“ bis „gut“. Dennoch hat keine der Kameras alle der in den jeweils befahrenen Netzbereichen vorliegenden Schadensstellen dokumentiert.

Erfassungsqualität mit Mängeln

Die zu den durchgeführten Befahrungen gelieferten Dokumentationen offenbarten Mängel. So war die Bildqualität der Befahrungsfilme bei einigen Systemen verhältnismäßig schlecht. Obwohl dieselben Leitungsnetze befahren worden waren, wurden zum Großteil unterschiedliche Leitungspläne geliefert, d.h. von einander abweichende Leitungsverläufe dokumentiert. Lediglich ein System lieferte eine gute Erfassungsqualität; bei zwei Systemen war die Erfassungsqualität befriedigend und bei drei Systemen nur ausreichend.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Praxiseinsatz erfolgreich

Alle Inspektionssysteme sind für die Zustandserfassung von Grundstücksentwässerungsnetzen grundsätzlich geeignet. Dies wurde bei der Begleitung des Systemeinsatzes in Gelsenkirchen, Göttingen und Würzburg bestätigt. Die In-situ-Eindrücke unterstreichen die Ergebnisse der Systemprüfungen im Großversuchsstand des IKT. In situ wurden vor allem die Unterschiede bei der Handhabung der Inspektionssysteme offensichtlich, z.B. die körperliche Beanspruchung der Techniker.

8.4 Fazit

Der IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ bewertet vergleichend sechs speziell für den Einsatz in Grundstücksentwässerungsnetzen entwickelte Inspektionssysteme, mit denen auch verzweigte Netze von einem einzelnen Zugangspunkt aus untersucht werden können. Die Ergebnisse des Tests zeigen, dass die von der Industrie entwickelten Systeme die Anforderungen der Netzbetreiber weitgehend erfüllen, allerdings mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen. So variieren die Ergebnisse insbesondere bei der Erfassungsqualität (z.B. Film-/Bildqualität) erheblich. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass sich die Systemtechnik unterscheidet. Beispielsweise gibt es Systeme mit frei beweglichem Dreh-Schwenkkopf, ein System mit starker Reinigungsfunktion und ein System speziell für sehr kleine Nennweiten. Obwohl die Technik der getesteten Inspektionssysteme als verhältnismäßig hoch entwickelt bezeichnet werden kann, wurden im vorliegenden Test für alle Systeme Verbesserungspotentiale erkannt.

Wie bereits bei den IKT-Warentests „Hausanschlussstutzen“ [8] und „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen“ [9] belegen auch die Ergebnisse des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ die Notwendigkeit, auch zukünftig die Qualität der in der Kanalisationstechnik angebotenen Produkte bzw. Verfahren durch Warentests zu untersuchen. Die Tests können insbesondere zu einem „Kreislauf der Produktverbesserung“ führen, welcher die Qualität des Marktangebots steigert.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

9 Anhang

Anhang I:

Erstellte Haltungsprotokolle zu den Inspektionen im Großversuchsstand (Beispiele)

Anhang II:

Erstellte Leitungspläne zu den Inspektionen im Großversuchsstand

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Anhang I

Erstellte Haltungsprotokolle zu den Inspektionen im Großversuchsstand (Beispiele)

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 52: Bsp. Haltungsprotokoll zu der Befahrung mit dem Aaligator

easyCAN
Lizenz: #018370

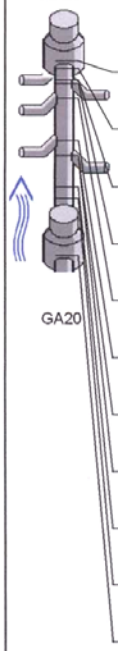
Schwarz Umweltservice
Ihr Partner für Reinigung
in Industrie und Umwelt
Tel. 05205/991575 Fax 05205/991576
Wupperweg 4 33689 Bielefeld

Schwarz Umweltservice

Auftraggeber: IKT	**Ort:** Gelsenkirchen	**Projekt:** IKT	**Datum:** 08.04.2005
Untersuchungs Nr.: 08-04-2005-13	**Straße:** Exterbruch 1	**Leitung:** 2-3 AP20-GA20	**Video Band:** 23.02.2005_02
Auftrags Nr.:	**Untersuchungsgrund:** Reinigungsgrad	**Startpkt. der Unt.:** AP20	**Gesamtlänge:** 0,60 m
Fahrer: Jürhs / Schwarz	**Richtung:** gegen Fließrichtung	**Endpkt. der Unters.:** GA20	**Seite:** 2
Profil: Kreisprofil 150 / 150	**Kanalart:** KS Schmutzwasserkanal	**Material:** Stz Steinzeug	**Zustand:** j gespült

