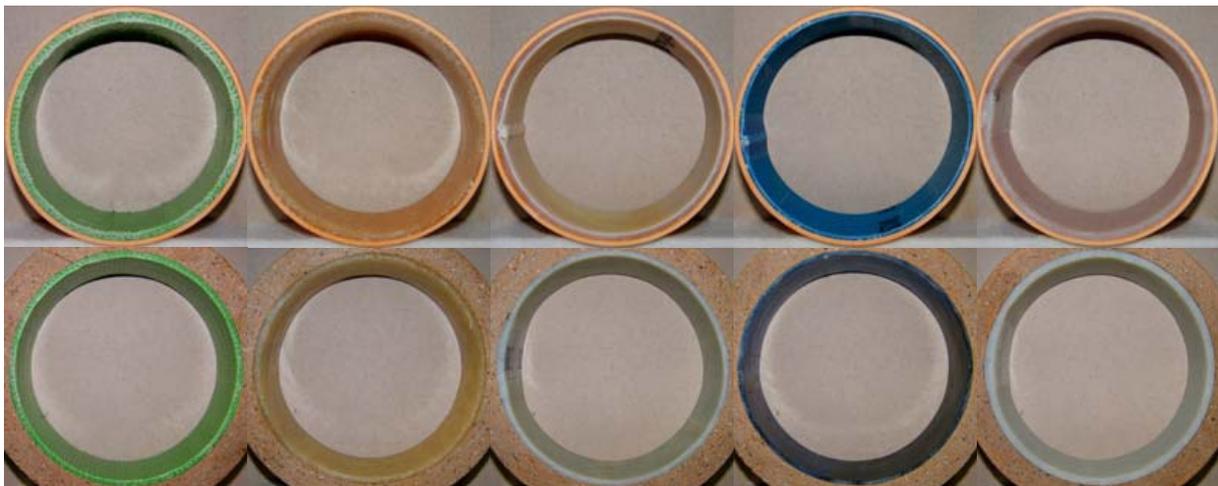


# IKT-Warentest Hausanschluss-Liner



***Kurzbericht***

- März 2010 -

**Kurzbericht zum Forschungsprojekt:**

Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle II  
AZ: IV-7-041 105 0182

**Auftraggeber:**



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

**Auftragnehmer:**



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH  
Exterbruch 1  
45886 Gelsenkirchen

**Bearbeitung:**

Wissenschaftliche Leitung: Dr. Ing. B. Bosseler  
Projektleitung und –bearbeitung: Dipl.-Ing. A. Redmann  
Dipl.-Ing. C. Bennerscheidt  
Dipl.-Ing. D. Färber

**Danksagung:**

Die 17 beteiligten Kanalnetzbetreiber entsendeten Vertreter zur Mitwirkung in den Lenkungskreissitzungen des IKT-Warentests „Hausanschluss-Liner“. Diesen Fachleuten möchten wir an dieser Stelle für Ihre Unterstützung und die praxisnahe Ausrichtung des gesamten Warentests besonders danken: Behnisch, S.; Berghaus, S.; Brigl, S.; Drieschner, D.; Fiedler, M.; Glaser, U.; Groschupp, N.; Herrmanns, F.-J.; Kaltenpoth, J.; Klemm, T.; Kretzschmar, E.; Müller, C.; Pieper, M.; Restemeyer, F.; Röttgers, M.; Schindler-Sternemann, N.; Schuir, A.; Schulz, K.; Straff, G.; Vogel, A.; Vogt, H.; Waldera, A.; Wilke, S.

Unser besonderer Dank gilt der IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG, Kiel und der städtler + beck GmbH, Speyer, die durch die Bereitstellung ihrer Inspektions- und Prüftechnik wesentlich zum Erfolg des Projektes beigetragen haben.

<u>Inhaltsverzeichnis:</u>	Seite
<b>1 VERANLASSUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>2 ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>2</b>
<b>3 HAUSANSCHLUSSLINER IM TEST .....</b>	<b>3</b>
<b>4 TEST-PROGRAMM UND ERGEBNISSE .....</b>	<b>5</b>
4.1 SYSTEMPRÜFUNGEN .....	5
4.1.1 Anforderungen und Versuchsstrecken.....	5
4.1.2 Funktionsfähigkeit.....	13
4.1.3 Dichtheit.....	13
Strangprüfungen .....	14
Laminat-Dichtheitsprüfung .....	16
Außenwasserdruck .....	17
4.1.4 Tragfähigkeit der Struktur .....	19
4.1.5 Empfindlichkeit unter Auftrieb .....	21
4.2 QUALITÄTSSICHERUNG DER VERFAHRENSANBIETER.....	23
4.3 BAUSTELLENUNTERSUCHUNGEN .....	25
<b>5 PRÜFURTEILE UND GESAMTERGEBNIS.....</b>	<b>26</b>
<b>6 ZUSATZUNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>29</b>
<b>7 FAZIT .....</b>	<b>30</b>
<b>8 LITERATUR .....</b>	<b>32</b>

## 1 Veranlassung

Anschlusskanäle und Grundleitungen sind im öffentlichen und privaten Raum verlegt. In Abhängigkeit der Abwassersatzung liegt die Grenze zwischen der öffentlichen und privaten Kanalisation am Stutzen des öffentlichen Sammelkanals, an der Grundstücksgrenze oder einem definierten Übergabepunkt, z.B. einem Revisionsschacht. Erfahrungen zeigen, dass eine Vielzahl der Anschlusskanäle und Grundleitungen schadhaft ist. Dabei muss mit Schadensquoten bis zu 70 % gerechnet werden. Unsicherheit besteht bei der Frage, welche Verfahren und Produkte geeignet sind, die Funktionsfähigkeit und Dichtheit von Hausanschlussleitungen dauerhaft sicherzustellen. Darüber hinaus sind im Zuge der Sanierung von undichten Abwasserkanälen in Fremdwassergebieten (vgl. [1]) verstärkt auch Anforderungen an die Dichtheit der Systeme unter Außenwasserdruck-Beanspruchungen zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund beauftragte das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) das IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur mit dem Forschungsprojekt „Vergleichende Prüfung der Qualität von Sanierungsverfahren für Anschlusskanäle II“ (vgl. [2]). Im Rahmen dieses Projektes wurden Schlauchlinerprodukte für Hausanschlussleitungen vergleichend untersucht, Infiltrationsmessungen unter Laborbedingungen durchgeführt und die Ergebnisse in der Langfassung [3] detailliert dargestellt. Der vorliegende Kurzbericht fasst die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse zusammen.

## 2 Zielstellung und Vorgehensweise

Die Kommunen in Nordrhein-Westfalen sind gemäß §61a (5) des Landeswassergesetzes [4] verpflichtet, die Grundstückseigentümer über die Durchführung der gesetzlich geforderten Dichtheitsprüfung zu unterrichten und zu beraten. Durch den IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ erhalten die Kanalnetzbetreiber als Grundlage für die weitergehende Beratung nach Abschluss der Dichtheitsprüfung zuverlässige und unabhängige Informationen über die Produkteigenschaften marktgängiger Sanierungsverfahren.

Zentraler Aspekt aller IKT-Warentests ist der praxisnahe Vergleich von Produkten und Verfahren. Im Vordergrund steht die Überprüfung der Produkte mit Blick auf die von den Kanalnetzbetreibern gestellten Praxisanforderungen. Daher werden die IKT-Warentests basierend auf den Erfahrungen der beteiligten Kanalnetzbetreiber entwickelt. Die Auswahl der zu testenden Produkte und Verfahren obliegt dem Lenkungs-kreis der Kanalnetzbetreiber. Das gesamte Testprogramm wird in regelmäßigen Arbeitssitzungen mit den Kanalnetzbetreibern erarbeitet und abgestimmt. Die ausgewählten Produkte und Verfahren werden somit auf der Grundlage der Qualitätsanforderungen der Kanalnetzbetreiber geprüft.

Nach Abschluss eines IKT-Warentestes stehen den Kanalnetzbetreibern unabhängige, praxisorientierte und fachlich fundierte Auskünfte über die beobachteten Stärken, Schwächen und Einsatzmöglichkeiten bzw. –grenzen der untersuchten Produkte und Verfahren zur Verfügung.

Am IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ waren die folgenden Kanalnetzbetreiber beteiligt: Stadtwerke Aachen AG, Stadt Alsdorf, Eigenbetrieb Technische Dienste, Stadt Bielefeld, Entsorgungs- und Servicebetrieb Bocholt, Stadt Datteln, Stadt Detmold, Stadtentwässerungsbetriebe Düsseldorf, Stadtwerke Essen AG, Stadt Gladbeck, Stadtentwässerung Göttingen, Stadt Hilden, Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR, Stadt Lemgo, Stadt Monheim am Rhein, Schwalmthalwerke AöR, KOWA Wasserverband Vorsfelde und Umgebung sowie Wuppertaler Stadtwerke AG.

Diese Netzbetreiber haben den Test während des gesamten Projektverlaufs intensiv begleitet. In sechs Arbeitssitzungen wurden die zu testenden Verfahren ausgewählt und die Testinhalte – vom Untersuchungsprogramm bis zur Bewertung – abgestimmt.

### 3 Hausanschlussliner im Test

Zahlreiche Verfahrensanbieter wurden für eine mögliche Teilnahme am IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“ grundsätzlich ausgewählt und um Abgabe eines Angebotes für die Sanierung gebeten (in alphabetischer Reihenfolge): Alocit Chemie GmbH, Konstanz; Bodenbender GmbH, Biedenkopf-Breidenstein; I.S.T. GmbH, Bochum; Karl Otto Braun GmbH & CO. KG, Wolfstein; MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG, Bottrop; Mr. PIPE Rohr- und Kanalsanierungstechnik GmbH, Deggendorf; RABMER Bau- und Installations GesmbH, Altenberg; RS-Technik AG, Esslingen; Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH, Duisburg; VFG Vereinigte Filzfabriken AG, Giengen.

Einige Verfahrensanbieter gaben kein Angebot zur Sanierung ab, von den übrigen Anbietern wurden nach Abstimmung mit dem Lenkungskreis der Kanalnetzbetreiber die nachfolgend aufgeführten Linerprodukte für die vergleichende Untersuchung ausgewählt und die Verfahrensanbieter mit der Durchführung der Sanierungsarbeiten beauftragt (in alphabetischer Reihenfolge):

- BRAWOLINER XT, Harzsystem: BRAWO I, DN 125, Karl Otto Braun GmbH & CO. KG, Wolfstein,
- BRAWOLINER XT, Harzsystem: BRAWO I, DN 150, Karl Otto Braun GmbH & CO. KG, Wolfstein,
- RS MaxLiner-FLEX S, Harzsystem: MaxPox 15-40, DN 125, RS-Technik AG, Esslingen,
- RS MaxLiner-FLEX S, Harzsystem: MaxPox 15-40, DN 150, RS-Technik AG, Esslingen,

- DrainPlusLiner, Harzsystem: EPROPOX VIS A2/B2, DN 125, Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH, Duisburg,
- epros<sup>®</sup>DrainPlusGlassLiner (Prototyp), Harzsystem: EPROPOX VIS A4/B4, DN 125, Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH, Duisburg,
- DrainLiner, Harzsystem: EPROPOX VIS A2/B2, DN 150, Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH, Duisburg,
- epros<sup>®</sup>DrainGlassLiner (Prototyp), Harzsystem: EPROPOX VIS A4/B4, DN 150, Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH, Duisburg,
- lineTEC ProFlex Liner, Harzsystem: Biresin lineTEC EP 40, DN 125, VFG Vereinigte Filzfabriken AG, Giengen,
- lineTEC ProFlex Liner, Harzsystem: Biresin lineTEC EP 40, DN 150, VFG Vereinigte Filzfabriken AG, Giengen.

Das Test-Programm und die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

## 4 Test-Programm und Ergebnisse

### 4.1 Systemprüfungen

#### 4.1.1 Anforderungen und Versuchsstrecken

Die Systemprüfungen liefern Ergebnisse bezüglich der Einsatzmöglichkeiten, der Sanierungsqualität und der Einsatzgrenzen der getesteten Hausanschlussliner. Die Systemprüfungen fanden in Versuchsstrecken im IKT-Großversuchsstand statt. Die Versuchsstrecken wurden mit den ausgewählten Hausanschlusslinern saniert. Anschließend wurden die Hausanschlussliner einem umfassenden Prüfprogramm unterzogen, in dessen Mittelpunkt die Anforderung nach Funktionsfähigkeit, Dichtheit und Tragfähigkeit der Struktur stand. Bezüglich der Dichtheit wurden sowohl das Belastungsszenario Innendruck als auch Außenwasserdruck sowie Einflüsse der HD-Reinigung betrachtet. Im Bezug auf die Tragfähigkeit der Struktur wurden die Materialkennwerte der Hausanschlussliner untersucht. Die Empfindlichkeit unter Auftrieb wurde gesondert bewertet.

