



## Kurzbericht zum Forschungsprojekt

Aktenzeichen: IV-7-042 600 004 F (MKULNV NRW)

Vergabe-Nr.: 08/058.4

Einzelauftrag 6: Entwicklungsunterstützende Untersuchungen zur „Infiltrationsdichtheit“ bei Werkstoffwechseln bzw. Übergängen insbesondere im Zusammenhang mit der Fremdwassersanierung

Phase IIb: Vergleichende Untersuchungen an Werkstoffwechseln und Übergängen

Block A: Seitliche Anschlüsse bei Schlauchlinern

Block B: Seitliche Anschlüsse beim Altrohr

Block C: Vergleichende Bewertung

Block D: Schacht- und Sonderbauwerksanschlüsse

einschließlich der Ergebnisse des zusätzlich beauftragten Projektes:

Titel: Langzeitverhalten von Verfahren der Fremdwassersanierung

Aktenzeichen: 54.7.10.06-5280/14 (BR Düsseldorf)

Projektkennziffer: 1000037913-14-13

## Auftraggeber:



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



Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR  
Schifferstraße 190  
47059 Duisburg

## Auftragnehmer:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH  
Exterbruch 1  
45886 Gelsenkirchen

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

Projektleitung und -bearbeitung: Dipl.-Ing. M. Liebscher

Dipl.-Ing. M. Gillar

Dipl.-Ing. (FH) S. Ulutaş, MBA

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) M. Engelberg

## Projektpartner:



Universität der Bundeswehr München  
Institut für Wasserwesen, Siedlungswasserwirtschaft und  
Abfalltechnik  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
85577 Neubiberg



Technische Universität München  
Ingenieurfacultät Bau Geo Umwelt  
Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement  
Arcisstraße 21  
80333 München

**Mitglieder des Lenkungskreises:**

Abwasserbetrieb der Stadt Willich	Frau Sarah Beyss
	Herr Ralf Reiche
	Frau Gisela Würth
Abwasserbetrieb Troisdorf AöR *	Herr Alexander Drechsler
	Herr Mario Heims
Abwasserwerk der Stadt Altena (Westf.) *	Herr Jörg Michutta
EUV Stadtbetrieb Castrop-Rauxel AöR	Herr Markus Genster
Göttinger Entsorgungsbetriebe *	Herr Manfred Fiedler
	Frau Monika Meyer
Stadt Ahaus	Herr Martin Köning
Stadt Borken	Herr Torsten Kemper
	Herr Matthias Stump
Stadt Datteln	Herr Birol Göcek
Stadt Gladbeck *	Herr Frank Restemeyer
Stadt Jülich	Herr Reinhard Richert
Stadt Kierspe *	Frau Andrea Thelen
Stadt Oer-Erkenschwick	Herr Gerald Preuß
Stadtentwässerung Mannheim	Herr Stefan Müller
Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf	Herr Andreas Schneider
	Herr Alexander Schuir
Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR *	Herr Schwarze
Stadtwerke Essen AG	Frau Petra Ebel
	Herr Jörg Kaltenpoth
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR *	Herr Marius Korczak
	Frau Susanne Windhorn
Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR *	Herr Harald Kilian
	Herr Zeljko Tavcer

\*Mitfinanzierung des Zusatzprojektes der Wirtschaftsbetriebe Duisburg

Wir danken den oben aufgeführten Mitgliedern des Lenkungskreises für die fachliche Begleitung des Projektes und für das Einbringen praktischer Erfahrungen zu Bau, Betrieb und Sanierung von Kanal- und Leitungsnetzen.

<b><u>Inhaltsverzeichnis</u></b>	<b>Seite</b>
<b>1 VERANLASSUNG UND PROJEKTSTRUKTUR .....</b>	<b>5</b>
<b>2 ZIELE PHASE II UND VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>8</b>
<b>3 PROJEKTERGEBNISSE.....</b>	<b>12</b>
3.1    LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON SANIERUNGSVERFAHREN FÜR HAUSANSCHLUSSSTUTZEN .....	12
3.2    SCHACHTANBINDUNGEN LINERSANIERTER HAUPTKANÄLE .....	12
3.3    BAUTECHNISCHE RISIKEN FÜR WERKSTOFFWECHSEL UND ÜBERGÄNGE.....	13
3.4    AUFTRIEBSEFFEKTE AN HAUSANSCHLUSSLEITUNGEN .....	13
3.5    GRUNDWASSERMODELLNETZ „GROßVERSUCHSSTAND“ .....	14
3.6    LANGZEITVERHALTEN VON VERFAHREN DER FREMDWASSERSANIERUNG .....	15
3.7    HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR BAUABNAHME „INFILTRATIONSDICHTHEIT“ .....	15
<b>4 FAZIT.....</b>	<b>17</b>
<b>5 LITERATUR .....</b>	<b>19</b>

## 1 Veranlassung und Projektstruktur

Die öffentliche Kanalisation der Bundesrepublik Deutschland umfasst ein Leitungsnetz von insgesamt 510.000 km Länge, davon ca. 95.000 km in NRW. Schätzungen gehen davon aus, dass das private Netz der Grundstücksentwässerungsleitungen etwa doppelt so lang ist. Laut DWA-Umfrage 2009 sind 17 % der öffentlichen Kanalisation kurz- bzw. mittelfristig sanierungsbedürftig [1]. Im Bereich der privaten Grundstücksentwässerung wird ein weit höherer Sanierungsbedarf vermutet. Gerade mit Blick auf die Fremdwassersanierung durch die kommunalen Kanalnetzbetreiber gewinnt die vollständige Dichtheit des Netzes und somit die Qualität der Schnittstellenlösungen an Bedeutung.

