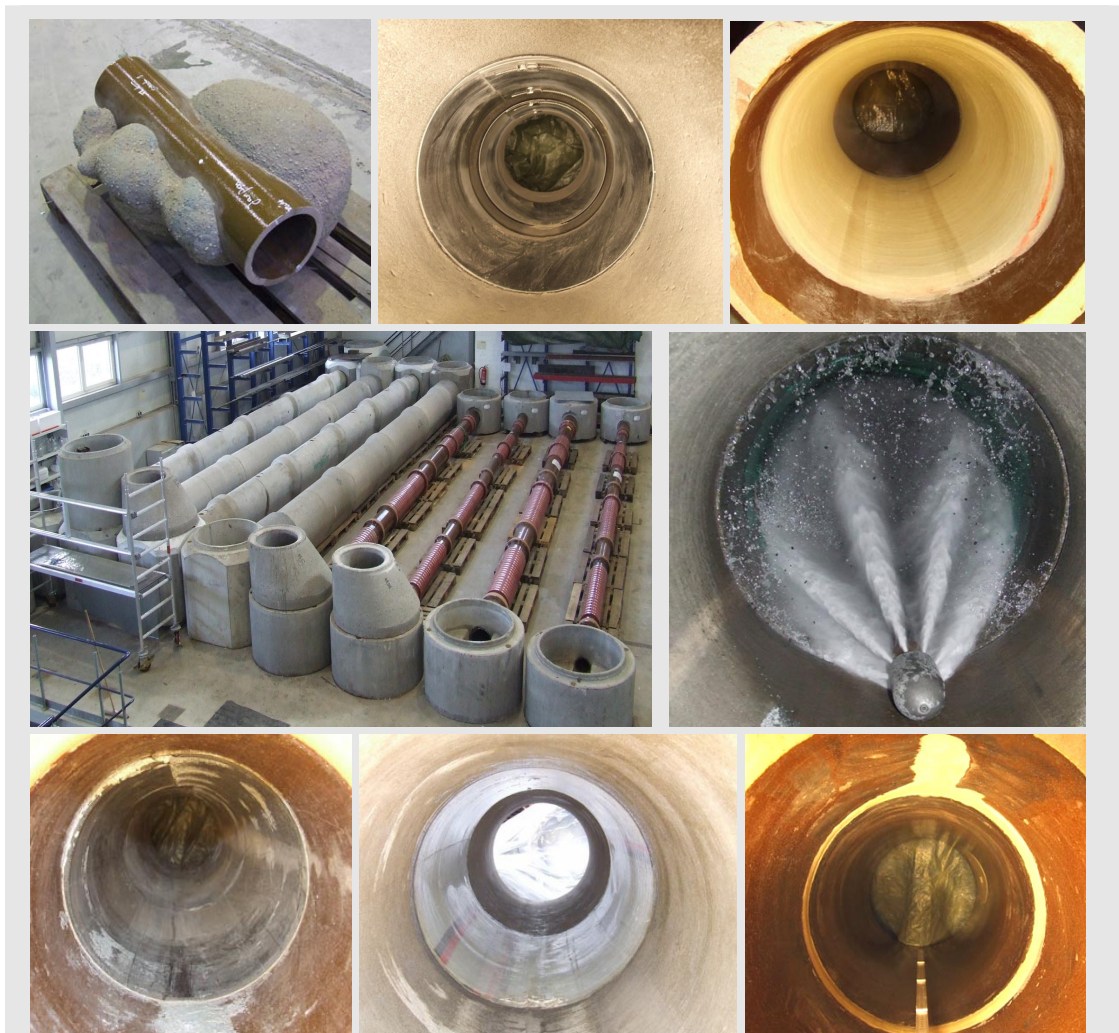


Vergleichende Prüfung der Qualität von Reparaturverfahren für Hauptkanäle (IKT-Warentest)

Az. IV-7-041 105 0320, Vergabe-Nr. 06/181



Langfassung

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	IKT-WARENTEST „REPARATURVERFAHREN FÜR HAUPTKANÄLE“	1
1.1	Veranlassung und Hintergrund.....	1
1.2	Konzept des IKT-Warentests	2
2	REPARATURVERFAHREN IM TEST	4
3	TESTPROGRAMM	10
3.1	Überblick	10
3.2	Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter.....	11
3.3	Systemprüfungen an Teststrecken.....	13
3.3.1	Teststrecken, Schadensbilder und Reparaturaufgabe	13
3.3.2	Prüfungen	21
3.3.2.1	Dichtheitsprüfungen.....	22
3.3.2.2	Prüfung der Funktionsfähigkeit.....	23
3.3.2.3	Belastungen durch Hochdruckreinigung	24
3.4	Baustellenuntersuchungen.....	25
3.5	Weiterführende Untersuchungen	26
3.5.1	Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck	26
3.5.2	Haftzugprüfungen an Kurzlinern	28
3.5.3	Materialprüfungen an Kurzlinern	31
4	ERGEBNISSE	33
4.1	Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter.....	33
4.2	Systemprüfungen an Teststrecken.....	37
4.2.1	Reparaturvorgang	37
4.2.1.1	Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH.	41
4.2.1.2	KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH...	44
4.2.1.3	KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG.....	47
4.2.1.4	ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	51
4.2.1.5	3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH.....	54
4.2.1.6	K-LINER, Kuchem GmbH.....	57
4.2.1.7	KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	60
4.2.1.8	Konudur Sewer Repair Kit, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	63
4.2.1.9	Point-Liner®, Bodenbender GmbH	65

4.2.1.10	Quick-Lock und Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	68
4.2.1.11	Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	70
4.2.2	Dichtheit	74
4.2.3	Funktionsfähigkeit	80
4.3	Weiterführende Untersuchungen	93
4.3.1.1	Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck	93
4.3.1.2	Haftzugprüfungen an Kurzlinern.....	94
4.3.1.3	Materialprüfungen an Kurzlinern	98
4.4	Baustellenuntersuchungen.....	100
5	BEWERTUNGSSHEMA, PRÜFURTEILE UND GESAMTERGEBNIS	102
5.1	Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter	102
5.2	Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ an den Teststrecken	106
5.3	Zusatzinformationen hinsichtlich der Einsatzfähigkeit im Eiprofil sowie unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck	110
5.4	Prüfurteile und Gesamtergebnis.....	114
6	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	134
7	ANHANG	141
8	LITERATURVERZEICHNIS	149

1 IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“

1.1 Veranlassung und Hintergrund

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 rund 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 dieser zwei Bundesländer 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. Einzelne schlechte Erfahrungen können dann auch dazu führen, dass trotz möglicher Kostenvorteile grundsätzlich auf den Einsatz dieser Verfahrensgruppe vollständig verzichtet wird. Insbesondere zur Qualität von Kurzlinern gingen die Einschätzungen der Netzbetreiber¹ weit auseinander: Während einige Netzbetreiber gerade Kurzliner aufgrund guter Erfahrungen bevorzugt einsetzen, lehnten andere Betreiber Kurzliner für Reparaturmaßnahmen grundsätzlich ab.

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. Einen Schwerpunkt bildeten dabei Testeinsätze der Verfahren in Versuchsstrecken des IKT (nicht begehbare Hauptkanäle DN 200 bis DN 600) unter praxisähnlichen Randbedingungen.

Ziel des IKT-Warentests ist es, zuverlässige und unabhängige Informationen über die Qualität der getesteten Verfahren zu liefern und somit auch Aussagen zur generellen Eignung der einzelnen Verfahren und Verfahrensgruppen treffen zu können. Darüber hinausgehend werden mögliche Qualitätseinflüsse bei der Ausführung im Labor und auf der Baustelle identifiziert und entsprechende Empfehlungen zur Qualitätssicherung abgeleitet. Es werden Verbesserungspotentiale der Verfahren aufgezeigt und mittels der vergleichenden Prüfurteile ein entsprechender Marktdruck für die Anbieter aufgebaut, diese Potentiale auch zu nutzen.

Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Verfahren gestellt werden und wie die Verfahren auf dieser Basis zu bewerten sind. Für den IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ wurden in intensiver Zusammenarbeit mit 24 beteiligten Netzbetreibern im Rahmen von elf Arbeitssitzungen die Qualitätsanforderungen an die Reparaturverfahren festgelegt, ein Prüfprogramm erarbeitet und die Prüfergebnisse bewertet. Beteiligt waren am IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“

¹ Erfahrungsaustausch innerhalb des Lenkungskeises des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“

folgende Netzbetreiber: 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.

In diesem Bericht werden die getesteten Verfahren vorgestellt sowie Details zum Reparaturvorgang beschrieben, das Prüfprogramm, die Prüfergebnisse sowie das Bewertungsschema erläutert und abschließend Prüfurteile mit entsprechenden Stärken und Schwächen der Verfahren und Verbesserungspotentialen dargestellt. Die Ergebnisse können den Netzbetreibern als Hilfe für Investitionsentscheidungen dienen und das Risiko von Fehlinvestitionen senken.

1.2 Konzept des IKT-Warentests

Seit dem Jahr 2001 werden am IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur mit den sog. „IKT-Warentests“ vergleichende Produkt-/Verfahrensprüfungen durchgeführt. Damit wird die aus dem Konsumgüterbereich bekannte vergleichende Darstellung von Prüfergebnissen [2] auf den besonderen Anwendungsfall einer Prüfung und Bewertung von Produkten und Verfahren zum Bau und zur Instandhaltung unterirdischer Kanäle und Leitungen übertragen. Ziel ist es, den am Test beteiligten Netzbetreibern zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften marktgängiger Produkte und Verfahren zu liefern. Ein zentraler Aspekt ist dabei die Qualität der Produkte und Verfahren beim Einsatz unter realitätsnahen Einbau- und Betriebsbedingungen. Im Ergebnis sollen die Entscheidungsträger die notwendigen Investitionsentscheidungen auch unter Berücksichtigung qualitativer Kriterien treffen können.

Ein vergleichender IKT-Warentest wird stets durch eine Gruppe von Netzbetreibern begleitet. Dieser Lenkungskreis entscheidet in regelmäßigen Sitzungen über

- die Auswahl von Produkten bzw. Verfahren für die erste Testreihe,
- die Bau- bzw. Instandhaltungsaufgabe für den Einsatz der Produkte bzw. Verfahren im Test,
- die maßgeblichen Leistungsziele und Qualitätsanforderungen,
- den Umfang und die Ausrichtung des Prüfprogramms,
- den Informationsaustausch mit den Produkt- bzw. Verfahrensanbietern,
- die Bewertung und die Veröffentlichung der Ergebnisse.

Die eigentliche Prüfung sowie die Dokumentation der Ergebnisse erfolgen durch das IKT als unabhängiges Institut. Das IKT ist im Rahmen der Prüfung insbesondere verantwortlich für die ingenieurtechnische Entwicklung der Prüfaufbauten und des Prüfprogramms. Diesbezügliche Entscheidungen werden in unmittelbarer Abstimmung mit dem Lenkungskreis getroffen.

Die Hersteller bzw. Anbieter der durch den Lenkungskreis ausgewählten Produkte bzw. Verfahren erhalten einen Auftrag zur Ausführung der Bau- bzw. Instandhaltungsmaßnahme mit ihrem Produkt/Verfahren. Dem Hersteller wird grundsätzlich freigestellt, die Arbeiten selbst oder durch einen Dienstleister ausführen zu lassen, so dass die erzielte Produkt- bzw. Verfahrensqualität im Sinne einer Bestmarke der in der Praxis erzielbaren Qualität gewertet werden kann. Zentraler Aspekt eines IKT-Warentests ist der praxisnahe Vergleich von Produkten und Verfahren unter definierten und für alle Anbieter gleichen Randbedingungen.

2 Reparaturverfahren im Test

Unter Sanierung versteht man nach [3] alle „Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen“. Hierzu zählen die Reparatur, Renovierung und Erneuerung. Zur Reparatur gehören alle „Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden“. Hierunter fallen beispielsweise Risse, Scherbenbildungen und Ausbrüche. Diese Schäden können zu Undichtigkeiten mit Ex- und Infiltration, Abflusshindernissen und einer Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit und Standsicherheit führen. Der Einsatz von Reparaturverfahren dient i.d.R. einer Stabilisierung des Bauwerkszustands (keine weitere Beeinträchtigung der Standsicherheit), einer Stabilisierung der Funktionsfähigkeit (keine Abflusshindernisse) und einer weitgehenden Verringerung oder Behebung von Ex- und Infiltrationen (Dichtheit). Zur Behebung der vielfältigen Schadensbilder wurden zahlreiche Reparaturverfahren entwickelt. Einen Überblick gibt Tab. 1.

Tab. 1: Reparaturverfahren; Auswahl (vgl. [4], [5], [6] und [7])

Verfahren	Beschreibung
Austauschen von Rohren	Austauschen einzelner Rohre in offener Bauweise
Außenmanschetten und Schrumpfschläuche	Außenmanschetten (z.B. aus Stahl mit einer elastomeren Innenbeschichtung) werden von außen montiert und befestigt; Schrumpfschläuche (z.B. aus Polyethylen mit einer Innenbeschichtung aus thermoplastischem Dichtungskleber) werden von außen um die Schadstellen gelegt und thermisch zusammengeschrumpft.
Injektion von innen	Injektionsmittel (z.B. Mörtel, Harz) wird nach Absperrern der Schadstellen mit einem Packer über integrierte Verpressöffnungen verpresst.
Injektion von außen	Injektionsmittel (z.B. Mörtel, Harz) wird von außen durch Bohrungen oder eingerammte Lanzen in den Bodenkörper in den Bereich der Schadstelle injiziert.
Innenmanschetten	Innenmanschetten (z.B. aus Stahl, PVC) werden verfahrensabhängig verformt oder zusammengerollt; an der Schadstelle findet eine Rückverformung bzw. Aufspannung statt.
Partielle Inliner	Auskleidung schadhafter Kanalabschnitte durch ein mit Harz imprägniertes Trägermaterial (i.d.R. Glasfasermatte), das vor Ort hergestellt und mittels eines Sanierungspackers auf der Schadstelle positioniert wird und vor Ort aushärtet.
Roboterverfahren	Verspachteln und/oder Verpressen von Schadstellen mit Sanierungsharzen unter Einsatz ferngesteuerter Roboter (z.B. mit Fräs-, Bohr-, Verpress- und Spachteleinrichtungen ausgerüstet).
Manuelles Beschichten / Verspachteln	Händisches Auskleiden oder Verspachteln von Schäden (z.B. mit Harz, Mörtel) in begehbaren Kanälen.
Flutungsverfahren	Nacheinander werden in abgesperrte Netzbereiche zwei Komponenten eingebracht, die nach der jeweiligen Einwirkzeit abgepumpt werden (im Anschluss Reinigung der Leitung); die Abdichtung erfolgt durch chemische Reaktion der Komponenten; Einfüllvorgang wird ggf. abhängig von der erzielten Dichtwirkung wiederholt, bis gewünschtes Ergebnis erreicht ist.

Im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ wurden insgesamt **zwölf Verfahren** getestet, die in drei Verfahrensgruppen eingeordnet wurden:

1. Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren,
2. Kurzliner und
3. Innenmanschetten.

In der Gruppe der **Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren** wurden drei Verfahren zusammengefasst, bei denen Sanierungsharze von innen in die Schadstellen gepresst oder gespachtelt werden, um teils unter Einbeziehung des umliegenden Bodens auszuhärten.

Als Injektionsverfahren werden im Rahmen dieses Tests zwei Verfahren bezeichnet, bei denen mittels eines Packers mit innenliegender Harzzuleitung und -mischeinrichtung sowie Verpressöffnung Sanierungsharz in die Schadstelle gepresst wird. Der Packer wird zuvor auf der Schadstelle positioniert und mit Druckluft beaufschlagt, sodass der zu sanierende Kanalabschnitt vom Packer überdeckt und insbesondere an den Packer-Enden abgesperrt ist. Das Harz verteilt sich während des Verpressvorgangs i.d.R. über den gesamten Umfang zwischen Packer und Alrohr. Überschussharz an der Rohrwand außerhalb der Schadstellenbereiche wird ggf. nach Ablauf der Aushärtezeit entfernt.

Bei den im Rahmen des IKT-Warentests untersuchten Injektionsverfahren werden i.d.R. auch Bettungsbereiche, insbesondere Hohlräume an der Schadstelle verpresst, sodass auch außerhalb des Rohres entsprechend große Harzgebilde entstehen (vgl. Abschnitt 4.2.1.1 und 4.2.1.2).

Unter dem Begriff Spachtel-/Verpressverfahren wird in diesem Test ein Verfahren geführt, bei dem mit Hilfe eines Sanierungsroboters Schadstellen verpresst oder verspachtelt werden. Beim Verspachteln wird über spezielle Einheiten des Roboters zunächst Sanierungsharz im Bereich der Schadstelle aufgetragen und anschließend mit einem Spachtel glatt gezogen (Steuerung des Roboters über Techniker im Sanierungsfahrzeug). Beim Verpressen wird zunächst eine Schalung auf die Schadstelle gesetzt, anschließend wird der Schaden über die Verpressöffnung der Schalung mit Sanierungsharz verpresst.

Beim getesteten Spachtel-/Verpressverfahren wird im Vergleich zu den Injektionsverfahren der Bettungsbereich nicht gezielt mit verpresst. Entsprechend entstehen beim Verpressvorgang vergleichsweise kleine Harzgebilde an der Rohraußenseite. Beim Verspachteln ist die Ausdehnung des Sanierungsharzes i.d.R. auf die Rohrwand begrenzt (vgl. Abschnitt 4.2.1.3).

Sowohl bei den Injektions- als auch beim Spachtel-/Verpressverfahren werden in vorbereitenden Maßnahmen die späteren Haftflächen zwischen Rohrwand und Sanierungsharz gereinigt und ggf. gefräst. Die Dichtwirkung soll bei beiden Verfahren über ein mit der Rohroberfläche verklebtes, wasserdichtes Sanierungsharz erreicht werden. Darüber hinaus soll durch die Verfüllung der Schadstellen mit Harz eine Stabilisierung des Kanalzustands erzielt werden.

In der Gruppe der **Kurzliner** wurden insgesamt sechs unterschiedliche Verfahren getestet. Kurzliner sind vor Ort aushärtende harzgetränkte Gewebeauskleidungen, die i.d.R. in folgenden Arbeitsschritten hergestellt werden: Zunächst wird das Trägermaterial (meist Glasfaser-matten) abhängig von der Schadenslänge zugeschnitten und mit den vor Ort vermischten Harzkomponenten getränkt. Anschließend wird das getränkte Gewebe um den Sanierungspacker gewickelt, gegen Verrutschen gesichert, an die Schadstelle transportiert und mit dem Aufspanndruck des Packers an die Rohrwand gepresst. Nach Ablauf der Aushärtezeit des Harzes wird der Packer entfernt. Im Vorfeld der eigentlichen Reparatur wird der Kanalabschnitt gereinigt und ggf. eine weitere Oberflächenvorbehandlung vorgenommen, z.B. Entfernen der Glasur in Steinzeugrohren. Die Abdichtungsfunktion wird bei Kurzlinern über Verklebung des wasserdichten Laminats mit der Altrohroberfläche umgesetzt. Darüber hinaus soll hierdurch eine Stabilisierung des Kanalzustands erzielt werden.

Insgesamt drei Produkte wurden in der dritten Gruppe der **Innenmanschetten** getestet. Zwei unterschiedliche Systeme kamen zum Einsatz: Ein System besteht aus einer mit Harz beschichteten Stahlmanschette, die mittels eines Schlossrasters an der Schadstelle verspannt wird. Das Sanierungsharz soll bei diesem Verfahren die Abdichtung der Schadstelle sicherstellen und darüber hinaus einen kraftschlüssigen Verbund zwischen Manschette und Rohrwand herstellen; die Stahlmanschette soll somit die Schadstelle stabilisieren und ggf. die Standsicherheit verbessern. Bei den beiden weiteren getesteten Verfahren handelt es sich um eine Kombination aus einer außen liegenden Gummidichtung mit innen liegender Stahlmanschette, die ebenfalls mit Hilfe eines Schlossrasters an der Schadstelle verspannt wird. In diesem Fall soll die Dichtwirkung über die Kompression des Gummis erzielt werden. Die Stahlmanschette soll auch hier die Schadstelle stabilisieren und ggf. die Standsicherheit des Kanalabschnitts verbessern.

Einen Überblick zu den getesteten Verfahren und Einsatzbereichen geben Tab. 2 und Tab. 3. Details zu den Reparaturvorgängen und Vorarbeiten bei Einsatz der zwölf getesteten Verfahren können den Sanierungsbeschreibungen in Abschnitt 4.2.1 entnommen werden.

Drei Anbieter lehnten einen Auftrag zur Teilnahme am Test ab (Trelleborg epros GmbH, Minova CarboTech GmbH, I.S.T. GmbH). Entsprechende Stellungnahmen dieser Anbieter sind in Anhang I beigefügt. Die Cosmic-Sondermaschinenbau GmbH nahm sowohl den ersten als auch einen wiederholt vereinbarten Sanierungstermin nicht wahr.