Insgesamt wurden 36 Hausanschlussleitungen im IKT-Großversuchsstand in sechs Ebenen eingebaut und mit Boden überschüttet (Abbildung 1). Die Hausanschlussleitungen lagen dabei in zwei unterschiedlichen Varianten vor. Es wird unterschieden zwischen einer „Standardsituation“ und einer „Extremsituation“. Beide Leitungstypen enthalten verschiedene Bögen ( $15^\circ$  bis  $45^\circ$ ) sowie definiert eingebaute Schadensbilder (Scherbenbildung, Radial- und Längsrisse, einragender Drainageanschluss, Lageabweichung). Die Länge der einzelnen Leitungen betrug jeweils ca. 12 m. Alle Rohrverbindungen entlang der Haltung waren undicht. Die Hausanschlussleitungen waren mit fachgerecht eingebauten Sattelstücken an eine Gussleitung (Hauptkanal) DN 300 angeschlossen.

Als „Standardsituation“ wird eine Hausanschlussleitung mit einer durchgehenden Nennweite DN 150, dem Alrohrwerkstoff Steinzeug und einem Zugang über eine Revisionsöffnung (PVC-KG-Reinigungsrohr) bezeichnet.

Die „Extremsituation“ beinhaltete zusätzlich einen Werkstoffwechsel innerhalb der Leitung und eine Änderung der Nennweite von DN 125 auf DN 150. Den Beginn des Leitungstyps „Extremsituation“ stellte ein  $90^\circ$ -Bogenstück aus Steinzeug dar. Durch dieses  $90^\circ$ -Bogenstück erfolgte die Sanierung. Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung einer von sechs Serien der erstellten Anschlusskanäle im Schnitt des IKT-Großversuchsstandes.

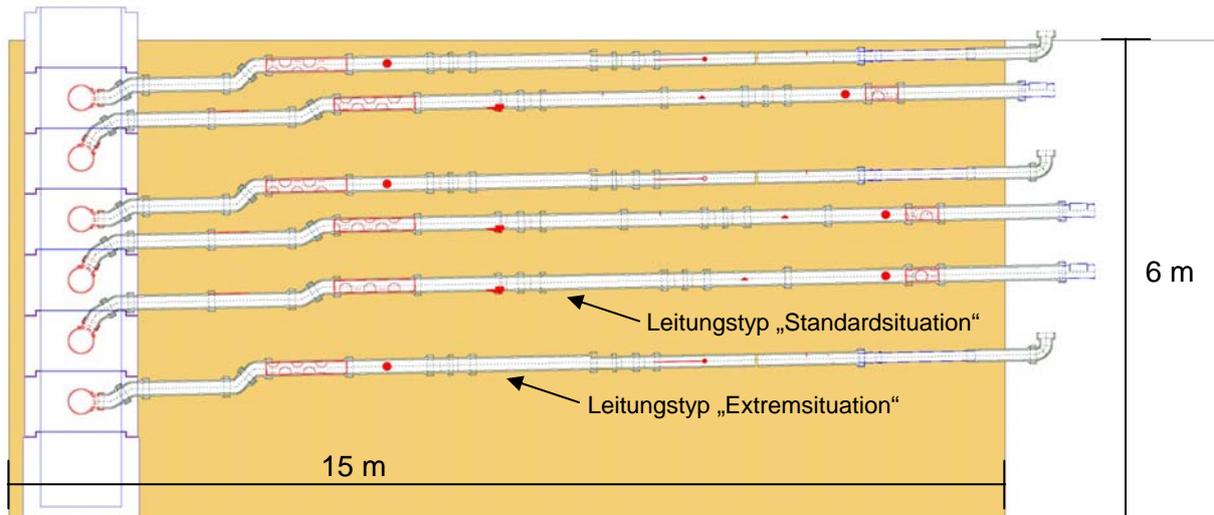


Abbildung 1: Seitenansicht einer von sechs Serien des Versuchsaufbaus: Standardsituation (Ebene 2, 4, 5); Extremsituation (Ebene 1, 3, 6); Ebenen von oben gezählt

Die erstellten Schadensbilder in den Anschlusskanälen wurden ausgehend von den Erfahrungen in [5] nach Vorgaben des Lenkungskreises der Kanalnetzbetreiber erstellt. Die als typisch für den Hausanschlussbereich angesehenen Schäden wurden dabei in Schadensbilder übertragen, die für die Systemprüfungen im IKT-Großversuchsstand wiederholbar herzustellen waren. Es wurden Längs- und Quersrisse, Scherben und fehlende Rohrstücke eingebracht. Tabelle 1 stellt die eingebrachten Zustands- und Schadensbilder in den Hausanschlussleitungen beispielhaft dar.

Tabelle 1: Schäden, Bögen und Revisionsöffnung in den Anschlusskanälen

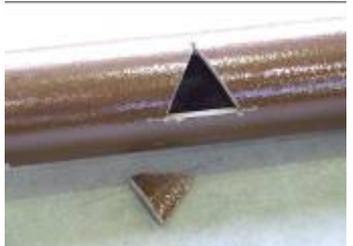
Beschreibung der Zustands- und Schadensbilder	Fotodokumentation der Zustands- und Schadensbilder	Fotodokumentation der Zustands- und Schadensbilder (Inspektionsvideo)
<p>Steinzeugrohr DN 150, Länge 1,0 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fehlende Dichtung</li> <li>• Scherbenbildung in der Rohrsohle, Lage: Rohrmuffe, Fläche: 20 cm breit, dreieckförmig 20 cm in Rohrlängsrichtung</li> </ul>		

Tabelle 1: Fortsetzung

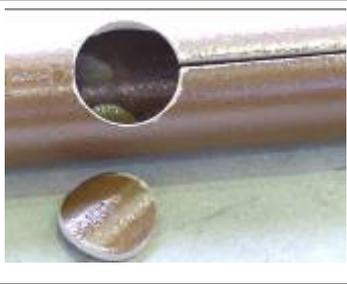
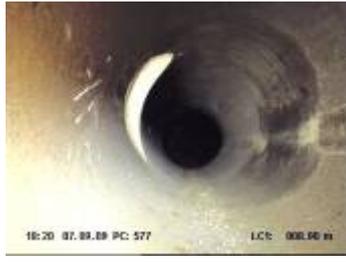
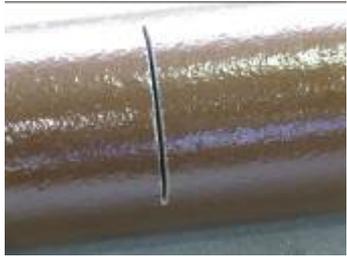
<p>Steinzeugrohr DN 125, Länge 1,25 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohrmuffe abgetrennt, fehlende Dichtung</li> <li>• Fehlstelle DN 100 im Rohrkämpfer, Lage: Rohrmitte</li> <li>• Längsriss im Rohrkämpfer, Länge 50 cm, Rissbreite 2 cm, Lage: Ausgehend vom Rohrspitzende</li> </ul>		
<p>Steinzeugrohr DN 150, Länge 1,50 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> <li>• Fehlstelle DN 100 im Rohrkämpfer, Lage: Rohrmitte</li> </ul>		
<p>Steinzeugrohr DN 150, Länge 1,00 m, Steinzeug 30°-Bogen, DN 150, horizontal angeordnet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> <li>• Scherbenbildung in der Rohrsohle, Lage: Rohrmuffe, Fläche: 20 cm Breit, dreieckförmig 20 cm in Rohrlängsrichtung</li> </ul>		
<p>Steinzeugrohr DN 150, Länge 1,50 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> <li>• Querriss im Rohrscheitel, Länge 10 cm, Rissbreite 2 cm, Lage: Rohrmitte</li> </ul>		
<p>Steinzeugrohr DN 150, Länge 1,50 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fehlende Dichtung</li> <li>• unsachgemäß hergestellter 2 cm einragender Stutzen (durch einragendes Drainagerohr)</li> </ul>		
<p>Steinzeugrohr DN 150, Länge 1,00 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> <li>• Fettablagerung</li> </ul>		

Tabelle 1: Fortsetzung

<p>2 x Steinzeug 45°-Bogen DN 150, vertikale Anordnung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fehlende Dichtung</li> </ul>		 <p>18:16 02.09.09 PC: 545 LCC: 010.20 m</p>
<p>2 x Steinzeug 30°-Bogen DN 150, vertikale Anordnung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> </ul> <p>Anschlussstutzen, sachgerechte Herstellung im Rohrkämpfer des Hauptkanals</p>		 <p>18:24 07.09.09 PC: 591 LCC: 012.00 m</p>
<p>2 x Steinzeug 45°-Bogen DN 150, horizontale Anordnung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> </ul>		 <p>18:20 07.09.09 PC: 575 LCC: 008.40 m</p>
<p>2 x PVC-KG 45°-Bogen DN 125, horizontale Anordnung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Dichtung</li> <li>• Materialwechsel auf Steinzeug DN 125</li> </ul>		 <p>18:53 24.09.09 PC: 611 LCC: 003.10 m</p>

Die Sanierungsarbeiten wurden durch das IKT beauftragt. Auftragnehmer waren die Verfahrensanbieter der getesteten Linersysteme. Ziel der Sanierung sollte es sein, eine dichte, funktionsfähige und standsichere Hausanschlussleitung herzustellen. Dabei war es den Verfahrens Anbietern freigestellt, die Sanierungsarbeiten mit eigenem Personal oder mit Hilfe eines Dienstleisters durchzuführen.

Es waren jeweils drei Hausanschlussleitungen des Leitungstyps „Standardsituation“ bzw. „Extremsituation“ zu sanieren. Für die zwei unterschiedlichen Leitungstypen konnten verschiedene, auf die Leitungscharakteristik abgestimmte Linerprodukte eingesetzt werden. Innerhalb der „Standardsituation“ bzw. „Extremsituation“ waren die gleichen Materialien einzusetzen. Das Vorgehen während der Sanierung der sechs Hausanschlussleitungen, die Vorbereitung einschließlich der Reinigung, die Sanierungsdurchführung und die Nachbereitung, waren dem Verfahrensanbieter bzw. der ausführenden Firmen freigestellt. Insbesondere wurden keine einschränkenden Vorgaben zum Umfang der Sanierungsvorarbeiten aufgestellt.

Im Fall der „Standardsituation“ DN 150 erfolgt die Sanierung durch eine Revisionsöffnung (PVC-KG Reinigungsrohr). Im Fall der „Extremsituation“ besteht der Zugang über ein 90°-Bogenstück DN 125, Rohrwerkstoff Steinzeug. Nach Ermessen des Verfahrensanbieters bzw. des ausführenden Dienstleisters durfte hier ein PVC-KG Rohrabschnitt DN 125 vorgeschaltet werden. Ein Zeitlimit für die Sanierungsarbeiten wurde nicht vorgegeben.

Drei Verfahrensanbieter führten die Sanierung mit eigenem Personal durch. Lediglich für die Sanierungsvorarbeiten, Reinigen und Fräsen, kamen hier z.T. Dienstleister zum Einsatz. Ein Verfahrensanbieter wurde bei der Ausführung der Sanierungsarbeiten durch einen Dienstleister unterstützt.

Die zu sanierenden Leitungen wurden so verteilt, dass jeder Verfahrensanbieter eine Leitung in jeder Ebene und gleichzeitig eine Leitung an jeder Position sanieren musste. Auf diese Weise erhielt jeder Verfahrensanbieter vergleichbare Sanierungsaufgaben hinsichtlich Zugänglichkeit und Leitungslage.

Die für die jeweiligen Anwendungsfälle („Standardsituation“ bzw. „Extremsituation“) eingesetzten Schlauchliner ermöglichten grundsätzlich die Sanierung der Hausanschlussleitungen. Das Einbringen über die Revisionsöffnung der „Standardsituation“ und durch den 90°-Bogen DN 125 der „Extremsituation“ in die Anschlusskanäle verursachte keine Probleme.