Ziel des in zwei Einzelphasen unterteilten Gesamtvorhabens „Entwicklungsunterstützende Untersuchungen zur ‚Infiltrationsdichtheit‘ bei Werkstoffwechseln bzw. Übergängen insbesondere im Zusammenhang mit der Fremdwassersanierung“ ist es, zuverlässige Prüfverfahren und Bewertungskriterien für die Beurteilung der Infiltrationsdichtheit zu entwickeln, das Leistungskriterium „Infiltrationsdichtheit“ für die in der Praxis relevanten Werkstoffwechsel und Übergänge zu überprüfen sowie durch vergleichende Produkt- und Verfahrenstests die Entwicklung dauerhaft infiltrationsdichter Produkte und Verfahren zur sicheren Fremdwassersanierung, nun auch an Werkstoffwechseln und Übergängen, zu unterstützen.

Im Rahmen der im März 2011 abgeschlossenen ersten Projektphase [2] wurden im Wesentlichen Abnahmekriterien für die „Infiltrationsdichtheit“ entwickelt und ein aussagekräftiges und praxisnahes Prüfkonzert erarbeitet, um somit die Grundlagen für vergleichende Untersuchungen an Werkstoffwechseln und Übergängen für die Projektfortführung in der Phase II zu schaffen. Darüber hinaus wurden am Ende der Phase I folgende praxisrelevante Arbeitsergebnisse erzielt:

- Detaillierte Marktübersicht zu Verfahren, Systemen und Verbindungstechniken für Werkstoffwechsel und ggf. produktbezogene Benennung von Prüfzeugnissen mit Bezug zur Infiltrationsdichtheit.
- Überblick zum derzeitigen Stand der Technik bei Werkstoffwechseln bzw. Übergängen.
- Beschreibung und Analyse möglicher Konstruktionsrisiken im Fall der Fremdwassersanierung bei Werkstoffwechseln und Übergängen.
- Konstruktionsbedingte Abnahmekriterien für die Infiltrationsdichtheit.

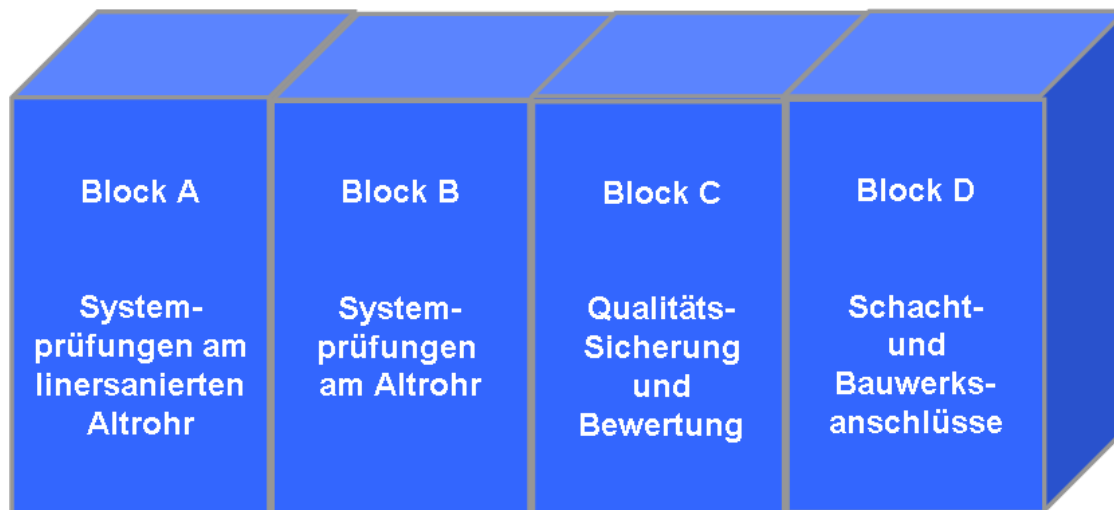
Ziel der Phase II mit dem Titel: „Vergleichende Untersuchungen an Werkstoffwechseln und Übergängen“ ist es nun, durch vergleichende Untersuchungen an Werkstoffwechseln neutrale und unabhängige Informationen zu Infiltrationsdichtheit, Einbau- und Betriebsqualität der unterschiedlichen Produkte und Verfahren zur Verfügung zu stellen.

Der Schwerpunkt liegt hierbei auf Produkten und Verfahren zur Reparatur von Hausanschlussstutzen. Da Stützsanierungen in der Praxis häufig im Zusammenhang mit Renovierungen der Hauptkanäle z.B. durch Schlauchliner vorgenommen werden, ist

dieser Anwendungsfall für die vergleichenden Untersuchungen von besonderem Interesse. Es sollen großtechnische Versuche im Maßstab 1:1 sowohl nach einer Linersanierung (Block A) als auch am Altrohr (Block B) durchgeführt werden. Zudem ist die Überprüfung der Qualitätssicherung in situ und eine abschließende Bewertung der Sanierungen aus den Blöcken A und B vorgesehen (Block C).

Darüber hinaus werden im Block D für die Sanierung von Schacht- und Sonderbauwerksanschlüssen zunächst Qualitätseinflüsse im Zuge der Sanierungspraxis aufgenommen. Der Untersuchungsschwerpunkt liegt hier auf den unterschiedlichen Anbindungstechniken bei Liningmaßnahmen (z.B. Schlauchliner), die im Rahmen von In-situ-Untersuchungen betrachtet werden. Die Ergebnisse werden abschließend in einem Abnahmekatalog für Schachtanbindungen renovierter Kanäle zusammengefasst.

Eine Übersicht zur gesamten Projektphase II zeigt Bild 1.