Leitungsinspektion

1 : 150
AP20



Start	Ende	Kürzel	Beschreibung	ZK	Video	Foto
0,00	0,00	HA	Haltungsanfang		00:48:00	
0,20	0,20	A--R	Abzweig, rechter Kämpfer		00:47:20	
0,50	0,50	RL-U	Längsriß (100 mm), Sohle		00:46:54	
0,60	0,60	A--L	Abzweig, linker Kämpfer		00:46:33	
1,00	1,00	A--R	Abzweig, rechter Kämpfer		00:46:15	
2,10	2,10	S--R	Stutzen, rechter Kämpfer		00:45:45	
2,50	2,50	A--L	Abzweig, linker Kämpfer		00:45:17	
2,50	2,50	TVUW	Kamera unter Wasser, keine Sicht		00:44:51	
3,30	3,30	RL-U	Längsriß (200 mm), Sohle		00:43:53	
3,60	3,60	RL-L	Längsriß (mm), linker Kämpfer		00:43:09	
5,10	5,10	EH	Haltungsende		00:42:25	

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 53: Bsp. Haltungsprotokoll zu der Befahrung mit dem Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500

ZK Kanalprüftechnik GmbH
Dr.-Kurt-Schumacher-Ring 5
85139 Wettstetten
Tel.: 0841-37946-0
Fax.: 0841-37946-55

Dichtheitsprüfung Wasser, Luft
Muffenprüfung / alle Nennweiten
Hausanschluss- / Stutzenprüfung
Prüfung von sanierten Stellen
Göttinger ZK Kanalwurm

Bericht 0007/0047 **Videoband: 01** **Datum: 29.03.2005**

Ort	Haltungsnummer	Startschacht	Zielschacht		H-Länge
Gelsenkirchen	Netz 3NN01	AP01	Netz 3NN01		004.48 m
Straße	Straßenschlüssel	Werkstoff	PH	PB	Profil
IKT		STZ	150	150	Kreisprofil
Auftraggeber	Anwesend	Kanalart	Untersuchungsricht		Baujahr
IKT		KM	gegen		

Position	ATV	Feststellung (Maßstab 1: 50)	Foto	Videoband SKL
AP01				
0.00	HA	Haltungsanfang		00311800
0.00	PA	Rohranfang		00312300
0.20	K	Krümmer		00322000
0.20	II	nach rechts, 45 Grad°		00322000
0.20	LL--	Axialverschiebung, gesamter Umfang, 1cm		00324600
0.66	A--L	Abzweig, Linker Kämpfer		00331200
0.66	II	AP01.1		00331200
0.81	II	AP01.2		00334700
0.81	A--R	Abzweig,Rechter Kämpfer		00334700
1.96	SE-R	Einragender Stutzen, Rechter Kämpfer, 1cm, 2% Fl.	003	00345700
1.96	II	AP01.3		00351700
1.96	A--R	Abzweig,Rechter Kämpfer		00351700
2.13	A--L	Abzweig, Linker Kämpfer		00360000
2.13	II	AP01.4		00360000
2.34	LV-O	Vertikaler Muffenversatz, Scheitel, 1cm, 80% Wandd.		00362700
4.37	II	Info: Falleitung		00374100
4.48	GST	gewünschte Station erreicht		00375100
4.48	PE	Rohrende		00375800
4.48	EH	Haltungsende		00380300
Netz 3NN01				

U-Länge [m] 004.48 Bewertung: Bemerkung: ISYBAU

Projekt: Beginn:2005-03-29; Th.Winkler/Th.Schramm Videoband: 01 Datum: 05.04.2005
Fahrer: Th.Winkler/Th.Schramm Fahrzeug: EI-ZK-29 Darstellung: Untersuchungsr.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 54: Bsp. Haltungsprotokoll zu der Befahrung mit dem Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf

ZK Kanalprüftechnik GmbH
Dr.-Kurt-Schumacher-Ring 5
85139 Wettstetten
Tel.: 0841-37946-0
Fax.: 0841-37946-55

Dichtheitsprüfung Wasser, Luft
Muffenprüfung / alle Nennweiten
Hausanschluss- / Stutzenprüfung
Prüfung von sanierten Stellen
Göttinger ZK Kanalwurm

Bericht 0011 **Videoband: 01** **Datum: 30.03.2005**

Ort	Haltungsnummer	Startschacht	Zielschacht		H-Länge
Gelsenkirchen	AP03	AP03	Haus		
Straße	Straßenschlüssel	Werkstoff	PH	PB	Profil
Externbruch		STZ	150	150	Kreisprofil
Auftraggeber	Anwesend	Kanalart	Untersuchungsricht		Baujahr
IKT		KM	gegen		