Der Ablauf des Einbaus der Hausanschlussliner im IKT ist für sämtliche Verfahren ausführlich in der Langfassung dargestellt. Die Sanierungsarbeiten entsprachen dabei dem folgenden grundsätzlichen Vorgehen:

- Die Anschlussleitung wurde inspiziert und gereinigt. Nach Ermessen des Verfahrensanbieters wurden Fräsarbeiten ausgeführt. Anschließend wurde die Länge der Leitung gemessen. In einem Fall wurde ein Schadensbild mit Scherbenbildung vor dem Invertieren des Hausanschlussliners mit einem Kurzschlauch repariert.
- Das Trägermaterial des Liners wurde entsprechend der Länge der Leitung und den örtlichen Randbedingungen z.B. Anzahl der Bögen, Nennweitenwechsel zugeschnitten. Die Folie des Liners wurde an einem Ende geöffnet und eine Vakuumpumpe angeschlossen, um die Imprägnierung des Liners zu unterstützen.
- Die Epoxidharzkomponenten (Harz und Härter) wurden entsprechend der Linnerlänge und der angestrebten Wanddicke abgemessen, gemischt und das gemischte Harz in den Liner eingefüllt. Die Imprägnierung des Schlauches wurde durch Walzung bei gleichzeitiger Entlüftung unterstützt. Vor der Inversion in den Kanal wurde auf den Liner ein Gleitmittel aufgebracht.
- Die Liner wurden mit Luftdruck invertiert. Die Inversion wurde nach Ermessen des Verfahrensanbieters mit geschlossenem Linerende oder offenem Linerende

de und anschließendem Einbau eines Kalibrierschlauches durchgeführt. Der Kalibrierschlauch wurde dann mit Luft aufgestellt und drückte den Liner an die Rohrwand.

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

In Tabelle 2 und Tabelle 3 sind die bei den Sanierungsarbeiten eingesetzten Materialien, die Sanierungstechniken und Randbedingungen für die „Standardsituation“ und die „Extremsituation“ zusammengestellt.

Tabelle 2: Sanierung der „Standardsituation“ (alphabetisch nach Verfahrensanbieter sortiert)

Liner, Anbieter	Sanierungs- vorbereiten	Trägermaterial	Harzsystem	Gewichts- verhältnis der Harzkom- ponenten A zu B	Inversionstechnik	Inversions- druck	Einbaudauer (Vorbereitung bis Beginn Aushärtung)	Aus- härtung	Dauer der Aushärtung	Druck bei der Aus- härtung
BRAWOLINER XT, Karl Otto Braun GmbH	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- faserschlauch PU-Folie, DN 150	Bravo I (Epoxidharz)	3 : 1	Inversion mit geschlossenem Ende, mit Luftdruck	0,2 - 0,3 bar	ca. 1 - 1,5 h	Warm- wasser (ca. 45°)	ca. 2,5 h	0,2 - 0,3 bar
RS MaxLiner- FLEX S, RS Technik AG	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- faserschlauch mit PU-Folie, DN 150	MaxPox 15-40 (Epoxidharz)	4 : 1	Inversion mit offenem Ende, mit Luftdruck, PVC- Kalibrierschlauch, DN150	0,2 - 0,4 bar	ca. 1,5 - 2 h	Warm- wasser (60°)	ca. 3,5 h	0,4 bar
DrainLiner, Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- Nadelfilz mit PVC-Folie, DN 150	EPROPOX VIS A2/B2 (Epoxidharz)	100 : 67	Inversion mit offenem Ende, mit Luftdruck, PVC- Kalibrierschlauch, DN150	0,3 – 0,5 bar	ca. 1,5 – 2 h	Warm- wasser (ca. 55°)	ca. 2,5 h	0,5 bar
epros®Drain GlassLiner (Prototyp), Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH	HD- Reinigung Fräsen Kurzschlauch über einem Schaden	Polyester- Nadelfilz / ECR Glas mit PU- Folie, DN 150	EPROPOX VIS A4/B4 (Epoxidharz)	100 : 33	Inversion mit offenem Ende, mit Luftdruck, PVC- Kalibrierschlauch, DN150	0,3 – 0,5 bar	ca. 1,5 – 2 h	Dampf (ca. 60°)	ca. 1,5 h	0,5 bar
lineTEC ProFlex Liner, VFG Vereinigte Filzfabriken AG	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- faserschlauch PU-Folie	Biresin line TEC EP 40 (Epoxidharz)	100 : 12	Inversion mit geschlossenem Ende, mit Luftdruck	0,3 – 0,45 bar	ca. 1 – 1,5 h	Warm- wasser (ca. 60°)	ca. 3,5 h	0,2 bar

Tabelle 3: Sanierung der „Extremsituation“ (alphabetisch nach Verfahrensanbieter sortiert)

Liner, Anbieter	Sanierungs- vorbereiten	Trägermaterial	Harzsystem	Gewichts- verhältnis der Harzkom- ponenten A zu B	Inversionstechnik	Inversions- druck	Einbaudauer (Vorbereitung bis Beginn Aushärtung)	Aus- härtung	Dauer der Aushärtung	Druck bei der Aus- härtung
BRAWOLINER XT, Karl Otto Braun GmbH	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- faserschlauch PU-Folie, DN 150	Bravo I (Epoxidharz)	3 : 1	Inversion mit geschlossenem Ende, mit Luftdruck	0,2 - 0,3 bar	ca. 1 - 1,5 h	Warm- wasser (ca. 45°)	ca. 2,5 h	0,2 - 0,3 bar
RS MaxLiner- FLEX S, RS Technik AG	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- faserschlauch mit PU-Folie, DN 150	MaxPox 15-40 (Epoxidharz)	4 : 1	Inversion mit offenem Ende, mit Luftdruck, PVC- Kalibrierschlauch, DN150	0,2 - 0,4 bar	ca. 1,5 - 2 h	Warm- wasser (60°)	ca. 3,5 h	0,4 bar
DrainPlusLiner, Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- Nadelfilz mit PU-Folie, DN 150	EPROPOX VIS A2/B2 (Epoxidharz)	100 : 67	Inversion mit offenem Ende, mit Luftdruck, PVC- Kalibrierschlauch, DN150	0,3 - 0,5 bar	ca. 1,5 - 2 h	Warm- wasser (ca. 55°)	ca. 2,5 h	0,5 bar
epros®Drain PlusGlassLiner (Prototyp), Trelleborg Pipe Seals Duisburg GmbH	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- Nadelfilz mit PU-Folie, DN 150	EPROPOX VIS A4/B4 (Epoxidharz)	100 : 33	Inversion mit offenem Ende, mit Luftdruck, PVC- Kalibrierschlauch, DN150	0,3 - 0,5 bar	ca. 1,5 - 2 h	Dampf (ca. 60°)	ca. 1,5 h	0,5 bar
lineTEC ProFlex Liner, VFG Vereinigte Filzfabriken AG	HD- Reinigung Fräsen	Polyester- faserschlauch mit PU-Folie	Biresin line TEC EP 40 (Epoxidharz)	100 : 12	Inversion mit geschlossenem Ende, mit Luftdruck	0,3 - 0,45 bar	ca. 1 - 1,5 h	Warm- wasser (ca. 60°)	ca. 3,5 h	0,2 bar

#### 4.1.2 Funktionsfähigkeit

Ein wesentliches Sanierungsziel besteht darin, die Funktionsfähigkeit defekter Hausanschlussleitungen wiederherzustellen. Die Funktionsfähigkeit wird hier durch den optischen Zustand des gesamten Abflussquerschnittes definiert. Die Sanierung soll dabei zu einer Verbesserung des Abflussverhaltens und einer Stabilisierung der geschädigten Rohrabschnitte führen. Von besonderem Interesse ist dabei die Faltenbildung im Hausanschlussliner, da diese Falten ein einragendes Abflusshindernis darstellen können. Zur Beurteilung des Sanierungsergebnisses wurde nach der Sanierung mit Hilfe einer TV-Inspektionskamera eine Fotodokumentation des Sanierungsergebnisses erstellt. Nach dem Ausbau der sanierten Hausanschlussleitungen konnten die Rohrabschnitte darüber hinaus segmentiert und im Detail optisch begutachtet werden. Hierbei wurden z.B. Falten im Liner vermessen und fotografisch festgehalten. Insbesondere in engen Bögen können an der Bogeninnenseite Falten auftreten. Hier ist zu unterscheiden, ob diese den Abflussquerschnitt verringern oder zusätzlich auch ein Abflusshindernis darstellen. Neben der möglichen Faltenbildung an der Bogeninnenseite ist z.B. auch die erreichte Wanddicke an der Bogenaußenseite zu beachten. In der Langfassung ist eine ausführliche Fotokumentation der Sanierungsergebnisse dargestellt.

Die Funktionsfähigkeit wurde durch die am Lenkungsreis beteiligten Netzbetreiber aufgrund des optischen Eindrucks getrennt nach „Standardsituation“ und „Extrem-situation“ bewertet. Im Gesamtblick konnte festgestellt werden, dass die Produkte im Vergleich zum früheren Test [5] deutliche Verbesserungen der hydraulischen Oberfläche zeigten. Die Liner waren in der Regel selbst in Bögen und an Versätzen weitgehend faltenfrei. Mit Verstopfungsgefahren war nur in Ausnahmefällen zu rechnen.

#### 4.1.3 Dichtheit

Die Dichtheit ist ein weiteres, wesentliches Kriterium, das von einer Leitung zum Transport von Abwasser erfüllt werden muss. Grenzwerte zur Dichtheit beziehen sich dabei immer auf ein Medium und einen Prüfdruck. Eine Abwasserleitung kann z.B. wasserdicht bis zu einem geforderten Innen- bzw. Außendruck sein.

In Nordrhein-Westfalen fordert das Landeswassergesetz im §61a, dass private Abwasserleitungen einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen sind. Die anzuwendenden Verfahren zur Dichtheitsprüfung, Prüfmedium, Prüfdruck, Prüfzeit und Dichtheitskriterien sind nicht explizit definiert. Im Rahmen des IKT-Warentests „Hausanschluss-Liner“ wurden daher zur Bewertung der Hausanschlussliner verschiedene Dichtheitsprüfungen durchgeführt und deren Ergebnisse nach Wichtung durch die beteiligten Netzbetreiber in die Gesamtbewertung einbezogen. Im Einzelnen betraf dies folgende Prüfungen: Strangprüfung, Laminat-Prüfung und Betrachtung unter Außenwasserdruck hinsichtlich Infiltrationen, Umläufigkeiten oder Beulen.

## Strangprüfungen

Zur Strangprüfung werden in Abschnitt 13 der DIN EN 1610 [6] das Verfahren und die Anforderungen für die Prüfung von Freispiegelleitungen beschrieben. Die Prüfung der Dichtheit kann mit Luft (Verfahren „L“) oder Wasser (Verfahren „W“) durchgeführt werden. Im Fall des einmaligen oder wiederholten Nichtbestehens der Prüfung mit Luft ist ein Übergang zur Prüfung mit Wasser zulässig, und das Ergebnis der Prüfung mit Wasser maßgebend. Bei der Prüfung mit Luft ist zu beachten, dass sich z.B. bei einem Versagen an den Rohrprüfgeräten die komprimierte Luft explosionsartig ausbreiten kann. Das Gefährdungspotential steigt dabei mit zunehmendem Prüfvolumen, d.h. dem Rohrdurchmesser und der Haltungslänge. Die Anforderungen bezüglich Unfallverhütung und Arbeitsschutz sind daher besonders zu beachten. Bei der Prüfung mit Wasser ist die zu prüfende Leitung vor der Prüfung vollständig zu entlüften, da Lufteschlüsse aufgrund der Komprimierbarkeit der Luft das Ergebnis der Prüfung maßgebend beeinflussen können. Im vorliegenden Anwendungsfall wurde aufgrund des geringen Durchmessers der Leitungen (DN 125 und DN 150) und der vergleichbar geringen Haltungslänge von ca. 12 m zunächst eine Prüfung nach Verfahren „L“ mit Luft durchgeführt. Die Prüfzeit ist nach DIN EN 1610 [6] unter Berücksichtigung des Rohrdurchmessers und des Prüfverfahrens (LA; LB; LC; LD) festzulegen. Im Gegensatz zur Prüfung mit Wasser nach Verfahren „W“ ist eine exakte Berechnung der während der Prüfung benetzten Oberfläche nicht erforderlich. Wird die Dichtheitsprüfung mit Luft nicht bestanden, ist aber letztlich das Ergebnis einer anschließenden Wasserdruckprüfung maßgebend.

