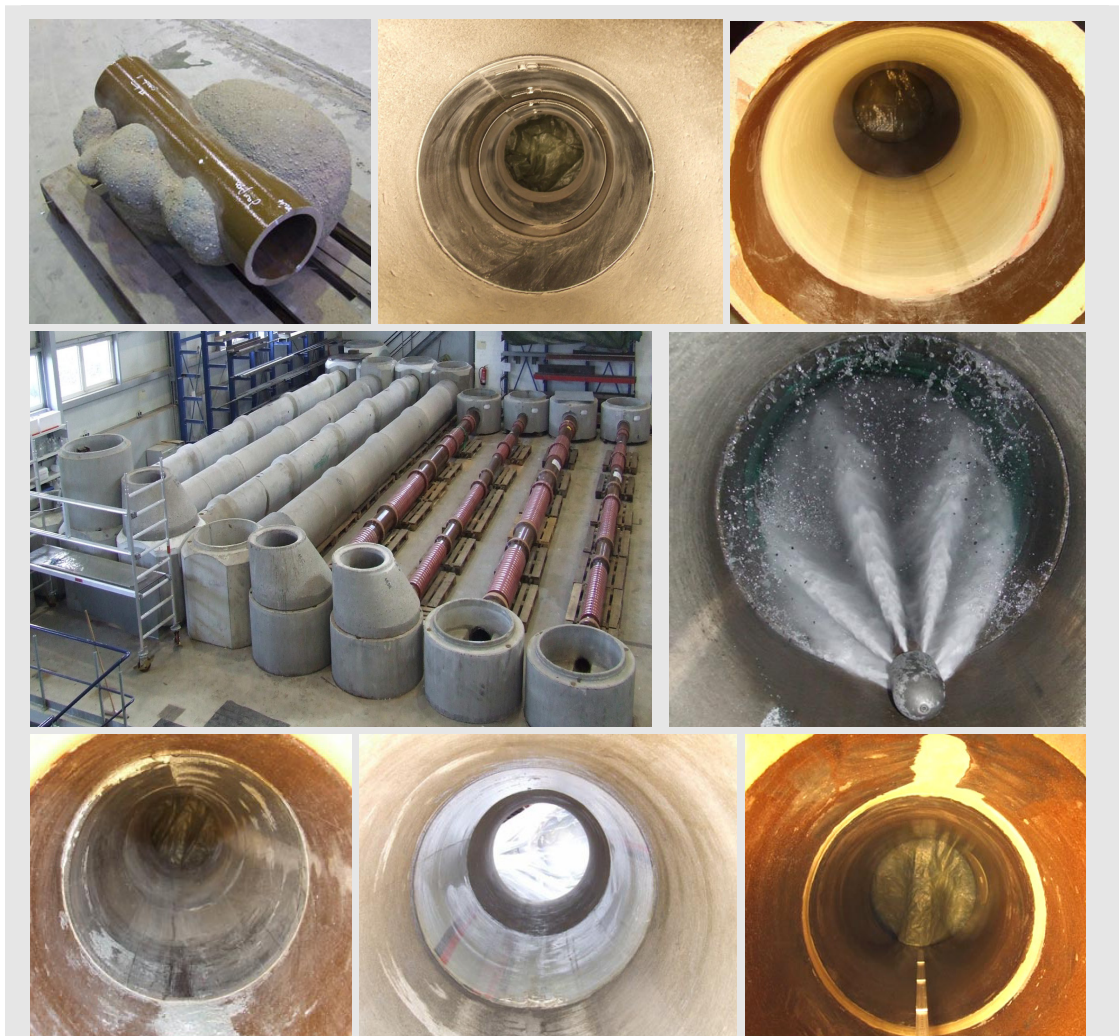


## ***Vergleichende Prüfung der Qualität von Reparaturverfahren für Hauptkanäle (IKT-Warentest)***

*Az. IV-9-041 105 0320, Vergabe-Nr. 06/181*



### ***Kurzfassung***



## Auftraggeber des IKT-Warentests

Der IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ wurde durch folgende Netzbetreiber und Ministerien finanziert:

- Abwasserbetrieb der Stadt Dortmund,
- Abwasserbetrieb der Stadt Willich,
- Abwasserbetrieb Troisdorf AöR,
- Abwasserwerk Bergisch Gladbach,
- Abwasserwerk der Stadt Bad Honnef,
- EUV Stadtbetrieb Castrop-Rauxel AöR,
- Göttinger Entsorgungsbetriebe,
- InfraStruktur Neuss AöR,
- Münchener Stadtentwässerung,
- Stadt Herford,
- Stadt Iserlohn,
- Stadt Oberhausen und WBO Wirtschaftsbetriebe Oberhausen GmbH,
- Stadt Plettenberg,
- Stadtentwässerung Düsseldorf,
- Stadtentwässerung Frankfurt am Main,
- Stadtentwässerung Hagen (SEH),
- Stadtentwässerung Kamen,
- Stadtentwässerung Reutlingen (SER),
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR,
- Städtische Betriebe Minden,
- Stadtwerke Espelkamp AöR,
- Stadtwerke Essen AG,
- Stadtwerke Vellmar,
- Technische Werke Burscheid AöR,
- Technische Werke Emmerich am Rhein GmbH,
- Zentraler Betriebshof der Stadt Marl.

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

Schwannstr. 3  
40476 Düsseldorf



Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart



## Projektumsetzung



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH

Exterbruch 1

45886 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung:

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung:

Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Harting

Dipl.-Ing. Daniela Färber

24 der beteiligten Kanalnetzbetreiber entsendeten Vertreter zur Mitwirkung in den Lenkungskreis des IKT-Warentests "Reparaturverfahren für Hauptkanäle". Diesen Fachleuten möchten wir an dieser Stelle für ihre Unterstützung und die praxisnahe Ausrichtung des gesamten Warentests besonders danken: Beulke, R.; Croonenbroeck, A.; Fiedler, M.; Genster, M.; Gisselmann, J.; Grahn, Ch.; Grauvogel, F.; Greive, M.; Heims, M.; Hilsdorf, W.; Hoever, M.; Hollstein, B.; Höppner, A.; Jansen, V.; Karlsberg, M.; Klafki, M.; Klincke, R.; Koch, D.; Köster, K.; Lauruschkat, C.; Lemke, D.; Leufgen, D.; Meyer, M.; Michutta, J.; Pankau, V.; Rabe, V.; Reiche, R.; Rösner, F.; Samm, L.; Schneider, A.; Weith, C.; Wewers, P.; Widdenhöfer, W.; Wirth zu Osten, U.; Wojahn, I.; Wolfmüller, A.

**Inhaltsverzeichnis**

**1 VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG ..... 1**

**2 TESTPROGRAMM ..... 2**

2.1 Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter ..... 3

2.2 Systemprüfungen ..... 4

2.2.1 Versuchsstrecken und Sanierungsaufgabe ..... 4

2.2.2 Sanierungsausführung und HD-Belastungen..... 10

2.2.3 Untersuchung der Funktionsfähigkeit..... 10

2.2.4 Untersuchung der Dichtheit..... 11

2.3 Baustellenuntersuchungen..... 13

2.4 Weiterführende Untersuchungen ..... 13

**3 BEWERTUNG DER REPARATURVERFAHREN ..... 14**

3.1 Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ ..... 14

3.2 Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ ..... 15

**4 PRÜFURTEILE UND GESAMTERGEBNIS ..... 17**

**5 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND FAZIT ..... 21**

**6 LITERATURVERZEICHNIS ..... 25**

## 1 Veranlassung und Zielstellung

Laut einer DWA-Umfrage aus dem Jahr 2004 [1] sind ca. 20 % des deutschen Kanalisationsnetzes kurz- bis mittelfristig zu sanieren. Weitere 21,5 % weisen geringfügige Schäden auf und müssen langfristig saniert werden. Rund 25 % der Schäden werden mit Reparaturverfahren behoben, die entsprechend der Erhebung mit durchschnittlichen Kosten von 112 €/m beziffert werden [1]. Ausgehend von ca. 87.600 km öffentlichem Kanal in Nordrhein-Westfalen bzw. ca. 65.000 km in Baden-Württemberg ergibt sich somit allein für die kurz- bis mittelfristig auszuführenden Reparaturarbeiten ein Investitionsbedarf in Höhe von rund 490 Mio. € bzw. 360 Mio. €.

Seitens der Netzbetreiber bestehen jedoch zum Teil erhebliche Unsicherheiten, was Reparaturverfahren tatsächlich leisten können, welche Qualität erreichbar ist und welche Faktoren bei der Ausschreibung, Vergabe und Bauüberwachung berücksichtigt werden müssen. Vor diesem Hintergrund wurden im IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ zwölf verschiedene Verfahren aus den drei Verfahrensgruppen „Injektions- bzw. Spachtel-/ Verpressverfahren“, „Kurzliner“ und „Innenmanschetten“ vergleichend unter definierten und reproduzierbaren Randbedingungen getestet.

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

Der IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ wurde von den folgenden 24 Kanalnetzbetreibern getragen und auch inhaltlich intensiv begleitet: Abwasserbetrieb der Stadt Dortmund, Abwasserbetrieb der Stadt Willich, Abwasserbetrieb Troisdorf AöR, Abwasserwerk Bergisch Gladbach, Abwasserwerk der Stadt Bad Honnef, EUV Stadtbetrieb Castrop-Rauxel AöR, Göttinger Entsorgungsbetriebe, InfraStruktur Neuss AöR, Münchener Stadtentwässerung, Stadt Iserlohn, Stadt Oberhausen und WBO Wirtschaftsbetriebe Oberhausen GmbH, Stadt Plettenberg, Stadtentwässerung Düsseldorf, Stadtentwässerung Frankfurt am Main, Stadtentwässerung Hagen (SEH), Stadtentwässerung Kamen, Stadtentwässerung Reutlingen (SER), Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR, Städtische Betriebe Minden, Stadtwerke Espelkamp AöR, Stadtwerke Essen AG, Technische Werke Burscheid AöR, Technische Werke Emmerich am Rhein GmbH, Zentraler Betriebshof der Stadt Marl.

Der vorliegende Kurzbericht fasst das Prüfprogramm sowie die Prüfungs- und Bewertungsergebnisse zusammen. Detaillierte Ausführungen zur Anwendung der eingesetzten Verfahren und den ergänzenden Untersuchungen können der Langfassung [2] entnommen werden.