Position	ATV	Feststellung (Maßstab 1: 50)	Foto	Videoband SKL
AP03				
0.00	PA	Rohranfang		01095500
0.00	HA	Haltungsanfang		01095500
0.29	A--R	Abzweig,Rechter Kämpfer		01100700
0.29	II	AP03.1		01100700
0.67	A--L	Abzweig, Linker Kämpfer		01104800
0.67	II	AP03.2		01104800
0.89	A--R	Abzweig,Rechter Kämpfer		01113600
0.89	II	AP03.3		01113600
1.12	HDSU	Sedimentation, Sand, Sohle, 7% Fläche		01123900
1.54	RQ--	Querriß, gesamter Umfang, 0.3cm Breite		01132000
1.82	LB-U A1	Ausbiegung, Sohle, 3cm, 18%DN		01135300
2.28	II	AP03.4		01142500
2.28	S--R	Stutzen oben		01142500
2.28	SNBR	Stutzen nicht fachgerecht eingebaut, Boden sichtbar, Rechter Kämpfer		01143800
2.48	A--L	Abzweig, Linker Kämpfer		01151900
2.48	II	AP03.5		01151900
4.01	RL-O	Längsriß, Scheitel, 10cm Länge, 3mm Breite		01192300
4.23	RS-L	Scherbenbildung, Linker Kämpfer, 3mm Breite		01182200
4.65	K	Krümmer, Bogen, 90Grad nach oben		01181100
4.65	LB-U E1	Ausbiegung, Sohle, 3cm, 18%DN		01181100
4.65	II	Info: Falleitung		01181100
4.65	GST	gewünschte Station erreicht		01181100
Haus				

U-Länge [m] 004.65 Bewertung: Bemerkung: ISYBAU

Projekt: Beginn:2005-03-30; Mette/Kronberger Videoband: 01 Datum: 16.06.2005
Fahrer: Mette/Kronberger Fahrzeug UN-SP 109 Darstellung Untersuchungsr.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 55: Bsp. Haltungsprotokoll zu der Befahrung mit dem Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini)

ZK Kanalprüftechnik GmbH
Dr.-Kurt-Schumacher-Ring 5
85139 Wettstetten
Tel.: 0841-37946-0
Fax.: 0841-37946-55

Dichtheitsprüfung Wasser, Luft
Muffenprüfung / alle Nennweiten
Hausanschluss- / Stutzenprüfung
Prüfung von sanierten Stellen
Göttinger ZK Kanalwurm

Bericht 0047/0007 **Videoband: 03** **Datum: 01.04.2005**

Ort	Haltungsnummer	Startschacht	Zielschacht		H-Länge
Gelsenkirchen	Netz 3NN01	AP01	Netz 3NN01		005.01 m
Straße	Straßenschlüssel	Werkstoff	PH	PB	Profil
IKT		STZ	150	150	Kreisprofil
Auftraggeber	Anwesend	Kanalart	Untersuchungsricht		Baujahr
IKT		KM	gegen		

Position	ATV	Feststellung (Maßstab 1: 50)	Foto	Videoband SKL
AP01				
0.00	HA	Haltungsanfang		00384800
0.00	PA	Rohranfang		00385200
0.00	II	Info:Befahrung erfolgt mit dem kleinen Wurm.		00392600
0.53	A--L	Abzweig, Linker Kämpfer		00401900
0.53	II	AP01.1		00401900
1.03	A--R	Abzweig,Rechter Kämpfer		00405100
1.03	II	AP01.2		00405100
1.89	SE-R	Einragender Stutzen, Rechter Kämpfer, 2cm, 5% Fl.	063	00415300
1.89	A--R	Abzweig,Rechter Kämpfer		00461100
1.89	II	AP01.3 Nur für Zeichnung ,als AP zum bezeichnen.		00461100
2.39	II	AP01.4		00423000
2.39	A--L	Abzweig, Linker Kämpfer		00423000
2.52	LV-O	Vertikaler Muffenversatz, Scheitel, 1cm, 80% Wandd.		00425700
4.60	II	Info: Falleitung		00441100
5.01	GST	gewünschte Station erreicht		00443200
5.01	PE	Rohrende		00443800
5.01	EH	Haltungsende		00444200
Netz 3NN01				

U-Länge [m] 005.01 Bewertung: Bemerkung: ISYBAU

Projekt: Beginn:2005-03-29; Th.Winkler/Th.Schramm Videoband: 03 Datum: 05.04.2005
Fahrer: Th.Winkler/Th.Schramm Fahrzeug: EI-ZK-29 Darstellung: Untersuchungsr.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 56: Bsp. Haltungsprotokoll zu der Befahrung mit der Orion L (Kieler Stäbchen)

Anschluss-Leitungsgrafik

Leitung S02NN02

Unters.-Nr. 8
Insp.-Datum 21.03.2005

Von-Punkt S02NN02 **Bis-Punktt** S02AP02

Haltungs-Station gegen Fließrichtung bei 4,00 m S--L

Ort Gelsenkirchen **Videoband** 1
Straße IKT
Firma/ Techniker Ingenieurbüro Hesse - Herr Buckler

Profilform	Kreisprofil	**Entw.-System**	Schmutzwasserkanal
Höhe (DN)	150 mm	**Material**	Steinzeug
Breite	150 mm	**Innenschutz**	
Leitungslänge	5,30 m	**Rohrlänge**	1,50 m
Insp.-Länge	5,30 m		

Bemerkung wechselndes Gefälle, geringe Muffenversätze, Scherbenbildung, Längsrissbildungen