Die Dichtheit wird in Abhängigkeit der Anzahl der dichten Haltungen bewertet. Die Notenvergabe von „sehr gut“ bis „ungenügend“ erfolgt nach folgendem Notenschlüssel:

- Note 1,0: bei drei von drei bestandenen Dichtheitsprüfungen,
- Note 2,7: bei zwei von drei bestandenen Dichtheitsprüfungen,
- Note 4,3: bei einer von drei bestandenen Dichtheitsprüfungen,
- Note 6,0: bei keiner bestandenen Dichtheitsprüfungen.

Im Rahmen des IKT-Warentests wurden zur Dichtheitsprüfung mit Luft jeweils nacheinander Prüfungen nach den vier möglichen Prüfverfahren LA bis LD durchgeführt. Alle durchgeführten Strangprüfungen nach der Sanierung konnten bereits nach der Dichtheitsprüfung mit Luft mit dem Prüfergebnis „dicht“ bewertet werden.

Um mögliche Betriebsbeanspruchungen der eingebauten Hausanschlussliner zu simulieren, wurden jeweils eine Leitung vom Typ „Standardsituation“ und eine Haltung vom Typ „Extremsituation“ einer Wasserhochdruckreinigung unterzogen. Insgesamt wurden je fünf Reinigungsdurchgänge mit einem Druck von 100 bar an der Düse durchgeführt. In der anschließenden Strangprüfung konnten alle Sanierungsergebnisse wiederum mit dem Prüfergebnis „dicht“ bewertet werden.

Im Rahmen einer nicht bewertungsrelevanten Zusatzuntersuchung wurde auch ein 6 m langer Bereich der obersten Ebene mit einer Kettenschleuder beansprucht. Auch hier bestanden alle Leitungen im Anschluss die Dichtheitsprüfung. Allerdings wurden infolge der mechanischen Reinigung mit der Kettenschleuder erwartungsgemäß Beschädigungen der Innenfolie und Riefenbildung festgestellt. Deutliche Zerstörungen der Linerstruktur waren aber nicht zu erkennen.

Bei Beschädigung der Innenfolie durch mechanische Reinigung entfällt grundsätzlich auch die Dichtwirkung dieser Folie an der geschädigten Stelle, so dass die Dichtfunktion hier zunächst vollständig durch die Struktur des Lamiantes übernommen werden müsste. Die genauere Untersuchung der linersanierten Rohrstücke zeigte jedoch, dass Undichtigkeiten im Altrohr ggf. auch durch Linerharz abgedichtet wurden, das in die Muffen, Scherben oder sogar den Boden austrat. Diese, zum Teil mit einer Injektion vergleichbare Abdichtung führt möglicherweise dazu, dass die Dichtheitskriterien nach der mechanischen Reinigung auch bei Schwächen in der Laminat-Prüfung in der Strangprüfung noch erfüllt werden konnten, allerdings u.U. zu Lasten der Linerwanddicke.

Die Abbildung 2 zeigt beispielhaft, wie das Harz die Bereiche der Rohrverbindung ausfüllt, sowie das aus der Rohrverbindung ausgetretene Harz. Das Harz hat sich hier mit dem umgebenden Boden zu einem festen Körper verbunden. Im Detail ist zu erkennen, dass das Harz auch den minimalen Fugenspalt zwischen den PVC-KG Formteilen ausfüllt. Die Abbildung 3 zeigt die Verteilung des Harzes zwischen Liner und Altrohr in einem Fall, bei dem kein Harz aus der Rohrverbindung ausgetreten ist. Auch hier ist im Detail zu sehen, dass der minimale Fugenspalt zwischen den PVC-KG-Oberflächen mit Linerharz ausgefüllt ist.



Abbildung 2: Harzaustritt aus einer undichten Verbindung

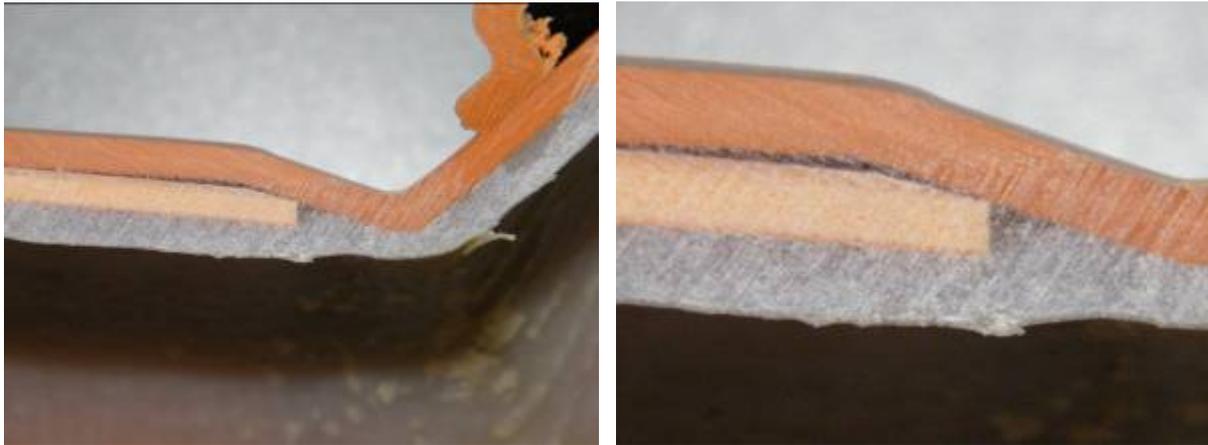


Abbildung 3: Harzaustritt in eine undichte Rohrverbindung

### Laminat-Dichtheitsprüfung

Zur Prüfung der Wasserdichtheit des Laminats von Baustellenproben aus vor Ort härtenden Schlauchlinern wird die APS-Prüfrichtlinie vom 15.09.2004 [7] herangezogen. Die Randbedingungen zur Prüfung der Wasserdichtheit nach den Kriterien des APS - Arbeitskreis Prüfinstitute Schlauchliner sind nachfolgend aufgelistet:

- Prüfdruck: 500 mbar  $\pm$  5 %
- Prüfdauer: 30 min
- Prüffläche:  $\varnothing$  45 mm  $\pm$  5 mm
- Prüfserie: 3 Prüfungen je Baustellenprobe an augenscheinlich markanten Stellen (ausgenommen Nahtbereich)
- Innenfolie im Gitterschnitt durchtrennen (sofern nicht integraler Bestandteil des Liners), Beschädigung des Linerlaminates vermeiden (max. 0,3 mm)
- Prüfklima: Raumtemperatur 23  $\pm$  5°C

Zur Prüfung der Wasserdichtheit nach den Kriterien des APS wird die Innenfolie der zu prüfenden Probe nach einem festgelegten Muster eingeschnitten (Gitterschnitt). Dann wird mit Rhodamin gefärbtes Wasser auf die Innenseite der Probe aufgetragen und auf die Außenseite ein Unterdruck von 0,5 bar aufgebracht. Bilden sich an mindestens einer der drei Prüfflächen Tropfen, Schaum oder Feuchtigkeit auf der Außenseite, so gelten diese Prüfflächen und die betroffene Prüfserie als undicht. Im Besonderen ist darauf zu achten, dass die Prüfung z.B. nicht an den Nahtbereichen des Trägermaterials durchgeführt wird.

Es wurden sowohl für die „Standardsituation“ als auch die „Extremsituation“ jeweils sechs Prüfungen nach APS-Prüfrichtlinie [7] für jeden der jeweils 5 Hausanschlussliner durchgeführt. In der Langfassung sind die Ergebnisse der Prüfungen detailliert dargestellt. Die Notenvergabe folgt dann folgender Regel:

Note 1,0: bei sechs von sechs dichten Prüfserien

Note 4,4: bei fünf von sechs dichten Prüfserien

Note 6,0: bei weniger als fünf von sechs dichten Prüfserien

Die Note 4,4 wird demnach auch bei einfacher Undichtigkeit zugestanden, da in der Praxis die Wiederholungsprüfung an einer beliebigen weiteren der fünf verbliebenen Proben mit Sicherheit zu einer bestandenen Prüfung führen würde.

### **Außenwasserdruck**

Der Großversuchsstand des IKT bietet die Möglichkeit, die eingerdeten, sanierten Hausanschlussleitungen mit einem definierten Außenwasserdruck zu beaufschlagen. Hierzu ist der IKT-Großversuchsstand mit Wasserzuläufen in der Bodenplatte ausgestattet, die eine Flutung möglich machen. Ein ansteigender Grundwasserstand kann so simuliert werden. Vor dem Bodeneinbau wurden die Auslassöffnungen mit Kies und Filterflies abgedeckt. Der Bodenkörper aus einem wasserdurchlässigen Sand-Kies-Gemisch unterhalb der tiefsten Rohrlage wurde lagenweise eingebaut und mit einer Vibrationswalze verdichtet. Die Überschüttung der Hausanschlussleitungen und die Bettung der darüberliegenden Rohrlagen wurden lagenweise eingebaut und mittels Handstampfung verdichtet (vgl. Abbildung 4).

Um eine Außenwasserdruckbeanspruchung der Hausanschlussliner sicherzustellen, wurden sämtliche Rohrverbindungen der zu sanierenden Leitungen definiert undicht hergestellt. Das Dichtungsmaterial wurde dazu bereichsweise entfernt. Im Sohlbereich wurden lediglich Fragmente der Dichtung belassen um eine sohlgleiche Lage der Rohre zu gewährleisten. Ein Dichtungsrest im Rohrscheitel sollte vor ungewollten Lageabweichungen und Versätzen schützen.



Abbildung 4: Tiefste Rohrlage vor der Überschüttung, Überschüttungshöhe 5 m

Grundsätzlich musste davon ausgegangen werden, dass die getesteten Liner unter Grenzlast unterschiedliche Versagensformen zeigen, wie z.B. Umläufigkeiten im Bereich der Einbindung zum Hauptkanal, das Beulen des Liners sowie das Ablösen der Innenfolie und schließlich Zutritt von Wasser durch Fehlstellen in der Rohrwandung.

An insgesamt neun Halten zeigte sich im Verlauf der Außenwasserdruckprüfung eindringendes Wasser. Die Infiltrationsstellen sind beispielhaft in Abbildung 6 dargestellt. Die Infiltrationsstellen liegen in Rohrverbindungsbereichen vor Bögen oder Abzweigen. Vor der Außenwasserdruckbeanspruchung waren in diesen Bereichen keine Auffälligkeiten festzustellen. Daher war zu hinterfragen, ob die entstandenen Undichtigkeiten allein durch den einwirkenden Außenwasserdruck hervorgerufen wurden oder ob andere Effekte wie z.B. Auftriebsbeanspruchungen ursächlich für die Schädigung der Linerwand sind und das eindringende Wasser lediglich eine Folge dieser Schädigungen ist.

Nach dem Ausbau der Rohre konnten die Infiltrationsbereiche detailliert beurteilt werden. Die Analyse bestätigte, dass Auftriebseffekte für die Schäden maßgeblich verantwortlich sind. Es zeigte sich deutlich ein Zielkonflikt zwischen der angestrebten Verklebung des Liners mit dem Altrohr und der scheinbar notwendigen Abwinkelbarkeit der Rohrverbindungsbereiche unter Auftrieb. Da offensichtlich die Undichtigkeiten nicht auf die Belastungsart „Außendruck“ allein, sondern auf die Empfindlichkeit der Struktur unter Auftrieb zurückzuführen sind, wurden die hier erkannten Schäden bei der Bewertung der Dichtheit des Linermaterials nicht berücksichtigt, sondern als „Empfindlichkeit unter Auftrieb“ ggf. gesondert bewertet.