## 2 Testprogramm

Insgesamt fanden elf Arbeitssitzungen statt, in denen die gesamten Testinhalte, vom Untersuchungsprogramm bis zur Bewertung, mit den Netzbetreibern abgestimmt und die zu prüfenden Verfahren von den Netzbetreibern bestimmt wurden. Im Vordergrund des Testprogramms standen drei Schwerpunkte: Die **Qualitätssicherung** der Verfahrensanbieter, die **Systemprüfungen** der Verfahren in Teststrecken und **Baustellenuntersuchungen**.

Insgesamt wurden die in Tab. 1 bis Tab. 3 aufgeführten zwölf Reparaturverfahren aus den drei Verfahrensgruppen „Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren“, „Innenmanschetten“ und „Kurzliner“ getestet.

**Tab. 1: Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren:**  
Verfahren und eingesetzte Materialien lt. Herstellerangaben

Verfahren	Im Test eingesetzte Materialien
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	<b>Polyurethanharz</b> JaGoPur Komponente A: Polyurethanharz, Komponente B: Polyisocyanat
KASRO 2 Komponenten- Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	<b>Polyurethanharz</b> Konudur Robopress 07, Komponenten A und B, Zusatzstoff Konudur Additiv RP
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	<b>Epoxidharz (Verpressen)</b> Komponente A: BASF CONCRETSIVE® 1850 Komponente B: CONCRETSIVE® 1801/1850 <b>Epoxidharz (Verspachteln)</b> EPOXONIC® EX 1355, Komponenten A und B

**Tab. 2: Innenmanschetten:**  
Verfahren und eingesetzte Materialien lt. Herstellerangaben

Verfahren	Im Test eingesetzte Materialien
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	V4A Edelstahlmanschette (Materialgüte 1.4404) EPDM-Gummidichtung
Quick-Lock mit eins. Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	V4A Edelstahlmanschette (Materialgüte 1.4404) EPDM-Gummidichtung
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	V4A Edelstahlhülse (Materialgüte: 1.4571) Epoxidharzmörtelmasse Spachtelmasse 03567L51, Komponenten A und B



Tab. 3: **Kurzliner:**

Verfahren und eingesetzte Materialien lt. Herstellerangaben

Verfahren	Im Test eingesetzte Materialien
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	<b>Methylmethacrylatharz</b> ALOCIT Harz® Alocan mit Peroxan BP 50+ (Härter) ECR (Advantex)-Glaskomplex mit PES-Vlies (ca. 1530 g/m <sup>2</sup> )
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	<b>Silikatharz</b> 3P-Harz Komponente A: Betol 3 P, Komponente B: 3P-Plus Kurzliner B Typ W1 und Typ S1 (Winter- u. Sommerharz) ECR-Glasfasergewebe (ca. 1050 g/m <sup>2</sup> )
K-LINER, Kuchem GmbH	<b>Epoxidharz</b> Komponente A: ARALDITE GY 250 BD, Komponente B: ARADUR 16 BD ECR-Glasfasergewebe (ca. 1086 g/m <sup>2</sup> )
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	<b>Epoxidharz</b> Komponente A: ARALDITE GY 240 BD, Komponente B: ARADUR 16 BD, Zusatzstoffe: 0,5 Gew.-% Luftverdränger (Byk), 3,0 Gew.-% Haftvermittler (Silan) ECR-Kombi-Glasfasergewebe (ca. 900 g/m <sup>2</sup> )
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	<b>Organomineralharz</b> Konudur 266 SR (VP), Komponente A und B ECR-Glasfasergewebe (ca. 1070 g/m <sup>2</sup> )
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	<b>Polyurethanharz</b> Multi -PL® - Harz, Komponente A und B PL-® - Glasfasergewebe (ca. 1060 g/m <sup>2</sup> ) in Kombination mit PL-® - Polyestervlies (ca. 798 g/m <sup>2</sup> )

## 2.1 Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Unter dem Punkt Qualitätssicherung wurde erfasst, inwieweit der jeweilige Anbieter eine qualitativ hochwertige Sanierung bei Einsatz seines Reparaturverfahrens durch gezielte Qualitätssicherungs-Maßnahmen unterstützt. Das IKT hat bei den Anbietern Unterlagen und Nachweise zu folgenden Kriterien angefordert: Verfahrenshandbuch, Schulungsmaßnahmen für Anwender, Möglichkeit zur Fremdüberwachung von Sanierungsmaßnahmen, Umweltverträglichkeit, DIBt-Zulassung, ggf. vorhandene Prüfzeugnisse und Möglichkeit der Rückverfolgbarkeit des Lieferwegs der eingebauten Materialien.



## 2.2 Systemprüfungen

Die Systemprüfungen – Prüfung der Einsatzmöglichkeit und der Sanierungsqualität – fanden in Versuchsstrecken (nicht begehbare Hauptkanäle) in der IKT-Versuchshalle statt. Die ausgewählten Reparaturverfahren wurden in den Teststrecken eingesetzt und anschließend einem umfassenden Prüfprogramm unterzogen, in dessen Mittelpunkt die Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der sanierten Kanalabschnitte stand.

Nachfolgend werden Einzelheiten zum Aufbau der Versuchsstrecken, der Sanierungsaufgabe und den Prüfungen an den Reparaturstellen erläutert.

### 2.2.1 Versuchsstrecken und Sanierungsaufgabe

Auf Basis der Erfahrungen der beteiligten Netzbetreiber zu Schadensarten und der Verteilung von Material und Nennweiten im Kanalbestand wurden Anzahl, Material und Nennweiten der Teststrecken festgelegt, die zu sanierenden Schadensbilder konzipiert und die Einbettung bzw. Auflagerung der Rohre bestimmt. Ziel dabei war es, den Kanalbestand möglichst umfassend und praxisnah abzubilden, um die Testergebnisse möglichst weitgehend auf die Praxisbedingungen in den Kanalnetzen übertragen zu können.

Es wurden sowohl Beton- als auch Steinzeugteststrecken für die Prüfung ausgewählt. Je Verfahren wurden **fünf Teststrecken** für die Reparaturaufgabe aufgebaut: Zwei Strecken aus Steinzeugrohren DN 200 und DN 300 sowie drei Strecken aus Betonrohren DN 300, DN 600 und DN 400/600 (vgl. Tab. 4). Die vier Kreisprofile wurden mit jedem der zwölf ausgewählten Verfahren saniert, das Eiprofil nur mit drei Verfahren, deren Einsatzgebiete nach Herstellerangaben auch auf Eiprofile ausgerichtet sind und deren Anbieter sich dieser Reparaturaufgabe stellten.

Tab. 4: Material und Nennweiten der Teststrecken sowie geprüfte Verfahren

Material	Querschnittsform und Nennweiten	Eingesetzte Reparaturverfahren
Steinzeug	Kreisprofil DN 200	<i>Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Janßen Riss- und Scherbensanierung</li> <li>○ KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem</li> <li>○ KA-TE PMO - Verfahren</li> </ul>
	Kreisprofil DN 300	
Beton	Kreisprofil DN 300	
	Kreisprofil DN 600	
	Eiprofil DN 400/600	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ KA-TE PMO - Verfahren</li> <li>○ ALOCIT Kurzliner</li> <li>○ Stuttgarter Hülse</li> </ul>


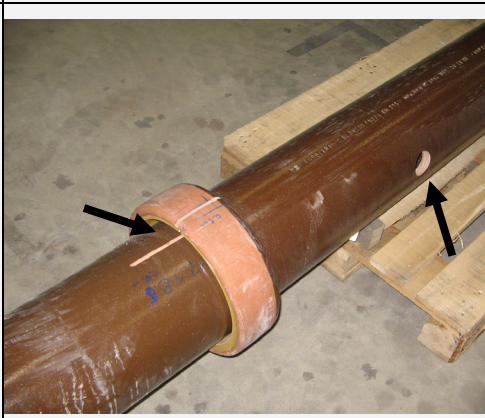
Grundlage zur Auswahl **typischer Schadensbilder für die Sanierungsaufgabe** im IKT-Warentest war die Fotodokumentation von Schäden (107 Bilder), die zwölf der beteiligten Netzbetreiber im Zuge von TV-Inspektionen ihrer Abwasserbauwerke erstellt hatten und durch den Lenkungskreis als typische Einsatzbereiche für Reparaturverfahren angesehen wurden. Tab. 5 zeigt beispielhaft eine Auswahl dieser Schadensbilder. Die versuchstechnische Umsetzung wurde anschließend anhand entsprechend vorbereiteter Rohre mit den Netzbetreibern diskutiert, ggf. verändert und in ihrer endgültigen Form beschlossen (Tab. 6 und Tab. 7).

Tab. 5: Beispiele typischer Schadensbilder für den Einsatz von Reparaturverfahren aus den Kanalnetzen der beteiligten Netzbetreiber

<p><b>Querriss</b></p>		
<p><b>Längsriss</b></p>		
<p><b>Ausbruch/ fehlendes Wandungsteil</b></p>		
<p><b>Scherbenbildung</b></p>		
<p><b>Muffenversatz</b></p>		
<p><b>Undichte Rohrverbindung</b></p>		



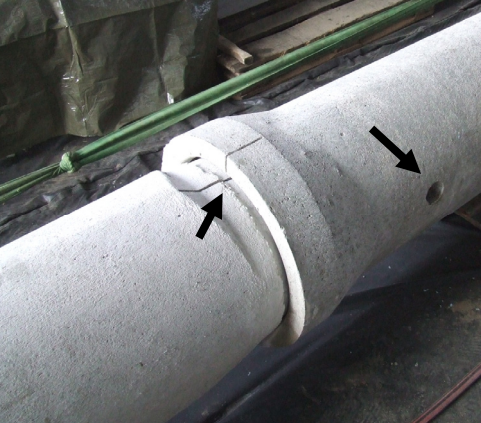
Für die **Teststrecken** des IKT-Warentests wurden **jeweils drei Schadensbilder** konzipiert. Diese unterscheiden sich für die Steinzeug- und die Betonteststrecken. Die Schadensbilder mussten dabei zwei Kriterien erfüllen: Zum einen sollten sie möglichst praxisnah sein und zum anderen mussten sie sich unter hoher Reproduzierbarkeit herstellen lassen, um vergleichbare Testbedingungen schaffen zu können. Einen Überblick zu den in den Versuchsstrecken simulierten Schadensbildern geben Tab. 6 und Tab. 7. Der rechteckige Ausbruch und die Risse wurden mit einer Trennscheibe geschnitten, der kreisförmige Ausbruch mittels Bohrkronen. Diese Schadensbilder wurden bei sämtlichen Verfahren verwendet, unabhängig von der Verfahrensgruppe (Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren, Kurzliner und Innenmanschetten).