Maßstab 1/ 100 **Insp.-Richtung** gegen Fließrichtung **Grafikseite** 1

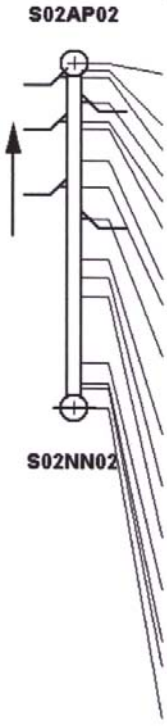


Foto	Video	Entf./m	Zustand	Beschreibung
	00:40:24	0.00 (5.30)	HA	Haltungsanfang; - Untersuchung erfolgte mit der Lisy - Kamera
	00:41:09	0.10 (5.20)	PA	Rohranfang; Haltung: S02-S01 in
	00:41:46	0.20 (5.10)	A--R	Pos: 3 - 0; Abzweig, rechter Kämpfer
	00:42:06	0.60 (4.70)	A--L	Pos: 9 - 0; Abzweig, linker Kämpfer
	00:42:26	0.90 (4.40)	A--R	Pos: 3 - 0; Abzweig, rechter Kämpfer
	00:44:36	1.00 (4.30)	LB-U (A)	Pos: 6 - 0; Lageabweichung, Ausbiegung , Sohle, Ausbiegung = 5cm; Unterbogenbereich
004	00:43:01	1.50 (3.80)	RQ-O	Pos: 10 - 2; Querriß, Scheitel, Rißbreite = 0,3cm
005	00:43:34	1.90 (3.40)	S--R	Pos: 3 - 0; Stutzen, rechter Kämpfer; nachträglich hergestellt, angebohrt - angearbeitet
	00:44:16	2.40 (2.90)	A--L	Pos: 9 - 0; Abzweig, linker Kämpfer
	00:45:03		LV-O	Pos: 10 - 2; Lageabweichung, vertikaler Versatz, Scheitel, Versatz = 1cm; Muffenversatz
006	00:45:42	3.00 (2.30)	RL-O	Pos: 12 - 1; Längsriß, Scheitel, Rißlänge = 10cm, Rißbreite = 0,3cm
007	00:46:13	3.30 (2.00)	RS-L	Pos: 8 - 9; Scherbenbildung, linker Kämpfer, Rißbreite = 0,3cm; Längs-, Querrissbildung
	00:49:21	3.60 (1.70)	LB-U (E)	Pos: 6 - 0; Lageabweichung, Ausbiegung , Sohle, Ausbiegung = 5cm; Unterbogenbereich
	00:47:04	4.60 (0.70)	K	Pos: 12 - 0; Krümmer, Bogen = 87°; Bogenformstück nach oben
	00:47:21	4.90 (0.40)	WV	Werkstoffveränderung; Übergang auf PVCU-Rohr
	00:47:39	5.00 (0.30)	QVN	Nennweitenveränderung = 100mm; - Übergang auf ca. DN 100 mm - mittels Formstück
	00:48:22	5.30 (0.00)	IAB	Abbruch der Inspektion; Bogenformstück nach oben
	00:48:29		IA	Auftraggeber verzichtet auf weitere Untersuchung
	00:50:15		HL	Haltungslänge = 5,3m

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 57: Bsp. Haltungsprotokoll zu der Befahrung mit der Lindauer Schere (mini)

Hausanschlussuntersuchung vom: 22.03.2005 **Bericht Nr.:** 11

Auftraggeber: IKT
Bediener :WURM **Firma** :Volkner GmbH

HAUPTKANAL

Ort : Gelsenkirchen **Ortsteil** :
Straße : Exterbruch 1
von Schacht : S3 **nach Schacht:** S2

HAUSANSCHLUSS

Kamera Typ : Li.Schere
Leitungs Nr. : Netz 3 **Pos. im Kanal:** 0.0 m
Lage im Kanal: rechts **Unters.Länge** : 4.4 m
Von Punkt Nr.: AP01 **Bis Punkt Nr.:** Rohrende
Unters.Richt.: Gegen Fließrichtung
Kanalart : Freisp.Mischwasser **Baujahr** : 2004
Rohr-Profil : Kreisprofil **Wandstärke** : 000.00 mm
Rohr-Durchm. : 150 **Rohr-Material:** Steinzeug
Videoband Nr.: 1
CD-Nr.Film1 : **Name Film1:** F412JQ9212010B.MPG
Unters.Grund : Zustandskontrolle
Innenschutz :