Tab. 2: Überblick zu den geprüften Verfahren und Einsatzbereichen lt. Herstellerangaben (Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren)

Verfahren	Im Test eingesetzte Materialien	Sanierbare Rohrwerkstoffe	Sanierbare Nenndurchmesser
Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren			
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	Polyurethanharz JaGoPur Komponente A: Polyurethanharz, Komponente B: Polyisocyanat	Beton, Steinzeug, PVC, Stahl, Gusseisen	Kreisprofil: DN 100 bis DN 700 Eiprofil: kein Einsatz
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	Polyurethanharz Konudur Robopress 07 Komponenten A und B, Zusatzstoff Konudur Additiv RP	Beton, Steinzeug, PVC, PE, Stahl	Kreisprofil: DN 200 bis DN 600 Eiprofil: kein Einsatz
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	Epoxidharz (Verpressen) Komponente A: BASF CONCRECIVE® 1850 Komponente B: CONCRECIVE® 1801/1850 Epoxidharz (Verspachteln) EPOXONIC® EX 1355, Komponenten A und B	Beton, Steinzeug, PVC, PE, Asbestzement, Faserzement, Stahlbeton, mit Inlinern ausgekleidete Rohre (bei EP od. PE-Harz)	Kreisprofil: DN 150 bis DN 800 Eiprofil: DN 300/450 bis DN 600/900

Tab. 3: Überblick zu den geprüften Verfahren und Einsatzbereichen lt. Herstellerangaben (Kurzliner und Innenmanschetten)

Verfahren	Im Test eingesetzte Materialien	Sanierbare Rohrwerkstoffe	Sanierbare Nenndurchmesser
Kurzliner			
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	Methylmethacrylatharz ALOCIT Harz® Alocan mit Peroxan BP 50+ (Härter) ECR (Advantex)-Glaskomplex mit PES-Vlies (ca. 1530 g/m ²)	Beton, Steinzeug, PVC, PE (nur bei vollflächig gefräster Oberfläche), Faserzement, Gusseisen, Stahlbeton	Kreisprofil: DN 100 bis DN 800 Eiprofil: DN 200/300 bis DN 500/750
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	Silikatharz 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 ²)	Beton, Steinzeug, PVC (eingeschränkt auf un- dichte Muffen und Risse), PE (eingeschränkt auf Risse), Faserzement, Gusseisen, Stahlbeton, GFK	Kreisprofil: DN 100 bis DN 700 Eiprofil: DN 250/375 bis DN 500/750
K-LINER, Kuchem GmbH	Epoxidharz Komponente A: ARALDITE GY 250 BD, Komponente B: ARADUR 16 BD ECR-Glasfasergewebe (ca. 1086 g/m ²)	Beton, Steinzeug, PVC	Kreisprofil: DN 100 bis DN 1000 Eiprofil: kein Einsatz
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	Epoxidharz 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 ²)	Beton, Steinzeug, PVC (bedingt), PE (bedingt), Gusseisen, Stahl, Asbestzement, GFK, GFK-Liner, Nadelfilz	Kreisprofil: DN 150 bis DN 600 Eiprofil: kein Einsatz

Fortsetzung Tab. 3: Überblick zu den geprüften Verfahren und Einsatzbereichen lt. Herstellerangaben (Kurzliner und Innenmanschetten)

Verfahren	Im Test eingesetzte Materialien	Sanierbare Rohrwerkstoffe	Sanierbare Nenndurchmesser
Fortsetzung Kurzliner			
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	Organomineralharz Konudur 266 SR (VP), Komponente A und B ECR-Glasfasergewebe (ca. 1070 g/m ²)	Beton, Steinzeug, Faserzement, Gusseisen, GFK, Stahlbeton	Kreisprofil: DN 100 bis DN 800; Eiprofil: kein Einsatz
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	Polyurethanharz Multi -PL® - Harz, Komponente A und B PL® - Glasfasergewebe (ca. 1060 g/m ²) in Kombination mit PL® - Polyestervlies (ca. 798 g/m ²)	Beton, Steinzeug, PVC, Faserzement, Gusseisen, GFK, Stahlbeton	Kreisprofil: DN 100 bis DN 1200 Eiprofil: DN 250/375 – DN 400/600
Innenmanschetten			
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	V4A Edelstahlmanschette (Materialgüte 1.4401) EPDM-Gummidichtung	Beton, Steinzeug, PVC, PE, Gusseisen, GFK, Asbestzement	Kreisprofil: DN 150 bis DN 800 Eiprofil: kein Einsatz
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	V4A Edelstahlmanschette (Materialgüte 1.4401) EPDM-Gummidichtung	Beton, Steinzeug, PVC, PE, Gusseisen, GFK, Asbestzement	Kreisprofil: DN 150 bis DN 800 Eiprofil: kein Einsatz
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	V4A Edelstahlhülse (Materialgüte 1.4571) Epoxidharzmörtelmasse Spachtelmasse 03567L51, Komponenten A und B	Beton, Steinzeug, PVC, PE, Faserzement, Stahlbeton, Gusseisen, GFK	Kreisprofil: DN 70 bis DN 2000 Eiprofil: bis DN 900/1350

3 Testprogramm

3.1 Überblick

Das Prüfprogramm des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ wurde gemeinsam mit den beteiligten Netzbetreibern in mehreren Arbeitssitzungen entwickelt. Dabei waren zwei zentrale Aspekte für die Gestaltung des Prüfprogramms maßgeblich: Zum einen die Anforderungen der Netzbetreiber an die generellen Einsatzmöglichkeiten und die Qualität einer Reparaturmaßnahme nach Einbau und im Betriebszustand und zum anderen die Anforderungen an die prüftechnische Umsetzung zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Prüfungen.

Bei den **vergleichenden Prüfungen** der zwölf Reparaturverfahren unterscheidet der IKT-Warentest drei Prüfungsschwerpunkte: Die Qualitätssicherung, die Systemprüfungen und die Baustellenuntersuchungen (vgl. auch [8], [9], [10]).

Unter dem Punkt Qualitätssicherung wird erfasst, inwieweit der jeweilige Anbieter eine qualitativ hochwertige Sanierung bei Einsatz seines Reparaturverfahrens durch gezielte Qualitätssicherungs-Maßnahmen unterstützt, wie z.B. durch Schulungen und Zulassungs-/ Eignungsprüfungen. Im Rahmen der Systemprüfungen wurden die verschiedenen Verfahren in Kanalversuchsstrecken eingesetzt, um Einsatzmöglichkeiten und Sanierungsqualitäten vergleichend zu testen. Die Baustellenuntersuchungen dienen sowohl zur Plausibilitätsprüfung des Einsatzes der Reparaturverfahren in den Versuchsstrecken als auch zur Erfassung der Handhabbarkeit der Verfahren unter Baustellen-Bedingungen (z.B. Wetter, Zeitdruck). Einen Überblick zum Testprogramm der vergleichenden Prüfungen der zwölf Verfahren gibt Abb. 1. Details zum Untersuchungsumfang können den Kapiteln 3.2 bis 3.4 entnommen werden.

Vergleichende Prüfung der Reparaturverfahren

Qualitätssicherung

- Verfahrenshandbuch und Schulungen
- Umweltverträglichkeit und DIBt-Zulassung
- Prüfzeugnisse und Fremdüberwachung
- Bauteilkenndaten zur Rückverfolgbarkeit des Lieferweges

Systemprüfung an Teststrecken

- Reparatur von je drei Schadensbildern in Teststrecken:
Steinzeug DN 200 und DN 300,
Beton DN 300 und DN 600 (ggf. Eiprofil DN 400/600),
- Prüfungen nach Fertigstellung:
Dichtheitsprüfung,
TV-Inspektion
- Simulation betrieblicher Belastungen durch Hochdruckspülung
- Prüfungen nach Simulation betrieblicher Belastungen:
Dichtheitsprüfung,
Optische Begutachtung und Dokumentation des Zustands

Baustellenuntersuchungen

- Begleitung von Praxiseinsätzen der getesteten Reparaturverfahren

Abb. 1: Überblick zum Testprogramm der vergleichenden Prüfungen

Über die vergleichenden Prüfungen der Verfahren hinaus wurden **ergänzende Untersuchungen** zur Haftwirkung von Kurzlinern auf Rohrwandungen und zur Einsatzmöglichkeit ausgewählter Verfahren bei Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck durchgeführt (Abb. 2). Zusätzlich wurden Materialkennwerte von Kurzlinerprobekörpern im Labor bestimmt. Details zu diesen Testinhalten sind in Kapitel 3.5 dargestellt.

Weiterführende Untersuchungen

Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck

- Einsatz fünf ausgewählter Reparaturverfahren
- Reparatur drei undichter Rohrverbindungen in einer Steinzeugteststrecke DN 300 unter Grundwasserzufluss
- Dichtheitsprüfung unter Außenwasserdruck

Haftzugprüfungen an Kurzlinern

- Haftzugprüfungen an Kurzlinern aus den Teststrecken
- Ergänzende Haftzugprüfungen an Kurzlinermaterialien auf glasierten und vorgefrästen Steinzeugoberflächen

Materialprüfungen an Kurzlinerprobekörpern

- Ermittlung ausgewählter Materialkennwerte in Laborprüfungen

Abb. 2: Überblick zum Testprogramm der weiterführenden Untersuchungen

3.2 Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Unter dem Punkt Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter wurde untersucht, inwieweit der Anbieter die Qualität und den Einsatz seines Reparaturverfahrens überwacht bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung einleitet.

Zu den folgenden Kriterien wurden von den Verfahrensanbietern Unterlagen angefordert und ausgewertet:

- **Verfahrenshandbuch:**
Eine Grundvoraussetzung für die Anwendung eines Reparaturverfahrens auf einer Baustelle ist eine aussagekräftige Verfahrensbeschreibung für das ausführende Personal. Das Handbuch sollte nachvollziehbar strukturiert und übersichtlich aufgebaut sein, ausführliche Informationen zu den Einsatzbereichen des Verfahrens enthalten sowie die Handhabung des Materials und den Einbauprozess detailliert beschreiben. Bei Verwendung von gesundheitsgefährdendem Material bzw. Verletzungsgefahr beim Einbau sollten entsprechende Sicherheits- und Warnhinweise enthalten sein.
- **Angebot von Schulungen:**
Zur Qualifizierung des ausführenden Personals sollten Schulungen angeboten werden, in denen die Handhabung des Reparaturverfahrens erlernt werden kann und praktische Tipps aus Erfahrungen des Anbieters weitergegeben werden. Im Idealfall

werden in den Schulungen sowohl theoretische Grundlagen behandelt als auch die praktische Anwendung der Verfahren an Teststrecken eingeübt. Ein Beleg für das Schulungsangebot sind Zertifikate, die die Teilnehmer nach erfolgreicher Schulung erhalten.

- **Fremdüberwachung:**
Die häufig in Ausschreibungen geforderte Fremdüberwachung von Sanierungsmaßnahmen kann der Qualitätssicherung dienen. Daher sollten die Reparaturverfahren nachweislich am Markt auch mit einer qualifizierten Fremdüberwachung (z.B. Güteschutz Kanalbau oder vergleichbar) angeboten werden, sodass die Möglichkeit zur Fremdüberwachung der Reparaturmaßnahme prinzipiell gegeben ist.
- **Umweltverträglichkeitsprüfung:**
Zum Schutz von Grundwasser und Boden sollte der Verfahrensanbieter grundsätzlich die Umweltverträglichkeit der eingesetzten Materialien sicherstellen. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von Harzen, da diese vor der Aushärtung über die Schadstellen in das Erdreich austreten können. Die Umweltverträglichkeit ist durch ein entsprechendes Prüfzeugnis eines autorisierten Prüflabors nachzuweisen.
- **DIBt-Zulassung:**
Die bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) stellt eine Beurteilung der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Reparaturverfahrens hinsichtlich bauaufsichtlicher Anforderungen dar. Die DIBt-Zulassung kann somit auch qualitätssichernd wirken. Die Zulassung wird i.d.R. mit Bezug auf die bei der Zulassungsprüfung eingesetzten Materialien (z.B. Trägermaterial und Harz) vergeben.
- **Prüfzeugnisse:**
Der Verfahrensanbieter sollte die Qualität seines Verfahrens durch unabhängige, praxisnahe Prüfungen sicherstellen. Dies kann beispielsweise ein Testeinsatz in Kanalstrecken mit anschließender Dichtheitsprüfung sein.
- **Bauteilkenndaten zur Rückverfolgung des Lieferweges:**
Zur Nachvollziehbarkeit, welche Materialien auf Baustellen eingesetzt wurden, sind Qualitätssicherungssysteme der Anbieter/Sanierungsfirmen sinnvoll, mit Hilfe derer die Materialien während und nach Abschluss der Baumaßnahme identifiziert werden können (beispielsweise durch Etikettierung der Materialien mit Chargennummern und Aufzeichnung der Daten in Sanierungsprotokollen).

Alle Verfahrensanbieter wurden schriftlich über die Prüfkriterien der Qualitätssicherung informiert und aufgefordert, entsprechende Unterlagen einzureichen. Vor Abschluss des Tests wurden sie nochmals auf fehlende Unterlagen angesprochen, um ihnen die Möglichkeit zur Vervollständigung der Unterlagen zu geben.

3.3 Systemprüfungen an Teststrecken

Die Systemprüfungen – Prüfungen zu Einsatzmöglichkeiten und der Sanierungsqualität – fanden in Versuchsstrecken in der IKT-Versuchshalle statt. Mit den ausgewählten Reparaturverfahren wurden Schadensbilder in den Teststrecken saniert. Anschließend wurden die Reparaturergebnisse einem umfassenden Prüfprogramm unterzogen, in dessen Mittelpunkt die Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der sanierten Kanäle standen.

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

3.3.1 Teststrecken, Schadensbilder und Reparaturaufgabe

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.










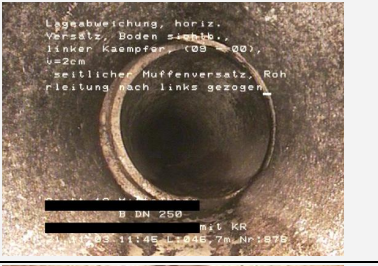


Es wurden sowohl Beton- als auch Steinzeugteststrecken für die Prüfung ausgewählt. Je Verfahren wurden **fünf Teststrecken** für die Reparaturaufgabe aufgebaut: Zwei Strecken aus Steinzeugrohren DN 200 und DN 300 sowie drei Strecken aus Betonrohren DN 300, DN 600 und DN 400/600 (vgl. Tab. 4). Die vier 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"> ○ Janßen Riss- und Scherbensanierung ○ KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem ○ KA-TE PMO - Verfahren
	Kreisprofil DN 300	
Beton	Kreisprofil DN 300	
	Kreisprofil DN 600	
	Eiprofil DN 400/600	<ul style="list-style-type: none"> ○ KA-TE PMO - Verfahren ○ ALOCIT Kurzliner ○ Stuttgarter Hülse


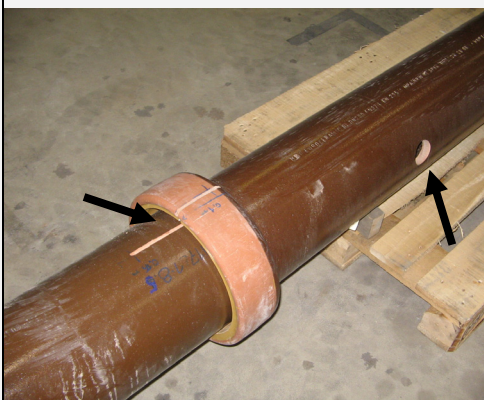
Grundlage zur Auswahl **typischer Schadensbilder für die Sanierungsaufgabe** im IKT-Warentest war die Fotodokumentation von Schäden (107 Bilder), die zwölf der beteiligten Netzbetreiber im Zuge von TV-Inspektionen ihrer Abwasserbauwerke erstellt hatten und durch den Lenkungskreis als typische Einsatzbereiche 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



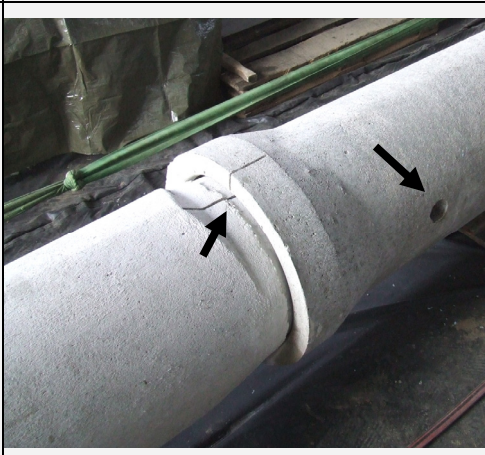
<p>Querriss</p>		
<p>Längsriss</p>		
<p>Ausbruch/ fehlendes Wandungsteil</p>		
<p>Scherbenbildung</p>		
<p>Muffenversatz</p>		
<p>Undichte Rohrverbindung</p>		

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

Tab. 7: Schadensbilder in den Betonteststrecken

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

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 **Stahlcontainer mit Sandüberdeckung** eingebaut (vgl. Abb. 3), da bei diesen Verfahren teils gezielt Harz in das umliegende Erdreich gepresst wird und unter Einschluss des Bodens aushärtet. Dies ist insbesondere bei der Janßen Riss- und Scherbenanierung und beim KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem der Fall, bei denen vergleichsweise große Harzgebilde um das Rohre entstehen, während bei dem KA-TE PMO Verfahren abhängig von der Sanierungsart (Verpressen oder Verspachteln, s. 4.2.1.3) kleine bzw. keine äußeren Harzgebilde entstehen. Somit ist bei den Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren der Bodenkörper grundsätzlich als Bestandteil des Reparaturergebnisses anzusehen.



Abb. 3: 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 Schadensbilder der Betonteststrecken wurden komplett freiliegend aufgebaut und somit die Situation „**gestörte Rohrbettung**“ mit fehlendem anstehenden Boden simuliert (vgl. Abb. 4). Bei den Steinzeugstrecken wurde die Situation „**intakte Rohrbettung**“ durch eine Ummantelung im Bereich der Schadstellen aus EPDM-Gummimatten und Stahlbändern nachgebildet (vgl. Abb. 4 und Abb. 5).

Die Ummantelung wurde speziell für den Versuchsaufbau entwickelt und mit Hilfe von FE-Berechnungen der Fachhochschule Münster dimensioniert. Im Fall einer Scherbenbildung durch den Innendruck des Sanierungspackers sollte die Ummantelung radiale Verschiebungen nach außen zulassen, wie es der Bettungswirkung eines Rohr-Boden-Systems entspräche. So wurde zunächst im Rohr-Boden-Modell die Verschiebung einer Scherbe bei bestimmten Innendrücken ermittelt. Anschließend wurden Materialkennwerte unterschiedlicher Gummimatten, Stahlbänder und Spanngurte bestimmt und auf dieser Basis Gummimatten (Stärke/Härte) und Stahlbänder (Breite, Stärke, Anzahl, Abstand) so gewählt, dass auch im Rohr-Ummantelungs-Modell eine vergleichbare Verschiebung der Scherbe entsteht.



Abb. 4: Teststreckenaufbau für die Innenmanschetten und Kurzliner



Abb. 5: Ummantelung der Steinzeugstrecken

Bei den frei aufgelagerten Betonrohren waren für die Schadensbilder 1 und 3 (vgl. Tab. 7) keine Riss- und Scherbenbildungen durch den Packerinnendruck zu erwarten. Beim Schadensbild 2 dagegen, bestehend aus zwei Längsrissen vom Spitzende des Rohres ausgehend, wurde eine mögliche Scherbenbildung mit Verformungsbegrenzung durch die Muffe erwartet. In diesem Fall wird das zwischen den Längsrissen liegende Wandungsteil, abhängig vom Packerdruck, am Spitzende nach außen in die Muffe gedrückt und erfährt somit eine begrenzte Verschiebung.

Da in der Praxis i.d.R. mit Ablagerungen auf der Rohrwand zu rechnen ist, die eine Oberflächenvorbehandlung erforderlich machen, wurden in diesem IKT-Warentest gezielt **Fettablagerungen** eingebracht, um Vorarbeiten zu provozieren. Sämtliche Rohre der Teststrecken wurden innen mit Pflanzenfett beschichtet. Auf die Fettablagerungen wurden die Verfahrensanbieter sowohl im Rahmen der Anfrage zur Testteilnahme als auch vor Beginn der Sanierungsarbeiten hingewiesen. Zudem bestand die Möglichkeit, die Teststrecke vor Arbeitsbeginn zu besichtigen und sich ein Bild über das Ausmaß der Ablagerungen zu machen.

Die **Sanierungsaufgabe** bestand darin, die insgesamt zwölf Schadstellen in den vier Kreisprofil-Teststrecken (Steinzeugrohre DN 200 und DN 300, Betonrohre DN 300 und DN 600) und ggf. drei zusätzliche Schadstellen im Eiprofil (Beton DN 400/600) nach eigenem Ermessen der Verfahrensanbieter zu sanieren, sodass die Dichtheit und Funktionsfähigkeit der Reparaturstelle sichergestellt wird. Zur Sanierungsaufgabe gehörten damit folgende Arbeitsschritte, die vom Verfahrensanbieter oder der von ihm autorisierten Sanierungsfirma geplant und umgesetzt werden mussten:

- 1) Planung und Konzeption der Sanierung,
- 2) Planung von Art und Umfang der Oberflächenvorbehandlung sowie der Durchführung der Arbeiten,
- 3) Herstellen des Reparaturkörpers vor Ort,
- 4) ggf. Durchführung von Nacharbeiten.

Sämtliche Arbeitsschritte wurden dem Verfahrensanbieter bzw. der ausführenden Sanierungsfirma überlassen. So entschieden die Anbieter beispielsweise selbst über die Sanierungslängen (z.B. ob ein Kurzliner nur auf die Schadstelle oder auch über die angrenzenden Muffen gesetzt wird), inwieweit Hochdruckspülungen und Fräsarbeiten erforderlich sind und über Aushärtezeiten von Harzen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um den Anbietern die Möglichkeit zu geben, die ihres Erachtens nach notwendigen Arbeitsschritte zur Erzielung eines bestmöglichen Sanierungsergebnisses durchzuführen.

3.3.2 Prüfungen

Eine Reparaturmaßnahme soll den Zustand des Kanals örtlich stabilisieren, die Schadstelle vor weiteren Belastungen schützen, den hydraulischen Zustand des Kanals verbessern bzw. sichern und die Schadstelle abdichten. Die nachweisliche Wiederherstellung der Standsicherheit des Kanals ist grundsätzlich nicht Aufgabe eines Reparaturverfahrens. Vor diesem Hintergrund wurde bei den Prüfungen im Rahmen dieses IKT-Warentests ein Schwerpunkt auf die Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der Reparaturstellen gelegt. Abb. 6 gibt einen Überblick zu den Prüfungen, Details können den folgenden Kapiteln entnommen werden.

Systemprüfungen

Prüfungen nach Fertigstellung

- Prüfung der Dichtheit:
Wasserdichtheitsprüfung mit den Druckstufen 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,4 / 0,5 bar
- Prüfung der Funktionsfähigkeit:
TV-Inspektion zur Bewertung des optischen Eindrucks

Simulation betrieblicher Belastungen durch Hochdruckspülungen

- 15 Spüldurchgänge mit je 5 l Prüfgeschiebe
- 80 bar Druck an der Düse

Prüfungen nach Simulation betrieblicher Belastungen

- Prüfung der Dichtheit:
Wasserdichtheitsprüfung mit den Druckstufen 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,4 / 0,5 bar
- Prüfung der Funktionsfähigkeit:
Optische Begutachtung und Dokumentation des Zustands zur Bewertung des optischen Eindrucks

Abb. 6: Überblick zum Testprogramm der vergleichenden Systemprüfungen

3.3.2.1 Dichtheitsprüfungen

Eine Reparaturmaßnahme soll eine Schadstelle im Kanal abdichten. Die Dichtheit des Kanals soll sowohl unmittelbar im Anschluss an die Reparaturarbeiten wiederhergestellt sein als auch während der gesamten Nutzungsdauer bestehen bleiben.

Vor diesem Hintergrund wurden sämtliche Reparaturstellen sowohl **nach Fertigstellung** der Reparaturstellen als auch **nach Simulation betrieblicher Belastungen** durch Hochdruckreinigung (vgl. Abschnitt 3.3.2.3) auf Dichtheit geprüft. Die Leitungen wurden strang- oder abschnittsweise mit Wasser gefüllt und nach der Sättigungszeit ein Wasserdruck über einen Freispiegelbehälter aufgebracht. Nach Simulation betrieblicher Belastungen¹ wurde in einem Zuge mit sechs aufsteigenden Druckstufen zwischen 0,05 bar und 0,5 bar und Prüfzeiten zwischen 15 min und 30 min geprüft (vgl. Tab. 8 und Abb. 7). Bei Wasserverlusten am Prüfbehälter wurde Wasser nachgefüllt, um den Druck konstant zu halten.

Tab. 8: Wasserinnendruckprüfung – Prüfzeiten und Druckstufen

Druckstufe [bar]	Prüfzeit [min]
0,05	15
0,1	15
0,2	15
0,3	15
0,4	15
0,5	30

Die **Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren** wurden nach Fertigstellung im sandüberdeckten Zustand geprüft (Teststrecken in Containern mit Bodenüberdeckung). Während der Prüfung wurden die Wasserzugabewerte für den Freispiegelbehälter dokumentiert.