*Bild 1 Übersicht der gesamten Projektphase II*

Ergänzend werden unter anderem diejenigen grundsätzlichen Risiken für Neubaubauteile erfasst, die über die reinen Konstruktionsrisiken des Bauteils hinausgehen. Im Vordergrund stehen bautechnische und organisatorische Faktoren, die einen Schaden begünstigen. Dies betrifft insbesondere die Einbau- und Bodenbedingungen, das Herstellungsverfahren, die Bauüberwachung, das Rohrmaterial und die Art des Übergangs. Erfahrungen aus der Prüfung vor und nach Verfüllung der Baugrube sowie der Gewährleistungsabnahme werden dabei berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit weiteren Forschungsarbeiten, die durch das MKULNV gefördert und in 2010 abgeschlossen worden sind, wurde deutlich, dass der Anstieg des Grundwasserspiegels ggf. zu nachteiligen Auftriebseffekten an den Hausanschlussleitungen führen kann [3]. Im Block A wurden daher ergänzende Messungen an Leitungen unter Auftrieb im Versuchsmaßstab 1:1 durchgeführt, um mögliche Bewegungen der eingebauten Rohre und Verbindungen zu erfassen. In Verbindung mit ergänzenden Berechnungen sollte so eine Grundlage für die Bewertung von Auftriebsrisiken beim Einsatz unterschiedlicher Sanierungsverfahren geschaffen werden.



Mit Hilfe der kontinuierlichen Erfassung von Grundwasserständen im IKT-Großversuchsstand sollten darüber hinaus die Vorgaben für ein rechnerisches Grundwasser-Modellnetz „Großversuchsstand“ unter Berücksichtigung der Versuchsrandbedingungen aus Block A erweitert werden. Hierbei werden auch systematische Betrachtungen der eigentlichen Linersanierungen und der Anbindungen des Liners im Bereich der Anschlüsse mit einbezogen. Darauf aufbauend wird ein rechnerisches Grundwasser-Modellnetz für den Großversuchsstand entwickelt.

Ergänzend wurden im Rahmen eines zusätzlich beauftragten Projektes zum „Langzeitverhalten von Verfahren der Fremdwassersanierung“ im Auftrag der Wirtschaftsbetriebe Duisburg weitere Erkenntnisse über Schlauchliner gewonnen. Dies betraf die beiden Versuchshaltungen aus GFK- und Nadelfilz-Liner mit Blick auf das Verformungsverhalten an einer beobachteten Einbeulung im Verbindungsbereich unter längerer Belastungszeit.

Im hier vorliegenden Kurzbericht werden die wesentlichen Ergebnisse in kompakter Form zusammengefasst. Die ausführliche Beschreibung des gesamten Projektes ist in der Langfassung zu finden.

## 2 Ziele Phase II und Vorgehensweise

Das Hauptziel der hier bearbeiteten Phase II des Projektes war es nun, durch **vergleichende Untersuchungen an Werkstoffwechseln** neutrale und unabhängige Informationen zu Infiltrationsdichtheit, Einbau- und Betriebsqualität der unterschiedlichen Produkte und Verfahren zur Verfügung zu stellen. Der **Schwerpunkt** lag hierbei auf **Produkten und Verfahren zur Reparatur bzw. Einbindung von Hausanschlussstutzen** sowohl am unsanierten Altrohr als auch nach einer Linersanierung.

Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projektes weitere Ziele verfolgt, welche vielfältige Aspekte einer Fremdwassersanierung betrachteten. Ausgehend von Baustellenbegleitungen wurde ein **Abnahmekatalog für Schachtanbindungen** renovierter Kanäle zusammengestellt. Darüber hinaus wurden **Grundsätzliche Risiken für Neubau-Bauteile** erfasst, so z.B. mit Blick auf die Einbau- und Bodenbedingungen, das Herstellungsverfahren, die Bauüberwachung, das Rohrmaterial und die Art des Übergangs. Erfahrungen aus der Prüfung vor und nach Verfüllung der Baugrube sowie der Gewährleistungsabnahme wurden dabei berücksichtigt.

Im Rahmen eines in 2010 abgeschlossen Forschungsprojektes war deutlich geworden, dass der Anstieg des Grundwasserspiegels ggf. zu nachteiligen Auftriebseffekten an den linersanierten Hausanschlussleitungen führen kann [3]. Um mögliche **Auftriebsrisiken** besser zu beschreiben, wurden ergänzende Messungen an Leitungen unter Auftrieb im Versuchsmaßstab 1:1 sowie u.a. FEM-Berechnungen durchgeführt.

Als Basis für künftige Forschungsvorhaben wurde ausgehend von der kontinuierlichen Erfassung von Grundwasserständen im Großversuch ein rechnerisches **Grundwasser-Modellnetz für den IKT-Großversuchsstand** entwickelt.