Tab. 6: Schadensbilder in den Steinzeugteststrecken

Nr.	Bild	Beschreibung
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ausbruch in Rohrmitte unterhalb des Kämpfers</li> <li>➤ Größe ca. 20 x 20 cm</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ vom Kämpfer ausgehende Rissverzweigung</li> <li>➤ Ausdehnung ca. 100 x 20 cm</li> </ul>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ über die Rohrverbindung fortgesetzter Längsriss im Rohrscheitel, Gesamtlänge ca. 20 cm</li> <li>➤ undichte Muffe (Entfernung der Dichtung)</li> <li>➤ seitlicher Ausbruch im Abstand von ca. 50 cm von der Muffe, 5 cm Durchmesser</li> </ul>



Tab. 7: Schadensbilder in den Betonteststrecken

Nr.	Bild	Beschreibung
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Querriss in Rohrmitte bis unter beide Kämpfer</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ von der Muffe ausgehender Längsriss im Rohrscheitel, Länge ca. 100 cm</li> <li>➤ von der Muffe ausgehender Längsriss im Kämpfer, Länge ca. 100 cm</li> <li>➤ zusätzlich für Beton DN 300: undichte Muffe (Entfernung der Dichtung)</li> </ul>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ über die Rohrverbindung fortgesetzter Längsriss im Rohrscheitel, Gesamtlänge ca. 20 cm</li> <li>➤ undichte Muffe (Entfernung der Dichtung)</li> <li>➤ seitlicher Ausbruch im Abstand von ca. 50 cm von der Muffe, 5 cm Durchmesser</li> </ul>

Die Länge der Teststrecken betrug für die Kurzliner und Innenmanschetten ca. 12 m und für die Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren ca. 7 m zuzüglich der Endschächte.

Die Teststrecken für die Injektions- bzw. Spachtel-/Verpressverfahren wurden in Stahlcontainern mit Sandüberdeckung eingebaut, da bei diesen Verfahren teils gezielt Harz in das umliegende Erdreich gepresst wird und unter Einschluss des Bodens aushärtet.



Abb. 1: Teststreckenaufbau für die Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren

Bei den Kurzlinern und Innenmanschetten, bei denen der Boden nicht Bestandteil des Sanierungsergebnisses ist, wurden die Teststrecken auf dem Hallenboden aufgelagert. Die Beton-teststrecken wurden komplett freiliegend aufgebaut und somit die Situation „gestörte Rohrbettung“ mit fehlendem anstehenden Boden simuliert. Bei den Steinzeugstrecken wurde die Situation „intakte Rohrbettung“ durch eine mit FE-Modellen berechnete Ummantelung im Bereich der Schadstellen aus EPDM-Gummimatten und Stahlbändern nachgebildet. Im Fall einer Scherbenbildung durch den Innendruck des Sanierungspackers soll die Ummantelung radiale Verschiebungen nach außen zulassen, wie es der Bettungswirkung eines Rohr-Boden-Systems entspräche.



Abb. 2: Teststreckenaufbau für die Innenmanschetten und Kurzliner

Da in der Praxis i.d.R. mit Ablagerungen auf der Rohrwand zu rechnen ist, die eine Oberflächenvorbehandlung erforderlich machen, wurden in die Teststrecken gezielt Fettablagerungen eingebracht, um Vorarbeiten zu provozieren. Auf die Fettablagerungen wurden die Verfahrensanbieter hingewiesen und die Möglichkeit zu einer Besichtigung der Teststrecken im Vorfeld der Sanierungen gegeben.

### 2.2.2 Sanierungsausführung und HD-Belastungen

Die Sanierungsaufgabe bestand für die Verfahrensanbieter darin, die insgesamt zwölf Schadstellen in den vier Kreisprofil-Teststrecken und ggf. drei zusätzliche Schadstellen im Eiprofil nach eigenem Ermessen zu sanieren, sodass die Dichtheit und Funktionsfähigkeit der Reparaturstelle sichergestellt werden. Zur Sanierungsaufgabe gehörten damit Arbeitsschritte von der Planung und Konzeption der Sanierung über die Planung von Art und Umfang der Oberflächenvorbehandlung bis hin zur eigentlichen Reparatur mit ggf. erforderlichen Nacharbeiten. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um den Anbietern die Möglichkeit zu geben, die ihres Erachtens nach notwendigen Arbeitsschritte zur Erzielung eines bestmöglichen Sanierungsergebnisses durchzuführen.

Für die Reparaturarbeiten in den Teststrecken wurde den Anbietern freigestellt, ob sie die Arbeiten von eigenen Technikern ausführen lassen oder einen Dienstleister für die Durchführung empfehlen. Das Vorgehen während der Vorarbeiten und der eigentlichen Reparaturarbeiten wurde den Anbietern freigestellt. Als Vorgabe wurde lediglich festgelegt, dass die Reparaturen über die Endschächte der Teststrecken erfolgen sollen. Ein Zeitlimit für die Reparaturarbeiten wurde nicht vorgegeben.

Da Hochdruckreinigungen zu den üblichen betrieblichen Maßnahmen innerhalb eines Kanalnetzes gehören und eine erhebliche Belastung für das Sanierungsmaterial darstellen, wurde die Hochdruckreinigung als maßgebliche betriebliche Belastung für die Systemprüfungen ausgewählt. Ausgehend von einer Mindest-Nutzungsdauer des reparierten Kanals von 15 Jahren und einem Reinigungszyklus von einer Reinigung pro Jahr wurden sämtliche Reparaturstellen nach Fertigstellung mit 15 Spüldurchgängen belastet.

### 2.2.3 Untersuchung der Funktionsfähigkeit

Durch eine Reparaturmaßnahme soll die Funktionsfähigkeit eines schadhafte Kanalabschnitts signifikant verbessert werden, d.h. die Entsorgungssicherheit soll wiederhergestellt und der Kanalabschnitt stabilisiert sein, sodass Rohr- und Bodeneinbrüche und Abflusshindernisse verhindert werden. Vor diesem Hintergrund wurden sämtliche Teststrecken im Anschluss an die Sanierung mittels einer Kamera optisch inspiziert. Nach Simulation betrieblicher Belastungen durch Hochdruckreinigung wurden die Rohre jeweils vor und hinter den jeweiligen Reparaturstellen gekappt und begutachtet. Als Bewertungsgrundlage dienten u.a. umfangreiche Bildkataloge zu den Reparaturergebnissen vor und nach der Hochdruckreinigung, auf deren Basis die beteiligten Netzbetreiber die insgesamt 153 Reparaturstellen beurteilten.

Die TV-Befahrungen der Leitungsstrecken **nach Fertigstellung** der Sanierungsarbeiten ergaben insgesamt ein positives Bild der Reparaturergebnisse. Neben den verfahrensbedingten minimalen Querschnittsverminderungen durch Kurzliner, Manschetten und teils auch durch Injektionsverfahren sowie einer geringen Kantenbildung an Manschettenrändern ohne Aufbördelung zeigten sich überwiegend nur geringe Auffälligkeiten ohne bedeutsamen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Kanals. Zu nennen sind hier beispielsweise Harzreste bzw. Überschussharz, Reste von Trennfolien an Kurzlinern oder minimale Faltenbildungen an Kurzlinern.



Auffälliger dagegen waren deutliche Harzreste auf den Stahlblechen der Stuttgarter Hülse mit unebener, rauer Oberfläche sowie ca. 2-4 mm tief gefräste Ringe in einigen Steinzeugrohren, die nicht vollständig mit dem KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem überdeckt worden waren. Darüber hinaus zeigten die meisten Kurzliner bei dem fehlenden Wandungsteil 20 x 20 cm (Schadensbild 1 in Stz. DN 200 und Stz. DN 300) Ausbeulungen von ca. 5 mm bis 25 mm Tiefe.

Bei der Begutachtung der Reparaturstellen **nach der Hochdruckreinigung** waren bei vielen Reparaturstellen leichte bis deutliche Spuren der Reinigung erkennbar. Bei den Kurzlinern war im Regelfall die Oberfläche, zumindest im Sohlbereich, leicht angeraut. Bei einzelnen Kurzlinern lagen an der Oberfläche auch Glasfasern frei oder es waren, hauptsächlich im Sohlbereich, Materialablösungen und Risse entstanden (vgl. 3P-Plus-Kurzliner, K-Liner, Knodur Sewer Repair Kit und Point-Liner®). Ebenfalls wurden an einzelnen Kurzlinern Ringspalte oder Kanten in den Randbereichen gemessen.

In der Gruppe der Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren waren bei der Janßen Riss- und Scherbensanierung sowie dem KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, bei denen Harzschichten/Harzreste auch außerhalb der Schadstelle auf der Rohrwand verblieben, teilweise Materialablösungen entstanden. Bezüglich der Dichtwirkung der Reparatur sind diese Materialablösungen zwar i.d.R. unbedenklich und lassen sich durch Nacharbeiten der Sanierungsfirma entfernen, jedoch können sich bei angelösten und in den Querschnitt einragenden Harzresten auch Abflusshindernisse bilden. Beim KA-TE PMO Verfahren, bei dem i.d.R. nur die Schadstellen mit Harz verfüllt werden, waren nur an wenigen Stellen kleine Kanten an den Rändern der Harzkörper entstanden.

An der Stuttgarter Hülse, bei der nach Herstellerangaben ein falsches Schlossraster zu einer mangelhaften Verspannung der Manschette geführt habe, wurden z.T. erhebliche Spülschäden in Form von Einbeulungen festgestellt. Zusätzlich hatten sich durch die Harzreste an einigen Manschetten teils deutliche Kanten gebildet. Die in zwei Ausführungs-Varianten getestete Quick-Lock Manschette lieferte unterschiedliche Ergebnisse: Bei dem zuerst getesteten Modell ohne Aufbördelung wurden nach der HD-Spülung an einigen Manschetten defekte Zahnleisten des Schlossrasters festgestellt. Dies führte zu einer nachlassenden Verspannung der Manschette mit entsprechender Verringerung des Innendurchmessers und Undichtigkeiten. Die nachfolgend getestete Manschette mit einseitiger Aufbördelung wies derartige Schäden nicht auf. Bei beiden Varianten können im Überlappungsbereich des Bleches je nach Spaltbildung Kanten von einigen Millimetern entstehen.