Nach der Hochdruckreinigung wurden die Teststrecken in den Containern im Bereich der Schadstellen vorsichtig freigelegt und anschließend im freigelegten Zustand mittels Wasserinnendruck geprüft. Während der Prüfung wurden die sanierten Schadstellen optisch auf mögliche Wasseraustritte untersucht und diese dokumentiert.

Da bei den **Kurzlinern und Innenmanschetten** die Teststrecken nicht mit Sand überdeckt waren, konnte hier bei beiden Prüfungen vor und nach der Hochdruckreinigung eine optische Kontrolle auf Wasseraustritte durchgeführt werden. Bei den Steinzeugstrecken wurde die Ummantelung bei der Dichtheitsprüfung vor der Hochdruckreinigung nicht gelöst. Nach der Hochdruckreinigung wurden die Steinzeugteststrecken im ersten Schritt zunächst mit Ummantelung geprüft und in einem zweiten Schritt wurde die Ummantelung entfernt und ein erneuter Prüfdruck aufgebracht. Eine mögliche Abdichtwirkung durch die Ummantelung der Schadstellen in den Steinzeugrohren wird im Rahmen der Bewertung gesondert diskutiert und entsprechend berücksichtigt (vgl. Abschnitt 4.2.2).

¹ Die Zustände nach HD-Reinigung waren bewertungsrelevant (s. Abschnitt 4.2.2).



Abb. 7: Bildbeispiel Dichtheitsprüfung mit Freispiegelbehälter auf 0,5 m und 5 m Höhe über Rohrscheitel

3.3.2.2 Prüfung der Funktionsfähigkeit

Durch eine Reparaturmaßnahme soll die Funktionsfähigkeit eines schadhaften Kanalabschnitts signifikant verbessert werden, d.h. nach der Reparatur soll die Entsorgungssicherheit wiederhergestellt sein. Die Reparatur muss zu einer Stabilisierung des Kanalabschnitts führen, sodass Rohr- und Bodeneinbrüche verhindert werden. Es dürfen keine Abflusshindernisse vorhanden sein, die zu einer Verstopfungsgefahr führen.

Im Anschluss an die Sanierung wurden sämtliche Teststrecken mittels einer Kamera optisch inspiziert, Inspektionsfilme erstellt und mögliche Besonderheiten dokumentiert. Nach Simulation betrieblicher Belastungen durch Hochdruckreinigung (vgl. Abschnitt 3.3.2.3) wurden die Strecken in einem ersten Schritt erneut inspiziert. In einem zweiten Schritt wurden die Rohre jeweils vor und hinter den jeweiligen Reparaturstellen getrennt, sodass die Reparaturstellen in Rohrsegmenten begutachtet werden konnten. Bei der optischen Begutachtung wurden der Zustand der Reparaturstellen fotografisch festgehalten und Besonderheiten wie Kanten, Falten, Materialablösungen und Ringspalte dokumentiert und, soweit möglich, vermessen (vgl. Abb. 8).



Abb. 8: Beispiel: Vermessung einer Kante (links) und einer Materialablösung (rechts) bei der Begutachtung der Reparaturkörper

3.3.2.3 Belastungen durch Hochdruckreinigung

Hochdruckreinigungen eines Kanals gehören zu den üblichen betrieblichen Maßnahmen innerhalb eines Kanalnetzes und werden in der Regel turnusmäßig oder bedarfsorientiert durchgeführt. Sie dienen u.a. dazu, die Funktionsfähigkeit des Kanals aufrecht zu erhalten, stellen aber gleichzeitig eine erhebliche Belastung für das Sanierungsmaterial dar. Da eine Reparaturmaßnahme diesen Hochdruckspülungen während der Nutzungsdauer standhalten muss und die Dichtheit und Funktionsfähigkeit weiterhin bestehen sollte, 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 mit 15 Spüldurchgängen belastet. In Anlehnung an den Spülversuch nach dem Hamburger Modell wurde eine Spüldüse (vgl. Abb. 9) mit 8 Düseneinsätzen und Abstrahlwinkeln von 30° verwendet, die mit einer Rückzugsgeschwindigkeit von 0,1 m/s durch die Teststrecke gezogen wurde. Der Druck an der Düse betrug 80 bar und der Wasserdurchfluss ca. 260 l/min. Je Prüfdurchgang wurden 5 Liter Kalksplitt 2/5 mm als Prüfgeschiebe über das Leitungsende zugeführt.

Nach der Hochdruckreinigung wurden sämtliche Reparaturstellen optisch auf mögliche Schäden untersucht (vgl. Abschnitt 3.3.2.2).



Abb. 9: Prüfdüse, Vorder- (links) und Rückansicht (mittig), Düse beim Spülvorgang (rechts)

3.4 Baustellenuntersuchungen

Die Baustellenuntersuchungen dienen der Erfassung der Handhabbarkeit der Reparaturverfahren unter Praxisbedingungen. Zusätzlich wurde durch die Baustellenuntersuchungen die Plausibilität der Einsätze in den Teststecken überprüft. Sämtliche Arbeitsschritte vor Ort wurden dokumentiert. Insbesondere wurden Art und Umfang der Vorarbeiten aufgenommen und Abweichungen zu den Angaben in den Verfahrenshandbüchern bzw. zu den Arbeiten in den IKT-Teststrecken erfasst.

Insgesamt wurde der Einsatz von zehn der 12 getesteten Verfahren auf Baustellen der Kanalnetzbetreiber begleitet. Bei zwei Verfahren¹ wurden keine Praxiseinsätze aufgenommen, da die Verfahren noch im laufenden Test Weiterentwicklungen unterzogen wurden und nicht mehr in dieser Form auf dem Markt vertrieben werden. Bei einem Verfahren² wurde ein zweites weiterentwickeltes Produkt getestet, dessen Handhabung der des zuerst getesteten Produktes entspricht, sodass auf weitere Baustellenuntersuchungen verzichtet werden konnte.

¹ Konudur Sewer Repair Kit (VP) und KASRO 2 Komponenten Verpresssystem

² Quick-Lock

3.5 Weiterführende Untersuchungen

In weiterführenden Untersuchungen wurden ergänzend zu den in Kapitel 3.3 beschriebenen Prüfungen 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. Weitere Informationen können den Abschnitten 3.5.1 bis 3.5.3 entnommen werden.

3.5.1 Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck

Eine spezielle Einbausituation, die in den vergleichenden Prüfungen nicht untersucht wurde, stellt die Reparatur unter eintretendem Grundwasser dar. Daher wurden im Rahmen der weiterführenden Untersuchungen fünf ausgewählte Verfahren in einem speziellen Prüfaufbau auch für Reparaturen unter simuliertem Grundwasserzufluss mit anschließender Außenwasserdruckprüfung eingesetzt.

Die fünf Verfahren wurden aufgrund der Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen im laufenden Test ausgewählt: Zunächst wurden die bei den Dichtheitsprüfungen jeweils besten Verfahren der drei Gruppen (Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren, Kurzliner, Innenmanschetten) aufgenommen. Zusätzlich wurden Verfahren einbezogen, die „sehr gute“ bis „gute“ Ergebnisse bei den Dichtheitsprüfungen erzielt hatten und mit der noch ausstehenden Benotung der Funktionsfähigkeit theoretisch noch ein „sehr gut“ als Gesamtergebnis erzielen konnten. Der optische Eindruck der Reparaturkörper zur Benotung der Funktionsfähigkeit ging in diese Auswahl nicht ein, sodass die fünf Verfahren nicht zwangsläufig auch am Ende die besten Gesamtnoten erzielen mussten.

Tab. 9: Unter Grundwasserzufluss und Außenwasserdruck getestete Verfahren

Verfahrensgruppe	Ausgewähltes Reparaturverfahren
Injektions- und Spachtel-/ Verpressverfahren	<ul style="list-style-type: none"> ○ Janßen Riss- und Scherbensanierung ○ KA -TE PMO - Verfahren
Kurzliner	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3P-Plus-Kurzliner ○ KM - Kurzliner
Innenmanschetten	<ul style="list-style-type: none"> ○ Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung

Zu sanieren waren **drei undichte Muffen** in einer Steinzeugleitung DN 300. Die undichten Muffen wurden durch Zusammenstecken von Muffe und gekürztem Spitzende mit einer beschädigten Ringdichtung realisiert. Die Ringdichtung wurde mit acht Fehlstellen durch Heraustrennen von Gummi versehen, sodass eine deutliche Undichtigkeit ohne nennenswerte Sandeinträge entstand (vgl. Abb. 10).



Abb. 10: Abgedichteter Versuchsstand (links), Dichttring mit Fehlstellen (rechts unten), gekürztes Steinzeugrohr (rechts oben)



Abb. 11: Wasserzufluss bei Sanierung (links), Undichtigkeit der Muffe bei Wasserfüllung des Rohres (rechts)

Während der Sanierungsarbeiten wurde der **Wasserstand auf Rohrscheitelhöhe** eingestellt. Dieser wurde nach Abschluss der Arbeiten für rund 24 Stunden konstant gehalten, anschließend wurde die Dichtheit der Reparaturstellen mittels optischer Kontrolle auf Wassereintritte geprüft. Nach Abschluss der Prüfung wurde der Wasserstand auf ca. 1,50 m über Rohrsohle angehoben und für rund 72 Stunden gehalten. Anschließend folgte eine erneute optische Kontrolle auf Wassereintritt.

3.5.2 Haftzugprüfungen an Kurzlinern

Die Haftung eines Kurzliners an der Rohrwand ist Voraussetzung für die Abdichtungswirkung und die dauerhafte Funktionsfähigkeit des Kurzliners. Fehlt die Verklebung mit der Rohrwand, können sich Hinterläufigkeiten und somit Undichtigkeiten einstellen und es sind Ablösungen des Liners von der Rohrwand mit eventuellen Abflusshindernissen möglich.

Wie Diskussionen in den Lenkungskreissitzungen zeigten, wird der Nutzen von Fräsarbeiten als Untergrundvorbereitung für Kurzliner unterschiedlich eingeschätzt und es besteht teilweise Unsicherheit, inwieweit aufwendige Fräsarbeiten, die mit entsprechend hohen Kosten verbunden sind, mit ausgeschrieben werden sollen. Auch seitens der Verfahrensanbieter und Sanierungsfirmen wird die Erfordernis von Fräsarbeiten offensichtlich unterschiedlich gesehen. Bei den Sanierungsarbeiten im Rahmen des Warentests zeigte sich, dass hinsichtlich des Fräsens in den Steinzeugleitungen offensichtlich deutlich unterschiedliche Vorarbeiten geleistet werden: Teilweise wurde die Glasur im kompletten Bereich des späteren Kurzliners entfernt und teilweise wurde nur stellenweise gefräst, z.B. Ringe an den Liner-Enden und/oder im Bereich des Schadens.

Vor diesem Hintergrund wurden Haftzugprüfungen an Kurzlinern durchgeführt, um ergänzende Hinweise zur Vorbehandlung der Rohroberflächen zu erhalten. In einem ersten Schritt wurden Kurzliner aus den Teststrecken der vergleichenden Systemprüfungen auf ihre Haftwirkung geprüft. In einem zweiten Schritt wurden separate Probekörper mit zwei unterschiedlichen Kurzlinersystemen hergestellt. Diese wurden auf glasierte und vorgefräste Steinzeugoberflächen geklebt und hinsichtlich ihrer Haftwirkung untersucht.

Haftzugprüfungen an Kurzlinern der Teststrecken

Nach Abschluss der Prüfungen in den Teststrecken wurden von jedem der sechs Kurzlinerverfahren vier Probekörper für Haftzugprüfungen gewonnen. Zunächst wurden jeweils zwei mit Kurzlinern ausgekleidete Rohrsegmente aus Steinzeug DN 300 und Beton DN 300 in Längsrichtung halbiert, sodass zwei Halbschalen entstanden. Anschließend wurden je Halbschale, abhängig vom Schadensbild und der Kurzlinerlänge, drei bis fünf Kernbohrungen mit 50 mm Durchmesser von der Innenseite des Kurzliners bis in das Steinzeugrohr angefertigt. Auf die Bohrkerne wurden Prüfstempel geklebt, die bei der späteren Haftzugprüfung mit einem Prüfgerät verbunden und mit ansteigender Kraft senkrecht vom Untergrund abgezogen werden (vgl. Abb. 12 und Abb. 13). Der Haftzugwert in N/mm^2 ergibt sich aus der Prüffläche und der zum Zeitpunkt des Lösens aufgebrauchten Kraft.

Anforderungen an die Haftzugfestigkeit von Kurzlinern sind u.a. im DWA-Merkblatt 143-20 [11] genannt, das als Mindest-Anforderungen für die Kurzzeit-Haftzugfestigkeit folgende Werte nennt:

- Mittelwert aus 6 Einzelwerten: $1,5 \text{ N/mm}^2$,
- Kleinster Einzelwert einer Prüfserie: $1,0 \text{ N/mm}^2$.



Abb. 12: Bohrungen mit aufgeklebten Prüfstempeln (links) und Haftzugprüfgerät während der Prüfung (rechts)



Abb. 13: Probekörper nach Haftzugprüfung

Haftzugprüfungen an separaten Probekörpern

Da die Haftzugprüfungen an den Kurzlinern der Teststrecken keine vergleichbare Datenbasis für Aussagen über Zusammenhänge zwischen Haftwirkung und Vorbehandlung der Steinzeugoberfläche lieferten, wurden weitere Versuche ergänzt. Aufgrund der variierenden Randbedingungen der Kurzlinerreparaturen zwischen den unterschiedlichen Verfahrensanbietern und z.T. auch zwischen den einzelnen Reparaturstellen eines Anbieters (z.B. hinsichtlich Umfang der HD-Reinigungen und Fräsarbeiten, Sanierungsharzen und Verarbeitungszeiten, Packersystemen und Packerdrücken) ist die Ursache für Unterschiede in den Haftzugwerten nicht eindeutig zuzuordnen.

Um daher eine Vergleichbarkeit von Prüfungen an Kurzlinern auf glasierten und vorgefrästen Steinzeugoberflächen zu schaffen, sollten zusätzliche Probekörper unter identischen Randbedingungen angefertigt werden.

Hierzu war geplant, die Kurzliner auf Steinzeugplatten zu setzen und diese mit einer ebenen Platte in einer Prüfmaschine unter steuerbarer, definierte Kraft anzupressen, um mögliche Einflüsse des Sanierungspackers auszuschalten. Allerdings waren keine Platten erhältlich, deren Mineralzusammensetzung und Glasur identisch zu den Steinzeugrohren ist. Spezielle Sonderanfertigen eines Steinzeugrohrherstellers konnten aufgrund ungleichmäßiger Glasur und leichter Wölbung der Platten nicht verwendet werden (s. Abb. 14). In der Folge mussten die Kurzliner daher in herkömmliche Steinzeugrohre eingesetzt werden.

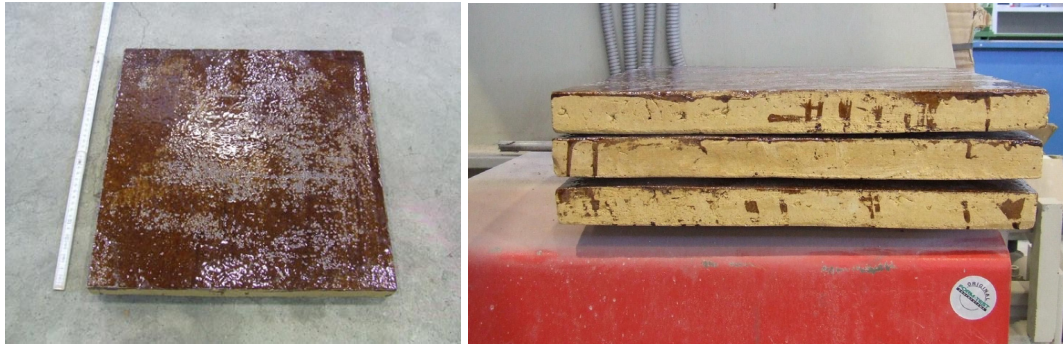


Abb. 14: Ungleichmäßige Glasur (links) und unebene Steinzeugplatten (rechts) der Spezialanfertigung

Mit zwei unterschiedlichen Kurzlinersystemen, eines mit **Epoxidharz** und ein zweites mit **Silikatharz**, wurden je sechs Steinzeugrohre DN 300 ausgekleidet. Drei der Rohre waren neuwertige, glasierte Rohre, bei den weiteren drei Rohren wurde die Glasur in Teilbereichen entfernt (s. Abb. 15). Um die vorgefrästen Bereiche möglichst gleichmäßig und eben zu gestalten, wurden die Rohre in Halbschalen geschnitten und die Glasur händisch mit Hilfe einer Trennscheibe entfernt. Sämtliche Rohre wurden vor Einbau der Kurzliner gründlich gereinigt, um restliche Staub- und Schmutzpartikel zu entfernen.

Für die Sanierungsarbeiten wurden die Rohrhalbschalen wieder zusammengesetzt und umspannt. Der Einbau wurde in Zusammenarbeit mit den Anbietern durchgeführt. Dabei wurde innerhalb eines Sanierungssystems für jeden Kurzliner derselbe Packer verwendet und es wurde auf identische Randbedingungen wie Materialmengen, Verarbeitungs- und Setzzeiten, Aushärtezeiten und Packerdrücke geachtet.



Abb. 15: Gefräste Oberfläche (links u. mittig), zusammengesetzte Rohrhalbschalen für die Sanierung (rechts)



Abb. 16: Setzen eines Kurzliners für die ergänzenden Haftzugprüfungen

3.5.3 Materialprüfungen an Kurzlinern

Aus dem Bereich der Schlauchlinersanierung stehen zahlreiche Prüfverfahren zur Verfügung, die auch zur Bestimmung von Materialeigenschaften von Kurzlinern angewendet werden können. Um ergänzende Informationen zu den getesteten Kurzliner-Verfahren zu erhalten, wurde daher für jedes Verfahren ein separater Probekörper in einem PVC-Rohr DN 300 angefertigt (Einbau durch den Anbieter bzw. die Sanierungsfirma).

An den Kurzliner-Probekörpern wurden Materialprüfungen durchgeführt, die üblicherweise bei Schlauchlinern (also bei Sanierung ganzer Haltungen) angewendet werden. Da bei Linersanierungen von Kanalhaltungen auch die Standsicherheit des Liners in die Betrachtung einbezogen wird, sind entsprechende Prüfungen enthalten, die Rückschlüsse auf die Linertragfähigkeit ermöglichen. Für Kurzliner werden üblicherweise keine Standsicherheitsnachweise gefordert, da die Wiederherstellung der Standsicherheit nicht zwingend Ziel einer Reparatur ist. Allerdings werden im Rahmen von DIBt-Zulassungen Kennwerte wie E-Modul und Biegezugfestigkeit bestimmt.

Probenentnahmen an Kurzlinern zur Qualitätssicherung auf der Baustelle sind i.d.R. unüblich. Zum einen werden Kurzliner im Gegensatz zu den Schlauchlinern mit der Rohrwandung verklebt, sodass sich eine Probengewinnung somit schwierig gestaltet. Zum anderen sollen mit einer Reparatur kurze Rohrabschnitte möglichst kostengünstig saniert werden, sodass weder überschüssige Bereiche für eine Probenentnahme verbleiben (Beschädigung des Kurzliners in dem Bereich), noch der Aufwand für die Prüfung einkalkuliert ist.

➤ E-Modul:

Schlauchliner (\neq Kurzliner) müssen örtlich verschiedene Lasten tragen (Grundwasser, Straßenverkehr, Erddruck). Dafür müssen sie jeweils ausgelegt sein und über eine entsprechende Tragfähigkeit verfügen. Ein zentraler mechanischer Kennwert dafür ist der Elastizitätsmodul.

Prüfmethode für Baustellenproben ist der Dreipunkt-Biegeversuch, der hier in Anlehnung an DIN EN ISO 178 und DIN EN 13566-4 als Kurzzeitversuch durchgeführt wurde. Alternativ kann der E-Modul auch im Scheiteldruckversuch nach DIN EN 1228 ermittelt werden. Der Vorteil hierbei ist, dass im Gegensatz zum Dreipunkt-Biegeversuch nicht nur ein kleiner Ausschnitt sondern ein vollständiger Liner-Ring geprüft wird. Der Biege-E-Modul von Schlauchlinern und Kurzlinern wird auch in der DIBt-Zulassung dargestellt.

➤ Biegezugfestigkeit:

Die Biegezugfestigkeit kennzeichnet den Punkt, an dem ein Liner aufgrund zu hoher Spannung versagt. Ist sie zu gering, so ist ein Schlauchliner nicht ausreichend tragfähig und kann noch vor dem Erreichen einer zulässigen Verformung brechen.

Prüfmethode ist wie beim E-Modul der Dreipunkt-Biegeversuch, in dem die Last bis zum ersten Lastabfall gesteigert wird, der den Beginn des Linerbruches kennzeichnet (Kurzzeitversuch). Die Biegezugfestigkeit von Schlauchlinern und Kurzlinern wird in der DIBt-Zulassung genannt.

- **Wanddicke:**
 Ein drittes Kriterium für die Beurteilung der Liner-Tragfähigkeit ist die Wanddicke. Auch für sie wird z.B. in der statischen Berechnung eine Annahme getroffen, die später bei der Herstellung des Liners auf der Baustelle erreicht werden muss.

 Die statisch tragfähige Wanddicke wird mit einer Präzisionsschieblehre an sechs Stellen des Probekörpers gemessen. Überschussharz und Innen-/Außenfolien (bei Schlauchlinern) werden bei der Messung nicht berücksichtigt.
- **Wasserdichtheit:**
 Mit der Dichtheitsprüfung nach APS-Richtlinie wird die Wasserdichtheit eines Liners exemplarisch an Teilbereichen der Linerwand überprüft.