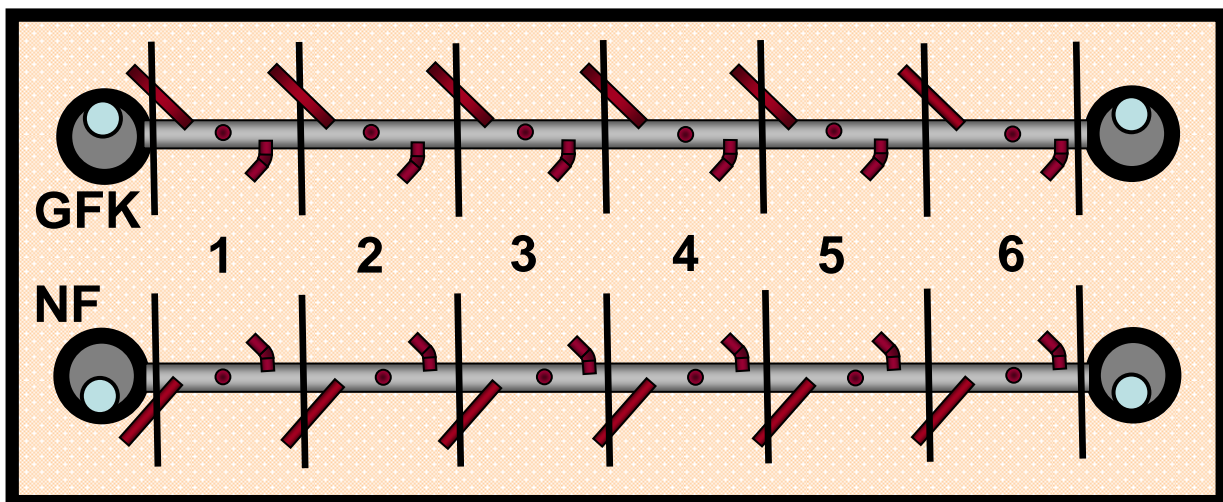
Der Schwerpunkt des hier bearbeiteten Projektes lag damit auf **vergleichenden Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Reparaturverfahren für Hausanschlussstutzen**. Im Projektverlauf wurde zunächst der Stand der Technik bei Reparatursystemen zur Sanierung von Hausanschlussstutzen zusammengestellt. Mit dem Projekt-Lenkungskreis wurde ein Untersuchungsprogramm entwickelt und während der Projektlaufzeit ständig fortgeführt. Es wurden relevante Reparaturverfahren ausgewählt, Schadensbilder erarbeitet (vgl. Bild 2) und ein Prüfprogramm entwickelt.





**Bild 2** Mitglieder des Lenkungskreises legen Musterversuchsaufbau fest

Die Großversuche wurden an unsanierten und linersanierten Hauptkanälen durchgeführt und die erbrachten Leistungen der beteiligten Firmen dokumentiert und die erzielten Ergebnisse diskutiert. Bild 3 zeigt eine Skizze des Versuchsaufbaus und Bild 4 einen Blick in den Großversuchsstand des IKT während des Aufbaus der Versuche an linersanierten Hauptkanälen.



**Bild 3** Skizze des Versuchsaufbaus bestehend aus den GFK- und NF-Linersanierten Betonrohr-Strängen mit jeweils sechs einzelnen Rohrabschnitten

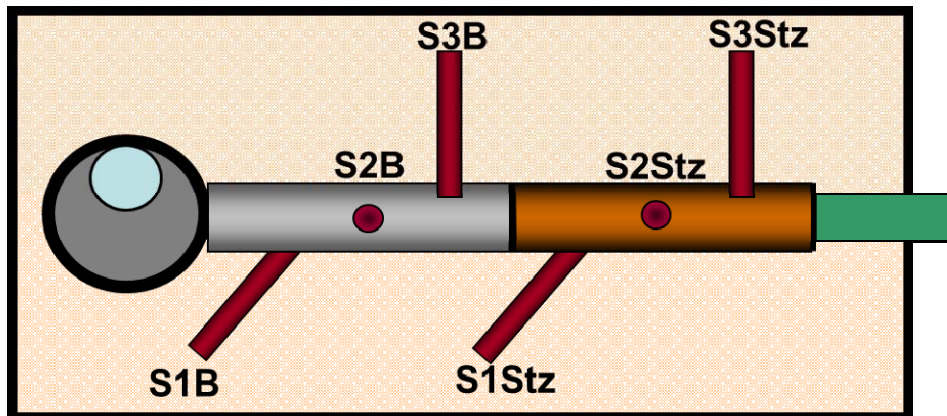


**Bild 4** Versuche an linersanierten Hauptkanälen: Versuchsaufbau (links) und komplett hergestellter Versuchsaufbau (rechts)

In Tabelle 1 sind exemplarisch die für den unsanierten Hauptkanal entwickelten Schadensbilder dargestellt. Bild 5 zeigt schematisch den Aufbau der Großversuche am unsanierten Hauptkanal mit den beiden „Altrohrwerkstoffen“ Beton und Steinzeug.

**Tabelle 1** Exemplarische Darstellung (Außenansicht) der einzelnen Schäden am Hauptkanal DN 300 sowie mit Hausanschluss (HAS)

Nummer Schadensbild	Betonrohr		Steinzeugrohr	
	Ansicht Hauptkanal – Ansicht mit HAS		Ansicht Hauptkanal – Ansicht mit HAS	
S1				
S2				
S3				



**Bild 5** Skizze des Aufbaus der Versuche am unsanierten Hauptkanal bestehend aus einem Betonschacht mit angeschlossenem Beton- (B), Steinzeug- (Stz) und PVC-Rohr als Hauptkanal DN 300 sowie Steinzeugrohren DN 150 als Hausanschlüsse mit Schäden S1 bis S3



### 3 Projektergebnisse

#### 3.1 Leistungsfähigkeit von Sanierungsverfahren für Hausanschlussstutzen

Auch unter Berücksichtigung von begleiteten Baumaßnahmen wurden ein Bewertungsschema für die Stutzensanierung in Fremdwassergebieten entwickelt und die Sanierungsleistungen beurteilt und benotet. Die Inhalte und Ergebnisse dieses „**IKT-Warentests: Stutzensanierung in Fremdwassergebieten**“ sind in einem **separaten Bericht mit übersichtlichen Ergebnistabellen zusammengefasst (s. [4])**. Im Gesamtblick wurde deutlich, dass die Reparatur von schadhaften Hausanschlüssen mit Verpressverfahren auch bei komplexen Werkstoffkombinationen erfolgreich zur infiltrationsdichten Fremdwassersanierung beitragen kann, allerdings erhebliche Leistungsunterschiede je nach Sanierungsfirma und eingesetzter Technik zu erwarten sind.