Ein Ablösen der Innenfolie oder Beulen des Liners wurde in keinem Fall beobachtet. Auch zeigten sich weder Umläufigkeiten im Bereich der Revisionsöffnungen noch im Bereich der Anbindung an den Hauptkanal. Hier können neben der direkten Verklebung des Liners mit der Altrohrwandung auch die Harzaustritte an den undichten Rohrverbindungen zu einer Absperrung des Ringraumes gegen Umläufigkeiten geführt haben. Da somit in der vorliegenden Untersuchung in keiner der sanierten Leitungen die bewertungsrelevanten Fälle von Umläufigkeiten, Lösen der Innenfolie oder Einbeulen unter Außenwasserdruck beobachtet wurden, ergab sich für sämtliche Verfahren und Bewertungsfälle die Note 1,0.

#### **4.1.4 Tragfähigkeit der Struktur**

Bei Schlauchlinern entstehen die für den Sanierungserfolg benötigten Werkstoff- und Systemeigenschaften erst nach dem Einbau und Aushärten in einem zu sanierenden Altrohr. Die Auswahl und Verarbeitung (Konfektionieren, Tränken, Transportieren, Einbauen, Aushärten) geeigneter Materialien sowie die Baustellenrandbedingungen üben einen erheblichen Einfluss auf die Linerqualität aus [8].

Die Auswertung von aufgeschnittenen Rohrbereichen zeigte, dass insbesondere im Bereich von Bögen Schwankungen der Wanddicke über den Querschnitt auftreten können. Hier ist häufig eine Wanddickenverringerung an der Bogeninnenseite und eine Wanddickenerhöhung an der Bogenaußenseite zu erkennen. Alle eingesetzten Linerprodukte zeigten – wenn auch z.T. nur in kleinflächigen Ausnahmefällen – bereichsweise Unterschreitungen der Mindestwanddicke von 3 mm.

Nach dem Ausbau der sanierten Leitungen aus dem IKT-Großversuchsstand konnte festgestellt werden, dass sowohl an den Schadensstellen (Risse, Scherbenbildung, Lageabweichungen usw.) als auch durch die undichten Rohrverbindungen Linerharz ausgetreten ist (vgl. Abbildung 5). Der Harzaustritt kann zu einer Verringerung der Verbundwanddicke führen. Harzaustritte traten bei allen Linertypen auf. Lediglich die Menge des ausgetretenen Harzes variierte zwischen den Linertypen. Durch den Aufstelldruck wird das Linerharz vor dem Aushärten aus dem imprägnierten Schlauch in die vorhandenen Fehlstellen im Altrohr gepresst. Dieser Effekt kann zu einer Verzahnung des Liners mit dem Altrohr führen.

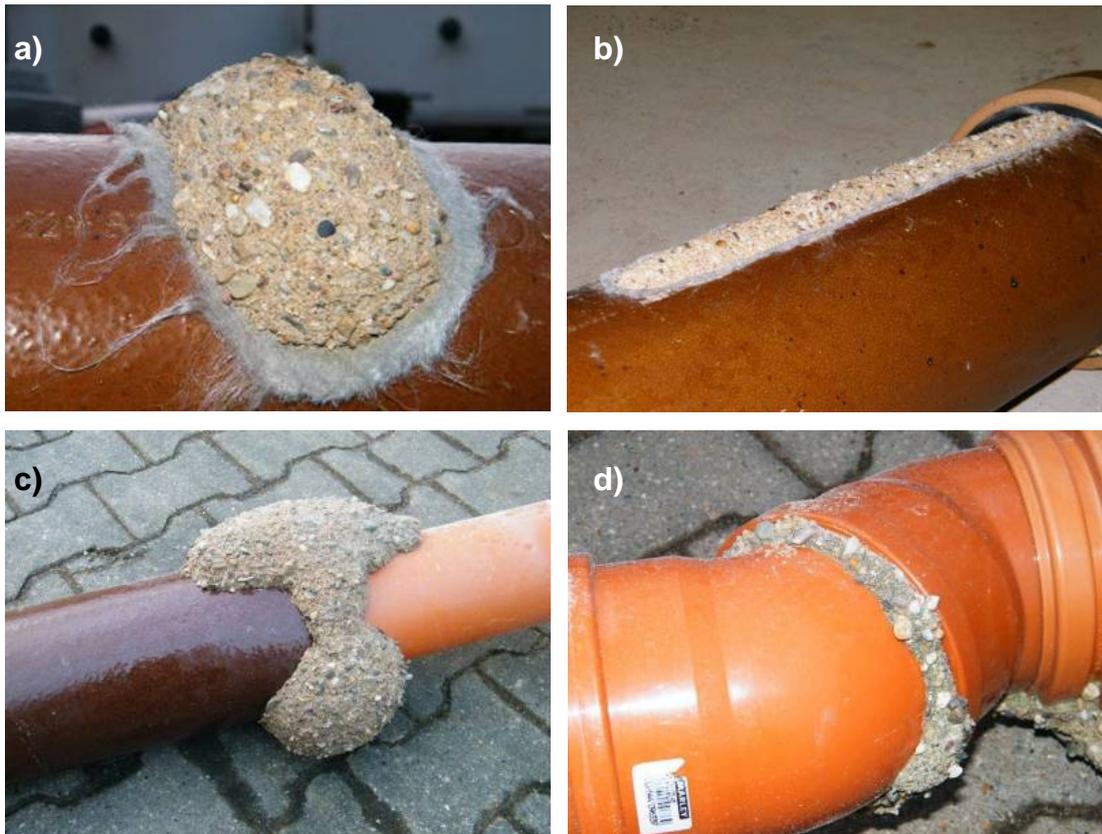


Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung der Harzaustritte  
a) an einem Scheitelriss in Umfangsrichtung  
b) an einem Scheitelriss in Längsrichtung  
c) an einem fehlerhaften Materialwechsel (Steinzeug/PVC-KG)  
d) an einer Verbindung zwischen zwei PVC-KG Formteilen ohne Dichtung

Zur Bewertung der Tragfähigkeit der Struktur eines Schlauchliners nach abgeschlossener Aushärtung werden die Kurzzeitwerte der Ringsteifigkeit bzw. des Elastizitätsmoduls bestimmt. Die untersuchten Linerproben erreichten überwiegend die in den DIBt-Zulassungen vorgegebenen Werte.

Bei den hier betrachteten Rohren aus duroplastischen Kunststoffen dient die Ermittlung der 24h-Kriechneigung in Anlehnung an DIN EN 761 [9] der Abschätzung des Langzeit-Verformungsverhaltens des Schlauchliners. Die untersuchten Linerproben erreichten auch hier überwiegend die in den DIBt-Zulassungen vorgegebenen Werte.

Ergänzend wurde auch die Dichte erfasst, da dies eine mit geringem Aufwand zu bestimmende Eigenschaft ist, die z.B. als Indiz herangezogen werden kann, um physikalische und/oder chemische Veränderungen bei Kunststoffen und Elastomeren zu erkennen. Schwankungen der Dichte deuten z.B. auf eine ungleichmäßige oder unvollständige Harzverteilung im Trägermaterial hin, so dass der Tränkungserfolg in Frage steht. Als Prüfung bietet sich die Eintauchprüfung in Anlehnung an DIN EN ISO 1183-1 [10] an. Die untersuchten Linerproben erreichten wiederum die in den DIBt-Zulassungen vorgegebenen Werte.

Die Tragfähigkeit der Struktur der untersuchten Linersysteme wird im Praxisfall allerdings durch die tatsächlich auftretenden Beanspruchungen bestimmt. Zur Bewertung können zwar mechanische Kennwerte (z.B. Elastizitätsmodul, Kriechneigung) herangezogen werden. Ebenfalls von Interesse sind aber auch die Geometrie des Liners und die Wanddicke, wobei hier insbesondere Schwankungen in Längs- und Umfangsrichtung zu berücksichtigen sind. Der Hausanschlussliner, ein als Duroplast zu beschreibendes Kunststoffrohr, weist darüber hinaus ein kunststofftypisches zeitabhängiges Materialverhalten auf.

Voraussetzung für die Tragfähigkeit ist, dass die in den Zulassungen dokumentierten und entsprechend auch in statischen Betrachtungen vorausgesetzten Materialeigenschaften zuverlässig erreicht werden. Der Vergleich der Ergebnisse aus der Messung der Verbundwanddicke und aus der Prüfung der mechanischen Kennwerte (E-Modul, 24h-Kriechneigung und Dichte) mit den Angaben in der DIBt-Zulassung bildet daher die Grundlage für die Bewertung.

Die Wanddicke wurde entsprechend dem folgenden Notenschlüssel bewertet:

Note 1,0: Die geforderte Dicke ist immer eingehalten.

Note 3,0: Die geforderte Dicke ist an einzelnen Stellen unterschritten, erreicht im Mittel aber den geforderten Wert.

Note 6,0: Die geforderte Dicke ist überwiegend unterschritten.

Der E-Modul, die 24h-Kriechneigung und die Dichte wurden pro Verfahren an drei Probekörpern für die „Standardsituation“ und drei Probekörpern für die „Extremsituation“ bestimmt. Die Notenvergabe erfolgt durch den Vergleich der erreichten Werte mit den Vorgaben der DIBt-Zulassung. In einem Fall wurde die Selbstverpflichtung des Verfahrensanbieters (Grundlage für das laufende Verfahren zur DIBt-Zulassung) zum Vergleich herangezogen. Die mechanischen Kennwerte wurden entsprechend dem nachfolgendem Notenschlüssel bewertet:

Note 1,0: Der geforderte Wert wird bei drei von drei Probekörpern eingehalten.

Note 4,4: Der geforderte Wert wird bei zwei von drei Probekörpern eingehalten.

Note 6,0: Der geforderte Wert wird bei keinem oder einem von drei Probekörpern eingehalten.

Der Unterpunkt „Dichte“ wird lediglich als Anhaltspunkt für den zugesicherten Tränkungsgrad in gleicher Weise gewertet. Mögliche Auswirkungen auf mechanische Kennwerte werden bereits in der direkten Prüfung dieser Kennwerte berücksichtigt.

#### **4.1.5 Empfindlichkeit unter Auftrieb**

Die Empfindlichkeit unter Auftriebsbeanspruchungen wird separat bewertet. Die Funktionsfähigkeit, Dichtheit und Standsicherheit muss unter den jeweils gegebenen

äußeren Lastzuständen und Einbaurandbedingungen sichergestellt sein. Mit Blick auf mögliche Veränderungen der äußeren Belastungszustände ist auch die Systemanfälligkeit des Liner-Altrohr-Systems gegenüber sich verändernden äußeren Belastungszuständen zu bewerten. Der Klebeverbund zwischen Liner und Altrohr kann hier ein längsbiegesteifes Gesamtsystem erzeugen. Steigende Grundwasserstände und damit verbundene Auftriebsbelastungen können Biegebeanspruchungen der Rohrfugenbereiche dieses längsbiegesteifen Gesamtsystems zur Folge haben. Werden die möglichen Dehnungen nicht durch die Elastizität des Liners ausgeglichen, sind Risse im Liner und gegebenenfalls Undichtigkeiten die Folge. Eine differenzierte Bewertung solcher Risse ist nur dann möglich, wenn das Rohr-Boden-System zuverlässig beschreibbar ist und die Häufigkeit des Auftretens von Schadstellen mit dem Material- oder Verbundverhalten korreliert.

In neunhaltungen zeigte sich an insgesamt zehn Stellen während der Wasserfüllung des Versuchsstandes eindringendes Wasser (Abbildung 6). Die Infiltrationsstellen liegen in Rohrverbindungsbereichen vor Bögen oder Abzweigen. Vor der Außenwasserdruckbeanspruchung waren in diesen Bereichen keine Auffälligkeiten festzustellen.