 Falls vorhanden, wird zuerst die Außenfolie der Probe entfernt (bei Kurzlinern nicht vorhanden) und die Innenfolie (bei Kurzlinern nicht vorhanden) nach einem festgelegten Muster eingeschnitten. Anschließend wird rot gefärbtes Wasser auf die Innenseite aufgetragen und auf die Außenseite 0,5 bar Unterdruck aufgebracht. Bilden sich Tropfen, Schaum oder Feuchtigkeit auf der Außenseite, so ist der Liner wasserdurchlässig.
- **Anfangsringsteifigkeit und Kurzzeit-Elastizitätsmodul:**
 Die Anfangsringsteifigkeit ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit eines Rohres gegen eine Ring-Verformung unter äußerer Last. Sie wird durch Prüfung nach DIN EN 1228 ermittelt und ist definiert als $S = (E^*I)/d_m^3$.
- **Kriechneigung:**
 Die 24h-Kriechneigung wird im Zeitstand-Biegeversuch bei Dreipunkt-Belastung nach DIN EN ISO 899-2 bzw. DIN 16869-2 ermittelt und in % angegeben. Sie ist ein Maß für die Zunahme der Verformung (bzw. Dehnung) unter einer konstanten Kraft bei einer Belastungsdauer von 24 Stunden ($KN = (f_{24} - f_1)/f_{24} * 100$ in [%]). Schlauchliner, die unzureichend mit Harz getränkt oder nicht ausgehärtet sind, zeigen i.d.R. ein erhöhtes Kriechverhalten. Der zulässige Wert für die Kriechneigung eines Schlauchliners oder Kurzliners wird in der DIBt-Zulassung angegeben.
- **Dichte**
 Die Dichte wird im Eintauchverfahren (Tauchwägung) nach DIN EN ISO 1183-1 bestimmt. Eine unzureichend mit Harz getränkte Schlauchlinerprobe besitzt eine geringere Dichte, als eine vollständig getränkte Probe. Angaben zur Dichte eines Schlauchliners oder eines Kurzliners finden sich in der DIBt-Zulassung.
- **Chemische Beständigkeit**
 Kurzliner und Schlauchliner müssen während der geplanten Nutzungsdauer beständig sein gegenüber Beanspruchungen durch aggressive Medien aus dem Abwasser. Dies wird überprüft, indem Proben der Schlauch- oder Kurzliner in geeignete Prüfmedien (z.B. Schwefelsäure, Natronlauge, Peroxidreiniger) eingelagert werden. Je nach Zielsetzung der Versuche kann die Einlagerungsdauer variieren zwischen 24 Stunden (bei erhöhten Temperaturen) und 28 Tagen (Raumtemperatur). Die Beständigkeit der Proben kann durch visuelle Begutachtung oder Prüfung bestimmter mechanischer Eigenschaften nach der Einlagerung beurteilt werden.

4 Ergebnisse

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse zu den drei Untersuchungsschwerpunkten Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter (Kapitel 4.1), Systemprüfungen in den Teststrecken (Kapitel 4.2) und Baustellenuntersuchungen (Kapitel 4.4) dargestellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der weiterführenden Untersuchungen zusammengefasst (Kapitel 4.3).

4.1 Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Alle Verfahrensanbieter reagierten auf die Anfrage des IKT, Unterlagen zu den Punkten der Qualitätssicherung einzureichen (Verfahrenshandbuch, Schulungen, Umweltverträglichkeit, Fremdüberwachung, DIBt-Zulassung, Prüfzeugnisse und Bauteilkenndaten zur Rückverfolgung des Lieferweges). Sämtliche Unterlagen wurden gesichtet und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und ihres Bezugs zum geprüften Verfahren überprüft. Teilweise wurden Unterlagen eingereicht, die nicht für das im IKT-Warentest untersuchte Verfahren galten. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tab. 10 zusammengefasst.

Tab. 10: Auswertung der Unterlagen zur Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Verfahren	Verfahrenshandbuch	Angebot von Schulungen	Fremdüberwachung	Umweltverträglichkeit	DIBt-Zulassung	Prüfzeugnisse	Rückverfolgung des Lieferweges
Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren							
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	Z-42.3-435, gültig bis 30.06.2014	Prüfzeugnisse zu Materialkennwerten vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	kein Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	keine Zulassung beantragt	keine Prüfzeugnisse vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Bebilderung • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnisse für beide eingesetzten Harzsysteme vorgelegt	Z-42.3-412, gültig bis 30.04.2012 ¹	Prüfzeugnisse zu Abriebfestigkeit, Spülbeständigkeit, Scheiteldruckversuchen und Materialkennwerten vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar

¹ Zulassung gilt für Reparaturen mit den Harzen EPOXONIC® EX 1013, EPOXONIC® EX 1355, EPOXONIC® EX 1824 Rapid

Fortsetzung Tab. 10: Auswertung der Unterlagen zur Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Verfahren	Verfahrenshandbuch	Angebot von Schulungen	Fremdüberwachung	Umweltverträglichkeit	DIBt-Zulassung	Prüfzeugnisse	Rückverfolgung des Lieferweges
Kurzliner							
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	Z-42.3-393, gültig bis 31.05.2011 ¹	Prüfzeugnisse u.a. zu Spülversuchen, mechanischen Kennwerten, Abriebfestigkeit vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Weiterbildung • Sicherheit- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	Z-42.3-326, gültig bis 31.12.2010 ²	Prüfzeugnisse zu Materialkennwerten vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar
K-LINER, Kuchem GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit wenig ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	keine Zulassung beantragt	Prüfzeugnisse zu Materialkennwerten vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Weiterbildung • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	keine Zulassung beantragt	keine Prüfzeugnisse vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar

¹ deckt nur einen Teilbereich der im IKT-Warentest geprüften Nennweiten ab (gilt für Kreisprofile bis DN 500)

² bezieht sich auf Einbaulängen von ca. 45-55 cm

Fortsetzung Tab. 10: Auswertung der Unterlagen zur Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter

Verfahren	Verfahrenshandbuch	Angebot von Schulungen	Fremdüberwachung	Umweltverträglichkeit	DIBt-Zulassung	Prüfzeugnisse	Rückverfolgung des Lieferweges
Kurzliner (Fortsetzung)							
Konodur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Bebilderung • Sicherheits- und Warnhinweise 	kein Schulungsnachweis erbracht	kein Nachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	keine Zulassung beantragt ¹	keine Prüfzeugnisse vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen nachvollziehbar
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Bebilderung • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Harzsystem vorgelegt	Z-42.3-397, gültig bis 31.07.2011 ²	Prüfzeugnisse ² zu Spülversuch und Materialkennwerten vorgelegt	Lieferweg aufgrund Dokumentation von Chargennummern auf Einbauprotokollen gegeben
Innenmanschetten							
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Bebilderung • Sicherheits- und Warnhinweise 	Schulungszertifikat vorgelegt	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	Prüfzeugnis für das eingesetzte Dichtmittel vorgelegt	Z-42.3-374, gültig bis 30.04.2010	Prüfzeugnisse u.a. zu Spül- u. Beulsicherheit, Dichtheit und Standsicherheitsnachweisen vorgelegt	keine Chargennummern vorhanden
Quick-Lock II, UHRIG Kanaltechnik GmbH					Z-42.3-374, mit Änderungsbescheid	Prüfzeugnisse zur Beulsicherheit vorgelegt	
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	<ul style="list-style-type: none"> • Handbuch mit ausführlicher Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte • Darstellung der Einsatzbereiche • Bebilderung • Sicherheits- und Warnhinweise 	kein Schulungsnachweis erbracht	Fremdüberwachungsnachweis erbracht	kein Prüfzeugnis für das eingesetzte Harz vorgelegt ³	keine Zulassung vorgelegt	keine Prüfzeugnisse vorgelegt	kein Nachweis zur Rückverfolgbarkeit des Lieferwegs erbracht

¹ Zulassung für den Konodur – LM Kurzliner eingereicht

² beim IKT-Warentest wurde eine zusätzliche Lage PES-Vlies verwendet

³ Zeugnis zur Umweltverträglichkeitsprüfung für ein Harz mit abweichender Typenbezeichnung gegenüber dem im IKT-Warentest eingesetzten Harz vorgelegt

4.2 Systemprüfungen an Teststrecken

In den nachfolgenden Abschnitten werden je Verfahren Einzelheiten zum Ablauf der Reparaturarbeiten im IKT beschrieben sowie Ergebnisse der Dichtheitsprüfung und der optischen Begutachtung der Reparaturstellen dargestellt.

4.2.1 Reparaturvorgang

Nachfolgend wird für jedes untersuchte Verfahren der Reparaturvorgang im Rahmen des IKT-Warentests beschrieben. Insbesondere sind wichtige Informationen zu den eingesetzten Materialien, Art und Umfang der Vorarbeiten, das Vorgehen beim eigentlichen Reparaturvorgang sowie die Dauer der Arbeiten aufgenommen. Tab. 11 gibt zunächst einen Überblick.

Tab. 11: Überblick zu den eingesetzten Materialien sowie Umfang und Dauer der Arbeiten (Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren)

Verfahren/ Anbieter	Harzsystem	Zusatzstoffe	Topfzeit	Aushärtezeit ¹	Umfang der Fräsarbeiten	Anzahl der Spüldurchgänge	Dauer der Arbeiten ²
Janßen Riss- und Scherben-sanierung Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	Polyurethanharz JaGoPur Komponente A: Polyurethanharz Komponente B: Polyisocyanat	/	ca. 2 min	ca. 40 – 45 min	Alle Teststrecken: Risse aufgefräst, an den Ausbrüchen Rohrmaterial von den Rändern abgetragen (in Beton teils keine Fräsarbeiten)	Teststrecken aus Beton: 1 – 2 Spüldurchgänge ³	Gesamtdauer: ca. 66 h (3 – 4 Techniker) davon Vorarbeiten: ca. 17 h
KASRO 2 Komponenten- Verpresssystem ProKASRO Mechatronik GmbH	Polyurethanharz Konudur Robopress 07 Komponenten A und B	Konudur Additiv RP	ca. 30 sec bei 23 °C	ca. 5 – 10 min	Alle Teststrecken: Risse aufgefräst, an den Ausbrüchen Rohrmaterial abgetragen, zusätzliche Spiralfräsung im Sanierungsbereich (Ausnahme Stz. DN 300)	Alle Teststrecken: 2 – 4 Spüldurchgänge	Gesamtdauer: ca. 46 h (3 – 4 Techniker) davon Vorarbeiten: ca. 18 h
KA-TE PMO – Verfahren KA-TE PMO AG	Epoxidharz (Verpressen) Komponente A: BASF CONCRETSIVE® 1850 Komponente B: CONCRETSIVE® 1801/1850 Epoxidharz (Verspachteln) EPOXONIC® EX 1355 Komponenten A und B	/	BASF CONCRETSIVE® 1850		Alle Teststrecken: Risse aufgefräst, an den Ausbrüchen Rohrmaterial von den Rändern abgetragen	Alle Teststrecken: 2 Spüldurchgänge	Gesamtdauer: ca. 48 h (3 – 4 Techniker) davon Vorarbeiten: ca. 19 h
			0 min bei +20 °C 45 min bei +15°C 60 min bei +10°C	ca. 20 h			
			EPOXONIC® EX 1355				
			30-40 min bei +25°C 60-90 min bei +15°C ≤ 8°C nicht verwendbar	/			

¹ Mindestdauer, über die Verpresspacker oder Schalungsmanschetten im Rahmen des IKT-Warentests zur Aushärtung auf den Schadstellen belassen wurden

² Vorarbeiten einschließlich Ortsbegehung, Vorinspektion, Einmessen von Schäden, HD-Spülung und Fräsarbeiten

³ Vorgehen in den Steinzeugteststrecken: Fräsenarbeiten an den Schadstellen, anschließende Reinigung mittels Gebläsevorrichtung am Fräsroboter und Wasserzugabe über Wasserschlauch

Tab. 12: Überblick zu den eingesetzten Materialien sowie Umfang und Dauer der Arbeiten (Kurzliner)

Verfahren/ Anbieter	Trägermaterial	Harzsystem	Zusatzstoffe	Topfzeit	Aushärtezeit ¹	Umfang der Fräsarbeiten	Anzahl der Spüldurchgänge	Dauer der Arbeiten ²
<i>ALOCIT Kurzliner</i> Alocit GmbH	ECR (Advantex)-Glaskomplex mit PES-Vlies (ca. 1530 g/m ²)	Methylmethacrylatharz ALOCIT Harz® Alocan mit Peroxan BP 50+ (Härter)	/	18 min bei 25°C 20 min bei 20°C 25 min bei 10°C	min. ca. 0,75 h	<i>Teststrecken aus Steinzeug:</i> Glasur entfernt unmittelbar an den Schadstellen und an den Enden der Kurzliner	<i>alle Teststrecken:</i> je 5 – 6 Spüldurchgänge	<i>Gesamtdauer:</i> ca. 26 h (2 Techniker) <i>davon Vorarbeiten:</i> ca. 8 h
<i>3P-Plus-Kurzliner</i> sikotec GmbH/ JT-elektronik GmbH	ECR-Glasfasergewebe (ca. 1050 g/m ²)	Silikatharz 3P-Harz <i>Komponente A:</i> Betol 3 P <i>Komponente B:</i> 3P-Plus Kurzliner B Typ W1 und Typ S1 (Winter- u. Sommerharz)	/	Winterharz: 17 min bei 22 °C Sommerharz: 25 min bei 22 °C	min. ca. 2 h, teils auch über Nacht	<i>Teststrecken aus Steinzeug:</i> Glasur entfernt auf gesamter Einbaulänge der Kurzliner	<i>alle Teststrecken:</i> je 10 Spüldurchgänge (zwei mit Fettlöser)	<i>Gesamtdauer:</i> ca. 64 h (2 – 4 Techniker) <i>davon Vorarbeiten:</i> ca. 37 h
<i>K-Liner</i> Kuchem GmbH	ECR-Glasfasergewebe (ca. 1086 g/m ²)	Epoxidharz <i>Komponente A:</i> ARALDITE GY 250 BD <i>Komponente B:</i> ARADUR 16 BD	/	30 min bei 20 °C	min. ca. 3,7 h	<i>Teststrecken aus Steinzeug:</i> Glasur angeraut auf gesamter Einbaulänge der Kurzliner	<i>alle Teststrecken:</i> je 2 – 3 Spüldurchgänge	<i>Gesamtdauer:</i> ca. 30 h (3 Techniker) <i>davon Vorarbeiten</i> ca. 8 h
<i>KM-Kurzliner</i> KMG Pipe Technologies GmbH	ECR-Kombi-Glasfasergewebe (ca. 900 g/m ²)	Epoxidharz <i>Komponente A:</i> ARALDITE GY 240 BD <i>Komponente B:</i> ARADUR 16 BD	0,5 Gew.-% Luftverdränger (Byk) 3,0 Gew.-% Haftvermittler (Silan)	30 min bei 20 °C	min. ca. 4,8 h, teils auch über Nacht	<i>Teststrecken aus Steinzeug:</i> Glasur entfernt an beiden Enden der Schadensbilder in Form von Ringern	<i>alle Teststrecken:</i> je 3 – 4 Spüldurchgänge	<i>Gesamtdauer:</i> ca. 29 h (2 Techniker) <i>davon Vorarbeiten:</i> ca. 7 h
<i>Konudur Sewer Repair KIT (VP)</i> MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	ECR (Advantex)-Glaskomplex (ca. 1070 g/m ²) <i>(Konudur Sewer Repair Fabric (VP))</i>	Organomineralharz Konudur 266 SR (VR) <i>Komponenten A und B</i>	/	38 min bei 10 °C 20 min bei 20 °C	min. ca. 5,3 h, teils auch über Nacht	<i>alle Teststrecken:</i> Glasur entfernt bzw. Oberfläche aufgefräst auf gesamter Einbaulänge der Kurzliner	<i>alle Teststrecken:</i> je 7 – 11 Spüldurchgänge	<i>Gesamtdauer:</i> ca. 40 h (4 Techniker) <i>davon Vorarbeiten:</i> ca. 16 h
<i>Point-Liner®</i> Bodenbender GmbH	PL-® - Glasfasergewebe (ca. 1060 g/m ²) in Kombination mit PL-® - Polyestervlies- Kombimatte (ca. 798 g/m ²)	Polyurethanharz Multi -PL® - Harz <i>Komponenten A und B</i>	/	15 min bei 18 °C	min. ca. 3 h, teils auch über Nacht	<i>Teststrecken aus Steinzeug:</i> Glasur entfernt an beiden Enden der Schadengänge, dazwischen Glasur angeraut	<i>alle Teststrecken:</i> je 4 – 6 Durchgänge	<i>Gesamtdauer:</i> ca. 37 h (3 Techniker) <i>davon Vorarbeiten:</i> ca. 14 h

¹ Mindestdauer, über die die Versetzpacker im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ zur Aushärtung auf den Schadstellen belassen wurden

² Vorarbeiten einschließlich Ortsbegehung, Vorinspektion, Einmessen von Schäden, HD-Spülung und Fräsarbeiten

Tab. 13: Überblick zu den eingesetzten Materialien sowie Umfang und Dauer der Arbeiten (Innenmanschetten)

Verfahren/ Anbieter	Materialien	Harzsystem/ Dichtmittel	Topfzeit [min]	Umfang der Fräsarbeiten	Anzahl der Spüldurchgänge	Dauer der Arbeiten ¹
Quick-Lock UHRIG Kanaltechnik GmbH	V4A-Edelstahlmanschette	EPDM-Gummidichtung	/	/	alle Teststrecken: je 2 Spüldurchgänge	Gesamtdauer: ca. 18 h (2 Techniker) davon Vorarbeiten: ca. 3 h
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung UHRIG Kanaltechnik GmbH	V4A-Edelstahlmanschette mit einseitiger Aufbördelung	EPDM-Gummidichtung	/	/	alle Teststrecken: je 2 Spüldurchgänge	Gesamtdauer: ca. 20 h (2 Techniker) davon Vorarbeiten: ca. 1 h
Stuttgarter Hülse Haas GmbH & Co. KG	V4A-Edelstahlhülse	Epoxidharzmörtelmasse Spachtelmasse 03567L51 bestehend aus zwei Komponenten	ca. 25 min ²	Teststrecken aus Steinzeug und Beton DN 300: Glasur angeraut auf gesamter Einbaulänge	alle Teststrecken: je 2 – 4 Spüldurchgänge (einer mit Fettlöser)	Gesamtdauer: ca. 25 h (2 bis 3 Techniker) davon Vorarbeiten: ca. 8 h

¹ Vorarbeiten einschließlich Ortsbegehung, Vorinspektion, Einmessen von Schäden, HD-Spülung und Fräsarbeiten

² Der Versetzpacker wurde bereits nach 3 bis 13 Minuten entfernt.

4.2.1.1 Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH

Die „Janßen Riss- und Scherbensanierung“ kam in den vier Kreisprofilen zum Einsatz. Bei sämtlichen Reparaturen wurde das Zweikomponenten-Polyurethanharz JaGoPur, bestehend aus den Komponenten A (Polyurethanharz) und B (Polyisocyanat) in die Schadstellen injiziert.

Die Umwelttechnik Franz Janßen GmbH führte die Reparaturarbeiten sowie sämtliche Vor- und Nacharbeiten in etwa acht Arbeitstagen (ca. 66 Stunden) durch.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden an den meisten Schadstellen zunächst Fräsarbeiten vorgenommen¹. Um ein Fortschreiten der Risse während der Reparaturarbeiten zu vermeiden und zudem das Eindringen des Sanierungsharzes zu begünstigen, wurden zunächst an den Rissenden Löcher in die Rohrwand gefräst (Fingerfräser, Abb. 17). In der Betonleitung DN 300 wurden entlang der Längsrisse (Schadensbild 2) weitere Löcher im Abstand von ca. 10-15 cm in die Rohrwand gefräst. Darüber hinaus wurde an den Ausbrüchen Rohrmaterial von den Rändern abgetragen; Muffen und Risse wurden aufgeweitet. Der Umfang der Fräsarbeiten ist in Tab. 14 schematisch dargestellt.

Tab. 14: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (Janßen Riss- und Scherbensanierung)

Steinzeug DN 200/DN 300 Schadensbild 1	Steinzeug DN 200/DN 300 Schadensbild 2	Steinzeug DN 200/ DN300 Schadensbild 3
Beton DN 300/DN 600 Schadensbild 2	Beton DN 300 Schadensbild 2	Beton DN 300 Schadensbild 3
nicht gefräst		nicht gefräst

¹ Vorarbeiten lt. Verfahrenshandbuch: HD-Reinigung, Fräsarbeiten bei Haarrissen < 1 mm



Abb. 17: Fräsroboter DN 200 mit „Fingerfräser“ (links), Fräsroboter DN 600 mit „Fingerfräser“ (rechts)

Nach Beendigung der Fräsarbeiten wurden die Fräsrückstände aus den Teststrecken entfernt. Die Reinigung erfolgte mittels einer Gebläsevorrichtung der Roboters und Wasser.

Tab. 15: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit der Harze (lt. Anbieter)

Harz	Mischverhältnis A:B (Masse)	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
JaGoPur	1:1	wenige sec.	ca. 2 min	45 Minuten Vollständige Durchhärtung nach ca. 48 Stunden

Die beiden Harzkomponenten werden über getrennte Schläuche vom Sanierungsfahrzeug aus zum Sanierungspacker geleitet, im Packer vermischt und in die Schadstelle injiziert, so dass in einem Zuge größere Harzmengen verpresst werden können. Im Rahmen der Arbeiten im IKT wurde vor jedem Verpressvorgang eine Harzprobe entnommen, um anhand Reaktionszeit das Mischverhältnis (vgl. Tab. 15) zu überprüfen. Nach jedem Verpressvorgang wurden Zwangsmischer und Verpressdüse im Packer ausgetauscht.

Packerlänge und –durchmesser wurden abhängig vom Nenndurchmesser des Altröhres und der Schadenslänge gewählt. Im Vorfeld des Verpressvorgangs wurde auf die Oberfläche des Verpresspackers ein Trennmittel auf Wasserbasis aufgetragen, um einer Verklebung zwischen Packer und Harz vorzubeugen. Im Anschluss wurde der Packer mit einer Winde zur Schadstelle transportiert und mittels Druckluft (1,1 bis 1,4 bar) aufgeweitet. Mittig auf dem Verpresspacker befindet sich die Verpressöffnung (vgl. Abb. 18), die nach Angaben der ausführenden Techniker möglichst unmittelbar auf dem geschädigten Rohrbereich positioniert werden sollte, damit die Schadstelle ausreichend verpresst wird. In einigen Fällen musste der Verpresspacker mehrfach gesetzt werden, um die Verpressöffnung korrekt zu platzieren. Zeigte sich im Anschluss an den Verpressvorgang nach Entfernen des Packers eine ungünstige Position der Verpressöffnung mit möglicherweise unzureichender Harzinjektion, wurde der Schaden wiederholt verpresst.



Abb. 18: Verpresspacker DN 300 (links), Auftragen des Trennmittels (rechts)

Die Aushärtezeiten bis zur Entfernung der Verpresspacker lagen zwischen 40 und 45 Minuten. In Abhängigkeit des Schadensbildes wurden **Harzmengen zwischen ca. 2 und 40 kg** in die Schadstellen injiziert, sodass an der Rohraußenseite entsprechend große Harzkörper entstanden (vgl. Abb. 19).



Abb. 19: Bildbeispiel – Detail Rohraußenseite nach Aufgrabung Stz. DN 200 (links), Stz. DN 300 (mittig), Beton DN 600 (rechts)

Zur Beseitigung von Unebenheiten und überschüssigem Restharz außerhalb des Schadensbereiches wurden Nacharbeiten mit dem Fräsroboter durchgeführt. In den zwei Betonteststrecken wurden mit Ausnahme eines Schadenbildes die Harzüberschüsse weitgehend in der Leitung belassen. Hier wurden lediglich Unebenheiten und kleine Kanten mit einem Bürstenaufsatz beseitigt.

Seitens des Anbieters wurden zur Ergebniskontrolle Dichtheitsprüfungen vorgenommen. Diese erfolgten in der Regel als Luftprüfung, zum Teil wurden zusätzlich auch Dichtheitsprüfungen mit Wasser durchgeführt.

