

Forschungsbericht

Anschlusskanäle und Grundleitungen

- Schäden, Inspektion, Sanierung -



Kaltenhäuser, G.

Gelsenkirchen, Dezember 2005

Fördernde Stelle



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

Auftragnehmer



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung:

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Gunter Kaltenhäuser

Dipl.-Ing. Claudia Homey

Dipl.-Ing. (FH) Janina Zerbock

Dipl.-Ing. (FH) Uwe Schallenkamp

Wir danken den Projektbeteiligten für die inhaltliche Begleitung des Forschungsvorhabens aus Sicht der Praxis und für die fachliche Diskussion in 10 Lenkungskreissitzungen:

Dipl.-Ing. Theißing, Dipl.-Ing. Nellessen

Eigenbetrieb Abwasser Stadt Alsdorf

Dipl.-Ing. Wissen

Abwasserwerk Stadt Bergisch Gladbach

Dipl.-Ing. Imping

Stadt Dinslaken

Dipl.-Ing. Schuir

Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf

Dipl.-Ing. Restemeyer

Stadt Gladbeck

Dipl.-Ing. Fiedler, Dipl.-Ing. Meyer

Stadtentwässerung Göttingen

Dipl.-Ing. Drieschner, Dipl.-Ing. Enders

Stadt Hilden

Dipl.-Ing. Büser

Stadtentwässerungsbetriebe Köln

Dipl.-Ing. Koch, Dipl.-Ing. Pielot

Stadt Neuss

Dipl.-Ing. Spinnräker, Dipl.-Ing. Lausberg,
Dipl.-Ing. Amberg

Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG
(NVV)

Dipl.-Ing. Reisch

Stadtwerke Quickborn

Dipl.-Ing. Becker, Dipl.-Ing. Wiedemann

Stadt Recklinghausen

Dipl.-Ing. Cornelsen, Dipl.-Ing. Czuba

Entsorgungsbetriebe Warendorf

Dipl.-Ing. R. Thoma

Staatliches Hochbauamt Würzburg

Gelsenkirchen, Dezember 2005

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise	1
2	Anschlusskanäle und Grundleitungen	3
2.1	Technische Grundlagen	4
2.2	Schadensbilder und Auswirkungen	6
2.3	Schlussfolgerungen.....	12
3	Inspektion	13
3.1	Techniken und Systeme.....	13
3.2	IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“	17
3.2.1	Qualitätssicherung der Systemanbieter	18
3.2.2	Systemprüfungen.....	18
3.2.3	In-situ-Untersuchungen.....	24
3.2.4	Test-Ergebnisse	25
3.3	Ergänzende Untersuchungen.....	28
3.4	Schlussfolgerungen.....	29
4	Sanierung	32
4.1	Vorbereitung und Verfahrensgruppen	32
4.2	Untersuchungsprogramm und -ergebnisse	36
4.2.1	Überblick	36
4.2.2	IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“	38
4.2.2.1	Qualitätssicherung der Lineranbieter	38
4.2.2.2	Systemprüfungen.....	39
4.2.2.3	Baustellen-Untersuchungen.....	47
4.2.2.4	Bewertung der Schlauchliner	48
4.2.2.5	Prüfurteile und Gesamtergebnis	50
4.2.2.6	Test-Ergebnisse	54
4.2.2.7	Fazit	55

4.2.3	Schlauchlining ausgehend vom Hauptkanal	56
4.2.4	Spiralrohrelining	56
4.2.5	Bohrverfahren	57
4.2.5.1	Verfahrensbeschreibung	57
4.2.5.2	Versuchsaufbau	58
4.2.5.3	Grundopit S, gesteuerte Kleinbohranlage	59
4.2.5.4	Grundomat 180, ungesteuerter Erdverdrängungshammer.....	62
4.2.5.5	Ungesteuertes Bohrtec-Bohrverfahren	64
4.2.5.6	Prüfungen und Ergebnisse.....	66
4.2.5.7	Schlussfolgerungen	71
4.2.6	Berstlining	72
4.2.6.1	Verfahrensbeschreibung	72
4.2.6.2	Versuchsaufbau	73
4.2.6.3	Grundoburst	73
4.2.6.4	Schlussfolgerungen	76
4.2.7	Flutungsverfahren	76
4.2.7.1	Verfahrensbeschreibung	76
4.2.7.2	Versuchsaufbau	77
4.2.7.3	Sanipor-Verfahren.....	81
4.2.7.4	STAUBCO-Verfahren.....	81
4.2.7.5	TUBOGEL-Verfahren	92
4.2.7.6	Schlussfolgerungen	98
5	Schlussfolgerungen für die Verfahrensauswahl.....	102
5.1	Inspektionsverfahren	102
5.2	Sanierung	103
6	Zusammenfassung und Fazit.....	108
7	Anhang	112
8	Literatur.....	124

1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

Laut DWA-Umfrage des Jahres 2004 [1] besteht im privaten Entwässerungssystem zukünftig ein erheblicher Handlungsbedarf. Für Grundstückseigentümer leitet sich der Handlungsbedarf aus den Anforderungen aus dem Wasser - und Strafrecht (vgl. StGB [2], WHG [3]) sowie seit dem 01. Januar 1996 auch aus der Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen (BauO NRW) [4] ab. Diese fordert in § 45 Abs. 5 unter anderem, dass die Dichtheit bestehender Anlagen zu prüfen ist. Im Bereich der Anschlusskanäle sind neben den Grundstückseigentümern bei der Instandhaltung auch die öffentlichen Netzbetreiber im Zuge der Umsetzung der SÜwV Kan [5] in der Pflicht, da in Abhängigkeit von der örtlichen Satzung Teile der Anschlusskanäle zur öffentlichen Kanalisation gehören. In Nordrhein-Westfalen sind Anschlusskanäle bei über 50 % der Netzbetreiber bis zur Grundstücksgrenze bzw. dem Revisionsschacht auf dem Grundstück Teil des öffentlichen Netzes [6].

Es ist davon auszugehen, dass Grundstückseigentümer aufgrund mangelnder Fachkenntnisse sowohl bei der Inspektion als auch bei der Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren für Grundleitungen und Anschlusskanäle überfordert sind. Vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) wurde in der Broschüre „Hausanschluss dicht?“ [7] bereits darauf hingewiesen, dass sich eine Unterstützung durch die öffentlichen Netzbetreiber anbietet. Doch auch diese haben mit der Inspektion und Sanierung privater Abwasserleitungen häufig wenig Erfahrung.

Dies veranlasste das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) sowie 14 Kanalnetzbetreiber, das IKT mit dem Forschungsvorhaben „Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle“ (Az. IV-9-041 105 0180) zu beauftragen. In diesem Projekt wurde anhand von Prüfungen bzw. Tests die Qualität von Verfahren zur Inspektion und Sanierung von Anschlusskanälen sowie Grundleitungen untersucht.

Im Falle von zwei Verfahrensgruppen war für die beteiligten Netzbetreiber die Qualität der unterschiedlichen am Markt angebotenen Produkte von besonderem Interesse. Diese Produkte wurden in IKT-Warentests vergleichend getestet. 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 (vgl. [8], [9], [10], [11]). Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Produkte gestellt werden und wie die Produkte vor diesem Hintergrund zu bewerten sind. Im Rahmen des Projektes wurden folgende Warentests durchgeführt:

IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ [12]

Vergleichender Test der Produktqualität von sechs Inspektionssystemen für die Untersuchung von Grundstücksentwässerungsnetzen ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt.

IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ [13]

Vergleichender Test der Produktqualität von acht Schlauchlinern für die Sanierung von Anschlusskanälen und -leitungen ausgehend von der Revisionsöffnung.

Nachfolgend wird auf Basis der durchgeführten Prüfungen bzw. Tests die Qualität von Verfahren zur Inspektion und Sanierung dargestellt. Darauf aufbauend werden Hinweise für den Verfahrenseinsatz in der Praxis gegeben.

Eine besondere Rolle kam im Verlauf des Projektes den 14 beteiligten Kanalnetzbetreibern zu. Mit ihnen wurden in 10 Lenkungskreissitzungen die Projektinhalte, Prüfprogramme und Bewertungskriterien eng abgestimmt. Die praktischen Erfahrungen der Netzbetreiber wurden so direkt in das Projekt einbezogen.

2 Anschlusskanäle und Grundleitungen

Grundleitungen und Anschlusskanäle dienen zur Ableitung von Schmutz- und Regenwasser von Grundstücken in Hauptkanäle. Grundleitungen liegen häufig unter der Bodenplatte von Gebäuden, Anschlusskanäle zwischen dem Hauptkanal und der Grundstücksgrenze bzw. der ersten Reinigungsöffnung auf dem Grundstück. Die Abgrenzung der Eigentumsverhältnisse zwischen privaten und öffentlichen Leitungen wird von den Kommunen in den örtlichen Entwässerungssatzungen geregelt. Grundsätzlich können drei Fälle unterschieden werden (Abb. 1).

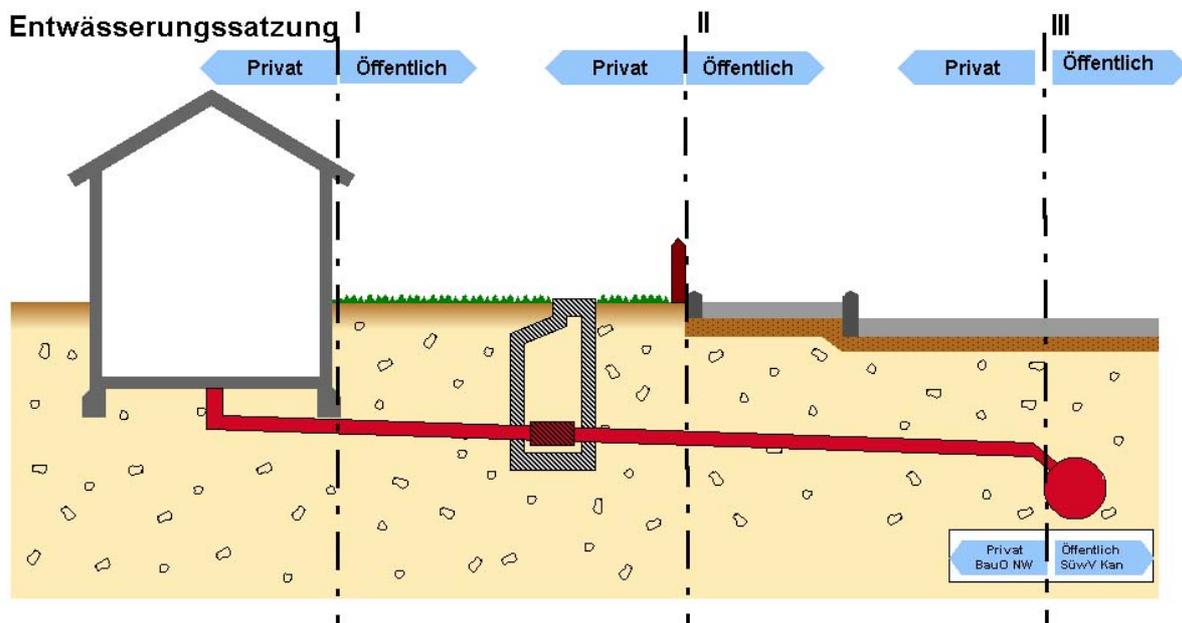


Abb. 1: Eigentumsverhältnisse öffentlich/privat in Abhängigkeit von der Gemeindevorsatzung (aus [14])

- I. Der Anschlusskanal bis zur Gebäudegrenze bzw. der ersten Reinigungsöffnung liegt im Zuständigkeitsbereich des öffentlichen Netzbetreibers.
- II. Der Anschlusskanal bis zur Grundstücksgrenze bzw. einem auf dem Grundstück liegenden Schacht liegt im Zuständigkeitsbereich des öffentlichen Netzbetreibers.
- III. Der komplette Anschlusskanal liegt im Zuständigkeitsbereich des Grundstückseigentümers (hier noch mit der Unterscheidung, ob der Hausanschlussstutzen im privaten oder öffentlichen Zuständigkeitsbereich liegt).

2.1 Technische Grundlagen

In der Grundstücksentwässerung wird das Abwasser an mehreren Orten des Gebäudes gesammelt und i. d. R. durch vertikale Falleleitungen, die meist innerhalb der Wände verlaufen, bis unter die Bodenplatte des Gebäudes geleitet. Dort gehen die Falleleitungen in Grundleitungen über, die das Abwasser zum Anschlusskanal führen (vgl. [15]).

Der Anschlusskanal beginnt mit dem Anschluss an das Grundleitungsnetz. Anschlusspunkte sind Revisionsöffnungen und Revisionschächte im Keller des Hauses oder Revisionschächte auf dem Außengelände des Grundstücks. Der Anschlusskanal endet an der Einbindungsstelle im öffentlichen Netz, z. B. am Anschlussstutzen im Hauptkanal oder an der Anschlussstelle im Schacht.

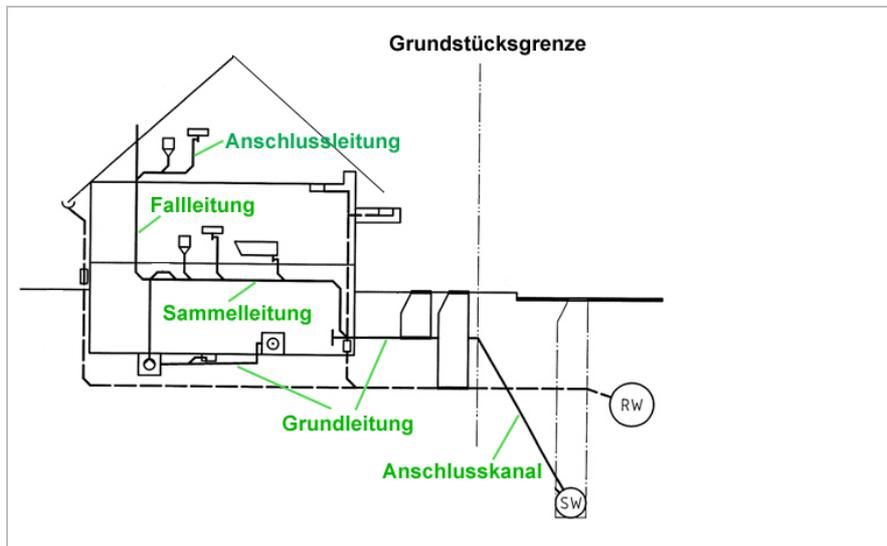


Abb. 2: Leitungen der Grundstücksentwässerung nach [15]

Seit Einführung der europäischen Normung wird zwischen den Bereichen innerhalb und außerhalb des Gebäudes unterschieden. Für den Bereich innerhalb des Gebäudes gilt seit Juni 2000 die DIN EN 12056 [16]. Die Entwässerungssysteme außerhalb des Gebäudes fallen unter die Anforderungen der DIN EN 752 [17]. In der nationalen Normung des DIN gilt für den privaten Bereich die DIN 1986 [15]. In der DIN 1986-100 wird die o. a. europäische Normung für die „deutsche Situation“ konkretisiert. Die DIN 1986-30 gibt Vorschriften zur Instandhaltung von Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke an. Diese Norm orientiert sich weiterhin an der Trennung zwischen privater und öffentlicher Kanalisation. Der Anwendungsbereich endet da-

mit, abweichend von DIN EN 12056, nicht an der Gebäudefront sondern an der Grundstücksgrenze (vgl. Abb. 2).

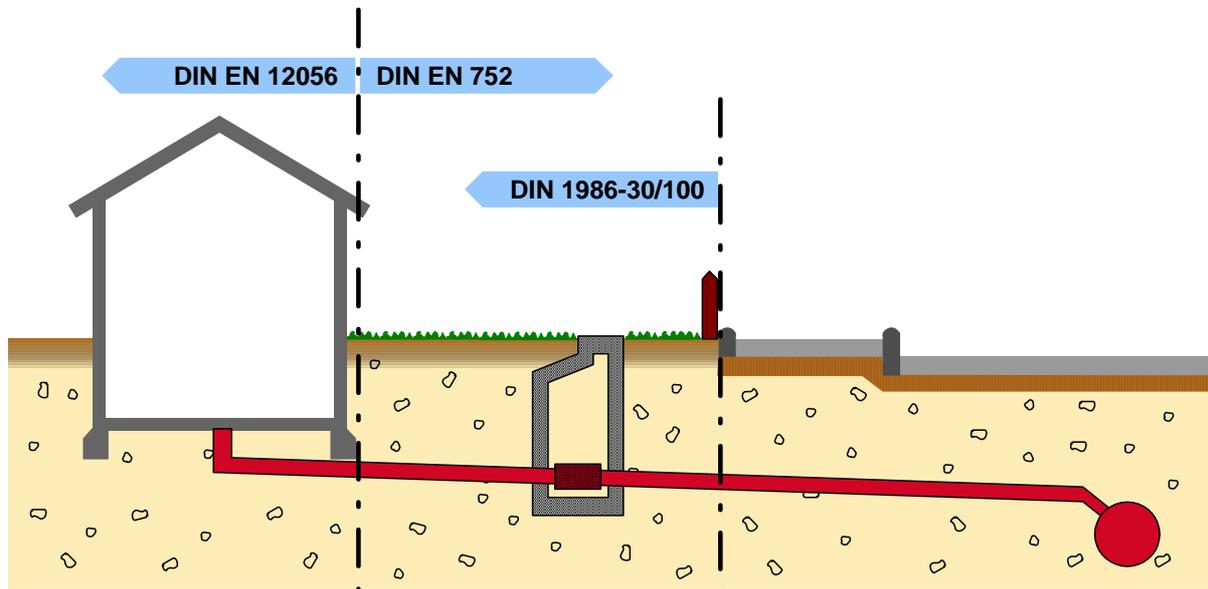


Abb. 3: Anwendungsbereiche der Normen für die Grundstücksentwässerung
 Grundleitungen sind i. d. R. in Nennweiten von DN 100 bis DN 125 ausgeführt, Anschlusskanäle in Nennweiten von DN 100 bis DN 200. Vielfach bestehen Grundleitungen und Anschlusskanäle aus Steinzeug- oder PVC-Rohren. Weiterhin werden auch Gussrohre verwendet. Die Verwendung von Beton in diesen Nennweitenbereichen ist eher unüblich.

Grundleitungen sind durch Bögen, Verzweigungen und geringe Rohrdurchmesser gekennzeichnet. Die Tiefenlage und das Gefälle von Anschlusskanälen werden stark durch die örtlichen Randbedingungen bestimmt. Beim Bau der Anschlusskanäle werden ebenfalls Bögen verwendet, um z. B. den Höhenunterschied zwischen Anschlusspunkt am Hauptkanal und Anschlusspunkt auf dem Grundstück zu überwinden. In der Folge können Anschlusskanäle zahlreiche Gefällewechsel und u. U. extreme geometrische Randbedingungen aufweisen (90°-Bögen). Zum Teil sind Anschlusskanäle mit Dimensionswechseln ausgeführt, insbesondere wenn das Abwasseraufkommen angeschlossener Seitenzuläufe abzuleiten ist.

Erfahrungen zeigen, dass Entwässerungspläne für Grundstücksentwässerungsnetze oft nicht vorliegen oder diese stark vom Bestand abweichen [14], [15], [18]. In der Folge ist der Verlauf von Grundleitungen und Anschlusskanälen häufig unklar. Der

Inspektion und Ortung kommt damit mit Blick auf die Sanierungsvorbereitung eine besondere Bedeutung zu (z. B. Auswahl des geeigneten Inspektionssystems).

2.2 Schadensbilder und Auswirkungen

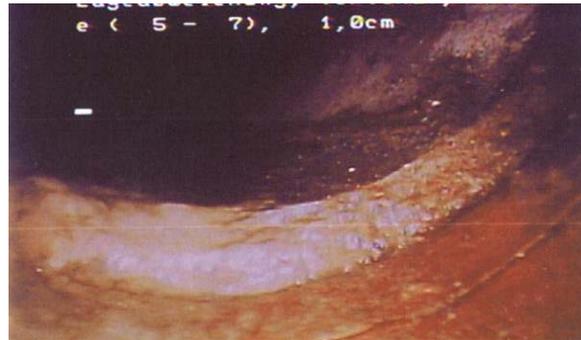
Schäden und Mängel an Grundleitungen und Anschlusskanälen finden sich häufig in Form von Lageabweichungen, Längs- und Querrissen, Scherbenbildungen, Rohrbrüchen, nicht fachgerechten Anschlüssen und Ablagerungen bzw. Abflusshindernissen. Die Ursachen sind vielfältig: Werkstoffalterung, mechanischer Verschleiß, mangelnde Qualität der Bauteile (vgl. auch [8]), Verwendung ungeeigneter Werkstoffe bzw. fehlerhafter Bauteile und nicht fachgerechte Bauausführung.

Lageabweichungen können in Form von vertikalen und horizontalen Versätzen (z. B. Muffenversätzen), als Axialverschiebungen und auch als Ausbiegungen bzw. Unterbögen auftreten. Sie können die Funktionsfähigkeit durch z. B. Gegengefälle stören. Risse treten hauptsächlich bei biegesteifen Rohren auf. Grundlegend können Längsrisse, Querrisse und Risse von einem Punkt ausgehend unterschieden werden. Ein Riss kann sich zur Scherbenbildung aufweiten und langfristig einen Rohrbruch oder sogar Einsturz verursachen. Abflusshindernisse, z. B. verfestigte Ablagerungen und Wurzeleinwüchse, verringern die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanals. Im Extremfall entsteht eine Verstopfung (vgl. [19])

Vor allem die Anbindung des Anschlusskanals an andere Bauwerke, z. B. an den Hauptkanal stellt meist eine Schwachstelle dar und ist vermehrt schadhaft. Die nachträgliche Abdichtung der Anschlüsse kann zu einer besonderen Herausforderung werden (vgl. [9]). In Abb. 4 sind beispielhaft einige Schadensbilder dargestellt.



A: Querriss



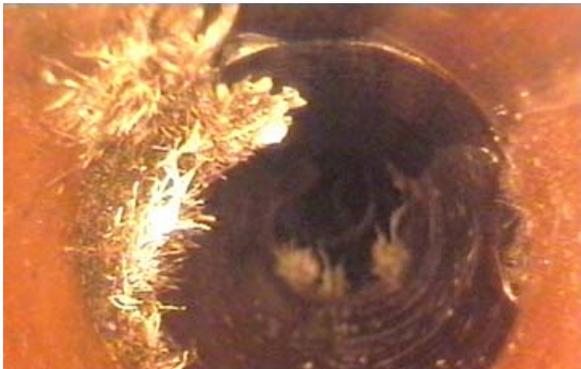
B: Vertikale Lageabweichung



C: Riss- und Scherbenbildung



D: Nicht fachgerechter Anschluss



E: Wurzeleinwuchs



F: Verfestigte Ablagerungen



G: Fehlendes Rohrstück



H: Abflusshindernis

Abb. 4: Schadensbilder, Beispiele A - H

Erfahrungen von Kanalnetzbetreibern verdeutlichen die Häufigkeit der in Grundleitungen und Anschlusskanälen auftretenden Schäden (vgl. [20], [21], [22], [23], [24], [25]). Beispielhaft wurde im Rahmen dieses Projektes eine Detailauswertung bzgl. der Schadensbilder in Anschlusskanälen und der Geometrien von Anschlusskanälen nach [22] durchgeführt. Hierzu konnte auf bereits vorliegende Inspektionsberichte und Bilddokumentationen aus [22] zurückgegriffen werden.

Insgesamt wurden Inspektionsunterlagen von 328 Schacht- und Kanalanschlussleitungen ausgewertet; 304 der 328 untersuchten Anschlusskanäle wiesen Schäden auf. Der Anteil der defekten Anschlusskanäle lag somit bei ca. 93 %. Überwiegend wurden Anschlusskanäle aus Steinzeug (ca. 94 %), ein geringer Anteil aus PVC (ca. 5,5 %) und lediglich ein Anschlusskanal aus Beton vorgefunden. Ein Materialwechsel von Steinzeug auf PVC wurde in einem Anschlusskanal festgestellt. Überwiegend wurde als Durchmesser der Kanäle DN 150 dokumentiert; bei zwei Anschlusskanälen wurde der Durchmesser mit DN 125 und einmal mit DN 250 angegeben. In Abb. 5 ist die Verteilung der festgestellten Schadensbilder bzw. Mängel dargestellt.

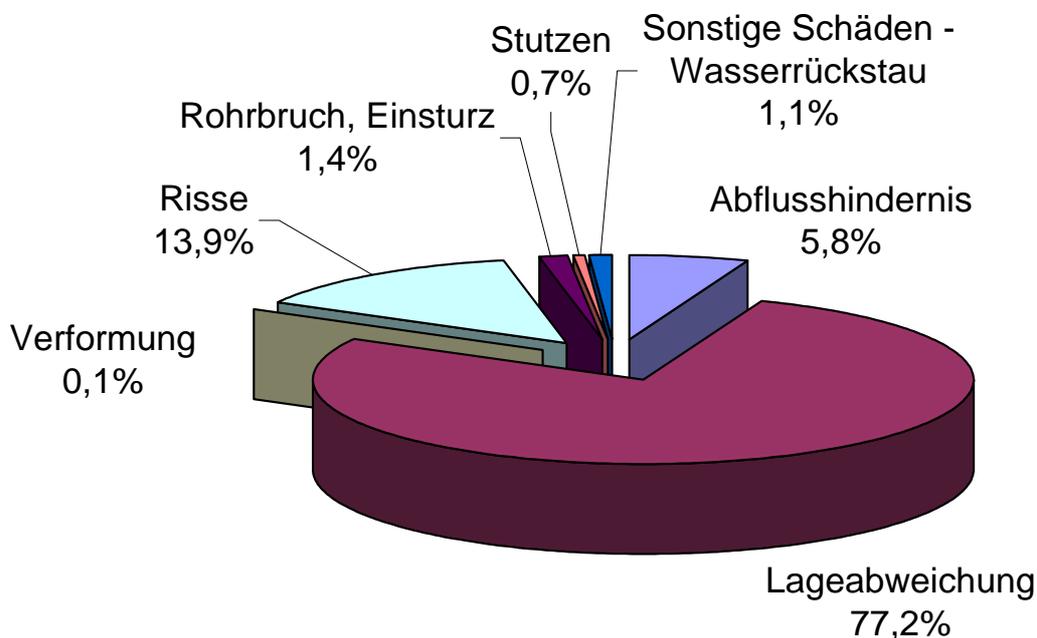


Abb. 5: Schadensbilder und Mängel in Anschlusskanälen, Datengrundlage 304 Anschlusskanäle, Auswertung auf Basis von [22]

Das hauptsächlich festgestellte Schadensbild ist die Lageabweichung. Risse und Abflusshindernisse sind weitere Schadensbilder bzw. Mängel, die häufiger vorgefunden wurden. Vergleichsweise selten lagen Rohrbrüche bzw. Einstürze, sonstige Schäden mit Wasserrückstau, schadhafte Stutzen und Verformungen vor. Die Schadensgruppen Lageabweichung, Risse, Abflusshindernisse und Rohrbruch bzw. Einsturz wurden noch weiter in Einzelschäden unterteilt, die in nachfolgender Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 1: Einzelschäden in den Schadensgruppen, Datengrundlage 304 Anschlusskanäle, Auswertung auf Basis von [22]

Schadensgruppe	Einzelschäden	Prozentuale Anteile
Lageabweichung (77,2 %)	Vertikaler Versatz	61 %
	Ausbiegung/ Unterbogen	31 %
	Horizontaler Versatz	4 %
	Axialverschiebung	4 %
Risse (13,9 %)	Scherbenbildung	55 %
	Querriss	33 %
	Längsriss	9 %
	Risse im Verbindungsbereich	2 %
	Risse, von einem Punkt ausgehend	1 %
Abflusshindernisse (5,8 %)	Geröll	27 %
	Abflusshindernis, allgemein	23 %
	Wurzeleinwuchs	21 %
	Einragende Dichtung	9 %
	Verfestigte Ablagerungen	8 %
	Sand	8 %
	Einragende Abflusshindernisse	4 %
Rohrbruch (1,4 %)	Fehlendes Rohrstück	42 %
	Fehlende Scherbe	32 %
	Einsturz	21 %
	Fehlendes Wandungsteil	5 %

In 25 Anschlusskanälen musste die Inspektion wegen vorliegender Hindernisse (z. B. Rohrbrüche, Versätze, verschlossene Leitungen oder Wasserrückstau) abgebrochen werden. In diesen Fällen war somit keine komplette Aufnahme des Anschlusskanals möglich.

Die untersuchten Anschlusskanäle wiesen zahlreiche vertikale Bögen auf, die den Höhenunterschied zwischen Hauptkanal und jeweiliger Anschlussstelle auf dem Grundstück ausglich. Insgesamt wurden in den 328 Anschlusskanälen 401 Bögen vorgefunden. In nachfolgender Tabelle sind die Bogenwinkel, deren prozentualer Anteil an den vorgefundenen Bögen sowie die Anzahl der Anschlusskanäle, in denen die jeweiligen Bögen festgestellt wurden, dargestellt.

Tabelle 2: Bögen in den Anschlusskanälen, Datengrundlage 328 Anschlusskanäle, Auswertung auf Basis von [22]

Bogen	Prozentuale Anteile an den Gesamtbögen (401 Bögen = 100 %)	Anzahl der Anschlusskanäle
15°-Bogen	ca. 14 % (56 Stück)	50 Stück
30°-Bogen	ca. 25 % (100 Stück)	89 Stück
45°-Bogen	ca. 40 % (161 Stück)	130 Stück
90°-Bogen	ca. 21 % (84 Stück)	78 Stück

In ca. 73 % der Anschlusskanäle wurden Bögen festgestellt. Ein Bogen wurde in ca. 34 %, zwei Bögen in ca. 31 %, drei Bögen in ca. 8 % und vier bzw. fünf Bögen in unter 1 % der Kanäle vorgefunden. Lediglich ca. 27 % der Anschlusskanäle wiesen keine Bögen auf (Abb. 6).

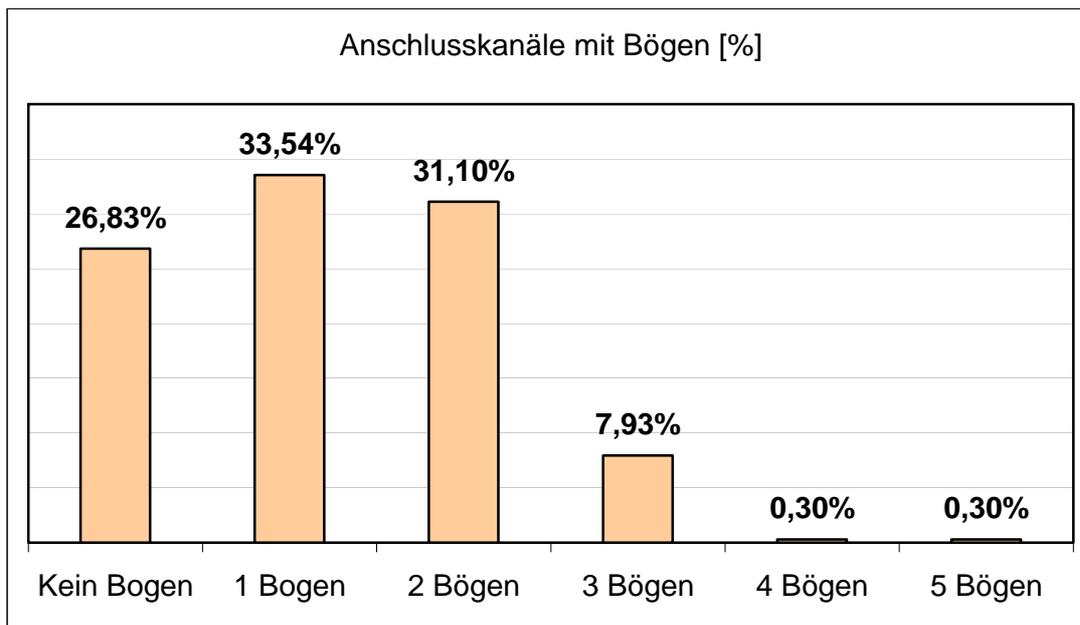


Abb. 6: Bögen in Anschlusskanälen, Datengrundlage 328 Anschlusskanäle, Auswertung auf Basis von [22]

Der Zustand von Grundleitungen und Anschlusskanälen kann unterschiedliche Auswirkungen nach sich ziehen.

Funktionsfähigkeit: Eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit durch Verstopfungen und Abflusshindernisse (z. B. durch Wurzeleinwuchs) kann einen Wasserrückstau mit resultierenden Kellerüberflutungen verursachen. Schadensersatzforderungen durch den Bürger mit oftmals langwierigen Rechtsstreitigkeiten sind möglich.

Fremdwasser: Über Leckagen im Bereich von Anschlusskanälen und Grundleitungen kann Fremdwasser in die Kanalisation einfließen. Dies führt zu einer quantitativen Mehrbelastung der Kläranlagen und damit zu höheren direkten Kosten (z. B. Pumpwerkskosten) bzw. indirekten Kosten (z. B. Beiträge an den Kläranlagenbetreiber) mit Auswirkungen auf die Gebührenentwicklung. Gleichzeitig können Umweltbelastungen durch eine geringere Reinigungsleistung der Kläranlage bzw. Abschlag von ungeklärtem Abwasser in den Vorfluter entstehen.

Standicherheit: Zufließendes Fremdwasser kann Bodenauswaschungen und somit Hohlraumbildung zur Folge haben, was zur Gefährdung der Standicherheit von Kanälen und Leitungen führen kann. Daraus resultierende Schäden verursachen erhöhte Kosten für die bauliche Instandsetzung.

Abwasserexfiltration: Über schadhafte Kanäle und Leitungen exfiltrierendes Abwasser kann den anstehenden Boden und das Grundwasser belasten. Insbesondere gewerbliche und industrielle Netze können – vor allem in Wasserschutz-zonen – mit einem besonderen Gefährdungspotential verbunden sein.