Position	Kürzel	Langtext	Video	Bildnr.SK
0.00m	HA	Haltungsanfang	01:21:03	
0.08m	A--R-	Abzweig im rechten Kämpfer, 3Uhr	01:21:32	
0.21m	LH-L-	horizontaler Versatz im linken Kämpfer, 9Uhr 2.00 cm	01:22:13	
0.37m	UC---	Rohrverbindung undicht im gesamten Umfang	01:22:43	
0.51m	A--L-	Abzweig im linken Kämpfer, 9Uhr	01:23:21	
0.59m	LV-O-	vertikaler Versatz im Scheitel, 12Uhr 1.50 cm	01:24:05	
0.83m	A--R-	Abzweig im rechten Kämpfer, 3Uhr	01:24:31	
1.49m	RQBO-	Querriß im Scheitel, Boden sichtbar, 12Uhr 0.30 cm, 3.00mm	01:25:53	
1.85m	SN-R-	Stutzen im rechten Kämpfer nicht fachgerecht eingebaut, 3Uhr	01:26:44	
1.89m	LV-O-	vertikaler Versatz im Scheitel, 12Uhr 1.00 cm	01:27:26	
2.09m	A--L-	Abzweig im linken Kämpfer, 9Uhr	01:28:05	
2.21m	LV-O-	vertikaler Versatz im Scheitel, 12Uhr 1.50 cm	01:28:42	
2.78m	RL-O-	Längsriß im Scheitel, 12Uhr 0.30 cm, 3.00mm	01:29:29	
3.08m	RS-L-	Scherbenbildung im linken Kämpfer, 9Uhr, 3.00mm	01:30:19	
4.43m	K	Krümmer, Bogen 90.00 °	01:32:47	
4.43m	WV	Werkstoffveränderung	01:33:01	
4.43m	QVN	Nennweitenveränderung 100.00 mm	01:33:21	
4.43m	GST	Gewünschte Station erreicht	01:33:29	

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

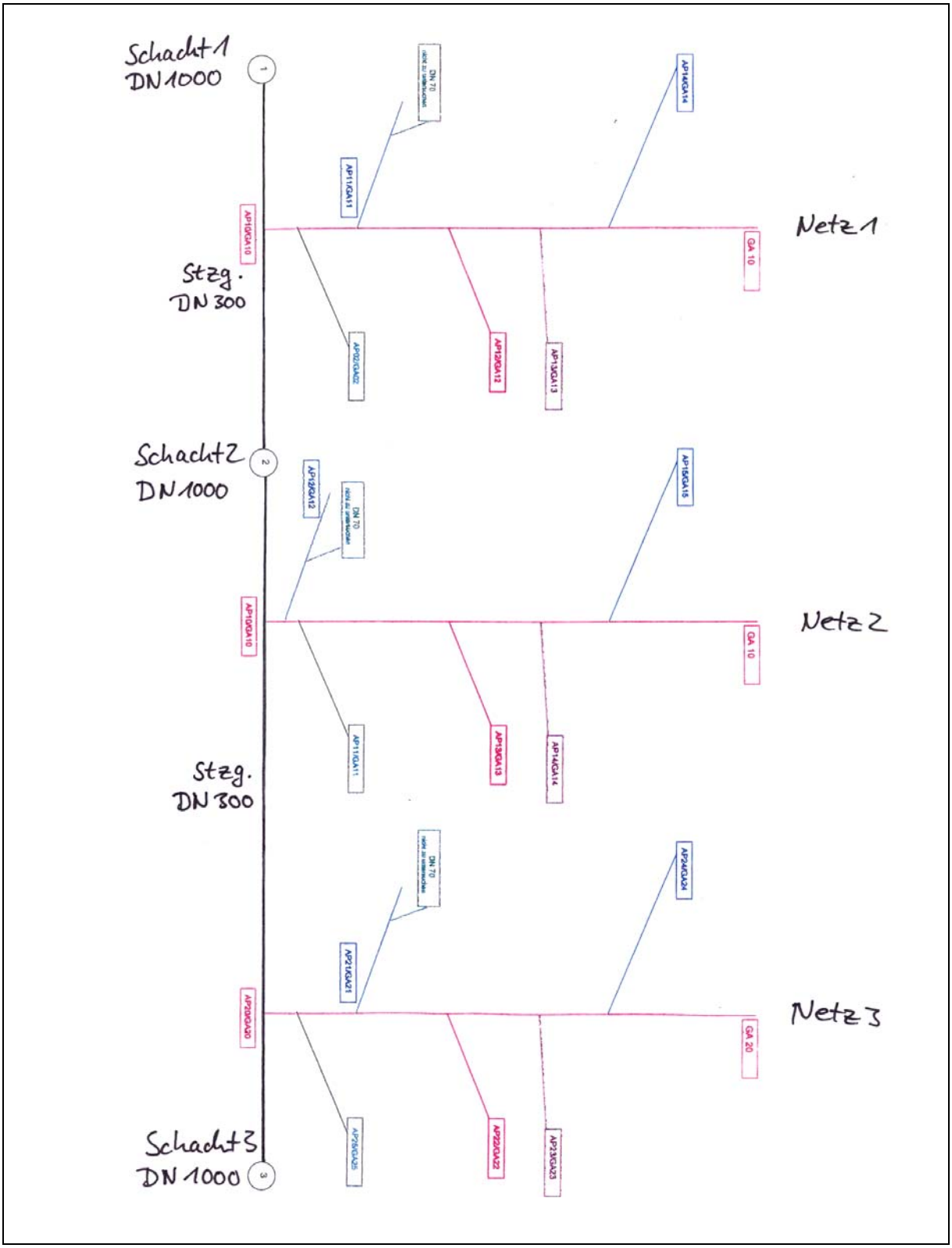
Anhang II

Erstellte Leitungspläne zu den Inspektionen im Großversuchsstand

(Zu der Befahrung mit dem Göttinger Wurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf und dem Göttinger Wurm 50/300 (mini) wurden vom Anbieter bzw. Dienstleister keine Leitungspläne geliefert)