4.2.1.2 KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH

Das „KASRO 2-Komponenten-Verpresssystem“ wurde in den vier Kreisprofilen eingesetzt. Für die Reparatur der Schadstellen wurde das Polyurethanharz Konudur Robopress 07 (Komponente A und Komponente B) verwendet.

Der Reparaturbeinbau wurde von der ProKasro Mechatronik GmbH vorgenommen und dauerte einschließlich der Vor- und Nacharbeiten rund sechs Arbeitstage (46 Stunden).

Einbaubeschreibung

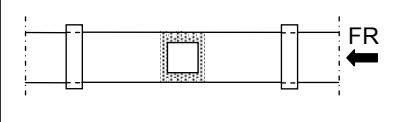
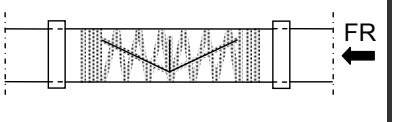
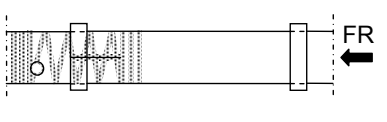
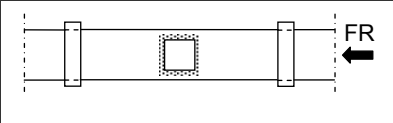
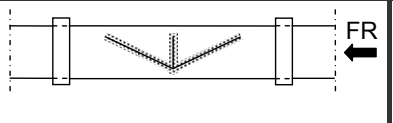
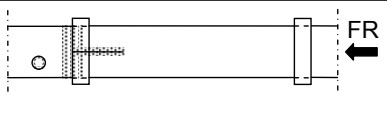
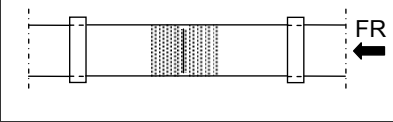
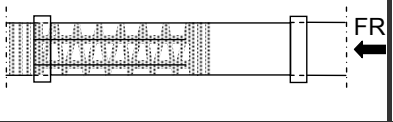
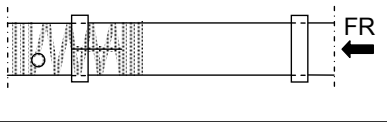
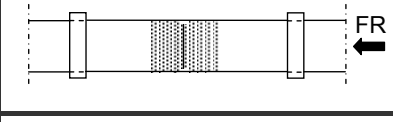
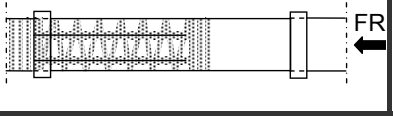
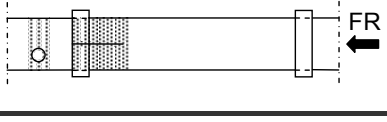
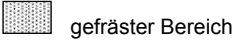
Im Rahmen der **Vorarbeiten** fanden an sämtlichen Schadstellen umfangreiche Fräsarbeiten statt: Zum einen wurde unmittelbar im Bereich der Risse und Ausbrüche Material abgetragen (mit Finger- oder Kegelfräskopf, vgl. Abb. 20). Zum anderen wurden am überwiegenden Teil der Schadstellen zusätzliche ring- oder spiralförmige Vertiefungen mittels eines Tellerfräskopfes in die Altrohroberfläche gefräst (vgl. Tab. 16). Das Harz sollte sich über diese Vertiefungen über den gesamten Rohrumfang ausbreiten und den Sanierungsbereich ähnlich einem Kurzliner mit einer dünnen Harzschicht überdecken. In der Steinzeugleitung DN 300 wurde auf diese speziellen Spiralfräsungen verzichtet.

An jedem Schadensbild wurden zusätzlich ein bis zwei kreisförmige Vertiefungen mit einem Durchmesser von ca. 20 cm in die Rohrwand gefräst, an denen die Verpressöffnung des Packers positioniert werden sollten. Von diesen Vertiefungen ausgehend wurden teilweise weiterhin sogenannte Zwangskanäle zu den Schadstellen gefräst, die eine ausreichende Harzinjektion in die Schadstellen sicherstellen sollten.



Abb. 20: Fräsroboter DN 200 mit Kegelfräskopf (links), Fingerfräskopf (mittig), Fräsroboter DN 600 mit Kegelfräskopf (rechts)

Tab. 16: Skizze zu den Fräsarbeiten (KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem)

Steinzeug DN 200: Schadensbild 1	Steinzeug DN 200: Schadensbild 2¹	Steinzeug DN 200: Schadensbild 3¹
		
Steinzeug DN 300: Schadensbild 1	Steinzeug DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 300: Schadensbild 3
		
Beton DN 300: Schadensbild 1	Beton DN 300: Schadensbild 2	Beton DN 300: Schadensbild 3
		
Beton DN 600: Schadensbild 1¹	Beton DN 600 Schadensbild 2¹	Beton DN 600 Schadensbild 3¹
		
		

¹ Harz verteilte sich beim Verpressen nur unvollständig über die gefrästen Bereiche.

Nach Fertigstellung der Fräsarbeiten wurden die Teststrecken mit einer rundumstrahlenden Düse in zwei bis vier Durchgängen gereinigt, um Fräsrückstände zu entfernen. Teilweise erfolgte die Reinigung der Teststrecken auch mit einem herkömmlichen Wasserschlauch.

Packerlänge und Packerdurchmesser werden anhand des Kanalnenweite und der Länge des Schadensbildes gewählt. Um einer Verklebung des Verpresspackers mit dem Verpressharz vorzubeugen, wurde der Verpresspacker mit einem Silikonschlauch ummantelt, auf den Melkfett aufgetragen wurde (Abb. 21). Jeder Verpresspacker beinhaltet zwei Verpressöffnung, von denen abhängig vom Schadensbild ggf. eine mittels eines Blindstopfen verschlossen wurde.



Abb. 21: Verpresspacker für DN 600 (links); Aufbringen des Silikon Schlauches auf den Verpresspacker (mittig); Ankoppeln des Verpresspackers an die Selbstfahreinheit (rechts)

Der vorbereitete Verpresspacker wurde mit Hilfe einer Selbstfahreinheit an der Schadstelle im Kanal positioniert (Abb. 21), mittels Druckluft (0,8 – 1,3 bar) expandiert, anschließend wurde unter beidseitiger Kamerabeobachtung der Verpressvorgang ausgeführt. Die zwei Harzkomponenten wurden vom Sanierungsfahrzeug aus zum Verpresspacker gefördert, innerhalb des Packers über einen Zwangsmischer vermischt und in die Schadstelle gepresst. Der gesamte Verpressvorgang dauerte in der Regel ca. zwei bis drei Minuten. Sobald sichtbar Harz über ein Ende des Packers aus dem Sanierungsbereich austrat, wurde der Verpressvorgang gestoppt. Nach ca. 5 bis 10 Minuten Aushärtezeit wurde der Packer entfernt. Nach jedem Verpressvorgang wurde das Mischsystem, bestehend aus den Harzschläuchen und den Verpressdüsen im Verpresspacker, gewechselt werden.

Durch Nacharbeiten wurden an den sanierten Schadstellen Harzüberschüsse und Kanten mittels Fräsroboter entfernt.

Tab. 17: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit des Harzes (Angaben des Anbieters)

Harz	Mischverhältnis A:B (Volumen) ¹	Mischzeit	Verarbeitungszeit ³	Aushärtezeit
Konudur Robopress 07	1 : 1	wenige sec.	ca. 30 sec bei 23 °C	ca. 5 – 10 min

¹ Zugabe von Konudur Additiv RP

³ Angabe für Harzmengen von 100 g, bei größeren Mengen beschleunigte Reaktion und verkürzte Verarbeitungszeit (lt. Datenblatt)

Beim neu entwickelten KASRO 2 Komponenten- Verpresssystem traten während den Reparaturarbeiten deutliche Schwierigkeiten auf. Ursprünglich war vorgesehen, die Schadstellen in einem Zuge zu verpressen und das Rohr über die gesamte Packerlänge mit einer dünnen Harzschicht auszukleiden. Während der Verpressarbeiten zeigte sich jedoch, dass das sehr schnell reagierende Harz (vollständige Aushärtung nach 10 min) nur in Teilbereiche geflossen war und vorgefräste Bereiche sowie die Schadstellen nicht vollständig verfüllt worden waren. Nach Angaben der Fa. ProKasro seien in den bisherigen Eigentests diese Effekte nicht aufgetreten, jedoch seien die Versuchsrandbedingungen im IKT abweichend von den vorherigen Tests. Daher wurde noch während der Arbeiten die Ausführung geändert und die Schadstellen z.T. in mehreren Durchgängen verpresst, indem die Verpressöffnung direkt

über dem Schadensbereich platziert wurde. In der Steinzeugteststrecke DN 300 wurde bereits auf Spiralfräisungen verzichtet.

Die Schadstellen wurden mit **Harzmengen zwischen ca. 3 und 14 l** saniert. An zahlreichen Reparaturstellen lagen die gefrästen Bereiche nach der Sanierung noch frei. Bei der späteren Freilegung der Teststrecken zeigte sich, dass die Risse teilweise nicht vollständig mit Harz verpresst worden waren (vgl. Abb. 22).



Abb. 22: Bildbeispiel – Detail Rohraußenseite nach Aufgrabung Beton DN 300 (links), Stz. DN 200 (mittig und rechts)

4.2.1.3 KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG

Das KA-TE / PMO – Verfahren wurde sowohl in den vier Kreisprofilen als auch im Eiprofil DN 400/600 eingesetzt. Abhängig von der Schadensart wurden zwei unterschiedliche Harze mit unterschiedlichen Sanierungstechniken verwendet. Die Ausbrüche in den Kreisprofilrohren wurden mit dem 2-Komponenten-Epoxidharz BASF CONCRESSIVE® 1850 (Komponente A, weiß) mit CONCRESSIVE® 1801/1850 (Komponente B, schwarz) **verpresst**. Risse und undichte Muffen hingegen wurden mit dem 2-Komponenten-Epoxidharz EPOXONIC® EX 1355 - Komponente A und EPOXONIC® EX 1355 - Komponente B **verspachtelt**¹.

Beim Eiprofil wich das Vorgehen geringfügig ab, da der sog. Radialspachtel (Verspachteln von Muffen und Rissen in Rohrumfangsrichtung) nur im oberen Rohrquerschnitt und im Bereich der Sohle eingesetzt werden kann. Die geradlinigen Wandungsbereiche der Kämpfer wurden daher verpresst (Harz CONCRESSIVE®, s.o.). Risse in Längsrichtung und der Ausbruch d = 5 cm wurden wiederum verspachtelt (Harz EPOXONIC®, s.o.).

Die Arbeiten wurden von der KATEC Kanaltechnik Müller & Wahl GmbH, Jünkerath ausgeführt. Die Sanierungsarbeiten in den Kreisprofilrohren einschließlich der Vor- und Nacharbeiten dauerten rund sechs Arbeitstage² (ca. 48 Stunden), für das Eiprofil wurden zusätzlich ca. 2,3 Arbeitstage (ca. 18 Stunden) benötigt.

¹ mit Ausnahme eines verpressten Teilbereiches einer Rissverzweigung im Steinzeugrohr

² Das Sanierungsteam bestand aus zwei Personen.

Einbaubeschreibung

Die **Vorarbeiten** umfassten sowohl umfangreiche Spül- als auch Fräsarbeiten. Sämtliche Leitungen wurden zunächst mit zwei Spüldurchgängen gereinigt (Doppelkranzdüse für Steinzeug und Rundumstrahlende Düse für Beton). In die nachfolgenden Fräsarbeiten wurden grundsätzlich die späteren Haftflächen zwischen Rohrwand und Sanierungsharz einbezogen. Da bei den nachfolgenden Fräsarbeiten an den Ausbrüchen immer wieder Sand nachrieselte, wurde folgendes Vorgehen gewählt: In den Steinzeugrohren wurde der große Ausbruch 20 x 20 cm (Schaden 1) „vorverpresst“, ebenso der runde Ausbruch d = 5 cm (Schaden 3) in sämtlichen Leitungen. So wurden die Schadstellen zunächst ohne die üblichen Fräsarbeiten mit einer Schalungsmanschette versehen und mit Harz verpresst. Mit dieser Methode konnten die Sandeinträge gestoppt und die Reparaturarbeiten erfolgreich weitergeführt werden.

Nach der Aushärtezeit wurden die Harzkörper für einen zweiten Verpressvorgang wieder soweit aufgefräst, dass die Randbereiche der Schadstelle frei lagen und auch im Steinzeug bzw. Beton gefräst werden konnte. Anschließend wurde Rohrmaterial von den Rändern abgetragen und bei den Betonrohren zusätzlich eine Nut in die Rohrwand gefräst (Nuten-/ Tellerfräser, vgl. Abb. 23). Sämtliche Risse in den Beton- und Steinzeugleitungen sowie die Muffen wurden mit einem Nutenfräser (auch „Fingerfräser“) bis ca. 1,5-3 cm Breite und Tiefe Breite geweitet. Darüber hinaus wurden in den Steinzeugleitungen die Schadstellen teilweise mit einer Stahlbürste (auch „Topfbürste“) nachgearbeitet und die Glasur an den Randbereichen entfernt bzw. angeraut. In Tab. 18 ist der Fräsaufwand schematisch dargestellt.

Tab. 18 Skizze zu den Fräsarbeiten (KA-TE PMO - Verfahren)

Steinzeug DN 200/DN300: Schadensbild 1	Steinzeug DN 200/DN300: Schadensbild 2 ¹	Steinzeug DN 200/DN300: Schadensbild 3 ¹
Beton DN 300/DN 600: Schadensbild 1	Beton DN 300/DN 600: Schadensbild 2	Beton DN 300/DN 600: Schadensbild 3

Die Spül- und Fräsarbeiten im Eiprofil wichen von den vorherigen Beschreibungen ab. Hier wurden die Randbereiche um die Schadstelle über eine Breite von ca. 10 cm mit dem Bürstenaufsatz vorbehandelt, um Fettrückstände zu entfernen und die Oberfläche aufzurauen. Dem Spül/Kühlwasser des Fräroboters wurde ein herkömmliches Geschirrspülmittel (Rei-

nex Spülfix) zugesetzt. Die Risse und zu sanierenden Muffen wurden mit einem Nutenfräser (oder „Fingerfräser“) bis zu einer Breite und Tiefe von ca. 3 cm aufgeweitet, der zu sanierende Ausbruch d= 5 cm auf ca. 12 cm Durchmesser und ca. 10 cm Tiefe. Auch hier wurde die Betonrohrwand im Bereich des Ausbruches mit einer Nut versehen (mit Tellerfräser). Nach Abschluss der Fräsarbeiten wurden die Rückstände ausgespült.



Abb. 23: Verwendete Fräsköpfe: „Nuten-/Fingerfräser“ (links), „Nuten-/Tellerfräser“ (mittig), „Topfbürste“ (rechts)

Abhängig von der **Reparaturart** „Verpressen“ oder „Verspachteln“ unterscheidet sich das weitere Vorgehen. Beim Verpressen von Schäden wird mittels des KA-TE PMO Roboters mit Schalungssetzgerät eine Schalungsmanschette (s. Abb. 24) auf der Schadstelle positioniert und verspannt, sodass die Austrittsöffnung für das Harz über dem Schaden liegt. Die Manschette wird zuvor mit Silikon beschichtet, um ein Verkleben dieser mit dem Harz zu vermeiden. Anschließend wird der Schaden unter Verwendung des Injektionsaufsatzes (s. Abb. 25) mit dem Harz verpresst. Das Harz wird zuvor in eine wechselbare Kartusche des Roboters gefüllt.



Abb. 24: Setzgerät mit Schalungsmanschette (links u. mittig) und Schalungssetzgerät-Vorbau des Roboters (rechts)



Abb. 25: Injektionsaufsatz (links), Verpressschuh mit Längsspachtel (mittig), Verpressschuh mit Radialspachtel (rechts)

Beim „Verspachteln“ wird der Roboter abhängig von der Schadensart mit einem sog. Längs- oder Radialspachtel versehen. Mit dem Längsspachtel können Risse und andere Schäden in Längsrichtung verspachtelt werden und mit dem Radialspachtel solche in Rohrumfangsrichtung. Zusätzlich zum Spachtel wird der Roboter mit einem Injektionsaufsatz und Verpressschuh kombiniert (s. Abb. 25). Beim Spachtelvorgang wird zunächst mit Hilfe des Verpressschuhs Harz auf die Schadstelle aufgetragen und anschließend mit dem Spachtel glatt gezogen.

Das Harz wird bei beiden Reparaturvorgängen außerhalb des Kanals aus den jeweiligen Komponenten A und B mit einem elektrischen Rührstab zu einer schlierenfreien Masse gemischt (ca. 6 min) und in eine Kartusche gefüllt (vgl. Abb. 26).



Abb. 26: Umfüllen des Harzgemisches in Kartusche (links), Verschließen der Kartusche (mittig), Einsetzen der Kartusche in den Spachtelroboter (rechts)

Da das Volumen der Kartusche und somit die Harzmenge mit rund 3 l begrenzt ist, müssen größere Schäden in mehreren Schritten verspachtelt bzw. verpresst werden, sodass der Roboter entsprechend oft aus dem Kanal befördert, mit neuem Harz ausgerüstet und wieder in den Kanal transportiert werden muss. Verarbeitung- und Aushärtezeiten sowie Mischungsverhältnisse können Tab. 19 entnommen werden. Im Rahmen der Reparaturarbeiten des Warentestes wurden die Schalungsmanschetten i.d.R. für rund 20 Stunden auf der Schadstelle belassen und erst am nächsten Arbeitstag entfernt.

Tab. 19: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit der Harze (lt. Datenblatt)

Harz	Mischverhältnis A:B (Masse)	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
CONCRESSIVE® 1801/1850	10:3	bis Masse homogen und schlierenfrei, mindestens 6 min	30 min bei +20 °C 45 min bei +15°C 60 min bei +10°C	Bei 20°C Entfernung der Manschette nach 4-6 h, vollständige Durchhärtung bei 20°C nach 7 d
EPOXONIC® EX 1355	100:33	bis Masse homogen und schlierenfrei, maximal 10 min	30-40 min bei +25°C 60-90 min bei +15°C ≤ 8°C nicht verwendbar	bei 25°C nach 6 h schleifbar, vollständige Durchhärtung bei 20°C nach 7 d

Im Rahmen der Sanierungsarbeiten für den IKT-Warentest wurden abhängig vom Schadensbild **Harzmengen zwischen ca. 2 l bis 15 l** in die Schadstelle gefördert. Bei diesem Verfahren entstanden bei Verpressen an der Rohraußenseite kleine Harzkörper. Beim Verspachteln hingegen begrenzte sich die Ausbreitung des Materials i.d.R. auf den Wandungsbereich (vgl. Abb. 27).

Zur Beseitigung von Unebenheiten an den Reparaturkörpern wurden einige Schadstellen nach der Aushärtung nachbearbeitet (Fräsen mit Bürstenaufsatz).



Abb. 27: Bildbeispiel – Detail Rohraußenseite Stz. DN 200 (links) und DN 300 (mittig, rechts)

4.2.1.4 ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH

Der „ALOCIT Kurzliner“ wurde sowohl in den vier Kreisprofilen als auch im Eiprofil DN 400/600 eingesetzt. Er besteht aus einem Zweikomponenten-Methylmethacrylat-Harzsystem mit den Komponenten „ALOCIT Harz® Alocan“ und Härter „Peroxan BP-Pulver 50 W+“ in Kombination mit einem ECR (Advantex)-Glaskomplex mit PES-Vlies (1530 g/m²).

Die Vorarbeiten führte die Firma Diringer & Scheidel Rohrsanierung GmbH & Co. KG aus, der anschließende Einbau der Kurzliner wurde von der Umwelttechnik & Wasserbau GmbH vorgenommen. Die Sanierung der Kreisprofilrohre einschließlich der Vor- und Nacharbeiten dauerten ca. drei Arbeitstage (ca. 26 Stunden), für das Eiprofil wurden zusätzlich etwa sechs Stunden benötigt.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden sämtliche Leitungen zunächst mit fünf Durchgängen gespült. Für die Teststrecken der Nennweiten DN 200 und DN 300 wurde eine Rotationsdüse eingesetzt, in den Nennweiten DN 600 und DN 400/600 kam nach zwei Spüldurchgängen mit einer Rotationsdüse zusätzlich eine rundumstrahlende Düse („Bombendüse“) zum Einsatz. Nach der Reinigung wurden in den Steinzeugleitungen vorbereitende Fräsarbeiten durchgeführt.



Abb. 28: Fräsroboter für Nennweite DN 200 (links), Fräsroboter für Nennweite DN 300 (mittig), Fräskopf „Pilzkopffräser“ (rechts)

An sämtlichen Schadstellen wurde die Glasur mittels eines Pilzkopffräsers (Abb. 28) sowohl unmittelbar an den Schadstellen als auch an den späteren Kurzliner-Enden über den gesamten Umfang entfernt (vgl. Tab. 20). Nach Abschluss der Fräsarbeiten wurden die Steinzeugleitungen mit jeweils einem Spüldurchgang („Bombendüse“) gereinigt, um die Fräsrückstände zu beseitigen.

Tab. 20: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (ALOCIT Kurzliner)

Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 1	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 3

Im Vorfeld jeder **Reparatur** wurde ein Sanierungspacker entsprechender Nennweite und Länge (abh. von Rohrdurchmesser und Schadensbild) mit Trennfolie umwickelt, um Verklebungen zwischen Packer und Kurzliner zu vermeiden. Danach wurden Harz und Härterpulver mittels eines Holzstabes zu einem schlierenfreien Gemisch verrührt. Die Mischzeit betrug dabei ca. 2 Minuten. Der Härteranteil ist beim eingesetzten Harzsystem variabel (zwischen 1 und 6 Masse - % von Komponente A) und wird laut Anbieter abhängig von der Harz- und Umgebungstemperatur gewählt (vgl. Tab. 21). Bei den hier ausgeführten Sanierungen wurden Anteile zwischen 1,5 und 3,0 % verwendet.

Tab. 21: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit des Harzes (lt. Datenblatt)

Harz	Mischverhältnis Harz : Härter (Masse)	Mischzeit	Harz- und Umgebungs- temperatur	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
ALOCIT Harz® Alocan	100 : 1	ca. 2 min	25 °C	18 min	43 min
	100 : 2		20 °C	20 min	45 min
	100 : 3		15 °C	23 min	45 min
	100 : 4		10 °C	25 min	48 min
	100 : 5		5 °C	25 min	48 min
	100 : 6		0 °C	27 min	50 min



Abb. 29: Auftragen des Harzes (links), Umdrehen der Gewebelage (mittig), Auftragen des Harzes auf die Geweberückseite (rechts)

Das verrührte Harzgemisch wurde mit Spachteln händisch auf beiden Seiten des Glasfasergewebes aufgetragen (Abb. 29). Das vollständig getränkte Glasfasergewebe wurde gefaltet und zweilagig auf den Packer gewickelt. Die Lagesicherung des Gewebes auf dem Packer erfolgte mit Hilfe von Kreppband (Abb. 30).