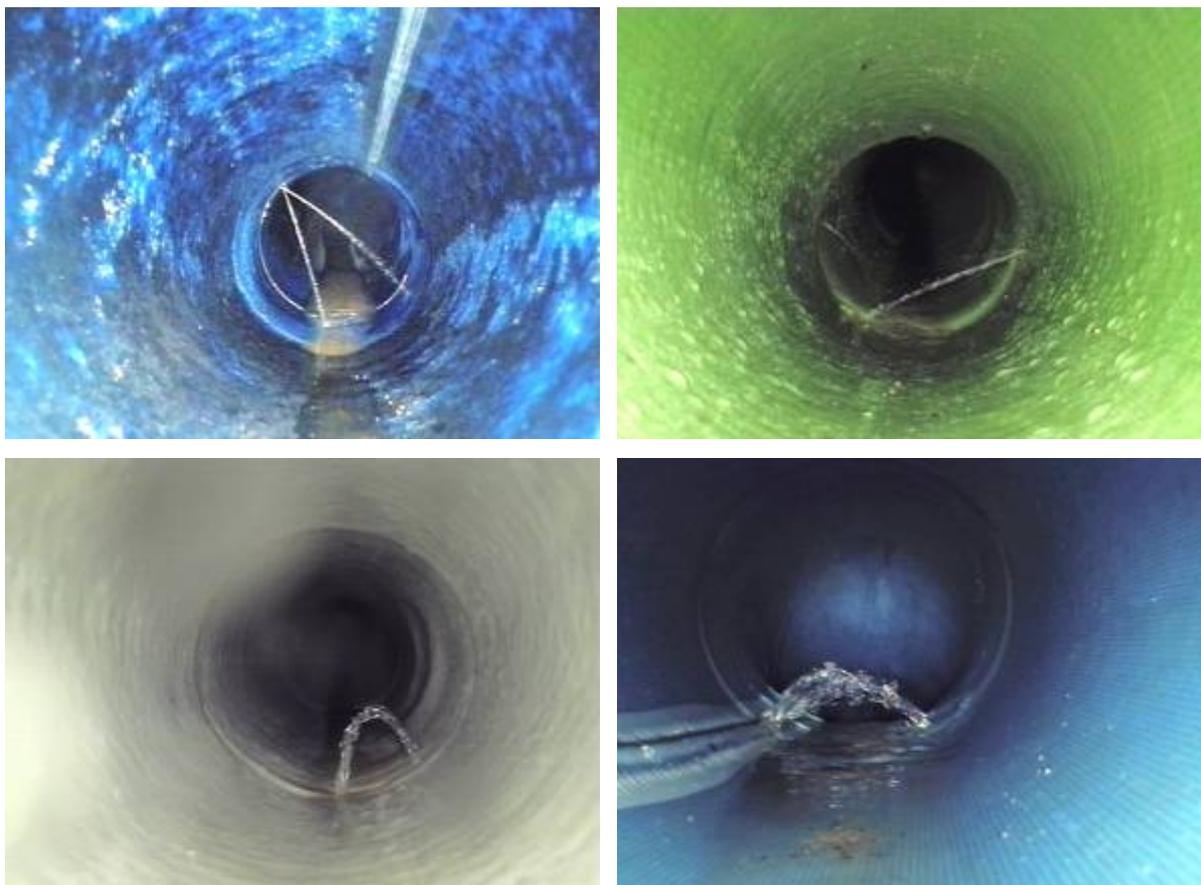


Abbildung 6: Schadstelle mit Infiltration nach Grundwasseranstieg im Versuch

Die Undichtigkeiten traten jeweils unmittelbar auf, nachdem der Wasserspiegel den Rohrscheitel überstieg. Es liegt nahe, dass der Rohrauftrieb sowie der Auftrieb des Bodens (scheinbare Wichterereduzierung) einen Einfluss auf die Schadensentstehung haben. Spätere Aufgrabungen zeigten keine nennenswerten Setzungen unter den Leitungen, so dass dies als Schadensursache ausgeschlossen wurde.

Schadhafte Rohrverbindungen erlauben offensichtlich Bewegungen der Rohre unter Auftrieb. Zusätzlich kann ein Harzaustritt zu einer Verringerung der Linerwanddicke führen. In Verbindung mit einem guten Klebeverbund zwischen Liner und Altrohr oder sogar einer Verzahnung des Liners im Rohrverbindungsbereich können im Liner Zugdehnungen entstehen, die durch die Elastizität des Linermaterials nicht ausgeglichen werden.

Die beobachtete Empfindlichkeit unter Auftrieb nimmt bei der Fremdwassersanierung eine wichtige Rolle ein. Bei einer zunehmenden Erhöhung des Abdichtungsgrades der öffentlichen und der privaten Kanalisation sowie dem möglicherweise damit verbundenen Ansteigen des Grundwasserspiegels gewinnt auch das Verhalten der sanierten Hausanschlussleitung unter Auftriebsbelastungen an Bedeutung. Im IKT-Warentest wurde der Zielkonflikt zwischen dem Verkleben des Liners und der Abwinkelbarkeit unter Auftrieb festgestellt und die Empfindlichkeit des Liner-Altrohr-Systems unter Auftrieb wie folgt bewertet:

„**Risiko denkbar**“, wenn ein erkennbarer, die Rissbildung begünstigender Verbund zwischen Liner und Altrohr im Rohrverbindungsbereich besteht, aber unter den Versuchsbedingungen keine Auftriebsschäden beobachtet wurden,

„**Risiko beobachtet**“, wenn ein erkennbarer, die Rissbildung begünstigender Verbund zwischen Liner und Altrohr im Rohrverbindungsbereich besteht und unter den Versuchsbedingungen einzelne Auftriebsschäden tatsächlich beobachtet wurden,

„**Risiko zu erwarten**“, wenn ein erkennbarer, die Rissbildung begünstigender Verbund zwischen Liner und Altrohr im Rohrverbindungsbereich besteht und in allen Testhaltungen wenigstens ein Auftriebsschaden beobachtet wurde.

In den ersten beiden Fällen dienen die Bewertungen allein der Information und haben keinen Einfluss auf die Gesamtnote. Nur wenn gilt „**Risiko zu erwarten**“, wird die Gesamtnote der „Systemprüfung“ um eine volle Note (1,0) abgewertet.

## 4.2 Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

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

Eine zentrale Anforderung ist die **bauaufsichtliche Zulassung** des Hausanschlussliners durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt). Für den Einsatz von

Schlauchlinern zur Sanierung von Hausanschlussleitungen wird diese u.a. in der Landesbauordnung NRW gefordert. Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird für den Zeitraum von 5 Jahren erteilt. Für die bauaufsichtliche Zulassung werden zentrale Fragen des Grundwasser- und Bodenschutzes im Bezug auf die Werkstoffkomponenten des Systems untersucht. Daneben sind auch Verwendbarkeitsprüfungen, z.B. zur Wasserdichtheit, Wanddicke, Dichte, ggf. Haftzugfestigkeit zwischen Altrohr und Liner, mechanische Kennwerte und Hochdruckstrahlbeständigkeit und -spülfestigkeit Bestandteil des Prüfprogramms. Die bauaufsichtliche Zulassung stellt somit eine Beurteilung der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Hausanschlussliners im Hinblick auf die bauaufsichtlichen Anforderungen dar. Die bauaufsichtliche Zulassung des Hausanschlussliners durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) kann somit qualitätssichernd wirken. Die Zulassung wird i. d. R. für ein Schlauchlinerverfahren mit Bezug zu den bei den Zulassungsprüfungen eingesetzten Materialien (z. B. Trägermaterial, Harzsystem) vergeben.

Der Verfahrensanbieter soll in jedem Fall sicherstellen, dass die eingesetzten Materialien (Trägermaterial und Harze) ausreichend umweltverträglich sind, um diese bei der Kanalsanierung einsetzen zu dürfen. Dies gilt vor allem für die Harze, da diese an Schadstellen in den umgebenden Boden austreten können. Die **Umweltverträglichkeit** der eingesetzten Harze ist durch Prüfzeugnisse zu belegen.

Für den Einsatz bzw. die Anwendung der Hausanschlussliner ist ein Verfahrenshandbuch hilfreich. Das **Verfahrenshandbuch** sollte strukturiert und übersichtlich aufgebaut sein. Es sollte eine ausführliche Beschreibung des Einbauprozesses mit Angaben zur Harzverarbeitung und umfassender Bebilderung sowie Sicherheits- und Warnhinweise zum Umgang mit der Verfahrenstechnik und den eingesetzten Materialien enthalten. Die Anwendung des Hausanschlussliners und die Einsatzmöglichkeiten sollten dargestellt sein.

Die Erfahrungen des Verfahrensanbieters mit dem Hausanschlussliner sind an das ausführende Personal z. B. durch entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen (Schulungen) weiterzugeben. Idealerweise werden in den **Schulungen** sowohl theoretische Grundlagen behandelt als auch die praktische Anwendung der Hausanschlussliner in Kanalstrecken eingeübt. Ein Beleg für das Schulungsangebot sind Zertifikate, die für Anwender nach der Teilnahme ausgestellt werden.

Die häufig in Ausschreibungen geforderte **Fremdüberwachung** der Sanierungsmaßnahmen für den Einsatz der Hausanschlussliner auf Baustellen sowie eine zusätzliche Fremdkontrolle der Firmeneinrichtungen können ebenfalls der Qualitätssicherung dienen. Daher sollten die Hausanschlussliner am Markt nachweislich auch mit einer qualifizierten Fremdüberwachung, z.B. Güteschutz Kanalbau oder vergleichbar, angeboten werden.

Für den Auftraggeber einer Sanierungsmaßnahme ist neben der unmittelbaren Umweltverträglichkeit auch die Frage der Entsorgungsmöglichkeiten von erheblicher Be-

deutung. Nach Ablauf der Nutzungsdauer müssen Baustoffe bzw. Bauteile, also auch Hausanschlussliner möglicherweise, entsorgt werden. Für die eingesetzten Materialien kann die **Entsorgbarkeit** durch den Abfallentsorgungsschlüssel nachgewiesen werden. Besteht ein dauerhafter Klebeverbund mit dem Altrohrmaterial wird der Nachweis der Entsorgbarkeit, z.B. durch eine Bestätigung des Entsorgungsweges durch einen berechtigten Dritten, erbracht.

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

Alle Lineranbieter haben auf die Anfrage des IKT bzgl. der DIBt-Zulassungen, der Prüfzeugnisse zur Umweltverträglichkeit, der Verfahrenshandbücher und des Schulungsangebotes, des Nachweises der Entsorgbarkeit des Schlauchliners und der Fremdüberwachung geantwortet. Die zur Verfügung gestellten umfangreichen Unterlagen wurden ausgewertet und die Ergebnisse in die Gesamtbewertung einbezogen.

Verfahrenshandbücher mit ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte, Bebilderung und Sicherheits- und Warnhinweisen wurden von allen Verfahrensanbietern geliefert. Schulungsnachweise und eine Bescheinigung über ausgeführte Fremdüberwachungsmaßnahmen erbrachten ebenfalls alle Anbieter.

Zum Nachweis der Entsorgbarkeit wurden von den Verfahrensanbietern die Entsorgungsschlüssel der ausgehärteten Liner vorgelegt. Der Nachweis der Entsorgbarkeit, z. B. durch eine Bestätigung des Entsorgungsweges durch einen berechtigten Dritten wurde durch das IKT selbst eingeholt. Die eingesetzten Hausanschlussliner wurden in Verbindung mit dem Altrohrmaterial Steinzeug bzw. PCV-KG nach heutigem Stand als Bauschutt entsorgt. Weitere Informationen zur Entsorgung von Schlauchlinern finden sich in [11].

Insgesamt geht der Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Lineranbieter“ mit 20% in das jeweilige Prüfurteil ein. Dabei werden die o.a. fünf Bewertungsfälle unterschieden: „DIBt-Zulassung“, „Prüfzeugnis zur Umweltverträglichkeit“, „Verfahrenshandbuch und Schulungen“, „Fremdüberwachung“ und „Nachweis der Entsorgbarkeit“ ein. Die Bewertungsfälle werden nach dem Kriterium „ja/nein“ bewertet. „Ja“ bedeutet, die entsprechende Qualitätssicherung konnte vollständig nachgewiesen werden. „Nein“ steht für das Fehlen eines entsprechenden Nachweises.

### 4.3 Baustellenuntersuchungen

Die Baustellen-Untersuchungen dienen zur Überprüfung der Handhabbarkeit der Verfahren und der eingesetzten Hausanschlussliner in bestehenden Anschlusskanälen unter In-situ-Bedingungen. Durch die Baustellen-Untersuchung wurde darüber

hinaus die Plausibilität der Einsätze im Großversuchsstand überprüft. Eine ausführliche Darstellung enthält die Langfassung.

## 5 Prüfurteile und Gesamtergebnis

Die Prüfurteile für die Schlauchliner werden für den jeweiligen Anwendungsfall „Standardsituation“ und „Extremsituation“ aus den Bewertungsschwerpunkten „Systemprüfung (80 %)“ und „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter (20 %)“ gebildet.

Aus den Bewertungsschwerpunkten „Systemprüfung Standardsituation“ und „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ bzw. „Systemprüfung Extremsituation“ und „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ ergeben sich somit grundsätzlich zwei Prüfurteile.