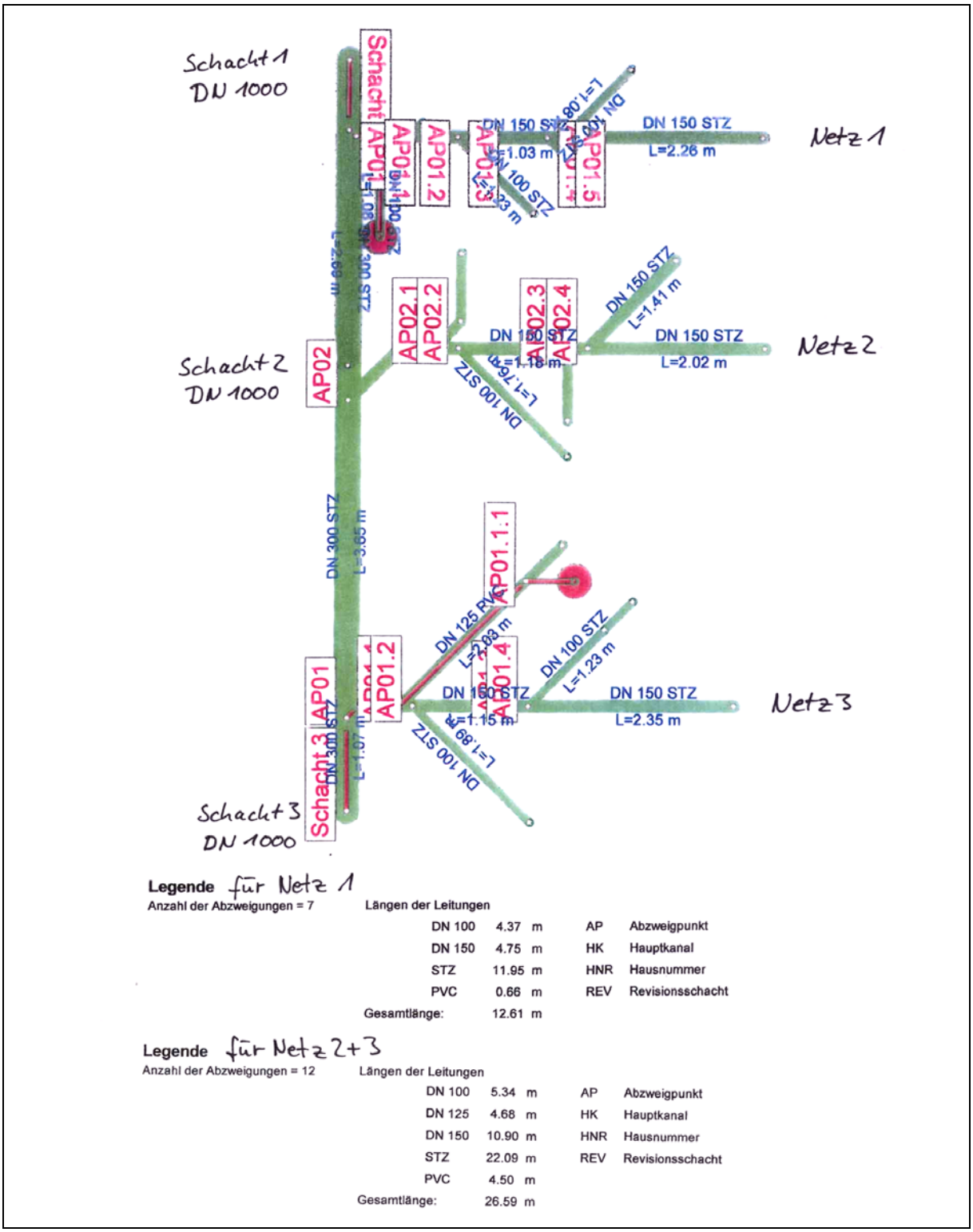
©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 58: Leitungspläne zu der Befahrung mit dem Aaligator
(Die Beschriftung der Schächte, Hauptkanäle und Netze wurde zur Verdeutlichung vom IKT hinzugefügt)



©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 59: Leitungspläne zu der Befahrung mit dem Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500
(Zur Verdeutlichung wurden die Einzelpläne der Netze 1, 2 und 3 vom IKT zu der u.a. Gesamtübersicht zusammengefügt sowie die Schächte, Netze und Legenden beschriftet)