#### 2.2.4 Untersuchung der Dichtheit

Die Dichtheit des Kanals soll sowohl unmittelbar nach Fertigstellung der Reparatur wiederhergestellt sein als auch während der gesamten Nutzungsdauer bestehen bleiben. Vor diesem Hintergrund wurden sämtliche Reparaturstellen sowohl nach Fertigstellung als auch nach Simulation betrieblicher Belastungen durch Hochdruckreinigung mit Wasserinnendruck auf Dichtheit geprüft. Nach Simulation betrieblicher Belastungen<sup>1</sup> wurde in einem Zuge mit

---

<sup>1</sup> Die Zustände nach HD-Reinigung waren bewertungsrelevant.

sechs aufsteigenden Druckstufen zwischen 0,05 bar und 0,5 bar und Prüfzeiten zwischen 15 min und 30 min geprüft. Prüf- und Bewertungskriterium war dabei die optische Kontrolle auf Wasseraustritte im Bereich der Reparaturstelle an der Rohraußeite.

Die bewertungsrelevanten Dichtheitsprüfungen im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ erfolgten durch optische Kontrolle auf Wasseraustritt an der Rohraußeite des sanierten Schadens nach Hochdruckspülung. Tritt Wasser aus, wird die Reparaturstelle grundsätzlich als undicht bewertet, unabhängig von der Stärke des Wasseraustritts. Eine Differenzierung des Prüfkriteriums „Dichtheit“ wird anhand der sechs geprüften Druckstufen zwischen 0,05 bar und 0,5 bar vorgenommen.

Die bewertungsrelevanten Dichtheitsprüfungen nach der Hochdruckspülung lieferten folgende Ergebnisse:

In der Gruppe der **Injektions- und Spachtel-Verpressverfahren** waren bei der „Janßen Riss- und Scherbensanierung“ und dem KA-TE PMO - Verfahren“ alle bewertungsrelevanten Reparaturstellen bis mindestens 0,1 bar dicht. Bei der höchsten Druckstufe waren dann noch sechs von zwölf Reparaturstellen (Janßen Riss- und Scherbensanierung) bzw. 12 von 15 (KA-TE PMO – Verfahren) dicht. Beim KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem hingegen waren acht von zwölf Sanierungskörpern bei keiner Druckstufe dicht. Hier waren bei der Sanierung Schwierigkeiten beim Verpressvorgang aufgetreten, sodass einige Schadstellen nicht vollständig mit dem Sanierungsharz verfüllt worden waren.

Auch in der Gruppe der **Kurzliner** waren die Ergebnisse der Dichtheitsprüfung sehr unterschiedlich. Der 3P-Plus-Kurzliner und der KM – Kurzliner liegen mit einer Dichtheits-Quote von 11/12 bzw. 9/11 Reparaturstellen deutlich über dem Durchschnitt. Der Kurzliner „Kondur Sewer Repair Kit (VP)“, bei dem Schwachstellen innerhalb des GFK-Laminats zu Undichtigkeiten führten, bestand nur in zwei von zwölf Fällen die Dichtheitsprüfung bis zur höchsten Druckstufe. Die weiteren drei getesteten Kurzlinerverfahren liegen im Mittelfeld.

Ähnlich weit liegen die Prüfergebnisse der drei geprüften **Innenmanschetten** auseinander: Bei der Stuttgarter Hülse, für die laut Herstellerangaben irrtümlich ein falsches Schlossrastermaß verwendet worden sei, waren 13 von 15 sanierte Schäden bei keiner Druckstufe dicht. Dagegen wurde bei der Quick-Lock Manschette mit einseitiger Aufbördelung die Dichtheit an neun von zwölf Reparaturstellen bis einschließlich 0,5 bar und an einer bis 0,1 bar nachgewiesen. Bei der Quick-Lock Manschette ohne Aufbördelung waren nach der Hochdruckspülung fünf von zwölf Reparaturstellen bei Druckstufen zwischen 0,05 bar und 0,5 bar dicht.

Da die Betonteststrecken der Kurzliner und Innenmanschetten sowohl vor als auch nach der Hochdruckreinigung freiliegend geprüft wurden, ist hier ein Vergleich der Prüfungen vor und nach der Hochdruckreinigung möglich. Bei nur drei der 60 Reparaturstellen zeigten sich Unterschiede in den Prüfergebnissen. Ein K-Liner und zwei Quick-Lock Manschetten ohne Aufbördelung waren nach der HD-Reinigung nur noch bei einer geringen Druckstufe bzw. auf keiner Druckstufe mehr dicht. Somit zeigt sich in der Gesamtbetrachtung kein signifikanter Einfluss der HD-Reinigung auf die Dichtheit der Reparaturstellen.

## 2.3 Baustellenuntersuchungen

Im Rahmen der Baustellenuntersuchungen wurde speziell die Handhabung der Verfahren aufgenommen und auf mögliche Abweichungen gegenüber den Arbeiten in den IKT-Teststrecken und den Verfahrensbeschreibungen der Anbieter geachtet. Ziel war es zu überprüfen, ob der Einsatz der Verfahren im IKT praxisgerecht war, ob die Verfahren grundsätzlich praxistauglich sind und welche Fehlerquellen entstehen können.

Grundsätzlich bestätigten die Baustellenbeobachtungen die Praxistauglichkeit der Verfahren und zeigten, dass die Reparaturarbeiten in der Praxis prinzipiell auch so wie in den Teststrecken gehandhabt werden können. Allerdings zeigte sich auch, dass die Arbeiten auf den Baustellen zum Teil abweichend von den Verfahrenshandbüchern ausgeführt wurden.

Insgesamt besteht prinzipiell bei allen Reparaturverfahren die Möglichkeit, bestimmte Arbeitsschritte zu verkürzen oder einzusparen, sei es aus Zeit- und Kostengründen sowie aus unterschiedlichen Qualitätsanforderungen der Sanierungsfirmen oder aufgrund von durch den Auftraggeber nicht geforderten und bezahlten Leistungen. Dies betrifft insbesondere vorbereitende und begleitende Maßnahmen, wie Hochdruckspülungen, Fräsarbeiten und die Außerbetriebnahme des Kanalabschnitts, deren (fehlende) Ausführung bei Abnahme des Reparaturergebnisses nicht unmittelbar erkennbar ist.

Aus den Erfahrungen der Baustellenuntersuchungen stellt sich die Frage, in welchem Umfang Fräsarbeiten notwendig sind und welchen Einfluss sie auf Haftwirkung, Dichtheit, Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Kurzliner haben. Wie die weiterführenden Untersuchungen an Kurzlinern auf glasierten und vorgefrästen Steinzeugoberflächen zeigen, kann die Haftwirkung auf glasierten Flächen durchaus harzabhängig sein.

## 2.4 Weiterführende Untersuchungen

In weiterführenden Untersuchungen wurden drei weitere Aspekte betrachtet: Zum ersten wurden ausgewählte Verfahren zur Sanierung von undichten Rohrverbindungen unter Grundwasserzutritt eingesetzt und die Reparaturergebnisse anschließend unter Außenwasserdruck geprüft. Zum zweiten wurden die Haftwirkung von Kurzliner-Materialien auf Rohroberflächen exemplarisch untersucht und drittens Materialkennwerte an Kurzlinerproben ermittelt. Die Ergebnisse aus der Sanierung unter Grundwasserzutritt mit anschließender Außenwasserdruckbelastung sind als Zusatzinformationen in Tab. 11 bis Tab. 13 dargestellt.

### 3 Bewertung der Reparaturverfahren

Die Bewertung der geprüften Injektions- bzw. Spachtel-/Verpressverfahren, Kurzliner und Innenmanschetten wird auf Basis der Bewertungsschwerpunkte „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ und „Systemprüfungen“ vorgenommen. Die Bewertung für die Systemprüfungen bezieht sich auf die Testeinbauten in den Steinzeugstrecken DN 200 und DN 300 und Betonstrecken DN 300 und DN 600.

#### 3.1 Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“

Der Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ geht zu 15 % in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die sieben Prüfkriterien „Verfahrenshandbuch“, „Angebot von Schulungen“, „Fremdüberwachung“, „Umweltverträglichkeit“, „DIBt-Zulassung“, „Prüfzeugnisse“ und „Rückverfolgung des Lieferwegs“ ein. Die Kriterien werden mit „ja/nein“ bewertet. Ein „ja“ bedeutet, die entsprechende Qualitätssicherung konnte nachgewiesen werden. „Nein“ steht für das Fehlen eines entsprechenden Nachweises. Die Kriterien fließen zu den in Tab. 8 dargestellten Anteilen in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ ein. Die Ergebnisse werden mittels einer linearen Funktion in Noten abgebildet. Hierbei stehen 100 % für die Note „sehr gut (1,0)“ und 0 % für die Note „ungenügend (6,0)“.

Tab. 8: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“

Prüfkriterium	Bewertung (Vorliegen der Unterlagen)	Gewichtung
Verfahrenshandbuch	ja / nein	20 %
Angebot von Schulungen	ja / nein	20 %
Fremdüberwachung	ja / nein	20 %
Umweltverträglichkeit	ja / nein	10 %
DIBt-Zulassung	ja / nein	10 %
Prüfzeugnisse	ja / nein	10 %
Rückverfolgung des Lieferwegs	ja / nein	10 %

### 3.2 Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Der Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ geht mit 85 % in das jeweilige Prüfurteil ein und wird mit Noten zwischen „sehr gut (1,0)“ und „ungenügend (6,0)“ bewertet. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die zwei Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ ein, die jeweils zu 50 % gewichtet werden (vgl. Tab. 9).

Die Benotungen der Systemprüfungen sind für sämtliche Verfahren auf die Testeinbauten in den vier Kreisprofil-Strecken Steinzeug DN 200 und DN 300 sowie Beton DN 300 und DN 600 bezogen. Die Ergebnisse der Reparaturen im Beton-Eiprofil DN 400/600, das nur von drei der zwölf Verfahren saniert wurde, sind als Zusatzinformation in Tab. 11 bis Tab. 13 aufgeführt und gehen nicht mit in die Benotung ein.