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

In Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Prüfurteile für die untersuchten Schlauchliner dargestellt. In den Tabellen werden ergänzend die Ergebnisse der Baustellen-Untersuchungen, Zusatzinformationen und die erkannten Verbesserungspotentiale für die einzelnen Schlauchliner zusammengefasst.

In der Standardsituation erreichten vier Liner das Prüfurteil „gut“ (BRAWOLINER XT RS MaxLiner-FLEX S, DrainLiner, lineTECProFlex Liner) und ein Liner das Prüfurteil „ausreichend“ (epros<sup>®</sup>DrainGlassLiner (Prototyp)). In der Extremsituation schnitt der BRAWOLINER XT mit „Sehr gut“ (1,3) am besten ab. Drei weitere Produkte erhielten ein „gut“ (RS MaxLiner-FLEX S, DrainPlusLiner, lineTEC ProFlex Liner). Ein weiterer Liner schnitt mit befriedigend (2,9) (epros<sup>®</sup>DrainPlusGlassLiner (Prototyp)) ab. Für sämtliche Liner können aufgrund ihrer Verbundwirkung mit dem Altrohr besondere Risiken unter Auftrieb bei Grundwasseranstieg nicht ausgeschlossen werden. Für den epros<sup>®</sup>DrainGlassLiner (Prototyp) führte dies zu einer Abwertung um eine volle Note.

Tabelle 4: Ergebnisse des IKT - Warentests „Hausanschluss-Liner“ bei der „Standardsituation“

**IKT - Warentest „Hausanschluss-Liner“**  
Standardsituation:

Sanierung von drei Anschlusskanälen aus Steinzeug DN 150; fachgerechter Anschluss mit einem Anschlussstutzen oberhalb des Kämpfers des Hauptrohres; Inversion durch PVC-KG Revisionsöffnungen am Anfang des Steinzeugkanals; Bögen: 45° und 30°; eingetragene Schäden: Längsrisse, Querrisse, Scherenbildungen, fehlende Rohrstücke, unsachgemäß hergestellter Zulauf, undichte Rohrverbindungen, Fettablagerungen.

Lineranbieter	Karl Otto Braun GmbH & CO. KG	VFG Vereinigte Filzfabriken AG	RS Technik AG	Trelleborg Pipe Seals Dulsburg GmbH	Trelleborg Pipe Seals Dulsburg GmbH
Schlauchliner	BRAWOLINER XT	lineTEC ProFlex Liner	RS MaxLiner-FLEX S	DrainLiner	epress@DrainGlassLiner (Prototyp)
Eingesetztes Trägermaterial	Polyesterfaserschlauch mit Polyesterurethan-Folie	Polyesterfaserschlauch mit Polyesterurethan-Folie	Polyesterfaserschlauch mit Polyesterurethan-Folie	Polyester-Nadelstitchschlauch mit Polyurethan-Folie	Polyester-Nadelstitchschlauch/ECR Glas mit Polyurethan-Folie
Eingesetztes Harzsystem	BRAWO 1	Breslin lineTEC EP 40	MaxPox 15-40	EPRPOX VIS A2 / B2	EPRPOX VIS A4 / B4
<b>IKT - Prüferleit: Standardsituation*</b>	gut (1,6)	gut (1,8)	gut (1,9)	gut (2,1)	ausreichend (3,7)
<b>Systemprüfung (Gewichtung 80%)</b>	gut (1,8)	gut (2,1)	gut (2,1)	gut (2,4)	befriedigend (3,3)
Funktionsfähigkeit <sup>1)</sup> (20%)	1,6	2,1	1,9	1,9	2,3
Dichtheit (60%)	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8
Strangprüfung (40%)	nach Sanierung (30%)	1,0	1,0	1,0	1,0
nach HD-Reinigung (10%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lammaprüfung (10%)	4,4	6,0	6,0	6,0	6,0
Dichtheit (60%)	1,0	1,0	1,0	1,0 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>3)</sup>
Unfallgefahr (2%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Außenwasserdruck (10%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Leeren der Innentüte (4%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Beulen (4%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tragfähigkeit der Struktur (20%)	2,6	2,6	3,1	4,6	3,5
Verbunddicke (6%)	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0
E-Modul (6%)	4,4	4,4	1,0	6,0	1,0
24h-Kriechwängung <sup>2)</sup> (6%)	1,0	4,4	6,0	6,0	4,4
Dichte <sup>2)</sup> (2%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Empfindlichkeit unter Auflast <sup>3)</sup>	Risiko beobachtet	Risiko beobachtet	Risiko denkbar	Risiko denkbar	Risiko zu erwarten (Abwertung <sup>3)</sup> )
<b>Qualitätssicherung (Gewichtung 20%)</b>	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	mangelhaft (5,5)
DBI-Zulassung <sup>1)</sup> (50%)	ja	ja	ja	ja	nein
Umweltverträglichkeitsprüfungs des Harzes vorgelegt <sup>1)</sup> (10%)	ja	ja	ja	ja	nein
Verfahrensanbuch und Schulungen <sup>1)</sup> (20%)	ja	ja	ja	ja	nein
Fremdüberwachung <sup>1)</sup> (10%)	ja	ja	ja	ja	nein
Nachweis der Entsorgung <sup>1)</sup> (10%)	ja	ja	ja	ja	nein
Bauzeiten-Unterbrechung	ja	ja	ja	ja	ja
Zusatzinformation: Lieferbar für	DN 100 bis DN 200	DN 100 bis DN 200	DN 100 bis DN 200	DN 100 bis DN 300	DN 100 bis DN 400
Strangprüfung nach mechanischer Reinigung	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht
<b>Empfohlene Verbesserungen</b>	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Abwinkelbarkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt in zwei Testhaltungen zu Auftragschäden.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Abwinkelbarkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt in einer Testhaltung zu Auftragschäden.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Abwinkelbarkeit unter Auflast. Starke Verklebung könnte zu Auftragschäden führen.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Abwinkelbarkeit unter Auflast. Starke Verklebung könnte zu Auftragschäden führen.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Abwinkelbarkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt in allen Testhaltungen zu Auftragschäden.

45896 Geleimethen Extrusion 1

1. Die Bezeichnung „Standardsituation“ bezieht sich auf das Geometrie des Anschlusskanals.

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

3. Bewertung: 100% bestmögliche Dichtungsprüfung nach APS-Richtlinie = 1,0; eine Prüfsere nach APS-Richtlinie undicht = 4,4; ab 2 Prüfserien nach APS-Richtlinie undicht = 6,0.

4. Bewertung: gebildete Verbunddicke eingehalten = 1,0; gebildete Verbunddicke unterschritten, erreicht im Mittel aber den geforderten Wert = 3,0; geforderte Verbunddicke überwiegend nicht erreicht = 6,0.

5. Bewertung: gebildete E-Modul, gemäß DBI-Zulassung bei 3 Prüfungen eingehalten = 1,0; bei 2 Prüfungen eingehalten = 4,4; bei nur einer oder keiner Prüfungen eingehalten = 6,0.

6. Bewertung: zulässige 24h-Kriechwängung bei 3 Prüfungen eingehalten = 1,0; bei 2 Prüfungen eingehalten = 4,4; bei nur einer oder keiner Prüfungen eingehalten = 6,0.

7. Bewertung: gebildete Dichte gemäß DBI-Zulassung bei 3 Prüfungen eingehalten = 1,0; bei 2 Prüfungen eingehalten = 4,4; bei nur einer oder keiner Prüfungen eingehalten = 6,0.

8. Bewertung: Auftragschaden im Test nicht aufgetreten = Risiko denkbar, Auftragschaden im Test vereinzelt aufgetreten = Risiko zu erwarten, Auftragschaden im Test stets aufgetreten = Risiko zu erwarten.

9. Anschluss der Hausanschlussleitung an den Hauptkanal mit einer LCR-Hakenklemme aus glasfaserverstärktem Polypropylen mit einem Silikat-Harzsystem Typ-W (Winnharz) unter Einsatz eines Romsanierungsgerätes (LCR-Packer).

10. Abwertung des Hausanschlusssystems „Systemprüfung“ um eine Note (von 2,3 auf 3), da in jeder Testhaltung wengstens ein Mal Schäden unter Auflast beobachtet wurden.

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

\* Notenberechnung auf Basis ungerundeter Werte

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.

Tabelle 5: Ergebnisse des IKT - Warentests „Hausanschluss-Liner“ bei der „Extremersituation“



Sanierung von drei Anschlusskanälen aus Steinzeug und PVC-KG der Nennweite DN 125 und DN 150; fachgerechter Anschluss mit einem Anschlussstutzen im Kämpfer des Hauptrohres; Inversion durch einen Steinzeugbogen 90° DN 125 am Anfang des Steinzeugkanals; Bögen: 45°, 30° und 15°; eingebrachte Schäden: Längsrisse, Querrisse, Scherbenbildungen, fehlende Rohrstücke, unsachgemäß hergestellter Materialwechsel von Steinzeug auf PVC-KG, unsachgemäß hergestellter Nennweitenwechsel DN 125 auf DN 150, unrichtige Rohrverbindungen, Fettablagerungen.



IKT - Warentest „Hausanschluss-Liner“  
Extremersituation<sup>1</sup>:

Lineranbieter	Karl Otto Braun GmbH & CO. KG	Treilborg Pipe Seals Duisburg GmbH	Vereinigte Filzfabriken AG	RS Technik AG	Treilborg Pipe Seals Duisburg GmbH
Schlauchliner	BRAWOLINER XT	DrainPlusLiner	lineTEC ProfFlex Liner	RS MaxLiner-FLEX S	epresso@DrainPlusGlassLiner (Prototyp)
Engesetztes Trägermaterial	Polyesterfaserschlauch mit Polyesterrethan-Folie	Polyester-Nadelstitchschlauch mit Polyurethan-Folie	Polyesterfaserschlauch mit Polyurethan-Folie	Polyesterfaserschlauch mit Polyurethan-Folie	Polyester-Nadelstitchschlauch mit Polyurethan-Folie
Engesetztes Harzsystem	BRAWO 1	EPROPOX VIS A2 / B2	Biresin lineTEC EP 40	MaxPox 15-40	EPROPOX VIS A4 / B4
<b>IKT - Prüferurteil: Extremsituation*</b>	<b>sehr gut (1,3)</b>	<b>gut (1,8)</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>beeindruckend (2,9)</b>
<b>Systemprüfung (Gewichtung 80%)</b>	<b>sehr gut (1,3)</b>	<b>gut (2,0)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>gut (2,2)</b>
Funktionsfähigkeit <sup>2</sup> (20%)	2,1	2,6	2,2	2,5	2,4
Dichtheit (60%)	1,0	1,0	1,8	1,8	1,8
Strangprüfung (40%)	nach Sanierung (30%)	1,0	1,0	1,0	1,0
nach HD-Reinigung (10%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
APS-Prüfung <sup>3</sup> (10%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lammatprüfung (10%)	1,0	1,0	6,0	6,0	6,0
Dichtheit (60%)	Umläufigkeit (2%)	1,0 <sup>0</sup>	1,0	1,0	1,0 <sup>0</sup>
Außenwasserdruck (10%)	Lösen der Innentüte (4%)	1,0	1,0	1,0	1,0
Baulen (4%)	Baulen (4%)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tragfähigkeit der Struktur (20%)	1,6	4,6	2,6	2,6	3,5
Verbindedicke (6%)	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0
E-Modul <sup>4</sup> (6%)	1,0	6,0	4,4	1,0	1,0
Zäh-Kriechneigung <sup>5</sup> (6%)	1,0	1,0	6,0	4,4	4,4
Dichte (2%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Empfindlichkeit unter Auflast <sup>6</sup>	Risiko denkbar	Risiko beobachtet	Risiko denkbar	Risiko denkbar	Risiko beobachtet
<b>Qualitätssicherung (Gewichtung 20%)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>mangelhaft (5,5)</b>
DIB-Zulassung <sup>7</sup> (65%)	ja	ja	ja	ja	nein
Umweltverträglichkeitsprüfzeugnis des Harzes vorgelegt <sup>8</sup> (10%)	ja	ja	ja	ja	nein
Verfahrensanbuch und Schulungen <sup>9</sup> (25%)	ja	ja	ja	ja	nein
Fremdüberwachung <sup>10</sup> (10%)	ja	ja	ja	ja	nein
Nachweis der Ertisorgbarkeit <sup>11</sup> (10%)	ja	ja	ja	ja	ja
Bauspäter-Untersuchung	praxisgerechter Einbau				
Zusatzinformationen: Lieferbar für	DN 100 bis DN 200	DN 100 bis DN 300	DN 100 bis DN 200	DN 100 bis DN 200	DN 100 bis DN 400
Strangprüfung nach mechanischer Reinigung	dicht	dicht	dicht	dicht	dicht
<b>Empfohlene Verbesserungen</b>	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Verklebungsfähigkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt zu Aufreißschäden führen.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Verklebungsfähigkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt zu Aufreißschäden führen.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Verklebungsfähigkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt zu Aufreißschäden führen.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Verklebungsfähigkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt zu Aufreißschäden führen.	Zielkonflikt lösen zwischen Verklebung und Verklebungsfähigkeit unter Auflast. Starke Verklebung führt zu Aufreißschäden führen.