Legende für Netz 1

Anzahl der Abzweigungen = 7

Längen der Leitungen

DN 100	4.37	m	AP	Abzweigpunkt
DN 150	4.75	m	HK	Hauptkanal
STZ	11.95	m	HNR	Hausnummer
PVC	0.66	m	REV	Revisionsschacht
Gesamtlänge:	12.61	m		

Legende für Netz 2+3

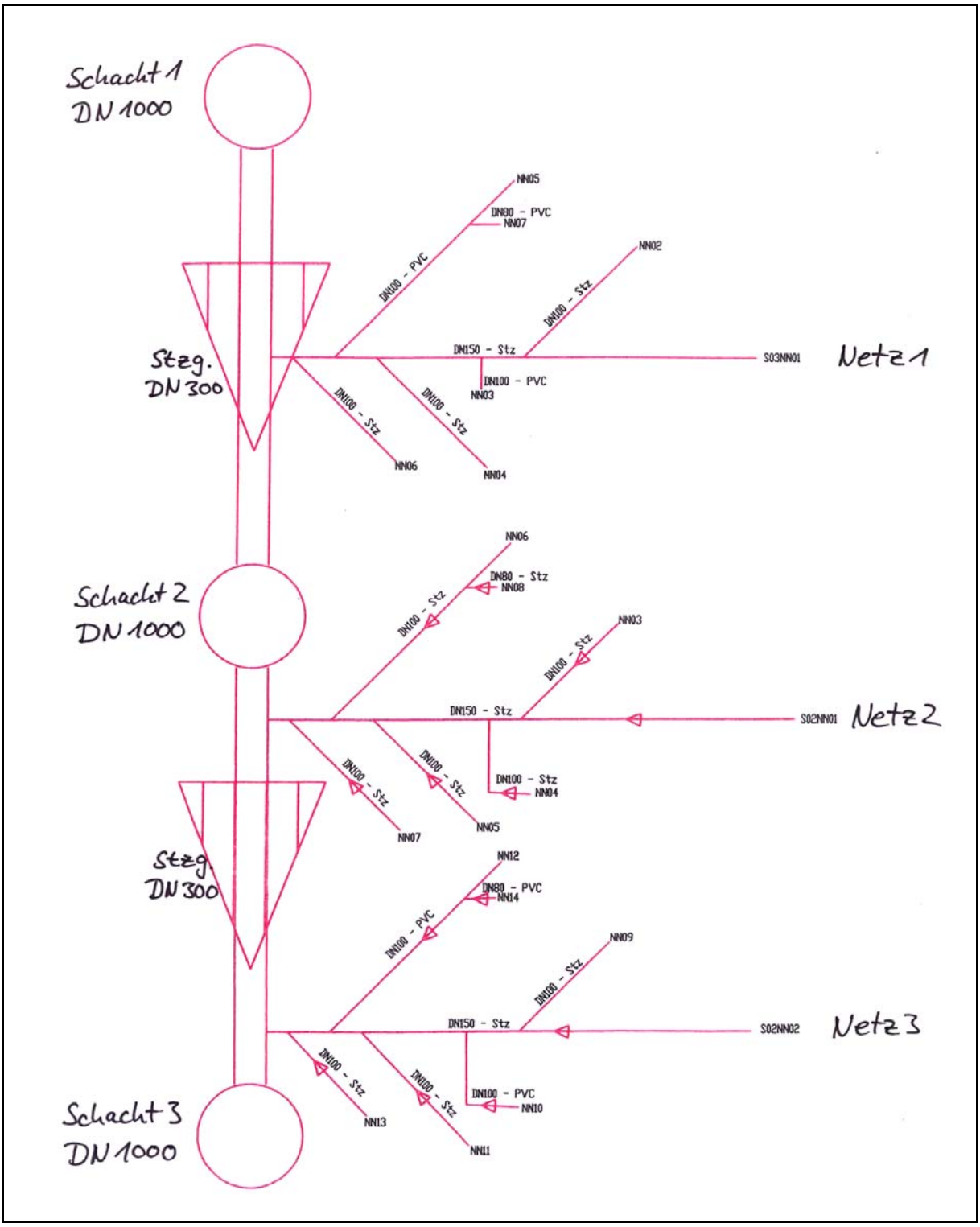
Anzahl der Abzweigungen = 12

Längen der Leitungen

DN 100	5.34	m	AP	Abzweigpunkt
DN 125	4.68	m	HK	Hauptkanal
DN 150	10.90	m	HNR	Hausnummer
STZ	22.09	m	REV	Revisionsschacht
PVC	4.50	m		
Gesamtlänge:	26.59	m		