Anschließend wurde der Packer in die Testhaltung eingebracht, auf der Schadstelle positioniert und mit Druckluft expandiert. Der Packerinnendruck zur Aushärtung lag zwischen ca. 1,0 und 2,0 bar. Die Aushärtezeit betrug mindestens ca. 45 Minuten.



Abb. 30: Einschlagen des Glasfasergewebes zur Mitte hin (links), Aufwickeln des harzgetränkten Glasfasergewebes auf den Packer (mittig), Fixierung der Gewebematte mit Kreppband (rechts)

Für die Reparaturen in den Teststrecken wurden ausschließlich zweilagige Kurzliner eingesetzt. Die Einbaulänge lag zwischen ca. 0,50 m und 2,50 m¹, wobei zwei der Schadstellen² mit zwei bzw. vier überlappenden Kurzlinern saniert wurden (Überlappung ca. 8 bis 10 cm). In den Steinzeugleitungen wurden zur Reparatur der Rissverzweigung (Schadenbildes 2) die Kurzliner bis über die Muffen der angrenzenden Rohre gesetzt.

Die Kurzliner überdeckten die Schadstellen in der Regel beidseitig zwischen 10 bis 84 cm, an zwei Reparaturstellen überdeckte jeweils eine Seite des Kurzliners den Schaden jedoch nur ca. 4 cm bzw. 1 cm³.

Während der Reparaturarbeiten traten sowohl bei den ummantelten Steinzeug- als auch bei den freiliegenden Betonrohren größere Harzmengen (vgl. Abb. 31) an den Schadstellen aus. Auch innerhalb der Rohrleitungen konnten Harzpfützen in der Sohle festgestellt werden

¹ empfohlene Einbaulänge lt. Verfahrenshandbuch bis maximal 1,25 m

² Betonteststrecke DN 600, Schadensbild 3 und Betonteststrecke DN 400/600, Schadensbild 2

³ Mindestüberlappung lt. DIBt-Zulassung beträgt 5 cm

(Abb. 31). Der Harzaustritt scheint durch die vergleichsweise geringe Viskosität des eingesetzten Harzes begünstigt worden zu sein. Durch eine Variation des Härteranteils wurde herstellereits versucht, dem Harzaustritt entgegenzuwirken. Dieses Vorgehen zeigte jedoch nur geringen Erfolg.



Abb. 31: Harzaustritte - Steinzeugteststrecke DN 200, Schadensbild 3 (links); Betonteststrecke DN 300, Schadensbild 2 (mittig); Betonteststrecke DN 300, Schadensbild 3 (rechts)

4.2.1.5 3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH

Der „3P-Plus-Kurzliner“ wurde in den vier Kreisprofil-Teststrecken eingesetzt. Der Kurzliner besteht aus 3P-Harz (Polyurethansystem, Komponente A und B) und einem ECR-Glasfasergewebe (ca. 1050 g/m²) als Trägermaterial. Die Komponente B des Harzes ist als sogenanntes „Sommer“- oder „Winterharz“ erhältlich, das sich in der Verarbeitungszeit unterscheidet. Im IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ kamen beide Varianten des Harzes zum Einsatz.

Die Reparaturarbeiten wurden von der Fa. Althaus e.K. Remscheider Kanalsanierung ausgeführt und nahmen einschließlich der Vor- und Nacharbeiten rund acht Arbeitstage (ca. 64 Stunden) in Anspruch. Für die vorbereitenden Fräsarbeiten wurden allein etwa 4,5 Tage aufgewendet.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden sämtliche Leitungen vorbereitend mit acht Durchgängen mit einer Rotationsdüse HD-gereinigt. Im vierten Spüldurchgang wurde dem Spülwasser ein Fettlöser (Kraftreiniger H. B. – 100, Industrie-Grundreiniger-Konzentrat) zugesetzt. Die folgenden vier weiteren Spüldurchgänge wurden wiederum ohne Zusatzmittel durchgeführt. Die gereinigten Steinzeugleitungen wurden anschließend zur Reparaturvorbereitung gefräst¹.

¹ Das Verfahrenshandbuch gibt auch für Betonkanäle Fräsarbeiten im Rahmen der Untergrundvorbereitung vor



Abb. 32: Fräsroboter (links), „Diamantpilzkopffräser“ für DN 200 (mittig), „Diamantpilzkopffräser“ für DN 300 (rechts)

Mittels eines Pilzkopffräasers (vgl. Abb. 32) wurde die Glasur an sämtlichen Schadstellen im kompletten Bereich des späteren Kurzliners vollständig entfernt¹. Lediglich bei einem Schadensbild² verzichtete die Sanierungsfirma auf die vollständige Entfernung der Glasur (vgl. Tab. 22). Im Anschluss an die Fräsarbeiten wurden sowohl die gefrästen Steinzeugleitungen als auch die ungefrästen Betonleitungen jeweils in zwei Durchgänge mit einer Rotationsdüse mit zusätzlichem Fettlöser gereinigt.

Tab. 22: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (3P-Plus-Kurzliner)

Steinzeug DN 200: Schadensbild 1	Steinzeug DN 300: Schadensbild 1
Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 3
<p> </p>	

Länge und Durchmesser des Sanierungspackers wurde in Abhängigkeit vom Nenndurchmesser der Leitung und der Ausdehnung des Schadensbilds gewählt. Um einer Verklebung zwischen Packer und Kurzliner vorzubeugen, wurde der Sanierungspacker mit einer Trennfolie umwickelt.

¹ lt. Verfahrenshandbuch werden Fräsarbeiten an den Enden des Kurzliners (Breite mind. 30 cm bzw. DN/2) gefordert

² Steinzeugteststrecke DN 200, Schadensbild 1

Die Harzkomponenten wurden mittels eines elektrischen Rührstabes zu einem schlierenfreien Gemisch verarbeitet (Rührzeit mindestens 2 Minuten). Bei sechs Kurzlinern kam Winterharz zum Einsatz, in den anderen Fällen wurde das langsamer aushärtende Sommerharz eingesetzt. Die von der Außentemperatur abhängigen Verarbeitungszeiten der beiden Harze sind der Tab. 23 zu entnehmen.

Tab. 23: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit der Harze (lt. Datenblätter; 3P-Harz)

Harz	Mischverhältnis A : B _w ¹ : B _s ² (Volumen)	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
3P-Harz (Winterqualität)	1 : 2 : 0	2 – 3 min	17 min. bei + 22 °C	ca. 2 h bei 20 °C
3P-Harz (Sommerqualität)	1 : 1 : 1	2 – 3 min	25 min. bei + 22 °C	ca. 2 h bei 20 °C

¹B_w = Komponente B – Winter ²B_s = Komponente B – Sommer



Abb. 33: Auftragen des Harzes mittels Spachtel (links), Wenden des Glasfasergewebes (mittig), Einschlagen des harzgetränkten Gewebes zur Mitte hin (rechts)

Nach dem Mischen wurde die Harzmasse mit Spachteln auf das ECR-Glasfasergewebe aufgetragen (Abb. 33 und Abb. 34), das harzgetränkte Trägermaterial anschließend um den Packer gewickelt, mit Wickeldraht oder Kreppband fixiert (Abb. 34) und der Packer mit Hilfe von Schiebestangen über der Schadensstelle positioniert (Abb. 34). Nach der Positionierung wurde der Packer mittels Druckluft expandiert. Der Packerinnendruck zur Aushärtung betrug dabei zwischen 1,6 und 1,8 bar, die Aushärtezeit mindestens 125 Minuten. In einigen Fällen verblieben die Packer auch bis zum nächsten Arbeitstag auf den Schadstellen.



Abb. 34: Umwickeln des Sanierungspackers mit der harzgetränkten Glasfasermatte (links), Fixieren der harzgetränkten Glasfasermatte (mittig), Einsetzen des Packers in den Kanal (rechts)

Die Einbaulänge der Kurzliner lag zwischen ca. 0,5 m und 2,30 m. Dieser Wert überschreitet die im zugehörigen Verfahrenshandbuch angegebene Maximallänge¹. Bei sechs der insgesamt zwölf Schadstellen wurden zwei bis drei überlappende Kurzliner bis zu einer Gesamtlänge von ca. 3,20 m eingebaut (mit Überlappungslänge zw. 6 cm bis 17 cm).

Für alle Reparaturen in den Nennweiten DN 200 und DN 300 wurden dreilagige Kurzliner verwendet, in der Betonleitung DN 600 kamen Kurzliner mit drei bis vier Gewebelagen zum Einsatz. Um einen flach auslaufenden Übergang zum Altrohr herzustellen, wurde dabei eine Gewebelage in den Randbereichen der Kurzliner ausgespart.

In den Steinzeugteststrecken wurden die Kurzliner in der Regel bis über die angrenzenden Muffen der unbeschädigten Rohre gesetzt. In den anderen Fällen überdeckten die Kurzliner die Schadensbilder zwischen 16 cm und 61 cm.

Abschließend wurden in der Steinzeugleitung DN 200 Harzüberschüsse und Folienreste mittels Fräsroboter (Kugelfräskopf) entfernt.

In der Betonteststrecke DN 600² konnte ein Kurzliner nicht korrekt positioniert werden. Daher wurde anschließend ein zweiter Kurzliner über den ersten gesetzt.

4.2.1.6 K-LINER, Kuchem GmbH

Im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle wurde der „K-Liner“ in den vier Kreisprofilteststrecken eingesetzt. Die K-Liner wurden aus einem 2-Komponenten-Epoxidharz (Komponente A - ARALDITE GY 250 BD und Komponente B - ARDUR 16 BD) und einem ECR-Glasfasergewebe (ca. 1086 g/m²) als Trägermaterial hergestellt. Im Rahmen des Warentests kam das so genannte Sommerharz zum Einsatz. Das entsprechende Winterharz würde durch Verwendung der Komponente A (ARALDITE GY 240 BD) hergestellt.

Die Reparaturen, einschließlich der Vor- und Nacharbeiten, wurde innerhalb von rund vier Arbeitstagen (ca. 30 Stunden³) durch Mitarbeiter der Kuchem GmbH ausgeführt.

Einbaubeschreibung:

Die **Vorarbeiten** umfassten sowohl HD-Spülungen als auch Fräsarbeiten. Die Fräsarbeiten beschränkten sich auf die Schadstellen in den Steinzeugleitungen. Hier wurde die Oberfläche mittels Pilzkopffräser auf gesamter Länge der späteren Kurzliner angeraut (vgl. Tab. 24)⁴. Angaben des Herstellers zufolge wird in Betonkanälen in der Regel von Fräsarbeiten abgesehen, da dadurch die Haftung der K-Liner auf der Rohroberfläche beeinträchtigt werde.

Darüber hinaus wurden die vier Teststrecken mit jeweils zwei Spüldurchgängen mit einer Rotationsdüse gereinigt.

¹ Maximale Einbaulänge laut Verfahrenshandbuch: 1,40 m

² Betonteststrecke DN 600, Schadensbild 3

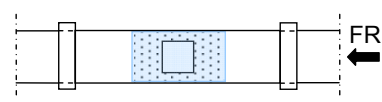
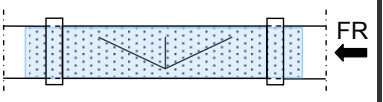
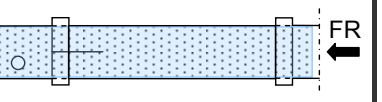


³ Aufgrund des zeitweiligen Einsatzes von zwei Kolonnen liefen die Arbeiten teils gleichzeitig ab

⁴ lt. Verfahrenshandbuch werden Fräsarbeiten an den Enden des Kurzliners (Breite mind. 30 cm bzw. DN/2) gefordert



Abb. 35: Fräsroboter (links), „Pilzkopffräser“ (rechts)

Tab. 24: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (K-Liner)

Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 3
		
 Glasur aufgeraut	 Kurzliner	

Vor der Sanierung wurden die Packer mit Stretch-Folie umwickelt, um ein Verkleben zwischen Packer und Kurzliner zu vermeiden. Die beiden Harzkomponenten wurden mittels eines elektrischen Rührgerätes vermischt (Mischzeit mindestens 2 Minuten, vgl. Tab. 25) und mit Spachteln auf dem Glasfasergewebe verteilt. Die Gewebelagen wurden in der gewünschten Lagenanzahl übereinander geschichtet (Abb. 36), anschließend mit Folie abgedeckt und das Harz mit Laminierrollen in das Gewebe eingearbeitet (Abb. 37).



Abb. 36: Auftragen des Harzes auf das Glasfasergewebe (links), Auflegen einer weiteren Gewebelage (mittig), Auftragen des Harzes auf die zweite Gewebelage (rechts)

Tab. 25: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit des Harzes (lt. Anbieter)

Harz	Mischverhältnis A:B (Volumen)	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
Sommerharz Komponente A: ARALDITE GY 250 BD Komponente B: ARADUR 16 BD	2 : 1	min. 2 min	bei + 20 °C: 30 min	bei + 20 °C: 2,5 – 3 h



Abb. 37: Abdecken des harzgetränkten Glasfasergewebes mit Folie (links), Einarbeiten des Harzes mit Laminierrollen (mittig), Umwickeln des Packers mit dem harzgetränkten Glasfasergewebe (rechts)

Das harzgetränkte Glasfasergewebe wurde abhängig von der späteren Kurzlinergröße ggf. zusammengefaltet, um den Packer gewickelt, dieser anschließend in die Teststrecke eingesetzt, über der Schadstelle positioniert und mit einem Druck von ca. 1.6 bar beaufschlagt.

Die Aushärtezeit betrug mindestens 3,7 Stunden. Sämtliche Schadstellen wurden durch Einbau eines einzelnen K-Liners saniert. Grundsätzlich wurde ein zweilagiger Kurzliner mit einer Einbaulänge zwischen ca. 0,60 und 3,00 m verwendet¹. Die einzelnen Schadstellen wurden zwischen ca. 13 cm und bis zu 2,00 m (bei Sanierung über die angrenzenden Muffen) überlappt repariert².

¹ Empfehlung lt. Verfahrenshandbuch: bei feinen Rissen zweilagiger, bei klaffenden Rissen drei- bzw. vierlagiger Wandaufbau.

² Empfehlung lt. Verfahrenshandbuch: Überlappung der Schadstelle um min. 20 cm (unterschieden bei Schadensbild 1 und 2 in Beton DN 300 sowie Schadensbild 1 in Stz. DN 200 und Stz. DN 300)

4.2.1.7 KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH

Der „KM - Kurzliner“ wurde in den vier Kreisprofilen eingesetzt. Für die Herstellung der KM-Kurzliner wurde ein 2-Komponenten-Epoxidharz, bestehend aus Komponente A - A-RALDITE GY 240 BD und Komponente B - ARADUR 16 BD, in Kombination mit einem ECR-Kombi-Glasfasergewebe (ca. 900 g/m²) als Trägermaterial verwendet. Im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ kam das so genannte Winterharz des Systems zum Einsatz. Durch Verwendung der Komponente A (ARALDITE GY 250 BD) kann das entsprechende Sommerharz des Systems hergestellt werden.

Die Reparaturarbeiten wurden durch Mitarbeiter der KMG Pipe Technologies GmbH ausgeführt und nahmen einschließlich der Vor- und Nacharbeiten etwa vier Arbeitstage (ca. 29 Stunden) in Anspruch.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden sämtliche Leitungen zunächst mit drei Spüldurchgängen gereinigt (Rotationsdüse)¹. In den Betonleitungen fand darüber hinaus keine weitere Untergrundvorbereitung statt, in den Steinzeugleitungen wurde die Glasur in den Randbereichen der Schadstellen ringförmig mittels Pilzkopffräser (Abb. 38) abgetragen.



Abb. 38: Verwendete Fräsköpfe: „Pilzkopffräser“ (links), Fräsroboter für Nennweite DN 300 (rechts)

Die Anzahl und Anordnung der gefrästen Ringe variierte je nach Schadensbild (s. Tab. 26). Die Breite der Ringe entsprach ca. dem Durchmesser des Fräskopfes (Nennweite DN 200 ca. 70 mm, Nennweite DN 300 ca. 100 mm).

¹ Lt. Verfahrenshandbuch wird für Kanäle mit Fettanhaftungen eine Reinigung mit Heißwasser unter Zugabe eines Fettlösers empfohlen.

Tab. 26: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (KM-Kurzliner)

Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 1	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 3

Nach Beendigung der Fräsarbeiten wurden die beiden Steinzeugleitungen zur Entfernung von Fräsrückständen mit jeweils einem Spüldurchgang (rundumstrahlende Düse) gereinigt.

Die Packer wurden vor dem Einbau des Kurzliners mit Trennfolie umwickelt, um eine Verklebung zwischen Packer und Kurzliner zu vermeiden. Im Anschluss wurden die Harzkomponenten mit zwei Zusatzstoffen, Luftverdränger (Byk) und Haftvermittler (Silan), mittels elektrischen Rührstabs zu einem schlierenfreien Gemisch verarbeitet (Rührzeit min. 2 min). Die Verarbeitungs- und Aushärtezeit des Harzes hängen von den vorliegenden Temperaturverhältnissen ab (vgl. Tab. 27). Anschließend wurde das Harzgemisch händisch auf den Gewebelagen verteilt, das ECR-Glasfasergewebe somit lagenweise imprägniert und gefaltet (Abb. 39 u. Abb. 40).

Tab. 27: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit der Harze (Angaben des Herstellers)

Harz	Mischverhältnis A:B (Masse) ¹	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
Winterharz Komponente A: ARALDITE GY 240 BD Komponente B: ARADUR 16 BD	40:100	min. 2 min	30 min	2,5 h bei ca. 20 °C Harztemperatur und Temperatur der Rohrwandung von ca. 10 °C

¹ Zugabe folgender Additive: 0,5 % Luftverdränger (Byk) und 3,0 % Haftvermittler (Silan)



Abb. 39: Händisches Auftragen des Harzes (II), Auflegen der dritten Gewebelage (mi), Einschlagen des harzgetränkten Gewebes zur Mitte hin (re)

In einigen Fällen wurde das vollständig getränkte und zusammengefaltete Gewebe abschließend mit einer PE-Folie abgedeckt und das Harz mit Laminierrollen in das Gewebe eingearbeitet (Abb. 40).



Abb. 40: Zusätzliches Einarbeiten des Harzes mit Laminierrollen (links), Umwickeln des Sanierungspackers mit der harzgetränkten Glasfasermatte (mittig), Fixieren auf dem Packer (rechts)

Die harzgetränkte Glasfasermatte wurde im Anschluss um den vorbereiteten Packer gewickelt und mit Klebeband fixiert (s. Abb. 40). Die Positionierung des Packers auf der Schadstelle erfolgte mittels elektrischer Winde oder Schiebestangen. Nach der Positionierung im Kanal wurde der Packer mittels Druckluft expandiert. Der Packerinnendruck zur Aushärtung betrug in den Nennweiten DN 200 und DN 300 meist um 1,8 bar, in der Nennweite DN 600 ca. 0,8 bis 1,0 bar. Bei allen Reparaturen dauerte die Aushärtung mindestens 4,75 Stunden, z.T. wurden die Packer am nächsten Arbeitstag entfernt.

Für sämtliche Reparaturen in der Steinzeugleitung DN 200 wurde ein zweilagiger Wandaufbau gewählt, in den anderen Leitungen kamen drei Gewebelagen zum Einsatz. Um einen flach auslaufenden Übergang zum Altrohr zu erzeugen, wurde eine der drei Gewebelagen in den Randbereichen der Kurzliner ausgespart. Die Einbaulänge der einzelnen Kurzliner lag zwischen 0,50 m und 3,10 m. Sämtliche Schadstellen wurden mit Einbau eines einzelnen Kurzliners saniert und wurden zwischen ca. 15 und 110 cm durch die Kurzliner überlappt. In den Steinzeug-Teststrecken wurden die Kurzliner für die Reparatur der Rissverzweigung (Schadensbild 2) beidseitig bis über die Muffen der angrenzenden Rohre gesetzt.

Abschließend wurden in der Steinzeugleitung DN 200 Harzüberschüsse mittels Fräsroboter (Topfbürste) entfernt.

4.2.1.8 Konudur Sewer Repair Kit, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG

Der Kurzliner „Konudur Sewer Repair Kit (VP)“ wurde im Rahmen des IKT-Warentests in den vier Kreisprofilen eingesetzt. Die eingesetzten Materialien waren das Organomineralharz Konudur 266 SR (VP), bestehend aus den Komponenten A und B, und ein ECR-Glasfaserkomplex (Konudur Sewer Repair Fabric (VP); ca. 1070 g/m²) als Trägermaterial.

Die Reparaturarbeiten wurden von einer durch die MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG beauftragten Sanierungsfirma ausgeführt und nahmen einschließlich der Vor- und Nacharbeiten rund fünf Arbeitstage (ca. 40 Stunden) in Anspruch.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden sämtliche Leitungen zunächst mit vier bis neun Durchgängen gespült (Rotationsdüse, rundumstrahlende Düse). Zur weiteren Untergrundvorbereitung fanden in allen vier Leitungen Fräsarbeiten statt¹. Mittels eines Pilzkopffräsers (Abb. 41) wurde im Bereich der Schadstellen und darüber hinaus auf einer Breite von ca. 20 bis 60 cm vor und hinter den Schadstellen vollflächig über den gesamten Umfang die Glasur entfernt bzw. die Oberfläche abgetragen. In den Steinzeugleitungen am Schadensbild 3 wurde darüber hinaus an einer Seite des Schadensbildes bis in das nächste unbeschädigte Rohr gefräst (vgl. Tab. 28).



Abb. 41: Fräsroboter für DN 600 mit Pilzkopffräser (links), Fräsroboter für DN 300 mit Pilzkopffräser (mittig), Pilzkopffräser (rechts)

¹ lt. Verfahrenshandbuch werden Fräsarbeiten an den Enden des Kurzliners (Breite mind. 30 cm bzw. DN/2) gefordert

Tab. 28: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (MC Bauchemie)

Steinzeug DN 200/DN 300, Schadensbild 1¹	Steinzeug DN 200/DN 300, Schadensbild 2¹	Steinzeug DN 200/DN 300, Schadensbild 3¹
Beton DN 300/DN 600, Schadensbild 1¹	Beton DN 300/DN 600, Schadensbild 2	Beton DN 300/DN 600, Schadensbild 3¹

¹ Fräsbereiche teils nicht vollständig überdeckt

Nach Abschluss der Fräsarbeiten wurden alle vier Leitungen zur Entfernung von Fräsrückständen erneut mit jeweils zwei bis drei Spüldurchgängen (rundumstrahlende Düse) gereinigt. Vor dem Einbau der Kurzliner wurden die Packer mit PE-Stretchfolie umwickelt, die mit Silikon als Trennmittel beschichtet wurde. Anschließend wurden die Harzkomponenten mittels elektrischen Rührgeräts zu einer schlierenfreien Masse verarbeitet. Die Mischzeit betrug mindestens drei Minuten. Die Verarbeitungs- und Aushärtezeit des Harzes sind abhängig von der Harz- und Umgebungstemperatur (vgl. Tab. 29).