#### 3.2 Schachtanbindungen linersanierter Hauptkanäle

Im Rahmen der Untersuchungen zu Schachtanbindungen linersanierter Hauptkanäle wurden zunächst der Stand der Technik zusammengefasst und das Untersuchungsprogramm mit Details zu den relevanten Verfahrensgruppen und Randbedingungen der begleiteten Baumaßnahmen entwickelt und umgesetzt. Bild 6 zeigt beispielhaft den Einbau einer Edelstahlmanschette im Rahmen einer vom IKT begleiteten Maßnahme.



**Bild 6** Für einen Manschetten-Einsatz vorbereiteter Bereich mit etwa 14 Zentimeter zurückgeschnittenem Nadelfilzliner (links); Vorbereitung der Spannhülse und Einreiben der Gummi-Manschetten mit Talkum (rechts)

Im Ergebnis liegt nun ein aus den In-situ-Beobachtungen abgeleiteter Abnahmekatalog für die Sanierung von Schachtanbindungen vor. Insbesondere stellte sich heraus, dass schon in der Planung eine passende Werkstoffkombinationen (Systemkonformität) gewählt werden muss. Zudem sollte der Einbau durch eine Vorher-Nachher-Bilddokumentation begleitet werden.

### 3.3 Bautechnische Risiken für Werkstoffwechsel und Übergänge

Am Institut für Wasserwesen, Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität der Bundeswehr München wurden bautechnische Risiken für Werkstoffwechsel und Übergänge näher betrachtet. Hier wurden u. a. diejenigen grundsätzlichen Risiken für Neubau-Bauteile erfasst, die über die reinen Konstruktionsrisiken des Bauteils hinausgehen. Dabei wurde auch auf die besonderen Erfahrungen bzw. Referenzen aus Arbeiten des Instituts für Wasserwesen, Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik zurückgegriffen. Eine schematische Herangehensweise zur Risikobeurteilung und -bewertung bei der Herstellung von Bauteilen der Kanalisation zur Abschätzung möglicher Schadenseintrittswahrscheinlichkeiten wurde ebenfalls entwickelt.

### 3.4 Auftriebseffekte an Hausanschlussleitungen

Die im Rahmen der Untersuchungen zu Auftriebseffekten an Hausanschlussleitungen durchgeführten Messungen im Rahmen von Großversuchen und die ergänzenden Berechnungen mit der Finiten-Element-Methode am Institut für Geotechnik der Leibniz Universität Hannover zeigten reale Risiken für linersanierte Anschlussleitungen unter Auftrieb auf (vgl. Bild 7).



Bild 7 Lage der Auftriebsleitung im Großversuchsstand (links); Spannungsberechnung nach der FE-Methode an einem Rohrbogen (rechts)

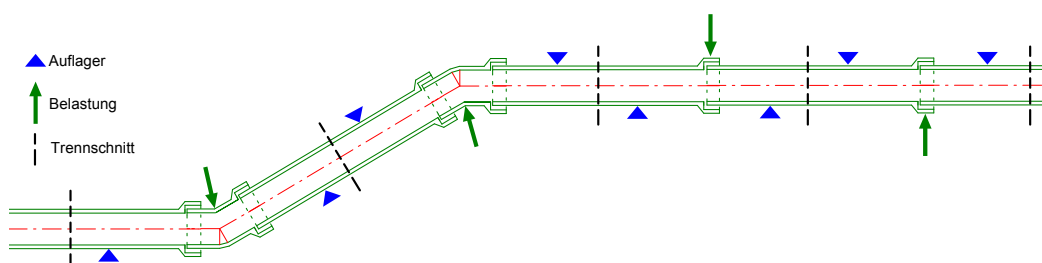


Bild 8 Vorschlag eines Aufbaus für die Prüfung der Auftriebssicherheit von linersanierten Hausanschlussleitungen

Es wurde ein möglicher Prüfaufbau entwickelt, welcher die für Auftriebseffekte kritischen Bereiche erfasst (vgl. Bild 8). Im Ergebnis steht den Netzbetreibern damit ein

Prüfverfahren zur Verfügung, welches die Risiken von Schäden an schlauchlinersanierten Hausanschlüssen im Rahmen einer Fremdwassersanierung mit nachträglich ansteigendem Grundwasserstand minimiert. Aufgrund der hohen Bedeutung von Grundwasseranstiegen im Zuge von Fremdwassersanierungsmaßnahmen wird dringend die vollständige Ausgestaltung des Prüfverfahrens, d. h. durch Prüfaufbauten, Prüfabläufe, Prüfkriterien und Grenzwerte für die im Hausanschlussbereich eingesetzten Produktgruppen empfohlen.

### 3.5 Grundwassermodellnetz „Großversuchsstand“

Im Rahmen von Untersuchungen zum Grundwassermodellnetz „Großversuchsstand“ wurde vom Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement der Technischen Universität München zunächst eine Messstrategie für die Grundwasserstände und Infiltrationsmengen im Großversuchsstand entwickelt. Auf Basis der Ermittlung der für die Modellierung notwendigen Randbedingungen und Modellparameter wurde das Modellnetz "Großversuchsstand" unter Verwendung des Programms FEFLOW aufgebaut. Hiermit wurden instationäre Grundwasserstände im Großversuchsstand berechnet und Parametervariationen auch zur Evaluierung der Güte und Anwendbarkeit des Modellnetzes für großskaligere Fragestellungen durchgeführt. Im Ergebnis konnte aufgrund der qualitativen Betrachtungen an den verschiedenen Schadstellen mittels Kamerabefahrung (vgl. Bild 9) die Beziehung zwischen Schadstellengröße und Infiltrationsmenge durch die numerische 3-dimensionale Modellierung hergestellt werden.