2.3 Schlussfolgerungen

Die dargestellten Besitzverhältnisse und technischen Grundlagen sowie die beobachteten Schadensbilder und Auswirkungen lassen folgende wesentliche Schlussfolgerungen zu:

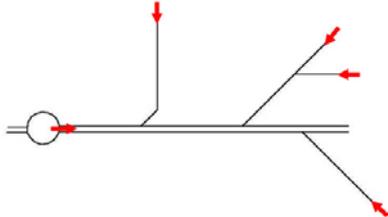
- Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen öffentlichem und privatem Netz ist eine Unterstützung des Bürgers durch den öffentlichen Netzbetreiber bei der Inspektion und Sanierung der Grundleitungen und Anschlusskanäle sinnvoll (vgl. auch [7], [22], [24]).
- Grundleitungen sind i. d. R. durch Bögen, Verzweigungen und geringe Rohrdurchmesser gekennzeichnet. Auch bei Anschlusskanälen ist zum Teil mit einem extremen Verlauf (Gefällewechsel, Bögen und Dimensionswechsel) zu rechnen. Oft liegen keine Entwässerungspläne vor oder diese weichen stark vom Bestand ab. Hier sind entsprechende Inspektionssysteme erforderlich, mit denen der Zustand und Verlauf von Grundstücksentwässerungsnetzen aufgeklärt werden können.
- Aus der Häufigkeit der in Grundleitungen und Anschlusskanälen auftretenden Schäden und der daraus resultierenden möglichen Auswirkungen folgt auch für diese Leitungssysteme ein bedeutsamer Sanierungsbedarf. Dies fordert entsprechend ausgereifte Verfahren, um flächendeckend eine qualitativ hochwertige Sanierung zu ermöglichen.

3 Inspektion

3.1 Techniken und Systeme

Grundstücksentwässerungsnetze lassen sich ausgehend von Anschlussstellen bzw. Zugangspunkten auf dem Grundstück inspizieren. 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 Falleleitungen, sanitäre Anlagen und Bodenabläufe, ist i. d. R. mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Als Techniken kommen geschobene Geräte (Schiebekamera) und selbstvortreibende Geräte (Fahrwagenkamera, Satellitenkamera, Spülkamera) zum Einsatz. Nachfolgende Tabelle stellt diese Systeme dar.

Tabelle 3: „Herkömmliche“ Verfahren zur Inspektion

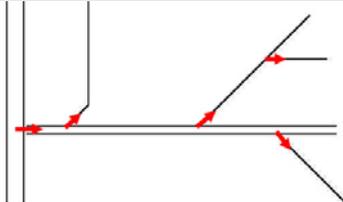
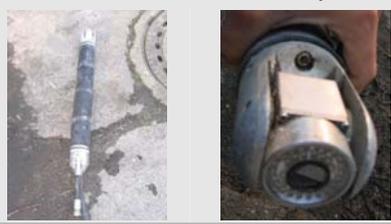
Einsatz über mehrere Anschlussstellen bzw. Zugangspunkte auf dem Grundstück	
	
Verfahren	Funktionsbeschreibung
Schiebekamera, z. B. Kamera mit Schiebestab 	Schiebekameras wurden vor allem für den Einsatz in Leitungen mit geringen Nennweiten entwickelt. Mit einigen Modellen ist eine Inspektion von Leitungen mit einem Durchmesser von DN 40 möglich, z. B. ausgehend vom Ablauf eines Waschbeckens. Die Kameras werden mittels flexibler Stangen oder eines sogenannten Röhrenaals vorgeschoben. Starre (axiale) sowie dreh- und schwenkbare Kameraköpfe sind erhältlich.
Fahrwagenkamera, z.B. Fahrwagen mit Dreh-/Schwenkkopf 	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.
Satellitenkamera [26] 	Die Satellitenkamera ergänzt die Kamera auf dem Fahrwagen um einen zusätzlichen Kamerakopf, der ausgehend vom Hauptkanal in Anschlusskanäle eingelenkt und durch einen Antriebsmechanismus, der auf dem Fahrwagen installiert ist, weiter vorgeschoben werden kann.
Spülkamera 	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 außer zum Vortrieb zusätzlich zur Reinigung der Leitungen.

Die Thematik der Zustandserfassung von Hausanschluss- und Grundleitungen mit „herkömmlichen“ Inspektionstechniken ist umfassend in [14] dargestellt.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Inspektionstechniken erlauben es neu entwickelte Inspektionssysteme, weite, auch verzweigte Netzbereiche ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt (z. B. Revisionsschacht) zu inspizieren. Störungen, z. B. durch Demontage sanitärer Einrichtungen, lassen sich so vermeiden [27], [28]. 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.

Im Rahmen dieses Projektes wurden sechs dieser Inspektionssysteme einem vergleichenden Warentest unterzogen [12]. Nachfolgende Tabelle stellt diese Systeme dar.

Tabelle 4: Getestete Systeme zur Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen

Einsatz ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt (z. B. Hauptkanal, Revisions-schacht), Inspektion des gesamten Netzes entgegen der Fließrichtung	
	
System	Funktionsbeschreibung
Aaligator 	Der „Aaligator“ ist ein hydraulisch angetriebenes Kamerasystem. Die Antriebseinheit besitzt einen Kranz hydraulischer Düsen. Die Optik-Einheit besteht aus einer Axialkamera und hat seitlich strahlende Düseneinsätze, so dass sich das System seitwärts bewegen kann. Gleichzeitiges, manuelles Drehen des Hochdruckschlauches ermöglicht ein Abbiegen in abzweigende Leitungen.
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 	Der hydraulisch angetriebene „Göttinger ZK-Kanalwurm 70/500“ hat u. a. einen Packer und eine in den Kopf des Packers integrierte Axialkamera. Das System kann seitlich um bis zu 90° abgewinkelt werden, wodurch der Wurm bei gleichzeitigem Vorschub in abzweigende Leitungen eingefahren wird. Neben seiner Funktion als Inspektionseinheit kann der Kanalwurm als Absperrblase für Dichtheitsprüfungen eingesetzt werden.
Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf 	Das Nachfolgemodell des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500 hat die Eigenschaften des „alten“ Wurm-Modells und gestattet durch die Dreh-/ Schwenkkopf-Kamera zusätzlich das Abschwenken von z. B. Schäden. Weiterhin ist dieses Modell mit einer Front-Spüleinrichtung ausgestattet, wodurch die Säuberung der Kamerateinrichtung ermöglicht werden soll.
Göttinger ZK-Kanalwurm 50/300 	Der Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini) ist die kleinere Version des Göttinger-ZK-Kanalwurms 70/500. Der kleine Wurm wurde speziell für die Inspektion von Leitungen mit sehr kleinen Nennweiten entwickelt. Der kurze Packer ist mit einer Axialkamera ausgestattet. Der Wurm kann stufenlos in vier Richtungen um bis zu 90° abgewinkelt werden. Das Abschwenken von z. B. Schäden und Dichtheitsprüfungen sind nicht möglich.
Lindauer Schere (mini) 	Die Lindauer Schere (mini) besteht aus einer Dreh-/Schwenkkopf-Kamera und daran montierter, ausfahrbarer Scherenmechanik. Bei der Erfassung einer abzweigenden Leitung wird der Kamerakopf in Richtung des aufzunehmenden Abzweiges gelenkt und die Schere ausgefahren. So wird das System beim weiteren Vorschub in den Abzweig abgelenkt. Danach wird die Schere wieder zurückgezogen.
ORION L (Kieler Stäbchen) 	Die ORION L (Kieler Stäbchen) besteht aus einer Dreh-/Schwenkkopf-Kamera und daran befestigtem Glasfaserstab. Dieser ist nicht teleskopierbar. Die ORION L wird mit Hilfe des Glasfaserstabes in die abzweigende Leitung eingefädelt und beim weiteren Vorschub eingeführt. Der Glasfaserstab befindet sich permanent im Aufnahmebereich.

3.2 IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“

Die in Tabelle 4 bereits dargestellten Inspektionssysteme wurden in einem IKT-Warentest getestet: Aaligator der Schwarz Umweltservice GmbH in Bielefeld (www.schwarz-umweltservice.de), Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500, Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf und Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini) der IMS Robotics GmbH in Ottendorf-Okrilla (www.ims-robotics.de), Lindauer Schere (mini) der JT-elektronik GmbH in Lindau (www.jt-elektronik.de) und ORION L (Kieler Stäbchen) der IBAK Helmut Hunger GmbH Co. KG in Kiel (www.ibak.de). Alle getesteten Systeme erlauben eine Erfassung von Grundstücksentwässerungsnetzen ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt.

In IKT-Warentests werden am Markt angebotene Produkte vergleichend bewertet, Verbesserungspotentiale aufgezeigt und gleichzeitig ein entsprechender Marktdruck aufgebaut, damit diese Potentiale von den Produkthanbietern 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.

Die Inhalte und Ergebnisse des **IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“** sind ausführlich in [12] beschrieben. Nachfolgend werden diese zusammengefasst.

Im Rahmen des Tests fanden insgesamt sieben Arbeitssitzungen mit den beteiligten Netzbetreibern 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]). Die Schwerpunkte Qualitätssicherung und Systemprüfung bilden die Grundlage der Prüfurteile. Die In-situ-Untersuchung fließen aufgrund der in situ nicht vergleichbaren Randbedingungen nicht in die Ermittlung der Prüfurteile ein, sondern werden als Zusatzinformationen berücksichtigt.

3.2.1 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? Das Ergebnis einer Inspektion ist auch abhängig vom Zusatzangebot des Systemanbieters (z. B. Schulungen). Weiterhin ist von Bedeutung, inwieweit die Systeme mit Zusatzfunktionen (z. B. Reinigungsfunktion) ausgestattet sind, welche bei der Inspektionsarbeit hilfreich sein können.

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 einer möglichen **Peilung** des Systems gebeten. Weiterhin wurden Informationen zu den vorhandenen bzw. nachrüstbaren Reinigungsfunktionen angefragt. Hierbei ist bewusst zwischen der **Reinigung beim Einsatz von der Revisionsöffnung** und der **Reinigung beim Einsatz aus dem Hauptkanal** unterschieden worden. Insgesamt ergeben sich somit sieben Bewertungsfälle. Die gelieferten Unterlagen und die Angaben der Systemanbieter wurden vom IKT ausgewertet und anschließend bewertet.

Die Bewertung der „Qualitätssicherung der Systemanbieter“ fließt zu 30% in das Prüfurteil ein. Die sieben Bewertungsfälle 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 entsprechenden Angebotes bzw. der Funktion. Die Bewertungsfälle fließen zu gleichen Teilen in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Systemanbieter“ ein.

3.2.2 Systemprüfungen

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

Zur Systemprüfung der Verfahren wurden drei vergleichbare Leitungsnetze mit definiert eingebrachten Schäden im Großversuchsstand des IKT aufgebaut (Abb. 7, Abb. 8, Abb. 9, Abb. 10). Nach einer Voruntersuchung fand die Systemprüfung statt. Zwei

der drei Grundstücksentwässerungsnetze wurden mit einem Flutungsverfahren (Netz 1, Netz 2) saniert (vgl. 4.2.7). Somit war es möglich, die Inspektionssysteme sowohl in sanierten Netzen, entsprechend einer Abnahmeuntersuchung, als auch in einem nicht sanierten Netz (Netz 3), entsprechend einer Inspektion zur Sanierungsvorbereitung, einzusetzen.

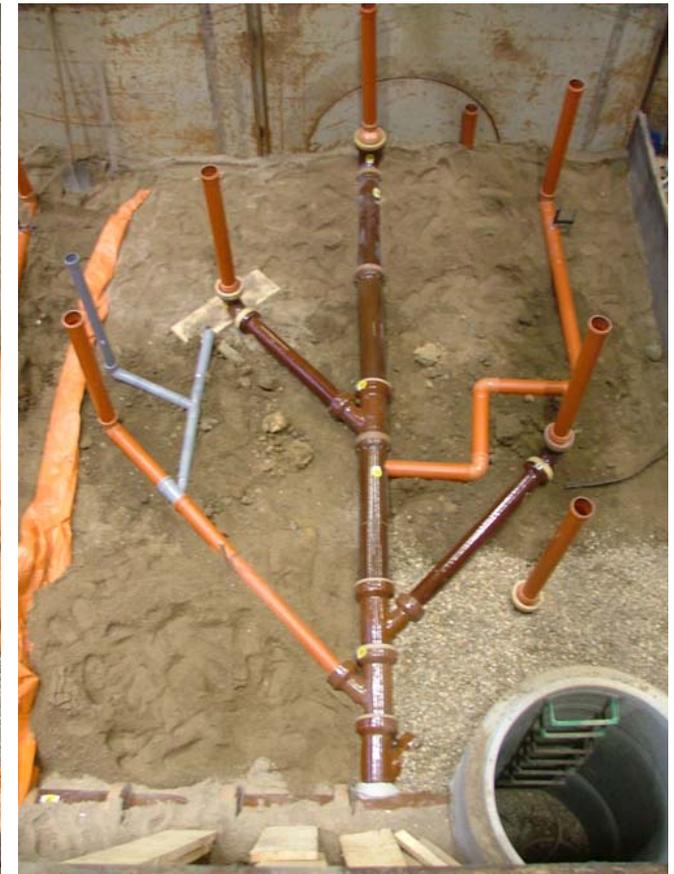
Abb. 7: Netz 1: Grundstücksentwässerungsnetz und Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau



Abb. 8: Netz 2: Grundstücksentwässerungsnetz und Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau



Abb. 9: Netz 3: Grundstücksentwässerungsnetz und Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau



			
Nicht fachgerechter Anschluss mit Mörtelummantelung	Vertikaler Versatz	Querriss	Nicht fachgerechter Anschluss
			
Längsrisse (Länge je Riss ca. 10 cm)	Scherbenbildung	Längsriss (Länge ca. 30 cm)	Unterbogen
			
Stanzloch	Vertikale Verformung, ca. 10%	Verschlossenes Rohrende	Fehlende Dichtungen an allen Rohrübergängen aus PVC

Abb. 10: Übersicht der in die Grundstücksentwässerungsnetze eingebrachten Schäden bzw. Mängel

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, der **Erfassungsgrad** und die **Erfassungsqualität**.

Die **Einsatzfähigkeit** der Systeme zeigt, inwieweit die Systeme in der Lage waren, die verschiedenen Netzbereiche zu befahren. In Abb. 11 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 %.

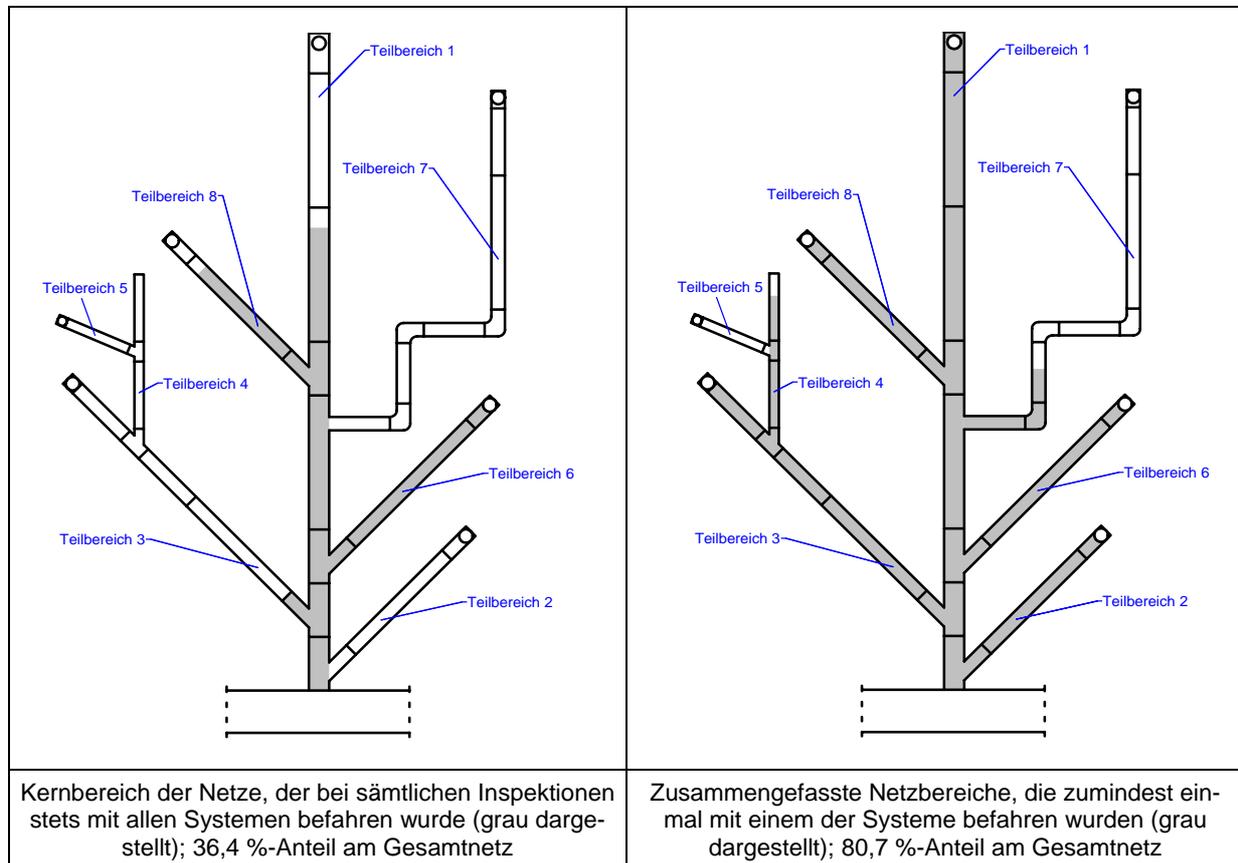


Abb. 11: Einsatzfähigkeit der Systeme

Der **Erfassungsgrad** beschreibt, wie viele der sanierten (Netz 1, Netz 2) und nicht sanierten (Netz 3) Schadensstellen in den befahrenen Bereichen der drei Netze mit den Kameras aufgenommen wurden und somit auf den Filmaufnahmen zu erkennen sind.

In Abb. 12 sind die im Kernbereich der Netze (vgl. Abb. 11) 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. 11) liegen und zumindest einmal auf einem der Befahrungsfilme zu erkennen sind. Deren Anteil an allen im zusammengefassten Netzbereich befindlichen Schadensstellen beträgt 100 %.

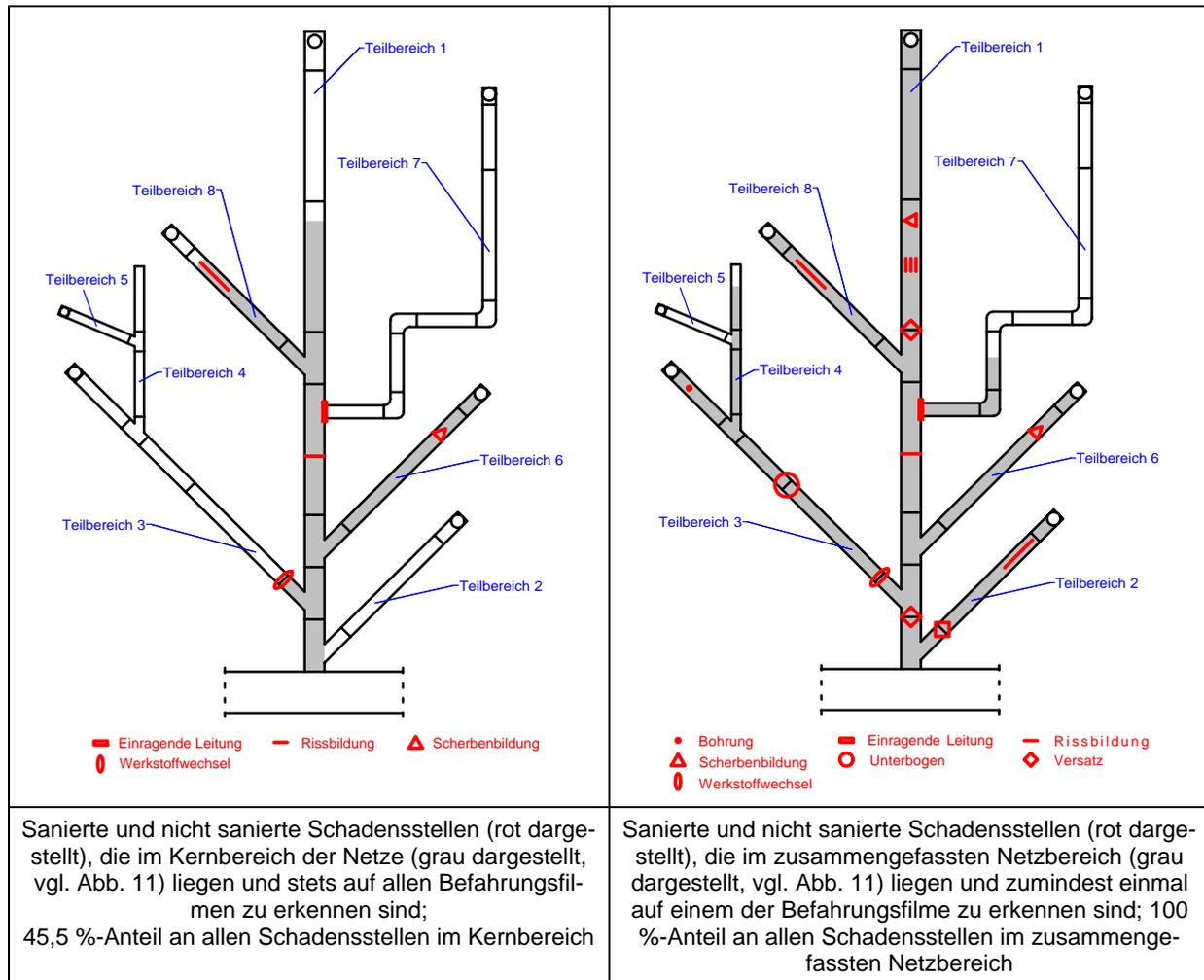


Abb. 12: Erfassungsgrad der Systeme

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, also die **Erfassungsqualität**, eine entsprechende Güte besitzen. Im Rahmen des Tests wurde die Qualität der gelieferten Filme, Haltungsprotokolle und Leitungspläne beurteilt.

Der Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfung“ (Bewertungsfälle „Einsatzfähigkeit“, „Erfassungsgrad“ und „Erfassungsqualität“) geht mit 70% in das Prüfurteil ein. Die **Bewertung der Systemprüfung** erfolgt auf Grundlage der Einsätze der Inspektionssysteme im Großversuchsstand.

Bei der „Einsatzfähigkeit“ wird der prozentuale Anteil der befahrenen Netzbereiche am Gesamtnetz bewertet. 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.

Beim „Erfassungsgrad“ wird der prozentuale Anteil der erfassten sanierten bzw. nicht sanierten Schadensstellen an allen Schadensstellen in den befahrenen Netzbereichen bewertet. Sind 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 drei Bewertungsfälle „Einsatzfähigkeit“, „Erfassungsgrad“ und „Erfassungsqualität“ fließen zu gleichen Teilen ($1/3 \approx 33,3\%$) in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „*Systemprüfung*“ ein, für den ebenfalls Gesamtnoten von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“ vergeben werden

3.2.3 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 wurden die Ergebnisse der Systemprüfungen auf Plausibilität überprüft. Insbesondere konnten Eindrücke zur Handhabbarkeit der Systeme unter In-situ-Bedingungen (z.B. Verkehr, Wetter, Zeitdruck), der Reichweite, Bogen- und Abzweigängigkeit, der Schadenserfassung sowie der grundsätzlichen Eignung für die Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen gewonnen werden.

Die In-situ-Untersuchungen zeigten, 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. Die Systeme machten hinsichtlich der Reichweite, Bogen- und Abzweigängigkeit einen guten Eindruck. Teilweise wurden Schäden detailliert aufgenommen. Allerdings war dies nicht mit allen Systemen möglich.

3.2.4 Test-Ergebnisse

Stärken und Schwächen der Inspektionssysteme variieren.

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

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.

Tabelle 5: 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**	1,8	1,8	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	+	+	-	-	-	0
Reichweite, Bogen- + Abzweigängigkeit	+	+	+	+	+	+
Schadenserfassung	+	+	Dokumentation nicht geliefert	0	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°-Stützen 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 Fahrzeug-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 Fahrzeug
Kabellänge/Reichweite	60 m, mit Fahrzeug 33 m	Schiebebetrieb: 40 m; Spülbetrieb: 120 m	80 m	80 m	45 m	200 m
Zusatzfunktionen	Montage einer Reinigungsdüse, mit Fahrzeug 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 Fahrzeug 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 Absperrn von Seitenzulaufen möglich)	Inspektionssystem mit Absperrtechnik (Absperrn von Seitenzulaufen möglich)	Inspektionssystem speziell für sehr kleine Nennweiten (bis DN 70 im Test)	Inspektionssystem mit starker Reinigungsfunktion (zusätzliche seitlich abstrahlende Düsenansätze 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

 IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
 45886 Gelsenkirchen
 Exterbruch 1

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

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

3.3 Ergänzende Untersuchungen

Ergänzend zu der vergleichenden Prüfung der Inspektionssysteme wurden die In-situ-Einsätze des IKT-Warentests auch genutzt, um die Arbeitsweise und -qualität der Inspektoren zu untersuchen. Weiterhin wurde in situ der Einsatz von Hilfsmitteln (Peilgeräte, ASYS - Automatisches System zur Kanalerfassung und Ortung) zur Erfassung von Leitungsverläufen betrachtet.

Die von den Inspektoren erstellten Dokumentationen (Haltungsprotokolle, Leitungspläne, Befahrungsfilme) wurden ausgewertet und die Ergebnisse der Befahrungen miteinander verglichen. Die Auswertung zeigte, dass für die Inspektion derselben Entwässerungsnetze von verschiedenen Inspektoren unterschiedliche Angaben zu den Zuständen gemacht worden waren. In der Regel wurden unterschiedliche Leitungslängen und teilweise unterschiedliche Nennweiten und Bögen dokumentiert. Darüber hinaus wurden unterschiedliche Angaben zu den vorliegenden Schäden gemacht. Die Ansicht der Inspektionsfilme offenbarte, dass die Inspektoren häufig nicht alle der in den Leitungen vorliegenden Schäden in die Protokolle aufgenommen hatten. Vor diesem Hintergrund ist mit fehlerhaften Leitungsplänen zu rechnen, in denen der Leitungsverlauf nicht der Realität entspricht.

In situ wurde während einer Inspektion ein Peilgerät zur Ortung des Peilsenders im Inspektionssystem eingesetzt. Es wurde deutlich, dass bei dieser Peilung in Wänden und Böden verlegte Leitungen bzw. Kabel störend wirken und z. B. verschlossene Türen eine Peilung verhindern können. Die Ermittlung des exakten Verlaufs von Leitungsnetzen ist bei dieser Art der Peilung mit erheblichem Zeitaufwand verbunden und verursacht entsprechende Personalkosten. Diese Technik erscheint damit zur genauen Verlaufserfassung weniger geeignet, ermöglicht aber die „grobe“ Einschätzung des Verlaufs durch das Setzen von Peilpunkten.



Abb. 13: Peilung der ORION L beim Einsatz in Würzburg (aus [12])

Eine genaue Erfassung von Leitungsverläufen soll das neu entwickelte System ASYS (Automatisches System zur Kanalverlaufserfassung und Ortung) der JT Elektronik GmbH ermöglichen. Mit diesem System wird der Leitungsverlauf automatisch während der Inspektion dokumentiert. Laut Anbieter ermöglichen Sensoren im Kamerakopf eine dreidimensionale Positionsbestimmung der Kamera im Raum. Die Positionsbestimmung an Abzweigen und Bögen soll die Erstellung eines horizontalen und vertikalen bis auf 5 cm genauen Leitungsplans gestatten. Die In-situ-Untersuchung des Systems bestätigte die grundsätzliche Einsatzfähigkeit. Allerdings traten während der Inspektion noch Probleme mit der eingesetzten Technik auf, z. B. durch Programmabstürze.

3.4 Schlussfolgerungen

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. Ergänzend wurden während der In-situ-Untersuchungen des Tests die Arbeitsweise und -qualität der Inspektoren untersucht und Möglichkeiten zur Erfassung von Leitungsverläufen betrachtet.

Aus den Untersuchungen der Inspektionssysteme lassen sich folgende wesentlichen Beobachtungen und Schlussfolgerungen festhalten:

- Der IKT-Warentest zeigt grundsätzlich, dass am Markt mittlerweile qualitativ hochwertige Inspektionssysteme angeboten werden, die eine Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen ausgehend von einem einzelnen Punkt ermöglichen. Die von der Industrie entwickelten Systeme erfüllen die Anforderungen der Netzbetreiber weitgehend, 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. Die Entscheidung für oder gegen ein System muss die Randbedingungen der Inspektionsaufgabe und die eigenen Ansprüche an das Inspektionsergebnis berücksichtigen.
- Die In-situ-Untersuchungen bestätigten, dass alle Inspektionssysteme für die Zustandserfassung von Grundstücksentwässerungsnetzen grundsätzlich geeignet sind. Unterschiede wurden vor allem in der körperlichen Beanspruchung der Techniker bei der Handhabung, z. B. Vorschub und Rückzug, der Inspektionssysteme festgestellt. Die Systeme machten hinsichtlich der Reichweite, Bogen- und Abzweigängigkeit einen guten Eindruck.
- Die ergänzenden Untersuchungen offenbarten zum Teil erhebliche Schwächen bei der Dokumentation durch die Inspektoren. Zum Beispiel werden Bogenwinkel und Schäden i. d. R. ohne weitere Hilfsmittel nach Einschätzung des Inspektors angegeben. Hier kann auch langjährige Berufserfahrung Fehlangaben nicht verhindern. Da auf Basis der Inspektionsergebnisse der Kanalzustand bewertet wird und diese Bewertung u. U. die Grundlage für eine Sanierungsplanung darstellt, sind Verbesserungen bzgl. der Dokumentation zwingend erforderlich, z. B. durch Schulungen für Inspektoren.

- Weiterhin zeigten die ergänzenden Untersuchungen, dass die Verwendung von Peilsendern und Peilgeräten zur kontinuierlichen Erfassung von Leitungsverläufen weniger geeignet ist. Jedoch kann hierdurch der Leitungsverlauf durch Aufnahme einzelner Peilpunkte „grob“ eingeschätzt werden. Sofern die beim Einsatz des Systems ASYS (Automatisches System zur Kanalverlaufserfassung und Ortung) aufgetretenen Probleme überwunden werden, bietet sich hier die Perspektive, auch komplexe und schwer zugängliche Leitungsverläufe zukünftig genauer zu erfassen.

4 Sanierung

4.1 Vorbereitung und Verfahrensgruppen

Als Grundlage und zur Vorbereitung der Sanierung werden die Leitungen zunächst gereinigt und inspiziert. Eine Dichtheitsprüfung gibt Aufschluss über das Ausmaß etwaiger Undichtigkeiten.

Zur **Reinigung** verschmutzter Leitungen wird i. d. R. das Hochdruckspülverfahren angewendet. Im Falle von Inkrustationen und Verstopfungen kommen mechanische Reinigungsgeräte, Fräsroboter oder Spiralmaschinen zum Einsatz. Mit dem Fräsroboter werden Ablagerungen ferngesteuert unter Kamerabeobachtung entfernt. Die Spiralmaschine besteht aus einem Gestänge (z. B. aus Fieberglas), an dem zur Beseitigung von Ablagerungen verschiedene Aufsätze montiert werden können (Spiralketten, Bohrer usw.).

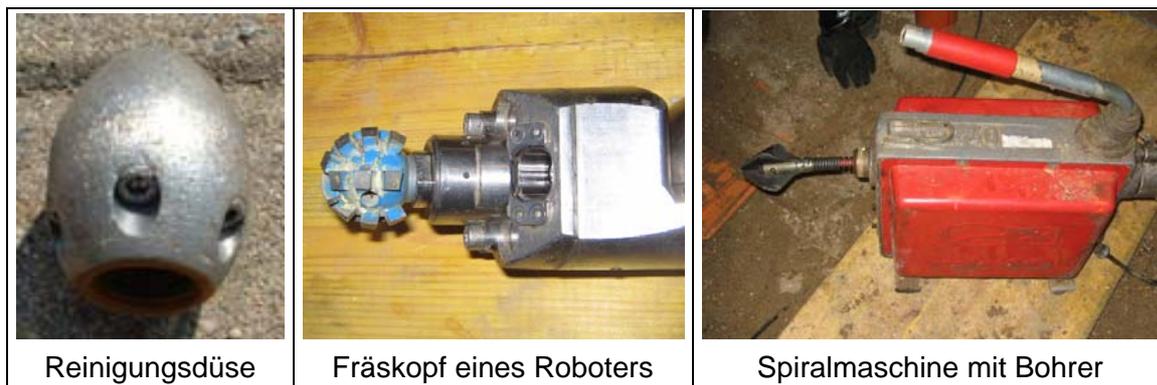


Abb. 14: Reinigungsgeräte für Anschlusskanäle und Grundleitungen

Nachdem die Leitungen gereinigt sind, kann der Zustand durch eine **Inspektion** erfasst werden (vgl. Kapitel 3). Durch eine Inspektion können Undichtigkeiten, z. B. starke Schäden oder Grundwasserinfiltrationen, bereits festgestellt werden. Eine Untersuchung zu Zeiten hoher Grundwasserstände bzw. dem vermehrten Auftreten von Schichtenwasser bietet sich daher an.

Wird der bauliche und funktionelle Zustand einer Leitung aufgrund der optischen Inspektion als gut beurteilt und sind ohne Weiteres keine Undichtigkeiten zu erkennen, kann das Ex- bzw. Infiltrationspotential letztendlich nur auf Basis einer **Dichtheitsprüfung** mit Luft oder Wasser bewertet werden. Die Thematik der Dichtheitsprüfungen von Anschlusskanälen und Grundleitungen ist umfassend in [14] dargestellt.

Nach Abschluss der notwendigen Vorarbeiten kann die Sanierung erfolgen. Sanierungen sind nach DIN EN 752-1 [17] alle Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen. Eine Sanierung von Grundleitungen und Anschlusskanälen wird z. B. bei vorliegenden Undichtigkeiten notwendig. Nach DIN EN 752, Teil 5 [17] gelten für sanierte Bereiche und die eingesetzten Materialien und Werkstoffe mindestens dieselben Anforderungen wie bei einem Neubau.