Tab. 9: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Prüfkriterium und Gewichtung		Bewertung
Dichtheit (50 %)	nach Hochdruckreinigung (100 %)	von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
	nach Fertigstellung (30 %)	von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
Funktionsfähigkeit (50 %)	nach Hochdruckreinigung (70 %)	

Mit der **Funktionsfähigkeit** (optischer Zustand) wird bewertet, ob die Entsorgungssicherheit des Kanalabschnitts wiederhergestellt ist, d.h. der Eindruck, inwieweit der Zustand stabilisiert wurde und der Kanalabschnitt frei von Abflusshindernissen sowie Verstopfungsgefahren ist. Die Beurteilung wurde von den beteiligten Netzbetreibern anhand von Fotodokumentationen und Messergebnissen sowie beispielhafter Begutachtung ausgebauter Probekörper durch Punktevergabe vorgenommen. Hierbei wurden Punkte zwischen 0 und 100 vergeben, wobei 100 Punkte einem optisch einwandfreien Reparaturergebnis (sehr gut, Note 1,0) entsprechen und 0 Punkte für ein optisch nicht akzeptables Sanierungsergebnis (ungenügend, Note 6,0) stehen. Die Bewertungsergebnisse der Gruppe der Netzbetreiber wurden arithmetisch gemittelt und durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet.

Bei der Bewertung wird zwischen dem Zustand nach Fertigstellung und dem Zustand nach der Hochdruckspülung unterschieden, wobei die Bewertungen zu 30 % (nach Fertigstellung) und 70 % (nach Hochdruckspülung) gewichtet werden. Für die Bewertung nach Fertigstellung lagen Bilder aus den Befahrungsvideos vor, die Bewertung nach der Hochdruckreinigung wurde auf Basis von Fotodokumentationen an den in Rohrsegmenten heraus getrennten Reparaturstellen in Verbindung mit erläuternden Messwerten vorgenommen.

Die **Dichtheit** wird anhand der Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen mit sechs unterschiedlichen Druckstufen bewertet. Entsprechend dem Bewertungsschema in Tab. 10 wird eine Reparaturstelle mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn Sie bei der höchsten Druckstufe von 0,5 bar dicht war. Konnte die Dichtheit nur bei der niedrigsten Druckstufe von 0,05 bar nachgewiesen werden, wird die Note „ausreichend (4,0)“ vergeben. Dazwischen liegende Druckstufen werden mit abgestuften Notenschritten entsprechend Tab. 10 bewertet. Repara-

turstellen, die auch bei der niedrigsten Druckstufe undicht waren, erhalten die Note „ungenügend (6,0)“.

Tab. 10: Bewertungsschema für das Kriterium „Dichtheit“

Dichtheit nachgewiesen bis einschließlich	Benotung
0,5 bar	1,0
0,4 bar	1,7
0,3 bar	2,3
0,2 bar	3,0
0,1 bar	3,7
0,05 bar	4,0
bei keiner Druckstufe dicht	6,0

Das Kriterium „Dichtheit“ wird zu 100 % durch die Ergebnisse der Dichtheitsprüfung nach der Hochdruckreinigung bestimmt. Die Prüfungen vor der Hochdruckreinigung werden nicht in die Benotung einbezogen, um Fehlbewertungen bei Prüfungen an Leitungen im sandüberdeckten Zustand und bei Ummantelung auszuschließen. Sofern Interpretationsspielräume im Rahmen der Prüfungen auftraten, wurden diese in Einzelfallentscheidungen von den Netzbetreibern bewertet. Reparaturstellen mit unklarem Prüfergebnis oder bei denen Abweichungen des Schadensbildes vom angestrebten Ausgangszustand bestanden, wurden aus der Wertung genommen. Die Note für die Dichtheit setzt sich dann zu je 50 % aus den Notennennern der Beton- und der Steinzeugteststrecken zusammen.

## 4 Prüfurteile und Gesamtergebnis

Die jeweiligen Prüfurteile werden zu 85 % aus der Benotung der „Systemprüfungen“ und zu 15 % aus der Note für die „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ zusammengesetzt. Tab. 11 bis Tab. 13 fassen die Prüfurteile zusammen.

Zusatzinformationen sind zu den weiterführenden Prüfungen zur Einsatzfähigkeit in Betonrohren mit Eiprofil DN 400/600 sowie unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck aufgenommen. Ergänzend sind die Eindrücke zur Praxisnähe der Reparaturarbeiten in den Teststrecken im Vergleich zu den Baustellen-Untersuchungen und Verfahrenshandbüchern sowie die erkannten Verbesserungspotentiale dargestellt.

Das Gesamtergebnis des IKT-Warentests bestätigt, dass es grundsätzlich möglich ist, sowohl mit einem Injektions- bzw. Spachtel-/Verpressverfahren als auch mit einem Kurzliner oder einer Innenmanschette ein qualitativ ansprechendes Reparaturergebnis zu erzielen. Allerdings zeigte der Test auch, dass die Qualität zwischen den einzelnen Verfahren innerhalb einer Gruppe nennenswert schwanken kann. In jeder Gruppe sind Verfahren mit den Noten „GUT“ bis „AUSREICHEND“ vertreten.

Das beste Ergebnis in der Gruppe der Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren und zugleich das beste Ergebnis im gesamten Test wurde durch das KA-TE PMO Verfahren mit der Note GUT (1,6) erzielt, gefolgt von der Janßen Riss- und Scherbensanierung mit der Note GUT (2,3). Das neu entwickelte KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem wies noch deutlichen Optimierungsbedarf auf und erreichte nur ein AUSREICHEND (4,0).

In der Gruppe der Kurzliner liegen der KM – Kurzliner und der 3P-Plus-Kurzliner mit jeweils der Note GUT (2,2) an der Spitze. Im Mittelfeld liegen mit einem BEFRIEDIGENDEN Prüfergebnis der K-Liner (Note 2,8), der ALOCIT Kurzliner (Note 2,9) und der Point-Liner® (Note 3,1). Der Kurzliner Konudur Sewer Repair Kit (VP) konnte als Neuentwicklung mit deutlichem Optimierungsbedarf nur ein AUSREICHEND (4,2) erreichen.

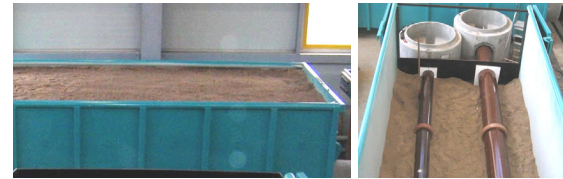
Eine ähnliche Spanne in den Prüfergebnissen zeigt sich bei den Innenmanschetten: Ein GUTES Prüfergebnis lieferte die modifizierte Quick-Lock Manschette mit einseitiger Aufbördelung (2,2), während die zuvor getestete Quick-Lock Manschette ohne Aufbördelung mit BEFRIEDIGEND (3,1) benotet wurde. Deutliche Schwächen zeigte die Stuttgarter Hülse (Note 4,3), die in der jetzigen Form nicht mehr für Abwasserkanäle angeboten, sondern lt. Herstellerangaben jetzt in Kombination mit einem Kurzliner eingesetzt wird.

Insgesamt zeigen alle Verfahren unterschiedliche Stärken und Schwächen. Die drei Verfahren, die nur mit AUSREICHEND bewertet wurden, sind in dem hier geprüften Entwicklungsstand kaum für den Praxiseinsatz zu empfehlen. Allerdings haben die Hersteller der drei Verfahren bereits auf die Testergebnisse reagiert, sodass die Verfahren nicht mehr in der getesteten Form angeboten werden und lt. Herstellerangaben z.B. Weiterentwicklungen eingeleitet wurden.



Tab. 11: Ergebnisse des IKT - Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ – Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren

**IKT - Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“**  
**Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren**



Systemprüfungen in Teststrecken:

- Reparatur von je drei Schadensbildern in vier sandüberdeckten Teststrecken aus Steinzeugrohren DN 200 u. DN 300 sowie Betonrohren DN 300 u. DN 600 mit Fettablagerungen,
- Schadensbilder in Steinzeug: 1) Ausbruch 20x20 cm, 2) ausgedehnte Rissverzweigung über ca. 1 m Länge, 3) undichte Muffe mit Scheitelriss und Ausbruch (d = 5 cm),
- Schadensbilder in Beton: 1) Querriss, 2) Längsriss in Kämpfer und Scheitel vom Spitzende ausgehend (l = ca. 1 m), 3) undichte Muffe mit Scheitelriss und Ausbruch (d = 5 cm).

Verfahrenstyp	Spachtel-/Verpressverfahren		Injektionsverfahren	
Verfahrensanbieter	KA-TE PMO AG		Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	ProKASRO Mechatronik GmbH
Verfahren	KA-TE PMO – Verfahren		Janßen Riss- und Scherbenanierung	KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem
Eingesetztes Harzsystem	BASF CONCRECIVE® 1850 und EPOXONIC® EX 1355		JaGoPur	Konudur Robopress 07 mit Zusatzstoff Konudur Additiv RP
<b>IKT – Prüfurteil*</b>	<b>GUT (1,6)</b>		<b>GUT (2,3)</b>	<b>AUSREICHEND (4,0)</b>
<b>Systemprüfungen in Teststrecken (Gewichtung 85 %)</b>	<b>gut (1,7)</b>		<b>befriedigend (2,6)</b>	<b>ausreichend (4,2)</b>
Funktionsfähigkeit <sup>1</sup> (50 %)	2,0		3,5	4,2
Dichtheit <sup>2</sup> (50 %)	1,3		1,6	4,2
<b>Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter<sup>3</sup> (Gewichtung 15 %)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>		<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>befriedigend (3,0)</b>
Verfahrenshandbuch (20 %)	ja		ja	ja
Schulungen (20 %)	ja		ja	ja
Fremdüberwachung (20 %)	ja		ja	nein
Umweltverträglichkeit (10 %)	ja		ja	ja
DIBt – Zulassung (10 %)	ja		ja	nein
Prüfzeugnisse (10 %)	ja		ja	nein
Rückverfolgung des Lieferwegs (10 %)	ja		ja	ja
<b>Zusatzinformationen:</b>	praxisgerechte Handhabung		praxisgerechte Handhabung	Schwierigkeiten beim Verpressvorgang im Test, Verfahren noch nicht ausgereift
Eindruck aus Baustellenuntersuchungen und Teststreckeneinsatz	nachgewiesen		nicht angeboten	nicht angeboten
Einsatzfähigkeit Beton-Eiprofil DN 400/600 <sup>4</sup>	nachgewiesen		nicht nachgewiesen	nicht geprüft
Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck <sup>5</sup>	Kreisprofil: DN 150 - DN 800 Eiprofil: DN 300/450 - DN 600/900		Kreisprofil: DN 100 - DN 700 Eiprofil: kein Einsatz	Kreisprofil: DN 200 - DN 600 Eiprofil: kein Einsatz
<b>Verbesserungsmöglichkeiten</b>	/		Entfernen der Harzrückstände; Veränderung des Packersystems zur leichteren Positionierung	verlängerte Reaktionszeit des Harzes; Optimierung des Austauschs der Harzzuleitungen; Einzelverpressung von Schäden; Entfernen der Harzrückstände
<b>Bemerkung</b>	/		/	Verfahren wird so nicht mehr angeboten