1 Die Bezeichnung „Extremersituation“ bezieht sich auf die Geometrie des Anschlusskanals.  
 2 Bewertung der Funktionsfähigkeit durch optische Beurteilung der sanierten Standardsituation durch die Netzbeurter: 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Böden durch eine nichtlineare Funktion.  
 3 Bewertung: 100% bestmögliche Dichtheitsprüfung nach APS-Richtlinie = 1,0; eine Prüfserie nach APS-Richtlinie umfasst = 4,4, ab 2 Prüfserien nach APS-Richtlinie umschicht = 6,0.  
 4 Bewertung: geforderte Verbindedicke eingehalten = 1,0; geforderte Verbindedicke ist in einzelnen Stellen unterschritten, erreicht im Mittel aber den geforderten Wert = 3,0; geforderte Verbindedicke überwiegend nicht erreicht = 6,0.  
 5 Bewertung: geforderte E-Modul gemäß DIB-Zulassung bei 3 Prüfungen eingehalten = 1,0; bei 2 Prüfungen eingehalten = 4,4; bei nur einer oder keiner Prüfungen eingehalten = 6,0.  
 6 Bewertung: zusätzliche Zäh-Kriechneigung in [%] gemäß DIB-Zulassung bei 3 Prüfungen eingehalten = 1,0; bei 2 Prüfungen eingehalten = 4,4; bei nur einer oder keiner Prüfungen eingehalten = 6,0.  
 7 Bewertung: geforderte Dichte gemäß DIB-Zulassung bei 3 Prüfungen eingehalten = 1,0; bei 2 Prüfungen eingehalten = 4,4; bei nur einer oder keiner Prüfungen eingehalten = 6,0.  
 8 Bewertung: Aufreißschäden im Test nicht aufgetreten = Risiko denkbar, Aufreißschäden im Test vereinzelt aufgetreten = Risiko beobachtet, Aufreißschäden im Test stets aufgetreten = Risiko zu erwarten.  
 9 Anschluss der Hausanschlüsse an den Hauptkanal mit einer LCR-Hukempe aus glasfaserverstärktem Polypropylen mit einem Silikat-Harzsystem Typ-VV (Vitrharz) unter Einsatz eines Rohrsanierungsgerätes (LCR-Packer).  
 10 Bewertung: vorhanden = ja; nicht vorhanden = nein; Zulassungen/Zugnisse/Nachweise müssen für die im Test eingesetzten Materialien gelten.  
 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.

## 6 Zusatzuntersuchungen

Die Zusatzuntersuchungen betrafen die Einsatzmöglichkeiten der Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie) und der DSC-Analyse (Differential Scanning Calorimetry) zur Qualitätssicherung von Sanierungsmaßnahmen mit Hausanschlusslinern. Darüber hinaus sollten im Rahmen eines erweiterten Untersuchungsprogramms auch Erkenntnisse über das Infiltrationsvermögen sowohl beschädigter als auch sanierter Hausanschlussleitungen gewonnen werden.

Mit Hilfe der IR-Spektroskopie werden Reaktionsharzproben hinsichtlich ihres Absorptionsverhaltens unter Infrarot-Bestrahlung charakterisiert. Damit soll überprüft werden, um welchen Harztyp es sich handelt. Im Rahmen des IKT-Warentestes wurden Probestücke aus den sanierten Leitungen entnommen, um die IR-Spektren der unterschiedlichen Linerharze zu ermitteln und zu vergleichen. Darüber hinaus wurden die Einsatzmöglichkeiten einer DSC-Analyse betrachtet, welche ebenfalls zur Qualitätsüberwachung beim Einsatz von Reaktionsharzen eingesetzt wird. Die Glasübergangstemperaturen der eingesetzten Linerharze wurden ermittelt und mit den in den DIBt-Zulassungen der Verfahren angegebenen Werten verglichen.

Während der Außenwasserdruckbelastungen wurden ergänzende Infiltrationsmessungen an sanierten und unsanierten Leitungen durchgeführt. Im Ergebnis zeigte sich zum einen, dass die eingesetzte Messtechnik für den beabsichtigten Anwendungsfall grundsätzlich geeignet ist, allerdings eine Erweiterung auch auf andere Nennweiten und weitere technische Optimierungen geboten scheinen. Zum anderen zeigten die Messergebnisse, dass im Fall stark beschädigter Entwässerungsleitungen bereits geringe Anhebungen des Grundwasserpegels zu einer sichtbaren Steigerung der Infiltrations- und somit Fremdwassermengen führen können. Teils betragen die Infiltrationszuflüsse über 30 m<sup>3</sup>/d bei einer einzelnen unsanierten Leitung (Länge ca. 12 m mit zahlreichen Schadstellen). Dieses Ergebnis unterstreicht, dass die Forderung nach Vermeidung von Fremdwassereinträgen in die Kanalisation unmittelbar die Forderung nach Sanierung des gesamten Kanalnetzes einschließlich der Hausanschlüsse nach sich zieht.

## 7 Fazit

Vor dem Hintergrund der Test-Ergebnisse und Zusatzuntersuchungen lässt sich folgendes Fazit ziehen:

- **Deutliche Verbesserung bei Funktionsfähigkeit**  
Selbst in Bögen und an Versätzen zeigten die eingesetzten Produkte kaum nennenswerte Faltenbildung. Hier waren deutliche Verbesserungen gegenüber früheren Testergebnissen zu erkennen. Mit Verstopfungsgefahren ist kaum oder gar nicht zu rechnen.
- **Alle Liner in der Strangprüfung dicht**  
In der Luftdruckprüfung nach DIN EN 1610 erwiesen sich sämtliche Liner in allen Prüfungen als dicht. Damit wurde speziell für die Grundstücksentwässerung der häufig auch unter rechtlichen Gesichtspunkten möglicherweise geforderte Dichtheitsnachweis nach den Regeln der DIN 1986 T 30 bzw. DIN EN 1610 von allen Produkten auch nach 5-facher HD-Reinigung und vereinzelt Kettenschleudereinsatz selbst in der Druckprüfung erfüllt.
- **Schwachstelle Laminat**  
Die in der DIBT-Zulassung zugesicherten Eigenschaften des Laminats hinsichtlich Dichtheit und Mindestwanddicke wurden vielfach nicht erfüllt. Über ein Fünftel der Laminat-Prüfstellen bestanden die Dichtheitsprüfung nach APS nicht. Das nach gängiger Auffassung abdichtende Laminat war wasserdurchlässig, so dass hier offensichtlich die Einbaufolie bzw. die Verklebung zum Altrohr die Dichtfunktion für die Strangprüfung bei der Abnahme übernehmen.
- **Harzaustritte an Schadstellen**  
Insbesondere an großflächigen Schadstellen und undichten Muffen traten scheinbar unkontrolliert erhebliche Mengen des Linerharzes in den Untergrund. Mit einer Schwächung der Wanddicke in diesen Bereichen ist daher zu rechnen. Dichtheit und Tragfähigkeit wurden darüber hinaus wesentlich durch das besondere Verbundverhalten zwischen Linermaterial, Harzaustritten sowie Altrohr und Boden geprägt.
- **Auftriebsrisiken bei Grundwasseranstieg**  
Unter Auftrieb wiesen einige Systeme einen Zielkonflikt zwischen der Verklebung von Liner und Altrohr zur Vermeidung von Umläufigkeiten und der weiterhin notwendigen Längsbiegsamkeit im Rohrverbindungs Bereich auf. Infiltrationsmessungen zeigten darüber hinaus, dass die hieraus ggf. resultierenden geringfügigen Risse im Linermaterial wiederum zu extremen Infiltrationsmengen unter Außenwasserdruck führen können, die das Sanierungsziel Infiltrationsdichtheit in Frage stellen.
- **Hohe Anforderungen an die Ausführung**  
Beim Versuchseinbau zeigte sich, dass die produktspezifische Ausführung vor

Ort ein besonderes technisches Verständnis und Geschick erfordert. Dies betrifft vor allem die Sanierungsvorarbeiten wie Reinigungs- und Fräsarbeiten sowie die Tränkung vor Ort.

- **Qualitätsüberwachung vor Ort notwendig**

Die Testergebnisse zeigen, dass die relevanten Qualitätseigenschaften zwar im Test detailliert untersucht werden konnten, allerdings vor Ort kaum erfassbar sind. Dies gilt insbesondere für das Erkennen von späteren Schwachstellen unter Außenwasserdruckbelastung, die Überprüfung der Laminatdichtheit sowie die Vermessung der Wanddickenverteilung über die Rohrstrangoberfläche.

Im Gesamtblick zeigen der IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“, dass die Renovierung schadhafter Hausanschlussleitungen mit dem Schlauchliningverfahren auch bei schwieriger Leitungsführung zur Abdichtung gegen Exfiltration eine sinnvolle Lösung darstellen kann. Eine besondere Herausforderung stellt aber noch der Anwendungsfall der Fremdwassersanierung mit seinen spezifischen Auftriebsrisiken dar. Hier sind auch ganzheitliche Lösungen zur gezielten Regulierung des Grundwasserstandes gefragt.

## 8 Literatur

- [1] Investitionsprogramm Abwasser NRW, Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen; RdErl. Vom 15.11.2006-IV-9-025 086 0510, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2007.
- [2] Kaltenhäuser, G.: Anschlusskanäle und Grundleitungen – Schäden, Inspektion, Sanierung; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Dezember 2005.
- [3] Redmann, A.: IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner 2010“, IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, März 2010; download unter [www.ikt.de](http://www.ikt.de).
- [4] Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG) vom 25. Juni 1995 (GV. NRW. S. 926 / SGV. NRW. 77), Stand 11.12.2007 (GV. NRW. S. 708).
- [5] Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Hausanschluss-Liner“; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, November 2005; download unter [www.ikt.de](http://www.ikt.de).
- [6] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Beuth Verlag, Berlin, Oktober 1997.
- [7] Prüfrichtlinie: Wasserdichtheit von Baustellenproben aus vor Ort härtenden Schlauchlinern, Herausgeber: Arbeitskreis der Prüfinstitute Schlauchliner (IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH, Gelsenkirchen; SBKS Sachverständigenbüro für Kunststoffe Dr. Sebastian, St. Wendel; F+E Ing. GmbH, Fürth; SKZ – TeConA GmbH, Würzburg, SIEBERT + KNIPSCHILD GmbH, Oststeinbek/Hamburg), Fürth, vom 15.09.2004.
- [8] Bosseler, B.; Schlüter, M.: Qualitätseinflüsse Schlauchliner – Stichproben-Untersuchung an sanierten Abwasserkanälen; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Dezember 2003; download unter [www.ikt.de](http://www.ikt.de).
- [9] DIN EN 761: Kunststoff-Rohrleitungssysteme - Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) - Bestimmung des Kriechfaktors im trockenen Zustand. Beuth Verlag, Berlin, August 1994.
- [10] DIN EN ISO 1183-1: Kunststoffe - Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen - Teil 1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer und Titrationsverfahren. Beuth Verlag, Berlin, Mai 2004.
- [11] Untersuchungen zur Styrolemmission beim großtechnischen Einsatz von Schlauchlinungsverfahren bei Kanalsanierungen, Vereinheitlichung der Probenahme und Analysemethoden, Festsetzung von Grenzwerten und Optimierung der Sanierungsverfahren sowie allgemeingültige Ausschreibungsempfehlungen. Forschungsbericht Stadt Bielefeld, Januar 2005.