Tab. 29: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit des Harzes (lt. Datenblatt)

Harz	Mischverhältnis A:B (Volumen)	Mischzeit	Verarbeitungszeit ¹	Aushärtezeit ¹
Konudur 266 SR (VP)	1 : 2	3 Minuten	38 min. bei + 10 °C 20 min. bei + 20 °C	mindestens 95 Minuten bei + 10 °C Material- u. Umgebungstemperatur chem. und mech. voll belastbar nach ca. 7 Tagen

¹ Angabe für Harzmengen von 200 g, bei größeren Mengen beschleunigte Reaktion und verkürzte Verarbeitungszeit (lt. Datenblatt)

Nach dem Mischen wurde das Harz mit Hilfe von Spachteln auf dem Glasfasergewebe verteilt, das harzgetränkte Glasfasergewebe gefaltet und um den Packer gewickelt. Die Lagesicherung des harzgetränkten Glasfasergewebes für den Transport zur Schadstelle erfolgte mittels Stülpverbänden (DN 200 und DN 300) oder Wickeldraht (DN 600).



Abb. 42: Auftragen des Harzes (links), Umwickeln des Packers mit dem harzgetränktem Glasfasergewebe (mittig), Lagesicherung des harzgetränktem Glasfasergewebes mit Stülpverbänden (rechts)

Der Packer wurde über der Schadstelle positioniert und mittels Druckluft expandiert. Der Packerinnendruck zur Aushärtung betrug in den beiden Steinzeugleitungen ca. 1,6 bar, in den Betonleitungen wurde i.d.R. ein Packerinnendruck von ca. 1,8 bar eingesetzt. Die Aushärtezeit der Kurzliner betrug mindestens 5,3 Stunden, in einigen Fällen verblieben die Packer auch bis zum nächsten Arbeitstag auf den Schadstellen.

Der Wandaufbau wurde für die Kurzliner in Rohren DN 200 zweilagig, in DN 300 dreilagig und in DN 600 vierlagig gewählt. Die Einbaulängen der Kurzliner lagen zwischen ca. 0,60 und 3,00 m. Die Überlappung der Schadstellen betrug ca. 5 cm bis 1,96 m. Bei Schadensbildern mit Rissbildungen in den Steinzeugleitungen wurden die Kurzliner über die angrenzenden Muffen in unbeschädigte Rohre gesetzt.

4.2.1.9 Point-Liner®, Bodenbender GmbH

Der „Point-Liner®“ kam beim IKT-Warentest in den vier Kreisprofilteststrecken zum Einsatz. Als Harzsystem wurde das 2-Komponenten-Polyurethan-Harzsystem Multi-PL®-Harz mit den Komponenten A (Harz: Polyol) und B (Härter: Isocyanat) verwendet; als Trägermaterial kamen PL® - Glasfasermatten (mindestens zweilagig, ECR-Glasfaserkomplex, 1060 g/m²) in Kombination mit einer Lage PL® - Polyestervlies-Kombimatten (ca. 798 g/m²) zum Einsatz¹.

Die Reparaturarbeiten wurden von der Bodenbender GmbH ausgeführt und nahmen einschließlich der Vor- und Nacharbeiten rund vier Arbeitstage (ca. 37,0 Stunden) in Anspruch.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden an den Schadstellen in den Steinzeugleitungen vorab Fräsarbeiten vorgenommen. Mittels Tellerfräser wurde auf nahezu der gesamten Einbaulänge der späteren Kurzliner die Oberfläche der Rohrinneinnenseite angeraut, im Bereich der späteren Kurzliner-Enden wurde die Glasur vollständig entfernt (vgl. Tab. 30). In den Betonleitungen fanden keine Fräsarbeiten statt.

¹ Die PL®-Polyestervlies-Kombimatte wird lt. Verfahrenshandbuch bei besonderen Anforderungen an die Reparatur eingesetzt (z. B. Wasserinfiltration, erhöhter Wasseraußen- und Innendruck).

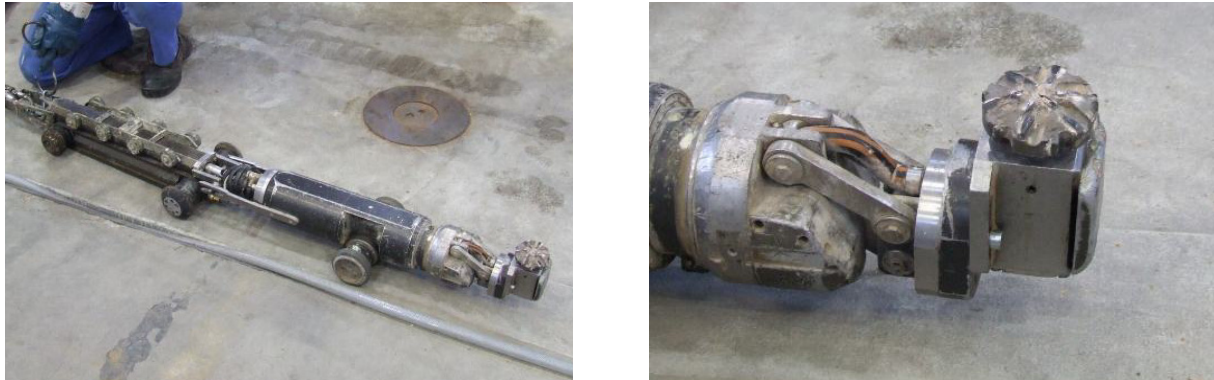


Abb. 43: Fräsroboter (links), verwendeter Fräskopf: „Tellerfräser“ (rechts)

Nach Fertigstellung der Fräsarbeiten wurden die vier Teststrecken mittels HD-Spülung gereinigt. Die Nennweiten DN 200 und DN 300 wurden mit einer Rotationsdüse in jeweils vier bis sechs Spüldurchgängen gereinigt. In der Betonteststrecke DN 600 wurde nach zwei Spüldurchgängen mit einer Rotationsdüse für vier weitere Spüldurchgänge eine rundumstrahlenden Düse („Bombendüse“) eingesetzt.

Tab. 30: Skizze zu den Fräsarbeiten in den Steinzeugleitungen (Point-Liner)

Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 1	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 3
Glasur aufgeraut	Glasur vollständig entfernt	Kurzliner

Vor den **Reparaturen** wurde ein entsprechender **PL®** - Packer (abh. von Nennweite und Ausdehnung des Schadensbilds) mit Trennfolie (Stretchfolie: **PL®** - Point-Stretch) umwickelt, um eine Verklebung zwischen Point-Liner® und **PL®** - Packer zu vermeiden. Um darüber hinaus die Haftung des ausgehärteten Harzes auf der Trennfolie zu verhindern, wurde auf die Trennfolie zusätzlich ein Trennmittel (**PL®** - Special Agent) aufgetragen.

Die Komponenten A und B des Harzes wurden in so genannten Doppelkammerbeuteln bereits in abgestimmten Mengen geliefert (Tab. 31). Nach Entfernung des Sicherheitssiegels zwischen den beiden Kammern wurden die Komponenten durch Kneten des Beutels (wenige Minuten lang) vermischt.

Tab. 31: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit des Multi-PL® -Harzes (lt. Datenblatt)

Harz	Mischverhältnis A : B	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
Multi-PL® -Harz	100 : 56	keine Angabe	+ 18 °C: ca. 15 min	> + 11 °C: 2 h + 5 bis +10 °C: 4 h < + 5 °C: 6 h Durchhärtezeit/ Nachbearbeitungszeit: 24 h

Anschließend wurde das Harz mit Hilfe von Spachteln¹ auf den PL® - Glasfasermatten verteilt und diese lagenweise übereinander geschichtet. Jeweils mittig angeordnet wurde zwischen zwei bzw. vier Schichten aus PL® - Glasfasermatten eine Lage PL® - Polyestervlies gelegt (Abb. 44 und Abb. 45).



Abb. 44: Auftragen des Harzes auf das Glasfasergewebe (links), Einlegen der Polyestervlies-Kombimatte (mittig), Auftragen des Harzes auf die Polyestervlies-Kombimatte (rechts)

Das vollständig getränktes Glasfasergewebe wurde um den Packer gewickelt und mit Kreppband oder Gummibändern fixiert (Abb. 45).

Anschließend wurde der Packer über der Schadstelle im Kanal positioniert und mit Druckluft expandiert. Der Packerinnendruck zur Aushärtung lag zwischen ca. 1,3 und 2,0 bar Die Aushärtezeit betrug mindestens ca. drei Stunden, in einigen Fällen verblieben die Packer auch bis zum nächsten Arbeitstag auf der Schadstelle.

¹ Nach Angaben im Verfahrenshandbuch wird das Harz abschließend zusätzlich mit Laminierrollern in das Gewebe eingearbeitet. Im Rahmen der Reparaturarbeiten für den IKT-Warentest wurde diese Vorgehensweise nicht beobachtet.



Abb. 45: Auflegen einer weiteren Lage Glasfasergewebe (links), Aufwickeln des harzgetränkten Glasfasergewebes auf den Packer (mittig), Fixierung der Gewebematte mit Kreppband (rechts)

Für die Reparaturen im Rahmen des IKT-Warentests kamen in den Nennweiten DN 200 und DN 300 ausschließlich dreilagige Point-Liner® (zwei Lagen Glasfasergewebe, eine Lage Polyestervlies) zum Einsatz. Für die Nennweite DN 600 hingegen wurde ein fünflagiger Wandaufbau (vier Lagen Glasfasergewebe, ein Lage Polyestervlies) gewählt. Die Einbaulängen der Point-Liner lagen zwischen 0,50 m und ca. 3,40 m.

Teilweise wurden die Schadstellen mit zwei bis vier Linerteilstücken saniert¹. Die einzelnen Teilstücke überlappten sich dabei zwischen ca. 7 und 25 cm. Die Schadstellen wurden von den Point-Linern® zwischen ca. 0,1 m und 2,30 m in Längsrichtung überdeckt. In den Steinzeugleitungen wurde die Point-Liner® teilweise über die gesamte Länge des beschädigten Rohres bis über die Muffen der angrenzenden Rohre gesetzt².

4.2.1.10 Quick-Lock und Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH

Die Verfahrenseinsätze der „Quick-Lock“ Manschette und der modifizierten „Quick-Lock“ Manschette mit einseitiger Aufbördelung werden aufgrund einer vergleichbaren Vorgehensweise gemeinsam beschrieben.

Die Manschetten, bestehend aus V4A-Edelstahlmanschetten in Kombination mit einer EPDM-Gummidichtung, wurden in den vier Kreisprofilteststrecken eingesetzt. Abhängig vom Durchmesser liegen die Manschettenlängen bei 40 cm (DN 200 und DN 300) und 50 cm (DN 600). Abhängig von der Länge des Schadensbildes wurden die Schäden mit einzelnen Manschetten oder mit einem Serienversatz aus überlappenden Manschetten saniert.

Die Reparaturarbeiten im IKT wurden von der Uhrig Kanaltechnik GmbH ausgeführt und nahmen einschließlich der Vor- und Nacharbeiten ca. zwei Arbeitstage (ca. 18 Stunden, Quick-Lock ohne Aufbördelung) bzw. drei Arbeitstage (ca. 22 Stunden, Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung) in Anspruch.

¹ Steinzeugteststrecke DN 200, Schadensbild 3; Steinzeugteststrecke DN 300, Schadensbild 2 und 3; Betonteststrecke DN 600, Schadensbild 2 und 3

² Schadensbild 2 und 3 in den Steinzeugleitungen DN 200 und DN 300

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** wurden sämtliche Leitungen mit zwei Spüldurchgängen gereinigt (rundumstrahlende Düse). Weitere Untergrundvorbereitungen fanden nicht statt (entspricht dem Vorgehen lt. Verfahrenshandbuch).

Zur Vorbereitung der Manschetten für den Einbau wurde zunächst das Klebeband auf den Stahlmanschetten (Transportsicherung) halb angeschnitten. In nächsten Schritt wurden die EPDM-Gummidichtungen von innen mit Talkum eingepudert und über die Edelstahlmanschetten gestülpt (s. Abb. 46).



Abb. 46: Anschneiden der Transportsicherung (links), Überstülpen der EPDM-Gummidichtung über die Manschette (mittig), Abtrennen des Gummiüberstands an der EPDM-Gummidichtung (rechts)

Bei Manschetten, die in Einzelversetzung oder als letzte Manschette einer Serienversetzung eingebaut wurden, wurde der Überstand (vgl. Abb. 46) der EPDM-Gummidichtung abgetrennt. Die EPDM-Gummidichtung wurde an jeweils zwei Punkten auf der Edelstahlmanschette mit Sekundenkleber fixiert, um ein Verrutschen auf der Edelstahlmanschette zu verhindern (s. Abb. 47).

Anschließend wurde die Innenmanschette auf einen Versetzpacker gesetzt und dieser mit einem Druck von ca. 0,5 bar beaufschlagt, um die Innenmanschette beim Transport zur Schadstelle vor dem Verrutschen zu sichern. Die Schlösser der Manschetten wurden bei der Positionierung auf dem Versetzpacker so angeordnet, dass sie sich nach Aufweitung der Manschette im Kanal im Scheitelpunkt befanden.



Abb. 47: Fixieren der EPDM-Gummidichtung mit Sekundenkleber (links), Manschette mit Protectorblech (mittig), Manschette auf dem Versetzpacker im Kanal (rechts)

Im Schacht wurde der Versetzpacker über eine Kupplungsstange mit einer Kamera verbunden und zur Schadstelle transportiert. Unter Kamerabeobachtung und mit Hilfe eines Richtlasers wurden die Versetzpacker mit Druckluft expandiert und die Innenmanschetten über

der Schadstelle verspannt. Es wurden Versetzdrücke zwischen ca. 3,5 und 4,0 bar verwendet¹. Der Versetzpacker wurde unmittelbar nach Verspannen der aus der Haltung entfernt.

An Schadstellen mit fehlenden Wandungsteilen² wurde vor dem Setzvorgang ein zusätzliches „Protektorblech“ auf der Gummidichtung befestigt (vgl. Abb. 47). Dieses sollte bei den späteren Innendruckprüfungen ein mögliches Ausweiten des Gummis vermeiden.

Das Schadensbild 1 (Ausbruch 20x20 cm) wurde in sämtlichen Teststrecken mit einer einzelnen Manschette saniert, das Schadensbild 2 (Rissverzweigung bzw. Längsrisse) mit einem Serienversatz aus drei bis vier Manschetten. Beim Schadensbild 3 (undichte Muffe und Ausbruch) wurden teils drei Manschetten in Serie oder zwei einzelne Manschetten eingesetzt. Die Überlappung der Schadensbilder betrug zwischen 7 cm bis 28 cm.

Alle Reparaturen wurden abschließend vom Anbieter auf Dichtheit geprüft. Soweit die Prüfkriterien nicht erfüllt wurden, wurde die Manschette mit erhöhtem Druck nachgespannt und die Prüfung wiederholt. An einer Schadstelle wurde die bereits gesetzt Manschette durch Aufbohren des Schlosses entfernt und eine neue Manschette in Kombination mit Quellband gesetzt.

4.2.1.11 Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG

Die „Stuttgarter Hülse“ wurde sowohl in den vier Kreisprofilen als auch im Eiprofil eingesetzt. Sie wurden aus Edelstahlhülsen in Kombination mit einer Zweikomponenten-Epoxidharzmörtelmasse (Produktbezeichnung: Spachtelmasse 03567L51), bestehend aus den Komponenten A und B, hergestellt. Die Manschettenlänge für die Reparaturen in den Nennweiten DN 200, DN 300 und DN 400/600 betrug jeweils 0,50 m, für die Nennweite DN 600 waren die Manschetten 0,60 m lang.

Die Arbeiten wurden von der Haas GmbH & Co. KG ausgeführt. Einschließlich der Vor- und Nacharbeiten nahmen die Reparaturarbeiten in den Kreisprofilrohren ca. drei Arbeitstage (ca. 25 Stunden) in Anspruch, für das Eiprofil wurde zusätzlich ca. ein halber Arbeitstag (ca. 5 Stunden) benötigt.

Einbaubeschreibung

Im Rahmen der **Vorarbeiten** fanden sowohl Spül- als auch Fräsarbeiten statt. Die Schadstellen in den Steinzeugteststrecken DN 200 und DN 300 sowie in der Betonteststrecke DN 300 wurden zunächst vorgefräst³.

¹ Im Verfahrenshandbuch empfohlene Anpressdrücke: in der Nennweite DN 200 ca. 3,0-3,5 bar, DN 250-700 ca. 2,5-3,0 bar

² Schadensbild 1 in den Steinzeugleitungen und Schadensbild 3 in allen Teststrecken

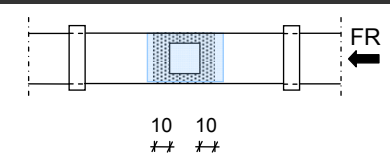
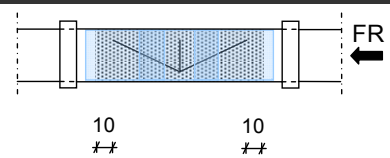
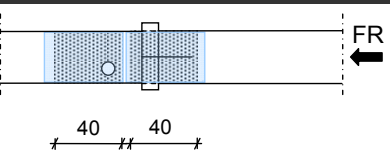
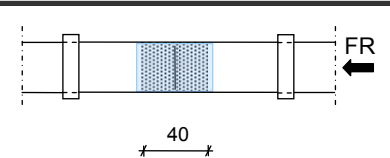
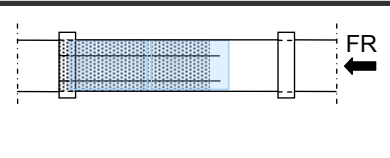
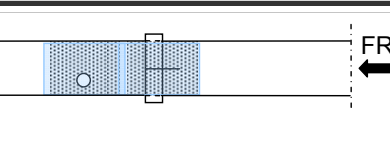


³ Lt. Verfahrenshandbuch ist i.d.R. nur eine gründliche Reinigung notwendig (mit Ausnahme z.B. Rohre aus PVC und PE)



Abb. 48: Fräsroboter (links), Fingerfräser (mittig), Kegelfräskopf (rechts)

In den Steinzeugleitungen wurde im nahezu kompletten Bereich der späteren Innenmanschetten über den gesamten Rohrumfang die Glasur entfernt (mittels Kegelfräskopf, Abb. 48). In der Betonleitung DN 300 wurde die Oberfläche aufgeraut bzw. Material abgetragen (vgl. Tab. 32). An den Randbereichen wurden Teilsegmente ausgespart. Zusätzlich wurden die Risse mittels Fingerfräser (Abb. 48) aufgefräst. In den Betonleitungen DN 600 und DN 400/600 wurden keine Fräsarbeiten vorgenommen.

Tab. 32: Skizze zu den Fräsarbeiten (Stuttgarter Hülse)

Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 1	Steinzeug DN 200/DN 300: Schadensbild 2	Steinzeug DN 200: Schadensbild 3
		
Beton DN 300: Schadensbild 1	Beton DN 300: Schadensbild 2 ¹	Beton und Steinzeug DN 300: Schadensbild 3
		
 Glasur vollständig entfernt bzw. Oberfläche abgetragen		 Innenmanschette

¹ Die Schadstelle wurde mit zwei Manschetten ohne Überlappung saniert (Muffe nicht überdeckt, Längsrisse auf Segment zwischen den Manschetten ebenfalls nicht überdeckt).

Nach Abschluss der Fräsarbeiten wurden sämtliche Teststrecken mit je zwei bis vier Spüldurchgängen gereinigt (rundumstrahlende Düse). Im jeweils letzten Spüldurchgang wurde dem Spülwasser ein Fettlöser zugegeben (FETTEX Fleischerei Reiniger, Hersteller: Rohreinigungsservice D. Pappert).

Vor dem **Einbau** der Innenmanschetten wurden die Schadstellen zunächst mit Harz vorverpresst¹. Für diesen Vorgang wurde ein Packer entsprechender Nennweite mit Stretchfolie umwickelt, die Epoxidharzmörtelmasse² auf die Trennfolie aufgetragen (Abb. 49) und der Packer im Anschluss unter Kamerabeobachtung auf der Schadstelle positioniert. Mittels Druckluft wurde der Packer aufgeweitet und das auf der Trennfolie befindliche Harz in die Schadstellen gepresst. Zur Aushärtung des Harzes verblieb der expandierte Packer wenige Minuten auf der Schadstelle.

*Tab. 33: Mischverhältnis, Mischzeit und Aushärtezeit des Harzes
(Stuttgarter Hülse, lt. Herstellerangaben)*

Harz	Mischverhältnis A:B (Masse)	Mischzeit	Verarbeitungszeit	Aushärtezeit
Cosmic Spachtelmasse (Typ 03567L51)	2 : 1	keine Angabe	ca. 25 Minuten	ca. 4 h

Unmittelbar nach dem Vorverpressen wurde der Packer gereinigt und für den Einbau der Stuttgarter Hülse vorbereitet. Der Einbau der Manschetten erfolgte ohne Trennfolie auf dem Packer.



Abb. 49: Umwickeln des Packers mit Stretchfolie (links), Auftragen des Harzes zum Vorverpressen (mittig), Entfernen der Schutzfolie auf der Edelstahlhülse (rechts)

Die an der Außenseite der Edelstahlhülsen aufgeklebte Schutzfolie wurde entfernt (Abb. 49), die Oberfläche mit Lösungsmittel gereinigt und die Manschette über den Packer gelegt. Das zuvor angemischte Sanierungsharz (vgl. Tab. 33) wurde im Überlappungsbereich aufgetragen, die Manschette anschließend zusammengerollt und mit Klebeband fixiert (Abb. 50). Anschließend wurde das Harz auf die Außenseite der Manschette aufgetragen, der Packer mit geringem Druck beaufschlagt, dieser über der Schadstelle positioniert³ und die Manschette mit einem Packerinnendruck zwischen ca. 1,0 und 1,5 bar an die Rohrwand gelegt.

¹ Vorgehensweise findet im Verfahrenshandbuch keine Erwähnung

² Teilweise wurde das Harz nicht schlierenfrei vermischt

³ Lt. Verfahrenshandbuch wird an den seitlichen Rändern der Hülsen eine Quetschdichtung angebracht, die im Rahmen des Tests nicht verwendet wurde.



Abb. 50: Auftragen des Harzes auf die Edelstahlhülse (links), Durchmesserreduzierung der Edelstahlhülse (mittig), einbaufertige Stuttgarter Hülse (rechts)

Durch die Aufweitung rasten die Schlossmechanismen der Manschetten ein und die Manschette wird nach Herstellerangaben bereits vor Aushärtung des Harzes in der Aufspannung gehalten. Beim Großteil der Reparatereinbauten verblieb der Packer zwischen drei und vier Minuten an der Schadstelle, bei einigen bis zu 13 Minuten.

Das Schadensbild 1 (Ausbruch 20x20 cm) wurde in sämtlichen Teststrecken mit jeweils einer Innenmanschette saniert, bei den Schadensbildern 2 und 3 wurden zwei bis drei überlappende Innenmanschetten eingebaut. Bei einer Schadstelle überlappten die Stahlhülsen aufgrund eines Einbaufehlers nicht, sodass die Schadstelle nicht vollständig überdeckt wurde.

Die Überlappung der Stuttgarter Hülsen an den Enden der Schadstellen betrug meist 3 cm bis 42 cm.