Es kann in Abhängigkeit von den Randbedingungen (z. B. Tiefenlage der Kanäle) bei Anschlusskanälen sinnvoll sein, die Sanierung in offener Bauweise durchzuführen. Auch Grundleitungsnetze können u. U. in offener Bauweise saniert werden. Beispielsweise kann die Möglichkeit bestehen, vorhandene Leitungen abzuklemmen und neue Leitungen unter der Kellerdecke anzubringen, welche dann mit den Fallleitungen und dem Anschlusskanal verbunden werden.

Zur Sanierung von Anschlusskanälen und Grundleitungen bietet sich alternativ zur offenen Bauweise auch die Sanierung in geschlossener Bauweise an. In Abhängigkeit von den Randbedingungen entstehen hierdurch ggf. geringere Kosten und geringere Umweltbeeinflussungen während der Bauphase (z. B. Einschränkung des Straßenverkehrs).

Grundlegend sind drei Verfahrensgruppen zu unterscheiden: Reparaturverfahren, Renovierungsverfahren und Erneuerungsverfahren. Mit Reparatur wird die Behebung örtlich begrenzter Schäden bezeichnet, die Renovierung dient zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz und die Erneuerung ist die Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung [17].

Aufgrund der vielfältigen baulichen Randbedingungen und der unterschiedlichen Zustände der Grundstücksentwässerungsnetze wurden zahlreiche Sanierungsverfahren entwickelt. In Abb. 15 ist eine Übersicht der grundsätzlich für die Sanierung von Grundstücksentwässerungsnetzen bzw. Teilbereichen der Netze angebotenen Verfahren dargestellt (vgl. auch [29], [30]). In nachfolgender Tabelle 6 werden die Sanierungsverfahren im einzelnen beschrieben.

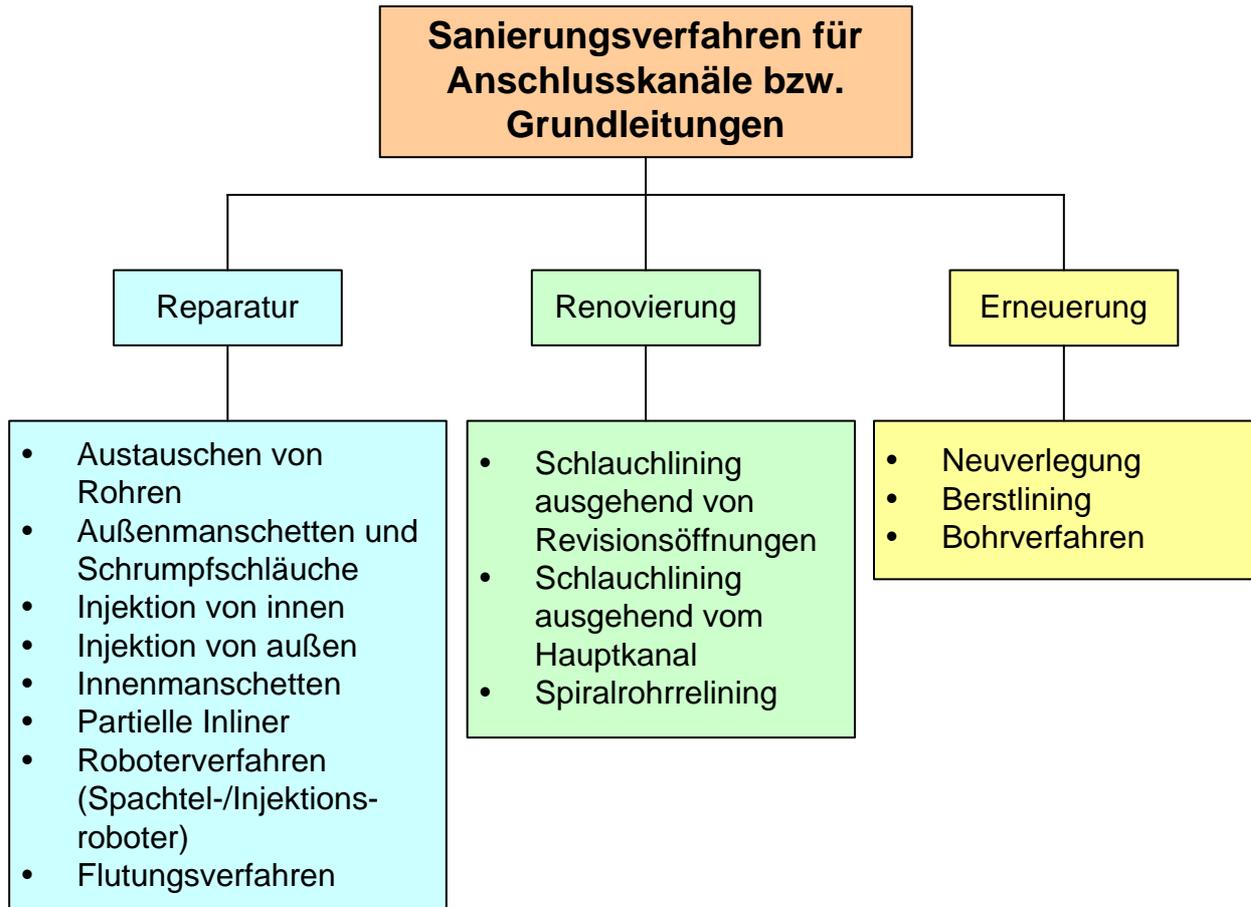


Abb. 15: Für die Sanierung von Grundstücksentwässerungsnetzen bzw. Teilbereichen der Netze angebotene Verfahren

Tabelle 6: Verfahren und Beschreibung (siehe auch [19], [20], [29], [30])

Reparaturverfahren
Austauschen von Rohren: Austauschen einzelner Rohre in offener Bauweise; Erstellung einer Baugrube mit Böschung oder Verbau.
Außenmanschetten und Schrumpfschläuche: Außenmanschetten (z. B. aus Stahl mit einer elastomeren Innenbeschichtung) werden von außen montiert und befestigt; Schrumpfschläuche (z. B. aus Polyethylen mit einer Innenbeschichtung aus thermoplastischem Dichtungskleber) werden von außen um die Schadstellen gelegt und thermisch zusammengeschrumpft.
Injektion von innen: Injektionsmittel (z. B. Mörtel, Harz) wird nach Absperren der Schadstellen mit einem Packer über integrierte Düsen verpresst; Verpressung unter Kamerabeobachtung; Verfahren wird vielfach auch bei Reparatur von Anschlussstutzen eingesetzt (vgl. [9]).
Injektion von außen: Injektionsmittel (z. B. Mörtel, Harz) wird von außen durch Bohrungen oder eingerammte Lanzen in den Bodenkörper im Bereich der Schadstelle injiziert.
Innenmanschetten: Innenmanschetten (z. B. aus Stahl, PVC) werden imprägniert und verfahrensabhängig verformt; an der Schadstelle findet die Rückverformung statt.
Partielle Inliner: Auskleidung von schadhafte Teilbereichen durch ein mit einem Harzsystem imprägniertes Trägermaterial (z. B. Gewebematte, Laminatmatte); Anpressen an Schadstelle mit Packer; Aushärtung kaltchemisch oder thermisch unterstützt (vgl. [31]).
Roboterverfahren: Reparatur mit ferngesteuerten Robotern; Roboter sind z. B. mit Fräs-, Bohr-, Injektions- und Spachteleinrichtungen ausgerüstet.
Flutungsverfahren: Einbringen von zwei flüssigen Komponenten; Netzbereiche werden mit Dichtblasen abgesperrt; Komponenten werden nacheinander eingebracht; nach der jeweiligen Einwirkzeit werden Komponenten abgepumpt und Leitungen gereinigt; Abdichtung erfolgt durch chemische Reaktion der Komponenten; in Abhängigkeit von erzielter Dichtwirkung nach erstem Zyklus wird Einfüllvorgang der Komponenten wiederholt, bis gewünschtes Ergebnis erreicht ist.
Renovierungsverfahren
Schlauchlining ausgehend von der Revisionsöffnung: Auskleidung von Leitungen durch ein mit einem Harzsystem imprägniertes Trägermaterial; Liner werden mit Druck invertiert; Aushärtung unter Zufuhr von Heißwasser oder Kaltaushärtung unter Umgebungstemperatur.
Einsatz von Schlauchliningverfahren ausgehend vom Hauptkanal: Gleichzeitige Auskleidung von Anschlusskanälen und -stutzen durch ein mit einem Harzsystem imprägniertes Trägermaterial aus dem Hauptkanal heraus; Liner wird invertiert und eine angebrachte Hutkrempe wird mit Packer an die Wandung des Hauptkanals gepresst; Aushärtung durch Heißwasser bzw. -dampf.
Spiralrohrrelining: Positionierung einer Seilwinde am Zielpunkt; Seil wird mit Röhrenaal durchgeschoben und mit werksseitig hergestelltem PE-Rohr mit gerippter Außenwand und glatter Innenwand verbunden; Rohr wird über Seilwinde eingezogen; Anschluss im Hauptkanal erfolgt durch am Rohr angebrachte Hutkrempe; Ringraum der gerippten Außenwand wird nach Einziehen verfüllt.
Erneuerungsverfahren
Neuverlegung: Ein neuer Kanal wird in gleicher Trasse mit Abbau des Altkanals oder in neuer Trasse mit oder ohne Abbau des Altkanals in offener Bauweise verlegt.
Bohrverfahren: Mit einer schlagend, vibrierend oder statisch aufgebrachten Kraft werden Rohre von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt eingeschoben. Boden wird hierbei am Bohrkopf verdrängt oder abgebaut. Unterscheidung von ungesteuerten und gesteuerten Bohrverfahren.
Berstverfahren: Ein Berstkopf zertrümmert defekte Altleitung (z. B. Guss, Beton), Scherbenverdrängung in umgebendes Erdreich; nachlaufender Aufweitkopf verdrängt Boden, neue Leitung wird eingezogen oder -geschoben. Unterscheidung von statischem und dynamischem Berstlining.

4.2 Untersuchungsprogramm und -ergebnisse

4.2.1 Überblick

Die **Auswahl** der in diesem Projekt untersuchten **Sanierungsverfahren** erfolgte in enger Abstimmung mit den beteiligten **Netzbetreibern**. Für die Untersuchung in Kanalversuchsstrecken wurden Verfahren der geschlossenen Bauweise ausgewählt, die für die beteiligten Kanalnetzbetreiber von besonderem Interesse sind. Grundlage des nach dem Verfahrenseinsatz durchgeführten Prüfprogramms waren die Anforderungen der Netzbetreiber an die Qualität einer Sanierung. Hierbei stand die Dichtheit und die Funktionsfähigkeit (z. B. Entsorgungssicherheit gegeben, keine Verstopfungsgefahr) der Sanierung im Mittelpunkt der Untersuchungen.

In den regelmäßigen Arbeitssitzungen, in denen der Projektablauf und das Arbeitsprogramm abgestimmt wurden, zeigte sich, dass die Untersuchung des **Schlauchlinings ausgehend von der Revisionsöffnung** aus Sicht der beteiligten Kanalnetzbetreiber eine übergeordnete Bedeutung hat. Mittlerweile werden zahlreiche Schlauchliner zur Sanierung von Grundleitungen und Anschlusskanälen am Markt angeboten. Allerdings ist derzeit unklar, inwieweit diese Liner die an sie gestellten Anforderungen erfüllen. Vor diesem Hintergrund bot es sich an, die Eignung und Anwendbarkeit im Rahmen eines **IKT-Warentests** zu vergleichen [13].

Zusätzlich wurden **Schlauchliningverfahren ausgehend vom Hauptkanal**, das **Spiralrohrrelining**, **Flutungsverfahren** sowie **Bohr- und Berstverfahren** für die praxisnahe Untersuchung ausgewählt. Aus jeder der drei Verfahrensgruppen Reparatur, Renovierung und Erneuerung wurde somit mindestens ein Verfahren untersucht. In nachfolgender Tabelle sind die Untersuchungsschwerpunkte und die Zielstellung sowie der Umfang der Untersuchung zusammengestellt.

Tabelle 7: Untersuchungsprogramm: Übersicht

Verfahren	Ziel	Geplante Untersuchung	Anmerkung
Schlauchlining ausgehend von der Revisionsöffnung	Vergleichende Bewertung der Schlauchlinerqualität	IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ (vgl. [13]): <ul style="list-style-type: none"> ➤ Systemprüfung in Versuchskanälen ➤ Auswertung der Qualitätssicherung der Anbieter ➤ In-situ-Untersuchung ➤ Entwicklung eines Bewertungsschemas und Bildung von Prüfurteilen 	Die Netzbetreiber bestimmten die Schlauchliner für den Test. Anschließend wurden acht Lineranbieter aufgefordert, sich an dem Test zu beteiligen. Zwei der acht Anbieter, die Mr. Pipe GmbH und die Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH, sagten die Teilnahme an dem Test ab (vgl. Absageschreiben in Anhang I und II).
Schlauchlining ausgehend vom Hauptkanal, Spiralrohrrelining	Untersuchung der Praxistauglichkeit des Verfahrens und der Sanierungsqualität	Einsatz in Versuchskanälen: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Begleitung und Dokumentation des Verfahrenseinsatzes ➤ Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Dichtheit 	Die Netzbetreiber bestimmten drei Verfahren für die Untersuchung. Anschließend wurden die Anbieter dieser Verfahren bzgl. einer Teilnahme an dem Projekt angefragt. Die Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH, die ProKasro GmbH und die Uponor Anger GmbH lehnten die Teilnahme an der Untersuchung ab (vgl. Absageschreiben in Anhang III, IV und V).
Bohrverfahren, Berstverfahren	Untersuchung der Praxistauglichkeit des Verfahrens und der Sanierungsqualität	Einsatz im simulierten Bohrbereich bzw. Versuchskanal: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Begleitung und Dokumentation des Verfahrenseinsatzes ➤ Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Dichtheit ➤ Betrachtung des Leitungsverlaufs nach Ausbau 	Die Netzbetreiber bestimmten drei Bohrverfahren und ein Berstverfahren für die Untersuchung. Anschließend wurden die Anbieter dieser Verfahren bzgl. einer Teilnahme an dem Projekt angefragt. Alle Anbieter nahmen an der Untersuchung teil.
Flutungsverfahren	Untersuchung der Praxistauglichkeit des Verfahrens und der Sanierungsqualität	Einsatz von Flutungsverfahren in Versuchsnetzen: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Begleitung und Dokumentation des Verfahrenseinsatzes ➤ Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Dichtheit ➤ Betrachtung der Geometrie der Sanierungskörper nach Ausbau ➤ Ggf. Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit 	Die Netzbetreiber bestimmten drei Flutungsverfahren für die Untersuchung. Anschließend wurden die drei Verfahrensanbieter bzgl. einer Teilnahme an dem Projekt angefragt. Ein Anbieter, die Sanipor GmbH, lehnte die Teilnahme an der Untersuchung im angebotenen Zeitraum ab (vgl. Absageschreiben in Anhang VI).

4.2.2 IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“

Acht Schlauchliner für die Sanierung von Anschlusskanälen wurden in einem IKT-Warentest getestet. Inhalt und Ergebnisse des **IKT-Warentests „Hausanschluss-Liner“** sind ausführlich in [13] dargestellt. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst wiedergegeben.

Im Rahmen des Tests fanden insgesamt neun Arbeitssitzungen statt, in denen die gesamten Testinhalte – Auswahl der Liner, Untersuchungsprogramm und Bewertung – mit den Kanalnetzbetreibern abgestimmt wurden. Drei Schwerpunkte standen im Vordergrund: **Qualitätssicherung**, **Systemprüfung**, und **Baustellen-Untersuchung** (vgl. [12], [8], [9]). Die Schwerpunkte Qualitätssicherung und Systemprüfung bilden die Grundlage der Prüfurteile. Die Baustellen-Untersuchungen fließen aufgrund der in situ nicht vergleichbaren Randbedingungen nicht in die Ermittlung der Prüfurteile ein, sondern werden als Zusatzinformationen berücksichtigt.

Die Netzbetreiber bestimmten die Schlauchliner für den IKT - Warentest „Hausanschluss-Liner“. Anschließend wurden die Anbieter dieser Liner aufgefordert, sich an dem Test zu beteiligen. Zwei von acht Anbietern, die Mr. Pipe GmbH und die Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH, sagten die Teilnahme an dem Test ab. Die Begründungen hierfür sind in den Absageschreiben Anhang I und Anhang II dargestellt.

Nachfolgende Schlauchliner wurden im Rahmen des Tests umfassenden Prüfungen unterzogen: BendiLiner, EasyLiner GmbH; BRAWOLINER - FIX, Karl Otto Braun KG; DrainLiner, epros GmbH; DrainPlusliner, epros GmbH; Flex-Liner, Alocit Chemie GmbH; Konudur Homeliner, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG; ProFlex Liner (Prototyp), Vereinigte Filzfabriken AG; SoftLiner, EasyLiner GmbH.

4.2.2.1 Qualitätssicherung der Lineranbieter

Der Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Lineranbieter“ befasst sich mit der Frage: Wie unterstützt der Anbieter die Sanierung mit seinem Schlauchliner, so dass qualitativ hochwertige Ergebnisse erzielt werden?

Das IKT hat bei den Anbietern der getesteten Schlauchliner DIBt-Zulassungen der Verfahren, Prüfzeugnisse zur Umweltverträglichkeit der eingesetzten Harzsysteme, Verfahrenshandbücher und Angaben zu Schulungen sowie einen Nachweis der Entsorgbarkeit der ausgehärteten Schlauchliner angefordert. Weiterhin wurde Auskunft darüber eingeholt, inwieweit das jeweilige Verfahren bereits mit Fremdüberwachungsleistungen am Markt angeboten wird.

4.2.2.2 Systemprüfungen

Die Systemprüfungen – Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und der Sanierungsqualität – fanden in Versuchsstrecken im Großversuchsstand des IKT statt. Die ausgewählten Liner wurden in den Versuchskanälen eingesetzt und anschließend einem umfassenden Prüfprogramm unterzogen, in dessen Mittelpunkt die Dichtheit und Funktionsfähigkeit der sanierten Kanäle standen.

Versuchsstrecken und Schadensbilder

Zur Systemprüfung der Schlauchliner wurden Anschlusskanäle mit definiert eingebrachten Schäden erstellt und anschließend mit einem Kies-/Sandgemisch überdeckt. Bei den Anschlusskanälen wurde grundlegend zwischen einer sogenannten „Standardsituation“ und einer sogenannten „Extremsituation“ unterschieden.

Die Standardsituation diente zur Überprüfung der generellen Einsatzmöglichkeiten der Schlauchliner. Durch die Extremsituation sollten Grenzbereiche beim Einsatz der Schlauchliner berührt werden.

Insgesamt wurden die Standardsituation und die Extremsituation je 18-mal erstellt. Hierbei wurden drei Lagen à sechs Kanäle der Standard- und drei Lagen à sechs Kanäle der Extremsituation übereinander im Großversuchsstand eingebracht. Die Anschlusskanäle waren an einen Hauptkanal aus Steinzeug DN 300 mit Schächten angeschlossen. Das Einbringen der Schlauchliner wurde über Revisionsöffnungen ermöglicht. Die Lage der Anschlusskanäle im Großversuchsstand ist in der Seitenansicht in Abb. 16 dargestellt.

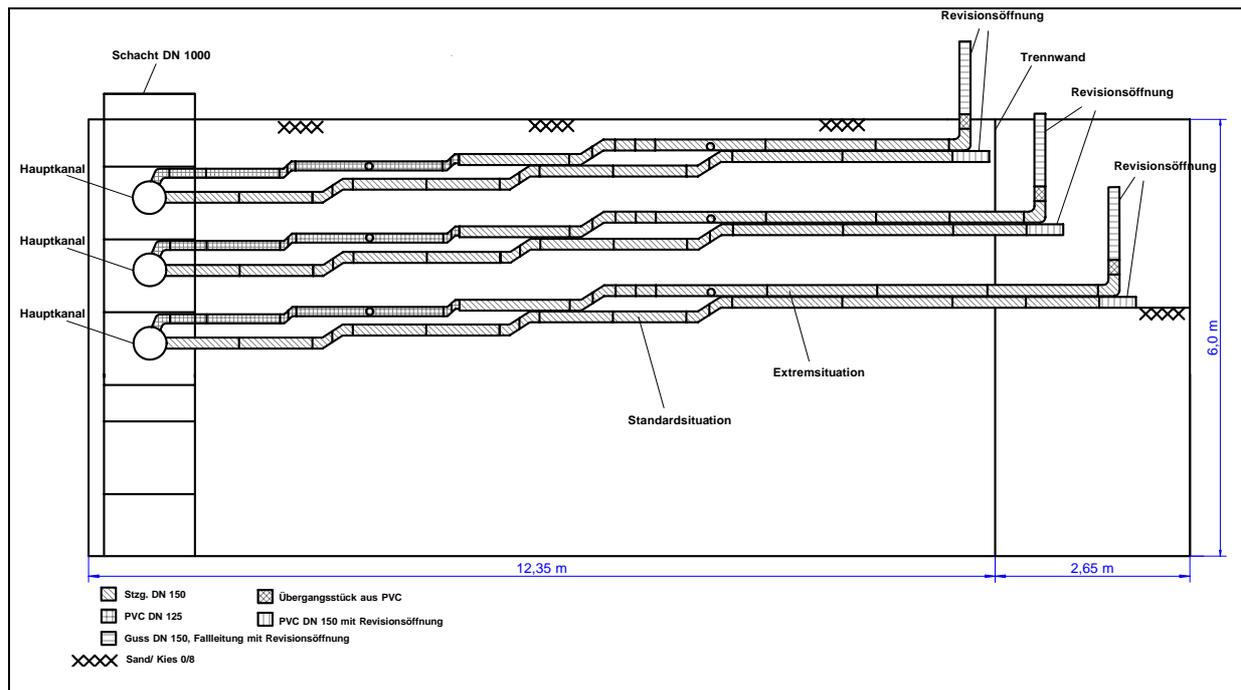


Abb. 16: Lage der Anschlusskanäle im Großversuchsstand des IKT, Seitenansicht

Um den Sanierern einen optimalen Zugang zu den Revisionsöffnungen zu ermöglichen, wurden die Kanäle in den einzelnen Lagen mit unterschiedlichen Längen erstellt (oberste Lage: ca. 11 m; mittlere Lage: ca. 12 m; unterste Lage ca. 13 m). Die getesteten Schlauchliner wurden jeweils in drei Kanälen (ein Kanal pro Lage) eingesetzt.

Versuchsaufbau der Standardsituation: Anschlusskanal aus Steinzeug DN 150 mit 30°- und 45°-Bögen; der Anschluss erfolgte fachgerecht mit einem Anschlussstutzen im Kämpfer des Hauptrohres; als Zugangsöffnung für die Schlauchlinersanierung wurden Revisionsöffnungen aus PVC DN 150 am Ende des Steinzeugkanals angebracht. Als Schäden wurden eingebracht: Längsrisse mit einer Länge von ca. 30 cm und einer Breite von ca. 2 mm im Scheitel; ein Querriss mit einer Länge von ca. 10 cm und einer Breite von ca. 2 mm in der Sohle; zwei Scherbenbildungen mit einer Fläche von ca. 20 cm² bzw. 10 cm² im rechten Kämpfer; ein fehlendes Rohrstück mit einer Fläche von ca. 5x5 cm in der Sohle.

Versuchsaufbau der Extremsituation: Anschlusskanal aus Steinzeug DN 150 mit einem Dimensions- und Werkstoffübergang auf PVC DN 125 und 15°- und 45°-Bögen; der Anschluss erfolgte nicht fachgerecht mit einem mörtelummantelten 67°-Bogen zwischen Scheitel und Kämpfer des Hauptrohres; ein Seitenzulauf DN 100

wurde jeweils in einer Steinzeugleitung und einer PVC-Leitung angedeutet (verschlossene Bohrung); als Zugangsöffnung für die Schlauchlinersanierung wurden Revisionsöffnungen in Falleleitungen aus Gussrohren DN 150 am Anfang des Steinzeugkanals angebracht. Diese Falleleitungen waren mit einem 90°-Bogen aus Steinzeug an den Steinzeugkanal angeschlossen. Als Schäden wurden eingebracht: Eine fehlende Scherbe mit einer Fläche von ca. 20 cm² in der Sohle; ein Längsriss mit einer Länge von ca. 30 cm und einer Breite von ca. 2 mm im Scheitel; ein Querriss mit einer Länge von ca. 20 cm und einer Breite von ca. 2 mm in der Sohle; ein fehlendes Rohrstück mit einer Fläche von ca. 5x5 cm in der Sohle; fehlende Dichtungen an allen Rohrübergängen aus PVC.

Sanierungen

Für die Sanierung der Anschlusskanäle wurde den Anbietern freigestellt, ob sie die Arbeiten von eigenen Technikern durchführen lassen oder einen Dienstleister für die Durchführung empfehlen. Die Sanierungen wurden vom IKT beauftragt. Das Vorgehen während der Sanierung der sechs Anschlusskanäle (dreimal Standardsituation, dreimal Extremsituation) – die Vorbereitung einschließlich der Reinigung, die Sanierungsdurchführung und die Nachbereitung – war den ausführenden Firmen freigestellt. Als Vorgabe wurde lediglich festgelegt, dass die Sanierungen ausgehend von den Revisionsöffnungen der Anschlusskanäle erfolgen sollten. Ein Zeitlimit für die Sanierungsarbeiten wurde nicht vorgegeben. Nachfolgend werden die eingesetzten Liner beschrieben.

- **BendiLiner, EasyLiner GmbH:** Der BendiLiner wurde zur Sanierung der Extremsituation eingesetzt. Der BendiLiner besitzt eine bessere Bogengängigkeit als der SoftLiner der EasyLiner GmbH und ist auch bei Dimensionsübergängen flexibler. Er besteht aus einem Polyester-Nadelfilz mit einer Innenfolie aus PU. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde das Epoxidharz EasyPox 3008 verwendet (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des BendiLiners in Nennweiten von DN 100 bis DN 150 möglich.
- **BRAWOLINER - FIX, Karl Otto Braun KG:** Mit dem BRAWOLINER - FIX wurden sowohl die Standardsituation als auch die Extremsituation saniert. Er besteht aus Polyester-Hochfest-Gewebe mit einer Innenfolie aus PU. Zur Im-

- prägnierung dieses Trägermaterials wurde für beide Situationen das Epoxidharz Brawo I eingesetzt (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des BRAWOLINER - FIX in Nennweiten von DN 70 bis DN 200 möglich.
- **DrainLiner, epros GmbH:** Der DrainLiner wurde zur Sanierung der Standardsituation eingesetzt. Er besteht aus einem Polyester-Nadelfilz mit einer Innenfolie aus PVC. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde das Epoxidharz Epropox A4/B4 verwendet (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des DrainLiners in Nennweiten von DN 100 bis DN 300 möglich.
 - **DrainPlusliner, epros GmbH:** Der DrainPlusliner wurde zur Sanierung der Extremsituation eingesetzt. Der DrainPlusliner ist bei Dimensionswechseln und vorhandenen Bögen flexibler als der DrainLiner der epros GmbH. Er besteht aus einem Polyester-Nadelfilz mit einer Innenfolie aus PU. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde das Epoxidharz Epropox A4/B4 verwendet (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des DrainPlusliners in Nennweiten von DN 100 bis DN 300 möglich.
 - **Flex-Liner, Alocit Chemie GmbH:** Mit dem Flex-Liner wurde sowohl die Standardsituation als auch die Extremsituation saniert. Das Trägermaterial ist ein Polyestergewirke mit einer Innenfolie aus PVC. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde für beide Situationen ein Epoxidharz eingesetzt. In Abhängigkeit von der Aushärtungsmethode wurden das ALOCIT Harz 480 und der ALOCIT Härter 48.94 (Kaltaushärtung) bzw. das ALOCIT Harz 480 und der ALOCIT Härter 48.48 (Warmmaushärtung) verwendet (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des Flex-Liners in Nennweiten von DN 50 bis DN 300 möglich.
 - **Konudur Homeliner, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG:** Mit dem Konudur Homeliner wurden sowohl die Standardsituation als auch die Extremsituation saniert. Das Trägermaterial besteht aus Polyester-Nadelfilz mit einer Innenfolie aus PU. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde für beide Situationen das Epoxidharz Konudur 160 PL-XL eingesetzt (Behälterkenn-

zeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des Konudur Homeliners in Nennweiten von DN 100 bis DN 300 möglich.

- **ProFlex Liner (Prototyp), Vereinigte Filzfabriken AG:** Die Sanierung der Standard- und der Extremsituation wurde mit dem ProFlex Liner durchgeführt. Er besteht aus einem vermaschten Filz mit einer Innenfolie aus PU. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde für beide Situationen das Epoxidharz Biresin LS verwendet (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des ProFlex Liners in Nennweiten von DN 70 bis DN 200 möglich. Im Rahmen des Warentests wurde ein Prototyp des neu entwickelten Liners eingesetzt.
- **SoftLiner, EasyLiner GmbH:** Der SoftLiner wurde zur Sanierung der Standardsituation eingesetzt. Er besteht aus einem Polyester-Nadelfilz mit einer Innenfolie aus PU. Zur Imprägnierung dieses Trägermaterials wurde das Epoxidharz EasyPox 3008 verwendet (Behälterkennzeichnung). Laut Lineranbieter ist der Einsatz des SoftLiners in Nennweiten von DN 70 bis DN 1200 möglich.

Bei den Einsätzen im Rahmen des Warentests folgte die Sanierung der Anschlusskanäle folgendem grundsätzlichen Vorgehen:

- Der Anschlusskanal wurde gereinigt, inspiziert und die Länge des Kanals wurde gemessen.
- Der Liner wurde entsprechend den Abmessungen des Anschlusskanals zugeschnitten. Die Folie des Liners wurde an einem Ende geöffnet und eine Vakuumpumpe wurde angeschlossen, wodurch die Imprägnierung des Liners unterstützt werden sollte.
- Die Harzkomponenten wurden gemischt und die Mischung wurde in den Liner eingefüllt. Die Imprägnierung des Schlauches wurde durch Walzung bei gleichzeitiger Entlüftung unterstützt. Vor der Inversion in den Kanal wurde auf den Liner ein Gleitmittel aufgebracht.
- Die Liner wurden mit Luftdruck bzw. Wasserdruck invertiert. In fast allen Fällen fand die Inversion mit geschlossenem Linerende statt. Bei der Inversion mit offenem Linerende wurde der Liner gemeinsam mit einem Kalibrierschlauch in

den Kanal eingebracht. Dieser Kalibrierschlauch wurde dann mit Luft oder Wasser befüllt und drückte den Liner an die Rohrwand.

- Die Aushärtung erfolgte durch Zufuhr von Heißwasser oder durch Kaltaushärtung unter Umgebungstemperatur. Nach der Aushärtung wurden notwendige Nacharbeiten, wie z. B. Fräsen der Linerenden, durchgeführt. Sofern der Liner mit geschlossenem Ende eingebracht worden war, wurde er nach der Aushärtung geöffnet.

Prüfungen und Ergebnisse

Untersuchung der Funktionsfähigkeit

Unmittelbar nach der Sanierung wurden alle Anschlusskanäle mit einer Kamera optisch inspiziert und die Innenansicht gefilmt. Nach dem Ausbau wurden die sanierten Anschlusskanäle segmentiert und erneut optisch begutachtet. Hierbei wurden z. B. Falten und Kanten in den Linern fotografisch festgehalten und beispielhaft vermessen.

Die optische Inspektion der Schlauchliner lässt folgende grundsätzliche Schlussfolgerungen für die Sanierung der Standard- und der Extremsituation zu:

- In geradlinigen Leitungsabschnitten wurden keine bzw. nur geringfügige Falten in Längsrichtung festgestellt. Lediglich die Sanierungen der Extremsituation wiesen nach dem Nennweitenübergang von DN 150 auf DN 125 in geradlinigen Leitungsabschnitten teilweise stärkere Falten auf.
- In der Regel wiesen die eingesetzten Schlauchliner Falten in den Bogenbereichen auf. Es wurden längs, quer und diagonal verlaufende Falten beobachtet. Die Anzahl und Höhen der Falten nahmen in Abhängigkeit vom Bogenwinkel tendenziell zu. So wurden in den 15°- und 30°-Bögen geringere Falten als in den 45°-Bögen festgestellt. Die in den 45°-Bögen gemessenen Faltenhöhen betragen bis zu ca. 20 mm.
- Auch in den 90°-Bögen und Nennweitenübergängen der Extremsituation hatten sich Falten gebildet. Die Faltenbildungen variierten in Abhängigkeit vom eingesetzten Liner. Teilweise bildeten sich nur geringe Falten (< 5 mm), ande-

re Liner wiesen stärkere Falten auf. Ein Liner hatte Falten von bis zu ca. 20 mm.

- Deutlich zeigte sich, dass die Faltenbildung stark in Wechselwirkung mit der Dehnbarkeit des eingesetzten Trägermaterials steht. Einige Trägermaterialien zeichneten sich durch ihre besondere Dehnbarkeit aus, z. B. BRAWOLINER - FIX, DrainPlusliner.

Belastung durch Reinigung

Die sanierten Anschlusskanäle wurden durch Hochdruckspülungen und den Einsatz einer Spiralmaschine mit verschiedenen Aufsätzen (Kreuzblattbohrer, Ketten) von innen mechanisch belastet. Die Belastungen wurden an Teilstrecken der sanierten Anschlusskanäle vorgenommen, damit nach dem Ausbau der Kanäle auch unbelastete Linerproben für Laborprüfungen gewonnen werden konnten.

Die Inaugenscheinnahme der Schlauchliner nach Belastung lassen nachfolgende Schlussfolgerungen zu:

- Sowohl durch die HD-Reinigung als auch durch den Einsatz der Spiralmaschine mit den verschiedenen Aufsätzen wurde das Trägermaterial mit ausgehärtetem Harzsystem nicht sichtbar beschädigt.
- Die Belastungen mit HD-Reinigung und Spiralmaschine verursachten deutliche Veränderungen an der Innenfolie der Liner, so dass an zahlreichen Stellen Aufrauungen der Folie festgestellt wurden.
- Die Innenfolie der Liner löste sich in keinem Fall großflächig von den Schlauchlinern ab.

Dichtheitsprüfungen

Der sanierte Anschlusskanal muss unmittelbar nach der Sanierung und dauerhaft, also auch nach betrieblichen Belastungen, dicht sein. Alle Schlauchliner wurden nach Abschluss der Sanierung und nach den aufgetragenen betrieblichen Belastungen (HD-Reinigung, Mechanische Reinigung mit Spiralmaschine) auf Dichtheit geprüft. Die Überprüfung der Dichtheit der Liner erfolgte im Großversuchsstand unmittelbar nach der Sanierung sowie nach den aufgetragenen Belastungen zunächst als

sogenannte Strangprüfung nach DIN EN 1610 [32]. Nach Ausbau der Liner wurden Prüfungen an Linerproben nach APS-Richtlinie [33] durchgeführt.

Fast alle Schlauchliner waren bei der Strangprüfung nach der Sanierung im Großversuchsstand dicht; lediglich ein Liner war undicht. Auch nach der HD-Reinigung erfüllten die Liner die Dichtheitskriterien in der Strangprüfung. Nach der mechanischen Belastung von Teilbereichen der Versuchskanäle mit der Spiralmaschine erwiesen sich einzelne Liner allerdings schon in der Strangprüfung als undicht. Da durch die Belastungen die Innenfolie der Liner z. T. beschädigt wurde und die Dichtwirkung der Liner nach den Belastungen nachließ, liegt der Schluss nahe, dass bei den Strangprüfungen der entsprechenden Liner die Innenfolie wesentlich zur Erfüllung der Dichtheitskriterien beitrug.

Die nach dem Ausbau der Liner durchgeführten Dichtheitsprüfungen an Linerproben nach APS-Richtlinie [33] bestätigten dies. Es wurden an zahlreichen unbelasteten bzw. durch HD-Reinigung und Spiralmaschine belasteten Proben Undichtigkeiten festgestellt. Insgesamt wurden 54 unbelastete und 126 belastete Proben geprüft; 25 der unbelasteten und 63 der belasteten Proben waren undicht. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 46 % bzw. 50 %. Somit konnte kein Einfluss der Belastungen auf die Dichtheit des Trägermaterials festgestellt werden. Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen nach APS Richtlinie zeigen, dass die Linerqualität bzgl. der Dichtheit über den Umfang und die Länge des Liners variiert.

Zusatzuntersuchungen

Ermittlung der Wanddicke: Die Ergebnisse der Wanddickenmessung verdeutlichen die unterschiedlichen Wanddicken der Liner und zeigen darüber hinaus die z. T. erheblichen Schwankungen der Wanddicken über den Umfang der Liner.

Ermittlung von Werkstoffkennwerten (3-Punkt-Biegeversuch, 24 h-Kriechneigung, Dichte): Die von den Anbietern gelieferten Sollwerte und die im Test ermittelten Werte differieren teilweise erheblich. Allerdings genügen einige der in den Versuchen ermittelten Werte auch den Sollwerten. Die ermittelte Dichte lag lediglich bei einem Liner oberhalb des Sollwertes. Die Einzelwerte der ermittelten Dichten bestätigen die Schwankungen der Linereigenschaften, die bereits bei den Dichtheitsprüfungen nach APS-Richtlinie und der Wanddickenmessung festgestellt wurden.

Auffräsen angedeuteter Seitenzuläufe und optische Untersuchung des Liners auf Ablösen von der Rohrwand: Bei neun von zehn Probekörpern wurde eine feste Verklebung des Liners mit dem Altrohr im Bereich der Öffnungen der Rohrsegmente nach dem Auffräsen festgestellt. Daraus folgt, dass der Verbund von Liner und Altrohr durch die Fräsarbeiten kaum beeinflusst wurde. Lediglich bei einem Liner lag im Bereich der aufgefästen Öffnung keine Verklebung mit dem Altrohr vor. Unklar ist, ob sich der Liner durch die Fräsung von der Altrohrwand löste oder bereits vor den Fräsarbeiten keine Verklebung in diesem Bereich vorhanden war.

Außenwasserdruckprüfung an Rohrabschnitten und Messung des Ringspaltes: Lediglich bei zwei von zehn geprüften Rohrsegmenten entstanden während der Außenwasserdruckprüfungen keine Wasserverluste. An diesen beiden Rohrsegmenten wurden keine Auswirkungen durch den anstehenden Druck, z. B. Beulen des Liners oder der Innenfolie, beobachtet. In der Regel drang das Wasser in die Ringspalten bzw. Kapillaren zwischen Lineraußenseite und Rohrrinnenseite ein und trat an den Schnittflächen der Probekörper aus. Lediglich an einem Probekörper infiltrierte Wasser zusätzlich durch die Linerwand.

4.2.2.3 Baustellen-Untersuchungen

Der Einsatz fast aller getesteten Schlauchliner in bestehenden Anschlusskanälen wurde auf Baustellen begleitet¹. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Einbau der Schlauchliner auf den Baustellen praxisgerecht erfolgte. Die aufgetretenen technischen Probleme wurden unmittelbar vor Ort mit vertretbarem Zeitaufwand gelöst. Die Maschinenteknik konnte ohne Schwierigkeiten zu den jeweiligen Startpunkten der Sanierung, z. B. Revisionsöffnungen in Kellerräumen, Revisionschächten auf Grundstücken, transportiert werden. Das Einbringen der Liner war auch auf engstem Raum, z. B. in engen Leitungsgräben und in kleinen Revisionschächten, möglich.

¹ Lediglich der Einbau des DrainLiners konnte nicht begleitet werden, da der Liner zum Zeitpunkt der Baustellen-Untersuchung nicht bei den beteiligten Netzbetreibern eingesetzt wurde und auch der Lineranbieter nach Anfrage des IKT keine Baustelle benannte. Die Verfahrenstechnik zum Einbau entspricht jedoch grundsätzlich der des DrainPlusliners, so dass ausreichende Baustelleneindrücke gewonnen werden konnten.

4.2.2.4 Bewertung der Schlauchliner

Die Bewertung der Systemprüfungen erfolgt auf Grundlage der Einsätze der Schlauchliner im Großversuchsstand. Hierbei werden die beiden Anwendungsfälle „Standardsituation“ und „Extremsituation“ unterschieden. Für die jeweiligen Schlauchliner werden demnach aus den Bewertungsschwerpunkten „*Qualitätssicherung der Lineranbieter*“ und „*Systemprüfungen*“ getrennte Prüfurteile für die Anwendungsfälle I „Standardsituation“ und II „Extremsituation“ gebildet.

Bewertungsschwerpunkt „*Qualitätssicherung der Lineranbieter*“

Der Bewertungsschwerpunkt „*Qualitätssicherung der Lineranbieter*“ geht mit 20% in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die in nachfolgender Tabelle aufgelisteten fünf Bewertungsfälle mit der dargestellten Gewichtung ein. Diese werden nach dem Kriterium „ja/ nein“ bewertet. „Ja“ bedeutet, die entsprechende Qualitätssicherung konnte vollständig nachgewiesen werden. „Nein“ steht für das Fehlen eines entsprechenden Nachweises. Die Ergebnisse werden durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet. Hierbei stehen 100 % für die Note „sehr gut (1,0)“ und 0 % für die Note „ungenügend (6,0)“.

Tabelle 8: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Lineranbieter“

Bewertungsfälle	Kriterien	Gewichtung
DIBt-Zulassung	ja/nein	50 %
Prüfzeugnis zur Umweltverträglichkeit	ja/nein	20 %
Verfahrenshandbuch und Schulungen	ja/nein	10 %
Fremdüberwachung	ja/nein	10 %
Nachweis der Entsorgbarkeit	ja/nein	10 %

Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Die Bewertungsschwerpunkte „Systemprüfung Standardsituation (Anwendungsfall I)“ und „Systemprüfung Extremsituation (Anwendungsfall II)“ gehen mit 80% in das jeweilige Prüfurteil ein. Für beide Bewertungsschwerpunkte werden Noten von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“ vergeben. In beide Bewertungsschwerpunkte fließen die Bewertungsfälle „Sanierungsergebnis“, „HD-Reinigung“ und „Mechanische Reinigung“ ein. Der Bewertungsfall „Sanierungsergebnis“ wird nach den Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“, die Bewertungsfälle „HD-Reinigung“ und „Mechanische Reinigung“ nach dem Kriterium „Dichtheit“ bewertet.

Das Kriterium „Funktionsfähigkeit (optischer Zustand)“ gibt wieder, ob durch die Sanierung die Entsorgungssicherheit wiederhergestellt ist. Die Beurteilung wurde von den beteiligten Kanalnetzbetreibern anhand der Fotodokumentation und der Messergebnisse, des Befahrungsfilms der Kamerabefahrung und der beispielhaften Begutachtung ausgebauter Probekörper durch Punktevergabe vorgenommen. Hierbei wurden minimal 0 und maximal 100 Punkte vergeben, wobei 100 Punkte einem optisch einwandfreien Sanierungsergebnis (sehr gut/1,0) entsprechen und 0 Punkte für ein optisch nicht akzeptables Sanierungsergebnis (ungenügend/6,0) stehen. Sämtliche Bewertungsergebnisse wurden für die Gruppe der Netzbetreiber arithmetisch gemittelt und durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet

Für das Kriterium „Dichtheit“ wurden die Ergebnisse der vom IKT durchgeführten Laborprüfungen an Linerproben nach APS-Richtlinie herangezogen. Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen wurden in Prozent dargestellt und durch eine lineare Funkti-

on auf Noten abgebildet. Für die Bildung der Prüfurteile wurden die Ergebnisse der „Strangprüfung“ im Großversuchsstand nicht herangezogen. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass die Dichtheit im Fall der „Strangprüfung“ auch durch die Innenfolie der Liner erzeugt worden sein kann. Aus Sicht der beteiligten Netzbetreiber muss das Trägermaterial mit Harz auch ohne Innenfolie, welche primär als Einbauhilfe dient, dicht sein.

Das Bewertungsschema für die „Systemprüfung Standardsituation (Anwendungsfall I)“ und „Systemprüfung Extremsituation (Anwendungsfall II)“ ist mit den von den Netzbetreibern festgelegten Gewichtungen in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 9: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Anwendungsfälle	Bewertungsfälle	Kriterien
Standardsituation	Sanierungsergebnis (60 %)	Dichtheit (60 %)
		Funktionsfähigkeit (40 %)
	HD-Reinigung (20 %)	Dichtheit (100 %)
	Mechanische Reinigung (20 %)	Dichtheit (100 %)
Extremsituation	Sanierungsergebnis (60 %)	Dichtheit (60 %)
		Funktionsfähigkeit (40 %)
	HD-Reinigung (20 %)	Dichtheit (100 %)
	Mechanische Reinigung (20 %)	Dichtheit (100 %)

4.2.2.5 Prüfurteile und Gesamtergebnis

Die Prüfurteile für die Schlauchliner werden für den jeweiligen Anwendungsfall (I Standardsituation, II Extremsituation) aus den Bewertungsschwerpunkten „Qualitätssicherung der Lineranbieter (20 %)“ und „Systemprüfung (80 %)“ gebildet. Aus den Bewertungsschwerpunkten „Systemprüfung Standardsituation“ und „Qualitätssicherung der Lineranbieter“ bzw. „Systemprüfung Extremsituation“ und „Qualitätssicherung der Lineranbieter“ ergeben sich somit grundsätzlich zwei Prüfurteile.

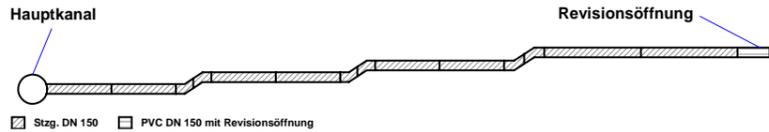
Schlauchliner, die lediglich bei einem der beiden Anwendungsfälle – Standard- oder Extremsituation – eingesetzt wurden, erhalten nur dieses eine Prüfurteil. Sofern

Schlauchliner bei einem oder beiden Anwendungsfällen nicht eingesetzt wurden, werden diese für den jeweiligen Fall bzw. die jeweiligen Fälle nicht bewertet.

Daraus folgt, dass der SoftLiner (EasyLiner GmbH) und der DrainLiner (epros GmbH) ein Prüfurteil für den Anwendungsfall „Standardsituation“ erhalten, allerdings für den Anwendungsfall „Extremsituation“ NICHT BEWERTET werden. Der BendiLiner (EasyLiner GmbH) und der DrainPlusliner (epros GmbH) erhalten dagegen ein Prüfurteil für den Anwendungsfall „Extremsituation“, werden aber für den Anwendungsfall „Standardsituation“ NICHT BEWERTET. Der Mr. PIPE-Liner (Mr. PIPE GmbH) und der Insituform-Liner (Insituform GmbH) werden für beide Anwendungsfälle „Standardsituation“ und „Extremsituation“ NICHT BEWERTET. Beide Liner sollten beim Test eingesetzt werden. Jedoch haben die jeweiligen Anbieter eine Teilnahme abgesagt (vgl. Absageschreiben in Anhang I und Anhang II).

Nachfolgend sind die Prüfurteile für die untersuchten Schlauchliner dargestellt. Zusätzlich sind die bei den jeweiligen Anwendungsfällen nicht eingesetzten Liner mit entsprechender Erläuterung aufgeführt. In den Tabellen werden ergänzend die Ergebnisse der Baustellen-Untersuchungen, Zusatzinformationen und die erkannten Verbesserungspotentiale für die einzelnen Schlauchliner zusammengefasst.

Tabelle 10: Ergebnisse des IKT - Warentests „Hausanschluss-Liner“ bei Standardsituation

IKT - Warentest „Hausanschluss-Liner“
Standardsituation¹:


Sanierung von drei Anschlusskanälen aus Steinzeug DN 150; fachgerechter Anschluss mit einem Anschlussstutzen im Kämpfer des Hauptrohres; Inversion durch Revisionsöffnungen am Anfang des Steinzeugkanals; vertikale Bögen: 45° und 30°; eingebrachte Schäden: Längsrisse, Querrisse, Scherbenbildungen, fehlende Rohrstücke.

Lineranbieter	KOB KG	epros GmbH	MC Bauchemie Mül-ler GmbH & Co. KG	EasyLiner GmbH	ALOCIT Chemie GmbH	VFG AG	epros GmbH	EasyLiner GmbH	Mr. PIPE GmbH	Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH				
Schlauchliner	BRAWOLINER - FIX 	DrainLiner 	Konudur Homeliner 	SoftLiner 	Flex-Liner 	ProFlex Liner (Proto-tyt) 	DrainPlusliner 	BendiLiner 	-	-				
Eingesetztes Trägermaterial	Polyester-Hochfest-gewebe mit PU-Folie	Polyester-Nadelfilz mit PVC-Folie	Polyester-Nadelfilz mit PU-Folie	Polyester-Nadelfilz mit PU-Folie	Polyestergewirke mit PVC-Folie	Vermaschter Filz mit PU-Folie	-	-	-	-				
Eingesetztes Harzsystem	Brawo I	EPROPOX VIS A4/B4	Konudur 160 PL-XL	EasyPox 3008	ALOCIT A 480, B 48.48 bzw. 48.94 ⁸	Biresin LS	-	-	-	-				
IKT - Prüfurteil: Standardsituation	GUT (1,6)	BEFRIEDIGEND (2,6)	BEFRIEDIGEND (2,8)	BEFRIEDIGEND (3,3)	AUSREICHEND (4,2)	AUSREICHEND (4,4)	NICHT BEWERTET	NICHT BEWERTET	NICHT BEWERTET	NICHT BEWERTET				
Systemprüfung (Gewichtung 80%)	gut (1,6)	gut (2,3)	gut (2,1)	befriedigend (3,0)	ausreichend (3,7)	ausreichend (4,0)	<ul style="list-style-type: none"> Schlauchliner wurde nicht eingesetzt Begründung: Anbieter entschied sich bei der Sanierung der Standardsituation für den Einsatz des DrainLiners 	<ul style="list-style-type: none"> Schlauchliner wurde nicht eingesetzt Begründung: Anbieter entschied sich bei der Sanierung der Standardsituation für den Einsatz des SoftLiners 	<ul style="list-style-type: none"> Teilnahme abgelehnt Begründung des Anbieters: Qualität bereits durch andere Dokumente (u. a. DIBt-Zulassung) in ausreichendem Maße nachgewiesen Vollständiges Absa-geschreiben vom 27.01.2005 im Anhang I des Endberich-tes 	<ul style="list-style-type: none"> Teilnahme abgelehnt Begründung des Anbieters: Testbedin-gungen außerhalb der Spezifikationen des Insituform-Liners Vollständiges Absa-geschreiben vom 14.02.2005 im Anhang II des Endberich-tes 				
Sanierungsergebnis (60%)	Funktionsfähigkeit ² (40%)	1,7	2,4	2,2	2,9	2,6					2,1			
	Dichtheit ³ (60%)	1,8	2,7	1,8	3,5	3,5					4,3			
Dichtheit nach HD-Reinigung ³ (20%)		1,0	1,0	2,7	1,0	4,3					4,3			
Dichtheit nach mechanischer Reinigung ³ (20%)		1,6	2,7	2,1	4,3	4,9					5,4			
Qualitätssicherung (Gewichtung 20%)	sehr gut (1,5)	ausreichend (4,0)	mangelhaft (5,5)	ausreichend (4,5)	ungenügend (6,0)	ungenügend (6,0)								
DIBt-Zulassung ⁴ (50%)	ja	nein	nein	nein	nein	nein					nein			
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis des Harzes vorgelegt ⁴ (20%)	ja ⁵	ja	nein	ja ⁷	nein	nein					nein			
Verfahrenshandbuch und Schulungen ⁴ (10%)	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein							
Fremdüberwachung ⁴ (10%)	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein							
Nachweis der Entsorgbarkeit ⁴ (10%)	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein							
Baustellen-Untersuchung	praxisgerechter Einbau	nicht durchgeführt ⁶	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau								
Zusatzinformation: Lieferbar für	DN 70 bis DN 200	DN 100 bis DN 300	DN 100 bis DN 300	DN 70 bis DN 1200	DN 50 bis DN 300	DN 70 bis DN 200								
Empfohlene Verbesserungen	Schwankungen der Linereigenschaften verringern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; DIBt-Zulassung auch auf eingesetztes Harzsys-tem erweitern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Qualitäts-sicherung verbessern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung und Qualitätssicherung verbessern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung und Qualitätssicherung verbessern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung und Qualitätssicherung verbessern								

¹ Die Bezeichnung "Standardsituation" bezieht sich auf die Geometrie des Anschlusskanals.

² Bewertung der Funktionsfähigkeit durch optische Beurteilung der sanierten Standardsituation durch die Netzbetreiber: 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.

³ Bewertung: 100% bestandene Dichtheitsprüfungen nach APS-Richtlinie = 1,0 bis 0% bestandene Dichtheitsprüfungen nach APS-Richtlinie = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.

⁴ Bewertung: vorhanden = ja; nicht vorhanden = nein; Zulassungen/Zeugnisse/Nachweise müssen für die im Test eingesetzten Materialien gelten.

⁵ Laut der DIBt-Zulassung ist bei der Verwendung des Sanierungsverfahrens in grundwassergesättigten Zonen ein PE-Schutzschlauch zwischen harzgetränktem Liner und zu sanierender Leitung einzusetzen.

⁶ Der Liner wurde zum Zeitpunkt der Baustellen-Untersuchung nicht bei den beteiligten Netzbetreibern eingesetzt, auch der Lineranbieter benannte keine Baustelle. Die Verfahrenstechnik zum Einbau entspricht aber grundsätzlich der des DrainPlusliners.

⁷ Prüfzeugnis des Hygiene-Instituts des Ruhrgebiets vom 1. August 2002: „Die deutliche Geruchs- und Geschmacksbelastung der Prüfwässer lässt es angeraten sein, von einem Einsatz im unmittelbaren Trinkwassererfassungsbereich (Schutzzone I) und in Schutzzone II vorsorglich abzu-sehen.“...[E]s bestehen u. E. gegen die Verwendung des Materials „Easy Pox“ oberhalb der gesättigten Zone und außerhalb der Trinkwasserschutzzone II auch im Grundwasserkontakt keine Bedenken.“

⁸ Beide B-Komponenten (Härter) 48.48 bzw. 48.94 waren verfügbar und kamen zum Einsatz.

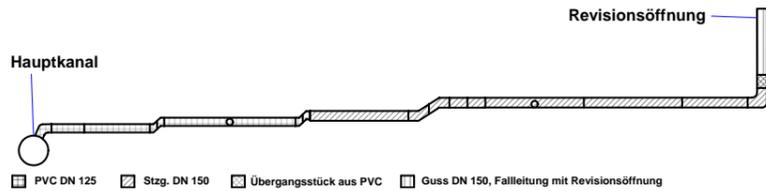
Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

Download des Testberichts unter www.ikt.de

Tabelle 11: Ergebnisse des IKT - Warentests „Hausanschluss-Liner“ bei Extremsituation

IKT - Warentest „Hausanschluss-Liner“

Extremsituation¹:



Sanierung von drei Anschlusskanälen aus Steinzeug DN 150 mit einem Dimensions- und Werkstoffübergang auf PVC DN 125; nicht fachgerechter Anschluss zwischen Scheitel und Kämpfer des Hauptrohres mit einem Mörtelummantelten 67°-Bogen; Inversion durch Revisionsöffnungen in den Falleitungen aus Guss DN 150; vertikale Bögen: 90°, 45° und 30°; horizontale Bögen: 15°; eingebrachte Schäden: Längsrisse, Querrisse, Scherbenbildungen, fehlende Rohrstücke, angedeutete Seitenzuläufe, fehlende Dichtungen.

Lineranbieter	KOB KG	MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	epros GmbH	EasyLiner GmbH	VFG AG	ALOCIT Chemie GmbH	epros GmbH	EasyLiner GmbH	Mr. PIPE GmbH	Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH				
Schlauchliner	BRAWOLINER - FIX 	Konudur Homeliner 	DrainPlusliner 	BendiLiner 	ProFlex Liner (Prototyp) 	Flex-Liner 	DrainLiner 	SoftLiner 	-	-				
Eingesetztes Trägermaterial	Polyester-Hochfestgewebe mit PU-Folie	Polyester-Nadelfilz mit PU-Folie	Polyester-Nadelfilz mit PU-Folie	Polyester-Nadelfilz mit PU-Folie	Vermaschter Filz mit PU-Folie	Polyestergewirke mit PVC-Folie	-	-	-	-				
Eingesetztes Harzsystem	Brawo I	Konudur 160 PL-XL	EPROPOX VIS A4/B4	EasyPox 3008	Biresin LS	ALOCIT A 480, B 48.48 bzw. 48.94 ⁵	-	-	-	-				
IKT - Prüfurteil: Extremsituation	SEHR GUT (1,3)	BEFRIEDIGEND (3,2)	AUSREICHEND (3,9)	AUSREICHEND (4,1)	MANGELHAFT (4,6)	MANGELHAFT (5,1)	NICHT BEWERTET	NICHT BEWERTET	NICHT BEWERTET	NICHT BEWERTET				
Systemprüfung (Gewichtung 80%)	sehr gut (1,2)	befriedigend (2,6)	ausreichend (3,9)	ausreichend (4,0)	ausreichend (4,3)	mangelhaft (4,9)	<ul style="list-style-type: none"> Schlauchliner wurde nicht eingesetzt Begründung: Anbieter entschied sich bei der Sanierung der Extremsituation für den Einsatz des DrainPlusliners 	<ul style="list-style-type: none"> Schlauchliner wurde nicht eingesetzt Begründung: Anbieter entschied sich bei der Sanierung der Extremsituation für den Einsatz des BendiLiners 	<ul style="list-style-type: none"> Teilnahme abgelehnt Begründung des Anbieters: Qualität bereits durch andere Dokumente (u. a. DIBt-Zulassung) in ausreichendem Maße nachgewiesen Vollständiges Absageschreiben vom 27.01.2005 im Anhang I des Endberichtes 	<ul style="list-style-type: none"> Teilnahme abgelehnt Begründung des Anbieters: Testbedingungen außerhalb der Spezifikationen des Insituform-Liners Vollständiges Absageschreiben vom 14.02.2005 im Anhang II des Endberichtes 				
Sanierungsergebnis (60%)	Funktionsfähigkeit ² (40%)	1,9	2,6	1,7	2,4	2,9					3,5			
	Dichtheit ³ (60%)	1,0	4,3	4,3	6,0	6,0					6,0			
Dichtheit nach HD-Reinigung ³ (20%)	1,0	1,0	4,3	1,0	1,0	4,3					4,3			
Dichtheit nach mechanischer Reinigung ³ (20%)	1,0	1,0	5,2	5,2	6,0	5,2					5,2			
Qualitätssicherung (Gewichtung 20%)	sehr gut (1,5)	mangelhaft (5,5)	ausreichend (4,0)	ausreichend (4,5)	ungenügend (6,0)	ungenügend (6,0)								
DIBt-Zulassung ⁴ (50%)	ja	nein	nein	nein	nein	nein					nein			
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis des Harzes vorgelegt ⁴ (20%)	ja ⁶	nein	ja	ja ⁷	nein	nein					nein			
Verfahrenshandbuch und Schulungen ⁴ (10%)	ja	nein	ja	nein	nein	nein					nein			
Fremdüberwachung ⁴ (10%)	ja	ja	ja	ja	nein	nein					nein			
Nachweis der Entsorgbarkeit ⁴ (10%)	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein							
Baustellen-Untersuchung	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau	praxisgerechter Einbau								
Zusatzinformation: Lieferbar für	DN 70 bis DN 200	DN 100 bis DN 300	DN 100 bis DN 300	DN 100 bis DN 150	DN 70 bis DN 200	DN 50 bis DN 300								
Empfohlene Verbesserungen	Schwankungen der Linereigenschaften verringern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Qualitätssicherung verbessern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung verbessern; DIBt-Zulassung auch auf eingesetztes Harzsystem erweitern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung und Qualitätssicherung verbessern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung und Qualitätssicherung verbessern	Schwankungen der Linereigenschaften verringern; Dichtwirkung und Qualitätssicherung verbessern								

¹ Die Bezeichnung "Extremsituation" bezieht sich auf die Geometrie des Anschlusskanals.
² Bewertung der Funktionsfähigkeit durch optische Beurteilung der sanierten Extremsituation durch die Netzbetreiber: 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
³ Bewertung: 100% bestandene Dichtheitsprüfungen nach APS-Richtlinie = 1,0 bis 0% bestandene Dichtheitsprüfungen nach APS-Richtlinie = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
⁴ Bewertung: vorhanden = ja; nicht vorhanden = nein; Zulassungen/Zeugnisse/Nachweise müssen für die im Test eingesetzten Materialien gelten.
⁵ Beide B-Komponenten (Härter) 48.48 bzw. 48.94 waren verfügbar und kamen zum Einsatz.
⁶ Laut der DIBt-Zulassung ist bei der Verwendung des Sanierungsverfahrens in grundwassergesättigten Zonen ein PE-Schutzschlauch zwischen harzgetränktem Liner und zu sanierender Leitung einzusetzen.
⁷ Prüfzeugnis des Hygiene-Instituts des Ruhrgebiets vom 1. August 2002: „Die deutliche Geruchs- und Geschmacksbelastung der Prüfwässer lässt es angeraten sein, von einem Einsatz im unmittelbaren Trinkwassererfassungsbereich (Schutzzone I) und in Schutzzone II vorsorglich abzusehen.“ [Es] bestehen u. E. gegen die Verwendung des Materials „Easy Pox“ oberhalb der gesättigten Zone und außerhalb der Trinkwasserschutzzone II auch im Grundwasserkontakt keine Bedenken.“
 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.

4.2.2.6 Test-Ergebnisse

Folie sorgt für Dichtheit

Der Vergleich der Ergebnisse aus der sogenannten Strangprüfung (Abnahmeprüfung nach DIN EN 1610) mit denen aus der APS-Prüfung zeigt: Die Innenfolie der Liner sorgt vielfach für die Dichtheit. Wird diese Folie stellenweise entfernt – wie bei der APS-Prüfung üblich –, schwindet auch die Dichtwirkung. Dies belegen zahlreiche undichte Linerproben.

Ungleichmäßige Qualität

Alle Schlauchliner zeigten Schwankungen in den Linereigenschaften. Diese Schwankungen wurden sowohl über dem Umfang der Liner, z. B. bei der Wanddickenmessung, als auch über die Linerlänge, z. B. bei der Dichtebestimmung, festgestellt. Auch die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen nach APS-Richtlinie unterstreichen die ungleichmäßige Qualität der Liner. Die Streuung der Ergebnisse führt z. T. sogar zu scheinbaren Widersprüchen in den Testergebnissen. So schnitt der BRAWOLINER - FIX aufgrund dieser Schwankungen bei der „Systemprüfung Extremsituation“ (Note „sehr gut“, 1,2) besser ab als bei der „Systemprüfung Standardsituation“ (Note „gut“, 1,6).

Betriebsbelastungen von geringem Einfluss

Die im Test aufgebrachten Belastungen aus HD-Reinigung und mechanischer Reinigung (Spiralmaschine mit unterschiedlichen Aufsätzen) zeigten keinen erkennbaren Einfluss auf die Liner-Qualität. Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen wurden offensichtlich von der Streuung der Materialeigenschaften dominiert. Infolge der Belastungen wurde in der Regel lediglich die Innenfolie aufgeraut oder stellenweise geschädigt. Veränderungen des Trägermaterials wurden nicht festgestellt.

Zielkonflikt zwischen Funktionsfähigkeit und Dichtheit

Fast alle Schlauchliner des Tests erzielten bzgl. der Funktionsfähigkeit bessere Ergebnisse als bzgl. der Dichtheit. Voraussetzung für eine gute Funktionsfähigkeit des sanierten Anschlusskanals ist, dass der Liner nach der Sanierung keine bzw. nur geringe Falten und Kanten aufweist. Um dies zu erreichen, muss das Linermaterial gerade in Bögen eine entsprechende Flexibilität besitzen. Diese Flexibilität kann dann

allerdings der Dichtheit des Materials entgegenstehen. Besonders deutlich wurde dies im Test, wenn durch die Lineranbieter für die Sanierung der Standard- und der Extremsituation unterschiedliche Schlauchliner eingesetzt wurden. So zeigten die ausschließlich zur Sanierung der Extremsituation eingesetzten Liner „DrainPlusliner“ und „BendiLiner“ in Bögen erheblich weniger Falten als die zur Sanierung der Standardsituation eingesetzten Liner „DrainLiner“ bzw. „SoftLiner“, bei jedoch deutlichen Einbußen in der Dichtwirkung und somit schlechterem Gesamtergebnis.

Qualitätssicherung in Vorbereitung

Lediglich ein Anbieter konnte bei der Qualitätssicherung mit der Note „sehr gut (1,5)“ überzeugen. Die meisten Anbieter lieferten unvollständige oder gar keine Unterlagen. Zum Teil bezogen sich die Unterlagen auf andere als die im Test eingesetzten Materialien. Viele Anbieter gaben jedoch an, die Qualitätssicherung ihrer Produkte gegenwärtig zu verbessern. Drei Anbieter haben demnach eine Zulassung ihrer Schlauchliner durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) beantragt.

Praxisgerechter Einbau

Die durchgeführten Baustellen-Untersuchungen bestätigten die während des Schlauchlinereinbaus im Großversuchsstand des IKT gewonnenen Eindrücke. Die Schlauchliner können mit der eingesetzten Verfahrenstechnik auch unter Praxisbedingungen (räumliche Enge, Zeitdruck) eingebaut werden und ermöglichen somit grundsätzlich die Sanierung von Anschlusskanälen. Allerdings wurden bei stichprobenhaft durchgeführten Dichtheitsprüfungen an Linerproben wiederum Qualitätsunterschiede über Linerlänge bzw. –umfang festgestellt. Somit stellt sich für viele Liner grundsätzlich die Frage, ob die Dichtheitskriterien der Netzbetreiber in situ überhaupt zuverlässig erfüllt werden können.

4.2.2.7 Fazit

Der IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ bewertet acht Schlauchliner zur Sanierung von Anschlusskanälen.

Die Ergebnisse des Tests zeigen, dass seitens der Lineranbieter noch viel zu tun ist. Zwar wurde im Test bestätigt, dass die Schlauchliner grundsätzlich auch bei stark bogengängigen Kanalverläufen eingesetzt werden können und die Funktionsfähigkeit

des Anschlusskanals wiederhergestellt wird. Die Dichtheitsanforderungen der Netzbetreiber werden jedoch von den meisten Schlauchlinern nur selten erfüllt. Die durchgeführten Prüfungen offenbarten darüber hinaus erhebliche Schwankungen in der Linerqualität sowohl über den Umfang als auch über die Länge der Liner. Auch die Qualitätssicherung zeigt derzeit noch Lücken, meist ist sie erst in Vorbereitung.

4.2.3 Schlauchlining ausgehend vom Hauptkanal

Die Renovierung mit dem Schlauchlining kann neben dem Einsatz über z. B. Revisionsöffnungen auch aus dem Hauptkanal heraus erfolgen. Hierbei wird der Anschlusskanal und gleichzeitig der Anschlussstutzen renoviert. Der Schlauchliner besteht aus einem bis zu 15 m langen Schlauchmantel und einer Hutkrempe. Liner und Hutkrempe werden mit einem Harzsystem imprägniert und in einen Packer mit Kalibrierschlauch eingebracht, so dass sich der Schlauchmantel im Kalibrierschlauch befindet und die Hutkrempe auf der Packeraußenseite aufliegt. An der Schadstelle wird der Liner unter Druckluft in den Anschlusskanal umgestülpt und die Hutkrempe an die Innenwand des Hauptkanals gepresst. Die Aushärtung erfolgt z. B. unter Zufuhr von heißem Wasser bzw. Dampf (vgl. [34]).

Zur Untersuchung des Einsatzes von Schlauchliner-Verfahren, die eine Sanierung ausgehend vom Hauptkanal ermöglichen, wurde mit den beteiligten Netzbetreibern ein Versuchsaufbau und ein Prüfprogramm abgestimmt. Die Netzbetreiber bestimmten die Verfahren „Ferngesteuerte Anschlussanierung“ der Insituform Rohr-sanierungstechniken GmbH und das „Langhutverfahren“ der ProKasro GmbH für die Untersuchung. Anschließend wurden die Anbieter dieser Verfahren bzgl. einer Teilnahme an dem Projekt angefragt.

Sowohl die Insituform Rohr-sanierungstechniken GmbH als auch die ProKasro GmbH lehnten jedoch die Teilnahme an der Untersuchung ab. Beide Anbieter gaben an, dass sich die Untersuchung mit der Weiterentwicklung der jeweiligen Systeme überschneiden würde. Die Absageschreiben finden sich in Anhang III und IV.

4.2.4 Spiralrohrrelining

Ein Spiralrohr ist ein werksseitig hergestelltes Kunststoff-Rohr mit gerippter Außenwand und glatter Innenwand. Das Spiralrohr wird über eine Seilwinde in den Kanal

eingezogen. Hierzu wird die Seilwinde am Zielpunkt positioniert. Mit einem Röhrenaal wird das Seil durch den Kanal geschoben und mit einem Zugkopf am Spiralrohr verbunden, um dieses anschließend einzuziehen zu können. Der Ringraum der gerippten Außenwand des Spiralrohres wird nach dem Einziehen i. d. R. mit Füllmaterial verdämmt. Der Querschnitt des Anschlusskanals wird durch die Renovierung mit dem Spiralrohr deutlich reduziert.

Für die Untersuchung des Einsatzes des Spiralrohrrelinings wurde mit den beteiligten Netzbetreibern ein Versuchsaufbau und ein Prüfprogramm abgestimmt. Die Netzbetreiber bestimmten das Flexoren-Verfahren der Uponor Anger GmbH für die Untersuchung. Der Anbieter dieses Verfahrens wurde bzgl. einer Teilnahme an dem Projekt angefragt.

Die Uponor Anger GmbH lehnte die Teilnahme an der Untersuchung ab. Dies wurde mit den nicht fachgerecht eingebauten Anschlussstutzen der Versuchskanäle begründet, da die Anbindung an diese Stutzen beim Einsatz des Flexoren-Verfahrens problematisch sei. Das Absageschreiben findet sich in Anhang V. In [31] und [35] sind Erfahrungen mit dem Einsatz des Spiralrohrrelinings in Kanälen und Leitungen von Grundstücksentwässerungsnetzen dargestellt.

4.2.5 Bohrverfahren

4.2.5.1 Verfahrensbeschreibung

Beim Bohrverfahren werden Rohre mit einer schlagend, vibrierend oder statisch aufbrachten Kraft von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt eingeschoben oder eingezogen. Der Boden wird hierbei am Bohrkopf verdrängt (Bodenverdrängungsverfahren) oder z. B. durch eine Förderschnecke bis zum Startpunkt transportiert und dort entfernt (Bodenentnahmeverfahren).

Die auf dem Markt angebotenen Verfahren weichen bzgl. der maschinentechnischen Konzeption und der bauverfahrenstechnischen Arbeitsweise teilweise stark voneinander ab. Abhängig von den Randbedingungen, z. B. Bodenverhältnisse, Rohrdurchmesser, Bohrlänge und -genauigkeit werden ungesteuerte und gesteuerte Bohrverfahren eingesetzt [36].

Die ungesteuerten Verfahren werden auf den Zielpunkt ausgerichtet und anschließend wird die Bohrmaschine/Erdverdrängungshammer vorgetrieben. Da das Gerät hierbei in Abhängigkeit vom Bodenaufbau und der Bohrlänge von der geplanten Trasse abgelenkt werden kann, eignen sich diese Verfahren vor allem für kürzere Strecken (ca. 15-25 m).

Auch die gesteuerten Bohrverfahren werden in Richtung Zielpunkt ausgerichtet. Im Gegensatz zu den ungesteuerten Verfahren wird der Bohrkopf aber kontrolliert vorgetrieben; die Richtung und Lage des Gerätes wird permanent gemessen. Sofern das Gerät von dem geplanten Trassenverlauf abweicht, besteht eine Korrekturmöglichkeit. Somit kann dieses Verfahren auch bei längeren Strecken (> 20 m) und höheren Anforderungen an die Zielgenauigkeit eingesetzt werden.

Die Anbindung der eingebauten Kanäle an vorhandene Bauwerke wird mit Dichtringen oder Formstücken durchgeführt.

4.2.5.2 Versuchsaufbau

Die Bohrverfahren wurden im Großversuchsstand des IKT eingesetzt. Hierzu wurde eine Start bzw. Zielbaugrube und in einer Entfernung von ca. 11 m ein Start- bzw. Zielschacht DN 1000 erstellt. Als Verbau der Start bzw. Zielbaugrube wurden die Großversuchsstandswände und zusätzlich eingebrachte Stahlplatten genutzt. In die Stahlplatten wurden „Start- bzw. Zielöffnungen“ mit einem Durchmesser von ca. 250 mm für die auszuführenden Bohrungen so eingebrannt, dass ein geradliniger Bohrverlauf den mittigen Anschluss der Kanäle am Schacht ermöglichte. In den Bohrbereich wurden wechselnde Bodenschichten mit Hindernissen (zwei Mauerwerkswände aus Kalksandstein (240x175x113) und eine Spanplatte mit ca. 22 mm Dicke) eingebracht. Zusätzlich verliefen Falleleitungen aus PVC DN 100 im Bohrbereich. Der Bohrbereich wurde mit einem Sand/Kiesgemisch Körnung 0/8 verfüllt, das ca. auf halber Bohrlänge nicht verdichtet wurde (Abb. 17).

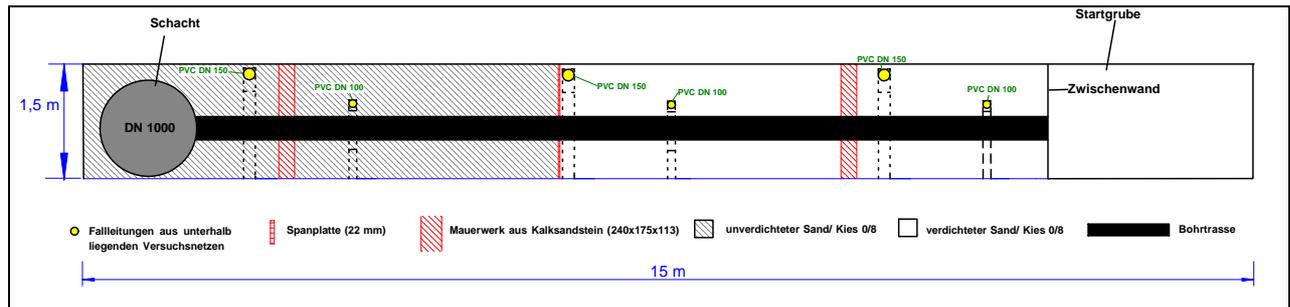


Abb. 17: Versuchsaufbau für den Einsatz der Bohrverfahren, Draufsicht

Für den Einsatz im Großversuchsstand wurden nachfolgende Verfahren von den Netzbetreibern ausgewählt:

- Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage) der Tracto-Technik GmbH, Bohrung aus dem Schacht.
- Grundomat 180 (ungesteuerter Erdverdrängungshammer) der Tracto-Technik GmbH, Bohrung aus der „Baugrube“.
- Ungesteuertes Bohrtec-Bohrverfahren der Bohrtec GmbH, Bohrung aus der „Baugrube“.

4.2.5.3 Grundopit S, gesteuerte Kleinbohranlage

Mit der Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage) der Tracto-Technik GmbH wird zunächst eine Pilotbohrung mit einem Durchmesser von wenigen Zentimetern hergestellt, um beim Rückzug des Bohrgestänges das Abwasserrohr mit weit größerem Durchmesser einzuziehen.

Im Großversuchsstand erfolgte die Bohrung ausgehend vom Schacht in Richtung Start- bzw. Zielgrube. Die Grundopit-Erdbohrmaschine wurde im Schacht fixiert und zur Ein- bzw. Ausfahröffnung in der Startbaugrube ausgerichtet. Aufgrund der Versuchsrandbedingungen (geringe Überdeckung, nahezu parallel verlaufende Leitungen und Lage der Schachtverbindungen) wurde vom Anbieter ein Gefälle von ca. 0 % gewählt. Nach der Montage einer 200 mm Diamantbohrkrone wurde der Schacht angebohrt. Anschließend erfolgte die Montage eines „angeschrägten“ Bohrkopfes mit einer Länge von ca. 50 cm und einem Durchmesser von ca. 6,5 cm, welcher in die Maschine eingespannt wurde.

Dieser Bohrkopf wird durch statischen Schub mit dem Bohrgestänge rotierend im Erdreich vorgetrieben. So werden nacheinander Gestängeelemente mit einer Länge von ca. 50 cm verschraubt und mit dem Bohrkopf vorgebohrt. Der Bohrkopf kann mit einem Messgerät gepeilt werden. Die Peilung gibt Aufschluss über die Tiefe und das Gefälle der Bohrung. Eine Anpassung der Bohrrichtung ist durch die Drehung des „angeschrägten“ Bohrkopfes möglich. Während des Bohrvorganges wird kontinuierlich eine Bentonitsuspension durch das Gestänge zum Bohrkopf gepumpt und tritt dort über eine Öffnung aus, um die Rohrreibung zu verringern und gleichzeitig das Bohrloch zu stabilisieren.

Nachdem die Zielöffnung erreicht worden war, wurde ein Aufweitkopf (der sogenannte Backreamer) am Bohrgestänge befestigt. Mit einem sogenannten „Spreiznippel“ wurde anschließend ein 12 m langes PE-HD-Rohr mit einem Durchmesser DN 150 am Aufweitkopf befestigt und mit dem Bohrgestänge zum Schacht zurückgezogen. Unter ständiger Zugabe von Bentonitsuspension rotierte der Aufweitkopf beim Rückzug im Erdreich. Die Elemente des Bohrgestänges wurden im Schacht nach und nach ausgebaut. Nachdem das PE-HD-Rohr den Schacht erreicht hatte, wurden der Aufweitkopf und der Spreiznippel entfernt. Der Anschluss des PE-HD-Rohres an den Schacht erfolgte durch eine Gliederkette. Diese besteht aus einzelnen Dichtmodulen mit Kautschukdichtelementen, welche durch Verschrauben zwischen Abwasserrohr und dem Wandbereich des Bohrlochs verspannt werden (Abb. 18). Abb. 19 stellt den Verfahrensablauf dar.



Abb. 18: Gliederkette mit Dichtmodulen und Kautschukdichtelementen [37]

		
Grundopit S	Kernbohrung im Schacht	Abgeschrägter Bohrkopf
		
Bohrgestänge-Elemente	Vortrieb des Bohrgestänges	Demontage des Bohrkopfs in der „Baugrube“
		
Aufweitkopf	Montage des Spreiznippels mit PE-HD-Rohr	Rohreinzug
		
Ankunft des Aufweitkopfs am Schacht	Eingebaute Gliederkette	Kürzen des PE-HD-Rohres in der Baugrube

Abb. 19: Verfahrensablauf beim Verfahren Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage)

4.2.5.4 Grundomat 180, ungesteuerter Erdverdrängungshammer

Der Grundomat 180 (ungesteuerter Erdverdrängungshammer) der Tracto-Technik GmbH wird durch Kolbenschläge (Zwei-Takt-Verfahren) von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt vorgetrieben und verdrängt dabei das Erdreich. Beim Vortrieb können unmittelbar hinter dem Erdverdrängungshammer Schutz- oder Produktrohre in den entstehenden Hohlraum eingezogen oder eingeschoben werden. Standfester Boden ermöglicht u. U. einen nachträglichen Einbau der Rohre (vgl. [36]).

Abwasserrohre können auch durch Rückzug des Erdverdrängungshammers zum Startpunkt eingebaut werden. Dies ist besonders dann notwendig, wenn der Grundomat 180 auf der Zielseite der Bohrung nicht ausgebaut werden kann (z. B. aufgrund geringer Abmessungen der Zielgrube bzw. des Zielbauwerkes).

Im Rahmen des im Großversuchsstand durchgeführten Einsatzes der Grundomat 180 wurde der Erdverdrängungshammer von der Startgrube in Richtung Schacht vorgetrieben. Die Abmessungen der Grundomat 180 ließen einen Ein- bzw. Ausbau im Schacht DN 1000 nicht zu. Die Produktrohre des Anschlusskanals wurden somit beim Rückzug des Erdverdrängungshammers vom Schacht zur Startgrube eingezogen.

Zunächst wurde der Grundomat 180 in der Startgrube auf einem justierbaren Gestell aufgebaut. Die Ausrichtung in Höhen- und Seitenlage erfolgte durch das Anvisieren eines Fluchtstabes am Schacht. Das geplante Gefälle von ca. 0,5 % wurde eingestellt.

Der Erdverdrängungshammer wurde durch einen mittels Druckluft angetriebenen Kolben im Zweitaktverfahren (längsbeweglicher Stufenkopf) von der Startbaugrube in Richtung Schacht vorgetrieben. Gleichzeitig wurden mit dem Erdverdrängungshammer Schutzrohre aus PVC DN 150 eingezogen, um Bodeneinbrüche zu verhindern. Nachdem der Erdverdrängungshammer an der Schachtaußenwand angelangt war, wurde die Grundopit-Erdbohrmaschine in den Schacht eingebaut und im Schacht ein Bohrloch mit einem Durchmesser DN 200 erstellt. Die Lage des Erdverdrängungshammers wurde hierbei nicht exakt eingemessen. In der Folge wurde bei der Kernbohrung die Position des Erdverdrängungshammers nicht exakt getroffen und er musste nach der Bohrung teilweise durch die Schachtwand gerammt werden. An-

schließend wurde der Erdverdrängungshammer zur Startbaugrube zurückgefahren, wobei sukzessive PVC-Rohre DN 150 mit einer Länge von 0,6 m mit dem Erdverdrängungshammer verbunden und eingezogen wurden. Während des Rückzugs des Erdverdrängungshammers wurden die „PVC-Mantelrohre“ in die Startbaugrube zurückgeschoben und dort entfernt. Nach Abschluss des Rückzugs bzw. Einzugs der Rohre vom Schacht in Richtung Startbaugrube, wurde der Anschluss im Schacht durch eine Mörtelummantelung hergestellt. Hierdurch wurden gleichzeitig die an der Schachtinnenwand durch das vorherige Einrammen des Erdverdrängungshammers entstandenen Ausbrüche ausgebessert.

		
Einbau des Erdverdrängungshammers	Justierung	Einbau der Mantelrohre
		
Vortrieb des Erdverdrängungshammers mit Mantelrohr	Kontrolle des Vortriebs	Erstellung der Kernbohrung im Schacht
		
Erdverdrängungshammer am Bohrloch im Schacht	Einzug der PVC-Rohre	Mit Mörtelummantelung erstellter Anschluss

Abb. 20: Verfahrensablauf beim Verfahren Grundomat 180 (ungesteuerter Erdverdrängungshammer)

4.2.5.5 Ungesteuertes Bohrtec-Bohrverfahren

Beim ungesteuerten Bohrverfahren der Bohrtec GmbH wird eine Bohrschnecke mit Mantelrohren im Boden bis zum Zielpunkt vorgetrieben. Anschließend wird die Schnecke zurückgezogen und die Abwasserrohre werden eingeschoben. Abschließend werden die Mantelrohre nach zugkraftschlüssiger Sicherung der Abwasserrohre zurückgezogen.

Im Großversuchsstand wurden zwei Bohrungen von der „Baugrube“ in Richtung Schacht mit unterschiedlichen Schachtanschlüssen ausgeführt.

Für die erste Bohrung wurde zunächst durch einen Holzunter- und verbau das Bohrgerät fixiert und entsprechend dem geplanten Gefälle von 7 % ausgerichtet. Dieses Gefälle wurde vom Anbieter gewählt, um den Schacht nicht im Bereich der Schachtverbindung zweier Schachtringe anbohren zu müssen.

Anschließend wurden die Bohrschnecke vorgetrieben und die Mantelrohre eingeschoben. Die Schneckenelemente und Mantelrohre haben eine Länge von 0,5 m. Die Lage neu eingesetzter Schneckenstücke und Mantelrohre wurde mit einer Wasserwaage kontrolliert. Das Erdreich wurde über die Schnecke zur Startgrube transportiert und dort entfernt. Nach Ankunft am Zielschacht wurden die Schneckenteile zurückgezogen und ausgebaut. Eine Bohrkronen wurde mit einem Bohrgestänge verbunden und bis zum Schacht vorgeschoben, um diesen von außen anbohren zu können. Nach der Erstellung des Bohrlochs und dem Entfernen der Bohrkronen wurden Vortriebsrohre aus Steinzeug im Mantelrohr vorgeschoben. Der Anschluss an den Schacht wurde mit einer Gliederkette ausgeführt. Das eingebaute Abwasserrohr wurde zugfest verspannt, um beim Rückzug der Mantelrohre ein Auseinanderziehen der Rohrverbindungen zu verhindern.

Die Durchführung der zweiten Bohrung erfolgte mit Ausnahme des Schachtanschlusses analog zur ersten Bohrung. Das angestrebte Gefälle betrug bei dieser Bohrung wegen der Lage der Schachtverbindungen 4 %. Der Anbieter wählte für den Anschluss an den Schacht ein Spezialdichtelement (System „Bohrtec“) aus, um die Möglichkeit des Anschlusses bei nicht begehbaren Schächten bzw. Hauptkanälen aufzuzeigen. Das Spezialdichtelement wurde auf das erste einzubauende Steinzeugrohr gesetzt und im Mantelrohr bis zur Kernbohrung vorgeschoben. Durch diese An-

schlussart kann z. B. bei nicht begehbaren Hauptkanälen auf die Erstellung eines Kopflochs zur Anbindung des Anschlusskanals verzichtet werden. Eine zugfeste Verspannung des Anschlusskanals ist durch Einsatz eines sogenannten Rückhaltegestänges möglich. Nachfolgende Abb. 21 stellt den Verfahrenseinsatz und die unterschiedlichen Schachtanbindungen dar.

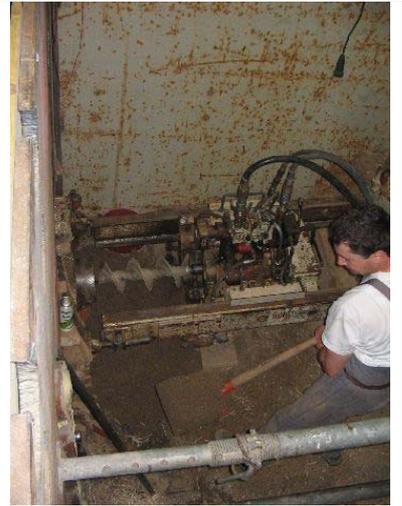
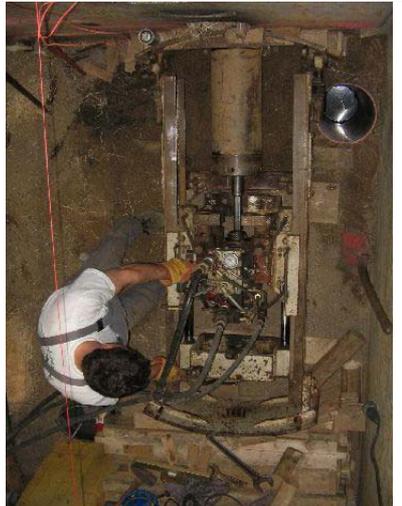
		
Ausrichten des Bohrgeräts	Schneckenelement	Schnecke im Mantelrohr
		
Bodenausbau	Kontrolle der Lage	Einschieben der Mantelrohre
		
Kernbohrung aus der Startbaugrube heraus	Markierung im Schacht	Schacht durchbohrt

Abb. 21: Einsatz des ungesteuerten Bohrtec-Bohrverfahrens

Fortsetzung: Abb. 21, Einsatz des ungesteuerten Bohrtec-Bohrverfahrens

		
Vortriebsrohre	Rohrvortrieb	Anschlussstelle
		
Anschluss mit Gliederkette	Zugfeste Verspannung	Rückzug der Mantelrohre
		
Spezialdichtelement	Einbau unter Kamerabeobachtung	Eingebautes Spezialdichtelement

4.2.5.6 Prüfungen und Ergebnisse

Nachdem die Bohrungen erstellt worden waren, wurden die eingebauten Anschlusskanäle untersucht. Zunächst wurden die Anschlusskanäle mit einer Kamera inspiziert und anschließend mit Luftüberdruck nach DIN EN 1610 [32] auf Dichtheit geprüft. Die Kanäle wurden freigelegt und der Leitungsverlauf, die Bohrgenauigkeit sowie die hergestellten Anschlüsse wurden begutachtet.

Die Inspektion der Anschlusskanäle zeigte optisch mängelfreie Kanäle. Die Muffen der Kanäle, die mit Einzelrohren aus PVC bzw. Steinzeug erstellt worden waren, wiesen keine optischen Mängel auf. Alle Dichtheitsprüfungen wurden bestanden.

Nach dem Freilegen der Kanäle wurde der Leitungsverlauf in Augenschein genommen und anschließend mit einer Wasserwaage und einem Wegaufnehmer kontrolliert. Hierdurch wurde sowohl das geplante Gefälle der Kanäle überprüft als auch horizontale Abweichungen von der geplanten geradlinigen Trasse festgehalten.

Die optische Kontrolle zeigte bereits, dass die vorab eingebauten Hindernisse nicht zu starken Abweichungen von der Bohrtrasse geführt hatten. Der mit der Grundopit S (gesteuerten Kleinbohranlage) hergestellte Kanal zeigte optisch geringfügige horizontale Abweichungen von der Solllinie. Dies kann auf eine Abweichung beim Einbringen des Bohrgestänges zurückgeführt werden, die auf das anschließend eingelegte PE-HD-Rohr übertragen wurde (Abb. 22).



Abb. 22: Verlauf der Bohrtrassen, Beispiele

In nachfolgender Tabelle sind die geplanten Gefälle und die Ergebnisse der Messungen der Gefälle sowie die horizontale Abweichung von der Solllinie zwischen Start- und Zielpunkt zusammengestellt.

Tabelle 12: Geplante Gefälle und Verlauf der Bohrungen

Bohrung	Geplantes Gefälle [%]	Gemessenes Gefälle [%]	Maximale horizontale Abweichung von der Solllinie zwischen Start- und Zielpunkt [cm]
Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage)	0 %	ca. 0 %	ca. 14 cm
Grundomat 180 (ungesteuerte Erdverdrängungs- hammer)	Die mit dem ungesteuerten Erdverdrängungshammer erstellte Bohrung wurde noch vor dem Freilegen für einen Einsatz des Berstverfahrens verwendet und nicht vermessen.		
Ungesteuertes Bohrtec- Bohrverfahren Bohrung 1	7 %	ca. 6 %	ca. 13 cm
Ungesteuertes Bohrtec- Bohrverfahren Bohrung 2	4 %	ca. 4 %	ca. 28 cm

Tabelle 12 verdeutlicht, dass die geplanten Gefälle bei den Bohrungen nahezu eingehalten wurden. Auch der horizontale Verlauf weicht lediglich geringfügig von der Solllinie ab.

Obwohl die Abweichungen als verhältnismäßig gering angesehen werden können, führten sie dazu, dass teilweise die geplante Anschlussstelle am Schacht nicht exakt getroffen wurde. Die Schachtanschlüsse wurden mit Dichtelementen oder durch Mörtelummantelung hergestellt. Nachfolgende Tabelle 13 stellt das Vorgehen beim Schachtanschluss, die beobachteten Auffälligkeiten und den fertigen Anschluss dar.

Tabelle 13: Schachtanschlüsse

Bohrung	Vorgehen	Beobachtete Auffälligkeiten	Fertiger Anschluss
Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage)	Kernbohrung DN 200 im Schacht; Anschluss durch Rohreinzug; Montage einer Gliederkette im Schacht	keine	
Grundomat 180 (ungesteuerter Erdverdrängungshammer)	Kernbohrung DN 200 im Schacht nachdem der Erdverdrängungshammer an der Außenseite des Schachtes angekommen war; Anschluss durch Rohreinzug und Mörtelummantelung	Position des Erdverdrängungshammers an der Schachtaußenwand bei Erstellung der Kernbohrung im Schacht nicht exakt getroffen; Bohrloch durch Rammen mit dem Erdverdrängungshammer erweitert, dadurch Ausbrüche an der Schachtwand	
		Anschluss vor Mörtelummantelung	
Ungesteuertes Bohrtec-Bohrverfahren, Bohrung 1	Kernbohrung DN 200 über das Mantelrohr an Schachtaußenseite; Rohreinschub; Montage einer Gliederkette im Schacht	keine	
Ungesteuertes Bohrtec-Bohrverfahren, Bohrung 2	Kernbohrung DN 200 über das Mantelrohr an der Schachtaußenseite; Rohreinschub mit Spezialdichtelement über das Mantelrohr	keine	

Zur Vorbereitung des Schachtanschlusses wurden Kernbohrungen von außen über die Bohrung oder von innen im Schacht erstellt. Probleme können vor allem dann entstehen, wenn Kernbohrungen aus Bauwerken heraus durchgeführt werden und die bereits erstellte Bohrtrasse exakt getroffen werden muss.

Eine Dichtheitsprüfung der Anschlussstellen in den Schächten wurde nicht durchgeführt. Ein entsprechendes Prüfgerät, welches eine Einzelprüfung der Anschlüsse mit geringfügigem Aufwand ermöglicht, war nicht verfügbar. Ggf. ist hier eine entsprechende Entwicklung anzustreben (vgl. [38]).

4.2.5.7 Schlussfolgerungen

Aus den Einsätzen der Verfahren Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage), Grundomat 180 (ungesteuerter Erdverdrängungshammer) und ungesteuertes Bohrtec-Bohrverfahren sowie den anschließenden Prüfungen können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Alle Verfahren ermöglichen die Erstellung von neuen Anschlusskanälen in geschlossener Bauweise. Die erstellten Anschlusskanäle waren funktionsfähig und dicht. Die Standsicherheit der Kanäle war augenscheinlich gegeben.
- Die Verläufe der Bohrungen wichen nur geringfügig von den anvisierten Zielpunkten ab. Die eingebrachten Hindernisse führten optisch nicht zu Abweichungen von der geplanten Bohrtrasse. Umliegende Leitungen wurden nicht beschädigt.
- Die mit der Grundopit S (gesteuerte Kleinbohranlage) und dem ungesteuerten Bohrtec-Bohrverfahren erstellten Anschlusskanäle konnten aufgrund der Bohrgenauigkeit bzw. des Vorgehens bei der Bohrung mit Spezialdichtelementen an den Schacht angeschlossen werden. Ein mit dem ungesteuerten Bohrtec-Bohrverfahren erstellter Anschlusskanal wurde hierbei vergleichbar zum Anschluss an nicht begehbare Schächte bzw. Hauptkanäle mit einem Spezialdichtelement (System „Bohrtec“) angeschlossen.
- Lediglich nach Erstellung des Anschlusskanals mit der Grundomat 180 (ungesteuerter Erdverdrängungshammer) musste der Anschluss durch Mörtelummantelung erstellt werden. Da bei der Kernbohrung im Schacht die Position des Erdverdrängungshammers an der Schachtaußenwand nicht exakt getroffen wurde, musste in diesem Fall das bereits erstellte Bohrloch durch Rammen mit dem Erdverdrängungshammer erweitert werden. Hierdurch entstanden Ausbrüche an der Schachtwand.
- Eine Dichtheitsprüfung der Anschlussstellen in den Schächten konnte nicht durchgeführt werden. Ein entsprechendes Prüfgerät zur Einzelprüfung der Anschlüsse war nicht verfügbar. Ggf. ist hier eine entsprechende Entwicklung anzustreben (vgl. [38]).

4.2.6 Berstlining

4.2.6.1 Verfahrensbeschreibung

Beim Berstverfahren wird ein Verdrängungskörper durch ein schadhaftes Altrohr geführt, wodurch das Altrohr zerstört und die Bruchstücke in den Baugrund verdrängt werden. Unmittelbar hinter dem Berstwerkzeug wird der neue Anschlusskanal in gleicher oder größerer Nennweite eingezogen. Sofern ein Anschlusskanal mit größerer Nennweite eingebracht werden soll, muss der Boden entsprechend verdrängt werden können. Das Berstlining wird bei kreisförmigen Rohrquerschnitten und verdichtungsfähigen Böden im Leitungsbereich eingesetzt. Die Haltung muss weitgehend geradlinig ohne größere Abwinkelungen verlaufen. Die neue Leitung kann aus einem Rohrstrang oder aus Kurzrohren bestehen. Es wird das statische und dynamische Berstlining unterschieden [36].

Das statische Berstlining kann auch in sensiblen Bereichen, z. B. in der Umgebung von bruchgefährdeten Leitungen, eingesetzt werden, da hierbei keine Erschütterungen durch dynamische Kräfte entstehen. Von einem Startpunkt (z. B. Baugrube, Schacht) ausgehend wird das Berstgestänge mit einer Führung durch die defekte Altrohrleitung bis zum Zielpunkt (z. B. Revisionsschacht, Hausanschluss) geführt. Am Zielpunkt wird die Führung durch das Berstwerkzeug ausgetauscht und das Neurohr befestigt. Anschließend wird das Berstwerkzeug mit dem Neurohr in Richtung Startpunkt zurückgezogen.

Das dynamische Bersten arbeitet mit einem Bodenverdrängungshammer, der mit einem Aufweitungskonus ausgerüstet ist. Im Gehäuse des Bodenverdrängungshammers befindet sich ein Schlagkolben durch dessen Schlagimpulse der Altkanal zerstört und die Bruchstücke in den Baugrund verdrängt werden. Das angehängte Neurohr wird gleichzeitig mit dem Berstwerkzeug eingezogen. Das dynamische Bersten ist auch bei stark verdichteten Untergründen einsetzbar.

Das Einziehen eines Rohrstranges erfordert eine ausreichend dimensionierte Startbaugrube, die z. B. vom Durchmesser der Leitung und der Rohrsohlentiefe der zu erneuernden Leitung abhängt. Um eine Zerstörung angeschlossener Seitenzuläufe zu vermeiden, müssen diese in offener Bauweise abgetrennt und nach Abschluss des Rohreinzugs wieder angeschlossen werden.

4.2.6.2 Versuchsaufbau

Für den Einsatz des Berstverfahrens wurde der Versuchsaufbau für die Bohrverfahren genutzt (4.2.5). Einer der mit den Bohrverfahren erstellten Anschlusskanäle wurde geborsten (4.2.5.4). Der Anschlusskanal verlief somit zwischen dem Schacht DN 1000 und der Startbaugrube. Das Neurohr wurde von der Startbaugrube mit der Berstmaschine in Richtung Schacht gezogen.

4.2.6.3 Grundoburst

Eingesetzt wurde das statische Berstverfahren Grundoburst der Tracto-Technik GmbH. Zunächst wurde die Berstmaschine Grundoburst in den Schacht eingebaut und fixiert. Das Berstgestänge wurde durch das „Altrohr“ aus PVC DN 150 vom Schacht zur Startbaugrube geschoben. Hierzu wurde ein sogenanntes QuickLock-Schnellklinkengestänge verwendet, bei dem die kurzen Einzelelemente des Gestänges durch Einklinken verbunden werden. In der „Baugrube“ wurde das Führungskaliber des Berstgestänges abmontiert. Der Berstkopf mit Aufweitkopf und angehängtem Neurohr aus PE-HD DN 150 wurden mit dem Berstgestänge verbunden. Das 12 m lange Neurohr wurde mit dem Gestänge eingezogen (statischer Rückzug). Beim Zurückziehen des Gestänges zerstörte der Berstkopf das „Altrohr“ und der Aufweitkopf verdrängte dabei die entstehenden Scherben in den umgebenden Boden. Der Aufweitkopf vergrößerte hierbei gleichzeitig den Altrohrquerschnitt. Nachdem das Neurohr am Schacht angekommen und die Berstmaschine entfernt worden war, wurde der Schachtanschluss mit PU-Schaum und Mörtel wiederhergestellt. Nachfolgende Abb. 23 stellt den Verfahrensablauf und die Schachtanbindung dar.

		
Berstmaschine	Vorschub des Schnellklingengestänges	Schnellklingengestänge in der Startbaugrube
		
Verbindung mit dem Berstkopf	Rohreinzug in der Startbaugrube	Kontrolle des Rohres beim Einzug
		
Einzug des Berstkopfes in den Schacht	Bergung des Berstkopfes	Wiederhergestellter Schachtanschluss

Abb. 23: Verfahrensablauf beim Einsatz der Berstmaschine Grundoburst

Prüfungen und Ergebnisse

Die Prüfung des mit dem Berstverfahren hergestellten Anschlusskanals erfolgte vergleichbar zu den Prüfungen der mit den Bohrverfahren erstellten Anschlusskanäle. Der Anschlusskanal wurde inspiziert, nach DIN EN 1610 [32] mit Luft auf Dichtheit geprüft und nach dem Freilegen untersucht (Leitungsverlauf, hergestellte Anschlüsse).

Die Inspektion zeigte einen optisch mängelfreien, geradlinig verlaufenden Kanal. Die Dichtheitsprüfung wurde bestanden. Die Messungen zeigten ein Gefälle von ca. 2,4 % und eine maximale horizontale Abweichung von der Solllinie zwischen Start- und Zielpunkt von ca. 18,4 cm, wobei davon ausgegangen werden kann, dass

die Abweichungen der vorher durchgeführten Bohrung (vgl. 4.2.5.4) beim Bersten aufgenommen wurden. Der Einzug des PE-HD Rohres zerstörte das „Altrohr“ aus PVC, welches längs aufgerissen oder in zahlreiche Einzelteile zersplittert wurde. Die Begutachtung des PE-HD-Rohres zeigte keine signifikanten Veränderungen, z. B. Riefenbildung (vgl. [39]).



Abb. 24: Freigelegter Kanal nach dem Bersten

4.2.6.4 Schlussfolgerungen

Der Einsatz des Verfahrens Grundoburst und die anschließenden Prüfungen lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Das Verfahren ermöglicht die Erstellung von neuen Anschlusskanälen in geschlossener Bauweise. Der erstellte Anschlusskanal war funktionsfähig und dicht. Die Standsicherheit des Kanals war augenscheinlich gegeben.
- Die optische Inspektion zeigte einen geradlinig verlaufenden Kanal ohne signifikante Veränderungen (z. B. Riefenbildung).
- Der Anschluss an den Schacht wurde durch Mörtelummantelung erstellt. Eine Dichtheitsprüfung des Schachtanschlusses wurde nicht durchgeführt (vgl. 4.2.5.7).

4.2.7 Flutungsverfahren

4.2.7.1 Verfahrensbeschreibung

Bei der Reparatur mittels Flutungsverfahren werden zwei flüssige chemische Lösungen (Komponenten) nacheinander in die zu sanierenden Leitungen eingebracht, so dass sie über die Schadstellen in den Boden eindringen und dort miteinander zu einem festen Körper reagieren können.

Vor dem ersten Flutungsvorgang werden die Leitungen gereinigt. Zur Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten des Flutungsverfahrens wird i. d. R. eine Wasserdruckprüfung unter Messung der Wasserverlustmengen durchgeführt. Nach den Vorarbeiten wird die erste Komponente in den Netzbereich eingefüllt und der verfahrensabhängige Überdruck aufgebaut. Nach einer verfahrensabhängigen Einwirkzeit wird die erste Komponente abgepumpt, die Leitungen gereinigt und die zweite Komponente mit dem entsprechenden Überdruck eingebracht. Die Komponenten treffen im Boden zusammen, wodurch eine chemische Reaktion ausgelöst wird. Diese Reaktion führt zur Bildung eines Hartgels, welches die Schadstellen abdichten soll. Nach einer verfahrensabhängigen Einwirkzeit wird die zweite Komponente abgepumpt und der Sanierungsbereich erneut gereinigt. In Abhängigkeit von der erzielten Dichtwirkung nach dem ersten Flutungszyklus wird

der Einfüllvorgang der Komponenten ggf. wiederholt, um eine weitere Abdichtung zu erzielen.

4.2.7.2 Versuchsaufbau

Zur Untersuchung der Flutungsverfahren wurden zunächst die drei Grundstücksentwässerungsnetze im Großversuchsstand des IKT genutzt, die auch für die Durchführung des IKT-Warentests „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ verwendet wurden (siehe 3.2.2: Abb. 7, Abb. 8, Abb. 9). Weiterhin wurden Entwässerungsnetze in mittelformatigen Versuchsständen eingebaut. In allen Netzen lagen definiert eingebrachte Schäden vor.

Nachstehend sind die Details der im Großversuchsstand eingebauten Entwässerungsnetze zusammengestellt:

- Verzweigte Entwässerungsnetze (Grundfläche von ca. 3,5 m x 5,5 m), Anschluss an den Hauptkanal über einen Anschlusskanal.
- Einstiegschächte: Beton DN 1000.
- Hauptkanal: Steinzeug DN 300.
- Anschlusskanal: Steinzeug DN 150, Länge ca. 4,9 m.
- Grundleitungen: Steinzeug-Leitungen DN 100, Länge ca. 4,8 m; PVC-Leitungen DN 100, Länge ca. 6,3 m; PVC-Leitungen DN 70, Länge ca. 1,9 m.
- Abzweige und Bögen: 45°-Abzweige aus Steinzeug; 90°-Bögen, 45°-Abzweige und 67°-Abzweige aus PVC.
- Grundleitungen mit einem Gefälle von ca. 0,5 cm/m; eine Leitung mit Gegengefälle.
- Fallleitungen: PVC-Leitungen DN 100; 90°-Bögen aus Steinzeug; Übergangsstücke Steinzeug auf PVC DN 100.
- Eine Grundleitung ohne Fallleitung ausgeführt, Verschluss mit Deckel.

In die Leitungen jedes Netzes wurden folgende Schäden bzw. Mängel eingebracht: Vertikale Muffenversätze, Längs- und Querrisse, Scherbenbildungen, ein Unterbogen, eine einragende Leitung, eine vertikale Verformung Stanzlöcher und Ablage-

rungen. Der Anschlusskanal wurde durch eine Mörtelummantelung nicht fachgerecht an den Hauptkanal angeschlossen. Aus allen PVC-Rohren wurden die Dichtungen entfernt (siehe 3.2.2: Abb. 10). In Abb. 25 sind die Netze dargestellt.

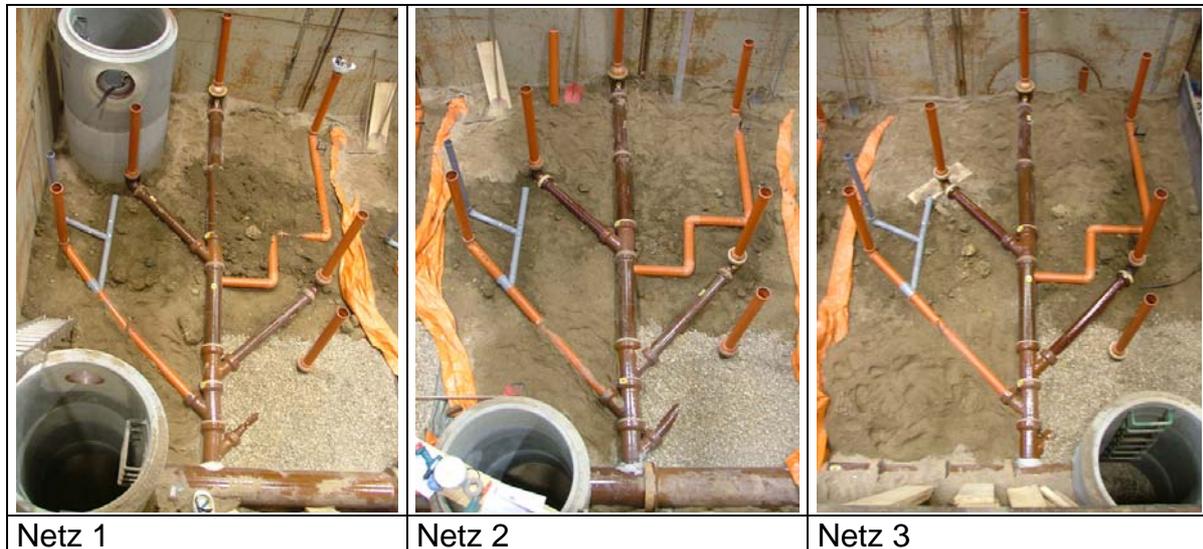


Abb. 25: Netz 1 bis 3 im Großversuchsstand (mit Schacht als Netzzugang vor Bodeneinbau)

Zur Überdeckung der Grundstücksentwässerungsnetze wurden unterschiedliche Bodenarten (Sand/Kies 0/8, Sand/Kies 8/16, bindiger Boden) verwendet. Hierzu wurden die Netze mit Verbauplatten in Teilbereiche unterteilt. Nach dem Einbau der Böden wurde der Verbau gezogen. Die Netzbereiche wurden durch Folie seitlich voneinander abgetrennt. Im Anschluss an die Verfüllung wurde der Großversuchsstand mit Wasser befüllt, so dass dieses unmittelbar unter den Netzen anstand.

In die mittelformatigen Versuchsstände wurden nachstehende Netzaufbauten eingebracht:

- Verzweigte Entwässerungsnetze (Grundfläche von ca. 2 m x 5 m), Anschluss an einen Schacht über einen Anschlusskanal.
- Einstiegschächte: Beton DN 1000.
- Anschlusskanal: Steinzeug DN 150, Länge ca. 3,6 m.
- Grundleitungen: Steinzeug-Leitungen DN 100, Länge ca. 3,0 m; PVC-Leitungen DN 100, Länge ca. 2,7 m.
- Abzweige und Bögen: 45°-Abzweige aus Steinzeug; 90°-Bögen aus PVC.

- Falleleitungen: PVC-Leitungen DN 100; 90°-Bögen aus Steinzeug; Übergangsstücke Steinzeug auf PVC DN 100.
- Grundleitungen mit einem Gefälle von ca. 0,5 cm/m; eine Leitung mit Gegengefälle.
- Falleleitungen: PVC-Leitungen DN 100.

In die Leitungen der Netze wurden folgende Schäden bzw. Mängel eingebracht: Vertikale Muffenversätze, Längs- und Querrisse, Scherbenbildungen und eine einragende Leitung, nicht fachgerechter Anschluss des Anschlusskanals. Aus einem PVC-Rohr wurde die Dichtung entfernt (Abb. 26).

			
Vertikaler Versatz	Längsriss (Länge ca. 30 cm)	Längsrisse (Länge je Riss ca. 10 cm)	Querriss
			
Scherbenbildung	Nicht fachgerechter Anschluss	Fehlende Dichtung	Nicht fachgerechter Anschluss mit Mörtelummantelung

Abb. 26: Übersicht der in die Versuchsnetze in den mittelformatigen Versuchsständen eingebrachten Schäden bzw. Mängel

Zur Überdeckung der Grundstücksentwässerungsnetze wurden unterschiedliche Bodenarten (Sand, Kies, bindiger Boden) verwendet.



Abb. 27: Netzbereiche mit unterschiedlichen Böden

In Abb. 28 ist beispielhaft eines der in den mittelformatigen Versuchsständen erstellten Grundstücksentwässerungsnetze dargestellt.



Abb. 28: Netzaufbau im mittelformatigen Versuchsstand (Sicht ausgehend vom Anschlusspunkt)

Für die Untersuchung von Flutungsverfahren wählten die Netzbetreiber das Sanipor-Verfahren der Sanipor GmbH, das STAUBCO-Verfahren der Staub & Co. Chemiehandels-gesellschaft mbH (Vertreten durch den Vertriebspartner Brenntag GmbH) und das TUBOGEL-Verfahren der Geochemie Sanierungssysteme GmbH aus.

Zunächst sollten die drei ausgewählten Flutungsverfahren in je einem der im Großversuchsstand erstellten Versuchsnetze eingesetzt werden. Es war geplant den Einsatz der Flutungsverfahren mit einer Druckhöhe unmittelbar über den Versuchsnet-

zen durchzuführen. Dies vor dem Hintergrund, dass in der Praxis für die Aufbringung höherer Drücke i. d. R. erhebliche Absperr- und Umbaumaßnahmen durchzuführen sind (z. B. Abnahme sanitärer Einrichtungen).

Die Anbieter der Verfahren wurden über den Versuchsaufbau und die Randbedingungen des Einsatzes informiert und bzgl. einer Teilnahme an dem Projekt angefragt. Da der genaue Bodenaufbau in der Praxis i. d. R. nicht bekannt ist, wurden bei der Information der Anbieter hierzu keine Angaben gemacht.

4.2.7.3 Sanipor-Verfahren

Die Sanipor GmbH lehnte die Teilnahme an der Untersuchung ab. Dies wurde u. a. mit fehlenden Materialvorräten im Untersuchungszeitraum begründet (siehe auch Absageschreiben in Anhang VI).

4.2.7.4 STAUBCO-Verfahren

Das STAUBCO-Verfahren besteht aus Komponente A und B, die, nach dem Eindringen über Kanalschäden in das Erdreich, miteinander reagieren. Laut Hersteller des STAUBCO-Verfahrens handelt es sich bei Komponente A (Silikatkomponente A) um eine siliziumoxidhaltige alkalische Lösung und bei Komponente B (Härter CA) um eine Calciumverbindung mit zykloliphatischen Estern. Einer Produktinformation der Staub & Co. Chemiehandelsgesellschaft mbH lässt sich nachfolgende Beschreibung entnehmen: *„Die STAUBCO Silikatkomponente A, der eigentliche Träger des Systems, ist ein speziell formuliertes, rein anorganisches sowie hochkieselsäurehaltiges Silikat mit geringer Viskosität. Durch den hohen Anteil an Kieselsäure ist die Komponente sehr klebrig - bei einer Temperatur über 10° C bleibt das Material dennoch sehr fließ- bzw. kriechfähig. Die zweite Komponente, der STAUBCO Härter CA, ist eine anorganische Spezialsohle mit organischem Polymer, niedrigviskos und mit der richtigen Temperatur von über 10° C ebenfalls schnell kriechfähig und somit ideal auf die STAUBCO Silikatkomponente A eingestellt. Beide Komponenten sind in ihren Zusammensetzungen und Eigenschaften biologisch sehr gut abbaubar und somit umweltverträglich. Die Arbeitsstoffe sind nicht gefährlich. Es entsteht keinerlei Geruchsbelästigung.“*

Das STAUBCO-Verfahren ist zur temporären Sanierung von Abwasserleitungen in den Nennweiten DN 100 bis DN 300 und dazugehörige Schächte, die vorwiegend häusliches Abwasser ableiten, vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) bauaufsichtlich zugelassen (Z-42.3-354, Geltungsdauer bis 31. Mai 2008). Vom Hygiene-Institut des Ruhrgebiets wurden die Materialien des Staubco-Verfahrens auf Umweltverträglichkeit geprüft. Im Prüfzeugnis vom 20. Oktober 1998 wird die Umweltverträglichkeit des STAUBCO-Verfahrens wie folgt beurteilt: „... der Einsatz des STAUBCO Kanalsanierungssystems [ist] vertretbar, da hierbei nur kleine Mengen an den defekten Stellen des Kanals austreten, die umwelthygienisch tolerierbar erscheinen. Aus Vorsorgegründen raten wir jedoch vorsorglich von einer Anwendung in Wassergewinnungsgebieten ab.“

Ein Übereinstimmungsnachweis der in der Untersuchung eingesetzten Materialien mit den Materialien, die der DIBt-Zulassung und dem Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis zu Grunde lagen, wurde im Rahmen dieses Projektes nicht geführt.

Vor dem Hintergrund der Absage der Sanipor GmbH bot sich die Gelegenheit, zwei Netze mit dem gleichen Verfahren und unterschiedlichen Druckhöhen zu sanieren, um Rückschlüsse hinsichtlich der Auswirkungen geringer bzw. unterschiedlicher Füllhöhen auf das Sanierungsergebnis ziehen zu können.

Der von der Brenntag GmbH ausgewählte Anwender des Staubco-Verfahrens erklärte sich bereit, zwei der im Großversuchsstand eingebauten Netze (Versuchsnetze 1 und 2) mit unterschiedlichen Flutungsdrücken – Druckhöhe unmittelbar und ca. 1 m über dem höchsten Punkt des Rohrscheitels im horizontal verlaufenden Netzbereich – zu sanieren. In der DIBt-Zulassung (Z-42.3-354) wird eine Druckhöhe von 2 m über dem höher gelegenen Rohrscheitel bzw. über dem Grundwasserspiegel (falls dieser über dem Rohrscheitel liegt) gefordert. Das Vorgehen während der Sanierung im Großversuchsstand war der ausführenden Sanierungsfirma freigestellt.

Zur Vorbereitung der **Sanierung im Großversuchsstand mit dem Staubco-Verfahren** wurden die Netze zunächst mit einer Rotationsdüse gereinigt. Anschließend wurden die eingebrachten Ablagerungen mit einem Fräsroboter (Granulatkopf und Stahlbürste) und einer Kettenschleuder beseitigt. Die Reinigungsgeräte wurden hierbei über die Fallleitungen eingebracht. Nach der Reinigung wurde eine Druckprü-

fung zur Messung der Wasserverlustmengen durchgeführt. Aufgrund der zahlreichen eingebrachten Schäden konnte kein Druck aufgebracht werden.



Abb. 29: Geräte zur Entfernung von Ablagerungen

Zur Sanierung im Großversuchsstand wurden die zu sanierenden Netze mit zwei Durchlassabsperriblasen, welche im Hauptkanal unmittelbar neben dem Anschlussstutzen platziert worden waren, abgesperrt. In der Regel werden die zu sanierenden Leitungen beim Flutungsvorgang vollständig mit dem Material vom tiefsten Punkt der zu sanierenden Leitungen ausgehend befüllt. Der Anwender entschied allerdings aufgrund der hohen Wasserverluste, die Flutungskomponenten zunächst im Freigefälle durch die Netze zu leiten, um eine Vorabdichtung zu erzielen. Er vermutete, dass bei einer sofortigen Vollenfüllung der Netze erhebliche Mengen an Material in den anstehenden Boden geflossen wären. Nach der Vorabdichtung wurden die Netze komplett befüllt und die Druckhöhen eingestellt, so dass die Komponenten über die Schäden in das umgebende Erdreich flossen. Nachfolgend ist das Vorgehen bei der Flutung von Netz 1 und Netz 2 im Detail zusammengestellt.

Flutung des Netzes 1 (Druckhöhe unmittelbar über dem höchsten Punkt des Rohrscheitels im horizontal verlaufenden Netzbereich):

- Einfüllen der Komponente A über die Fallleitungen, so dass diese im Freigefälle zum Hauptkanal abfluss. Abpumpen der Komponente über die Durchlassabsperriblase. Anschließend wurde der Vorgang mit Komponente B wiederholt.
- Erste Flutung mit Komponente A und B, so dass sich eine Druckhöhe unmittelbar über dem höchsten Punkt des Netzes einstellte. Die Einwirkzeit der

Komponenten betrug ca. 30 bzw. 15 min. Flutung über eine Durchlassabsperblase im Hauptkanal.

- Zweite Flutung mit Komponente A und B. Die Einwirkzeit der Komponenten betrug jeweils ca. 60 min. Flutung über Falleitung mit Absperrblase im Hauptkanal.

Flutung des Netzes 2 (Druckhöhe ca. 1 m über dem höchsten Punkt des Rohrscheitels im horizontal verlaufenden Netzbereich):

- Einfüllen der Komponente A über die Falleitungen, so dass diese im Freigefälle zum Hauptkanal abfluss. Abpumpen der Komponente über die Durchlassabsperblase. Anschließend wurde der Vorgang mit Komponente B wiederholt.
- Erste Flutung mit Komponente A und B, so dass sich eine Druckhöhe von ca. 1 m über dem höchsten Punkt des Netzes einstellte. Die Einwirkzeit der Komponenten betrug ca. 30 bzw. 15 min. Flutung über eine Durchlassabsperblase im Hauptkanal.
- Zweite Flutung mit Komponente A und B. Die Einwirkzeit der Komponenten betrug ca. 30 bzw. 60 min. Flutung über Falleitung mit Absperrblase im Hauptkanal.
- Erneute Flutung mit Komponente A. Die Einwirkzeit betrug ca. 60 min. Flutung über Falleitung mit Absperrblase im Hauptkanal.

Nach jedem Flutungsvorgang mit der jeweiligen Komponente wurden die Reste aus dem Leitungsnetz abgepumpt und die Netze gereinigt, indem Wasser über die Falleitungen eingefüllt wurde. Insgesamt wurden für die Sanierung der Netze jeweils ca. 500 Liter der Komponente A und 200 Liter der Komponente B verbraucht. Laut Sanierungsfirma handelte es sich um einen außergewöhnlich hohen Materialverbrauch, der auf einen besonderen Schädigungsgrad des Netzes zurückzuführen sei.

Das **STAUBCO-Verfahren** wurde anschließend zur Sanierung eines Netzes in einem der **mittelformatigen Versuchsstände** eingesetzt. Das Vorgehen beim Einsatz im mittelformatigen Versuchsstand kann grundsätzlich mit dem Einsatz im Großver-

suchsstand verglichen werden. Allerdings stand beim zweiten Einsatz des Staubco-Verfahrens kein Wasser unmittelbar unterhalb des Netzes an und der Anwender entschied sich, die Komponenten bei der Volfüllung des Netzes mit einem höheren Druck einzubringen. Auch während der Sanierung im mittelformatigen Versuchsstand war dem Anwender das Vorgehen freigestellt.

Das Netz wurde zunächst mit einer Kamera inspiziert und anschließend gereinigt. Eine Wasserdruckprüfung zur Messung der Verlustmengen wurde nicht durchgeführt, da sich aus Sicht der Sanierungsfirma hierdurch Wasser in der Leitungszone des Versuchstands hätte ansammeln und die Sanierung erschweren können (vgl. Einsatz im Großversuchsstand). Die Komponenten A und B wurden nacheinander über die Falleleitungen eingebracht, so dass diese im Freigefälle zum Schacht flossen und dort abgepumpt werden konnten. Danach wurden weitere Flutungsvorgänge bei einer Druckhöhe von ca. 1,5 m über dem höchsten Punkt des Rohrscheitels im horizontal verlaufenden Netzbereich mit längerer Einwirkzeit durchgeführt. Nach jedem Flutungsvorgang wurden die jeweiligen Komponenten abgepumpt und das Netz über die Falleleitungen gespült.

Nachfolgend ist das Vorgehen bei der Flutung im Detail zusammengestellt:

- Einfüllen der Komponente A über die Falleleitungen, so dass diese im Freigefälle zum Schacht abfloss. Abpumpen der Komponente im Schacht. Anschließend wurde der Vorgang mit Komponente B wiederholt.
- Erste Flutung mit den Komponenten A und B. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen. Druckhöhe ca. 1,5 m. Die Einwirkzeit betrug ca. 60 bzw. 15 min.
- Zweite Flutung mit den Komponenten A und B. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen. Druckhöhe ca. 1,5 m. Die Komponente A wurde über Nacht im Netz belassen. Anschließend wurde die Komponente B mit einer Einwirkzeit von ca. 120 min eingefüllt.

Insgesamt wurden für die Sanierung des Netzes jeweils ca. 310 Liter der Komponente A und ca. 160 Liter der Komponente B verbraucht. Laut Sanierungsfirma handelte es sich auch bei dieser Sanierung um einen außergewöhnlich hohen Material-

verbrauch, der wiederum auf einen besonderen Schädigungsgrad des Netzes zurückzuführen sei.

Prüfergebnisse

Eine nach der **Sanierung im Großversuchsstand** durchgeführte Kamerabefahrung des noch nicht sanierten Netzes 3 zeigte, dass sich die Komponenten des STAUBCO-Verfahrens im Großversuchsstand bis zu dem benachbarten Netz ausgebreitet hatten. Das Öffnen der Einfüll-/Auslassöffnungen im Bodenbereich des Versuchstandes führte zum Austritt der Verfahrenskomponenten, wodurch die Ausbreitung des Materials im Versuchstand bestätigt wurde (Abb. 30).



Abb. 30: Öffnen von Einfüll-/Ablässöffnung am Großversuchsstand nach Einsatz des STAUBCO-Verfahrens

Die aus dem Großversuchsstand gewonnenen Proben des Flutungsmaterials wurden vom Hygiene Institut des Ruhrgebiets hinsichtlich der Umweltverträglichkeit untersucht. Hierbei wurde festgestellt, dass die höchstbelastete Probe als „schwach wassergefährdend“ einzustufen ist (Wassergefährdungsklasse WGK 1).

Die Ergebnisse der in Netz 1 und Netz 2 durchgeführten Sanierungen wurden überprüft. Die Schwerpunkte der Prüfungen nach dem Verfahrenseinsatz waren die opti-

sche Kontrolle der Funktionsfähigkeit (z. B. Verstopfungsgefahr) der sanierten Leitungsnetze und die Dichtheitsprüfung sowie die Betrachtung der Geometrie des Sanierungskörpers nach Ausbau (z. B. Ausbreitung im Untergrund).

Die optische Inspektion der Leitungsnetze zeigte erhebliche Materialrückstände, die allerdings durch eine nachträgliche Reinigung der Kanäle mit Hochdruckspülung weitgehend entfernt werden konnten. Die ausführende Sanierungsfirma hatte keine abschließende Hochdruckreinigung ausgeführt. Dies wurde in einem Schreiben an das IKT vom 5. April 2005 wie folgt begründet: *„Aufgrund der teilweise großen Schäden haben wir es vermieden, nach Abschluss der Flutungsarbeiten die Leitungen mit Hochdruck zu spülen, um das frische Dichtmaterial nicht herauszuspülen.“*

Die Dichtheitsprüfungen, 12 Tage nach der Sanierung, wurden mit Wasserüberdruck in Anlehnung an DIN EN 1610 [32] mit zwei unterschiedlichen Druckhöhen durchgeführt; keine Prüfung wurde bestanden. Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen sind in Tabelle 14 zusammengestellt.

Tabelle 14: Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen, 12 Tage nach Einsatz des STAUBCO-Verfahrens im Großversuchsstand (Sanierung mit anstehendem Wasser unterhalb des Netzes)

Dichtheitsprüfung	Netz 1 (Flutungsdruck unmittelbar über dem Netz)	Netz 2 (Flutungsdruck ca. 0,1 bar)
Innenwasserdruck vor der Sanierung	Kein Druckaufbau möglich	Kein Druckaufbau möglich
0,05 bar Innenwasserdruck nach der Sanierung, 30 min	0,37 l/m ² (2,71 l Wasserverlust)	1,1 l/m ² (7,81 l Wasserverlust)
0,1 bar Innenwasserdruck nach der Sanierung, 30 min	0,72 l/m ² (5,26 l Wasserverlust)	1,84 l/m ² (13,48 l Wasserverlust)

Nach DIN EN 1610 sind die Prüfungsanforderungen für Rohrleitungen erfüllt, wenn die Wasserverlustmenge bei einem Prüfdruck zwischen 0,1 und 0,5 bar 0,15 l/m² in 30 min nicht übersteigt. Nach der DIBt-Zulassung des STAUBCO-Verfahrens muss der Prüfdruck bei der Wasserdruckprüfung der hydrostatischen Druckhöhe hinsichtlich der Oberkante des tiefsten Einlaufes (max. 0,5 bar) entsprechen. Die zulässige Leckrate beträgt 0,3 l/m² in 30 min.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz des STAUBCO-Verfahrens im Großversuchsstand zwar eine Dichtwirkung erzielt wurde, allerdings ließen die Netzzustände nach wie vor eine deutliche Exfiltration zu.

Nachdem die Dichtheitsprüfungen abgeschlossen waren, wurden die Netze im Großversuchsstand freigelegt und Bodenrückstände mit einem Wasserschlauch abgespült. Die anschließende optische Begutachtung der Netze zeigte, dass sich im Bereich der Schadstellen keine Festkörper ausgebildet hatten und nur an einzelnen Schäden Flutungsmaterial zu erkennen war. Dieses Material hatte eine weiche Konsistenz. Die Komponenten A und B hatten kaum miteinander reagiert bzw. die Reaktion war noch nicht abgeschlossen. Das Material reagierte unter Luft nach und verfestigte sich. Die Netze 1 und 2 waren optisch erkennbar undicht (Abb. 31).



Abb. 31: Freigelegte Netze im Großversuchsstand und Beispiele des Sanierungsergebnisses (Sanierung mit anstehendem Wasser unterhalb des Netzes)

Die Vertreter der Brenntag AG (Vertriebspartner der Staub & Co. Chemiehandelsgesellschaft mbH) und die Sanierungsfirma, welche die Arbeiten im IKT durchgeführt hatte, führten die fehlende Aushärtung des Materials auf das im Großversuchsstand vorhandene Wasser zurück. Die Sanierungsfirma vermutete, dass sich der Wasserstand durch die vor der Sanierung ausgeführten Wasserdruckprüfungen und die Reinigungen während der Sanierung noch gesteigert hatte. Hierdurch hätte sich das STAUBCO-Material mit dem Wasser vermischt und es sei ein Weichgel entstanden (vgl. Schreiben der Sealflut GmbH in Anhang VII).

Der weitere Ausbau des Bodens im Großversuchsstand bestätigte, dass sich die Komponenten des STAUBCO-Verfahrens unkontrolliert im Großversuchsstand verteilt hatten. Das verteilte Material besaß eine flüssige Konsistenz. Während des Ausbaus wurde ein fauliger Geruch festgestellt.

Auch die **Sanierung im mittelformatigen Versuchsstand** (ohne Wasser unterhalb des Netzes) wurde optisch bzgl. der Funktionsfähigkeit durch eine Kamerabefahrung kontrolliert. Anschließend wurde eine Dichtheitsprüfung in Anlehnung an DIN EN 1610 [32] durchgeführt. Nach Ausbau wurde die Geometrie der Sanierungskörper betrachtet und die Dichtheitsprüfung wiederholt.

Die Kamerabefahrung zeigte nur geringfügige Materialrückstände in den sanierten Leitungen. Die Materialkomponenten hatten sich an der Kanalinnenwand abgelagert, bildeten aber keine Abflusshindernisse. Zur Dichtheitsprüfung mit Wasserüberdruck, 15 Tage nach Sanierung, wurde das mit dem STAUBCO-Verfahren sanierte Netz mit Wasser befüllt und die Wasserverluste über einen Zeitraum von fünf Stunden beobachtet. In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 15: Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen, 15 Tage nach Einsatz des STAUBCO-Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand (Sanierung ohne anstehendes Wasser)

Prüfdauer [h]	Druckhöhe [bar]	Wasserverlust [l/30 min]	Wasserverlust [l/m ² in 30 min]
0	0,129	-	-
0,5	0,123	1,88	0,37
1	0,118	1,57	0,32
1,5	0,113	1,57	0,32
2	0,110	1,1	0,23
3	0,103	1,02	0,22
5	0,090	1,02	0,22

Nach DIN EN 1610 sind die Prüfungsanforderungen für Rohrleitungen erfüllt, wenn die Wasserverlustmenge bei einem Prüfdruck zwischen 0,1 und 0,5 bar 0,15 l/m² in 30 min nicht übersteigt. Nach der DIBt-Zulassung des STAUBCO-Verfahrens muss der Prüfdruck bei der Wasserdruckprüfung der hydrostatischen Druckhöhe hinsichtlich der Oberkante des tiefsten Einlaufes (max. 0,5 bar) entsprechen. Die zulässige Leckrate beträgt 0,3 l/m² in 30 min.

Auch im mittelformatigen Versuchsstand wurde eine verbesserte Dichtheit der Netze festgestellt. Mit abfallender Druckhöhe und steigender Prüfdauer ließen die Wasserverluste tendenziell nach. Die o. a. Kriterien der DIBt-Zulassung wurden bei der Dichtheitsprüfung bei einer Druckhöhe von 1,3 m zunächst überschritten und schließlich bei einer Druckhöhe von 1 m eingehalten.

Nach der Dichtheitsprüfung wurde das Netz händisch freigelegt, wobei wiederum faulige Gerüche festgestellt wurden. Die Begutachtung der Sanierungskörper nach Aufgrabung zeigte, dass die Komponenten an verschiedenen Schädstellen in den Untergrund ausgetreten waren und miteinander reagiert hatten. An zahlreichen Schadensstellen wurden ausgehärtete Sanierungskörper beobachtet. Dies auch in Bereichen, die als schwer zugänglich bezeichnet werden können (z. B. Übergang DN 100 auf 90°-Bogen DN 125). Allerdings wurden zwei von fünf Schäden im Bereich des bindigen Bodens (Querriss und Längsriss) offensichtlich nicht bzw. nur teilweise abgedichtet. An diesen Stellen war das Material nicht ausreichend in den Untergrund

ausgetreten. Entsprechend trat bei der Wasserdruckprüfung nach dem händischen Freilegen des sanierten Netzes an diesen Stellen erkennbar Wasser aus.



Abb. 32: Sanierungsergebnis nach Einsatz des STAUBCO-Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand (Sanierung ohne anstehendes Wasser)

Im Anschluss an die Dichtheitsprüfung mit Wasserüberdruck wurde untersucht, ob sich die eingesetzten Materialien im mittelformatigen Versuchsstand ausgebreitet hatten. Am Boden des Versuchsstandes wurde hierbei ein Gemisch aus den bei der Flutung eingesetzten Materialien und bei der Dichtheitsprüfung eingesetztem Wasser festgestellt (Abb. 33).

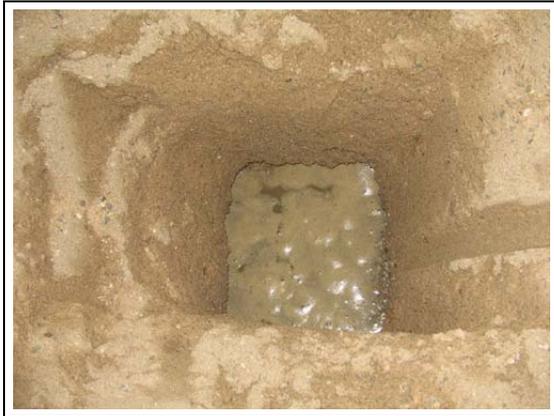


Abb. 33: Gemisch aus Sanierungsmaterialien und Wasser am Boden des Versuchstandes (STAUBCO-Verfahren), ca. 0,75 m unter Leitungsnetz, mittelformatiger Versuchstand (Sanierung ohne anstehendes Wasser)

4.2.7.5 TUBOGEL-Verfahren

Das TUBOGEL-Verfahren besteht aus den Komponenten T 1 und T 2. Diese gehen zur Abdichtung von Kanalschäden eine chemische Verbindung ein. Laut Hersteller ist die erste Komponente des Systems T 1 für die Trinkwasseraufbereitung zugelassen und die Inhaltsstoffe von T 2 sind großteils aus der Verpackungsindustrie für Lebensmittel bekannt [40].

Das TUBOGEL-Verfahren ist zur Sanierung von Abwasserleitungen in den Nennweiten DN 100 bis DN 500 und dazugehörige Schächte, die Abwasser nach DIN 1986-3 [15] ableiten, vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) bauaufsichtlich zugelassen (Z-42.3-280, Geltungsdauer bis 31. August 2008). Weiterhin ist das Verfahren zur temporären Sanierung von Abwasserleitungen im Bereich von Tankstellen bauaufsichtlich zugelassen (Z-42.3-369, Geltungsdauer bis 31. Oktober 2009). Im Prüfzeugnis des Hygiene-Institut des Ruhrgebiets vom 11. Dezember 1996 wird die Umweltverträglichkeit des TUBOGEL-Verfahrens wie folgt beurteilt: „... der Einsatz des TUBOGEL-Kanalsanierungssystems [ist] vertretbar, da hierbei nur Kleinstmengen an den defekten Stellen am Kanal austreten, die umwelthygienisch tolerierbar erscheinen.“

Ein Übereinstimmungsnachweis der in der Untersuchung eingesetzten Materialien mit den Materialien, die der DIBt-Zulassung und dem Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis zu Grunde lagen, wurde im Rahmen des Projektes nicht geführt.

Das TUBOGEL-Verfahren wurde im Großversuchsstand nicht eingesetzt, da sich nach der Sanierung mit dem STAUBCO-Verfahren die Materialkomponenten soweit ausgebreitet hatten, dass eine Beeinflussung des Verfahrenseinsatzes nicht ausgeschlossen werden konnte (siehe 4.2.7.4). Das **TUBOGEL-Verfahren** wurde zur **Sanierung** eines Netzes in einem der **mittelformatigen Versuchsstände** nach Einfüllen von **Wasser** eingesetzt. Der von der Geochemie Sanierungssysteme GmbH ausgewählten Sanierungsfirma war das Vorgehen während der Sanierung freigestellt.

Vor Einsatz des Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand wurde dieser teilweise mit Wasser befüllt. Das Wasser wurde in diesem Fall an der Bodenoberfläche verrieselt, bis der Wasserstand in einem perforierten Kontrollrohr unmittelbar unter dem Leitungsnetz lag. Während des Befüllvorgangs drangen an einzelnen Schadstellen sowohl Wasser als auch Bodenpartikel in das Leitungsnetz ein.

Zur Vorbereitung der Sanierung wurde das Netz zunächst inspiziert. Vor der Inspektion entfernte die Sanierungsfirma das eingetretene Wasser-Bodengemisch aus dem Leitungsnetz. Im Anschluss an die mit einer Schiebekamera durchgeführte Inspektion brachte die Sanierungsfirma an der Anschlussstelle im Schacht einen Kurzliner ein, um das Absperrn des Netzes mittels Absperrblase an dieser Stelle zu vereinfachen. Eine Wasserdruckprüfung zur Messung der Verlustmengen wurde nicht durchgeführt, da sich aus Sicht der Sanierungsfirma hierdurch zuviel Wasser im Versuchsstand angesammelt hätte.

Nachdem die Absperrblase gesetzt worden war, erfolgte der erste Flutungsvorgang mit einer Druckhöhe von ca. 1,5 m über dem höchsten Punkt des Rohrscheitels im horizontal verlaufenden Netzbereich. Das Netz wurde hierbei über die Falleleitungen befüllt. Durch diesen Flutungsvorgang sollte eine Vorabdichtung mit einer kurzen Einwirkzeit der Komponenten des TUBOGEL-Verfahrens erzielt werden. Es wurde vermutet, dass bei einer längeren Einwirkzeit erhebliche Mengen an Material über die eingebrachten Schäden in den anstehenden Boden geflossen wären. Nachfolgend wurden am Schachtanschluss eine Durchgangsblase gesetzt und weitere Flutungsvorgänge mit längerer Einwirkzeit durchgeführt. Die Druckhöhe bei diesen Flutungsvorgängen betrug ca. 2 m über dem höchsten Punkt des Rohrscheitels im horizontal verlaufenden Netzbereich. Dies entspricht der in der DIBt-Zulassung geforder-

ten Druckhöhe. Nach jedem Flutungsvorgang wurden die jeweiligen Komponenten abgepumpt und das Netz über die Falleleitungen gespült.

Nachfolgend ist das Vorgehen bei der Flutung im Detail zusammengestellt:

- Erste Flutung mit den Komponenten T 1 und T 2. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen. Druckhöhe ca. 1,5 m. Die Einwirkzeit betrug ca. 2 min.
- Zweite Flutung mit den Komponenten T 1 und T 2. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen und eine Durchgangsblase. Druckhöhe ca. 2 m. Die Einwirkzeit betrug ca. 30 bzw. 45 min.
- Dritte Flutung mit den Komponenten T 1 und T 2. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen und eine Durchgangsblase. Druckhöhe ca. 2 m. Die Einwirkzeit betrug je Komponente ca. 45 min.
- Vierte Flutung mit den Komponenten T 1 und T 2. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen und eine Durchgangsblase. Druckhöhe ca. 2 m. Die Einwirkzeit betrug je Komponente ca. 45 min.
- Fünfte Flutung mit den Komponenten T 1 und T 2. Einbringen der Komponenten über die Falleleitungen und eine Durchgangsblase. Druckhöhe ca. 2 m. Die Einwirkzeit betrug je Komponente ca. 15 min.

Nach den einzelnen Flutungszyklen war das Wasser im perforierten Kontrollrohr auf eine Höhe bis über das Leitungsnetz angestiegen. Daher wurde während der Sanierung von der Sanierungsfirma mehrfach Wasser abgepumpt, so dass der Wasserstand im Kontrollrohr wieder unterhalb des Rohrnetzes lag. Aufgrund der mehrmals geänderten Wasserstände, ist davon auszugehen, dass der Wasserstand während der Flutungsvorgänge im Versuchsstand ungleichmäßig verteilt war.

Zur Sanierung des Versuchsnetzes wurden ca. 410 Liter T 1 und 170 Liter T 2 verwendet. Laut Sanierungsfirma handelte es sich um einen außergewöhnlich hohen Materialverbrauch, der auf einen besonderen Schädigungsgrad des Netzes zurückzuführen sei.

Prüfergebnisse

Nach Abschluss der Sanierung wurde optisch die Funktionsfähigkeit durch eine Kamerabefahrung kontrolliert. Anschließend wurde eine Dichtheitsprüfung in Anlehnung an DIN EN 1610 [32] durchgeführt. Nach Ausbau wurde die Geometrie der Sanierungskörper betrachtet und die Dichtheitsprüfung wiederholt.

Die optische Inspektion zeigte i. d. R. nur geringfügige Materialrückstände in den sanierten Leitungen, die sich an der Kanalinnenwand abgelagert hatten. Lediglich im Anschlusskanal lagen auch stärkere Ablagerungen in der Kanalsole vor, die aber nicht ausgehärtet und somit durch eine Hochdruckspülung entfernbar waren. Zur Dichtheitsprüfung mit Wasserüberdruck, acht Tage nach der Sanierung, wurden die sanierten Netze mit Wasser befüllt und die Wasserverluste über einen Zeitraum von fünf Stunden beobachtet. In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 16: Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen, 8 Tage nach Einsatz des TUBOGEL-Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand (Sanierung mit anstehendem Wasser unterhalb des Netzes)

Prüfdauer [h]	Druckhöhe [bar]	Wasserverlust [l/30 min]	Wasserverlust [l/m ² in 30 min]
0	0,133	-	-
0,5	0,128	1,41	0,28
1	0,124	1,41	0,28
1,5	0,120	1,1	0,22
2	0,117	0,94	0,19
3	0,112	0,79	0,16
5	0,102	0,79	0,16

Nach DIN EN 1610 sind die Prüfungsanforderungen für Rohrleitungen erfüllt, wenn die Wasserverlustmenge bei einem Prüfdruck zwischen 0,1 und 0,5 bar 0,15 l/m² in 30 min nicht übersteigt. Nach der DIBt-Zulassung des TUBOGEL-Verfahrens muss der Prüfdruck bei der Wasserdruckprüfung der hydrostatischen Druckhöhe hinsichtlich der Oberkante des tiefsten Einlaufes (max. 0,5 bar) entsprechen. Die zulässige Leckrate beträgt 0,3 l/m² in 30 min.

Die Sanierung mit dem TUBOGEL-Verfahren führte zu einer verbesserten Dichtheit. Mit abfallender Druckhöhe und zunehmender Prüfdauer ließen die Wasserverluste tendenziell nach. Die Kriterien der DIBt-Zulassung wurden bei der Dichtheitsprüfung (überdecktes Gesamtnetz) mit einer Druckhöhe von 1,3 m eingehalten.

Im Anschluss an die Dichtheitsprüfung wurde das Netz händisch freigelegt. Auch hierbei wurden faulige Gerüche festgestellt. Die Begutachtung der Sanierungskörper nach Aufgrabung zeigte, dass die Komponenten T 1 und T 2 an verschiedenen Schadstellen in den Untergrund ausgetreten waren und miteinander reagiert hatten. An zahlreichen Schadensstellen – auch in Bereichen, die als schwer zugänglich bezeichnet werden können (z. B. Übergang DN 100 auf 90°-Bogen DN 125) – wurden ausgehärtete Sanierungskörper beobachtet. Allerdings wurde einer von fünf Schäden (Längsriss) im Bereich des bindigen Bodens offensichtlich nicht abgedichtet. An dieser Stelle ist das Material nicht ausreichend in den Untergrund ausgetreten und es trat bei der Wasserdruckprüfung nach dem händischen Freilegen des sanierten Netzes an dieser Stelle Wasser aus.



Abb. 34: Sanierungsergebnisse nach Einsatz des TUBOGEL-Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand (Sanierung mit anstehendem Wasser unterhalb des Netzes)



Abb. 35: Undichtigkeit nach Einsatz des TUBOGEL-Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand (Sanierung mit anstehendem Wasser unterhalb des Netzes)

Im Anschluss an die Dichtheitsprüfung mit Wasserüberdruck wurde untersucht, ob sich die eingesetzten Materialien im Versuchsstand ausgebreitet hatten. Am Boden des Versuchsstandes wurde hierbei ein Gemisch aus den bei der Flutung eingesetzten Materialien und in den Versuchsstand eingebrachtem Wasser festgestellt (Abb. 36).



Abb. 36: Gemisch aus Sanierungsmaterialien und Wasser am Boden des Versuchsstandes (TUBOGEL-Verfahren), ca. 0,5 m unter Leitungsnetz, mittelformatiger Versuchsstand (Sanierung mit anstehendem Wasser unterhalb des Netzes)

4.2.7.6 Schlussfolgerungen

Für die Untersuchung von Flutungsverfahren wählten die beteiligten Netzbetreiber das Sanipor-Verfahren der Sanipor GmbH, das STAUBCO-Verfahren der Staub & Co. Chemiehandelsgesellschaft mbH (vertreten durch den Vertriebspartner Brenntag GmbH) und das TUBOGEL-Verfahren der Geochemie Sanierungssysteme GmbH aus. Die Sanipor GmbH lehnte die Teilnahme an der Untersuchung ab (siehe auch Absageschreiben in Anhang VI). Mit dem STAUBCO-Verfahren wurden Entwässerungsnetze im Großversuchsstand des IKT bei unterhalb des Netzes anstehendem Wasser und in einem mittelformatigen Versuchsstand ohne anstehendes Wasser saniert. Das TUBOGEL-Verfahren wurde im Großversuchsstand nicht eingesetzt, da sich nach der Sanierung mit dem STAUBCO-Verfahren die Materialkomponenten soweit ausgebreitet hatten, dass eine Beeinflussung des Verfahrenseinsatzes nicht ausgeschlossen werden konnte (siehe 4.2.7.4). Mit dem TUBOGEL-Verfahren wurde ein Netz in einem mittelformatigen Versuchsstand mit unterhalb des Netzes anstehendem Wasser saniert.

Aus Sicht der jeweiligen Sanierungsfirmen wurden bei den Einsätzen des STAUBCO-Verfahrens und des TUBOGEL-Verfahrens außergewöhnlich hohe Materialmengen verbraucht, welche auf einen besonderen Schädigungsgrad der Netze zurückzuführen seien.

Sowohl für die Reinigungsarbeiten während der Sanierungen als auch für das Einbringen der Flutungskomponenten wurden die Fallleitungen der Netze genutzt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen keine Aussagen zur Dauerhaftigkeit von Sanierungen mit dem Flutungsverfahren zu. Erkenntnisse hierzu sind beispielsweise in [41] dargestellt.

Der Einsatz des STAUBCO-Verfahrens und die anschließenden Prüfungen lassen folgende Schlussfolgerungen für dieses Verfahren zu:

- Das STAUBCO-Verfahren war, wie die Untersuchungen im Großversuchsstand zeigten, bei unterhalb des Netzes anstehendem Wasser nahezu wirkungslos. Die Schadstellen der Netze im Großversuchsstand konnten nicht abgedichtet werden. Die Flutungskomponenten hatten sich lediglich zu einer Art Weichgel verbunden.
- Der Einsatz im mittelformatigen Versuchsstand zeigte, dass ohne Grundwassereinfluss eine Sanierung mit dem Verfahren möglich ist. Eine vollständige Abdichtung des kompletten Versuchsnetzes konnte mit dem STAUBCO-Verfahren allerdings nicht erreicht werden. Die angesprochenen Kriterien der DIBt-Zulassung (Leckrate 0,3 l/m² in 30 min) wurden bei der Dichtheitsprüfung nach Einsatz im mittelformatigen Versuchsstand bei einer Druckhöhe von 1,3 m zunächst überschritten und schließlich bei einer Druckhöhe von 1 m eingehalten. Nach Aufgrabung zeigte sich, dass zwar Teilnetze offensichtlich erfolgreich abgedichtet worden waren, im Bereich des bindigen Bodens wurden jedoch an zwei von fünf Schadstellen deutliche Undichtigkeiten beobachtet. Unter Umständen waren in diesen Fällen die bei der Flutung eingestellten Parameter (z. B. Druckhöhe, Flutungsdauer) nicht geeignet, um Material über die Schäden in den bindigen Boden zu pressen. Eine Sanierung bei wechselnden Bodenschichten scheint vor diesem Hintergrund schwierig bis problematisch.

- Die Geometrie der Anschlusskanäle und Grundleitungen (Nennweiten, Bögen usw.) schien ohne besonderen Einfluss für den Sanierungserfolg. Sofern nach der Sanierung entsprechende Reinigungsarbeiten durchgeführt werden, ist bei Einsatz des Verfahrens nicht mit Abflusshindernissen zu rechnen.
- Ein zuverlässiger Beitrag zur Standsicherheit wurde beim Einsatz des STAUBCO-Verfahrens nicht beobachtet. An zwei Schadstellen im bindigen Boden bildeten sich offensichtlich keine bzw. nur unvollständige Sanierungskörper aus. Zusätzlich zeigten Beobachtungen beim Ausbau, dass Sanierungskörper teilweise nicht vollständig ausgehärtet waren.

Der Einsatz des TUBOGEL-Verfahrens im mittelformatigen Versuchsstand und die anschließenden Prüfungen lassen folgende Schlussfolgerungen für dieses Verfahren zu:

- Der Einsatz des TUBOGEL-Verfahrens zeigte, dass eine Sanierung mit dem Verfahren auch bei unterhalb des Netzes anstehendem Wasser möglich ist. Eine vollständige Abdichtung des kompletten Versuchsnetzes konnte allerdings nicht erreicht werden. Die Kriterien der DIBt-Zulassung (Leckrate 0,3 l/m² in 30 min) wurden bei der Dichtheitsprüfung (überdecktes Gesamtnetz) mit einer Druckhöhe von 1,3 m zwar eingehalten, nach Aufgrabung zeigte sich aber im Bereich des bindigen Bodens an einer von fünf Schadstellen eine deutliche Undichtigkeit. Unter Umständen waren in diesem Fall die bei der Flutung eingestellten Parameter (z. B. Druckhöhe, Flutungsdauer) nicht geeignet, um Material über die Schäden in den bindigen Boden zu pressen. Eine Sanierung bei wechselnden Bodenschichten scheint vor diesem Hintergrund schwierig bis problematisch.
- Die Geometrie der Anschlusskanäle und Grundleitungen (Nennweiten, Bögen usw.) schien ohne besonderen Einfluss für den Sanierungserfolg. Sofern nach der Sanierung entsprechende Reinigungsarbeiten durchgeführt werden, ist bei Einsatz des Verfahrens nicht mit Abflusshindernissen zu rechnen.
- Ein zuverlässiger Beitrag zur Standsicherheit wurde beim Einsatz des TUBOGEL-Verfahrens nicht beobachtet. An einer Schadstelle im bindigen Boden bildete sich offensichtlich kein Sanierungskörper aus. Zusätzlich zeigten Beob-

bachtungen beim Ausbau, dass Sanierungskörper teilweise nicht vollständig ausgehärtet waren.

5 Schlussfolgerungen für die Verfahrensauswahl

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse werden die wesentlichen Schlussfolgerungen mit Blick auf die Auswahl geeigneter Verfahren zur Inspektion und Sanierung von Anschlusskanälen bzw. Grundleitungen nachfolgend zusammengefasst.

5.1 Inspektionsverfahren

Vor der Inspektion eines Grundstücksentwässerungsnetzes sollte die Zugänglichkeit des Netzes geklärt werden. Ist eine Zugänglichkeit an allen Falleitungen und Revisionsöffnungen bzw. Schächten ohne Umbauten gegeben, können u. U. „herkömmliche“ Verfahren (siehe 3.1; [14]) für die Inspektion eingesetzt werden.

Speziell für den Einsatz in Grundstücksentwässerungsnetzen entwickelte Inspektionssysteme ermöglichen die Befahrung auch verzweigter Netzbereiche ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt (vgl. IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ [12]). Hierdurch lassen sich vor allem Belästigungen, z. B. durch Demontage sanitärer Einrichtungen, vermeiden [27], [28]. Dies kann gleichzeitig wirtschaftliche Vorteile haben, da kostenintensive Umbauten vermieden werden.

Allerdings muss die Entscheidung für oder gegen ein System die Randbedingungen der Inspektionsaufgabe berücksichtigen. Die in [12] getesteten Systeme besitzen unterschiedliche Stärken und Schwächen z. B. hinsichtlich der Einsatzfähigkeit, des Erfassungsgrades und der Erfassungsqualität. Diese Unterschiede werden durch die IKT-Prüfurteile in [12] deutlich.

Neben der Systemqualität wurden während der Untersuchung der Inspektionssysteme u. a. auch die Arbeitsweise und -qualität der Inspektoren begutachtet. Hierbei zeigten sich zum Teil erhebliche Schwächen bei der Dokumentation durch die Inspektoren (Bogenwinkel, Schäden). Auftraggeber sollten vor der Durchführung einer Inspektion daher einen Nachweis der Qualifikation des Inspektors, z. B. durch Schulungszeugnisse, verlangen. Sofern durch die Inspektion auch der Leitungsverlauf genau erfasst werden soll, ist der Einsatz technischer Hilfsmittel sinnvoll (vgl. 3.3).

5.2 Sanierung

Die Sanierungsverfahren wurden unter den Aspekten Dichtheit, Funktionsfähigkeit und Standsicherheit der sanierten Anschlusskanäle bzw. Grundleitungen und bezüglich ihrer Einsatzmöglichkeiten (Leitungswerkstoffe; Leitungs- bzw. Netzgeometrien, z. B. Bögen, Nennweitenwechsel; anstehender Boden usw.) betrachtet.

Es wurden Hausanschluss-Liner beim Einsatz von der Revisionsöffnung, Bohrverfahren, Berstverfahren und Flutungsverfahren im Großversuchsstand des IKT eingesetzt und geprüft. Das Schlauchlining aus dem Hauptkanal heraus und das Spiralrohrrelining konnten nicht eingesetzt werden, da die jeweiligen Anbieter nach Anfrage des IKT einen Einsatz ablehnten (vgl. Absageschreiben in Anhang III, IV und V). Weiterhin sagte der Anbieter des Flutungsverfahrens „Sanipor-Verfahren“ die Teilnahme am Projekt ab (vgl. Absageschreiben in Anhang VI).

Nachfolgend werden die Eindrücke aus den Verfahrenseinsätzen und Prüfungen bzgl. der Dichtheit, Funktionsfähigkeit und Standsicherheit dargestellt sowie die Einsatzmöglichkeiten aufgeführt.

Tabelle 17: Eindrücke bzgl. der Verfahrensqualität auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse

Schlauchliner - Einsatz von der Revisionsöffnung	Dichtheit	Funktionsfähigkeit	Standicherheit	Einsatzmöglichkeiten
Es wurden acht Liner zur Sanierung von Anschlusskanälen im IKT-Warentest untersucht. Detailliert sind die Ergebnisse in [13] dargestellt. Hier wird der Gesamteindruck wiedergegeben.	Dichtheit produktabhängig	Funktionsfähigkeit der Anschlusskanäle nach der Sanierung bei einzelnen Verfahren in Bögen eingeschränkt (Kanten-, Faltenbildung)	Verbesserung der Standicherheit möglich, Standicherheit grundsätzlich nachweisbar [42]	Geradlinig verlaufende Anschlusskanäle können faltenfrei renoviert werden; bei Renovierung von Kanälen und Leitungen mit Bögen und Dimensionswechseln sind bei einigen Produkten Kanten- und Faltenbildungen wahrscheinlich, im Extremfall entstehen Abflusshindernisse; Einsatz auf engstem Raum; keine Baugrube notwendig
Gesamteinschätzung: Geeignet zur Renovierung von Anschlusskanälen unter Nutzung der Altrohrsubstanz; Seitenzuläufe müssen nachträglich aufgefräst werden; keine Beeinträchtigung bzw. Störung durch Baugruben; Dichtwirkung, Funktionsfähigkeit und Standicherheit ist vom Liner-Produkt abhängig; im IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ [13] wurden acht Liner in unterschiedlichen Anwendungsfällen untersucht; detaillierte Angaben zur Dichtheit und Funktionsfähigkeit der einzelnen Produkte können dem Testbericht entnommen werden				
Schlauchliner – Einsatz ausgehend vom Hauptkanal	Dichtheit	Funktionsfähigkeit	Standicherheit	Einsatzmöglichkeiten
FAS, Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH	Keine Angaben möglich. Teilnahme vom Anbieter abgesagt (vgl. Absageschreiben im Anhang III)			
Langhutverfahren, ProKasro GmbH	Keine Angaben möglich. Teilnahme vom Anbieter abgesagt (vgl. Absageschreiben im Anhang IV)			
Gesamteinschätzung: Verfahrensqualität und Marktreife unklar				
Spiralrohrrelining	Dichtheit	Funktionsfähigkeit	Standicherheit	Einsatzmöglichkeiten
Flexoren-Verfahren, Uponor Anger GmbH	Keine Angaben möglich. Teilnahme vom Anbieter abgesagt (vgl. Absageschreiben im Anhang V)			
Gesamteinschätzung: Verfahrensqualität und Marktreife unklar				

Fortsetzung Tabelle 17: Eindrücke bzgl. der Verfahrensqualität auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse

Bohrverfahren	Dichtheit	Funktionsfähigkeit	Standicherheit	Einsatzmöglichkeiten
Grundomat 180, Tracto-Technik GmbH	Dichtheit entsprechend Neubau	Funktionsfähigkeit entsprechend Neubau	Standicherheit rechnerisch nachweisbar [43]	Erstellung von Anschlusskanälen mit ungesteuerter Bohrung (Richtungskorrektur kaum möglich); Einsatz auf engstem Raum; Start- und Ziel-Baugrube bzw. -Bauwerk notwendig
Grundopit S, Tracto Technik GmbH	Dichtheit entsprechend Neubau	Funktionsfähigkeit entsprechend Neubau	Standicherheit rechnerisch nachweisbar [43]	Erstellung von Anschlusskanälen mit gesteuerter Bohrung (Richtungskorrektur möglich); Einsatz auf engstem Raum; Start- und Ziel-Baugrube bzw. -Bauwerk notwendig
Ungesteuertes Bohrverfahren, Bohrtec GmbH	Dichtheit entsprechend Neubau	Funktionsfähigkeit entsprechend Neubau	Standicherheit rechnerisch nachweisbar [43]	Erstellung von Anschlusskanälen mit ungesteuerter Bohrung (Richtungskorrektur kaum möglich); Einsatz auf engstem Raum; Start- und Ziel-Baugrube bzw. -Bauwerk notwendig; Anschluss an nicht begehbare Bauwerke mit Spezialdichtelement über die Bohrung möglich
Gesamteinschätzung: Gut geeignete Verfahren zur Erneuerung von Anschlusskanälen in neuer Trasse; zielgenaue Bohrungen sind möglich, unterirdische Infrastruktur ist beim Einsatz zu beachten (kreuzende Leitungen); Seitenzuläufe müssen nachträglich in offener Bauweise angeschlossen werden; geringfügige Beeinträchtigung bzw. Störung durch Baugruben				

Berstverfahren	Dichtheit	Funktionsfähigkeit	Standicherheit	Einsatzmöglichkeiten
Grundoburst, Tracto-Technik GmbH	Dichtheit entsprechend Neubau	Funktionsfähigkeit entsprechend Neubau	Standicherheit grundsätzlich nachweisbar [39]	Erstellung von Anschlusskanälen im geradlinig verlaufenden Altrohr (z. B. keine Bögen); Einsatz auf engstem Raum; Start- und Ziel-Baugrube bzw. -Bauwerk notwendig
Gesamteinschätzung: Gut geeignetes Verfahren zur Erneuerung von Anschlusskanälen in alter, geradliniger Trasse; Seitenzuläufe müssen nachträglich in offener Bauweise angeschlossen werden; geringfügige Beeinträchtigung bzw. Störung durch Baugruben				

Fortsetzung Tabelle 17: Eindrücke bzgl. der Verfahrensqualität auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse

Flutungsverfahren	Dichtheit	Funktionsfähigkeit	Standicherheit	Einsatzmöglichkeiten
STAUBCO -Verfahren, Staub & Co. Chemiehandels-gesellschaft mbH	Großteil des Versuchsnetzes erfolgreich abgedichtet, Netz nicht vollständig abgedichtet	Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigt	Kein zuverlässiger Beitrag zur Standicherheit	Reparatur von Kanälen, Leitungen sowie ganzen Netzen mit extremen geometrischen Randbedingungen möglich; keine Baugrube notwendig; Einsatz bei Grundwasser nahezu wirkungslos; Sanierung bei wechselnden Bodenschichten möglicherweise schwierig bis problematisch
TUBOGEL -Verfahren, Geochemie Sanierungssysteme GmbH	Großteil des Versuchsnetzes erfolgreich abgedichtet, Netz nicht vollständig abgedichtet	Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigt	Kein zuverlässiger Beitrag zur Standicherheit	Reparatur von Kanälen, Leitungen sowie ganzen Netzen mit extremen geometrischen Randbedingungen möglich; keine Baugrube notwendig; Einsatz bei Grundwasser im Leitungsumfeld möglich; Sanierung bei wechselnden Bodenschichten möglicherweise schwierig bis problematisch
Sanipor-Verfahren, Sanipor GmbH	Keine Angaben möglich. Teilnahme vom Anbieter abgesagt (vgl. Absageschreiben im Anhang VI)			
Gesamteinschätzung: Verfahren vor allem zur Reparatur von verzweigten Leitungsnetzen mit extremen geometrischen Randbedingungen geeignet; der notwendige Druckaufbau bei der Flutung kann Umbaumaßnahmen notwendig machen; keine Beeinträchtigung bzw. Störung durch Baugruben; Sanierung bei wechselnden Bodenschichten möglicherweise schwierig bis problematisch				

Alle untersuchten Verfahren haben den Vorteil, dass die Sanierung in geschlossener Bauweise erfolgen kann. Somit werden die bekannten Nachteile der offenen Bauweise (z. B. höhere Kosten, Schmutz- und Lärmbelästigung) vermieden.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Bohr- und Berstverfahren bei fachgerechter Anwendung unter den notwendigen Randbedingungen (z. B. vorhandener Platz für Maschinenteknik) ein mit dem Neubau in offener Bauweise vergleichbares Ergebnis liefern. Der Bodenkörper wird bei der Anwendung dieser Verfahren nur im Bereich der Trasse gestört. Beim Einsatz der Bohrverfahren besteht allerdings ein Risiko, dass z. B. kreuzende Leitungen beschädigt werden. Daher ist es zwingend erforderlich, vor dem Einsatz den Trassenverlauf entsprechend zu erkunden.

Die Renovierung von Anschlusskanälen mit Schlauchlinern ausgehend von Revisionsöffnungen führt zu einer Verbesserung des Ausgangszustandes. In Abhängigkeit vom eingesetzten Schlauchliner-Produkt kann die Dichtheit der Kanäle verbessert werden. Ein geradlinig verlaufender Anschlusskanal kann faltenfrei renoviert werden. Extreme Geometrien, z. B. Bögen in Anschlusskanälen, können Kanten- und Falten im Schlauchliner zur Folge haben. Im Extremfall entstehen Abflusshindernisse.

Flutungsverfahren haben den Vorteil, unabhängig von der Geometrie und dem Verlauf von Anschlusskanälen und Grundleitungen eingesetzt werden zu können. Auch Flutungsverfahren können den Ausgangszustand und die Dichtheit verbessern. In Abhängigkeit von den eingesetzten Materialmengen ist mit einer Ausbreitung der Materialkomponenten im umgebenden Erdreich zu rechnen. Nach Einsatz des Flutungsverfahrens sollten sanierte Kanäle und Leitungen gereinigt werden.

Die Qualität von Schlauchlinerverfahren, die aus dem Hauptkanal heraus eingesetzt werden, und von Spiralrohrrelining-Verfahren kann nicht beurteilt werden, da die Systemanbieter einen Einsatz ablehnten (vgl. Anhang).

6 Zusammenfassung und Fazit

Laut DWA-Umfrage des Jahres 2004 [1] besteht im privaten Entwässerungssystem zukünftig ein erheblicher Handlungsbedarf. Für Grundstückseigentümer leitet sich der Handlungsbedarf aus den Anforderungen aus dem Wasser - und Strafrecht (vgl. StGB [2], WHG [3]) sowie seit dem 01. Januar 1996 auch aus der Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen (BauO NRW) [4] ab. Diese fordert in § 45 Abs. 5 unter anderem, dass die Dichtheit bestehender Anlagen zu prüfen ist. Im Bereich der Anschlusskanäle sind neben den Grundstückseigentümern bei der Instandhaltung auch die öffentlichen Netzbetreiber im Zuge der Umsetzung der SÜwV Kan [5] in der Pflicht, da in Abhängigkeit von der örtlichen Satzung Teile der Anschlusskanäle zur öffentlichen Kanalisation gehören.

Es ist davon auszugehen, dass Grundstückseigentümer aufgrund mangelnder Fachkenntnisse sowohl bei der Inspektion als auch bei der Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren für Grundleitungen und Anschlusskanäle überfordert sind. Auch die öffentlichen Netzbetreiber haben mit der Inspektion und Sanierung privater Abwasserleitungen häufig wenig Erfahrung.

Dies veranlasste das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) sowie 14 Kanalnetzbetreiber das IKT mit dem Forschungsvorhaben „Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle“ (Az. IV-9-041 105 0180) zu beauftragen.

Im Rahmen dieses Projektes wurde anhand von Prüfungen bzw. Tests die Qualität von Verfahren zur Inspektion und Sanierung von Anschlusskanälen und Grundleitungen untersucht. Darauf aufbauend werden Hinweise für den Verfahrenseinsatz in der Praxis gegeben. Eine besondere Rolle nahmen hierbei die **14 am Projekt beteiligten Kanalnetzbetreiber** ein, mit denen in Lenkungskreissitzungen die Projekthinhalte, Prüfprogramme und Bewertungskriterien eng abgestimmt wurden.

Im Fokus der Untersuchungen standen zum einen Systeme, die eine Inspektion von Grundstücksentwässerungsnetzen ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt

ermöglichen, zum anderen folgende Verfahren zur Sanierung von Anschlusskanälen bzw. Grundleitungen in geschlossener Bauweise:

- Schlauchliner (Einsatz ausgehend von der Revisionsöffnung),
- Bohr- und Berstverfahren und
- Flutungsverfahren.

Einige Verfahrensanbieter lehnten eine Teilnahme am Projekt ab (vgl. Anhang).

Im Falle von zwei Verfahrensgruppen war für die beteiligten Netzbetreiber die Qualität der unterschiedlichen am Markt angebotenen Produkte von besonderem Interesse. Diese Produkte wurden in IKT-Warentests vergleichend getestet:

IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“ [12]

Vergleichender Test der Produktqualität von sechs Inspektionssystemen für die Untersuchung von Grundstücksentwässerungsnetzen ausgehend von einem einzelnen Zugangspunkt.

IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ [13]

Vergleichender Test der Produktqualität von acht Schlauchlinern für die Sanierung von Anschlusskanälen und -leitungen ausgehend von der Revisionsöffnung.

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.

Folgende **Inspektionssysteme** wurden im **IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“** getestet: Aaligator der Schwarz Umweltservice GmbH, Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500, Göttinger-ZK-Kanalwurm 70/500 mit Dreh-/Schwenkkopf und Göttinger-ZK-Kanalwurm 50/300 (mini) der IMS Robotics GmbH, Lindauer Schere (mini) der JT-elektronik GmbH und ORION L (Kieler Stäbchen) der IBAK Helmut Hunger GmbH Co. KG. Ergänzend wurden in den In-situ-Untersuchungen des Tests die Arbeitsweise und -qualität der Inspektoren sowie die technischen Möglichkeiten zur Erfassung von Leitungsverläufen betrachtet.

Der Test zeigt grundsätzlich, dass am Markt mittlerweile qualitativ hochwertige Inspektionssysteme angeboten werden, die eine Inspektion von Grundstücksentwässerungs-

rungsnetzen ausgehend von einem einzelnen Punkt ermöglichen. Die von der Industrie entwickelten Systeme erfüllen die Anforderungen der Netzbetreiber weitgehend, allerdings mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass sich die Systemtechnik unterscheidet. Obwohl die Technik der getesteten Inspektionssysteme als verhältnismäßig hoch entwickelt bezeichnet werden kann, wurden im vorliegenden Test für alle Systeme Verbesserungspotentiale erkannt. Erhebliche Schwächen zeigten sich bei der Dokumentation der Leitungszustände durch die Inspektoren. Zum Beispiel wurden Bogenwinkel und Schäden i. d. R. ohne weitere Hilfsmittel nach Einschätzung des Inspektors angegeben. Verbesserungen bzgl. der Dokumentation sind zwingend erforderlich, z. B. durch Schulungen für Inspektoren. Deutlich zeigten die ergänzenden Untersuchungen und laufenden Entwicklungen der Anbieter aber auch Perspektiven auf. So ist zu erwarten, dass sich komplexe und schwer zugängliche Leitungsverläufe zukünftig genauer erfassen lassen.

Neben den Inspektionssystemen wurden im Projekt **Verfahren zur Sanierung in geschlossener Bauweise** untersucht. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand die **Dichtheit, Funktionsfähigkeit** (Entsorgungssicherheit) und **Standicherheit** der sanierten bzw. erstellten Kanäle. Weiterhin wurden die **Einsatzmöglichkeiten** der Verfahren betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass mit den untersuchten Verfahren grundsätzlich eine Sanierung in geschlossener Bauweise möglich ist. Die Verfahrensqualität variierte hierbei allerdings zum Teil erheblich.

Schlauchliner beim Einsatz von der Revisionsöffnung wurden im **IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“** geprüft. Folgende acht Schlauchliner wurden getestet: BendiLiner, EasyLiner GmbH; BRAWOLINER - FIX, Karl Otto Braun KG; DrainLiner, epros GmbH; DrainPlusliner, epros GmbH; Flex-Liner, Alocit Chemie GmbH; Konudur Homeliner, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG; ProFlex Liner (Prototyp), Vereinigte Filzfabriken AG; SoftLiner, EasyLiner GmbH.

Zwei der acht angefragten Anbieter, die Mr. Pipe GmbH und die Insituform Rohr-sanierungstechniken GmbH, sagten die Teilnahme an dem Test ab. Die Begründungen hierfür sind in den Absageschreiben Anhang I und Anhang II dargestellt.

Die **Test-Ergebnisse** zeigen, dass seitens der Lineranbieter noch viel zu tun ist. Zwar wurde im Test bestätigt, dass die Schlauchliner grundsätzlich auch bei stark bogengängigen Kanalverläufen eingesetzt werden können und die Funktionsfähigkeit des Anschlusskanals wiederhergestellt wird. Die Dichtheitsanforderungen der Netzbetreiber werden jedoch von den meisten Schlauchlinern nur selten erfüllt. Die durchgeführten Prüfungen offenbarten darüber hinaus erhebliche Schwankungen in der Linerqualität sowohl über den Umfang als auch über die Länge der Liner. Auch die Qualitätssicherung zeigt derzeit noch Lücken, meist ist sie erst in Vorbereitung.

Die untersuchten **Bohr- und Berstverfahren** zeigten eine Qualität, die es ermöglicht Kanäle zu erstellen, die mit einer fachgerechten Neuverlegung vergleichbar sind. Die erstellten Kanäle waren funktionsfähig und dicht. Die Standsicherheit der Kanäle war augenscheinlich gegeben. Allerdings beschränkt sich der Verfahrenseinsatz in der Grundstücksentwässerung i. d. R. auf die Erstellung von Anschlusskanälen, im Bereich der Grundleitungen sind die Verfahren weniger geeignet.

Die **Flutungsverfahren** sind vor allem für die Reparatur von verzweigten Leitungsnetzen mit extremen geometrischen Randbedingungen einsetzbar. Zwei der sanierten Versuchsnetze wurden von den beiden eingesetzten Verfahren weitgehend erfolgreich abgedichtet. An einzelnen Schäden konnte jedoch keine Dichtwirkung erzielt werden. Produktabhängig ist auch mit Schwierigkeiten beim Verfahrenseinsatz zu rechnen, wenn im Leitungsumfeld Grundwasser ansteht. Ein Anbieter eines Flutungsverfahrens sagte die Teilnahme an der Untersuchung ab (siehe Anhang VI).

Wie das **Schlauchlining ausgehend vom Hauptkanal** und das **Spiralrohrrelining** zu bewerten sind bleibt offen. Ein Einsatz im Rahmen des Vorhabens wurde durch die jeweiligen Produkthanbieter abgelehnt (siehe Anhang III, IV und V).

Im Gesamtblick der Untersuchung von Verfahren zur Sanierung in geschlossener Bauweise bleibt festzuhalten, dass der Einsatz eine Abwägung der Chancen und Risiken notwendig macht und somit eine Einzelfallentscheidung bleibt. Ist eine Neuverlegung nicht oder nur mit erheblichem Aufwand möglich, stehen aber Verfahren zur Verfügung, die eine deutliche Verbesserung des Leitungszustandes in geschlossener Bauweise erlauben.

7 Anhang

Anhang I:
Absage der Mr. Pipe GmbH

Anhang II:
Absage der Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH

Anhang III:
Absage der Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH

Anhang IV:
Absage der ProKasro GmbH

Anhang V:
Absage der Uponor Anger GmbH

Anhang VI:
Absage der Sanipor GmbH

Anhang VII:
Schreiben der Sealflut GmbH

Anhang I: Absage der Mr. Pipe GmbH (3 von 3 Seiten)

■ Mr. PIPE GmbH Postfach 1741 94457 Deggendorf

IKT – Institut für
Unterirdische Infrastruktur
Herr Gunter Kaltenhäuser
Exterbruch 1

45886 Gelsenkirchen

Schwaigerbreite 17
94469 Deggendorf
Telefon 0991/330410
Telefax 0991/330429
info@mrpipe.de
www.mrpipe.de

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht vom

Telefon-Durchwahl
0991 33 04 10

Unser Zeichen
Sp/Ee

Deggendorf
27.01.2005

IKT-Warentest „Schlauchliner für Anschlusskanäle“

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

wie Sie ja bereits wissen, besitzt unser Mr.PIPE-Liner eine DIBt-Zulassung (Z-42.3-364). Im Rahmen dieser Zulassung wurden bereits alle nur erdenklich möglichen Qualitätskriterien über einen langen Zeitraum überprüft. Die ständige Kontrolle unserer Arbeiten erfolgt durch den Güteschutz Kanalbau (Gütezeichen S 29.06). Bis heute haben wir sehr viel in unser Produkt, das Personal, die Anlagentechnik und dessen Zulassungen investiert. Wir sind der Meinung, dass die aufgeführten Punkte eine ausreichende Qualifikation darstellen und sehen daher von einer Teilnahme an Ihrem Warentest ab.

Zur Vervollständigung Ihrer Unterlagen haben wir diesem Schreiben Kopien der ersten Seite unserer DIBt-Zulassung sowie der Urkunde des Güteschutz Kanalbaus beigelegt. Wir danken für Ihr Verständnis.

Freundliche Grüße

Mr. PIPE
Rohr- und Kanalsanierungstechnik GmbH
A. Elke
i.A. Philipp Scholz

■ Mr. PIPE Rohr- und Kanalsanierungstechnik GmbH

Sitz: Deggendorf
Registergericht:
Deggendorf, HRB 1834
USt-ID-Nr.: DE 186700371
Steuer-Nr.: 162/132/80035
Geschäftsführer: Hubert Ruderer

■ Bankverbindung

Dresdner Bank AG
Nr. 738 174 800 (BLZ 741 800 09)
Swift-Code: DRES DE FF 7

■ Mr. PIPE Rohr- und Kanalsanierungstechnik GmbH

Sitz: Deggendorf
Registergericht:
Deggendorf, HRB 1834
USt-ID-Nr.: DE 186700371
Steuer-Nr.: 162/132/80035
Geschäftsführer: Hubert Ruderer

■ Bankverbindung

Dresdner Bank AG
Nr. 738 174 800 (BLZ 741 800 09)
Swift-Code: DRES DE FF 7

Bundesweit zum Ortstarif erreichbar: 0180/1677473

- Anlage 1 zur Absage der Mr. Pipe GmbH -

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

Anstalt des öffentlichen Rechts

10829 Berlin, 17. August 2004
Kolonnenstraße 30 L
Telefon: 030 78730-276
Telefax: 030 78730-320
GeschZ.: III 22-1.42.3-30/04

Bescheid

über
die Änderung
der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vom 27. April 2004

Zulassungsnummer:

Z-42.3-364

Antragsteller:

Mr. PIPE GmbH
Schwaigerbreite 17
94469 Deggendorf

Zulassungsgegenstand:

Schlauchlinierverfahren mit der Bezeichnung "Mr. PIPE-Liner" zur Sanierung von erdverlegten schadhaften Abwasserleitungen in den Nennweiten DN 100 bis DN 300

Geltungsdauer bis:

31. Mai 2009

Dieser Bescheid ändert die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-42.3-364 vom 27. April 2004. Dieser Bescheid umfasst zwei Seiten und eine Anlage. Er gilt nur in Verbindung mit der oben genannten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung und darf nur zusammen mit dieser verwendet werden.



- Anlage 2 zur Absage der Mr. Pipe GmbH -

GÜTESCHUTZ KANALBAU
GÜTEGEMEINSCHAFT
HERSTELLUNG UND INSTANDHALTUNG
VON ABWASSERLEITUNGEN UND KANÄLEN E.V.

Verleihungs-Urkunde

Die Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen e.V. verleiht hiermit aufgrund des von ihrem Güteausschuss vorliegenden Prüfberichtes der Firma

Mr. Pipe Rohr- und Kanalsanierungstechnik GmbH
94469 Deggendorf
Mitgl.-Nr.: 2533

das vom RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. anerkannte und durch Eintragung beim Deutschen Patent- und Markenamt als Kollektivmarke geschützte Gütezeichen für Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen.



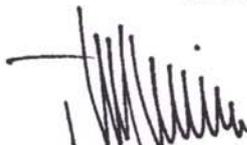
S29.06;I

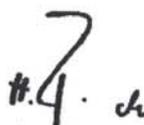
Die Verleihung der Beurteilungsgruppe S gilt für die fachgerechte Handhabung und gütegesicherte Ausführung der Sanierung mit dem Sanierungsverfahren S29.06 – Mr. Pipe Hausanschlussliner.

Die Benutzung des Gütezeichens ist nur in Verbindung mit dem unter dem Gütezeichen dargestellten Zusatz erlaubt.

Bad Honnef, den 15.12.2004

Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung
von Abwasserleitungen und -kanälen e.V.


Dipl.-Ing., Dipl.-Kfm. C.-F. Thymian
(Vorsitzender)


Dr.-Ing. H. Friede
(Geschäftsführer)

Anhang II: Absage der Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH

Hauptverwaltung

Insituform® — Sulzbacher Straße 47 — D-90552 Röthenbach/Pegnitz

IKT Institut für Unterirdische Infrastruktur
Herr Kaltenhäuser
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Insituform
Rohrsanierungstechniken GmbH

hauptverwaltung@insituform.de
Sulzbacher Straße 47 — D-90552 Röthenbach/Pegnitz
Tel +49 (0) 911/9 57 73 - 0 — Fax +49 (0) 911/9 57 73 - 33

Eingang IKT

15. FEB. 2005

Ihr Zeichen:	Ihre Nachricht vom:	Unser Zeichen:	Sachbearbeiter:	Datum:
		jz/si	Herr Zinnecker	14.02.2005

Ihr Schreiben vom 03.02.2005 Schlauchliner für Anschlusskanäle

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

wie bereits mit Herrn Homann am 11.02.2005 in Oldenburg und Ihnen am heutigen Tage telefonisch besprochen, möchten wir die Teilnahme an dem IKT-Warentest „Schlauchliner für Anschlusskanäle“ absagen.

Für die Sanierung von Anschlussleitungen wird von uns der Insituform-Liner eingesetzt. Dieser Liner ist nicht als „bogengängiger“ Liner entwickelt, es können jedoch einzelne Bögen durchfahren werden. Mit dem Insituform-Liner werden Hausanschlüsse von Revisionschächten oder –öffnungen aus bis zur Hauptleitung saniert, diese Sanierungstechnik wird bei Insituform als Schnellhärtetechnik definiert. Hierbei werden die Liner vor Ort unter fabrikähnlichen, witterungsunabhängigen Bedingungen imprägniert. Mit dieser Technik werden nicht nur Anschlussleitungen saniert sondern auch kurze Einzelhaltungen bis zu einer Länge von 60 m. Im letzten Jahr wurden ca. 12 000 m mit dieser Technik saniert. Vorhandene einzelne Bögen können hierbei durchfahren werden.

Nach der Prüfung der anliegenden Aufzeichnung des Leitungsverlaufes sind wir der Meinung, dass der Einsatz außerhalb der Spezifikationen des Insituform-Liners liegt. Vergleichbare Leitungsverläufe werden von Seiten Insituform durch bereits im Test enthaltene Liner oder durch Subunternehmer saniert.

Gern sind wir aber zu einem Test der Insituform-Schnellhärtetechnik bereit, welches eventuell im Zuge des Tests der Ferngesteuerten Anschlussanierung erfolgen kann.

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen verbleibt
 Insituform
 Rohrsanierungstechniken GmbH
 Dipl.-Ing. Jürgen Zinnecker
 Technik & Entwicklung

K:\TuEVKT - Institut f. unterird. Infrastruktur\Warentest Leitungsanierung\Absage Leitungsanierg.doc

Seite 1

www.insituform.de

Hauptverwaltung	Tel. +49 (0) 911 / 9 57 73 - 0	Geschäftsführer Rudi Feldmeier, Willi Kröller	Deutsche Bank AG Nürnberg, Blz 760 700 12, Kto-Nr. 157 933
Sulzbacher Straße 47	Fax +49 (0) 911 / 9 57 73 - 33	Amtsgericht Nürnberg, Handelsregister HRB 9111	HypoVereinsbank Nürnberg, Blz 760 200 70, Kto-Nr. 1 560 204 988
D-90552 Röthenbach/Pegnitz	info@insituform.de	Umsatzsteuer-Identifikations-Nr. DE133558827	Danske Bank Hamburg, Blz 203 205 00, Kto-Nr. 4 989 016 458

DIBT-Zulassung — RRL Gütezeichen des Güteschutz Kanalbau e.V. — DM-System DIN EN ISO 9001 — SCC** -System (Safety-Certificate-Contractors)

Anhang III: Absage der Insituform Rohr-sanierungstechniken GmbH (2 von 2 Seiten)

**Insituform**
Rohr-sanierungstechniken GmbH

Niederlassung Northeim

Insituform® — Scharnhorstplatz 7 — D-37154 Northeim

IKT Institut für unterirdische Infrastruktur
Herr Kaltenhäuser
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

northeim@insituform.de
Scharnhorstplatz 7 — D-37154 Northeim
Tel +49 (0) 5551 / 97 42-0 — Fax +49 (0) 5551 / 25 38

Eingang IKT

11. MRZ. 2005

Ihr Zeichen:	Ihre Nachricht vom:	Unser Zeichen:	Sachbearbeiter:	Datum:
		jz/si	Herr Zinnecker	04.03.2005

Projekt "Sanierung von Anschlusskanälen"

Ferngesteuerte Anschlussanierung (FAS)

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

bezugnehmend auf Ihr Schreiben von 23.02.2005 müssen wir Ihnen leider mitteilen, dass wir uns in dem angegebenen Zeitrahmen mit der von uns angebotenen FAS-Technik leider nicht an dem Projekt beteiligen werden.

Zur Zeit befinden wir uns in einer Weiterentwicklungsphase mit dieser Technik, die mit der von uns angebotenen Hutprofiltechnik einhergeht. Es wurden mit dieser Technik hausinterne Versuche durchgeführt die kurz vor dem Abschluss stehen. Nach der hausinternen Entwicklungsphase wird die Weiterentwicklung auf verschiedenen Versuchsbaustellen angewandt, damit die Baustellentauglichkeit überprüft wird.

Hauptverwaltung Tel +49 (0) 911 / 9 57 73 - 0
Sulzbacher Straße 47 Fax +49 (0) 911 / 9 57 73 - 33
D-90552 Röthenbach/Pegnitz info@insituform.de

Geschäftsführer Rudi Feldmeier, Willi Kröllner
Amtsgericht Nürnberg, Handelsregister HRB 9111
Umsatzsteuer-Identifikations-Nr. DE133556827

Deutsche Bank AG Nürnberg, Btz 760 700 12, Kto-Nr. 157 933
HypoVereinsbank Nürnberg, Btz 760 200 70, Kto-Nr. 1 560 204 988
Danske Bank Hamburg, Btz 203 205 00, Kto-Nr. 4 989 016 458
IBAN DE 78 2032 0500 4989 016458 • SWIFT-BIC: DABADEHH

N:\Dokumente und Einstellungen\SEKNOM\Lokale Einstellungen\Temporary Internet Files\DLK4DFAbsage03-05.doc
www.insituform.de **Seite 1**

DIBT-Zulassung — RAL Gütezeichen des Güteschutz Kanalbau e.V. — QM-System DIN EN ISO 9001 — SCC*-System (Safety-Certificate-Contractors)

Weiterhin sind wir in einer Versuchsreihe und externen Überprüfung der Hutprofil- und FAS-Technik in Skandinavien tätig und werden die Ergebnisse dieser Untersuchung abwarten.

Nach der Durchführung dieser Tests und der externen Prüfung möchten wir das IKT einladen und die Ergebnisse vorstellen.

Wir bedauern, Ihnen zur Zeit keine Zusage geben zu können, da die Untersuchungen sich überschneiden würden.

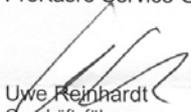
Mit freundlichen Grüßen verbleibt

Insituform
Rohrsanierungstechniken GmbH



Dipl.-Ing. Jürgen Zinnecker
Technik & Entwicklung

Anhang IV: Absage der ProKasro GmbH

PROKASRO Service		
Eingang IKT 26. SEP. 2005		
ProKasro Service GmbH Koellestr. 30A 76189 Karlsruhe		
IKT Institut für Unterirdische Infrastruktur Exterbusch 1		
45886 Gelsenkirchen	Karlsruhe, 23.09.2005	
Sanierung von Anschlußkanälen ausgehend vom Hauptkanal		
Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,		
bezugnehmend auf das o.g. Projekt und Ihrer Beauftragung vom 12.05.2005, möchten wir Ihnen mitteilen, dass auf Beschluß der Geschäftsleitung der Auftrag unsererseits nicht ausgeführt wird. Wir geben hiermit die Beauftragung zurück.		
Durch die ständige Weiterentwicklung des Langhutsystems sind wir derzeit in einer Entwicklungsstufe, die in naher Zukunft ein System bringen wird, welches mit dem jetzigen nicht vergleichbar ist. In Hinblick dieser Entwicklung möchten wir mit dem derzeit eingesetzten System keine Testbaustelle abwickeln und einer Bewertung unterziehen. Hier sind wir der Meinung, dass Ihre Bewertung des Sanierungserfolges für ein System erfolgt, welches durch die Neuentwicklung bald auslaufen wird.		
Wir bitten um Ihr Verständnis.		
ProKasro Service GmbH		
 Uwe Reinhardt Geschäftsführer		
ProKasro Service GmbH Koellestraße 30a D-76189 Karlsruhe Telefon +49-(0)721/9 50 82-19 Telefax +49-(0)721/9 50 82-28 info@prokasro.de www.prokasro.de	Geschäftsführer: Uwe Reinhardt Amtsgericht Karlsruhe HRB 9804 Steuernr.: 35007/13618 USt-IdNr.: DE219549323	Dresdner Bank AG Konto: 8 641 444 00 Blz: 660 800 52

Anhang V: Absage der Uponor Anger GmbH



Eingang IKT
12. JULI 2005
<i>[Signature]</i>



IKT Gelsenkirchen
Herr Dipl.-Ing. Kaltenhäuser
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

11. July 2005
Uponor Anger GmbH

1/1

Betr. Sanierung von Anschlusskanälen ausgehend vom Hauptkanal

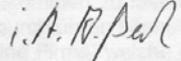
Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

wie vorab telefonisch besprochen muss ich ihnen leider mitteilen, das es uns zur Zeit nicht möglich ist das Flexoren Verfahren in ihrer Versuchsreihe einzusetzen. Die Praxis auf den Baustellen in den letzten Monaten hat gezeigt, das die Stutzenanbindung bei nicht fachgerecht angeschlossenen Hausanschlüssen problematisch ist. Da in diesen Fällen keine genaue Winkelbestimmung möglich ist und sich diese stutzen aufgrund der auftretenden Zugkräften verschieben können ist eine Abdichtung zum Hauptkanal schwierig, da unsere PE-Endplatten nur mit Winkel 45°/ 90° mit maximaler Toleranz von +- 5° vorrätig sind.

Aufgrund personeller Umstrukturierung in unserem Hause haben wir zur Zeit nicht die Möglichkeit dieses Formteil zu überarbeiten um der oben aufgeführten Problematik entgegen zu wirken. Nach dem jetzigen Kenntnisstand kann das Flexoren Sanierungsverfahren nur bei vorhandenen Abzweigformteilen (Steinzeug) eingesetzt werden. Da ihre Versuchsreihe sich ausschliesslich mit nichtfachgerecht eingebauten Hausanschlüssen befasst, müssen wir auf eine Teilnahme verzichten, ich hoffe auf ihr Verständnis.

Sofern Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht uns zu kontaktieren.

Mit freundlichem Gruss


 Uponor Anger GmbH
 Geschäftsleitung

Mit freundlichen Grüßen
IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur


 Dipl.-Ing. Dieter Kaltenhäuser
 Projektleiter

Uponor Anger GmbH
 Brassertstrasse 251
 45768 Marl

Tel. +49 (0) 2365696-441
 Fax +49 (0) 2365696-133

VAT ID HRB 2692, Amtsgericht Marl

Anhang VI: Absage der Sanipor GmbH

Von: Sanipor Vertriebs GmbH [Sanipor@t-online.de] Gesendet: Mi 09.02.2005 10:49
An: Gunter IKT Kaltenhäuser
Cc:
Betreff: IKT Warentest

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

nachdem ich ab 13 Februar bis 4 März in den USA sein werde und wir in der kalten Jahreszeit auch keine -kleinen- Lagermengen vorrätig halten, werden wir die Teilnahme am Versuch leider absagen müssen.

Unsere Produktion beginnt Ende März /Anfang April und die Rohstoffe werden uns für jeweils 10 m3 S-2 angeliefert.

Sie werden verstehen, daß wir wegen der Gefahr der Temperatur - bedingten Gelation der S-2 Flüssigkeit, als auch wegen der hohen Kosten (Rohstoffe, spezial Transporte, Lagerung) - die wir Ihnen ja nicht weiterberechnen könnten und wollten - unsere Teilnahme am Versuch zu dieser kalten Jahreszeit für wirtschaftlich nicht vertretbar halten.

Falls es zu einem späteren Zeitpunkt noch aktuell sein sollte, lassen Sie es uns bitte wissen.

Mit freundlichen Grüßen

Csilla Pall
Geschäftsführerin

Anhang VII: Schreiben der Sealflut GmbH (2 von 2 Seiten)

06/07/2005 09:57 +49-6205-18398 SEALFLUT SCHWAB S. 01/02

Sealflut G M B H
- SANIERUNGSSYSTEME -
Beratung - Ausführung - Franchising
• Flutsystem für Kanalabdichtung
• Beschichtungssysteme für Oelabscheider

Sealflut GmbH • Industriestraße 6 • 68753 Waghausen

I K T -
45809 Gelsenkirchen
c/o Herrn DI Kaltenhäuser

Kurzmitteilung
mit der Bitte um

Kennzeichnung	Rückruf
Bearbeitung	Verbleib
Genehmigung	Rückgabe

Telefax - Nachricht
Telefax - Nr. : 0209-1 7806 88
z.Hd.
Anzahl der Seiten : 2 incl. dieser Seite

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unsere Zeichen	Zuständig bei Rückfragen	Datum
		Swb/s	W. Schwab	06.07.05

Betr.: IKT-Test Staubco-Flutungssystem

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

anliegend erhalten Sie unsere Begründung für das fehlende Abdichtungskonglomerat an der Teststrecke.

Sollten Ihrerseits noch Fragen auftreten wollen Sie uns bitte telef. ansprechen.

Mit freundlichem Gruß
SEALFLUT
G M B H

Anlage

PS. Das Materialmuster erhalten Sie per Postpaket.

Es gelten unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen

Geschäftsführer Wolfgang Schwab HRB Bruchsal 824PH	Industriestraße 6 68753 Waghausen Ust.-IdNr.: DE232465453	Tel. 06205 - 7072 Fax 06205 - 18398 www.sealflut.de	Bankverbindung: Sparkasse Hockenheim	Kto.-Nr. 6015549 BLZ 670 512 03
--	---	---	---	------------------------------------

06/07/2005 09:57 +49-6205-18398

SEALFLUT SCHWAB

S. 02/02

 FLUTSYSTEME
für Kanalabdichtung

Beurteilung des Abdichtungserfolges des Flutungsverfahrens "Staubco"

Nachdem die Prüfergebnisse der Dichtheitsproben sowohl bei der vom IKT in Auftrag gegebenen Messungen, als auch die von der Fa. SEALFLUT durchgeführten Wasserstandsproben die Leitungen als undicht ergaben sollte an den freigelegten Leitungen der Grad der Undichtigkeit festgestellt werden.

Unsere Vorgaben waren, daß die freigelegten Konglomerate aus Sand und Silikat-Gel mit Wasser von Sand freigespült werden sollten. Dies aufgrund unserer Erfahrungen bei anderen Testobjekten z.B. TH-Aachen. Dabei wäre dann zu sehen gewesen wo ggf. noch undichte Stellen sind.

Unsere praktischen Erfahrungen beim täglichen Einsatz des Systems sind, daß wir mit maximal 2 Flutvorgängen die Abdichtungen für einen Prüfdruck von 0,5bar durchführen; dabei wird das Reaktionsverhalten des Silikat-Systems jeweils vor den Flutvorgängen überprüft, was auch beim Einsatz beim IKT erfolgte: Das System reagierte einwandfrei.

Umso überraschender war es, als wir bei der optischen Kontrolle der freigelegten Leitungen an den Schadstellen kein umgebendes Konglomerat vorfanden. Das Silikat war offensichtlich nur zu einem sogenannten "Weichgel" reagiert, das zwar auch abdichtet, aber mittels Schlauch problemlos weggespült werden kann.

Weshalb hat sich in diesem Fall kein Hartgel gebildet?

Bevor der eigentliche Flutvorgang begonnen wird, wird die Leitung jeweils per Wasserstand geprüft, um die Vorgehensweise beim Fluten zu bestimmen. Es konnte kein Wasserstand erreicht werden, da die Undichtigkeiten zu groß waren und sofort im Erdreich verschwand. Die Prüfmengen füllten den Versuchsstand, sodaß um die Entwässerungsnetze "anstehendes Grundwasser", eine geflutete Manne entstanden war.

Bei den folgenden Flutvorgängen vermischte sich das Silikat mit dem vorhandenen Wasser. Dadurch konnte nur ein Weichgel entstehen, das zwar auch abdichtet, aber keine feste Konsistenz bildet. Trotzdem würde diese Masse bei anstehendem Grundwasser auch auf Dauer vorhanden bleiben und kein Grundwasser in die Leitungen eindringen lassen; folglich auch kein Abwasser nach außen gelangen lassen. Mit solchen Systemen werden z.B. Grundwasserumleitungen mit einer speziellen Technik vorgenommen.

Da das Staubco-System nachweislich funktioniert (u.a. Zulassung Nr. Z-42.3-354) und die Fa. SEALFLUT das System täglich erfolgreich im Einsatz hat und über umfangreiche Gerätschaften für den Einsatz des Systems verfügt bieten wir einen erneuten, kostenlosen Versuch in einem grundwasserfreien Versuchsstand an. Ein Termin wäre vom IKT festzulegen u. vorzugeben.

Eine Materialprobe, wie eine gelungene Abdichtung auszusehen hat und wie sie von uns täglich praktiziert wird, übergeben wir anbei.

05.07/05

8 Literatur

- [1] Berger, C.; Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage, Hennef, 2004.
- [2] Strafgesetzbuch (StGB) vom 15. Mai 1871 in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. November 1998, zuletzt geändert durch Art. 1 G am 22. August 2002, hier §§324 ff.
- [3] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG), vom 27. Juli 1957 in der Neufassung der Bekanntmachung vom 12. November 1996.
- [4] Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NW); in der Fassung und Bekanntmachung vom 07. März 1995, zuletzt geändert am 24. Oktober 1998.
- [5] Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitung von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal - SÜwV Kan); Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land NRW, Nr. 49: S. 64- 67; Düsseldorf 1995.
- [6] Bosseler, B.; Birkner, T.: Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SÜwV Kan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Dezember 2003; download unter www.ikt.de.
- [7] Hausanschluss dicht ?, Instandhaltung von Grundleitungen und Anschlusskanälen; Information für Grundstückseigentümerinnen und Grundstückseigentümer; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW); 2002.
- [8] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G; Puhl, R: „IKT-Warentest Hausanschlussstutzen“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Juni 2001; download unter www.ikt.de.
- [9] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G.; IKT-Warentest: Reparaturverfahren für Anschlussstutzen; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen; Juni 2004; download unter www.ikt.de.
- [10] Homann, D.; Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Flexoset-Anschlusselement B“ – Nachttest zum IKT-Warentest „Hausanschluss-Stutzen“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Juni 2003; download unter www.ikt.de.

- [11] Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Janssen-Verpresssystem“ - Nachtest zum IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur (laufender Test, geplanter Abschluss Januar 2006).
- [12] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Inspektionssysteme für Grundstücksentwässerungsnetze“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, September 2005; download unter www.ikt.de.
- [13] Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, November 2005; download unter www.ikt.de.
- [14] 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; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, April 2003; download unter www.ikt.de.
- [15] DIN 1986: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 1: Technische Bestimmungen für den Bau, Juni 1988 (abgelöst durch DIN EN 12056); Teil 3: Regeln für Betrieb und Wartung; Juli 1982; Teil 4: Verwendungsbereiche von Abwasserrohren und -formstücke verschiedener Werkstoffe, November 1994; Teil 30: Instandhaltung, Februar 2003; Teil 100: Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056, März 2000; Beuth Verlag.
- [16] DIN EN 12056: Schwerkraftentwässerung innerhalb von Gebäuden, Teil 1: Allgemeine und Ausführungsanforderungen, Juni 2000, Beuth Verlag.
- [17] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Teil 1: Allgemeines und Definitionen, November 1995; Teil 2: Anforderungen, September 1996; Teil 5: Sanierung, November 1997; Beuth Verlag.
- [18] Erläuterungsbericht zum Pilotprojekt „Ermittlung und Eliminierung von Fremdwasser im Einzugsgebiet der Wiehltalsperre – Gemeinde Reichshof“, Abwasserberatung NRW unter Beteiligung von: Gemeinde Reichshof, Aggerverband, IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Dr. Pecher AG, November 2004.
- [19] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen; 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 1999.

-
- [20] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Grabenlose Sanierung von Hausanschluss- und Grundleitungen; Teil 2 Basisdaten, Recht und Technik, 2001.
 - [21] Dornbusch, J.: Dichtheitsprüfung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen auf Chemischreinigungsgrundstücken (1. Teil); RWTH Aachen, ibb - Institut für Baumaschinen und Baubetrieb; Aachen, Mai 2001.
 - [22] Bosseler, B.; Schlüter, M.; Kaltenhäuser, G.: Sanierung von Hausanschlussleitungen - Pilotprojekt Stadt Würselen; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Juni 2003; download unter www.ikt.de.
 - [23] Seminarunterlagen „Sanierung und Dichtheitsprüfungen von Hausanschluss- und Grundleitungen; Abwasserberatung NRW e. V.; Juli 2003.
 - [24] Bosseler, B; Puhl, R; Birkner, T.: Koordination von Planungs- und Baumaßnahmen zur Fremdwasserverminderung im öffentlichen und privaten Bereich; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Dezember 2003; download unter www.ikt.de.
 - [25] Bosseler, B.; Schlüter, M.: Sanierung von privaten Hausanschluss- und Grundleitungen zur Verminderung von Fremdwassereinträgen; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur (laufendes Projekt, geplanter Abschluss: März 2006).
 - [26] Firmeninformation der Wolfgang Rausch GmbH & Co. KG, Eggenwall/Weißenberg, 2002.
 - [27] Bosseler, B.; Harting, K.; Herrscher, M.: Einsatz eines neuartigen Verfahrens zur Zustandserfassung von Hausanschluss- und Grundleitungen bei Netzbetreibern in NRW; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Mai 2005; download unter www.ikt.de.
 - [28] 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.
 - [29] Planungshilfe Kanalsanierung – Sanierung von Kanalisationen innerhalb von Staats- und Landesliegenschaften; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW); 2002.

- [30] Arbeitshilfen Abwasser: Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes; Mai 2004; download unter <http://www.arbeitshilfen-abwasser.de>.
- [31] Bennerscheidt, C.: Ökologische Auswirkungen von Wurzeleinwuchs in Abwasserkanälen und -leitungen und ökonomische Maßnahmen zur Schadensvermeidung und Sanierung; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, März 2001; download unter www.ikt.de.
- [32] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Beuth-Verlag, Oktober 1997; Beuth Verlag.
- [33] APS-Prüfrichtlinie erschienen im IKT-eNewsletter „Schlauchliner: Dicht oder doch nicht dicht?“; September 2004.
- [34] Kaltenhäuser, G: Sanierung von Anschluss-Stutzen und -Kanälen; wwt wasserwirtschaft wassertechnik, Ausgabe 11-12; Dezember 2004.
- [35] Osebold, R.: Dichtheitsprüfung und Sanierung von Grundstücksentwässerungsleitungen auf Chemischreinigungsstandorten (2. Teil); RWTH Aachen, ibb - Institut für Baumaschinen und Baubetrieb; Aachen, Dezember 2003.
- [36] Stein, D.; Möllers, K.; Bielecki, R.: Leitungstunnelbau; Verlag Ernst & Sohn, 1988.
- [37] Firmeninformation der Doyma GmbH & Co, http://www.doyma.de/xml/doyxsl.xsql?seitenid=proinfo_gliederketten; Oyten, Dezember 2005.
- [38] Bosseler, B.; Bennerscheidt, C.: Entwicklung und Erprobung eines Gerätes zur Dichtheitsprüfung von Hausanschluss-Stutzen; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, August 2005.
- [39] Bosseler, B.; Liebscher et al.: Erneuerung mit dem Berstverfahren; Bemessung, Prüfung und Qualitätssicherung von Abwasserrohren; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, November 2003; download unter www.ikt.de.
- [40] Informationsmaterial der Geochemie Sanierungssysteme GmbH; München, April 2004.
- [41] Beyert, J.: Sanierung privater Hausanschlüsse und Grundleitungen – neue Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung; 6. Kölner Kanal Kolloquium 2005; Aachener Schriften zur Stadtentwässerung, Band 6.
- [42] ATV-M 127, Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren; Hennef, Januar 2000.

- [43] ATV-A 161: Statische Berechnung von Vortriebsrohren; Hennef, Januar 1990.