*Bild 9 Bilder zur Klassifizierung der Infiltrationsmenge, aus IKT-Großversuchen*

Fremdwasserandrang kann so zukünftig als Funktion der Schadstellen modelliert werden, falls die in der Praxis üblicherweise vorhandenen Daten aus Begehung oder Befahrung undichter Kanäle vorliegen. Des Weiteren bestätigten die Berechnungen, dass in den Versuchen nur äußerst geringe Absenkungen von wenigen Zentimetern auftraten (vgl. Bild 10). Damit herrschten trotz Einfluss der Leckagen auf den Grund-



wasserstand noch immer bautechnisch vergleichbare Bedingungen für sämtliche Stützensanierungen im Versuch.

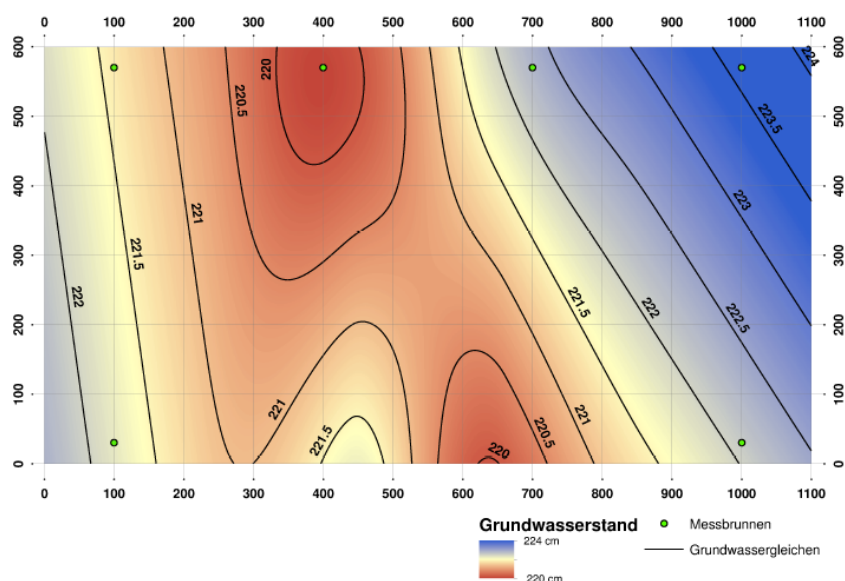


Bild 10 Beispiel der räumlich interpolierten Grundwasserstände während der Grundwassermessungen im IKT-Großversuchsstand

### 3.6 Langzeitverhalten von Verfahren der Fremdwassersanierung

Im Rahmen des zusätzlich beauftragten Projektes zum Langzeitverhalten von Verfahren der Fremdwassersanierung konnten erstmalig Erkenntnisse aus 1:1-Versuchen an Schlauchlinern aus GFK und Nadelfilz unter Berücksichtigung von längeren Belastungszeiten gewonnen werden. Es wurde untersucht, inwieweit sich eine bei Kurzzeitbelastung gebildete Einbeulung im Liner sowie Bereiche der Stützensanierungen, aber auch die intakten Zonen der Schlauchliner bei hohen Wasserdrücken über einen Zeitraum von zwei Monaten verändern. Nach Versuchsende wurden die Versagensstellen durch Freilegen in Augenschein genommen und weitere Untersuchungen an Geometrie, Material und Umgebung durchgeführt. Zusammenfassend blieb festzuhalten, dass offensichtlich eine Verknüpfung von zahlreichen ungünstigen Umständen zur Einbeulung des Liners geführt hatte. Hier sind sowohl das Material als auch die Umstände des Einbaus zu nennen. Diese Einschätzung wird auch dadurch unterstützt, dass ansonsten an gleich gearteten Rohrverbindungen keine Schäden erkennbar waren. Im Rahmen von künftigen Untersuchungen sollte der Effekt einer Überlagerung derartiger Einflussfaktoren genauer analysiert werden. Entsprechende Berechnungen gäben dann die Möglichkeit der quantitativen Einschätzung der Standsicherheitsrisiken bei Abweichung von den Vorgaben der statischen Berechnung.

### 3.7 Handlungsempfehlungen zur Bauabnahme „Infiltrationsdichtheit“

Alle im Rahmen dieses und weiterer Projekte gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Abnahme von Maßnahmen zur Fremdwasserdichtheit wurden in Handlungsempfehlungen zur Bauabnahme „Infiltrationsdichtheit“ zusammengefasst (Bild 11). Berücksichtigung

sichtigt wurden hierbei die offene Bauweise und Schlauchlinersanierungen sowie Reparaturen von Anschlussstutzen, Schachtanschlüssen und Hauptkanälen, sowie darüber hinaus die Sanierung von Schachtbauwerken.

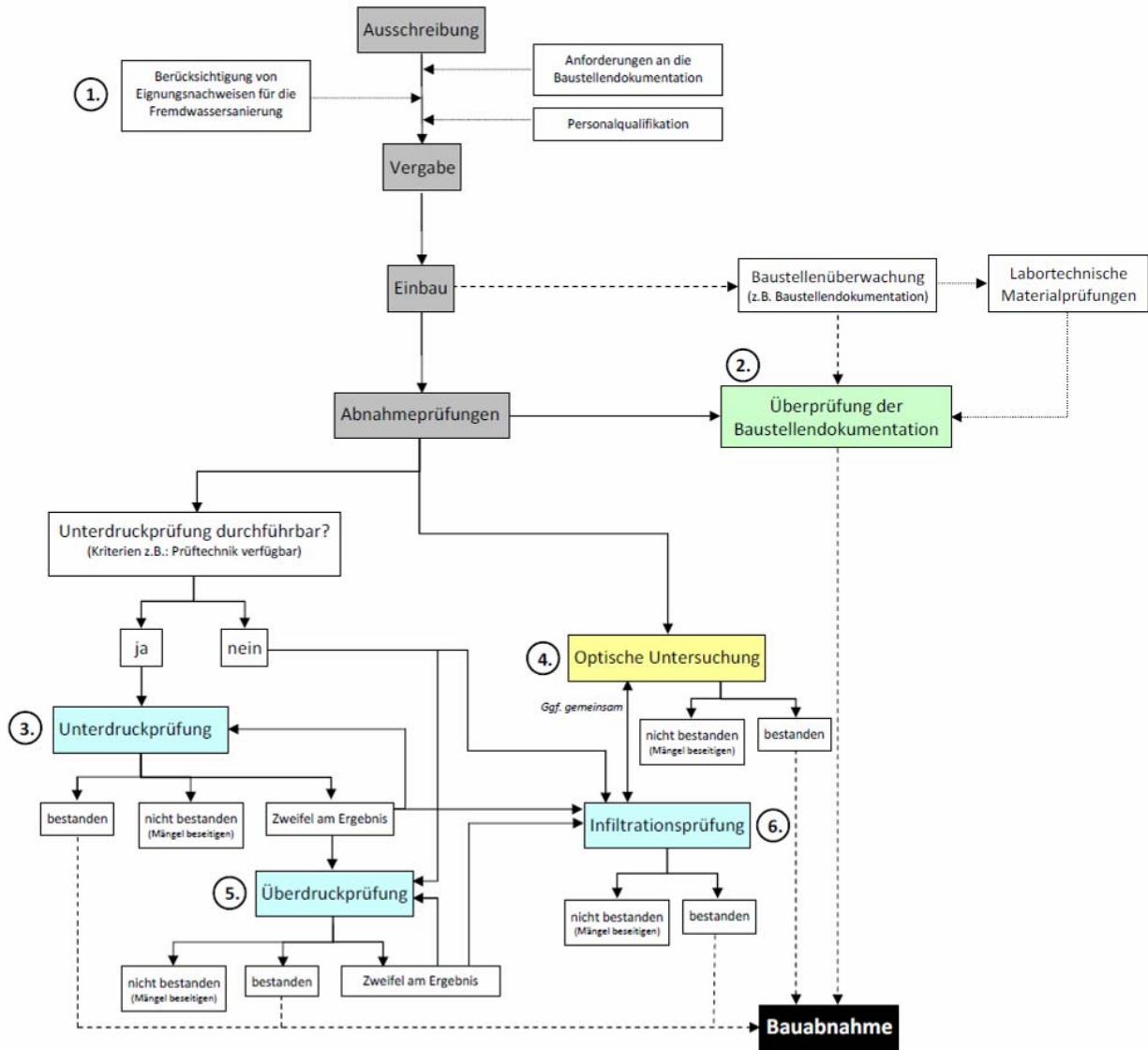


Bild 11 Vorgehensweise: Begleitung und Abnahme der Fremdwassersanierung (schematischer Ablauf)

## 4 Fazit

Im Gesamtblick aller Untersuchungen lassen sich die folgenden Erkenntnisse als **Fazit für die Praxis** zusammenfassen:

### **Fremdwassersanierung ist mit marktüblichen Produkten und Verfahren zuverlässig möglich, Bandbreite der Qualität ist allerdings groß**

Sowohl die Marktübersicht in Phase I des Projektes als auch die weitergehenden Produkt- und Verfahrensprüfungen in Phase II bestätigen, dass die technischen Möglichkeiten zur vollständigen Abdichtung des Kanalnetzes gegen Außenwasserdruck am Markt verfügbar sind. Dies gilt für Hauptkanäle, Schächte, Hausanschlüsse und deren Verbindungen. Die Bandbreite der technischen Lösungen und der tatsächlichen Ausführungsqualität ist allerdings sehr groß. Es bestehen damit erhebliche Risiken für den Erfolg einer Fremdwassersanierung, wenn qualitativ schlechte Produkte, nicht ausreichend qualifiziertes Personal, mangelhaftes Gerät und Material oder auch unpassende Verfahren eingesetzt werden. Maßnahmen zur Qualitätssicherung müssen hier ansetzen.

### **Stutzensanierung: Qualität hängt entscheidend vom Einbau ab, weitere Betriebsbelastungen eher unkritisch**

Der vergleichende IKT-Warentest von Sanierungsverfahren für Anschlussstutzen zeigte deutlich, dass die Sanierungsleistung maßgeblich von der Qualität des Einbaus abhängt. Zeigten die Sanierungsergebnisse bereits direkt nach Einbau eine gute Qualität, so wurden i.d.R. auch bei erhöhter Grundwasserbelastung oder nach HD-Reinigung keine weiteren Veränderungen mehr beobachtet, die zu Qualitätsmängeln führten. Die Beständigkeit gegenüber den typischen Abwasserbedingungen ist allerdings im Vorfeld, z.B. bei der DIBt-Zulassung der Verfahren, nachzuweisen.

### **Stutzensanierung: Roboterverfahren sind technisch anspruchsvoll und fehleranfällig, Profis können damit aber umgehen**

Beim Einsatz der Roboterverfahren kam es in vielen Fällen aufgrund technischer Schwierigkeiten zu ungeplanten Verzögerungen. Die meisten Probleme konnten aber von den professionell agierenden Dienstleistern direkt vor Ort gelöst werden. Das Know-How der Operateure hat damit nicht nur wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Sanierung, sondern auch auf die Dauer der gesamten Maßnahme.

### **Stutzen-Einbindung: Entfernen der Innenfolie an Linern ratsam**

Materialabtrag an Stutzeinbindungen durch HD-Kanalreinigung trat insbesondere dann auf, wenn das Linersystem mit Innenfolie installiert worden war und diese im Vorfeld der Stutzen-Einbindung nicht entfernt wurde. Zur Verbesserung der Haftwirkung sollte stets eine entsprechende Oberflächenvorbereitung, z. B. Anfräsen oder Anschleifen, vorgesehen werden.

### **Schachtanschlüsse: Systemabstimmung von großer Bedeutung**

Bei der Ausführung von Schachtanschlüssen kommt der passenden Produkt- bzw. Werkstoffkombination schon in der Planung eine große Bedeutung zu. Im Rahmen der Ausführung sollte der Zustand vor und nach der Sanierung dokumentiert werden. Für

die Abnahme kann dann auch der im Rahmen des Projektes entwickelte Abnahmekatalog mit Checkliste genutzt werden.

### **Abnahme unter Grundwasserwirkung am zuverlässigsten, Alternativen noch unklar bzw. sehr aufwändig**

Die Abnahme gegenüber der Leistungsanforderung Infiltrationsdichtheit stellt sich in der Praxis dann als schwierig dar, wenn zum Abnahmezeitpunkt (noch) kein Außenwasserdruck wirkt. Während unter Außenwasserdruck-Belastung in der Regel eine optische Inspektion ausreicht, um die Infiltrationsdichtheit nachzuweisen, scheinen ohne diese Belastung grundsätzlich nur zwei Wege mit vertretbarem Aufwand sinnvoll: Erstens die Unterdruck-Prüfung, hier fehlen allerdings derzeit noch entsprechende Prüfkriterien. Zweitens die detaillierte Baubegleitung des Herstellungsprozesses vor Ort für grundsätzlich bereits als geeignet (für die Fremdwassersanierung) nachgewiesene Produkte und Verfahren.

### **Wechselnde Grundwasserstände mit Auftrieb fordern Abwinkelbarkeit im Gesamtsystem**

Die 1:1-Versuche und ergänzenden Berechnungen zeigen, dass Auftriebseffekte bei geraden Anschlussleitungen i.d.R. vernachlässigbar sind. Vorsicht ist jedoch bei Fixpunkten und größeren Höhenversätzen geboten. Hier ist im Gesamtsystem an den kritischen Punkten auf eine entsprechende Abwinkelbarkeit zu achten. Prüfungen zur Abwinkelbarkeit von sanierten Systemen sowie Auftriebsberechnungen können weitere Sicherheit bieten.

### **Großversuche geben Orientierung und Sicherheit: Unerwartetes erwarten!**

Die Großversuche gestatten die Simulation der vollständigen bautechnischen Verhältnisse im Maßstab 1:1. Damit werden die eingesetzten Produkte labortechnisch nicht allein den bereits bekannten Belastungsszenarien ausgesetzt, sondern auch relevante Beanspruchungen erkannt und berücksichtigt, für die bisher noch keine Beschreibungsansätze und Normanforderungen existieren. Im vorliegenden Fall betraf dies insbesondere Beanspruchungen aus wechselnden Grundwasserständen. Bestätigt wurden dabei Qualitätseinflüsse, die bisher in der Planung nicht berücksichtigt werden, hier Auftrieb. Deren Auswirkungen lassen sich dann so eingrenzen und beschreiben, dass auch entsprechende Qualitätssicherungsmaßnahmen definiert werden können (Prüfungen unter Abwinkelung).

### **Bild-/Videoreferenzkatalog für Infiltrationsschäden gefragt: Kalibrierung jetzt in Großversuchen möglich**

Die zu erwartende Infiltrationsmenge an Schadstellen im Kanalnetz ist die wesentliche Datengrundlage zur Simulation von Grundwasserständen in urbanen Räumen. Allerdings liegen diese Daten bisher nicht in allgemeiner Form vor und lassen sich aus den Inspektionsdaten auch kaum ableiten. Hier kann eine zuverlässige Bild-/Videoreferenz zur Bewertung von Infiltrationsschäden weiterhelfen, die in Laborversuchen anhand von Messdaten kalibriert wird. Mit dem IKT-Großversuchsstand steht nun erstmals eine im 1:1-Versuch messtechnisch und anhand von Berechnungen kalibrierte Versuchseinrichtung zur Verfügung, um diese Datengrundlage zu schaffen. Künftige Vorhaben sollten hier ansetzen.

## 5 Literatur

- [1] Berger, C.; Falk, C.: Umfrage zum Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage, Hennef, 2009.
- [2] Bosseler, B.; Färber, D.; Graw, S.: Endbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklungsunterstützende Untersuchung zur „Infiltrationsdichtheit“ bei Werkstoffwechseln bzw. Übergängen insbesondere im Zusammenhang mit der Fremdwassersanierung. Phase I: Abnahmekriterien und Prüfprogramm. Im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen 2011.
- [3] Bosseler, B.; Redmann, A.; Bennerscheidt, C.; Färber, D.: Endbericht zum „IKT-Warentest Hausanschluss-Liner“; im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen 2010.
- [4] Ulutaş, S., Liebscher, M. et al.: IKT-Warentest „Stutzensanierung in Fremdwassergebieten“. Ergänzungsbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklungsunterstützende Untersuchung zur „Infiltrationsdichtheit“ bei Werkstoffwechseln bzw. Übergängen insbesondere im Zusammenhang mit der Fremdwassersanierung, Phase II. Im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen 2014.