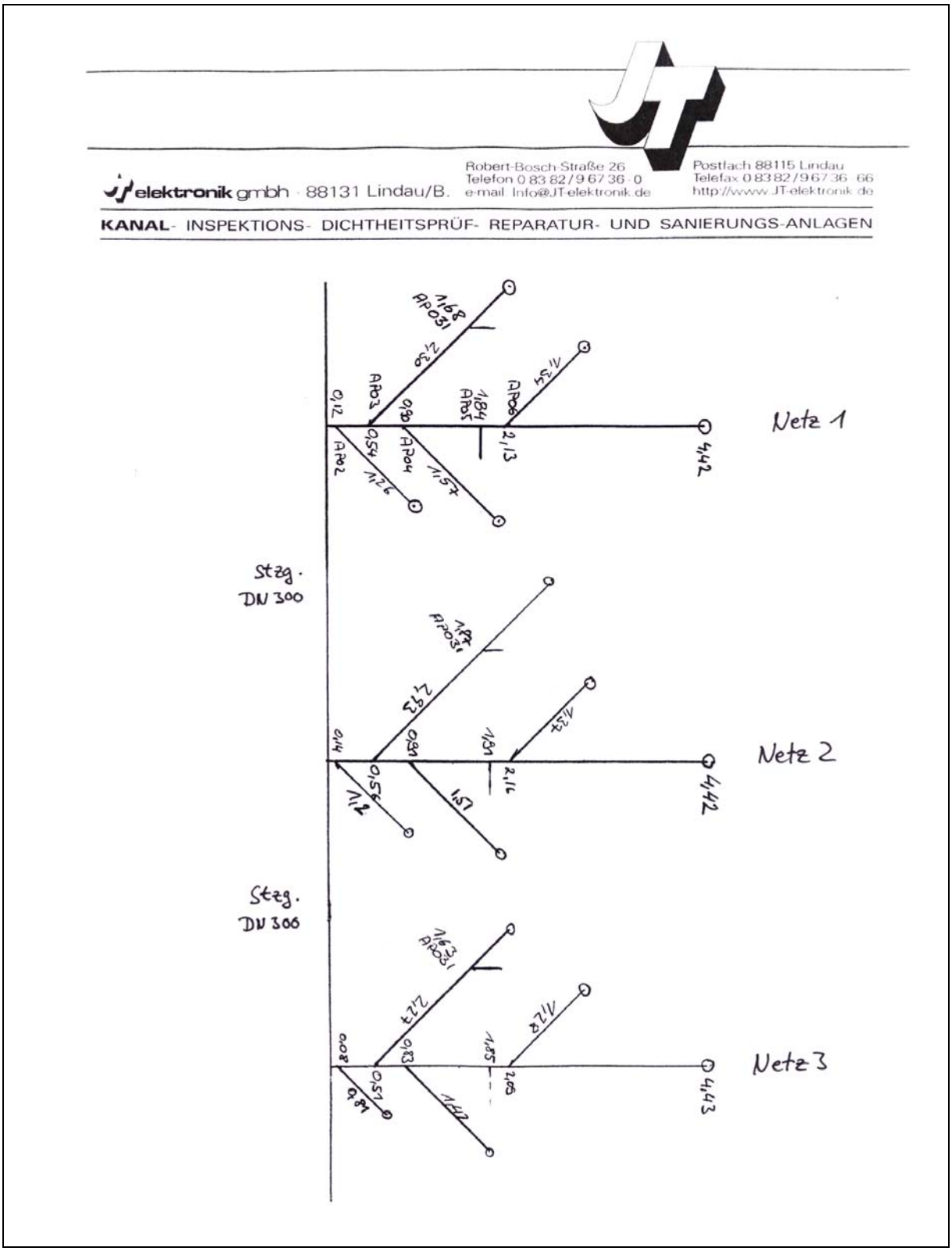
©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 60: Leitungspläne zu der Befahrung mit der ORION L (Kieler Stäbchen)
(Die Beschriftung der Schächte, Hauptkanäle und Netze wurde zur Verdeutlichung vom IKT hinzugefügt)



©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Abb. 61: Leitungspläne zu der Befahrung mit der Lindauer Schere (mini)
(Die Beschriftung der Hauptkanäle und Netze wurde zur Verdeutlichung vom IKT hinzugefügt)



©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

10 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.: Zustanderfassung und Dichtheitsprüfung von Hausanschluss- und Grundleitungen; Endbericht zum Vorhaben I: Dichtheitsprüfungen an Hausanschluss- und Grundleitungen – Einsatzgrenzen, Verfahren, Prüfkriterien und Vorhaben II: Grundlagen der Sanierungsplanung für Hausanschluss- und Grundleitungen; Gelsenkirchen, April 2003; download unter www.ikt.de.

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

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

[5] Bosseler, B.; Harting, K.; Herrscher, M.: Einsatz eines neuartigen Verfahrens zur Zustandserfassung von Hausanschluss- und Grundleitungen bei Netzbetreibern in NRW - Erfahrungsbericht; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Mai 2005.

[6] Pinnekamp, J.; Stepkes, H.; Harting, K.; Herrscher, M.: Untersuchung einer Vorrichtung zur TV-Inspektion und Dichtheitsprüfung von Grundstücksentwässerungsleitungen; Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit dem IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Aachen, November 2004.

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

[8] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G; Puhl, R: IKT-Warentest „Hausanschlussstutzen“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Juni 2001.

[9] Bosseler, B.; Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen Juni 2004.

©2005 All rights reserved by IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH