neutral
unabhängig
gemeinnützig

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur

2002-2005
ERGEBNISSE

forschen | prüfen | beraten | testen

aus dem Inhalt:

- Warentests
- IKT-LinerReport
- Materialprüfungen

IKT-Prüfstelle für wasserdurchlässige Flächenbeläge

Ergebnisse für die Praxis

» Deutsche Netzbetreiber investieren jährlich mehr als 3 Mrd. Euro allein in die öffentliche Kanalisation. Um dieses Geld werben viele Anbieter unterschiedlichster Verfahren und Produkte. Die Konkurrenz ist hart, und manche Hochglanz-Prospekte versprechen mehr als gehalten werden kann.

Die Auftraggeber sind jedoch zunehmend kritischer geworden. Sie sehen sich mehr denn je mit entscheidenden Fragen konfrontiert: Wie das richtige Produkt finden, angesichts vieler Anbieter und widersprüchlicher Aussagen? Woher wissen, ob Produkte wirklich halten, was Verkäufer versprechen? Für richtige Entscheidungen sind solide technische Informationen nötig – harte Fakten, nicht Werbesprüche.

Genau hier setzt das IKT mit seinen Prüfungen für die Praxis an. Als neutrales, unabhängiges und gemeinnütziges Forschungs- und Prüfinstitut untersuchen wir regelmäßig Bauprodukte für die Kanalisation auf Herz und Nieren. Ziel ist es, verläßliche und fundierte Entscheidungsgrundlagen zu liefern.

Einzigartig ist dabei die Kombination von Wissenschaft und Praxis. Als Forschungsinstitut generiert das IKT ständig neues Wissen. Forschungsthemen werden „von der Baustelle her" definiert, nicht am grünen Tisch. Dafür wird enge Tuchfühlung zu den Netzbetreibern gehalten. Sie geben letztlich die Anstöße für IKT-Projekte. Neue Forschungserkenntnisse fließen umgehend in die Arbeit der drei IKT-Prüfstellen ein, und zwar in:

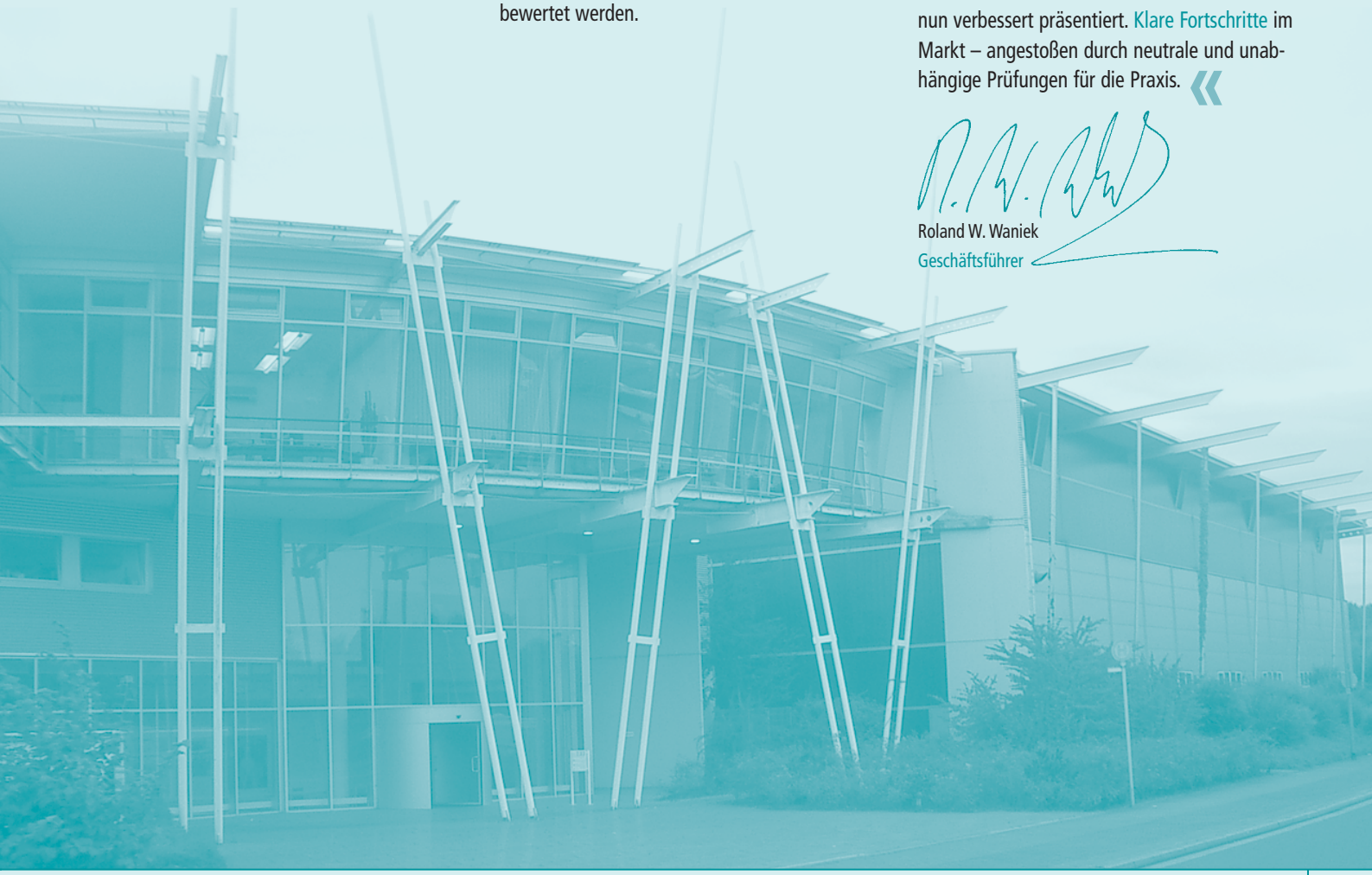
- die DIBt-anerkannte Prüfstelle für Bauprodukte,
- die staatlich anerkannte Prüfstelle für Durchfluß-Messungen sowie
- die vom DIBt benannte Prüfstelle für wasserdurchlässige Flächenbeläge.

Bei den Warentests geht das IKT noch einen Schritt weiter: jeder vergleichende Test wird von einer Gruppe von Netzbetreibern getragen. Entscheidungen über Testinhalte, Testverfahren und Testbewertungen trifft die Gruppe gemeinsam in einem Arbeitsgremium. So wird sichergestellt, daß die Tests praxisnah sind und die Testergebnisse gemäß ihrer Qualitätsanforderungen bewertet werden.

Unser Sonderheft Ergebnisse 2002 - 2005, anläßlich der IFAT 2005 zusammengestellt, umfaßt eine Auswahl bereits veröffentlichter und hier z.T. aktualisierter Prüf- und Testergebnisse. Exemplarisch stellt es die Schwerpunkte und Bandbreite der Prüfungen und Warentests der letzten drei Jahre dar.

Ergebnisse der IKT-Arbeit können Sie als IFAT-Besucher beim Messerundgang selbst beobachten: viele der getesteten Produkte wurden von den Herstellern überarbeitet und werden Ihnen nun verbessert präsentiert. Klare Fortschritte im Markt – angestoßen durch neutrale und unabhängige Prüfungen für die Praxis. «

Roland W. Waniek
Geschäftsführer



Inhalt

Seite 3 **Ergebnisse für die Praxis**
Dipl.-Ök. Roland W. Waniek

Seite 5 **Neubau von Hausanschluss-Stutzen**
Nicht alle dicht

Seite 9 **Sanierung von Hausanschluss-Stutzen**
Stutzensanierung im IKT-Warentest mit ernüchternden Ergebnissen

Seite 16 **IKT-LinerReport 2003/2004**
Prüfergebnisse von der Baustelle

Seite 19 **Fünf-Jahres-Test**
SAERTEX®-LINER unter Dauerbeobachtung

Seite 22 **Kanalreinigung**
Risiko Spülschaden

Seite 24 **Gel-Injektionsverfahren**
Langzeitwirkung von Gel-Injektionen

Seite 26 **IKT prüft Sicherheit von Steigbügeln**
Arbeitssicherheit beim Einstieg in die Kanalisation

Seite 27 **Prüfsiegel für Schachtvergussmörtel**
IKT entwickelt neue Prüfkriterien

Seite 29 **Normprüfungen und darüber hinaus**
Maßgeschneiderte Tests für innovative Schachtabdeckung

Seite 31 **Druckübertragungsmittel für den Rohrvortrieb**
IKT entwickelt eigene Prüfmethode

Seite 33 **Rissverhalten großer Stahlbetonrohre**
Neue IKT-Prüfung ermöglicht realitätsnahe Prognose

Seite 36 **Wurzeleinwuchs**
Warum Wurzeln in Kanäle wachsen

Nicht alle dicht

Es war eine Premiere für die Branche: Nach dem Prinzip der Stiftung Warentest untersuchte das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, Hausanschlussstutzen verschiedener Hersteller auf ihre Funktionstauglichkeit. Die Ergebnisse wurden jetzt im Beisein der Auftraggeber und der Stutzenhersteller am 13. Juni 2002 der Öffentlichkeit präsentiert.

Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, hat ein Jahr lang neun marktgängige Stutzenmodelle vergleichend geprüft. Beauftragt wurde dieser in der Abwasserbranche bislang einmalige Warentest von 14 kommunalen Netzbetreibern: Bergisch Gladbach, Bochum, Braunschweig, Duisburg, Düsseldorf, Essen, Gelsenkirchen, Krefeld, Leverkusen, Mönchengladbach, Mülheim/Ruhr, Neuss, Oberhausen, Recklinghausen. Und der Etat für dieses Projekt von 255.000 Euro verdeutlicht das Interesse der auftraggebenden Kommunen an klaren Aussagen zur Qualität der Testobjekte. Verständlich, wenn man bedenkt, dass es sich beim Einbau dieser Produkte um Langzeitinvestitionen handelt, und dass beim Versagen solcher Bauteile Kosten auf den Netzbetreiber zukommen, die in keinem Verhältnis zu dem Preis eines solchen Stutzens stehen.
Vor diesem Hintergrund hob der Geschäftsführer des IKT, Roland W. Waniek, bei der Präsentation der Ergebnisse deutlich hervor, dass es nicht Ziel der Untersuchung gewesen sei, einzelne Produkte oder gar Hersteller schlecht zu machen und aus dem Markt zu drängen. Vielmehr solle das Projekt für mehr Markttransparenz sorgen und auch den Herstellern aufzeigen, wo bei ihren Produkten Verbesserungspotenziale stecken.

Folgende Stutzenmodelle wurden getestet:

- Awadock-Anschlusssystem (Rehau AG): PVC-Leitungen an Beton-Hauptrohre,
- Connex-Abzweig (Funke Kunststoffe GmbH): PVC-Leitungen an PVC-Hauptrohre,
- Fabekun-Sattelstück (Funke Kunststoffe GmbH): PVC-Leitungen an Beton- und Steinzeug-Hauptrohre,
- Flexoset-Anschlusselement B (Steinzeug GmbH): Steinzeug-Leitungen an Beton-Hauptrohre,
- Flexoset-Anschlusselement ST (Steinzeug GmbH): Steinzeug-Leitungen an Steinzeug-Hauptrohre,
- Friafit ASA-TL (Friatec AG): PE-HD-Leitungen an PE-HD-Hauptrohre,
- Sattelstück aus duktilem Gusseisen (Saint-Gobain Gussrohr GmbH): Gusseisen-Leitungen an Gusseisen-Hauptrohre,
- Steinzeug-Stutzen mit B-Ring (Steinzeug GmbH): Steinzeug-Leitungen an Steinzeug-Hauptrohre,
- Stutzen mit universellem Anschlag (Firma Nyloplast Europe B.V.): Steinzeug-Leitungen an Beton-Hauptrohre.

Das IKT und die 14 beteiligten Netzbetreiber haben gemeinsam ein Prüfprogramm auf die Beine gestellt, in das zum einen die Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber und zum anderen Forschungserkenntnisse des IKT einflossen.
Besonderer Wert wurde auf betriebliche Anforderungen gelegt. Die Belastungen wie z.B. Hochdruckspülung, Kettenschleuder, Bodenbewegungen und -drücke, denen Stutzen während eines jahrzehntelangen Betriebs unterliegen, wurden praxisnah simuliert.
Auf diese Weise entstand ein wissenschaftlich fundiertes und gleichzeitig praxisorientiertes Prüfprogramm mit drei Schwerpunkten: Herstellerinformationen, Systemprüfungen und Baustellen-Untersuchungen. Insofern drückt das Prüfprogramm aus, welche Stutzen-Eigenschaften den Kommunen wichtig sind.

Links: Präsentation der Ergebnisse

Rechts: Beispielstutzen

Ganz rechts: Einbau und Prüfung

Neubau von Hausanschluss-Stutzen

Prüfungen und Bewertungen

Im Rahmen dieser drei Schwerpunkte wurden die neun Stutzenmodelle zahlreichen Prüfungen unterzogen und bewertet. Ggf. wurden Verbesserungspotentiale aufgezeigt.

Herstellerinformationen:

Die Einbauanleitungen und Prüfzeugnisse für die Stutzen wurden bei den Herstellern angefordert. Einbauanleitungen wurden hinsichtlich ihrer Verständlichkeit sowie Fehlerlosigkeit, die Prüfzeugnisse hinsichtlich des Umfangs der Prüfungen benotet.

Systemprüfungen:

Das IKT beauftragte für den Einbau der Stutzen Baufirmen, die von den Stutzenherstellern empfohlen wurden. Der Einbau erfolgte auf dem Prüfgelände des IKT (siehe Bilder). Beim Einbau wird ein Bohrloch hergestellt und der Stutzen in das Kanalrohr eingebaut.
Seitens der Hersteller werden für die Durchmesser der Bohrlöcher einzuhaltende Bohrlochtoleranzen angegeben. Diese liegen in der Regel zwischen –1mm und +1mm, was unter Baustellenbedingungen ein hoher Anspruch ist. Der Einfluss von Toleranzabweichungen auf die Dichtheit der Stutzen sowie die Komplexität des Einbaus wurden überprüft.
Anschließend wurden die Auswirkungen von betrieblichen Belastungen auf die Stutzen erfasst.

Folgende betriebliche Belastungen wurden durchgeführt:

- Abwinkelung der Anschlussleitung,
- Scherlast auf die Anschlussleitung,
- Hochdruckreinigung der Hauptrohre,
- Einsatz einer Kettenschleuder in den Hauptrohren,
- Schwefelsäurebefüllung der Hauptrohre.

Nach Einbau und den jeweiligen betrieblichen Belastungen wurden die Stutzen mit Wasserüberdruck auf Dichtheit geprüft. Es zeigte sich, dass Kettenschleudern und Scherlasten erheblichen Einfluss auf die Dichtheit haben. Die Ergebnisse dieser Wasserüberdruckprüfungen spielen in der Bewertung der Stutzen die entscheidendste Rolle.

Baustellen-Untersuchungen:

Um zu sehen wie sich die Stutzen in der Praxis verhalten, wurden alle neun Stutzenmodelle auf Baustellen der beteiligten Netzbetreiber eingebaut. Die Einsatzmöglichkeiten der Stutzen sowie die Umsetzbarkeit der Herstellerangaben in der Baupraxis wurden untersucht. Die Faktoren Platzbedarf, Zeitaufwand und Zusatzwerkzeug wurden als positive und negative Baustellen-Randbedingungen erfasst.

Schwachstelle betriebliche Belastungen

Vor allem die betrieblichen Belastungen führten in den Systemprüfungen bei fünf Stutzenmodellen zu Noten zwischen „BEFRIEDIGEND" und „UNGENÜGEND". Hier zeigte sich, dass nur die beiden Testsieger den betrieblichen Belastungen sehr gut standhalten. Bei sechs Stutzenmodellen entstanden zum Teil erhebliche Schäden mit der Folge: Versagen bei den Dichtheitsprüfungen nach Belastung.

Nur zweimal „SEHR GUT":

Die Ergebnisse dieses IKT-Warentests offenbaren z.T. große Schwachstellen bei den meisten marktgängigen Stutzen. Von den neun untersuchten Stutzenmodellen erhielten lediglich zwei das Prüfurteil „SEHR GUT" und einer „GUT".

Die mit „SEHR GUT" benoteten Stutzen Friafit ASA-TL der Fa. Friatec AG und Sattelstück aus duktilem Gusseisen der Fa. Saint-Gobain Gussrohr GmbH erfüllten die Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber vollkommen. Das mit „GUT" benotete Fabekun-Sattelstück erfüllte sie fast vollkommen. Es zeigte lediglich beim Einsatz der Kettenschleuder und bei der Einbauanleitung Mängel. Die schlechtesten Prüfurteile erhielt der Steinzeug-Stutzen mit B-Ring („MANGELHAFT") und das Flexoset-Anschlusselement B („UNGENÜGEND").
Beim Prüfungsschwerpunkt Herstellerinformation wurden Noten von 1,5 (Friafit ASA-TL und Flexoset Anschlusselement ST) bis 4,0 vergeben. Die Dichtheitsprüfungen nach Einbau bestanden sieben Stutzenmodelle mit „SEHR GUT". Lediglich der Steinzeug-Stutzen mit B-Ring und das Flexoset-Anschlusselement B erhielten hierbei ein „BEFRIEDIGEND".
Die Dichtheitsprüfungen zeigten, dass die Nichteinhaltung der von den Herstellern geforderten Bohrlochtoleranzen nicht automatisch zu undichten Stutzen führt. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Abweichung von den Bohrlochtoleranzen und dem Nichterfüllen der Dichtheitskriterien konnte somit nicht bestätigt werden.
Bei sämtlichen Stutzen ist die Einsatzmöglichkeit und Umsetzbarkeit der Herstellerangaben auf Baustellen gegeben. Beim Friafit ASA-TL ist der hohe Platzbedarf und Zeitaufwand, und beim Sattelstück aus duktilem Gusseisen und beim Fabekun-Sattelstück der hohe Zeitaufwand für den Einbau einschränkend zu erwähnen.

Fortsetzung folgt

Der IKT-Warentest Hausanschluss-Stutzen ist nun nach einem Jahr Projektdauer abgeschlossen. Es steht jedoch jedem Hersteller offen, seine verbesserten oder neuen Stutzenmodelle einem Test nach diesem Prüfprogramm zu unterwerfen. Die Ergebnisse werden laufend auf der IKT-Homepage veröffentlicht, so dass Netzbetreiber jederzeit die Qualitäten der aktuell im Markt angebotenen Hausanschluss-Stutzen einsehen und vergleichen können.

Links:
Einbau und Prüfung

Rechts:
Beispielstutzen

Ergebnisse im Internet

Die Ergebnisse des IKT-Warentest Hausanschluss-Stutzen sowie die Empfehlungen zur Ausschreibung und Qualitätssicherung können von der IKT-Homepage heruntergeladen werden:
www.ikt.de

Quelle: bi umweltbau 4/2002
aktualisiert: siehe Tabelle 2

IKT-Warentest – Hausanschluss-Stutzen für die Kanalisationstechnik (Tabelle 1): ursprüngliche Testergebnisse 06/2002 – sortiert nach Note

Hersteller	Friatec AG	Saint-Gobain Gussrohr GmbH	Funke Kunststoffe GmbH	Steinzeug GmbH	Nyloplast Europe B.V.	Funke Kunststoffe GmbH	Steinzeug GmbH	Steinzeug GmbH	Rehau AG
Modell	Friafit ASA-TL	Sattelstück aus duktilem Guss	Fabekun-Sattelstück	Flexoset Anschluss-element ST	Stutzen mit universellem Anschlag	Connex-Abzweig	Stutzen mit B-Ring	Flexoset Anschluss-element B	Awadock-System
Preis für 1 Stutzen / 100 Stutzen in EURO ca.	170 / 14000	52 / 4420	70 / 5950	44 / 3960	27 / 2390	96 / 8700	25 / 2125	56 / 5040	50 / 4260
Testdatum	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**	**06/2002**
IKT - Prüfurteil	**SEHR GUT (1,1)**	**SEHR GUT (1,3)**	**GUT (2,0)**	**BEFRIEDIGEND (2,8)**	**BEFRIEDIGEND (3,1)**	**AUSREICHEND (3,9)**	**MANGELHAFT (4,9)**	**UNGENÜGEND (5,7)**	**NICHT BEWERTET*******
Systemprüfung (Gewichtung: 85%)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	gut (2,0)	befriedigend (3,0)	befriedigend (3,0)	ausreichend (4,0)	mangelhaft (5,0)	ungenügend (6,0)	nicht bewertet*****
Stutzen eingebaut in Hauptrohre aus:	PE-HD DN 300	Gusseisen DN 300	Stzg. DN 250H und DN 400; Beton DN 400	Steinzeug DN 250H	Beton DN 400	GfK DN 600	Steinzeug DN 400	Beton DN 400	Beton DN 400
Anschluss von Leitungen aus:	PE-HD DN 150	Gusseisen DN 150	PVC DN 150	Steinzeug DN 150	Steinzeug DN 150	PVC DN 200	Steinzeug DN 150	Steinzeug DN 150	PVC DN 150
Dichtheit nach Einbau*	++	++	++	++	++	++	O	O	nicht bewertet
Dichtheit nach Belastungen**:									
nach HD-Reinigung	+	+	+	+	+	+	+	-	nicht geprüft
nach Kettenschleuder	+	+	-	+	-	-	-	-	nicht geprüft
nach Abwinkelung	+	+	+	-	+	-	+	+	nicht geprüft
nach Scherlast	+	+	+	-	-	-	-	-	nicht geprüft
nach Schwefelsäurebefüllung	nicht geprüft	nicht geprüft	+ (Stzg. nicht geprüft)	nicht geprüft	+	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft
Herstellerinformation (Gewichtung: 15%)	sehr gut (1,5)	befriedigend (3,0)	gut (2,0)	sehr gut (1,5)	befriedigend (3,5)	befriedigend (3,0)	ausreichend (4,5)	ausreichend (4,0)	gut (2,0)
Einbauanleitung***	++	++	O	++	-	++	--	--	++
Prüfzeugnisse****	+	--	++	+	O	--	-	O	O
Zusatzinformation: Baustellen-Randbedingungen									
Hoher Platzbedarf	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Hoher Zeitaufwand	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Zusatzwerkzeug notwendig	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja
Technische Merkmale									
Lieferbar zum Anschluss an Hauptrohr:	PE-HD: DN 200 - 500	Gusseisen: DN 250 - 2000	Beton, Stb.: DN250-2400; Stzg.: DN250H, DN300-800; Fabekun-Rohr: DN 250-1200; GfK-Rohr: DN 1600-2400	Stzg.: DN 200 - 300	Beton: ab DN 400	PVC: DN 250 - 800; HS-Rohr-System: DN 250-400; Connex-Rohr-System: DN 315-800; GfK-Rohr: DN 300-1500; Stzg.: DN 300; AZ Rohr DN 300-600; FZ Rohr DN 300-600	Stzg: ab DN 350	Beton: DN 300-900 Stb.,Stzg.:ab DN 400H	Beton, Stb.: DN 300 - 1200
Lieferbar für Anschlussleitungen:	PE-HD: DN 150	Gusseisen, Stzg.: DN 150, DN 200	PVC: DN 150, DN 200	Stzg.: DN 150	Stzg.: DN 150; PVC: DN 150, DN 200	PVC: DN 150 über Re-duktionsstück, DN 200	Stzg.: DN 150, DN 200	Stzg.: DN 150, DN 200	PVC: DN 150
Empfohlene Verbesserungen									
Dichtwirkung nach Einbau sicherstellen	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	k. A.
Dichtwirkung nach Belastung verbessern	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	k. A.
Platzbedarf beim Einbau verringern	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Zeitaufwand für den Einbau verringern	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Einbauanleitung verbessern	nein	nein	ja	nein	ja	nein	ja	ja	nein

* Bewertung: 100% bestandene Dichtheitsprüfungen nach Einbau = ++; > 85% = +; > 70% = O; >= 50% = - ; < 50% = --
** Bewertung: > 50% der Dichtheitsprüfungen nach der Belastung bestanden = +; <= 50% = --
*** Bewertung: Verständlichkeit und Übersichtlichkeit ist sehr gut = ++; ist gut = +; ist befriedigend = O; ist ausreichend = -; keine oder fehlerhafte Einbauanleitung = --
**** Bewertung: sehr umfangreiche Prüfungen = ++; umfangreiche Prüfungen = +; Standard-Prüfungen = O; geringer Prüfumfang = - ;keine Prüfzeugnisse vorgelegt = --
***** Das Awadock - System der Firma Rehau ist aufgrund eines Einbaufehlers der ausführenden Baufirma im Rahmen der Systemprüfung nicht bewertet worden. Daher wird für diesen Stutzen kein Prüfurteil vergeben.
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

IKT-Warentest – Hausanschluss-Stutzen für die Kanalisationstechnik (Tabelle 2): Nachprüfungen ab 06/2002 – sortiert nach Prüfdatum

Hersteller	Steinzeug Abwassersysteme GmbH	DS Dichtungstechnik GmbH	REHAU AG+Co	DS Dichtungstechnik GmbH
Modell	Flexoset Anschlusselement B	DENSO Anschlussstutzen	Awadock-Anschlusssystem	DENSO Anschlussstutzen
Preis für 1 Stutzen / 100 Stutzen in EURO ca.	59 / 5900	55 / 4500	50 / 4260	55 / 4500
Testdatum	**06/2003**	**03/2003**	**12/2002**	**12/2002**
IKT - Prüfurteil	**GUT (1,9)**	**SEHR GUT (1,0)**	**SEHR GUT (1,1)**	**GUT (2,3)**
Systemprüfung (Gewichtung: 85%)	gut (2,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	gut (2,0)
Stutzen eingebaut in Hauptrohre aus:	Beton DN 400	Beton DN 400	Beton DN 400	Beton DN 400
Anschluss von Leitungen aus:	Steinzeug DN 150	Steinzeug DN 150	PVC DN 150	PVC DN 150
Dichtheit nach Einbau*	++	++	++	++
Dichtheit nach Belastungen**:				
nach HD-Reinigung	+	+	+	+
nach Kettenschleuder	-	+	+	+
nach Abwinkelung	+	+	+	+
nach Scherlast	+	+	+	-
nach Schwefelsäurebefüllung	+	+	+	+
Herstellerinformation (Gewichtung: 15%)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,5)	ausreichend (4,0)
Einbauanleitung***	++	++	++	O
Prüfzeugnisse****	++	++	+	--
Zusatzinformation: Baustellen-Randbedingungen				
Hoher Platzbedarf	nein	nein	nein	nein
Hoher Zeitaufwand	nein	nein	nein	nein
Zusatzwerkzeug notwendig	ja	nein	ja	nein
Technische Merkmale				
Lieferbar zum Anschluss an Hauptrohr:	Stzg., Beton, Stb. mit einer Wandstärke von 50 bis 150 mm	Beton: DN 250-1500; Stb.: DN 300-1500	Beton, Stb.: DN 300 - 1200	Beton: DN 250-1500; Stb.: DN 300-1500
Lieferbar für Anschlussleitungen:	Stzg.: DN 150, DN 200	Stzg., PVC, PP, PE: DN 150, DN 200	PVC, PP: DN 150	Stzg., PVC, PP, PE: DN 150, DN 200
Empfohlene Verbesserungen				
Dichtwirkung nach Einbau sicherstellen	nein	nein	nein	nein
Dichtwirkung nach Belastung verbessern	ja (Kettenschleuder)	ja (Langzeitscherlast)	nein	ja
Platzbedarf beim Einbau verringern	nein	nein	nein	nein
Zeitaufwand für den Einbau verringern	nein	nein	nein	nein
Einbauanleitung verbessern	nein	nein	nein	ja

* Bewertung: 100% bestandene Dichtheitsprüfungen nach Einbau = ++; > 85% = +; > 70% = O; >= 50% = - ; < 50% = --
** Bewertung: > 50% der Dichtheitsprüfungen nach der Belastung bestanden = +; <= 50% = --
*** Bewertung: Verständlichkeit und Übersichtlichkeit ist sehr gut = ++; ist gut = +; ist befriedigend = O; ist ausreichend = -; keine oder fehlerhafte Einbauanleitung = --
**** Bewertung: sehr umfangreiche Prüfungen = ++; umfangreiche Prüfungen = +; Standard-Prüfungen = O; geringer Prüfumfang = - ;keine Prüfzeugnisse vorgelegt = --
***** Das Awadock - System der Firma Rehau ist aufgrund eines Einbaufehlers der ausführenden Baufirma im Rahmen der Systemprüfung nicht bewertet worden. Daher wird für diesen Stutzen kein Prüfurteil vergeben.
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

Ernüchternde Ergebnisse

Das IKT hat am 30. Juni 2004 den mit Spannung erwarteten Abschlußbericht des vergleichenden Warentests von Reparaturverfahren zur Sanierung von Anschlussstutzen vorgestellt. Die Ergebnisse konnten weder bei Auftraggebern noch Systemanbietern richtig gute Laune erzeugen.

Undichte, defekte Anschlussstutzen stellen laut ATV-Umfrage die häufigste Schadensart in deutschen Kanalnetzen dar. Bei mehr als 15 Mio. Hausanschlüssen handelt es sich hierbei um ein erhebliches Schadensvolumen und um ein drängendes Problem der Netzbetreiber. Daher hat das IKT 13 Reparaturverfahren im Auftrag von 26 Netzbetreibern neutral und unabhängig getestet. Auf Abnahmevideos sehen die meisten sanierten Stutzen prima aus. Aber: Dichtheitsprüfungen hält kaum einer Stand. So schließt nur ein einziges Reparaturverfahren mit „GUT" ab, wenige sind „BEFRIEDIGEND", der Großteil ist jedoch bloß „AUSREICHEND" oder schlechter. Das IKT hat eineinhalb Jahre lang Reparaturverfahren für Anschlussstutzen vergleichend getestet. Beauftragt wurde dieser Warentest von 26 Kanalnetzbetreibern: Ahlen, Alsdorf, Beckum, Bergisch Gladbach, Braunschweig, Dinslaken, Dortmund, Düsseldorf, Espelkamp, Essen, Gladbeck, Hamburg, Hamm, Hemer, Hilden, Iserlohn, Kamen, Kempen, Monheim am Rhein, Neuss, Mönchengladbach, Recklinghausen, Rietberg, Troisdorf, Tönisvorst, Warendorf. Untersucht wurden sieben Injektionsverfahren und sechs Hutprofilverfahren.

Folgende Verfahren wurden getestet:

Injektionsverfahren

- DSS-Flex (Mörtelinjektion), Fa. DiTom-Kanaltechnik GmbH
- Hächler-Verpresssystem (Mörtelinjektion), Hächler AG Umwelttechnik
- IMS Injektionsverfahren (Harzinjektion), IMS GmbH
- Janßen-Stutzensanierungsverfahren (Harzinjektion), Umwelttechnik Franz Janßen GmbH
- KA-TE Schalungsmanschette (Harzinjektion), KA-TE System AG
- ProKasro-Verpresssystem (Harzinjektion), ProKasro Mechatronic GmbH
- Strobel-Betonverfahren (Mörtelinjektion), Umwelttechnik Strobel GmbH

Hutprofilverfahren

- Houseliner-Hutprofil (Polyestergewebe mit Harz), KMG GmbH
- Hutstutzen für DS Cityliner (Polyestergewebe mit Harz), D & S Rohrsanierung GmbH & Co. KG
- IMS-Hutprofilverfahren (Polyestergewebe mit Harz), IMS GmbH
- Insituform-Hutprofil (Nadelfilz mit Harz), Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH
- ProKasro-Laminathut-Setzsystem (Nadelfilz mit Harz), Prokasro Mechatronic GmbH
- Pyrolus-System (Polyestergewebe mit Harz), PKT GmbH & Co. KG

Prüfungen und Bewertung

Die IKT-Warentests werden auf der Basis der Praxiserfahrungen und den Qualitätsanforderungen der beteiligten Netzbetreiber entwickelt. Der zentrale Aspekt ist die Prüfung der Eignung von Produkten bzw. Verfahren für den Praxis-Einsatz und unter Betriebsbedingungen, z.B. Hochdruckspülung. Der IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen" wurde intensiv durch die 26 Kanalnetzbetreiber begleitet. Insgesamt fanden sieben Arbeitssitzungen statt, in denen die gesamten Testinhalte, vom Untersuchungsprogramm bis zur Bewertung, abgestimmt wurden. Drei Schwerpunkte standen im Vordergrund: Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter, Systemprüfungen und Baustellen-Untersuchungen.

Links und rechts: Besichtigung der ausgebauten und freigelegten Reparaturstellen durch die Netzbetreiber auf dem IKT-Testgelände

Oben r.: Ferngesteuerte Reparaturdurchführung

Unten ganz r.: Reparturvorbereitung im Großversuchsstand des IKT

Sanierung von Hausanschluss-Stutzen

Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Das IKT hat bei den Anbietern der getesteten Verfahren die Verfahrenshandbücher bzw. -beschreibungen, Aussagen zu Schulungen, Prüfzeugnisse (praxisnahe Prüfungen) und bauaufsichtliche Zulassungen der Verfahren angefordert sowie Auskunft darüber eingeholt, inwieweit das jeweilige Verfahren bereits mit Fremdüberwachungsleistungen am Markt angeboten wird. Die Angaben und Unterlagen der Verfahrensanbieter wurden vom IKT ausgewertet.

Systemprüfung

Zur Systemprüfung der Verfahren wurden Kanalstrecken mit definiert eingebrachten Schäden im Großversuchsstand und auf dem Außengelände des IKT erstellt. Aufgrund der deutlichen Verfahrensunterschiede wurden die Verfahrensgruppen Injektionsverfahren und in einer „Sonderprüfung-Reparatur" die Hutprofilverfahren (Einsatz in nicht sanierten Hauptrohren) getrennt betrachtet. Daher wurden für den Test der beiden Verfahrensgruppen von den Netzbetreibern unterschiedliche Schadensbilder und z.T. unterschiedliche Rohrwerkstoffe bzw. Rohrnennweiten ausgewählt. Bei den Schäden wurde grundsätzlich zwischen der Reparatur eines sogenannten Standardschadens (Überprüfung der generellen Einsatzmöglichkeiten der Verfahren) und eines sogenannten Extremschadens (Überprüfung der Grenzbereiche beim Verfahrenseinsatz) unterschieden. Die Injektionsverfahren wurden in Kanalstrecken aus Steinzeug DN 250 und Beton DN 300 mit Anschlussleitungen aus Steinzeug DN 150 untersucht. Die Hutprofilverfahren wurden in der „Sonderprüfung-Reparatur" in Kanalstrecken aus Steinzeug DN 250 und GfK DN 500 ebenfalls mit Anschlussleitungen aus Steinzeug DN 150 untersucht. Bei der Reparatur konnten die Anbieter eigene Techniker einsetzen oder eine Kanalsanierungsfirma für die Durchführung empfehlen. Im Auftrag des IKT führten die jeweiligen Firmen die Reparaturen durch. Nach den Reparaturen wurde der optische Zustand der reparierten Anschlussstutzen erfasst.

Hochdruckspülungen in Kanalstrecken dienten anschließend zur Simulation betrieblicher Belastungen der reparierten Anschlussstutzen. Unmittelbar nach der Reparaturdurchführung wurden die im Großversuchsstand des IKT ausgeführten Reparaturen mit Außenwasserdruck (Grundwassersimulation) belastet. Die Dichtheit der Reparaturstellen wurde mit Innenwasserdruck sowohl nach der Reparaturdurchführung als auch nach den Hochdruckspülungen überprüft. Als Zusatzuntersuchungen wurden der Einfluss auf die Abwasserableitung sowie Einwirkungen aus Scherlast und Schwefelsäure untersucht.

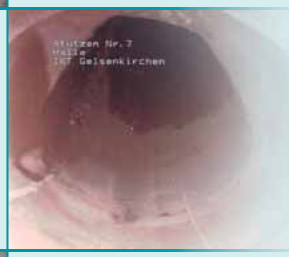
Standardschaden für Injektionsverfahren

Extremschaden für Injektionsverfahren

Standardschaden für Hutprofilverfahren

Extremschaden für Hutprofilverfahren

Reparaturergebnis mit Injektion am Standardschaden



Reparaturergebnis mit Injektion am Extremschaden

Reparaturergebnis mit Hutprofil am Extremschaden

Reparaturergebnis mit Hutprofil am Standardschaden

Baustellen-Untersuchungen

Um zu sehen, wie die Verfahren in der Baustellen-Praxis angewendet werden, begleitete das IKT den Einsatz aller Reparaturverfahren des Tests in bestehenden Kanalnetzen auf insgesamt 13 Baustellen. Im Fokus stand der Gesamteindruck der jeweiligen Maßnahme sowie die Reparaturergebnisse unter Insitu-Bedingungen (z.B. Verkehr, Wetter, Zeitdruck).

Test-Ergebnisse

Die Ergebnisse der Reparatur sind i.d.R. nicht mit dem Neubau vergleichbar. Sowohl die Qualifikation des ausführenden Technikers als auch die durchgeführten Vor- und Nacharbeiten (z.B. Fräsbild, HD-Reinigung) haben erheblichen Einfluss auf das Reparaturergebnis.

Durch den Test wurden zahlreiche Schwachpunkte der Verfahren identifiziert. Z.B. waren die meisten Reparaturen bei den Dichtheitsprüfungen - trotz eines häufig optisch ansprechenden Zustands - undicht. Daraus folgt auch, dass der optische Eindruck keinen Rückschluss auf die Dichtheit zulässt. Vor allem bei den Extremschäden wurde die Funktionsfähigkeit des Anschlussstutzens durch die Reparatur häufig nicht signifikant verbessert (z.B. erhöhte Verstopfungsgefahr nach der Reparatur). Dennoch sind die verfahrenstechnischen Voraussetzungen für die Reparatur schadhafter Anschlussstutzen in geschlossener Bauweise grundlegend gegeben.

Nur einmal „GUT"

Lediglich mit einem Verfahren konnten wesentliche Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber erfüllt werden; was mit „GUT" bewertet wurde. Für den Großteil der Verfahren wurde das Prüfurteil „AUSREICHEND" und „MANGELHAFT" vergeben. Folgende Übersichten geben die Bewertungen wieder:

IKT-Warentest Reparatur von Anschlussstutzen (Tabelle 1): Ursprungstest von 06/2004 mit Nachtest von 11/2004

Injektionsverfahren bei Standardschaden

Standardschaden*:
Nicht fachgerecht eingebauter Anschlussstutzen mit starker Beschädigung des Bohrlochs durch Riss- und Scherbenbildung;

Reparatur im Steinzeugkanal DN 250
mit Anschlussleitungen aus Stzg. DN 150;

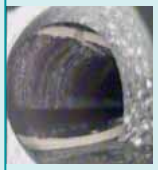
Kanalstrecke grundsätzlich überdeckt mit
Kies-/Sandgemisch 0/8 Körnung

Verfahrensanbieter	Umwelttechnik Strobel GmbH	KA-TE System AG	ProKasro Mechatronic GmbH	Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	Hächler AG Umwelttechnik	DiTom Gmbh	IMS GmbH	Umwelttechnik Strobel GmbH
Injektionsverfahren	Strobel-Betonverfahren	KA-TE Schalungsmanschette	ProKasro-Verpresssystem	Janßen-Stutzensanierung	Hächler-Verpresssystem	DSS-Flex	IMS-Stutzensanierung mit Injektion	Strobel-Betonverfahren
Eingesetztes Injektionsmaterial	Ergelit-Kanaltec IS (Mörtel)	Concresive 1850 (Harz)	Pro Kaspox 02; DTI EPH 230 (Harz)*****	JaGoSil (Harz)	Ergelit-Kanaltec CF (Mörtel)	DSS-Injekt (Mörtel)	Carbolith AS (Harz)	Sealtec VM-KS (Mörtel)
Testdatum	11/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004
IKT - Prüfurteil: Standardschaden	BEFRIEDIGEND (2,8)	GUT (2,1)	BEFRIEDIGEND (2,9)	BEFRIEDIGEND (3,4)	BEFRIEDIGEND (3,5)	AUSREICHEND (4,1)	AUSREICHEND (4,4)	MANGELHAFT (5,4)
Systemprüfungen (Gewichtung 85%)	befriedigend (2,9)	gut (1,9)	befriedigend (3,1)	ausreichend (3,6)	ausreichend (3,7)	ausreichend (4,3)	mangelhaft (4,6)	mangelhaft (5,5)
Reparatur des Standardschadens (60%)								
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung)**	1,8	1,4	2,3	2,4	2,0	2,0	2,6	4,7
Dichtheit***	3,2	1,0	4,3	4,3	4,3	6,0	6,0	6,0
Belastung durch Hochdruckreinigung (40%)								
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung) nach HD-Reinigung**	1,9	1,5	1,4	1,7	3,2	3,4	4,1	5,4
Dichtheit nach HD-Reinigung***	5,2	4,3	4,3	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter (Gewichtung 15%)	gut (2,0)	befriedigend (3,0)	gut (2,0)	gut (2,0)	gut (2,0)	befriedigend (3,0)	befriedigend (3,0)	mangelhaft (5,0)
Verfahrenshandbuch/Verfahrensbeschreibung****	+	+	+	+	+	+	+	-
Schulungen****	+	-	+	+	+	+	+	-
Prüfzeugnisse****	-	-	-	-	-	-	-	-
Fremdüberwachung****	+	+	+	+	+	-	-	-
Baustellen-Untersuchung								
Gesamteindruck positiv	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Reparaturen optisch ansprechend	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Zusatzinformation zum eingesetzten Injektionsmaterial								
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis vorgelegt	ja	nein	ja (DTI EPH 230)	ja	ja	ja (IBW KS 1, laut Anbieter identisch mit DSS Injekt)	ja	nein
Nachweis zum Einsatz in WSZ gemäß KTW-Empfehlungen bzw. DVGW-Arbeitsblatt W 347 vorgelegt	ja	nein	ja (DTI EPH 230)	ja	ja	ja (IBW KS 1, laut Anbieter identisch mit DSS Injekt)	ja	nein
Empfohlene Verbesserungen								
Dichtwirkung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Widerstandsfähigkeit gegen HD-Reinigung	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja
Weitere:	-	-	-	-	-	-	-	Qualitätssicherung

* Die Bezeichnung „Standardschaden" bezieht sich ausschließlich auf die Geometrie des Schadensbildes, nicht auf die eingesetzten Rohrmaterialien und die sonstigen Randbedingungen des Tests.
** Bewertung: > 50% der Dichtheitsprüfungen nach der Belastung bestanden = +; <= 50% = --
*** Bewertung: Verständlichkeit und Übersichtlichkeit ist sehr gut = ++; ist gut = +; ist befriedigend = O; ist ausreichend = -; keine oder fehlerhafte Einbauanleitung = --
**** Bewertung: sehr umfangreiche Prüfungen = ++; umfangreiche Prüfungen = +; Standard-Prüfungen = O; geringer Prüfumfang = - ;keine Prüfzeugnisse vorgelegt = --
***** Das Awadock - System der Firma Rehau ist aufgrund eines Einbaufehlers der ausführenden Baufirma im Rahmen der Systemprüfung nicht bewertet worden. Daher wird für diesen Stutzen kein Prüfurteil vergeben.
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

IKT-Warentest Reparatur von Anschlussstutzen (Tabelle 2): Ursprungstest von 06/2004 mit Nachtest von 11/2004

Injektionsverfahren bei Extremschaden



Extremschaden*:
Nicht fachgerecht eingebauter Anschlussstutzen mit stark abgewinkelter Anschlussleitung sowie einem Längsriss in der Anschlussleitung und eintretendem Grundwasser;

Reparatur im Betonkanal DN 300 mit Anschlussleitungen aus Stzg. DN 150;

Kanalstrecke überdeckt mit Kies-/Sandgemisch 0/8 Körnung

Verfahrensanbieter	Umwelttechnik Strobel GmbH	Hächler AG Umwelttechnik	DiTom Gmbh	KA-TE System AG	Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	ProKasro Mechatronic GmbH	IMS GmbH	Umwelttechnik Strobel GmbH
Injektionsverfahren	Strobel-Betonverfahren	Hächler-Verpresssystem	DSS-Flex	KA-TE Schalungsmanschette	Janßen-Stutzensanierung	ProKasro-Verpresssystem	IMS-Stutzensanierung mit Injektion	Strobel-Betonverfahren
Eingesetztes Injektionsmaterial	Ergelit-Kanaltec IS (Mörtel)	Ergelit-Kanaltec CF (Mörtel)	Ergelit-Kanaltec IS (Mörtel)	Concresive 1850 (Harz)	JaGoSil (Harz)	Pro Kaspox 02 (Harz)	Carbolith AS (Harz)	Sealtec VM-KS (Mörtel)
Testdatum	11/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004
IKT - Prüfurteil: Extremschaden	**AUSREICHEND (4,0)**	**BEFRIEDIGEND (2,8)**	**BEFRIEDIGEND (2,8)**	**AUSREICHEND (3,9)**	**AUSREICHEND (4,5)**	**MANGELHAFT (5,4)**	**MANGELHAFT (5,5)**	**UNGENÜGEND (5,7)**
Systemprüfungen (Gewichtung 85%)	ausreichend (4,4)	befriedigend (2,9)	befriedigend (2,8)	ausreichend (4,1)	mangelhaft (4,9)	ungenügend (6,0)	ungenügend (5,9)	ungenügend (5,8)
Reparatur des Extremschadens								
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung)**	2,7	3,0	2,9	2,1	4,3	5,9	5,7	5,6
Dichtheit***	6,0	2,7	2,7	6,0	5,4	6,0	6,0	6,0
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter (Gewichtung 15%)	gut (2,0)	gut (2,0)	befriedigend (3,0)	befriedigend (3,0)	gut (2,0)	gut (2,0)	befriedigend (3,0)	mangelhaft (5,0)
Verfahrenshandbuch/Verfahrensbeschreibung****	+	+	+	+	+	+	+	-
Schulungen****	+	+	+	-	+	+	+	-
Prüfzeugnisse****	-	-	-	-	-	-	-	-
Fremdüberwachung****	+	+	-	+	+	+	-	-
Baustellen-Untersuchung								
Gesamteindruck positiv	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Reparaturen optisch ansprechend	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Zusatzinformation zum eingesetzten Injektionsmaterial								
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis vorgelegt	ja	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein
Nachweis zum Einsatz in WSZ gemäß KTW-Empfehlungen bzw. DVGW-Arbeitsblatt W 347 vorgelegt	ja	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein
Empfohlene Verbesserungen								
Dichtwirkung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Weitere:	-	-	-	-	-	Modifikation der Dichtblase	Modifikation der Dichtblase	Modifikation der Dichtblase; Qualitätssicherung

* Die Bezeichnung „Extremschaden" bezieht sich ausschließlich auf die Geometrie des Schadensbildes, nicht auf die eingesetzten Rohrmaterialien und die sonstigen Randbedingungen des Tests.
** Bewertung: > 50% der Dichtheitsprüfungen nach der Belastung bestanden = +; <= 50% = --
*** Bewertung: Verständlichkeit und Übersichtlichkeit ist sehr gut = ++; ist gut = +; ist befriedigend = O; ist ausreichend = -; keine oder fehlerhafte Einbauanleitung = --
**** Bewertung: sehr umfangreiche Prüfungen = ++; umfangreiche Prüfungen = +; Standard-Prüfungen = O; geringer Prüfumfang = - ;keine Prüfzeugnisse vorgelegt = --
***** Das Awadock - System der Firma Rehau ist aufgrund eines Einbaufehlers der ausführenden Baufirma im Rahmen der Systemprüfung nicht bewertet worden. Daher wird für diesen Stutzen kein Prüfurteil vergeben.
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

IKT-Warentest Reparatur von Anschlussstutzen (Tabelle 3): Ursprungstest von 06/2004

Sonderprüfung*: Hutprofilverfahren bei Standardschaden

Standardschaden:**

Nicht fachgerecht eingebauter Anschlussstutzen mit starker Beschädigung des Bohrlochs durch Scherbenbildung;

Reparatur im Steinzeugkanal DN 250 mit Anschlussleitungen aus Stzg. DN 150;

Kanalstrecke überdeckt mit Kies-/Sandgemisch 0/8 Körnung

Verfahrensanbieter	KMG GmbH	IMS GmbH	PKT GmbH & Co. KG	ProKasro Mechatronic GmbH
Hutprofilverfahren	Houseliner-Hutprofil	IMS-Hutprofil	Pyrolus-System	ProKasro-Laminathut-Setzsystem
Eingesetztes Hutprofil	Polyestergewebe mit Harz KMG 730; Harz 3 P******	Polyestergewebe mit Multi-Point-Liner-System-Harz 2000	Polyestergewebe mit Harz Konudur 160 Brawo 1; Harz Konudur 160 Brawo 3*******	Nadelfilz mit Harz Interdesco 410
Testdatum	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004
IKT - Prüfurteil: Standardschaden	BEFRIEDIGEND (3,4)	AUSREICHEND (3,7)	AUSREICHEND (4,0)	AUSREICHEND (4,0)
Systemprüfungen (Gewichtung 85%)	befriedigend (3,3)	ausreichend (3,8)	ausreichend (4,2)	ausreichend (4,2)
Reparatur des Standardschadens (60%)				
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung)***	4,0	2,5	2,3	2,4
Dichtheit****	2,7	2,7	6,0	6,0
Belastung durch Hochdruckreinigung (40%)				
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung) nach HD-Reinigung***	3,8	5,1	2,7	2,3
Dichtheit nach HD-Reinigung****	2,7	6,0	6,0	6,0
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter (Gewichtung 15%)	ausreichend (4,0)	befriedigend (3,0)	befriedigend (3,0)	befriedigend (3,0)
Verfahrenshandbuch/Verfahrensbeschreibung*****	-	+	+	+
Schulungen*****	+	+	+	+
Prüfzeugnisse*****	-	-	-	-
Fremdüberwachung*****	-	-	-	-
Baustellen-Untersuchung				
Gesamteindruck positiv	ja	ja	ja	ja
Reparaturen optisch ansprechend	ja	ja	ja	ja
Zusatzinformation zum eingesetzten Imprägnierungsmaterial				
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis vorgelegt	nein	ja	ja	ja
Nachweis zum Einsatz in WSZ gemäß KTW-Empfehlungen bzw. DVGW-Arbeitsblatt W 347 vorgelegt	nein	nein (aber laut Prüfzeugnis einsetzbar in WSZ I, II und III)	nein	nein (laut Prüfzeugnis ist vom Einsatz in WSZ I aus Vorsorgegründen abzusehen)
Empfohlene Verbesserungen				
Dichtwirkung	ja	ja	ja	ja
Widerstandsfähigkeit gegen HD-Reinigung	ja	ja	nein	nein
Weitere:	Modifikation der Imprägnierungsmethode; Funktionsfähigkeit (Faltenbildung in der Anschlussleitung); Qualitätssicherung	Modifikation der Imprägnierungsmethode	Modifikation der Imprägnierungsmethode	Modifikation der Imprägnierungsmethode

* Die Hutprofilverfahren wurden nicht im mittels Relining sanierten Hauptkanal (Regelfall) untersucht, sondern als Reparaturverfahren für einzelne Anschlussstutzen im GFK-Kanal.
** Die Bezeichnung „Standardschaden" bezieht sich ausschließlich auf die Geometrie des Schadensbildes, nicht auf die eingesetzten Rohrmaterialien und die sonstigen Randbedingungen des Tests.
*** Bewertung der Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung) der reparierten Anschlussstutzen durch die Netzbetreiber: 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
**** Bewertung: 100% bestandene Dichtheitsprüfungen = 1,0 bis 0% bestandene Dichtheitsprüfungen = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
***** Bewertung: vorhanden = +; nicht vorhanden = -
****** Beide Harze waren auf dem Sanierungsfahrzeug verfügbar und kamen zum Einsatz: 2 x KMG 730, 1 x 3P (s.a. Testbericht, 4.2.1 Gesamturteil Houseliner-Hutprofil)
******* Beide Harze waren auf dem Sanierungsfahrzeug verfügbar und kamen zum Einsatz: 2 x Konudur 160 Brawo 1, 1 x Konudur 160 Brawo 3 (s.a. Testbericht, 4.2.6 Gesamturteil Pyrolus-System)
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

IKT-Warentest Reparatur von Anschlussstutzen (Tabelle 4): Ursprungstest von 06/2004

Sonderprüfung*: Hutprofilverfahren bei Extremschaden

Extremschaden:**
Nicht fachgerecht eingebauter Anschlussstutzen mit abgewinkelter Anschlussleitung sowie einem Längsriss in der Anschlussleitung;

Reparatur im GFK-Kanal DN 500 mit Anschlussleitungen aus Stzg. DN 150;

Kanalstrecke überdeckt mit Kies-/Sandgemisch 0/8 Körnung

Verfahrensanbieter	ProKasro Mechatronic GmbH	Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH	IMS GmbH	D & S Rohrsanierung GmbH & Co. KG	KMG GmbH
Hutprofilverfahren	ProKasro-Laminathut-Setzsystem	Insituform Hutprofil	IMS-Hutprofil	Hutstutzen für DS Cityliner	Houseliner-Hutprofil
Eingesetztes Hutprofil	Nadelfilz mit Harz Interdesco 410	Nadelfilz mit Harz E 96	Polyestergewebe mit Multi-Point-Liner-System-Harz 2000	Polyestergewebe mit Harz Alocan	Polyestergewebe mit Harz KMG 730
Testdatum	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004	06/2004
IKT - Prüfurteil: Extremschaden	AUSREICHEND (4,2)	AUSREICHEND (4,3)	MANGELHAFT (4,7)	MANGELHAFT (4,9)	MANGELHAFT (5,3)
Systemprüfungen (Gewichtung 85%)	ausreichend (4,4)	mangelhaft (4,9)	mangelhaft (5,0)	mangelhaft (5,0)	mangelhaft (5,5)
Reparatur des Standardschadens (60%)					
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung)***	3,0	4,8	4,5	3,3	4,5
Dichtheit****	6,0	5,4	6,0	6,0	6,0
Belastung durch Hochdruckreinigung (40%)					
Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung) nach HD-Reinigung***	2,7	3,1	3,4	4,9	5,6
Dichtheit nach HD-Reinigung****	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter (Gewichtung 15%)	befriedigend (3,0)	sehr gut (1,0)	befriedigend (3,0)	ausreichend (4,0)	ausreichend (4,0)
Verfahrenshandbuch/Verfahrensbeschreibung*****	+	+	+	-	-
Schulungen*****	+	+	+	+	+
Prüfzeugnisse*****	-	+	-	-	-
Fremdüberwachung*****	-	+	-	-	-
Baustellen-Untersuchung					
Gesamteindruck positiv	ja	ja	ja	ja	ja
Reparaturen optisch ansprechend	ja	ja	ja	ja	ja
Zusatzinformation zum eingesetzten Imprägnierungsmaterial					
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis vorgelegt	ja	nein	ja	nein	nein
Nachweis zum Einsatz in WSZ gemäß KTW-Empfehlungen bzw. DVGW-Arbeitsblatt W 347 vorgelegt	nein (laut Prüfzeugnis ist vom Einsatz in WSZ I aus Vorsorgegründen abzusehen)	nein	nein (aber laut Prüfzeugnis einsetzbar in WSZ I, II und III)	nein	nein
Empfohlene Verbesserungen					
Dichtwirkung	ja	ja	ja	ja	ja
Widerstandsfähigkeit gegen HD-Reinigung	nein	nein	nein	ja	ja
Weitere:	Modifikation der Imprägnierungsmethode	Funktionsfähigkeit (Faltenbildung in der Anschlussleitung)	Modifikation der Imprägnierungsmethode; Funktionsfähigkeit (Kantenbildung in der Anschlussleitung)	Modifikation der Imprägnierungsmethode; Qualitätssicherung	Modifikation der Imprägnierungsmethode; Funktionsfähigkeit (Faltenbildung in der Anschlussleitung); Qualitätssicherung

* Die Hutprofilverfahren wurden nicht im mittels Relining sanierten Hauptkanal (Regelfall) untersucht, sondern als Reparaturverfahren für einzelne Anschlussstutzen im GFK-Kanal.
** Die Bezeichnung „Extremschaden" bezieht sich ausschließlich auf die Geometrie des Schadensbildes, nicht auf die eingesetzten Rohrmaterialien und die sonstigen Randbedingungen des Tests.
*** Bewertung der Funktionsfähigkeit (Optische Beurteilung) der reparierten Anschlussstutzen durch die Netzbetreiber: 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
**** Bewertung: 100% bestandene Dichtheitsprüfungen = 1,0 bis 0% bestandene Dichtheitsprüfungen = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.
***** Bewertung: vorhanden = +; nicht vorhanden = -
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

Schlussfolgerungen für Netzbetreiber

- Bei der optischen Beurteilung ausgeführter Reparaturen ist die gesamte Reparaturstelle, d.h. Hauptkanal und Anschlussleitung, zu betrachten. Vor allem die Ausbildung der Übergangsbereiche zwischen Injektionskörper bzw. Hutprofil und Anschlussleitung kann einen erheblichen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit (z.B. Verstopfungsgefahr) haben.
- Eine Dichtheit des Anschlussstutzens wird durch die Reparatur nur selten erreicht. Um Kenntnis über die Dichtheit zu erlangen, sind Dichtheitsprüfungen unumgänglich.
- Die Reparatur von extremen Schäden (sehr spitzer Anschlusswinkel, Grundwasser usw.) ist in geschlossener Bauweise möglich. Jedoch ist abzuwägen, ob aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht alternative Sanierungsverfahren bevorzugt werden sollten (z.B. Erneuerung).

Verfahren müssen besser werden

- Ein Großteil der Reparaturverfahren sollten wesentlich verbessert werden, um eine den Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber entsprechende Reparatur durchführen zu können.
- Durch die Reparatur soll die „Dichtwirkung" des Anschlussstutzens verbessert werden. Eine Voraussetzung hierfür ist die ideale Kombination aus Verfahren und eingesetztem Material (Verbundverhalten).
- Die Funktionsfähigkeit des Anschlussstutzens sollte durch die Reparatur ebenfalls signifikant verbessert werden, d.h. dass beispielsweise keine Abflusshindernisse (z.B. starke Kanten oder Falten) entstehen dürfen.
- Eine Modifikation der Imprägnierungsmethode ist bei fast allen Hutprofilverfahren empfehlenswert (meist allein händische Imprägnierung).
- Für den Einsatz der Injektionsverfahren zur Reparatur extremer Schäden (z.B. spitzer Anschlusswinkel) ist bei einigen Verfahren die Modifikation der Dichtblase zu empfehlen.

Die Anbieter KMG, PKT und Strobel haben bereits reagiert und ihre Systeme modifiziert. Diese Veränderungen wurden jedoch im Rahmen der Systemprüfung noch nicht berücksichtigt.

Kritik der Verfahrensanbieter

Angesichts der ernüchternden Ergebnisse dieses Tests verwunderte es nicht, das sich einige Anbieter der getesteten Sanierungsverfahren kritisch zu den Randbedingungen des Tests äußerten. So seien bei den Schadensbildern im Hinblick auf die Hutprofiltechnik die Einsatzgrenzen des Verfahrens nicht berücksichtigt worden. Weiterhin sei es unter anderem bei einem Injektionsverfahren nach dem Auffräsen des Stutzens zu massiven Einbrüchen von Bettungssand gekommen, was auf eine in der Praxis so nicht vorkommende, mangelhafte Verdichtung der Leitungszone hindeute.

Das IKT wies die Kritik an mangelnder Realitätsnähe der Schadensbilder und der Begleitumstände zurück. Die zu erfüllenden Sanierungsaufgaben seien von den Netzbetreibern aus der praktischen Erfahrung heraus entwickelt worden. Schadensbilder und Randbedingungen seien allen Teilnehmern im Vorfeld bekannt gewesen. Die Teilnahme sei absolut freiwillig gewesen und jedem Verfahrensanbieter sei die Möglichkeit eingeräumt worden, die Sanierung mit dem best qualifizierten Personal durchzuführen.

Fortsetzung folgt

Der IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen" ist nun nach eineinhalb Jahren Projektdauer abgeschlossen. Es steht jedoch jedem Verfahrensanbieter offen, seine verbesserten oder neuen Reparaturverfahren einem Test nach diesem Prüfprogramm zu unterziehen. Die Ergebnisse werden laufend auf der IKT-Homepage veröffentlicht, so dass Netzbetreiber jederzeit die Qualitäten der aktuell im Markt angebotenen Reparaturverfahren einsehen und vergleichen können.

Ergebnisse im Internet

Die vollständigen Ergebnisse des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen" können von der IKT-Homepage heruntergeladen werden: **www.ikt.de**

Quelle: bi umweltbau 4/2004
aktualisiert: siehe Prüftabellen

Messung der Wanddicke

Prüfergebnisse von der Baustelle

Viele Hundert Baustellenproben von Schlauchlinern hat die IKT-Prüfstelle in 2003 und 2004 geprüft. Eine Auswertung der IKT-Linerdatenbank zeigt nun, welche Sanierungsfirmen wie abgeschnitten haben.

Anfang des Jahres stellte das IKT sein Forschungsprojekt „Qualitätseinflüsse Schlauchliner" vor (vgl. bi-UmweltBau Nr. 1/2004). Fazit damals: Ja zum Schlauchlining, aber die Qualität muß strengstens überwacht und neutral überprüft werden! Weil Schlauchliner erst auf der Baustelle ihre wirklichen Material- und Geometrieeigenschaften erhalten, ist das Qualitätsrisiko durch Einbaufehler i.d.R. groß. Daher kommt der Wahl einer geeigneten Sanierungsfirma eine besondere Bedeutung zu.
Ein Blick in den Rückspiegel hilft dabei: Im IKT-LinerReport 2003/2004 wertet das Gelsenkirchener Institut jetzt erstmalig seine Liner-Datenbank aus, die Prüfergebnisse von Baustellen zahlreicher Kommunen und privater Netzbetreiber aus ganz Deutschland enthält. Ziel ist es, den Auftraggebern eine Übersicht der tatsächlich erzielten Ausführungsqualitäten zu verschaffen. Der IKT-LinerReport ähnelt damit der ADAC-Pannenstatistik.

Langzeit-Auswertung 2003/2004

In ihrem spezialisierten Kunststoff-Labor unterziehen IKT-Prüfer die Linerproben strengen Tests: E-Modul, Biegezugfestigkeit, Wanddicke und Wasserdichtheit. Dies geschieht zur baustellenbegleitenden Erfolgskontrolle der Lineraushärtung und zur Bewertung der Liner-Tragfähigkeit. Die Auftraggeber erhalten detaillierte Prüfberichte für ihre jeweilige Sanierungsmaßnahme, um die Qualität der ausgehärteten Liner zu beurteilen.

Aber: Wie sieht das Gesamtbild aus? Welche Firmen leisten kontinuierlich und flächendeckend gute Arbeit? Worauf müssen Auftraggeber künftig verstärkt achten? Antworten hierauf gibt der IKT-LinerReport, der von nun an in regelmäßigen Abständen veröffentlicht wird, jeweils um die neuesten Prüfreihen aktualisiert.

Datenbasis des IKT-LinerReports

In den zurückliegenden 18 Monaten prüfte das IKT viele Hundert Linerproben, die aus Schächten und Haltungen von Baumaßnahmen entnommen wurden. Im jetzt vorgelegten IKT-LinerReport sind die Prüfergebnisse von Januar 2003 bis Juni 2004 zusammengefaßt. Weder Auftraggeber noch Sanierungsfirmen haben Einfluß auf den IKT-LinerReport. Eingang finden nur die Prüfergebnisse der neutralen und unabhängigen IKT-Prüfstelle.
Die Firmenauswahl ergibt sich aus den Prüfaufträgen im Berichtszeitraum. Eine Sanierungsfirma ist im IKT-LinerReport berücksichtigt, wenn dem Institut mindestens 25 Linerproben verteilt auf Baustellen in fünf verschiedenen Kommunen, vorliegen. Fehlende Firmen sind aber keineswegs bedeutungslos; das IKT hat für sie lediglich zu wenige Prüfergebnisse. Zu beachten ist, daß der IKT-LinerReport auf Vergangenheitswerten basiert. Voraussagen über künftige Qualitäts-Performances einzelner Firmen sind kaum möglich, da Baustellenverhältnisse und die Mannschaften variieren. Allerdings werden künftige Prüfergebnisse in den nächsten IKT-LinerReport einfließen.

Interpretation der Ergebnisse

Herzstück des IKT-LinerReports ist eine Soll-Ist-Analyse von Baustellenproben. Für jede Probe wird anhand der vier o.g. Kennwerte untersucht, ob die Ist-Werte mindestens die Sollwerte erfüllen. Es wird gezeigt, wieviel Prozent der Prüfungen bestanden sind. Zusätzlich wird analysiert, um wieviel Prozent die nicht bestandenen Prüfungen durchschnittlich und maximal den Sollwert unterschreiten. Zu beachten ist, daß Einflüsse der örtlichen Baustellenbedingungen, der Vorgehensweisen bei Probenentnahmen und der Auswahl der Entnahmestellen auf die Probenqualität nicht berücksichtigt werden können.

Im Berichtszeitraum erhielt das IKT Linerproben unterschiedlicher Hersteller. Zu beachten ist, daß einzelne Sanierungsfirmen teilweise mehr als einen Linertyp einsetzten. Diese ergeben sich aus folgender Übersicht:

Eingesetzte Linertypen

Sanierungsfirmen	Linertyp
Brandenburger Kanal-sanierungs-GmbH	Brandenburger
Fleer Tech GmbH	FT-Schlauchliner*
Hans Brochier GmbH & Co. KG	Saertex Norditube
Insituform Rohrsanierungs-techniken GmbH	Insituform
Kalender GmbH & Co. KG	Saertex
KMG Rohrtechnik GmbH	KM Inliner
Mennicke Rohrbau GmbH	Saertex
R+S Rohrtechnik GmbH	Berolina Inpipe
Umwelttechnik Strobel GmbH	Easy-Liner*

* kein Gütezeichen des Güteschutz Kanalbau

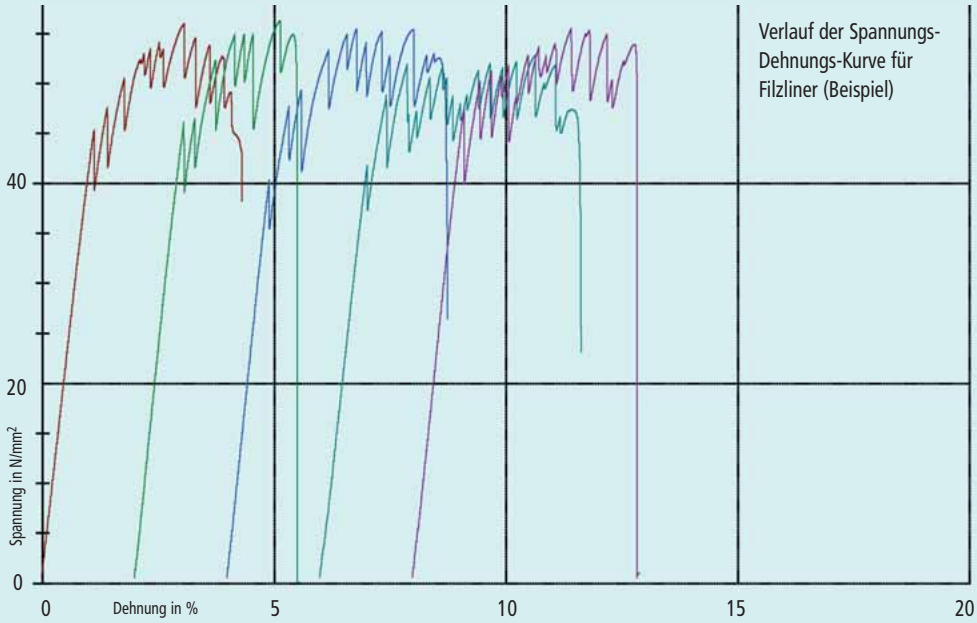
E-Modul

Je nach örtlicher Situation hat ein Schlauchliner verschiedene Lasten zu tragen, so z.B. Grundwasser, Straßenverkehr und Erddruck. Dafür muß er im Einzelfall ausgelegt sein und über eine adäquate Tragfähigkeit verfügen. Ein zentraler mechanischer Kennwert dafür ist der Elastizitätsmodul. Bei Baustellenproben ist die Prüfmethode hierfür der Dreipunkt-Biegeversuch, den das IKT

Prüfkriterium Elastizitätsmodul (Kurzzeit-E-Modul)

Sanierungsfirmen	Anteil bestandener Prüfungen %	Unterschreitung des Sollwertes durchschnittlich %	Unterschreitung des Sollwertes maximal %
Hans Brochier GmbH & Co. KG	98,3	2,5	2,5
Kalender GmbH & Co. KG	97,5	5,8	8,3
R+S Rohrtechnik GmbH	96,3	9,9	9,9
Mennicke Rohrbau GmbH	94,4	11,5	19,0
Umwelttechnik Strobel GmbH	92,0	15,6	29,9
Brandenburger Kanalsanierungs-GmbH	86,7	13,9	23,3
Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH	85,6	12,9	42,1
Fleer Tech GmbH	82,9	15,8	22,0
KMG Rohrtechnik GmbH	73,9	14,1	34,0

IKT-LinerReport, Januar 2003 – Juni 2004



Prüfkriterium Biegezugfestigkeit (Kurzzeit-σ_{bz})

Sanierungsfirmen	Anzahl bestandener Prüfungen %	Unterschreitung des Sollwertes durchschnittlich %	Unterschreitung des Sollwertes maximal %
Brandenburger Kanalsanierungs-GmbH	100,0	—	—
Mennicke Rohrbau GmbH	100,0	—	—
Kalender GmbH & Co. KG	99,2	12,4	12,4
Hans Brochier GmbH & Co. KG	98,3	4,7	4,7
Fleer Tech GmbH	97,6	30,0	30,0
Umwelttechnik Strobel GmbH	96,0	5,0	5,0
R+S Rohrtechnik GmbH	92,6	20,5	31,2
Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH	78,4	10,7	44,4
KMG Rohrtechnik GmbH	78,3	14,7	28,1

IKT-LinerReport, Januar 2003 – Juni 2004

in Anlehnung an DIN EN ISO 178 und DIN EN 13566-4 als Kurzzeitversuch durchführt. Der Test ist bestanden, wenn der Sollwert mindestens erreicht wird. Dieser entspricht den Firmenangaben auf Basis von Erst- und Eignungsprüfungen, mindestens jedoch dem Eingangswert für die Linerstatik, sofern letzterer vom Auftraggeber benannt ist.

Biegezugfestigkeit

Ein weiterer Kennwert zur Bemessung der Tragfähigkeit ist die Biegezugfestigkeit. Sie kennzeichnet den Punkt, an dem ein Liner aufgrund zu hoher Spannung versagt. Ist die Biegezugfestigkeit zu gering, kann ein Liner noch vor dem Erreichen einer zulässigen Verformung brechen. Prüfmethode: Im Dreipunkt-Biegeversuch wird die Last bis zum ersten Lastabfall gesteigert (Kurzzeitversuch). Dieser Punkt kennzeichnet den Beginn des Linerbruchs.

Versuchsaufbau des Dreipunkt-Biegeversuchs

Wanddicke

Das dritte für die Beurteilung der Liner-Tragfähigkeit relevante Kriterium ist die Wanddicke. Für sie wird zunächst in der statischen Berechnung eine Annahme getroffen, die später, bei der Herstellung des Liners auf der Baustelle, erreicht werden muß. Da die endgültige Linergeometrie erst nach dem Aushärten feststeht, wird die Wanddicke bei der baubegleitenden Qualitätssicherung geprüft. Prüfmethode: Mit einer Präzisionsschieblehre wird die statisch tragfähige Wanddicke an sechs Stellen gemessen. Innen- und Außenfolien sowie Überschußharz werden dabei nicht berücksichtigt.

Wasser-Dichtheit

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Wasser-Dichtheit; Liner sollen schließlich schadhafte Abwasserrohre abdichten. Prüfmethode: Je nach Linertyp wird zuerst die Außenfolie der Probe entfernt und die Innenfolie nach einem festgelegten Muster eingeschnitten. Anschließend wird rot gefärbtes Wasser auf die Innenseite aufgetragen und auf die Außenseite 0,5 bar Unterdruck aufgebracht. Bilden sich Tropfen, Schaum oder Feuchtigkeit auf der Außenseite, so ist der Liner undicht.

Prüfkriterium Wasser-Dichtheit

Sanierungsfirmen	Anteil bestandener Prüfungen %
Brandenburger Kanalsanierungs-GmbH	100,0
Kalender GmbH & Co. KG	100,0
Mennicke Rohrbau GmbH	100,0
R+S Rohrtechnik GmbH	100,0
Hans Brochier GmbH & Co. KG	98,3
KMG Rohrtechnik GmbH	93,5
Fleer Tech GmbH	92,7
Umwelttechnik Strobel GmbH	92,0
Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH	91,0

Prüfkriterium Wanddicke (s)

Sanierungsfirmen	Anteil bestandener Prüfungen %	Unterschreitung des Sollwertes durchschnittlich %	Unterschreitung des Sollwertes maximal %
Hans Brochier GmbH & Co. KG	100,0	—	—
KMG Rohrtechnik GmbH	97,5	11,4	11,4
Kalender GmbH & Co. KG	93,9	10,5	21,4
Insituform Rohrsanierungstechniken GmbH	87,6	10,4	30,3
R+S Rohrtechnik GmbH	79,2	5,6	10,0
Brandenburger Kanalsanierungs-GmbH	*		
Fleer Tech GmbH	*		
Mennicke Rohrbau GmbH	*		
Umwelttechnik Strobel GmbH	*		

IKT-LinerReport, Januar 2003 – Juni 2004

* Keine Berechnung möglich, da nur unzureichende Angaben zu Soll-Wanddicken vorliegen.

Fazit

Der IKT-LinerReport 2003/2004 wertet die Liner-Datenbank des Instituts für den Zeitraum Januar 2003 bis Juni 2004 vergleichend aus. Der Gesamteindruck der Leistungen der betrachteten Sanierungsfirmen ist durchaus positiv. Die meisten Linerproben haben sich als dicht erwiesen, was nicht zuletzt aus Gründen des Gewässerschutzes unabdingbar ist. Insbesondere Sanierungsfirmen, die mit GFK-Linern arbeiten, erzielen ausnahmslos sehr gute Dichtheitsergebnisse (100%). In geringem Abstand folgen Firmen, die Filzliner einbauen, mit immer noch über 90% Dichtheitserfolg. Angesichts der oft schwierigen Baustellensituationen und der z.T. sehr maroden Kanäle sind dies im Wesentlichen erfreuliche Ergebnisse.

Hingegen zeigen sich vor allem bei der Tragfähigkeit deutliche Qualitätsunterschiede: Keine der Sanierungsfirmen hat den Soll-E-Modul immer erreicht. Ein Drittel der Firmen hat sehr gute Ergebnisse erzielt, mit mehr als 95% bestandenen Prüfungen und mittleren Sollwert-Unterschreitungen unter 10%. Bei den anderen Firmen sinkt der Anteil der bestandenen Prüfungen sogar bis auf knapp 74%. Problematisch ist ein zu geringer E-Modul immer dann, wenn der Liner zur Tragfähigkeit des Altrohrs beitragen soll oder hoher Grundwasserdruck ansteht.
Das Prüfkriterium Biegezugfestigkeit fällt dagegen deutlich positiver aus. Bis auf zwei Sanierungsfirmen gelingt es allen, in mehr als 90% der Fälle die Prüfung zu bestehen. Auch dies ist ein durchaus respektables Ergebnis. Bei der Wanddicke ist das Bild hingegen durchwachsen: drei der bewerteten Firmen haben eine Erfolgsquote von über 90%, zwei liegen z.T. deutlich darunter.

Insgesamt bestätigt der IKT-LinerReport die Schlußfolgerung des IKT-Forschungsprojekts vom Jahresanfang: Ja zum Schlauchlining als Sanierungsverfahren. Aber klar wird auch: neutrale und unabhängige Prüfungen von Baustellenproben sind und bleiben unbedingt notwendig. Hier stehen die Auftraggeber in der Pflicht: Unter ihrer Aufsicht müssen die Linerproben auf Baustellen entnommen und zusammen mit einem vollständig ausgefüllten Probenbegleitschein zum Labor gesandt werden. Die Wahl des Prüfinstituts darf der Auftraggeber nicht der Sanierungsfirma überlassen, er muß sie vielmehr selbst treffen. Andernfalls macht er leicht den Bock zum Gärtner.

Quelle: bi umweltbau 5/2004

Ganz links:
Einschnitt der Innenfolie nach einem festgelegten Muster

Links:
Prüfung der Wasserdichtheit
mit 0,5 bar Unterdruck

SAERTEX®-LINER unter Dauerbeobachtung

Die SAERTEX multiCom GmbH baute ihren gelegekonstruierten Liner in einen Dortmunder Kanal ein und lässt ihn fünf lange Jahre vom IKT auf Herz und Nieren prüfen. Halbjährlich werden nun Linerproben für Laboranalysen, Werkstoff- und Dichtheitsprüfungen herausgeschnitten, Resultate fortlaufend protokolliert und regelmäßig veröffentlicht. Begonnen hat das Ganze mit dem spektakulären Ausbau eines sanierten Kanalabschnitts.

Unmittelbar nach der Veröffentlichung der neuesten IKT-Forschungsergebnisse zum Thema Schlauchlining (bi 1/2004) stellte sich die SAERTEX multiCom GmbH einer besonderen Herausforderung. Obwohl für den SAERTEX®-LINER bereits zahlreiche Eignungsprüfungen und sogar eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das DIBt vorliegen, will die SAERTEX multiCom GmbH den Beweis führen, dass ihr Liner auch unter den harten Bedingungen der Baustelle eine hohe Qualität erreicht. Denn erst beim Einbau entscheidet sich, welche Werkstoff- und Geometrieeigenschaften der Schlauchliner tatsächlich erhält und damit auch, ob die angestrebte Lebensdauer erreicht wird.

Sanierung in Dortmund

Ermöglicht wurde diese Vorgehensweise durch die Unterstützung der Stadt Dortmund, die einen sanierungsbedürftigen Betonkanal zur Verfügung stellt. Trotz der mit DN 600 relativ großen Nennweite dieser Haltung in der Merklinder Straße und der festgestellten Unterbögen in einigen Haltungsbereichen, entschied sich die SAERTEX multiCom GmbH in diesem Fall für eine Dampfhärtung. Lageabweichungen in Form von Unterbögen sind bei der Dampfhärtung mitunter heikel. Hier sammelt sich Kondenswasser in der Sohle, das bei nicht fachgerechter Vorgehensweise zu einer unvollständigen Aushärtung des Liners führt. Insgesamt handelt es sich also um eine anspruchsvolle Sanierungsaufgabe, die von der beauftragten Hans Brochier GmbH & Co., Niederlassung Dortmund, bewältigt werden muss.

Am 12. Februar 2004 wurde in der Merklinder Straße in Dortmund der Betonkanal DN 600, der sich nach ATV-M 127, Teil 2, im Altrohrzustand II befindet, mit einem SAERTEX®-LINER saniert.

Kanal	Schäden	Sanierungsverfahren
Betonkanal DN 600	Undichtigkeit	Linersystem: SAERTEX®-LINER DN 600
Überdeckungshöhe: 3,5 m	Korrosion	Lineraufbau: 2-lagig
Grundwasserstand: 1,5 m über Scheitel	Fehlende Wandungsteile	Trägermaterial: Advantex-Glas (zwei Lagen)
Länge der Haltung: 32,5 m	Stutzen nicht fachgerecht eingebaut	Harz: DSM Synolite
Mischkanalisation	Lageabweichungen (Unterbögen)	Wanddicke: 6 mm
Altrohrzustand II	Eindringendes Wasser sichtbar, stark laufend	Härtungsverf.: Dampfhärtung

Das auf Basis von IKT-Forschungserkenntnissen entwickelte Prüfprogramm setzt bereits hier an. Es startet mit der Prüfung von Linerabschnitten unmittelbar nach dem Einbau des Liners auf der Baustelle und begleitet den in Dortmund verlegten SAERTEX®-LINER über fünf lange Jahre. Hieran werden zahlreiche Prüfungen durchgeführt, die für Baustellenproben weit über das übliche Maß hinausgehen. Doch zunächst müssen die Probekörper entnommen werden.

Einbau des SAERTEX®-LINERS in der Merklinder Straße in Dortmund

Fünf-Jahres-Test

Probenentnahme schwieriger als erwartet

Kaum war der SAERTEX®-LINER ausgehärtet und die Haltung für das Abwasser freigegeben, stellt sich den Sanierern eine ungewohnte Frage: Wie baut man einen 2 m Linerabschnitt DN 600 wieder aus? Eine Seilwinde der Hans Brochier GmbH & Co. mit 5 Tonnen Zugkraft sollte den zuvor am Ende der Haltung mit einem Fräsroboter abgeschnittenen Linerabschnitt einfach in den Schacht ziehen – so die anfänglichen Überlegungen. Doch in der Praxis zeigte der Linerabschnitt mehr Halt im Kanal, als die Sanierer erwartet hatten. Mit „nur" 5 Tonnen Zugkraft konnte der Liner nicht bewegt werden. Da die Schächte als Widerlager für die Umlenkrollen der Zugseile dienen, war es ohne Gefahr für die Bausubstanz auch nicht möglich, eine stärkere Seilwinde einzusetzen.

Daher musste schließlich analog zu der aufwendigen Vorgehensweise im IKT-Forschungsprojekt ein kompletter Haltungsabschnitt aufgegraben und herausgetrennt werden. Diese nicht alltägliche Vorgehensweise für die Probenentnahme wollten sich auch der Hersteller des von SAERTEX verwendeten Advantex-Glas, die OWENS CORNING, und der Harzentwickler, die DSM Composite Resins, nicht entgehen lassen. Bereits einen Tag nach dem Einbau, am 13. März, wurde schließlich vor dem staunenden Fachpublikum ein Haltungsabschnitt entnommen. Der SAERTEX®-LINER wurde zusammen mit dem unversehrten Altrohr, einschließlich einer Rohrverbindung, geborgen. Dadurch kann jetzt auch das vollständige Altrohr-Linersystem detailliert untersucht werden.

Untersuchungen am Altrohr-Linersystem

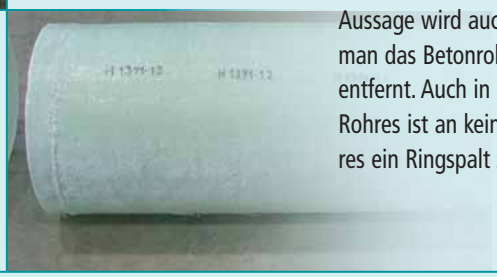
Die heutige Qualitätssicherung bei Schlauchlinern ist sehr stark auf die Materialkennwerte wie Elastizitätsmodul oder Biegefestigkeit ausgerichtet. Geometriekennwerte hingegen, wie z.B. der Ringspalt in Folge ungenauer Linerkonfektion, werden kaum erfasst und beachtet. Dabei haben geometrische Kennwerte erheblichen Einfluss auf die Tragsicherheit eines Liners und müssen bei der statischen Berechnung in der zu erwartenden Größe berücksichtigt werden. Überschreitet der Ringspalt den in der Berechnung angesetzten Maximalwert, ist dies ebenso wichtig, wie Abweichungen im Elastizitätsmodul oder bei der Biegefestigkeit.

Durch das Ausgraben des SAERTEX®-LINERS zusammen mit dem Altrohr ist es möglich, dessen geometrische Kennwerte genau zu analysieren. Die nachfolgenden Bilder zeigen den SAERTEX®-LINER im Altrohr unmittelbar nach dem Freischneiden auf der Baustelle und fünf Wochen später während des Ausbaus aus dem Betonrohr. Das Ergebnis ist gut: An dem entnommenen Rohrabschnitt ist kein Ringspalt sichtbar. Der SAERTEX®-LINER liegt über den gesamten Querschnitt am Altrohr an. Diese Aussage wird auch bestätigt, wenn man das Betonrohr um den Liner entfernt. Auch in Längsrichtung des Rohres ist an keiner Stelle des Rohres ein Ringspalt zu erkennen.

Kein Ringspalt zwischen SAERTEX®-LINER und Betonrohr

Blick auf den Altrohrquerschnitt.

Freischneiden des SAERTEX®-LINERS



Ausgebauter SAERTEX®-LINER

Links:
Freischneiden des Haltungsabschnittes und Blick in die Baugrube

Rechts:
Wertvoller Probekörper: SAERTEX®-LINER mit Altrohr.
(Im Liner ist der Schnitt des Fräsroboters für den versuchten Ausbau mit der Seilwinde zu erkennen.)

Probenentnahme und Tests jedes halbe Jahr

Kurzzeit-Scheiteldruckversuche an den Baustellenproben zeigten bereits zu Anfang, dass der SAERTEX®-LINER mit 16.274 N/mm² einen sehr hohen Elastizitätsmodul besitzt und daher auch für den Einsatz unter extremen statischen Randbedingungen geeignet ist. Der statische Nachweis des Linersystems für den jeweiligen Einzelfall ist hierbei selbstverständlich unverzichtbar. Mit Hilfe von Langzeit-Scheiteldruckversuchen an den Baustellenproben aus der Merklinder Straße wird geprüft, ob der günstige Abminderungsfaktor für dauernde Lasten von 1,35 auch für SAERTEX®-LINER gilt, die unter den Bedingungen einer Baustelle hergestellt wurden.

Fehler bei Herstellung und Einbau des Schlauchliners können – wie das IKT-Forschungsprojekt gezeigt hat – zu erheblichen Qualitätsminderungen führen, die evtl. auch die Beständigkeit im Betrieb verringern. Inwieweit allerdings die Kanalatmosphäre und Betriebseinflüsse, wie z.B. Kanalreinigung oder Sedimenttransport, den Schlauchliner tatsächlich abnutzen, kann erst nach einigen Betriebsjahren eingeschätzt werden. Daher wird der in Dortmund eingebaute SAERTEX®-LINER über fünf Jahre halbjährlich durch das IKT untersucht.

Sechs Monate später: Erste Ergebnisse

Nachdem der Dortmunder Liner über ein halbes Jahr den rauhen Betriebsbedingungen und real auftretenden Lasten im Kanal ausgesetzt war, entnahm das IKT im November 2004 eine weitere Probe.

Schwerpunkt der vergleichenden Untersuchungen sind die mechanischen Kurz- und Langzeit-Eigenschaften des Liners. Im Labor bedient man sich in diesem Zusammenhang u.a. des sogenannten Scheiteldruck-Versuches, bei dem z.B. im Langzeitversuch drei Linerabschnitte über einen Zeitraum von bis zu 10.000 h belastet werden. Der in Dortmund unmittelbar nach der Sanierung wieder ausgebaute SAERTEX®-LINER hatte in diesem Versuch zum Zeitpunkt der Betrachtung bereits eine Belastungsdauer von 5.000 h absolviert. Während der zu Versuchsbeginn bei 3% Verformung ermittelte Kurzzeit-E-Modul ca. 16.274 N/mm² betrug, wurde der Langzeit-E-Modul nach einer Standzeit von einem halben Jahr rechnerisch zu 12.600 N/mm² ermittelt.

In ähnlicher Weise lag auch bei einer Linerprobe, die nach einem halben Jahr aus dem Dortmunder Schlauchliner entnommen wurde, der Kurzzeit E-Modul mit 16.143 N/mm² deutlich über dem o.a. Wert des Langzeit-E-Moduls. Hintergrund ist, dass bei einem viskoelastischen Werkstoff die Belastungsdauer von entscheidender Bedeutung ist. So beschreibt der Kurzzeit-E-Modul unabhängig vom Werkstoffalter stets das Verformungsverhalten unter Kurzzeitlasten. Der Langzeit-E-Modul wiederum bezieht sich ausschließlich auf Langzeit-Belastungen. Entsprechend zeigte auch die gemessene 24h-Kriechneigung bei den nach einem halben Jahr entnommenen Baustellenproben im Vergleich zu der Kriechneigung direkt nach Einbau sehr ähnliche Werte. Die Kriechneigung betrug im Mittel von drei Versuchen am Linerabschnitt 4,6 % unmittelbar nach Sanierung bzw. 4,3% nach einem halben Jahr.

Fazit

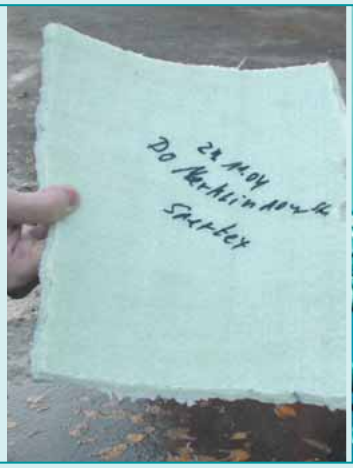
Die bisherigen Untersuchungen lassen vermuten, dass nicht Werkstoffveränderungen durch Alterung oder biologisch-chemische Beanspruchungen, sondern allein die Dauer der mechanischen Belastung für den in Dortmund eingebauten SAERTEX®-LINER bedeutsam sind. Das gesamte Prüfprogramm erstreckt sich über insgesamt fünf Jahre. Weitere Berichte von der Merklinder Straße in Dortmund folgen also noch.

Quelle: bi umweltbau 5/2004

Oben rechts:
Kurzzeit-Scheiteldruckversuch an Probekörpern aus der Merklinder Straße

Links:
Langzeit-Scheiteldruckversuch an Probekörpern aus der Merklinder Straße

Rechts:
Nach einem halben Jahr im Kanal ausgebaute Probe, Bestimmung der 24h-Kriechneigung an der Baustellenprobe



Risiko Spülschaden

Produktprüfungen schützen vor Überraschungen

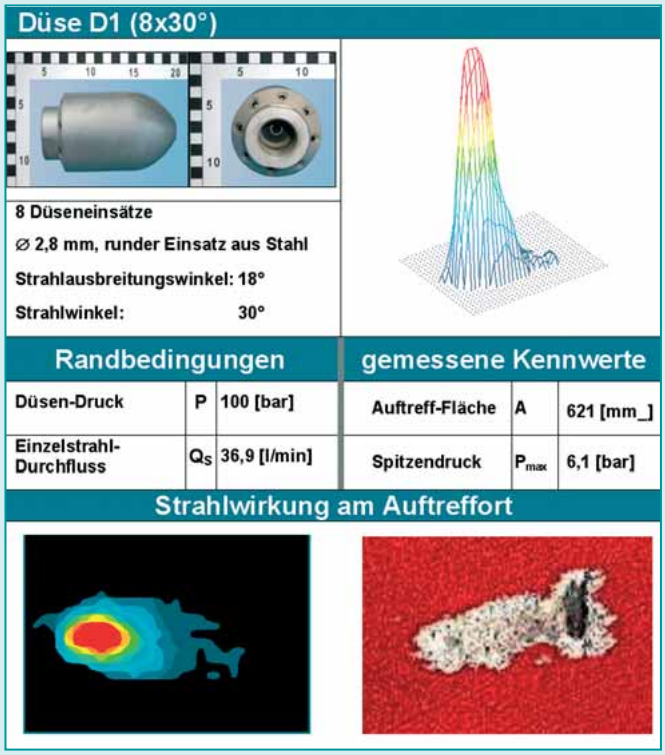
Welche Reinigungsleistung maximal eingesetzt werden kann, ohne Schäden im Kanal zu verursachen, hängt wesentlich vom Rohr- bzw. Sanierungsprodukt ab. Daher ist die Frage der Hochdruckspülbeständigkeit ein wichtiger Aspekt der Kaufentscheidung. Produktprüfungen bieten die Möglichkeit, Risiken für spätere Spülschäden im Betrieb frühzeitig zu erkennen. Das IKT hat bereits unterschiedlichste Rohrprodukte und Sanierungssysteme untersucht und kann dabei auf aktuelle Forschungsergebnisse zur Aggressivität von HD-Düsen zurückgreifen.

Wieviel Sicherheit steckt im Produkt?

Im IKT werden praxisnahe Spülversuche an Rohrmaterialien und Sanierungswerkstoffen durchgeführt. Nicht zuletzt wollen auch die Hersteller wissen, welche Sicherheit ihr Produkt dem Kunden bietet. Denn die Anforderungen an die Spülbeständigkeit der Rohrsysteme sind ständig gestiegen. Inzwischen stellen moderne, leistungsstarke Hochdruckreinigungsfahrzeuge hohe Düsendrücke bei gleichzeitig großem Pumpen-Förderstrom zur Reinigung der Kanäle bereit. Hinzu kommt, dass im Laufe der Betriebszeit Netzabschnitte nicht selten über 50 Mal intensiv mit Hochdruck gereinigt werden.

Aggressivität von Hochdruckdüsen

Die Erarbeitung von Prüfkonzepten und die Bewertung der Ergebnisse setzt Kenntnisse über Reinigungsprozesse und Düsen voraus. Denn die Belastung der Bauteiloberflächen hängt wesentlich von der Reinigungssituation und den Düseneigenschaften ab. Dabei ist die Vielfalt am Düsenmarkt groß. In der IKT-Marktübersicht Hochdruckdüsen (www.ikt.de) sind über 1000 Düsen von 12 Anbietern zu finden. Allein das verdeutlicht, Reinigung ist nicht gleich Reinigung. Deswegen hat das IKT ein Messkonzept zur Erfassung der HD-Strahleigenschaften entwickelt. Dabei kann die Strahldruckverteilung - und hier insbesondere der Spitzendruck und die Strahlauftreffläche von Hochdruckstrahlen - mittels Druckmessfolien gemessen werden. Dies sind wichtige Kennwerte, um die Lösekraft bzw. auch Aggressivität von Hochdruckstrahlen zu beschreiben (vgl. Tabelle links).



Charakterisierung von HD-Düsen – Beispiel

Risiko HD-Reinigung – aggressive HD-Strahlen mit hoher Lösekraft und beschleunigte Festkörper beanspruchen die Rohrwandung

Produktprüfungen
Beispiel Hamburger Spülversuch

Ganz links:
Hamburger Spülversuch an einem Schlauchliner

Links:
50 Reinigungszyklen bei einem Düsendruck von 120 bar

Rechts:
Zusatz-Test: Punktuelle Dauerbelastung über 3 min

Um die Reproduzierbarkeit der Prüfbelastung zu gewährleisten, müssen die Belastungsparameter Düsendruck und Förderstrom der Pumpe gemessen werden. Im IKT stehen dazu ein MID (Magnetisch induktives Durchflussmessgerät) und ein Drucksensor zur Verfügung.

Werden Risiken für Spülschäden erkannt und das Produkt ist bereits verbaut, bieten sich einfache Möglichkeiten, um den Reinigungsprozess im Hinblick auf eine schonende Reinigung anzupassen. Tafel 1 zeigt die Einflüsse auf die Belastung der Bauteiloberflächen auf. So kann der Reinigungsprozess ggf. durch eine veränderte Auswahl und Anwendung der Reinigungswerkzeuge auf die Reinigungssituation angepasst werden.

Dabei bieten sich folgende grundsätzliche Ansatzpunkte an:

- Schon in der Reinigungsplanung sollten Kanalhaltungen mit besonderen Risiken für die Netzsubstanz identifiziert werden. Hierzu gehören insbesondere Strecken, die bereits in der TV-Inspektion besondere Angriffspunkte für die HD-Reinigung zeigten, wie z.B. brüchige Schadstellen, Versätze und einragende Stutzen.
- Als Grundlage für die Düsenauswahl ist der Reinigungszweck zu beachten, d.h. ob neben der Transportleistung auch eine Lösewirkung der Düsen verlangt wird. Steht allein das Transportverhalten im Vordergrund, sollten nach Möglichkeit Düsen mit flachen Abstrahlwinkeln (kleiner 20°) oder Düsen mit Ejektorwirkung eingesetzt werden. Werden aggressive Düsen eingesetzt, sollte durch Stichprobenkontrolle an einzelnen Kanalhaltungen (parallele TV-Inspektion) die Wirkung der eingesetzten Düsensysteme auf Rohrprodukte, Anschluss- und Verbindungstechnik unter betriebsüblichen Reinigungsbedingungen überprüft werden.
- Unerwünschte Materialveränderungen können häufig bereits durch Erhöhung des Strahlabstandes zur Rohrwandung, z.B. durch Verwendung eines Düsenschlittens, vermieden werden.
- In der Regel lassen sich übliche Reinigungsaufgaben mit Drücken unter 120 bar zuverlässig lösen. Durch regelmäßige Leistungskontrollen lässt sich die Wirkung der gewählten Düseneinsatzdurchmesser, Pumpenleistung und Schlauchlängen auf Förderstrom und Düsendruck erkennen und einschätzen.

Wesentliche Risiken für die Netzsubstanz lassen sich vielfach schon durch einfache Betriebsmaßnahmen deutlich verringern:

- Beim Einlassen der Düsen in den Kanal ist ein Aufschlagen auf die Schacht- oder Rohrwandung zu vermeiden.
- Die Düsengeschwindigkeit sollte überwacht werden. Ein Freilauf der Düse ist in jedem Falle auszuschließen.
- Durch fortlaufende Überwachung der Pumpendrücke und korrespondierenden Motordrehzahl lassen sich Unregelmäßigkeiten erkennen. So kann ein Druckanstieg auf Verstopfungen der Düseneinsätze und somit Gefahren durch übermäßig aggressive HD-Strahlen hinweisen. Geringe Pumpendrücke lassen wiederum auf abgenutzte Düseneinsätze mit mangelhafter Lösewirkung schließen.
- Der Pumpendruck sollte nach Möglichkeit langsam zurückgefahren werden, um ein Fallen des Düsenkörpers auf die Rohrwand auszuschließen.
- In jedem Fall empfiehlt sich die Beobachtung des Spülwassers, um evtl. Einbrüche bei bereits bestehenden Kanalschäden frühzeitig zu erkennen.

Quelle: IKT 04/2005

Einflüsse auf die Belastungssituation der Kanalbauteile während der HD-Reinigung

Belastung der Bauteiloberfläche

Reinigungssituation
- Düseneinlass- und Rückzugsgeschwindigkeit
- Anzahl Reinigungszyklen
- Druck und Durchfluus der Hochdruckstrahlen
- Düsengewicht
- Abfluss- und Ablagerungssituation im Rohr

Geometrie
- Düsenkörperform (Strahlwinkel, Strahlabstand)
- Düseneinsatz (Strahlaufweitungswinkel)
- Rohr (Querschnitt, Nennweite)
- Anschlüsse, Verbindungen

Material der Bauteile
- Festigkeit
- Oberflächenstruktur
- Versagensmechanismen
- (Abrasion, Abplatzung, Bruch, Delamination etc.)

Messtechnische Überwachung von Düsendruck und Durchfluss, um die Prüfbelastung exakt zu bestimmen

Langzeitwirkung von Gel-Injektionen

Verfahren zur Gel-Injektion von undichten Rohrverbindungen werden seit Jahrzehnten eingesetzt, obwohl Kritiker die Dauerhaftigkeit der Sanierung immer wieder in Frage stellen. Die Röhm GmbH & Co. KG, Hanau, Hersteller des Injektionsgels Plex® 6803-O, ließ daher eine unabhängige und neutrale Untersuchung durch das IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur durchführen: Im Sommer 2003 wurden 45 Muffen in drei Kanalhaltungen, die vor sieben bis zehn Jahren nach dem Seal-i-Tryn-Verfahren mit dem Werkstoff saniert wurden, durch Dichtheitsprüfungen und in situ-Ausgrabungen untersucht.

Der Hintergrund

Die Injektion von Rohrverbindungen, auch Muffeninjektionen genannt, wird vorwiegend im nichtbegehbaren Nennweitenbereich eingesetzt. Im Bereich der jeweiligen Schadensstelle wird unter Beobachtung mit einer TV-Kamera ein Prüf- und Injektionspacker positioniert. Für eine Muffeninjektion mit dem Injektionsmittel Plex® 6803-O eignen sich die Verfahren Seal-i-Tryn, Rausch-i-Tryn und Posatryn, die alle über eine dreistufige Arbeitsweise verfügen. Nach einmaliger Positionierung des Packers über der Rohrverbindung können die drei Arbeitsschritte:

- Dichtheitsprüfung zur Feststellung möglicher Undichtigkeiten der Rohrverbindung,
- Abdichtung der undichten Rohrverbindung mit Plex® 6803-O,
- Dichtheitsprüfung zum Nachweis des Sanierungserfolges,

nacheinander ausgeführt werden.

Bei dem Injektionsmaterial Plex® 6803-O handelt es sich um ein Zwei-Komponenten- Injektionsgel auf Methacrylatbasis. Das Injektionsverfahren mit Plex® 6803-O ist das einzige Gelinjektionsverfahren, das über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin, verfügt. Dem Material Plex® 6803-O wurde auch die Unbedenklichkeit unter Umweltaspekten attestiert.

Das Problem

Besonders geeignet ist das Verfahren für im Grundwasser liegende Kanäle, da sich die Feuchtigkeit positiv auf das Gel auswirkt. In Abwesenheit von Grundwasser bestanden in der Vergangenheit Bedenken hinsichtlich der Dichtheit einer Muffeninjektion, da vermutet wurde, dass es in diesem Fall zu Schrumpfungsprozessen des Gels kommen kann. Weitere Bedenken gegen das Injektionsverfahren beruhten auf der Annahme, dass Spülvorgänge aus dem Abwasser oder eine Kanalreinigung mit Hochdruck-Wasserstrahlen das Material wieder aus den Rohrverbindungen auswäscht.

Aufgrund dieser Vermutungen beauftragte die Röhm GmbH & Co. KG das IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur mit der Prüfung von drei Kanalhaltungen, die zwischen 1993 und 1996 durchgängig mit dem Seal-i-Tryn-Verfahren unter der Verwendung von Plex® 6803-O saniert wurden. Die Rainer Kiel Kanalsanierung GmbH, Blomberg, ein Anwender von Seal-i-Tryn, hatte diese drei Kanäle im Ortsgebiet von Blomberg/Lippe damals abgedichtet. Nun wurde das Unternehmen in die Untersuchungen eingebunden, um unter der neutralen und unabhängigen Aufsicht des IKT die sanierten Rohrverbindungen einer erneuten Dichtheitsprüfung nach den einschlägigen Vorgaben zu unterziehen.

Das Prüfdesign

Um insbesondere die Wirkung der Einflussgröße Grundwasser nachweisen zu können, wurden drei repräsentative Kanalhaltungen mit unterschiedlichen Grundwasserbedingungen ausgewählt:

- der dauerhaft im Grundwasser liegenden Kanal „An der Diestel",
- eine Haltung in der Grundwasserwechselzone,
- eine dauerhaft grundwasserfreie Trasse.

In diesen drei Haltungen wurden insgesamt 45 sanierte Rohrverbindungen unter Verwendung des Seal-i-Tryn-Equipments auf Dichtheit geprüft

Oben links:
Aufgegrabene Rohrverbindung mit fein verteiltem Injektionsmaterial (weiß)

Rechts:
Die untersuchte Haltung direkt neben der Diestel

Ganz rechts:
Einbringen des Prüfpackers

und anschließend optisch begutachtet. Der Prüfung lagen die Dichtheitskriterien des ATV-DVWK-Merkblatts ATV-DVWK 143, Teil 6, zugrunde:

- Prüfdruck 100 mbar,
- Prüfzeit 180 Sekunden bei DN 300,
- Prüfzeit 200 Sekunden bei DN 200,
- maximal zulässiger Druckabfall während der Prüfzeit: 15 mbar.

Allen Prüfungen ging jeweils eine Hochdruck-Grundreinigung der Haltung voran, um den sicheren Sitz des Prüfpackers im Kanal und eine zuverlässige Dichtheit des Prüfraumes zum Hauptrohr hin zu gewährleisten.

Die wesentlichste betriebliche Beanspruchung eines Kanals oder einer Sanierung ist die Kanalreinigung. Der Kanal „An der Diestel", ein Steinzeugrohr DN 300, wurde daher einer Hochdruckspülung nach dem Hamburger Modell unterzogen und 24 mal bei 120 bar Spüldruck und ca. 320 l/min gespült. Die Anzahl der Spüldurchgänge ergibt sich aus den Anforderungen des Hamburger Modells, wonach Reparaturverfahren mit 30 Durchgängen gereinigt werden. Die seit der Sanierung durch den Betreiber bereits durchgeführten sechs Spülgänge wurden dem Kanal dabei „gutgeschrieben". Sowohl vor als auch nach den Spüldurchgängen wurden Dichtheitsprüfungen zum Nachweis des Sanierungserfolges durchgeführt.

Um den Zustand und das Verteilungsmuster des Injektionsgels im Bereich der Rohrverbindung feststellen zu können, wurde eine Rohrverbindung des Kanals „An der Diestel" aufgegraben. Darüber hinaus wurden hier Proben entnommen, anhand derer ein unabhängiges Chemielabor später den Nachweis der Identität des untersuchten Materials führte.

Die Ergebnisse

Hinsichtlich der Dichtheitsprüfung erweisen sich alle untersuchten, durch Injektion mit Plex® 6803-O sanierten Rohrverbindungen als dicht. Das gilt ausnahmslos auch für Muffen in trockenem oder wechselfeuchtem Bodenmilieu. Die optische Untersuchung erwies zudem, dass in etlichen Rohrverbindungen das Gelmaterial noch heute, nach bis zu 10 Jahren Betrieb, vorhanden ist. In der Haltung „An der Diestel" hielt derart erkennbares Material auch einer wiederholten Hochdruck-Spülbelastung nach dem Hamburger Modell stand.
Auch die Ausgrabung einer Rohrverbindung im Grundwasserbereich führte zu einem interessanten Resultat. Hier war das Rohr nicht in Sand, sondern in den natürlich anstehenden Lehmboden gebettet worden. Dieser erwies sich mit einem Feinanteil (<125 µm) von rund 80% als extrem bindig. Obwohl ein bindiger Boden der Gelausbreitung tendenziell entgegen steht, war diese dennoch sehr ausgeprägt. Das Gel war offensichtlich in feinste, kaum wahrnehmbare Hohlräume eingedrungen und hatte sich dort verbreitet. Es hatte sich ein Netzwerk von Gel-Adern ausgebildet, das sogar durch die Bettungszone hinaus bis an die frühere Grabenwand reichte und eine Distanz von bis zu 45 Zentimetern überbrückte.

Ein interessanter Randaspekt der Dichtheitsprüfungen war, dass bei einer Rohrverbindung der Nachweis der Dichtheit erst in einem zweiten Prüfdurchgang nach einer erneuten Hochdruckreinigung des Kanals gelang. Zwei Muffen mussten ganz von der Prüfung ausgeschlossen werden, weil der Prüfpacker wegen inkrustierter Sedimente nicht druckfest platziert werden konnte. Bei einer ebenfalls von der Prüfung ausgeschlossenen Rohrverbindung zeigte sich bei genauer optischer Betrachtung eine beginnende Scherbenbildung im Muffenbereich, die für den Druckverlust ursächlich war. Diese Erfahrungen bestätigen, dass die Kanalhaltung in jedem Fall vor dem Einbringen des Packers mit Hochdruckwasserstrahlen gründlich zu reinigen ist. Dichtheitsprüfung und Injektion mit Hilfe der Packersysteme setzen einen druckdichten Abschluss des Prüfraumes bzw. der Injektionskammer voraus. Ablagerungen, Risse und eine besandete oder rauhe Kanaloberfläche beeinträchtigen oder verhindern die Herstellung eines dichten Prüfraumes und können eine Dichtheitsprüfung unmöglich machen.

Fazit

Die Prüfresultate der IKT-Untersuchungen zeigen, dass Gel-Injektionen mit Plex® 6803-O auch nach drei- bis fünffacher Dauer des Gewährleistungszeitraumes ihre Funktion hinsichtlich der Dichtheit erfüllen.

Ergebnisse im Internet

Der vollständige Prüfbericht kann auf der IKT-Homepage eingesehen werden: www.ikt.de

Quellen:
IKT-eNewsletter 10/2003,
bi umweltbau 6/2003 (gekürzt)

Links:
Injektionsmaterial in ca. 45 cm Entfernung vom Rohr in der ehemaligen Grabenwand

Rechts:
Blick von der TV-Kamera auf den Prüfpacker

Ganz rechts:
Rohrverbindung mit sichtbarem Injektionsmittel

Arbeitssicherheit beim Einstieg in die Kanalisation

Obwohl die Normen für Steigeisen bzw. Steigbügel nur zwei Formen für die Ausführung zulassen, existiert am Markt eine große Produktpalette. Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur hat die Produkte der Firma Weischer GmbH aus Olfen auf deren Wunsch umfangreich geprüft.

Gefährlicher Einstieg

Der Weg auf den Grund eines Einsteigschachtes ist nicht ganz ungefährlich. Über Steigeisen oder Steigbügel gelangt man in die Tiefe. Alte Schächte mit maroden Steigeisen stellen dabei eine ernste Gefahr für das Personal dar. Sie müssen ausgetauscht und ersetzt werden. An neue Steigeisen und Steigbügel werden hohe Anforderungen gestellt.

Umfangreiche Prüfung

In diesem Zusammenhang wandte sich die Firma Weischer GmbH an das IKT. Hier sollten umfangreiche Prüfungen von bestimmten Steigbügeln durchgeführt werden. Die Prüfungen erfolgten nach den Grundsätzen für die Prüfung der Arbeitssicherheit von Steigeisen des Fachausschuss Bauliche Einrichtung der Berufsgenossenschaftlichen Zentrale für Sicherheit und Gesundheit – BGZ des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (GS-BE-16 HVBG). Im Einzelnen wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

- Übereinstimmung des Baumusters mit den Konstruktionsunterlagen,
- Übereinstimmung der Abmessungen des Baumusters mit den sicherheitstechnischen Anforderungen (Abmessungen nach DIN V 19555),
- Festigkeit des Steigeisens entsprechend DIN 1264, Teil 2,
- Befestigung des Steigeisens entsprechend DIN 1264, Teil 2,
- Dicke der Umhüllung nach DIN V 19555,
- Porenfreiheit der Umhüllung nach DIN 30670.

Die IKT-Prüfer zogen z.B. im Rahmen der Zugprüfung an den Bügeln mit einer Kraft von 500 kg. So wurde das Herausrutschen aus den Bohrlöchern geprüft. Darüber hinaus prüften sie die Trittfestigkeit durch eine Biegeprüfung mit einer Belastung von 400 kg. Dies gab Aufschluss über die Gefahr einer dauerhaften Verformung.

Ergebnisse und Kontrolle

Alle diese strengen Prüfungen haben die Steigbügel der Firma Weischer GmbH bestanden. Aber woher weiß man, ob ein Steigbügel diese strengen Prüfungen bestanden hat? Geprüfte Steigbügel sind an ihrer Prägung in der Ummantelung zu erkennen. Aus der Kennung ist eindeutig der Hersteller der Steigbügel, die Prüfnorm (DIN V 19555) die Bügelform (hier Form A) und der verwendete Werkstoff (hier Stahl) abzulesen. Geprüfte Steigbügel erhalten eine Zulassung durch die Berufsgenossenschaft, erkennbar an dem BG-Stempel.

Quelle: IKT-eNewsletter 5/2002

Mitte rechts:
Biegeprüfung

Links:
BG-Zulassung

Rechts:
Steigbügelkennung

IKT entwickelt neue Prüfkriterien

Schachtvergussmörtel ist ein hoch belasteter Werkstoff, der insbesondere als Bindeglied zwischen Kanaldeckel und Schacht eingesetzt wird. Er ist nicht wegzudenken, allein wenn es um eine dauerhafte und qualitative Verbindung von Schachtabdeckung und Schacht geht. Jedoch: Für ihn existierte bis jetzt noch keine eigenständige Prüfnorm. Die DIBt-anerkannte Prüfstelle des IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur hat den Schachtvergussmörtel Ombran SVG der MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. geprüft und mit eigenen Prüfkriterien beurteilt. Neben Druck- und Biegezugfestigkeitsuntersuchungen war insbesondere die Beurteilung des Frost-Tausalzwiderstandes ein wichtiges Kriterium. Die umfangreichen Laboruntersuchungen wurden ergänzt durch in-situ-Prüfungen im Düsseldorfer Stadtgebiet.

Prüfbedingungen

Die Prüfungen des Schachtvergussmörtels OMBRAN SVG wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Eignungsprüfung von Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen" (gefördert durch das Umweltministerium NRW) durchgeführt. In diesem Forschungsvorhaben wurde vom IKT ein Anforderungsprofil an Schachtregulierungsmörtel entwickelt, dessen wesentliche Punkte nachfolgend dargestellt werden:

- Der Mörtel soll nach 1 bis 2 h eine Frühfestigkeit von ca. 10 N/mm² erreichen. Die Festigkeit ist dann bereits größer als die zulässige Flächenpressung von 7,5 N/mm², die nach DIN EN 124 [1] unterhalb einer Schachtabdeckung übertragen werden darf.

- Die 28-Tage Druckfestigkeit muss analog zu den Schachtbauwerken aus Beton (vgl. [2]) mindestens 45 N/mm² betragen, um die dynamischen Lasten infolge der Verkehrsbelastung dauerhaft aufnehmen zu können.

- Der Mörtel muss dauerhaft über eine ausreichende Biegezugfestigkeit verfügen. Im Zuge der Laborprüfung an Mörtelprismen darf keine Verringerung dieses Festigkeitswertes mit der Zeit, bei gleichmäßiger Lagerung der Proben, festgestellt werden.

- Der Mörtel ist unter praxisnahen Bedingungen auf seinen Frost-Tausalz-Widerstand zu prüfen. Die Prüfung erfolgt nach den CDF – und CIF-Verfahren. Als Prüfkörper wird ein Zweischichtsystem eingesetzt. Dieses besteht aus einem Unterbeton und einer 4 cm dicken Mörtelschicht. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die mittlere Abwitterung beim CDF-Test einen Grenzwert von 1500 g/m² nicht überschreitet. Als Kriterium für die innere Schädigung nach dem CIF-Test gilt der in der ÖNORM B 4200-100 [3] definierte Grenzwert: „Die Frostbeständigkeit gilt als nachgewiesen, wenn der dynamische E-Modul nach 50 Frost-Tau-Zyklen um nicht mehr als 15 % abfällt".

Prüfkörper

Als Prüfkörper wurde ein praxisnahes Zweischichtsystem eingesetzt. Dieses besteht aus einem Unterbeton und einer 4 cm dicken Mörtelschicht. Die Prüfkörper wurden im Labor in gleicher Weise wie eine Mörtelfuge bei der Sanierung hergestellt (s. Abbildung 1a bis 1d). Durch Verwendung eines gusseisernen Schachtrahmens als obere Begrenzung des Zweischichtsystems Beton/Mörtel entstand auch in diesem Bereich eine realitätsnahe Oberflächenstruktur der Mörtelprobe (s. Abbildung 1d).

IKT neutral unabhängig gemeinnützig
Geprüft.
Auftraggeber: MC-Bauchemie
Prüf-Norm: IKT - Anforderungen
Prüfbericht-Nr.: PA 0135
Datum: September 2003
www.ikt.de

1a Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur praxisnahen Probekörpergewinnung für Frost-Tausalz-Untersuchungen (Schachtdeckel, Schachtrahmen/Guss, Mörtelfuge, Auflagerring)

1b Probekörper, Ansicht: Zweischichtsystem Beton/Mörtel (ohne Schachtrahmen)

1c Probekörper, Draufsicht (ohne Schachtrahmen) / bewitterte Fläche

1d Detail: Luftporen in der Probekörperoberfläche (Vergleichsmaßstab [mm]) / Luftporen unterschiedlicher Größe

Abb.1 a

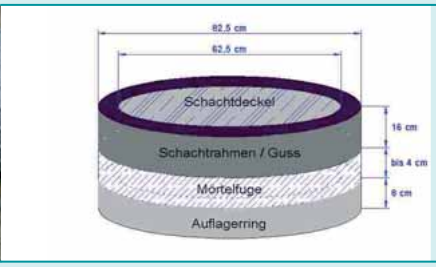
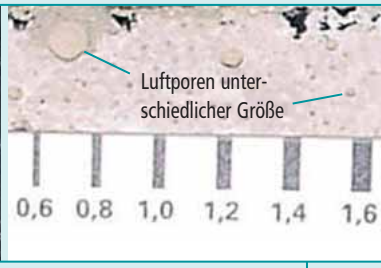


Abb.1 b

Abb.1 c

Abb.1 d



Prüfsiegel für Schachtvergussmörtel

Durchgeführte Prüfungen an Ombran SVG

Anzahl	Prüfungsart	Prüfvorschrift	Prüfling Nr.	Prüflingsherstellung
15	Biegezugfestigkeit	In Anlehnung an DIN EN 196-1	–	Mörtelprismen 40 x 40 x 160 mm
30	Druckfestigkeit	In Anlehnung an DIN EN 196-1	–	Mörtelprismen 40 x 40 x 160 mm
6	Frost-Tausalz-Widerstand	CDF- bzw. CIF-Verfahren nach Setzer	–	2 Schichtsystem (s. Erläuterungen)

Praxiserfahrungen

Darüber hinaus wurden über einen Zeitraum von einem Jahr insgesamt 13 Schachtabdeckungen im Stadtgebiet von Düsseldorf mit dem Schachtvergussmörtel Ombran SVG saniert. An sechs der 13 Schachtabdeckungen wurden Messmarken installiert mit denen die Setzungen bzw. Hebungen der Schachtabdeckung relativ zu den Schachtkonen gemessen werden konnten.

Die Sanierung einer schadhaften Schachtabdeckung unter Einsatz des Schachtvergussmörtels Ombran SVG, vom Ausbau mittels Fräsen bis zur Herstellung der obersten Gussasphaltschicht, ist in Abbildung 2 bis Abbildung 11 am Beispiel des Einbaus einer Schachtabdeckung Budaplan®, System STEHR, dokumentiert.
Nach dem Aufbruch der Schachtabdeckung mit der Kanaldeckelfräse (s. Abbildung 2) wird das Fräsgut und der alte Schachtrahmen entfernt (s. Abbildung 3, Abbildung 4 und Abbildung 5). Die Öffnung zum Schacht wird dabei mit einer Absperrplatte verschlossen, um eine Verschmutzung des Schachtbodens zu verhindern. Im nächsten Schritt wird die Schachtabdeckung mit dem Nivellierrahmen millimetergenau ausgerichtet (s. Abbildung 6 und Abbildung 7), eine Schalung eingebaut und der Ringraum mit dem Schachtvergussmörtel Ombran SVG vergossen (s. Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10). Der Anschluss an die Deckschicht wird im letzten Schritt mit Gussasphalt ausgeführt (s. Abbildung 11).

Abbildung 2: Konisches Auffräsen der Schachtabdeckung

Abbildung 3: Freigefräste Schachtabdeckung mit körnigem Fräsgut

Abbildung 4: Ausbau des Fräsguts; Schutz des Kanals durch eine Schachtabsperrplatte

Abbildung 5: Freigefräster und gesäuberte Schachtkopf

Abbildung 6: Aufsetzen der Schachtabdeckung, System STEHR

Abbildung 7: Millimetergenaue Ausrichtung der Schachtabdeckung

Prüfergebnisse

Abschließend kann festgehalten werden, dass der Schachtvergussmörtel Ombran SVG den vom IKT für Schachtregulierungsmörtel entwickelten Prüfkriterien entspricht.

Diese sind im Einzelnen:

- eine ausreichende Frühfestigkeit (10 N/mm² nach 1 bis 2 h),
- eine 28-Tage-Druckfestigkeit größer als 45 N/mm²,
- eine ausreichende Biegezugfestigkeit
- und einen ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand.

An den sechs Messmarken der sanierten Schachtabdeckungen im Stadtgebiet von Düsseldorf betrugen die mittlere Setzung 0,5 mm und die mittlere Hebung 0,4 mm. An den mit Ombran SVG sanierten Schachtabdeckungen konnten dementsprechend nach Abschluss der Verformungsmessungen keine signifikanten Veränderungen in Form von Setzungen bzw. Hebungen festgestellt werden.

Aufgrund der gesamten Prüfergebnisse erhielt Ombran SVG das Prüfsiegel „IKT-Geprüft" des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur.

Literatur

[1] DIN EN 124: Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen – Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung; Deutsche Fassung EN 124. August 1994

[2] DIN 4281: Beton für werksmäßig hergestellte Entwässerungsgegenstände; Herstellung, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung, August 1998

[3] ÖNORM B 4200-100: Beton – Herstellung, Verwendung und Gütenachweis, 1. Juli 1996

Prüfbericht im Internet:
Der vollständige Prüfbericht kann von der IKT-Homepage heruntergeladen werden:
www.ikt.de

Quelle: IKT-eNewsletter 9/2003

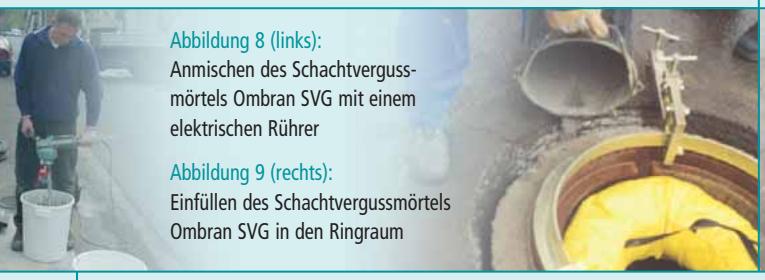


Abbildung 8 (links): Anmischen des Schachtvergussmörtels Ombran SVG mit einem elektrischen Rührer

Abbildung 9 (rechts): Einfüllen des Schachtvergussmörtels Ombran SVG in den Ringraum

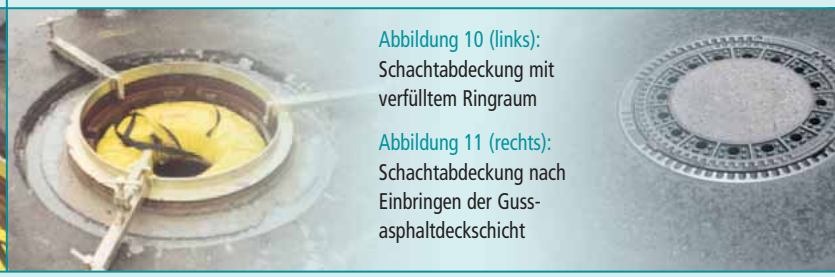


Abbildung 10 (links): Schachtabdeckung mit verfülltem Ringraum

Abbildung 11 (rechts): Schachtabdeckung nach Einbringen der Gussasphaltdeckschicht

Maßgeschneiderte Tests für eine innovative Schachtabdeckung

Neu entwickelte Produkte werden vor der Markteinführung nach den entsprechenden technischen Normen geprüft. Für viele Innovationen ist es aber sinnvoll, darüber hinausgehende, maßgeschneiderte Prüfkonzepte anzuwenden. Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur erarbeitet Qualitätskonzepte und prüft neue Produkte und Verfahren praxisgerecht. So begleitete es auch die Saint-Gobain Gussrohr GmbH bei der Einführung der Schachtabdeckung VIATOP auf dem deutschen Markt.

Hintergrund

Die Ausführung der Schachtabdeckung VIATOP in duktilem Gusseisen führt zu einem geringerem Gewicht als bei anderen Materialien. Außerdem liegt der Deckel ohne eine Verschlussvorrichtung im Rahmen, mit dem er über ein Scharnier verbunden ist. Dies berücksichtigt ergonomische Gesichtspunkte und erleichtert das schnelle Öffnen der Schächte.

Es wirft jedoch auch die Frage auf, ob es z.B. durch den Sog eines überfahrenden Fahrzeugs oder infolge der auftretenden Verkehrslasten zu einem Abheben oder Aufklappen des Deckels kommen kann. Die DIN EN 124 bezeichnet diese Art der Sicherung des Deckels im Rahmen als spezielle Bauform, da die „klassischen" Sicherungselemente „Einheitsgewicht" oder „Verschluss" fehlen.

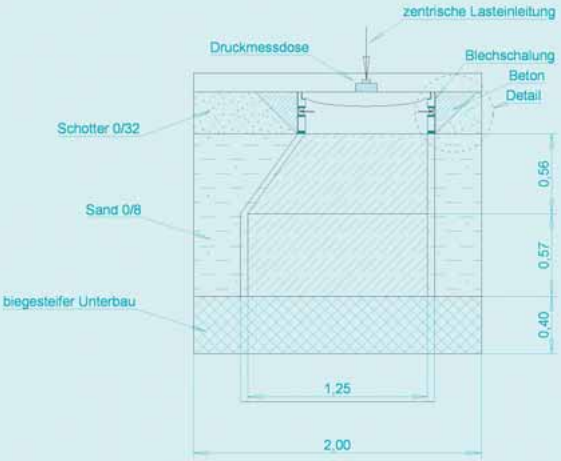
Der Nachweis der Sicherung des Deckels kann in diesem Fall nur durch Praxistests nachgewiesen werden. Eine weitere Besonderheit der Schachtabdeckung VIATOP ist eine elastische Einlage zur Druckübertragung zwischen dem Schachtdeckel und dem Schachtrahmen. Die Elastomereinlage dämpft die mechanischen Belastungen und sichert ein geräuscharmes Verhalten.

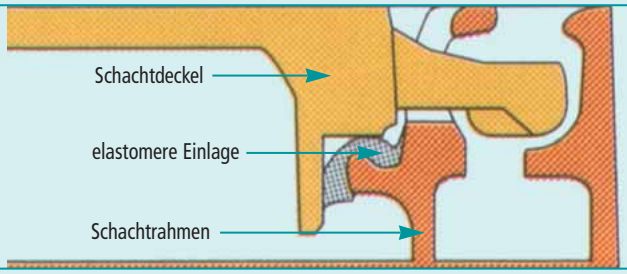
Prüfung auf Stabilität der Lage

Vor diesem Hintergrund beauftragte die Saint-Gobain Gussrohr GmbH das IKT, die Funktionstauglichkeit und die Sicherheit der Konstruktion in maßgeschneiderten, praktischen Versuchen nachzuweisen. Grundlage für die durchgeführten Untersuchungen war die Konformität des Produktes der Schachtabdeckungsklasse D 400 mit der DIN EN 124.

Das Untersuchungsprogramm des IKT umfasste folgende Schwerpunkte:

- Untersuchungen des Verhaltens der Schachtabdeckung bei Impulsbelastungen im IKT-Labor,
- In-situ-Untersuchungen der Schachtabdeckung in einer Stadtstraße,
- Überfahrversuche an in-situ eingebauten Schachtabdeckungen in einer abgesperrten Stadtstraße.





Mitte:
Versuchsaufbau in der Versuchshalle des IKT

Mitte rechts:
Installation eines Schachtrahmens für Überfahrversuche

Links:
Schematische Darstellung der Schachtdeckelauflage

Normprüfungen und darüber hinaus

Ergebnisse

Im Gegensatz zur DIN EN 124, die lediglich eine Prüfung mit statischen Lasten zur Klassifizierung einer Schachtabdeckung fordert, wurde in Laborversuchen im IKT auch der Einfluss impulsartiger Lasten, wie sie in-situ auftreten können, untersucht. Dabei konnte eine dämpfende Wirkung der elastomeren Einlage auf die Lastabtragung und somit auf das Schachtbauwerk festgestellt werden.

Darüber hinaus wurden zwei Schachtsanierungsmaßnahmen vom IKT begleitet, bei denen die Einbindung in die Fahrbahn durch Umpflasterung mit Fugenverguss erfolgte. Ziel dieser Untersuchungen war es, horizontale Verschiebungen der Schachtabdeckung VIATOP unter Verkehrsbelastungen durch in-situ-Prüfungen über einen Zeitraum von zwei Jahren zu erfassen und zu bewerten. Hierfür wurden Messmarken installiert, die im ersten Jahr alle auftretenden horizontalen Verschiebungen anzeigten. Im Zeitraum dieser Messungen wurden keine Lageverschiebungen der Schachtabdeckungen festgestellt. Nach einem weiteren Jahr erfolgte eine optische Beurteilung des Zustandes der Schachtabdeckung durch das IKT. Auch nach insgesamt zwei Jahren konnte nach einer Begehung der Einbaustelle keine horizontalen oder vertikalen Lageänderungen der Schachtabdeckungen festgestellt werden.

Überfahr- und Bremsmanöver mit PKW und LKW

Einzigartig waren die abschließend durchgeführten Überfahrten der Schachtabdeckungen mit einem Pkw bei einer Geschwindigkeit von 180 km/h und einem Lkw mit einer Geschwindigkeit von 88 km/h. Bei keinem dieser Tests wurde trotz des ergonomisch günstigen Gewichtes ein sicherheitsgefährdendes Aufklappen des Schachtdeckels beobachtet.

Oben: Aufbau des Überfahrversuchs
Unten: 16-mm-Hochgeschwindigkeitskamera, die mit 500 Bildern pro Sekunde aufzeichnet

Fazit

Mit dieser Produktprüfung durch das IKT wurde nachgewiesen, dass die neu entwickelte Schachtabdeckung praxistauglich ist, da sie sowohl die Standard-Normprüfungen als auch die darüber hinausgehenden Praxis-Prüfungen bestanden hat. Für die Käufer bedeutet dies eine verbesserte Information über das Produkt und ein erheblich höhere Sicherheit bezüglich seiner Qualität und Eigenschaften.

Quelle: IKT 7/2002

IKT entwickelt eigene Prüfmethode

Beim unterirdischen Vortrieb werden enorme Kräfte von Rohr zu Rohr übertragen. Drucküberträgungsmitteln kommt zur Schadensvermeidung eine besondere Bedeutung zu. Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur hat daher für die Qualitätssicherung von Drucküberträgungsmitteln ein eigenes Prüfprogramm inklusive einer eigenen Prüfeinrichtung entwickelt.

Bild 1: Startbaugrube eines Rohrvortriebs

Bedeutung von Drucküberträgungsmitteln

Um Lasten optimal übertragen zu können sowie Steuerkorrekturen bzw. planmäßige Kurvenfahrten zu ermöglichen, werden die Rohrverbindungen gelenkig ausgebildet, indem zwischen den Rohrspiegeln so genannte Drucküberträgungsmittel eingesetzt werden (Bild 2). Sie sollen eine möglichst große Lasteinleitungsfläche für die Übertragung der Vorpresskräfte zur Verfügung stellen und durch ihr Verformungsverhalten Abwinkelungen erlauben.

Schäden und Ursachen

Trotz des Einsatzes modernster Maschinen- und Steuertechnik und normengerechter Bemessung der Stahlbetonrohre kommt es beim Einbau der Rohre immer wieder zu Schäden, die sich in Form von Rissen oder Abplatzungen an der Betonoberfläche (Bild 3) ausbilden. Schlimmstenfalls kann es zum Versagen des Stahlbetonrohres kommen.

Als Ursache für solche Schäden werden häufig Überbelastungen der Vortriebsrohre angeführt, die sich durch ungleichmäßige Einleitung und Übertragung der Vortriebskräfte über die Drucküberträgungsmittel in Folge zu großer Abwinkelungen der Rohre untereinander ergeben. Jedoch bringt eine Abwinkelung der Vortriebsrohre auch eine Verringerung der Lasteinleitungsfläche mit sich, so dass konzentrierte Spannungen an der Stirnfläche der Stahlbetonrohre die Folge sind. Nicht selten übersteigen diese Spannungen die zulässigen Festigkeiten der Rohre und verursachen Schäden, die nur sehr mühsam oder gar nicht zu beheben sind. Neben den Spannungskonzentrationen ergeben Querdehnungen des Drucküberträgungsmittels und hieraus resultierende Spaltzugkräfte, die an der Rohrwandung entstehen, weitere Belastungen, die ebenfalls Rohrschäden verursachen können. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit des Drucküberträgungsmittels beim Rohrvortrieb.

Bild 3: Abplatzung am Vortriebsrohr

Prüfung von Drucküberträgungsmitteln

Vor diesem Hintergrund entwickelte das IKT eine eigene Prüfmethode, welche die Verformungseigenschaften von Drucküberträgungsmitteln unter den zyklischen Belastungen ermittelt, die bei Vortrieben auftreten (Bild 4).

Diese Versuche wurden zunächst für den idealisierten Fall des geraden Vortriebs mit planparallelen Rohrenden durchgeführt.

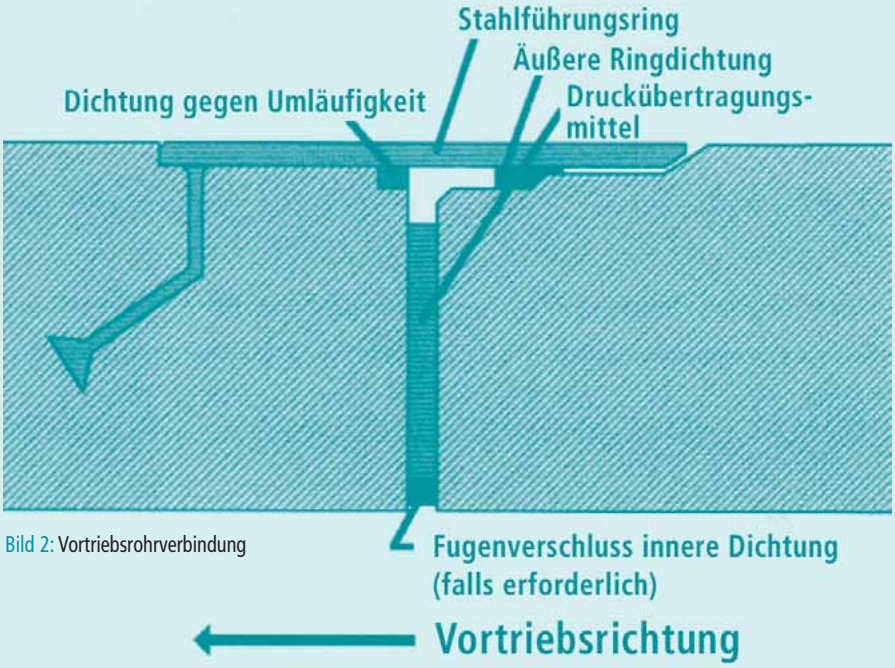


Bild 2: Vortriebsrohrverbindung

Druckübertragungsmittel für den Rohrvortrieb

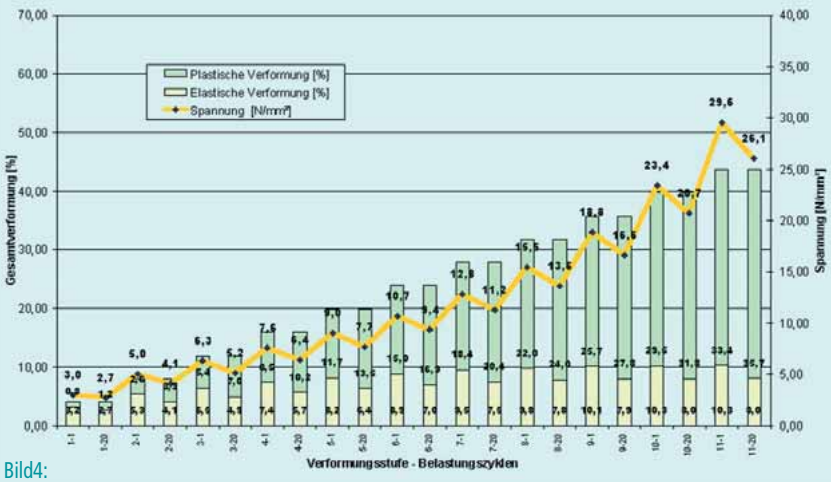


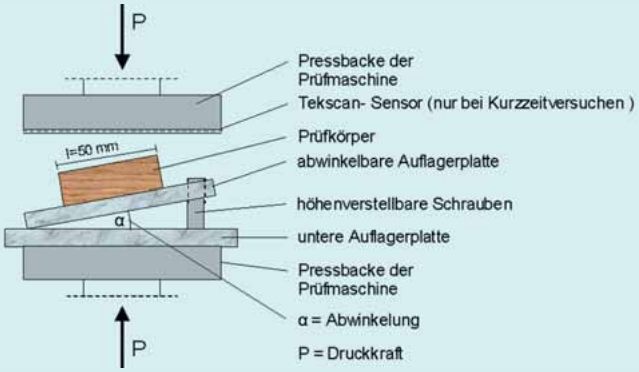
Bild4:
Planparallele Versuche zur Ermittlung der Verformungseigenschaften von Druckübertragungsmitteln

Um auch Abwinkelungen in der Rohrverbindung und die resultierende Spannungsverteilung im Druckübertragungsmittel berücksichtigen zu können, wurde die bestehende Prüfeinrichtung modifiziert und das Prüfverfahren angepasst.

Mit dieser Prüfeinrichtung wurden dann Einzelbelastungen an unterschiedlichen Werkstoffen unter einseitiger Abwinkelung durchgeführt (Bild 5), um grundlegende Aussagen über die Spannungsverteilung in einem Druckübertragungsmittel zu treffen.

Hierzu wurden zwischen der oberen Druckplatte und dem Prüfkörper Druckmessfolien eingelegt, die in ähnlicher Weise bereits zur Spannungsermittlung im Kraftübertragungsbereich von Vortriebsrohren eingesetzt worden waren (Bild 6). Anschließend wurde auch das Verformungsverhalten der Druckübertragungsmittel unter zyklischer Mehrfachbelastung untersucht. Auf Basis der im Kurzzeitversuch ermittelten Spannungsverteilungen wurden Korrekturbeiwerte zur Interpretation der Ergebnisse aus zyklischer Belastung definiert.

Bild 5:
Einrichtung zur Prüfung von Druckübertragungsmitteln unter Abwinkelung



Ergebnisse

Es stellte sich heraus, dass selbst bei den „planparallelen" Versuchen (0° Abwinkelung) deutliche Spannungsspitzen innerhalb der belasteten Probenfläche auftraten. Mit zunehmender Abwinkeung wuchs die Differenz zwischen dem Mittelwert und dem gemessenen Spitzenwert. Für Abwinkelungen von 0°, 1° und 2° konnten werkstoffspezifische Verhältniszahlen (Spannungs-Spitzenwert zu Mittelwert der Spannung) ermittelt werden, da die Ober- und Unterspannungen nahezu linear mit den Verformungsstufen anstiegen.

Ausblick

Auf Basis der hier beschriebenen Versuche ist es möglich, die vor Ort tatsächlich eingesetzten Druckübertragungsmittel zeitnah einer Qualitätssicherung zu unterwerfen. Weitere Aspekte der „Rohrqualität" beim unterirdischen Vortrieb werden derzeit im Rahmen von Modell- und Großversuchen betrachtet (Bild 7).

Quelle: IKT 04/2005

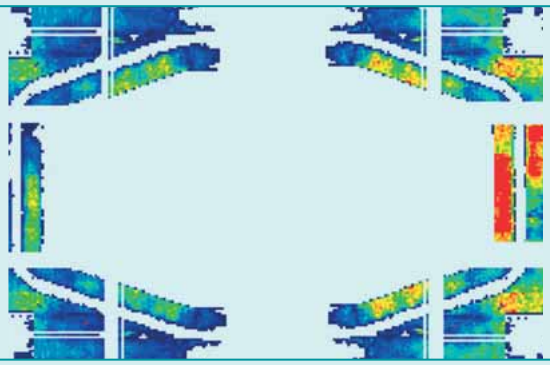
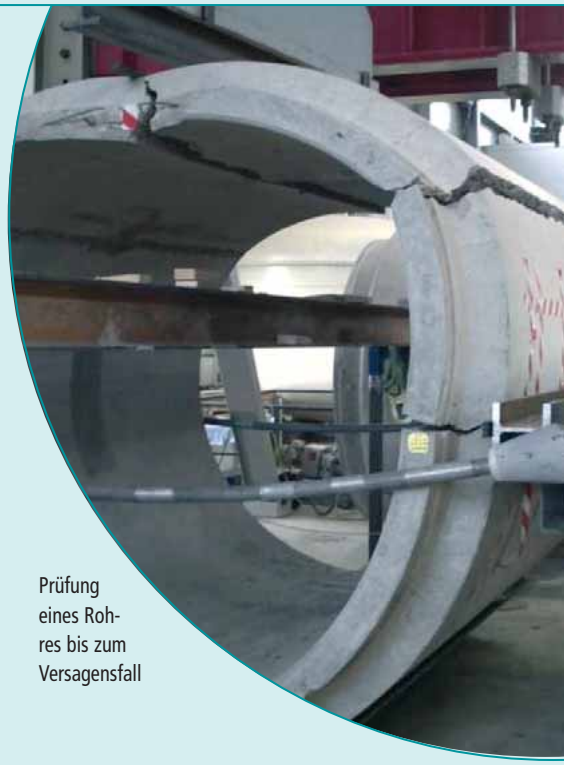


Bild 6 (links):
Spannungsverteilung im Kaftübertragungsbereich von Vortriebsrohren mit Rechteckquerschnitt (Ausschnitt)

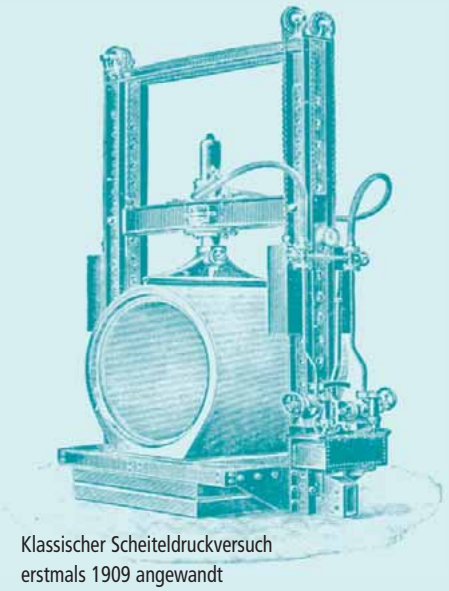
Bild 7 (oben):
Vortriebssimulator im Modellmaßstab (DN 400)

Neue IKT-Prüfung ermöglicht realitätsnahe Prognose



Prüfung eines Rohres bis zum Versagensfall

Oftmals stellt man Risse an begehbaren Stahlbetonrohren mit großen Nennweiten unmittelbar nach abgeschlossener Bauausführung oder wenige Jahre danach fest.



Klassischer Scheiteldruckversuch erstmals 1909 angewandt

Besonders ärgerlich ist ein Riss immer dann, wenn Undichtigkeiten oder Folgeschäden an der Bewehrung zu befürchten sind, hat doch der Bauherr viel Geld für sein neues Rohr ausgegeben und auf eine jahrzehntelange Lebensdauer gehofft. Teuere Schadensbehebung bis hin zum kompletten Neubau und langwierige Rechtsstreitigkeiten sind die unangenehme Folge. Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur hat dieses Thema aufgegriffen und auf Basis theoretischer Untersuchungen zur Bemessung von großen Stahlbetonrohren einen modifizierten Scheiteldruckversuch entwickelt. Gefördert wurde das Projekt vom Düsseldorfer Umweltministerium.

Belastungs- und Einflussfaktoren ermittelt

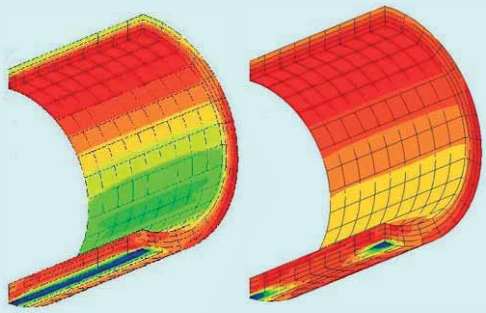
Ursache für Anfangsschäden ist vielfach eine falsche Bettung der Stahlbetonrohre, die das Tragverhalten beeinträchtigt. Um diesem Aspekt auf den Grund zu gehen, wurde auf der Basis von Finite-Elemente-Berechnungen der Einfluss

- inhomogener Bodenverhältnisse in der Rohrumgebung und der Rohrbettung,
- einer inhomogenen Auflagerung und
- des Bewehrungsgrades

auf die Belastung des Rohres durch äußeren Erddruck, Verkehr und Rohreigengewicht untersucht. Betrachtet wurden der Spannungs- bzw. Dehnungszustand in der Rohrwandung und die Rissentstehung.

Erste Erkenntnisse: Traglast reduziert sich um ca. 20%

Die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass sich die Rohrsohle bei ungleichmäßiger Ausbildung des Auflagers in Axialrichtung wie ein Plattenstreifen verhält, so dass in Längsrichtung keine maßgeblichen Spannungen aktiviert werden. Bei ungünstiger Lagerung auf zwei singulären Punkten reduzierte sich die Traglast in den betrachteten Fällen um ca. 20% gegenüber einer kontinuierlichen Lagerung. Es zeigt sich darüber hinaus, dass Rohre für einen gleichmäßigen Lasteintrag über die Außenfläche des Rohres bemessen und bewehrt sind. Auch steife Auflagerstreifen haben demzufolge erwartungsgemäß eine ungünstige Wirkung auf die Riss- und Traglast des Rohres, da sie zu einer konzentrierten Lasteinleitung führen.



Spannungsverteilung bei gleichmäßiger Auflagerung (links) und bei Punktlagerung (rechts)

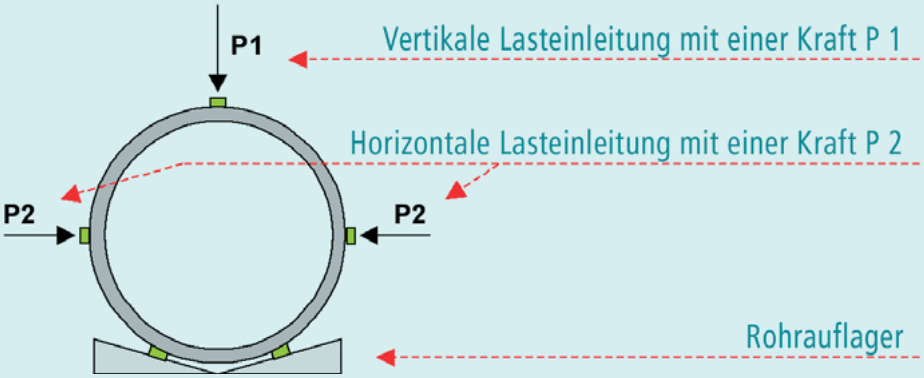
IKT entwickelt neues Prüfverfahren

Ein zentrales Ergebnis der durchgeführten Berechnungen und Auswertungen von Baumaßnahmen ist die Erkenntnis, dass nur mit einem veränderten Versuchsaufbau im Scheiteldruckversuch das Rissverhalten von Großrohren aus Stahlbeton realitätsnah abgebildet werden kann.

Auf der Basis von Vergleichsrechnungen wurde daraufhin ein modifizierter Scheiteldruckversuch mit horizontaler Stützung bei konstantem Vertikal-Horizontalkraft-Verhältnis entwickelt. So konnte das Rissverhalten von Stahlbetonrohren unter Beanspruchungen, wie sie bei erdüberdeckten Rohren tatsächlich auftreten, untersucht werden.

Die Auswahl der Versuchsparameter orientiert sich stets an einem konkreten Bemessungsfall, d.h. einer tatsächlichen Beanspruchungssituation unter In-situ-Bedingungen. Diese kann beliebig vorgegeben werden.

Rissverhalten großer Stahlbetonrohre



Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus mit Lasteinleitung

Versuchseinrichtung mit eingebautem Rohr DN 2200

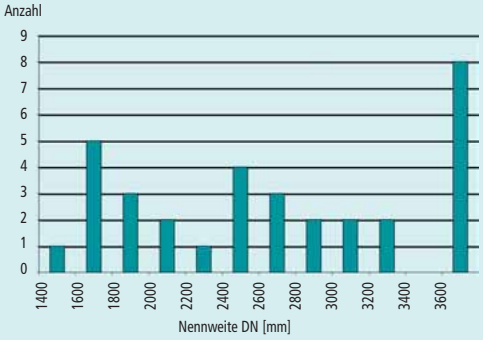
Für die Praxis bedeutet dies, dass erstmalig ein unmittelbarer Vergleich der gelieferten Rohrqualität mit den unter Betriebsbedingungen geforderten Leistungen möglich ist. Darüber hinaus ist auch eine quasi-zerstörungsfreie Prüfung bis zum geringfügigen Überschreiten der Erstrisslast denkbar, wenn im Versuch nur die grundsätzliche Rissbreitenentwicklung unmittelbar nach Rissbeginn ermittelt werden soll und Risse mit beschränkter Breite für den In-situ-Einsatz weiterhin zugelassen sind.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden insgesamt 30 Versuche an Rohren unterschiedlicher Bewehrung und Herstellungsverfahren durchgeführt, um einerseits den Versuchsablauf zu optimieren und andererseits das Messprogramm auf die Qualitätssicherungsanforderungen der Praxis auszurichten.

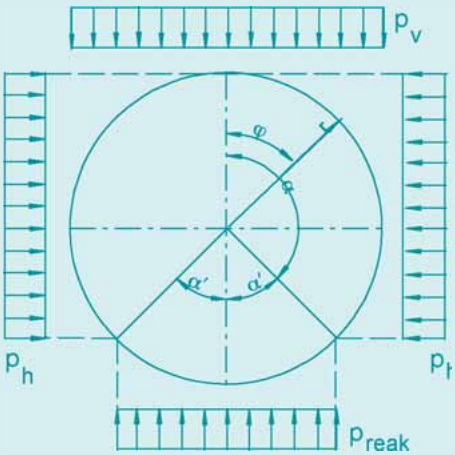
Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Wahl einer Mindestbewehrung als auch die Verbesserung des Verbundverhaltens durch Beton-Nachbehandlung zu einer Verminderung der Rissbreitenentwicklung führen kann. Allerdings lässt sich ein geringer Bewehrungsgrad nicht durch eine verbesserte Nachbehandlung ausgleichen, da dieser auch zu einer Minderung der Traglast führt und die Nachbehandlung lediglich das Verbundverhalten und damit die Rissbreitenentwicklung beeinflusst.

Der im IKT entwickelte „modifizierte Scheiteldruckversuch" gestattet die Prüfung des Rissverhaltens von Stahlbetonrohren unter realitätsnahen Beanspruchungen, d.h. Momenten- und Normalkraftbeanspruchung, so dass ein Rohr



Praxisbeispiele vergangener Baumaßnahmen, Verteilung der betrachteten Nennweiten



Schematische Darstellung einer In-situ-Belastung

unter tatsächlichen Bemessungsbedingungen geprüft werden kann. Neben der Betonfestigkeit kann damit auch die Rissentwicklung und das Verbundverhalten zwischen Stahl und Beton praxisnah bewertet werden.

Weichen die gewählten Bemessungsbedingungen, z.B. Betondeckung und Abstand der Bewehrungslagen, erheblich von den üblichen Ansätzen des Stahlbetons ab, so dass die Anwendbarkeit der heute verbreiteten Bemessungsansätze anzuzweifeln ist, können ergänzende Prüfungen im modifizierten Scheiteldruckversuch zusätzliche Sicherheit bieten.

Bestehen auf der Baustelle andere Randbedingungen als in der statischen Berechnung angesetzt wurden, z.B. hinsichtlich Grabenbreite, -form und -tiefe sowie Einbau- und Überschüttungsbedingungen, so ist ein neuer statischer Nachweis zu erbringen. Sollen bereits produzierte und ursprünglich für einen anderen Lastfall bemessene Rohre eingesetzt werden, können stichprobenartige Belastungsprüfungen im modifizierten Scheiteldruckversuch weitere Sicherheit bieten, da das tatsächliche Rissverhalten der Rohre unter den neuen Bemessungsbedingungen überprüft werden kann.

Ab sofort steht den Netzbetreibern und Herstellern im IKT damit ein praxisnaher, an den tatsächlichen Belastungen vor Ort ausgerichteter Versuch für die Bauteilprüfung und Qualitätssicherung von Stahlbetonrohren zur Verfügung.

Ergebnisse im Internet

Der vollständige Bericht kann auf der IKT-Homepage heruntergeladen werden:
www.ikt.de

Quellen: IKT-eNewsletter 4/2001 und 2/2004

Präzisionsarbeit: Einbau von Messtechnik in Kunststoff-Großrohre

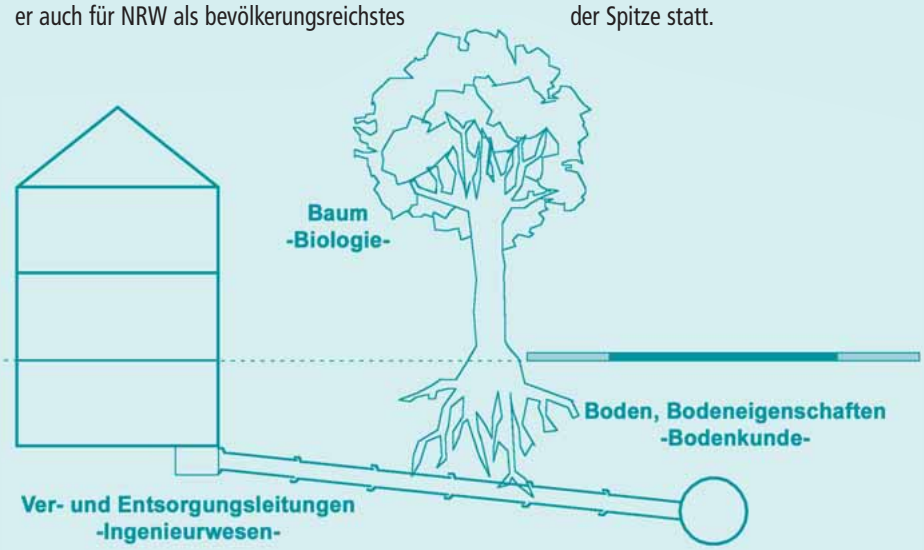
Warum Wurzeln in Kanäle wachsen

Nach gängiger Meinung wird die Umgebung von Abwasserleitungen und Kanälen durch das Austreten von Leitungsinhalt für Wurzeln attraktiv. Wurzeleinwuchs ereignet sich gemäß dieser Modellvorstellung nur, wenn Abwasser aus der Leitung austritt. Im Rahmen eines interdisziplinären Projektes zwischen Botanikern der Ruhr-Universität Bochum und Bauingenieuren des IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur wurden die wahren Ursachen für Wurzeleinwuchs ermittelt, die Mechanismen beim Eindringen von Wurzeln in Rohrverbindungen beschrieben, Vorschläge zur Prüfung der Wurzelfestigkeit von Rohrverbindungen entwickelt und Hinweise zur zukünftigen Vermeidung von Wurzeleinwuchs gegeben [1]. Darüber hinaus besteht heute schon im IKT die Möglichkeit, anhand eigewachsener Wurzeln die schadensverursachende Baumart zu bestimmen. Bei Rechtsstreitigkeiten ein wichtiger Aspekt.

Abwasserleitungen und deren Umgebung, der Leitungsgraben sowie der gewachsene Boden, bieten Lebensraum für die Wurzeln von Bäumen. Die ATV-Schadensklassifizierung [2] beschreibt Schäden durch Wurzeln von Stadtbäumen als einen der hauptsächlich auftretenden Schadensfälle. 5,68 % aller auftretenden Schäden entstehen aus Verwurzelungen [3] und werden überwiegend im städtischen Verdichtungsraum - wie er auch für NRW als bevölkerungsreichstes Bundesland typisch ist - beobachtet [4]. Die Ursachen für den Wurzeleinwuchs in Leitungen hängen eng mit diesen örtlichen Randbedingungen zusammen. In der Folge lassen sich die Vorgänge beim Einwuchs von Wurzeln nur beschreiben, wenn das Gesamtsystem aus Baum, Boden, Ver- und Entsorgungsleitungen unter besonderer Berücksichtigung der jeweiligen Einflussbereiche betrachtet wird.

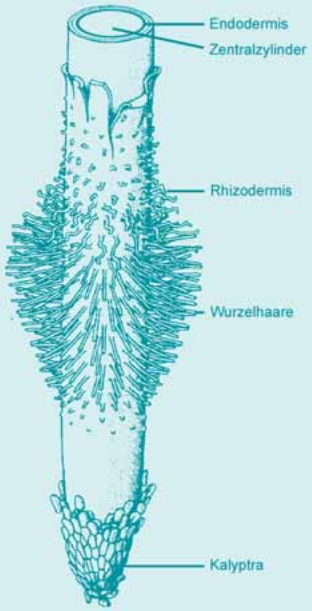
Wurzeln nehmen den Weg des geringsten Widerstandes

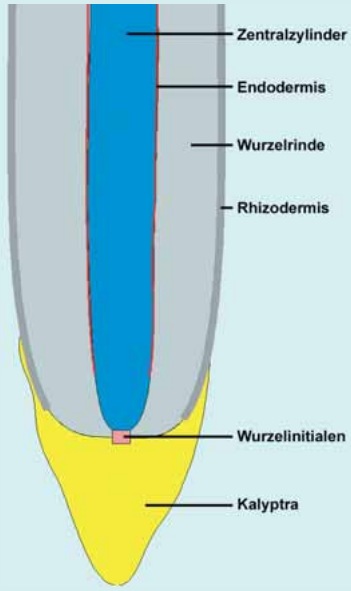
Wurzeln dienen der Aufnahme von Nährstoffen und Wasser aus dem Boden. Damit der wachsende Organismus seinen Bedarf an Nährstoffen und Wasser über seine gesamte Lebensdauer hinweg decken kann, wächst auch das Wurzelsystem weiter und erschließt sich stetig neuen Bodenraum. Das Längenwachstum findet bei Wurzeln nur in einem eng begrenzten Bereich der Spitze statt.



Ganz Links:
Verwurzelter Teil eines Straßenkanals.
Abzweig vor dem Ausbau

Links:
Blick in den aufgeschnittenen Abzweig:
Ausgeprägtes Wurzelpolster in Fließrichtung.





Oben links: Längsansicht einer Wurzelspitze [5].

Oben rechts: Mechanische Wirkung der Wurzelspitze. Hier bilden die Wurzelinitialen neue Zellen. Die Wurzelspitze wird in Längsrichtung vorangeschoben.

Die Wurzelspitze ist dabei kein starrer Bohrer, sondern hat eine weiche gelatinöse Spitze. Sie wird durch den Wurzeldruck von den Initialen aus in das Substrat bzw. in die Poren zwischen den Substratpartikeln geschoben. Die Kalyptra und damit auch die Wurzel wird in die Richtung abgelenkt, aus welcher der Wurzel der geringste Druck von den Substratpartikeln entgegengebracht wird [6]. Die Wurzel kann also aufgrund ihrer Struktur Unterschiede in der Bodenstruktur, wie Verdichtungsunterschiede oder ausreichend große Porenräume, „wahrnehmen". Einfach ausgedrückt: Die Wurzel nimmt den Weg des geringsten Widerstandes. In Bereichen geringer Dichte bzw. ausreichend großer Porenräume wird die Wurzel wie in einer Falle gefangen (Dichtefalle).

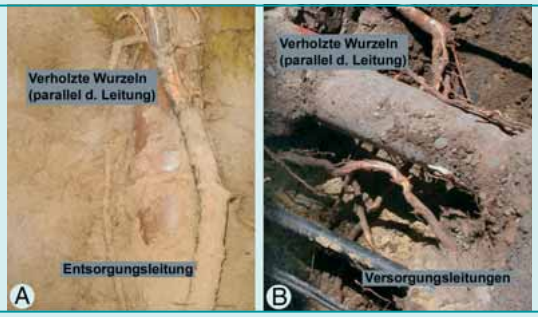
Leitungsgraben als Dichtefalle

Der Bodenkörper in Stadtböden wird für Bauwerke der unterirdischen Infrastruktur genutzt und ist dadurch in seiner Struktur stark verändert. Insbesondere die Herstellung von Kanalisationen in der offenen Bauweise stellt einen starken Eingriff in den Bodenkörper dar. Als Folge entstehen ungewollte Dichtefallen. So werden im Leitungsgraben, insbesondere zur Rohrbettung vorherrschend sandige Böden eingebaut, die Porengefüge aufweisen, das den Wurzeln als Lebensraum dient. Die entscheidenden Problemzonen bei der Verdichtung des Leitungsgrabens stellen aber die schwer zugänglichen Zwickel dar. Besonders in schmalen Rohrleitungsgräben sind die Zwickel schlecht erreichbar, so dass dort Bereiche geringer Verdichtung auftreten können. Bei Aufgrabungen war durchweg zu beobachten, dass die Umgebung von Leitungen, d.h. insbesondere der Leitungsgraben, für Wurzeln attraktiv ist. So spiegelt das Wachstum von Wurzeln und das entstehende Wurzelbild oftmals die Schichtgrenzen im Boden bzw. des Bettungsmaterials von Ver- bzw. Entsorgungsleitungen wider. Teilweise waren die Wurzeln parallel zu den Leitungen bzw. entlang der äußeren Rohroberfläche sowohl von Ent- als auch von Versorgungsleitungen gewachsen.

Rohrverbindungen können als Dichtefalle angesehen werden

Aus der Konstruktion von gesteckten Rohrverbindungen ergeben sich in der Regel Hohlräume vor der Dichtung, die entweder frei von Boden sind oder mit nicht verdichtetem Boden gefüllt sind (Dichtefalle Rohrverbindung). Im Rahmen des Projektes wurden verholzte Wurzeln freigegraben, die entlang der Rohrleitung im sogenannten Zwickelbereich von Rohrverbindung zu Rohrverbindung gewachsen waren. Die Räume (Ringraum) und Spalten (Ringspalt) vor dem Dichtmittel der Rohrverbindungen wurden in der Regel durch ein dichtes Wurzelpolster ausgefüllt. Die Wurzeln wachsen über mehrere Jahre in diesen Räumen, bis diese komplett ausgefüllt sind. In der Folge durchdringen die Wurzeln das Dichtelement und wachsen in den Querschnitt der Leitung ein. Dort bilden sie in Abhängigkeit vom Leitungsmedium in ihrer Größe und Position unterschiedlich ausgeprägte Abflusshindernisse aus. Der Einwuchs erfolgt hier oberhalb des durchschnittlichen Füllstandes und nicht im Sohlenbereich. Das primäre Ziel scheint also nicht der Kontakt mit dem Abwasser zu sein.

Die Ausbreitung von Wurzeln in einer Leitung variiert mit der Art des Leitungsmediums. A In Mischwasser- bzw. Schmutzwasserleitungen wachsen Wurzelpolster hauptsächlich in Bereichen, die nicht oder nur selten mit Abwasser in Kontakt kommen (oberhalb des mittleren Wasserstandes). B In Regenwasserleitungen breiten sich die Wurzeln auch in wasserführenden Bereichen (Sohle der Leitung) aus.



Die Ausbreitung von Wurzeln im Bettungsmaterial einer Leitung ist unabhängig von der Art der Leitung. A Im Bettungsmaterial einer Mischwasserleitung sind verholzte Wurzeln parallel zur Leitung gewachsen. B Verholzte Wurzeln breiten sich ebenfalls im Bettungsmaterial von Versorgungsleitungen aus.

Wurzeldruck: Wie wachsen Wurzeln in Rohre ein?

Wurzel können aktiv Hohlräume im Boden erweitern. Die hierfür notwendigen Kräfte bzw. Spannungen entstehen während ihres Dickenwachstums. Diese Kräfte können auf die Elastomerdichtung von Rohrverbindungen wirken, wenn den Wurzeln ein ausreichendes Widerlager zur Verfügung steht. Um die durch Wurzelwachstum im Boden bzw. in der Rohrverbindungen entstehenden Spannungen bzw. Kräfte zu erfassen, wurden Druckmessungen an Primärwurzeln von Erbsen (Pisum sativum) durchgeführt. Die Wurzeln wachsen im Versuch in konisch zulaufenden Aussparungen einer Gipsplatte und können mit fortschreitendem Dickenwachstum Druck gegen eine Druckmessfolie [7] aufbauen. Die entstehenden Spannungen werden dabei zeitlich und über die Angriffsfläche verteilt erfasst.

Grundsätzlich konnte festgestellt werden, dass durch das Wachstum von Wurzeln mechanische Druckspannungen in radialer Richtung wirken können. Im hier untersuchten Fall (Pisum sativum, Erbsen) konnten an einzelnen Stellen über wenige Stunden bis zu 5,9 bar gemessen werden. Über längere Zeiträume wurde ein Maximaldruck von ca. 5 bar beobachtet.

Die untersuchten Wurzeln stellen Primärwurzeln dar, die nur einen geringen Anteil verholzten Gewebes enthalten. Es ist denkbar, dass bei einer vergleichbaren Messung an verholzten, mehrjährigen Wurzeln im Falle einer Quellung höhere Messwerte aufgenommen werden.

Kulturversuche bestätigen die Beobachtungen

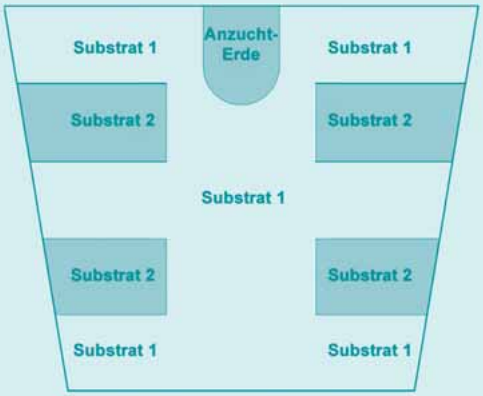
Die bei den Aufgrabungen gewonnenen Erkenntnisse zum Einfluss des Bettungsmaterials auf die Ausbreitung von Wurzeln konnten durch Kulturversuche bestätigt werden. In Pflanzgefäßen wurde eine künstliche Schichtung von zwei Substraten mit unterschiedlichen Porenräumen angelegt. Als Substrat mit hohem Porenanteil und guter Durchwurzelbarkeit wurde Komposterde ausgewählt (Substrat 1). Für die Herstellung von Bodenbereichen mit geringem Porenanteil wurde Bentonit (Substrat 2) eingesetzt. Als Versuchspflanzen wurden Weiden eingesetzt.

Nach dem Öffnen der Kulturgefäße befanden sich die Wurzeln wie erwartet nur in den Schichten aus Komposterde. In den Schichten aus Bentonit waren keine Wurzeln zu erkennen. Die Feuchtigkeit der Bentonitschichten war im Gegensatz zur Komposterde hoch. Bei einigen Wurzeln waren die Spitzen bzw. der Bereich 2-3 cm in Richtung der Wurzelbasis stark verdickt. Derartig ausgebildete Wurzelspitzen traten vornehmlich an Stellen auf, an denen die Wurzeln bei Wachstum Kontakt mit der Wand oder dem Boden des Gefäßes hatten. Die Kontaktfläche zwischen Boden und Kulturgefäß scheint einen besonderen Einfluss auf das Wurzelwachstum zu haben.

Fazit für die Praxis

Auf Grundlage der Ergebnisse des Forschungsvorhabens lässt sich das nachfolgende Fazit für die Praxis bei Bau, Betrieb und Sanierung von Kanälen ziehen.
Mit Blick auf die Wurzelfestigkeit von Rohrverbindungen sind die folgenden Punkte zu beachten:

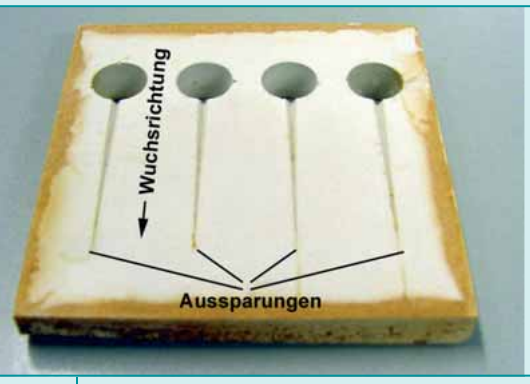
- Die Baustellenuntersuchungen und Pflanzversuche zeigten deutlich, dass luftgefüllte Freiräume das Wachstum der Wurzeln fördern können. Entsprechend kann die Wurzelfestigkeit entscheidend durch die Geometrie der Rohrverbindung und die damit angebotenen bzw. verwehrten Wachstumswege dauerhaft beeinflusst werden. Schon geringe Spaltbildungen in Steckverbindungen können einen Einfallspunkt für feine Haarwurzeln bieten. Große Ringräume unmittelbar vor dem Dichtelement erlauben ein verstärktes Dickenwachstum der Wurzeln bei gleichzeitiger Verspannung in der Rohrverbindung, so dass in der Folge die Dichtung verdrängt und ein Zugang für Sekundärwurzeln geschaffen werden kann. Spitz zulaufende Zwickel der Lippendichtung stellen dann einen maßgeblichen Angriffspunkt dar. Weiterhin konnten bei den Aufgrabungen Unterschiede in der Ausbildung des Wurzelwerkes in Abhängigkeit der Oberflächenstruktur des Rohrwerkstoffes beobachtet werden. Haftungsabweisende Oberflächen scheinen hier ein Weg zur Reduzierung des Einwuchsrisikos zu sein.

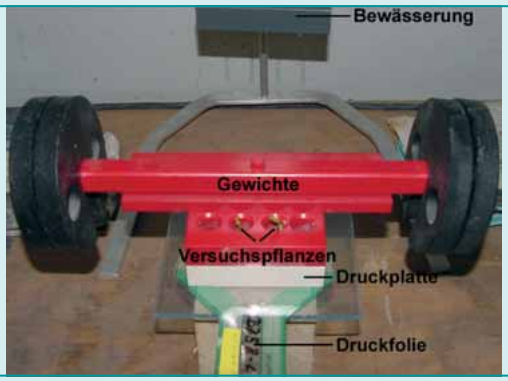


Schichtung der Wuchssubstrate.

Oben: Schematischer Längsschnitt durch ein Pflanzgefäß.

Unten: Seitlich geöffnetes Pflanzgefäß. In den Schichten aus Bentonit sind keine Wurzeln zu erkennen.





Versuchsaufbau für Druckmessungen an Wurzeln

Ganz Links:
Druckplatte aus Gips. Die braune Färbung wird durch Oxidation der Gussform ausgelöst, die als äußere Begrenzung bei Herstellung der Platten eingesetzt wurde. Sie hat keine Auswirkungen auf den Verlauf der Versuche.

Links:
Versuchsaufbau zur Messung des Wurzeldruckes. Es sind zwei Versuchspflanzen erkennbar.

◉ Aus den bisherigen Untersuchungen kann geschlossen werden, dass die Verfügbarkeit von Sauerstoff für das Wurzelwachstum und Überleben der Pflanze im vorliegenden Fall von entscheidender Bedeutung sein kann. Letztlich kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass bei extrem ungünstigen Belüftungsverhältnissen im Boden, eine Sauerstoffzufuhr durch gasdurchlässige Rohrverbindungen eine bessere Sauerstoffversorgung und damit einen zusätzlichen Wuchsreiz im Umfeld der Rohrverbindung schafft. Darüber hinaus kann eine Gasdurchlässigkeit der Verbindung auch weitere Undichtigkeiten ankündigen.

◉ Ein verbreitetes Mittel zur Verhinderung von Wurzeleinwüchsen ist der Einsatz mechanisch wirkender Dichtmittel, die eine hohe statische Sicherheit gegen äußere Druckbelastung bieten. Ein Nachweis dieser Sicherheit ist zum einen durch direkte Belastung der Rohrverbindung durch ein von außen wirkendes Medium möglich oder zum anderen durch Nachweis einer Vorspannung der Dichtung, die durch die zu erwartende Druckbelastung nicht überwunden werden kann. Im vorliegenden Fall wird eine Außenwasserdruckprüfungen bzw. der Nachweis einer geeigneten Anpressdruckverteilung des Dichtmittels in der Rohrverbindung empfohlen. Eine solche Verteilung kann beispielsweise durch den Einsatz von Druckfolien im Rohrverbindungsbereich ermittelt werden.

◉ Eine Möglichkeit, die Interaktion zwischen Wurzeln und Rohrverbindungen zu untersuchen, besteht in der Durchführung von Pflanzversuchen. Die Beobachtungen können Grundlage für die Optimierung von Verbindungstechniken und Sanierungsverfahren sein, da die Rohr-Wurzel-Interaktion bereits im Leitungsgraben an der Rohroberfläche beginnt und sich über die äußere Rohrverbindung und das Dichtmittel bis in das Rohrinnere fortsetzt.

Bei Neubau bzw. Erneuerung von Leitungen der unterirdischen Infrastruktur sollten mit Blick auf mögliche Einwuchsrisiken die folgenden Punkte bedacht werden:

◉ Wurzeln in der Nähe von Leitungen wachsen vornehmlich in Bodenbereichen, die gering verdichtet sind und dadurch ausreichende Porenräume aufweisen. Wurzeln wachsen nicht aus solchen Bereichen heraus, sondern folgen dem Verlauf von Leitungen. Wachstum von Wurzeln tritt meist neben Leitungen im Zwickelbereich auf. In diesem Leitungsbereich liegt bei Einbau der Leitung in offener Bauweise oftmals die geringste Verdichtung des Bodens vor.

◉ Es ist denkbar, dass beim Bau von Leitungen das Risiko des Auftretens von Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und –kanäle durch den Einsatz gezielt ausgewählter (schlecht durchwurzelbarer) Bettungsmaterialien minimiert werden kann. Bei der Verlegung von Leitungen in der Nähe von Bäumen bieten sich möglicherweise solche „Wurzelsicherheitszonen" an.

Für den Betrieb von verwurzelten Abwasserleitungen können folgende Aussagen gemacht werden:

◉ Das Abwasser stellt grundsätzlich keine nennenswerte Nährstoff- oder Wasserquelle für die Wurzeln dar. Wurzeln in Schmutzkanälen sterben sogar bei Kontakt mit ihm ab.

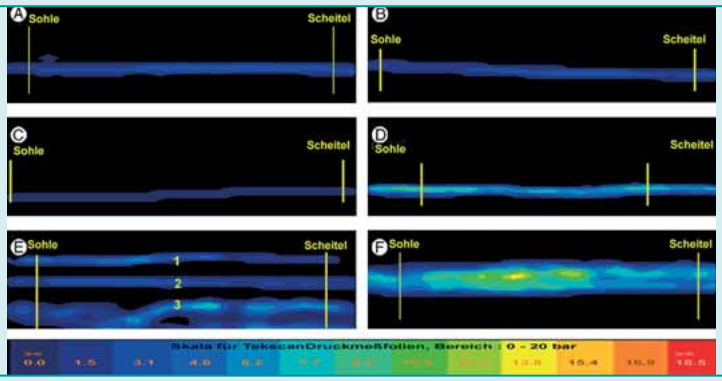
◉ Wurzeln in Regenwasserkanälen sind nach Eindringen in die Leitung in ihrem Wachstum behindert, da sie in Trockenperioden infolge des Wassermangels absterben. Allerdings verbleiben die Wurzelreste an demselben Ort, so dass sich in Regenperioden wieder neue Wurzeln mit vergrößerter Wurzelmasse bilden können. Die Wurzelmasse vergrößert sich somit permanent.

Seitlich geöffnetes Pflanzgefäß von unten. Am Boden des Pflanzgefäßes sind verholzte Wurzeln zu erkennen.

◉ Die mechanische Entfernung der Wurzeln ist mit einem Baumschnitt vergleichbar. Aus den abgetrennten Wurzeln entwickeln sich neue Wurzeln, die den Rohrquerschnitt erneut verstopfen können.

Laut derzeitiger Rechtslage muss der Eigentümer eines Baumes für Schäden haften, die durch Baumwurzeln außerhalb seines Grundstückes verursacht werden. Diese Haftung kann die Zahlung von Reparaturkosten durch den Baumbesitzer an den Leitungsbetreiber nach sich ziehen, auch wenn sich der Schaden außerhalb des Grundstückes des Baumbesitzers ereignet hat. Die schadensverursachende Baumart kann anhand von Wurzelproben identifiziert werden. Hierfür werden Wurzelschnitte angefertigt. Experten können aufgrund der Anordnung von Zellen und Gefäßen die Baumart bestimmen.

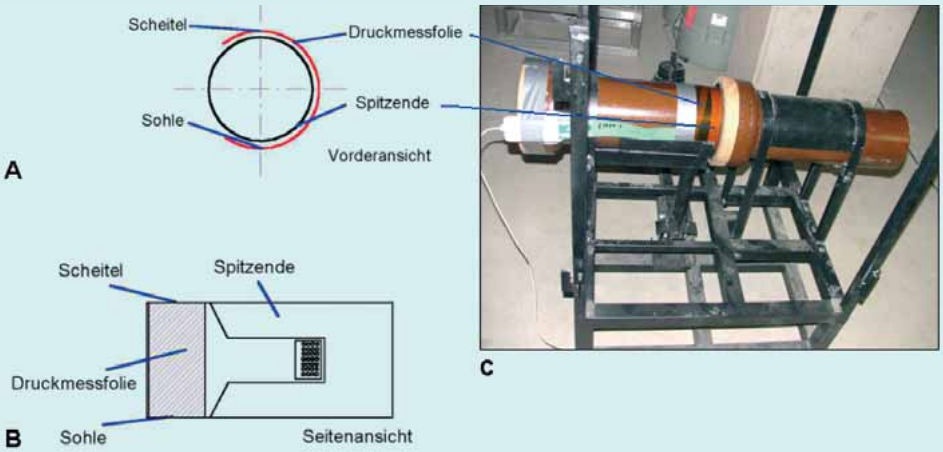
Im Rahmen der Aufgrabungen wurden in zwei Fällen mit Injektionsverfahren reparierte Abwasserleitungen begutachtet und das Sanierungsergebnis beurteilt. Auf dieser Grundlage können in Anlehnung an die Wachstumsmodelle für Wurzeln folgende Aussagen getroffen werden:



Anpressdruckverteilung unterschiedlicher Rohrverbindungen: Versuche ohne Scherlast, Beispiele:

A Eurotop-Verbindung, Versuch ohne Scherwegbegrenzung.
B Eurotop-Verbindung, Versuch mit Scherwegbegrenzung.
C Eurotrad-Verbindung.
D Cerafix-Verbindung.
E KG-Rohrverbindung (PVC-U).
F Tyton-Verbindung.

Wurzeleinwuchs



Messung des Anpressdruckes bei Einwirken einer Scherlast.
A Druckfolie auf dem Spitzende einer Rohrverbindung, Querschnitt.
B Druckfolie auf dem Spitzende einer Rohrverbindung, Ansicht.
C In den Scherlastversuchsstand eingebaute Rohrverbindung.

Bei der Sanierung von Leitungen in geschlossener Bauweise mittels Injektionsverfahren werden die Räume zwischen den Rohren bzw. in der Rohrverbindung unter Einsatz eines Spezialgerätes mit einem Injektionsmaterial von innen her ausgefüllt. Das Material wird dabei unter Druck in die Rohrverbindung injiziert. Bei Anwendung solcher Materialien in Rohrverbindungen, in die bereits Wurzeln eingewachsen sind, ist eine entsprechend geringe Viskosität des Injektionsmaterials erforderlich.

Bei verwurzelten Rohrverbindungen, die mit Injektionsverfahren repariert und im Rahmen der Baumaßnahmen ausgegraben und analysiert wurden, war zu beobachten, dass erneut Wurzeln innerhalb der Rohrverbindung nachgewachsen und in den Rohrquerschnitt eingewachsen waren. Die Wurzeln bildeten Polster bzw. Geflechte in der Rohrverbindung und verhinderten die gleichmäßige Ausbreitung des Injektionsmaterials.

Grundsätzlich müssten die Wurzelpolster bei der Sanierung von dem Injektionsmaterial durchdrungen werden. Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Sanierung mit Injektionsmaterial wäre ein Verfüllen der Hohlräume zwischen den Wurzeln und Versiegeln der Sanierungsoberfläche mit hohem Verspannungsdruck des ausgehärteten Injektionsmaterials. Mit den gegenwärtig am Markt angebotenen Injektionsverfahren und -mitteln ist mit der o.a. Vorgehensweise eine Wurzelfestigkeit der reparierten Rohrverbindung voraussichtlich nicht zu erreichen.

Bei der Weiterentwicklung von Injektionsmaterialien könnten auch wurzelfeindliche Inhaltsstoffe einen weiteren Ansatzpunkt bieten. Allerdings dürfte es schwierig sein, solche Stoffe zu entwickeln, die nicht zugleich grundwassergefährdend sind.

Aus den entwickelten Modellen zum Wurzelwuchs leiten sich folgende Hinweise zur Optimierung der Konstruktion von Leitungselementen ab:

Die Dichtheit von Steckverbindungen, die üblicherweise für Abwasserleitungen eingesetzt werden, wird maßgeblich durch den Anpressdruck bestimmt, den die Dichtung erzeugt. Allerdings ist eine Erhöhung des Anpressdruckes bautechnisch durch Handhabbarkeitsanforderungen beim Zusammenführen der Rohre sowie die Rohr- bzw. Rohrwerkstoffeigenschaften (Zugfestigkeit, Stabilität) begrenzt.

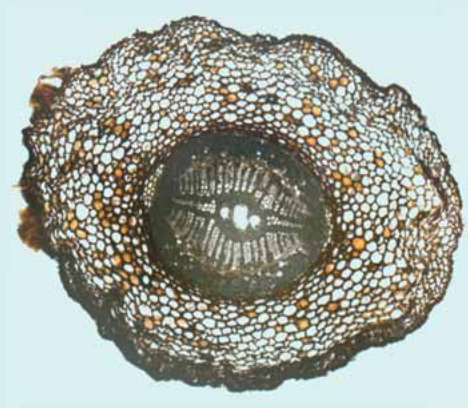
Der tatsächliche Druck des Dichtelements kann von Wurzeln überwunden werden, wenn er kleiner ist als der Wurzeldruck. Voraussetzung für den Angriff des Wurzeldruckes ist ein Widerlager, an dem sich die Wurzel verspannen kann. Auch die Verbindungsgeometrie entscheidet somit über das Einwuchsverhalten und muss daher mit Blick auf die Wurzelfestigkeit ausgelegt werden.

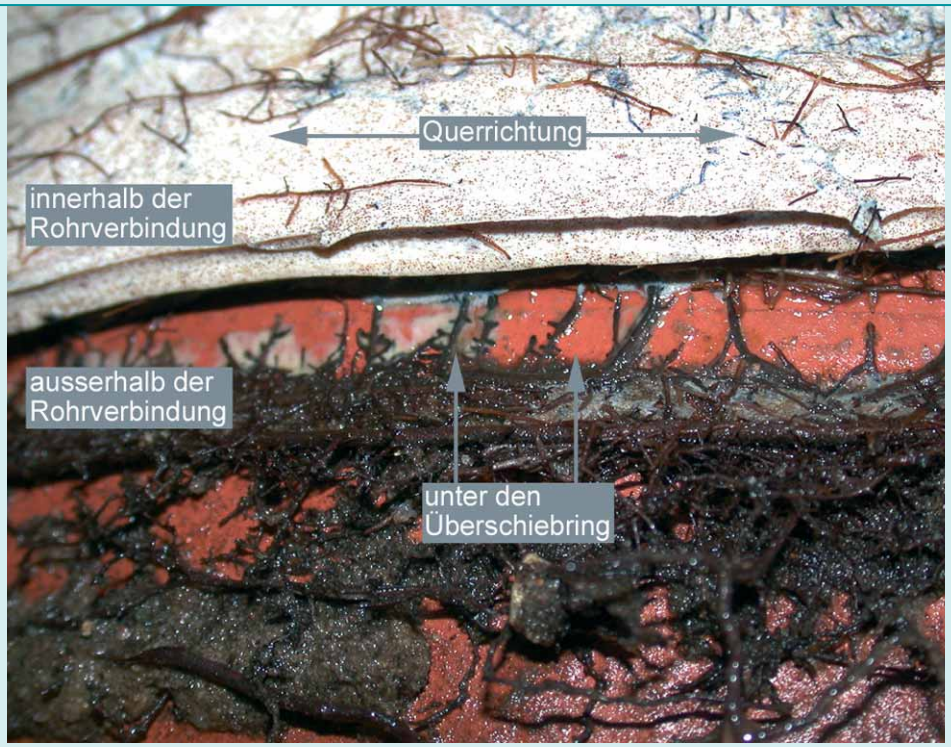
Typische Wurzelquerschnitte verschiedener Baumarten.

Ahorn: nur kleine Zell-Lumina.

Zierkirsche: wenige, große Tracheen außerhalb des Zentrums.

Weide: symmetrische Anordnung der Gefäße im Holzteil.





Innerhalb des Überschiebringes sind die Wurzeln im Injektionsmaterial quer zur Leitung gewachsen. Außerhalb der Rohrverbindung sind Wurzeln zu erkennen, die unter den Überschiebring wachsen.

Bei der Konstruktion von Steckmuffen sollte der durchwurzelbare, umlaufende Spalt gering sein. Allerdings sollte gleichzeitig eine Ringraumbildung zwischen Muffenspalt und Dichtelement verhindert werden, da ansonsten ein Dichtefalleneffekt zu befürchten ist.

Wurzelbestimmung im IKT

Geht es an die Schadensbehebung, so stellt sich schnell die Frage: Wer zahlt? Antwort: der Baumeigentümer! Aber, welcher Baum ist es denn gewesen?

Hier hilft das IKT durch eine neutrale und unabhängige gutachterliche Bestimmung der Baumart. Dies geschieht durch die Analyse von Wurzelproben. Diese können heutzutage von Fachfirmen ohne Aufgrabung, Verkehrsstörungen oder Schäden an Grünflächen und Bepflanzungen leicht entnommen werden.

Die Wurzelproben schicken Sie einfach per Post an das IKT nach Gelsenkirchen. Hier identifizieren wir den eingewachsenen Baum anhand anatomischer Wurzelmerkmale. Dies ist ein einfacher, schneller und kostengünstiger Nachweis des Schadensverursachers.

Darüber hinaus bietet das IKT maßgeschneiderte Prüfkonzepte für Dichtungs- und Rohrhersteller an.

Ergebnisse im Internet

Der vollständige Bericht „Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle" kann von der IKT-Homepage heruntergeladen werden: **www.ikt.de**

Injektionsmaterial in einer Rohrverbindung. Das Material hat sich nur ungleichmäßig zwischen den Wurzeln verteilt. Im Bereich des Scheitels (Pfeil) befindet sich eine geringere Menge Material.

[1] Stützel, Th; Bosseler, B. ; Bennerscheidt, C.; Schmiedener, H.: Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle (Projektendbericht). Lehrstuhl für Spezielle Botanik an der Ruhr-Universität Bochum, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Juli 2004. download: www.ikt.de

[2] ATV-M 143, Teil 1: Grundlagen der Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen, Dezember 1989

[3] Stein, D; Kaufmann, O.: Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland - West, Korrespondenz Abwasser 02 / 93

[4] Meyer, F.H.: Bäume in der Stadt, Ulmer Verlag Stuttgart, 1982

[5] Braune, W.; Leman, A.; Taubert, H.: Pflanzenanatomisches Praktikum I., 5.Auflage. Fischer-Verlag, 1987

[6] Bosseler, B.; Stützel, Th.; Bennerscheidt, C.: Root penetration in sewers: Causes, Tests and Prevention. 22nd International NO DIG Conference and Exhibition, Hamburg; November 2004.

[7] Firmeninformationen der Fa. Tekscan: Druckfolien zum Erfassung des Druckes in räumlicher Auflösung, Stand 2004; www.tekscan.com

Quelle: bi umweltbau NoDig-Sonderausgabe 2004 (leicht verändert)

IKT-Forum: Ergebnisse für Praktiker

Impressum

www.ikt.de • eNewsletter • freies Abo

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

45886 Gelsenkirchen
Exterbruch 1

Tel.: +49 (0) 209 17806 - 0
Fax: +49 (0) 209 17806 - 88
www.ikt.de
info@ikt.de

Anzeige

PRÜFSTELLE SCHLAUCHLINER

forschen | prüfen | beraten | testen

- Bestimmung von Materialkennwerten
- DIBt-anerkanntes Prüfinstitut
- Erst- und Eignungsprüfungen
- Baustellenprüfungen
- Gutachten

45886 Gelsenkirchen
Exterbruch 1
Tel.: +49 (0) 209 17806-0
Fax: +49 (0) 209 17806-88
www.ikt.de | info@ikt.de

neutral
unabhängig
gemeinnützig

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur

neutral
unabhängig
gemeinnützig

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur

WAS MACHT DAS IKT?

Das IKT ist ein neutrales, unabhängiges und gemeinnütziges Institut. Es arbeitet praxis- und anwendungsorientiert an Fragen des unterirdischen Leitungsbaus. Schwerpunkt ist die Kanalisation. Das IKT bietet wissenschaftlich fundierte und praxisgerechte Prüfungen an. Infos über Projekte und Dienstleistungen unter: www.ikt.de

- Forschung
- Prüfungen
- Warentests
- Beratung
- Gutachten
- Seminare

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

45886 Gelsenkirchen
Exterbruch 1

Tel.: +49 (0) 209 17806-0
Fax: +49 (0) 209 17806-88
www.ikt.de
info@ikt.de