1 Bewertung der Funktionsfähigkeit anhand optischer Beurteilung durch Netzbetreiber anhand Punktevergabe (30 % Gewichtung nach Fertigstellung; 70 % Gewichtung nach HD-Reinigung); 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; arithmetische Mittelwertbildung und Abbildung der Punkte in Noten durch eine lineare Funktion  
2 Bewertung auf Basis von Wasserinnendruckprüfungen nach HD-Reinigung (optische Kontrolle auf Wasseraustritte); Benotung in Abhängigkeit von Druckstufe ohne Wasseraustritte: 0,5 bar = 1,0 / 0,4 bar = 1,7 / 0,3 bar = 2,3 / 0,2 bar = 3,0 / 0,1 bar = 3,7 / 0,05 bar = 4,0 / auf keiner Druckstufe dicht = 6,0; Schadensbild 2 (Längsriss) der Betonteststrecken wurde aufgrund uneinheitlicher Rissbildungen aus der Wertung genommen  
3 Bewertung: vorhanden = ja und nicht vorhanden = nein; Zulassung/Zugnisse/Nachweise müssen für die im Test eingesetzten Materialien gelten  
4 Bewertung: „nachgewiesen“ = Verfahren wurde in Beton-Teststrecke DN 400/600 mit drei Schadensbildern getestet und beide Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ wurden für jedes Schadensbild mit mindestens „ausreichend“ (<4,5) bewertet; „nicht nachgewiesen“ = Verfahren wurde getestet und mindestens eine Reparaturstelle wurde in mindestens einem der Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ schlechter als „ausreichend“ bewertet; „nicht nachgewiesen“ = das Verfahren wird für Betonrohre DN 400/600 angeboten, der Anbieter setzte es jedoch nicht im Test ein; „nicht angeboten“ = Das Verfahren wird nicht für den Einsatz in Betonrohren DN 400/600 angeboten  
5 Bewertung: „nachgewiesen“ = Verfahren wurde in Steinzeug-Teststrecke DN 300 mit drei undichten Muffen unter Wasserzutritt eingesetzt sowie mit Außenwasserdruck belastet und sämtliche Reparaturstellen zeigten bei der Inneninspektion keine Wassereintritte; „nicht nachgewiesen“ = Verfahren wurde getestet und mindestens eine Reparaturstelle zeigte bei der Inneninspektion Wassereintritte; „nicht geprüft“ = Verfahren wurde nicht getestet  
\* 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.

Tab. 12: Ergebnisse des IKT - Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ – Kurzliner

**IKT - Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“**  
**Kurzliner**



Systemprüfungen in Teststrecken:

- Reparatur von je drei Schadensbildern in Teststrecken aus Steinzeugrohren DN 200 und DN 300 (ummantelt) sowie Betonrohren DN 300 und DN 600 (frei liegend), sämtliche Rohre mit Fettablagerungen,
- Schadensbilder in Steinzeug: 1) Ausbruch 20x20 cm, 2) ausgedehnte Rissverzweigung über ca. 1 m Länge, 3) undichte Muffe mit Scheitelriss und Ausbruch (d = 5 cm),
- Schadensbilder in Beton: 1) Querriss, 2) Längsriss in Kämpfer und Scheitel vom Spitzende ausgehend (l = ca. 1 m), 3) undichte Muffe mit Scheitelriss und Ausbruch (d = 5 cm).

Verfahrensanbieter	sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	KMG Pipe Technologies GmbH	Kuchem GmbH	ALOCIT Chemie GmbH	Bodenbender GmbH	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG
<b>Verfahren</b>	<b>3P-Plus-Kurzliner</b>	<b>KM - Kurzliner</b>	<b>K-LINER</b>	<b>ALOCIT Kurzliner</b>	<b>Point-Liner®</b>	<b>Konudur Sewer Repair Kit (VP)</b>
<b>Eingesetztes Harzsystem</b>	<b>3P-Harz</b>	<b>ARALDITE GY 240 BD, mit ARADUR 16 BD, Luftverdränger, Haftvermittler</b>	<b>ARALDITE GY 250 BD, mit ARADUR 16 BD</b>	<b>ALOCIT Harz® Alocan mit Peroxan BP 50+ (Härter)</b>	<b>Multi - PL® - Harz</b>	<b>Konudur 266 SR (VP)</b>
<b>IKT – Prüfurteil*</b>	<b>GUT (2,2)</b>	<b>GUT (2,2)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,8)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,9)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (3,1)</b>	<b>AUSREICHEND (4,2)</b>
<b>Systemprüfungen in Teststrecken (Gewichtung 85 %)</b>	<b>gut (2,4)</b>	<b>gut (2,2)</b>	<b>befriedigend (3,1)</b>	<b>befriedigend (3,3)</b>	<b>befriedigend (3,4)</b>	<b>ausreichend (4,3)</b>
Funktionsfähigkeit <sup>1</sup> (50 %)	3,3	2,4	3,3	2,6 <sup>9</sup>	3,0	3,6
Dichtheit <sup>2</sup> (50 %)	1,4	2,0 <sup>6</sup>	2,9 <sup>7</sup>	4,0 <sup>8</sup>	3,9	5,0
<b>Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter<sup>3</sup> (Gewichtung 15 %)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>gut (2,0)</b>	<b>sehr gut (1,5)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>ausreichend (4,0)</b>
Verfahrenshandbuch (20 %)	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Schulungen (20 %)	ja	ja	ja	ja	ja	nein
Fremdüberwachung (20 %)	ja	ja	ja	ja	ja	nein
Umweltverträglichkeit (10 %)	ja	ja	ja	ja	ja	ja
DIBt – Zulassung (10 %)	ja	nein	nein	ja	ja	nein
Prüfzeugnisse (10 %)	ja	nein	ja	ja	ja	nein
Rückverfolgung des Lieferwegs (10 %)	ja	ja	ja	ja	ja	ja
<b>Zusatzinformationen:</b>						
Eindruck aus Baustellenuntersuchungen und Teststreckeneinsatz	praxisgerechte Handhabung, sehr umfangreiche Fräsarbeiten im Test	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung
Einsatzfähigkeit Beton-Eiprofil DN 400/600 <sup>4</sup>	nicht nachgewiesen <sup>2</sup>	nicht angeboten	nicht angeboten	nicht nachgewiesen <sup>1</sup>	nicht nachgewiesen <sup>2</sup>	nicht angeboten
Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck <sup>5</sup>	nachgewiesen	nachgewiesen	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft
Lieferbar für Durchmesser (lt. Anbieter)	Kreisprofil: DN 100 - DN 700 Eiprofil: DN 250/375 - DN 500/750	Kreisprofil: DN 150 – DN 600 Eiprofil: kein Einsatz	Kreisprofil: DN 100 - DN 1000 Eiprofil: kein Einsatz	Kreisprofil: DN 100 - DN 800 Eiprofil: DN 200/300 - DN 500/750	Kreisprofil: DN 100 - DN 1200 Eiprofil: DN 250/375 - DN 400/600	Kreisprofil: DN 100 - DN 800; Eiprofil: kein Einsatz
<b>Verbesserungsmöglichkeiten</b>	Spülbeständigkeit verbessern	3-lagiger Einbau bei fehlenden Wandungsteilen auch in kleinen NW	Spülbeständigkeit verbessern (evt. durch 3-lagigen Kurzliner)	Viskosität des Harzes erhöhen; evt. Umfang der Vorarbeiten erhöhen	Dichtwirkung verbessern	Dichtwirkung des Laminats und Spülbeständigkeit verbessern
<b>Bemerkung</b>	/	/	/	/	Einsatz eines zusätzlichen PES-Vlies in allen Nennweiten	Verfahren wird nicht mehr angeboten

1 Bewertung anhand optischer Beurteilung durch Netzbetreiber anhand Punktevergabe (30 % Gewichtung nach Fertigstellung; 70 % Gewichtung nach HD-Reinigung); 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; Abbildung der Punkte in Noten durch eine lineare Funktion; Mittelwertbildung über die Notenmittel der Steinzeug- und der Betonteststrecken  
2 Bewertung auf Basis von Wasserinnendruckprüfungen nach HD-Reinigung (optische Kontrolle auf Wasseraustritte); Benotung in Abhängigkeit von Druckstufe ohne Wasseraustritte: 0,5 bar = 1,0 / 0,4 bar = 1,7 / 0,3 bar = 2,3 / 0,2 bar = 3,0 / 0,1 bar = 3,7 / 0,05 bar = 4,0 / auf keiner Druckstufe dicht = 6,0; Mittelwertbildung über die Notenmittel der Beton- und der Steinzeugteststrecken; Schadensbild 2 (Längsriss) der Betonteststrecken wurde aufgrund uneinheitlicher Rissbildungen nicht gewertet.  
3 Bewertung: vorhanden = ja und nicht vorhanden = nein; Zulassung/Zugnisse/Nachweise müssen für die im Test eingesetzten Materialien gelten  
4 Bewertung: „nachgewiesen“ = Verfahren wurde in Beton-Teststrecke DN 400/600 mit drei Schadensbildern getestet und beide Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ wurden für jedes Schadensbild mit mindestens „ausreichend“ (<4,5) bewertet; „nicht nachgewiesen“ = Verfahren wurde getestet und mindestens eine Reparaturstelle wurde in mindestens einem der Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ schlechter als „ausreichend“ bewertet; „nicht nachgewiesen“ = das Verfahren wird für Betonrohre DN 400/600 angeboten, der Anbieter setzte es jedoch nicht im Test ein; „nicht angeboten“ = Das Verfahren wird nicht für den Einsatz in Betonrohren DN 400/600 angeboten  
5 Bewertung: „nachgewiesen“ = Verfahren wurde in Steinzeug-Teststrecke DN 300 mit drei undichten Muffen unter Wasserzutritt eingesetzt sowie mit Außenwasserdruck belastet und sämtliche Reparaturstellen zeigten bei der Inneninspektion keine Wassereintritte; „nicht nachgewiesen“ = Verfahren wurde getestet und mindestens eine Reparaturstelle zeigte bei der Inneninspektion Wassereintritte; „nicht geprüft“ = Verfahren wurde nicht getestet  
6 Schadensbild 3, Stz. DN 200 nicht gewertet aufgrund eines nicht eindeutigen Prüfergebnisses  
7 Schadensbild 1, Stz. DN 200 sowie Schadensbild 3, Stz. DN 300 nicht gewertet aufgrund zusätzlicher Rissbildung zum eigentlichen Schadensbild mit nicht eindeutiger Entstehungsursache  
8 Schadensbild 3, Stz. DN 200 nicht gewertet aufgrund zusätzlicher Rissbildung zum eigentlichen Schadensbild mit nicht eindeutiger Entstehungsursache  
9 Schadensbild 1, Stz. DN 300 nicht gewertet, aufgrund überdeckten Kurzliner-Endes durch unplanmäßigen Versetzfehler (Überlappung) der Sanierungsfirma (betrifft das in FR zuerst gelegene Ende und bei HD-Reinigung stärker beanspruchte Ende)  
\* 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

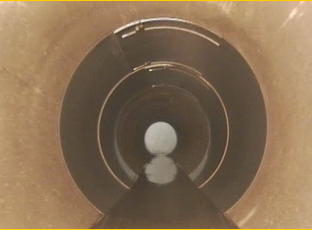


Tab. 13: Ergebnisse des IKT - Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ – Innenmanschetten

**IKT - Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“  
Innenmanschetten**



Systemprüfungen in Teststrecken:

- Reparatur von je drei Schadensbildern in Teststrecken aus Steinzeugrohren DN 200 und DN 300 (ummantelt) sowie Betonrohren DN 300 und DN 600 (frei liegend), sämtliche Rohre mit Fettablagerungen,
- Schadensbilder in Steinzeug: 1) Ausbruch 20x20 cm, 2) ausgedehnte Rissverzweigung über ca. 1 m Länge, 3) undichte Muffe mit Scheitelriss und Ausbruch (d = 5 cm),
- Schadensbilder in Beton: 1) Querriss, 2) Längsriss in Kämpfer und Scheitel vom Spitzende ausgehend (l = ca. 1 m), 3) undichte Muffe mit Scheitelriss und Ausbruch (d = 5 cm).

Verfahrensanbieter	UHRIG Kanaltechnik GmbH	UHRIG Kanaltechnik GmbH	Haas GmbH & Co. KG
	<b>Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung</b>	<b>Quick-Lock</b>	<b>Stuttgarter Hülse</b>
<b>Verfahren</b>			
<b>Eingesetztes Dichtungssystem</b>	<b>EPDM-Gummidichtung</b>	<b>EPDM-Gummidichtung</b>	<b>Spachtelmasse 03567L51</b>
<b>IKT – Prüfurteil*</b>	<b>GUT (2,2)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (3,1)</b>	<b>AUSREICHEND (4,3)</b>
<b>Systemprüfungen in Teststrecken (Gewichtung 85 %)</b>	<b>gut (2,4)</b>	<b>befriedigend (3,4)</b>	<b>ausreichend (4,3)</b>
Funktionsfähigkeit <sup>1</sup> (50 %)	2,9	3,1	3,6
Dichtheit <sup>2</sup> (50 %)	1,9	3,7	<b>5,1</b>
<b>Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter<sup>3</sup> (Gewichtung 15 %)</b>	<b>sehr gut (1,5)</b>	<b>sehr gut (1,5)</b>	<b>ausreichend (4,0)</b>
Verfahrenshandbuch (20 %)	ja	ja	ja
Schulungen (20 %)	ja	ja	nein
Fremdüberwachung (20 %)	ja	ja	ja
Umweltverträglichkeit (10 %)	ja	ja	nein
DIBt – Zulassung (10 %)	ja	ja	nein
Prüfzeugnisse (10 %)	ja	ja	nein
Rückverfolgung des Lieferwegs (10 %)	nein	nein	nein
<b>Zusatzinformationen</b>			
Eindruck aus Baustellenuntersuchungen und Teststreckeneinsatz	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung; Vorverpressung sämtlicher Schäden im Test
Einsatzfähigkeit Beton-Eiprofil DN 400/600 <sup>4</sup>	nicht angeboten	nicht angeboten	nicht nachgewiesen <sup>1</sup>
Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck <sup>5</sup>	nachgewiesen	nicht geprüft	nicht geprüft
Lieferbar für Durchmesser (lt. Anbieter)	Kreisprofil: DN 150 - DN 800 Eiprofil: kein Einsatz	Kreisprofil: DN 150 - DN 800 Eiprofil: kein Einsatz	Kreisprofil: DN 70 - DN 2000 Eiprofil: bis DN 900/1350
<b>Verbesserungsmöglichkeiten</b>	Kanten im Überlappungsbereich mindern	Spülbeständigkeit verbessern, hydraulische Eigenschaften der Manschette verbessern	Verspannung der Manschette und Dichtwirkung verbessern
<b>Bemerkung</b>	/	/	Verfahren wird für diesen Anwendungsfall nicht mehr angeboten

1 Bewertung der Funktionsfähigkeit anhand optischer Beurteilung durch Netzbetreiber anhand Punktevergabe (30 % Gewichtung nach Fertigstellung; 70 % Gewichtung nach HD-Reinigung): 100 Punkte = 1,0 bis 0 Punkte = 6,0; arithmetische Mittelwertbildung und Abbildung der Punkte in Noten durch eine lineare Funktion  
 2 Bewertung auf Basis von Wasserinnendruckprüfungen nach HD-Reinigung (optische Kontrolle auf Wasseraustritte); Benotung in Abhängigkeit von Druckstufe ohne Wasseraustritte: 0,5 bar = 1,0 / 0,4 bar = 1,7 / 0,3 bar = 2,3 / 0,2 bar = 3,0 / 0,1 bar = 3,7 / 0,05 bar = 4,0 / auf keiner Druckstufe dicht = 6,0; Schadensbild 2 (Längsriss) der Betonstrecke wurde aufgrund uneinheitlicher Rissbildungen aus der Wertung genommen  
 3 Bewertung: vorhanden = ja und nicht vorhanden = nein; Zulassung/Zeugnisse/Nachweise müssen für die im Test eingesetzten Materialien gelten  
 4 Bewertung: „nachgewiesen“ = Verfahren wurde in Beton-Teststrecke DN 400/600 mit drei Schadensbildern getestet und beide Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ wurden für jedes Schadensbild mit mindestens „ausreichend“ (<=4,5) bewertet; „nicht nachgewiesen“ = Verfahren wurde getestet und mindestens eine Reparaturstelle wurde in mindestens einem der Kriterien „Dichtheit“ und „Funktionsfähigkeit“ schlechter als „ausreichend“ bewertet; „nicht nachgewiesen“<sup>2a</sup> = das Verfahren wird für Betonrohre DN 400/600 angeboten, der Anbieter setzte es jedoch nicht im Test ein; „nicht angeboten“ = Das Verfahren wird nicht für den Einsatz in Betonrohren DN 400/600 angeboten  
 5 Bewertung: „nachgewiesen“ = Verfahren wurde in Steinzeug-Teststrecke DN 300 mit drei undichten Muffen unter Wasserzutritt eingesetzt sowie mit Außenwasserdruck belastet und sämtliche Reparaturstellen zeigten bei der Inneninspektion keine Wassereintritte; „nicht nachgewiesen“ = Verfahren wurde getestet und mindestens eine Reparaturstelle zeigte bei der Inneninspektion Wassereintritte; „nicht geprüft“ = Verfahren wurde nicht getestet  
 \* 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.



## 5 Schlussfolgerungen und Fazit

### **Deutliche Qualitätsunterschiede**

Die Ergebnisse des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ bestätigen, dass es grundsätzlich möglich ist, durch eine Reparatur eine qualitativ hochwertige Sanierung eines Kanalabschnitts herzustellen. Dies gilt für einzelne Verfahren sowohl aus der Gruppe der Injektions- bzw. Spachtel-/Verpressverfahren als auch aus den Gruppen der Kurzliner und Innenmanschetten.

Allerdings zeigte der Test auch deutliche Qualitätsunterschiede zwischen den einzelnen Verfahren einer Gruppe. So reichen die Noten der geprüften Verfahren in jeder Gruppe von GUT bis AUSREICHEND.

### **Komplexes Systemverhalten**

Als Sanierungsergebnis können komplexe Systeme aus Altrohr, Sanierungskörper und Boden mit möglichen Wechselwirkungen entstehen. Bei der Sanierungsplanung muss das Verhalten des Altrohrwerkstoffes beachtet und eine Veränderung bzw. Ausweitung des Schadensbildes unter Packer- oder Manschetten-Innendrücker in Betracht gezogen werden.

Grundsätzlich müssen die Reparaturen in ungeschädigte Rohrbereiche einbinden. Insbesondere bei Rissbildungen in Steinzeugrohren und der Gefahr des Weiterreißen unter Innendruck scheint es sinnvoll, die Sanierung über die angrenzenden Muffen fortzusetzen. Speziell bei ausgedehnten Rissverzweigungen kann sich daher der Einsatz eines Kurzliners mit einer entsprechenden Länge anbieten. Bei größeren Ausbrüchen ist möglicherweise eher eine Manschette oder ein Injektions-/Verpressverfahren geeignet, ggf. auch eine Kombination aus Injektion/Verpressen und Kurzliner, um Ausbeulungen oder Undichtigkeiten im Laminat durch fehlenden Gegendruck bei der Aushärtung zu vermeiden.

### **Unterschiedliche Fehleranfälligkeit**

Entscheidend für die Qualität einer Reparaturmaßnahme ist neben den Materialkomponenten bzw. der Verfahrenswahl die Ausführung auf der Baustelle. Dies gilt für sämtliche Verfahren unabhängig von der Bewertung im Rahmen dieses Tests. Dabei können sämtliche Arbeitsschritte von der Konzeption der Reparatur (z.B. Länge und Anzahl der Lagen eines Kurzliners) über Art und Umfang der Oberflächenvorbehandlung bis hin zum eigentlichen Reparaturvorgang und den Nacharbeiten einen nennenswerten Einfluss auf die spätere Qualität des Reparaturergebnisses haben.

Prinzipiell besteht bei allen Reparaturverfahren die Gefahr, dass auf der Baustelle wichtige Arbeitsschritte verkürzt oder eingespart werden, sei es aus Zeit- und Kostengründen sowie unterschiedlichen Qualitätsanforderungen der Sanierungsfirmen oder aufgrund von durch den Auftraggeber nicht geforderten und bezahlten Leistungen.

Dies betrifft insbesondere vorbereitende und begleitende Maßnahmen, wie Hochdruckspülungen, Fräsarbeiten und die Außerbetriebnahme des Kanalabschnitts, deren (fehlende) Ausführung bei Abnahme des Reparaturergebnisses nicht unmittelbar erkennbar ist. Auch der Zeitpunkt der Arbeiten kann sich negativ auf die Qualität einer Reparaturmaßnahme

auswirken, wenn beispielsweise Spülarbeiten nicht unmittelbar vor der Reparatur stattfinden. Vor diesem Hintergrund steigt die Anfälligkeit für unsachgemäße Ausführungen bei Verfahren, die einer aufwendigen Vorarbeit bedürfen.

Auch beim eigentlichen Reparaturvorgang können Fehler auftreten. Beispielsweise sind bei der Verwendung von Sanierungsharzen Fehler durch inhomogene Mischung der Harzkomponenten, Überschreitung der Verarbeitungszeiten oder zu frühes Entfernen der Sanierungspacker möglich. Sowohl sehr lange Aushärtezeiten können bei Zeitdruck eine unsachgemäße Ausführung begünstigen (Packer wird zu früh entfernt) als auch sehr kurze Verarbeitungszeiten. Insbesondere bei hohen Außentemperaturen erfordern kurze Verarbeitungszeiten einiger Harze von teils nur 15-20 Minuten ein schnelles Arbeiten in einem routinierten Team. In Anbetracht der notwendigen Arbeitsschritte beim Kurzlinereinbau vom Mischen des Harzes, über Tränkung des Gewebes bis hin zum Umwickeln des Sanierungspackers und zur Positionierung des Kurzliners im Kanal kann dies eine kaum zu erfüllende Herausforderung darstellen. Ebenso sind beim teils zeitaufwendigen Verspachteln von Rissen die Verarbeitungszeiten der Harze einzuhalten.

Auch bei der ohne Harz arbeitenden Innenmanschette sind beim Setzvorgang wichtige Punkte zu beachten. So müssen die Dichtnoppen zur Sicherstellung der Abdichtungsfunktion in ungeschädigte Rohrbereiche einbinden bzw. muss eine dauerhafte Kompression der Dichtnoppen sichergestellt und ein Nachgeben des Altrohres in diesem Bereich dauerhaft ausgeschlossen sein.

#### **Harze fordern Oberflächenvorbehandlung**

Für die Abdichtungsfunktion aller Verfahren, die mit Sanierungsharzen arbeiten, ist neben der Wasserdichtheit des Harzes bzw. des Kurzliner-Laminats eine wasserdichte Verklebung zwischen Harz und Rohrwand entscheidend. Damit keine Hinterläufigkeiten entstehen, müssen bei Kurzlinern mindestens beide Enden oder der Bereich um die Schadstelle gut abdichten (Dichtheit des Laminats vorausgesetzt), bei eingeharzten Manschetten muss zusätzlich der Überlappungsbereich des Bleches abgedichtet werden. Bei Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren sollte grundsätzlich eine Verklebung in den Grenzflächen zwischen Harz und Rohrwand im Bereich des Schadens sichergestellt werden.

Wie sowohl die Sanierungsarbeiten in den Teststrecken als auch die Baustelleneinsätze zeigten, wird Art und Umfang der Oberflächenvorbehandlung insbesondere bei den Kurzlinern von den Sanierungsfirmen sehr unterschiedlich gehandhabt, teils auch abweichend von den Verfahrenshandbüchern.

Grundsätzlich ist zu raten, Sanierungsharze nur auf sauberen, fettfreien Oberflächen einzusetzen. Daher sind Hochdruckspülungen unmittelbar vor dem Sanierungsvorgang grundsätzlich unumgänglich, ggf. auch unter Verwendung von Fettlösern. Inwieweit darüber hinausgehende Fräsarbeiten<sup>1</sup> erforderlich sind, ist sicherlich vom Verfahren, der Oberflächenbeschaffenheit des Altrohres und dem Sanierungsharz abhängig.

<sup>1</sup> Fräsarbeiten an der Rohroberfläche hinausgehend über Fräsarbeiten bei Wurzeleinwüchsen, Versätzen, verfestigten Ablagerungen / Inkrustationen etc.

Bei den Kurzlinern wurden die Fräsarbeiten in den Teststrecken bei fünf von sechs Verfahren auf Steinzeugoberflächen begrenzt, jedoch in sehr unterschiedlichem Umfang ausgeführt. Beispielsweise wurde bei einigen Verfahren die Glasur im kompletten Bereich des späteren Kurzliners entfernt oder auch nur angeraut, teilweise wurden nur Ringbereiche an den späteren Liner-Enden oder im Bereich des Schadensbildes gefräst. Die weiterführenden Untersuchungen zur Haftwirkung von Kurzlinermaterialien auf unterschiedlichen Steinzeugoberflächen zeigten, dass die Haftwirkung auf glasierten Flächen verfahrens- bzw. harzabhängig ist und keine pauschalisierten Empfehlungen zu Fräsarbeiten getroffen werden können. Während mit dem ersten Kurzliner-Verfahren<sup>1</sup> nahezu vergleichbare Haftzugwerte auf glasierten und gefrästen Flächen erzielt wurden, hafteten die Kurzliner des zweiten Verfahrens<sup>2</sup> nur auf gefrästen Flächen.

Bei den Injektions- und Spachtel- / Verpressverfahren wurden i.d.R. die Haftflächen gefräst, d.h. es wurde Material von den Randflächen der Ausbrüche sowie aus Rissen und Muffen abgetragen und diese somit verbreitert.

Bei der Quick-Lock Manschette, als einziges getestetes Verfahren ohne Sanierungsharz, wird die Abdichtung zwischen Stahlblech und Rohrwand mittels komprimierten Gummidichtungen erzielt. Da keine Verklebung mit dem Altrohr erzielt wird, spielte daher die Untergrundvorbehandlung in den Teststrecken und auf der Baustelle eine untergeordnete Rolle. Da die Abdichtung jedoch über schmale, umlaufende Dichtnoppen erzielt wird, sollten bei unebenen Altrohroberflächen ggf. zusätzliche Maßnahmen wie ein Vorfräsen der Rohroberfläche oder der Einsatz von Quellbändern<sup>3</sup> in Betracht gezogen werden.

#### **Unterschiede in den Harzeigenschaften**

Nicht nur in der Haftwirkung der verschiedenen Harzsysteme konnten Unterschiede festgestellt werden (s.o.), sondern auch in der Spülbeständigkeit. Während die vier Kurzliner-Verfahren mit Epoxid-, Polyurethan- und Methacrylat-Harzen nach der Hochdruckspülung eine noch überwiegend glatte Oberfläche aufwiesen, zeigten die zwei Kurzliner-Verfahren mit Silikat- bzw. Organomineralharz insbesondere in den Sohlbereichen angeraute Bereiche mit teils freiliegenden Fasern. Inwieweit diese Beobachtungen grundsätzlich mit den Eigenschaften dieser Harzgruppen in Verbindung stehen, ist ggf. in weiterführenden Untersuchungen zu klären.

#### **Qualitätssicherung durch den Auftraggeber**

Auch der Auftraggeber kann zur Qualitätssicherung beitragen. Im ersten Schritt sollten notwendige Vorarbeiten wie Spül- und ggf. Fräsarbeiten mit ausgeschrieben werden. Im zweiten Schritt können im Rahmen einer ggf. stichpunktartigen Baustellenüberwachung die eingesetzten Materialien, Art und Umfang von Vorarbeiten sowie der Reparaturvorgang kontrolliert werden. Besteht keine Möglichkeit zur Baustellenüberwachung, sollte zumindest eine Sanierungsdokumentation mit Bildern der Schadstelle vor Beginn der Arbeiten, nach Beendigung der Vorarbeiten sowie nach Fertigstellung der Reparatur gefordert werden.

<sup>1</sup> KM – Kurzliner (Epoxidharz)

<sup>2</sup> 3P-Plus-Kurzliner (Silikatharz)

<sup>3</sup> Die Wirkung der im Einzelfall eingesetzten Quellbänder wurde im Rahmen des IKT-Warentests nicht weiter untersucht.

Des Weiteren sollten bei Reparaturverfahren mit aushärtenden Materialien vom Hersteller verbindliche Aussagen zu den notwendigen Fristen zwischen Sanierungsende und frühest möglicher Hochdruckspülung eingefordert werden. Im Rahmen des Testes gaben die Hersteller Zeitspannen von einigen Tagen bis hin zu vier Wochen an, die den Verfahrenshandbüchern jedoch meist nicht zu entnehmen waren.

Die Begleitung der Reparatursätze sowohl in situ als auch in den Teststrecken zeigte, dass qualitativ hochwertige Reparaturen meist mit hohem Aufwand für die Vorbereitung und Durchführung der eigentlichen Reparaturmaßnahme verbunden sind. Im Rahmen des Tests konnte eine Preisbildung mit einer Spanne von durchschnittlich ca. 450 – 1.000 € pro Meter Sanierungslänge beobachtet werden. Einzelmaßnahmen mit niedrigeren Kostenansätzen scheinen vor diesem Hintergrund kaum kostendeckend zu ansprechender Qualität abgewickelt werden zu können.

#### ***Kreislauf der Produktverbesserung bereits angestoßen***

Vier der zwölf getesteten Verfahren wurden aufgrund der Prüfergebnisse im Test bereits vom Markt zurückgezogen bzw. durch ein modifiziertes System abgelöst oder es wurde von einer bevorstehenden Markteinführung abgesehen. Bei zwei der Verfahren wird bereits eine Alternative auf dem Markt angeboten, die zwei weiteren Verfahren werden derzeit weiterentwickelt.



## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Berger, C.; Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage, Hennef, 2004.
- [2] Bosseler, B.; Harting, K.; Färber, D.: IKT-Warentest Reparaturverfahren für Hauptkanäle, Langfassung. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, download unter [www.ikt.de](http://www.ikt.de).