4.2.2 Dichtheit

Die bewertungsrelevanten Dichtheitsprüfungen im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ erfolgten durch **optische Kontrolle auf Wasseraustritt** an der Rohraußenseite des sanierten Schadensbildes. 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 Ergebnisse sind in Tab. 34 und Tab. 35 zusammengestellt.

Sofern Interpretationsspielräume im Rahmen der Prüfungen auftraten, wurden diese dokumentiert, gesammelt und schließlich den Netzbetreibern zur abschließenden Bewertung vorgestellt. Reparaturstellen mit unklarem Prüfergebnis oder bei denen Abweichungen des Schadensbildes vom angestrebten Ausgangszustand bestanden, wurden aus der Wertung genommen. So zeigten sieben von insgesamt 72 Reparaturstellen in den Steinzeugteststrecken nach Entfernung der Rohrummantelung zusätzliche Risse zum eigentlichen Schadensbild, die zu einer Undichtigkeit des Rohres führten. Bei vier der Schadensbilder scheinen die zusätzlichen Risse während der Hochdruckreinigung entstanden zu sein, da das Rohr erst nach der Hochdruckreinigung starke Undichtigkeiten zeigte. Bei den übrigen drei Reparaturstellen waren vom eigentlichen Schadensbild fortlaufende Risse vorhanden. Insbesondere in den Fällen, bei denen Sanierungsharz durch die Risse getreten ist, spricht das Fortlaufen der Risse für eine Entstehung während der Sanierung durch Packerdruck. Für jede einzelne Reparaturstelle wurde von den Netzbetreibern eine Bewertung festgelegt. Demnach wird das Ergebnis der Dichtheitsprüfung nicht dargestellt und bewertet, wenn der Zeitpunkt der Rissbildung nicht eindeutig klar ist und die Undichtigkeit nicht sicher dem Bereich des ursprünglichen Schadensbildes zugeordnet werden bzw. der Bereich durch den zusätzlichen Riss beeinflusst werden kann (Hinterläufigkeit). In den übrigen Fällen wird das Prüfergebnis bezogen auf das eigentliche Schadensbild dargestellt und bewertet.

Da das Schadensbild 2 in den Betonteststrecken (vom Spitzende ausgehende Längsriss in Kämpfer und Scheitel) nach Aufbau der Teststrecken uneinheitliche Rissbilder zeigte und in diesem Fall nicht für alle Verfahren vergleichbare Randbedingungen sichergestellt werden konnten, werden die Prüfergebnisse der Dichtheitsprüfung zwar dargestellt, aber nicht bei der Bewertung in Kapitel 5 berücksichtigt¹. In einigen Fällen war zwischen den zwei Längriss-Enden des eigentlichen Schadensbildes ein zusätzlicher Haarriss in Form eines Biegerisses entstanden. Bei der Sanierung weiteten sich diese Risse zum Teil unter den Packerindrücken auf. Ein Einfluss der geringfügig unterschiedlichen Rissbildung auf das Sanierungsergebnis konnte nicht ausgeschlossen werden.

¹ Beschluss der zehnten Arbeitssitzung, 28.04.2009, Gelsenkirchen

Wie Tab. 34 entnommen werden kann, waren in der Gruppe der **Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren** 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 (vgl. Abschnitt 4.2.1.2).

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 „Konodur Sewer Repair Kit“, bei dem Schwachstellen innerhalb des GFK-Laminates zu Undichtigkeiten führten, bestand nur in zwei von zwölf Fällen die Dichtheitsprüfung. 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 sanierten Schadensbildern 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.

Tab. 34: Ergebnisse der Dichtheitsprüfung nach Hochdruckreinigung für die Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren

Verfahren	Dichtheit nach HD-Reinigung - höchste geprüfte Druckstufe ohne Wasseraustritt [bar] ¹														
	Steinzeug DN 200			Steinzeug DN 300			Beton DN 300			Beton DN 600			Beton DN 400/600 ³		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2 ²	S3	S1	S2 ²	S3	S1	S2	S3
Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren															
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,5	0,2 ⁶	0,5	0,5	0,5 ⁴	0,4	–	–	–
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	keine	0,5	keine	keine	0,4	keine	0,5	keine ⁵	keine	keine	keine ⁵	0,2	–	–	–
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5 ⁴	0,1	0,5	keine ⁴	0,5	0,5	0,4	0,5

¹ Prüfung mit Druckstufen von 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,4 und 0,5 bar; S1 = Schadensbild 1, S2 = Schadensbild 2, S3 = Schadensbild 3

² nicht bewertungsrelevant aufgrund eingeschränkter Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse durch uneinheitliches Schadensbild (z.T. bestanden vor der Sanierung zusätzliche Biegerisse zwischen den Längsrissen des ursprünglichen Schadensbildes)

³ nur von einem Verfahren saniert

⁴ vor Sanierung zusätzlicher Biegeriss vorhanden

⁵ zusätzlicher Biegeriss während der Sanierung entstanden

⁶ kein sichtbarer zusätzlicher Riss vorhanden

Tab. 35: Ergebnisse der Dichtheitsprüfung nach Hochdruckreinigung für die Kurzliner und Innenmanschetten

Verfahren	Dichtheit nach HD-Reinigung - höchste geprüfte Druckstufe ohne Wasseraustritt [bar] ¹														
	Steinzeug DN 200			Steinzeug DN 300			Beton DN 300			Beton DN 600			Beton DN 400/600 ⁶		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2 ²	S3	S1	S2 ²	S3	S1	S2	S3
Kurzliner															
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	keine	0,5	– ³	keine	keine	keine	0,1	keine ⁸	0,5	0,5	keine ⁹	keine	0,05	0,4	keine
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	keine	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5 ⁷	0,5	0,5	0,5 ⁷	0,5	–	–	–
K-LINER, Kuchem GmbH	– ³	0,5	keine	keine	0,5	– ³	0,5	keine ⁸	0,5	0,5	keine ⁸	keine	–	–	–
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchaemie Müller GmbH & Co. KG	keine	keine	keine	keine	0,5	keine	keine	keine ⁸	keine	0,5	keine ⁸	keine	–	–	–
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	keine	0,5	– ⁴	0,5	keine	0,5	0,5	0,5 ⁷	0,5	0,5	0,5 ⁷	0,5	–	–	–
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	keine	0,1	keine	keine	0,3	0,4	0,5	0,5 ⁸	0,5	keine	keine ⁷	keine	–	–	–
Innenmanschetten															
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	keine	keine	keine	0,5	keine	0,5	0,5	keine ⁸	keine	0,05	– ⁵	0,5	–	–	–
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5 ⁸	0,5	0,5	keine ⁹	keine	–	–	–
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	0,3	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine ⁷	keine	0,5	keine ⁷	keine	keine	keine	keine

¹ Prüfung mit Druckstufen von 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,4 und 0,5 bar; S1 = Schadensbild 1, S2 = Schadensbild 2, S3 = Schadensbild 3

² nicht bewertungsrelevant aufgrund eingeschränkter Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse durch uneinheitliches Schadensbild (z.T. bestanden vor der Sanierung zusätzliche Biegerisse zwischen den Längsrissen des ursprünglichen Schadensbildes)

³ nicht bewertet aufgrund zusätzlicher Rissbildung zum ursprünglichen Schadensbild mit unklarem Entstehungszeitpunkt und nicht eindeutig dem ursprünglichen Schadensbild zuzuordnender Undichtigkeit

⁴ nicht bewertet aufgrund eines nicht eindeutigen Prüfergebnisses

⁵ nicht bewertet aufgrund eines von den Planvorgaben abweichenden Schadensbildes

⁶ nur von zwei Verfahren saniert

⁷ vor Sanierung zusätzlicher Biegeriss vorhande

⁸ zusätzlicher Biegeriss während der Sanierung entstanden;

⁹ kein sichtbarer zusätzlicher Riss vorhanden

Die Ergebnisse der **Dichtheitsprüfungen vor der Hochdruckreinigung** an den sandüberdeckten Reparaturen der Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren sind als Zusatzinformation im Anhang zusammengefasst (s. Anhang II). Da hier lediglich Wasserzugaben dokumentiert wurden und eine eindeutige optische Kontrolle nicht möglich war, werden die Ergebnisse nicht zur Bewertung der Verfahren (Kapitel 5.2) herangezogen.

Auf die Darstellung der Ergebnisse aus Dichtheitsprüfungen an ummantelten Steinzeugrohren (bei Kurzlinern und Innenmanschetten) wird verzichtet. Die Steinzeugteststrecken wurden nach Fertigstellung der Reparaturen mit Ummantelung und nach der Hochdruckreinigung sowohl mit als auch ohne Ummantelung geprüft (vgl. Abschnitt 3.3.2.1). Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse mit und ohne Ummantelung nach der Hochdruckreinigung zeigte, dass die Ummantelung bei rund $\frac{1}{4}$ der Reparaturstellen einen Einfluss auf das Prüfergebnis hatte. Bevor das Prüfwasser bei Undichtigkeiten aus den Mattenfugen austritt, müssen zunächst Hohlräume zwischen Matte und Rohr gefüllt werden (v.a. bei fehlenden Wandungsteilen). Dadurch sind bei einigen Schadstellen durch die Ummantelung verzögerte Wasseraustritte gegenüber den Prüfungen ohne Ummantelung entstanden (Unterschiede in den Druckstufen).

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 (s. Tab. 34 und Tab. 36). 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 Gesamtbeurteilung kein signifikanter Einfluss der HD-Reinigung auf die Dichtheit der Reparaturstellen.

Tab. 36: Ergebnisse der Dichtheitsprüfung vor Hochdruckreinigung für die Betonteststrecken der Kurzliner und Innenmanschetten

Verfahren	Dichtheit vor HD-Reinigung - höchste geprüfte Druckstufe ohne Wasseraustritt [bar] ³								
	Beton DN 300			Beton DN 600			Beton DN 400/600		
	S1	S2 ¹	S3	S1	S2 ¹	S3	S1	S2	S3
Kurzliner									
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	0,1	keine ⁵	0,5	0,5	keine ⁶	keine	0,3	0,5	keine
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	0,5	0,5 ⁴	0,5	0,5	0,5 ⁴	0,5	–	–	–
K-LINER, Kuchem GmbH	0,5	keine ⁵	0,5	0,5	keine ⁵	0,05	–	–	–
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	keine	keine ⁵	keine	0,5	keine ⁵	keine	–	–	–
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	0,5	0,5 ⁴	0,5	0,5	0,5 ⁴	0,5	–	–	–
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	0,5	0,5 ⁵	0,5	keine	keine ⁴	keine	–	–	–
Innenmanschetten									
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	0,5	keine ⁵	0,5	0,1	– ²	0,5	–	–	–
Quick-Lock mit einseitiger Aufrördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	0,5	0,5 ⁵	0,5	0,5	keine ⁶	keine	–	–	–
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	keine	keine ⁴	keine	0,5	keine ⁴	keine	keine	keine	keine

¹ nicht bewertungsrelevant aufgrund eingeschränkter Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse durch uneinheitliches Schadensbild (z.T. bestanden vor der Sanierung zusätzliche Biegerisse zwischen den Längsrissen des ursprünglichen Schadensbildes)

² nicht bewertet aufgrund eines von den Planvorgaben abweichenden Schadensbildes

³ Prüfung mit Druckstufen von 0,05 / 0,1 / 0,2/ 0,3 / 0,4 und 0,5 bar

⁴ vor Sanierung zusätzlicher Biegeriss vorhanden

⁵ zusätzlicher Biegeriss während der Sanierung entstanden

⁶ kein sichtbarer zusätzlicher Biegeriss vorhanden

4.2.3 Funktionsfähigkeit

Unter dem Kriterium „Funktionsfähigkeit“ wird der optische Eindruck der Reparaturergebnisse hinsichtlich der Wiederherstellung der Entsorgungssicherheit des Kanalabschnitts erfasst. Als Bewertungsgrundlage dienten u.a. umfangreiche Bildkataloge zu den Reparaturergebnissen vor und nach der Hochdruckreinigung, auf deren Basis die beteiligten Netzbetreiber die insgesamt 153 Schadstellen 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®, Abb. 55 bis Abb. 57 und Abb. 59). Ebenfalls wurden an einzelnen Kurzlinern Ringspalte oder Kanten in den Randbereichen gemessen (vgl. Abb. 54 bis Abb. 59).

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 den 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-Spülungen 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 Überlappungsbe- reich des Bleches je nach Spaltbildung Kanten von einigen Millimetern entstehen.

In den Abb. 51 bis Abb. 62 sind zu jedem Verfahren charakteristische Bilder zusam- mengestellt. Zusätzlich sind zusammenfassende Informationen zum optischen Gesamteindruck nach der Hochdruckspülung aufgeführt.



Abb. 51: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (Janßen Riss- und Scherbensanierung)

**Injektionsverfahren
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem**
Bildbeispiele der Reparaturstellen nach HD-Reinigung



Optischer Eindruck der Reparaturstellen nach HD-Reinigung:

Zehn von zwölf Schadstellen waren in der Innenansicht vollständig mit Harz überdeckt. Bei zwei Schadstellen in den Betonrohren DN 600 waren die Risse nicht vollständig mit Harz verfüllt.

An sämtlichen Reparaturstellen wurden nach der HD-Reinigung Materialablösungen oder von der Rohrwand gelöste „Harzplatten“ festgestellt (Materialstärke ca. 2-3 mm, Spaltbildung ca. 1-9 mm), die ggf. zu Abflussstörungen im Kanal führen können. Diese sichtbaren Materialablösungen lagen meist in Harzbereichen außerhalb des eigentlichen Schadensbildes. Bei diesem Verfahren sollte ursprünglich nicht nur die Schadstelle verpresst werden, sondern auch der gesamte Rohrfumfang über die Sanierungslänge mit einer dünnen Harzschicht überzogen werden (ähnlich einem Kurzliner). Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Ausführung gelang dies jedoch nicht, sodass bei einem Teil der Schadstellen die Vorgehensweise geändert wurde.

Darüber hinaus waren bei zahlreichen Reparaturstellen Spiralfräsungen vor/hinter den Schadstellen sichtbar, die ursprünglich mit Harz verfüllt werden sollten. Insbesondere in der Steinzeugleitung DN 200 waren diese ca. 2-4 mm tiefen „Rinnen“ verblieben.

Abb. 52: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem)

Spachtel-/Verpressverfahren KA-TE PMO - Verfahren

Bildbeispiele der Reparaturstellen nach HD-Reinigung



Optischer Eindruck der Reparaturstellen nach HD-Reinigung¹:

Die Reparaturstellen wiesen, bis auf wenige Ausnahmen, eine glatte Oberfläche ohne jegliche Auffälligkeiten auf. Insbesondere die verspachtelten Bereiche (Muffen und Risse) schlossen i.d.R. eben mit der Rohroberfläche ab.

Lediglich an den verpressten Schadensbereichen (Ausbrüche) waren teils kleine Unebenheiten im Bereich der vorherigen Verpressöffnung der Schalungsmanschette („Abdruck“ bis ca. 3 mm Höhe) oder kleine Kanten an den Randbereichen vorhanden. An drei Verpressstellen war der Harzkörper in den Randbereichen teils von der Rohrwand abgelöst (Materialstärke ca. 1-2,5 mm, Spalt ca. <1-5 mm), sodass auch entsprechende Kanten vorlagen.

¹ bezogen auf die 12 Reparaturstellen in den Steinzeugteststrecken DN 200/DN 300 und Betonteststrecken DN 300/ DN 600

Abb. 53: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (KA-TE PMO – Verfahren)



Abb. 54: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (ALOCIT Kurzliner)

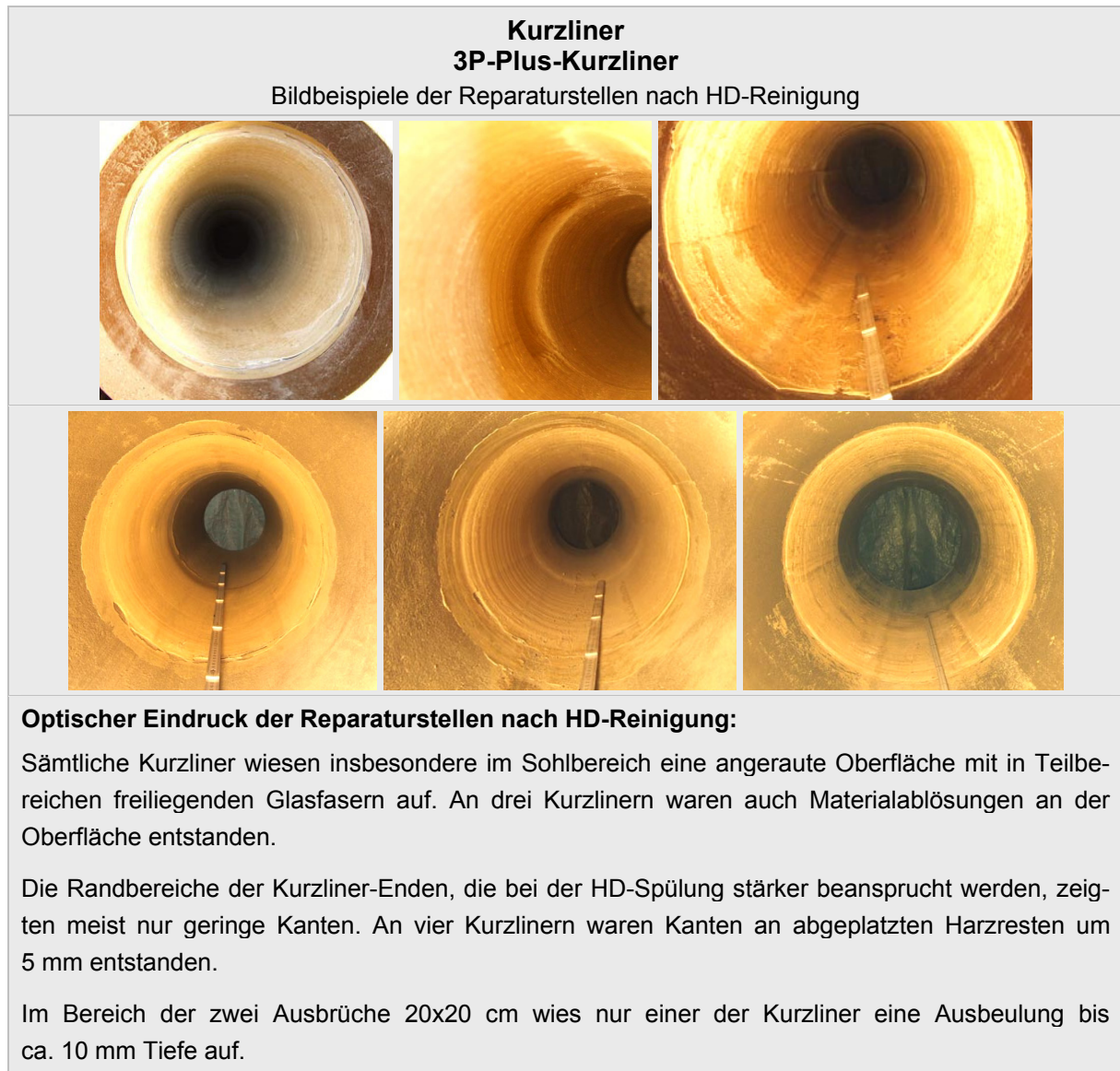


Abb. 55: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (3P-Plus-Kurzliner)



Abb. 56: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (K-Liner)

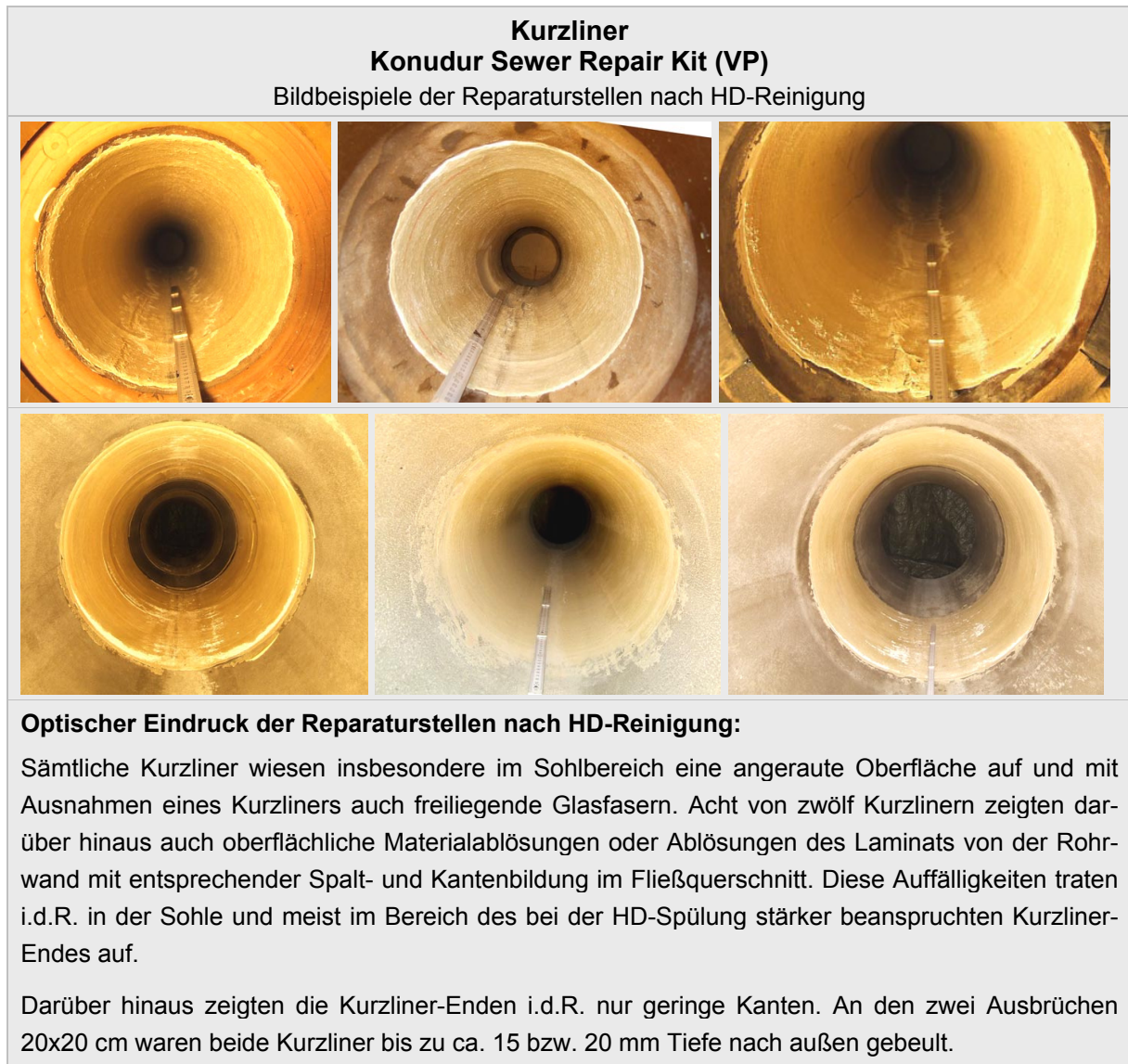


Abb. 57: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (Konudur Sewer Repair Kit (VP))

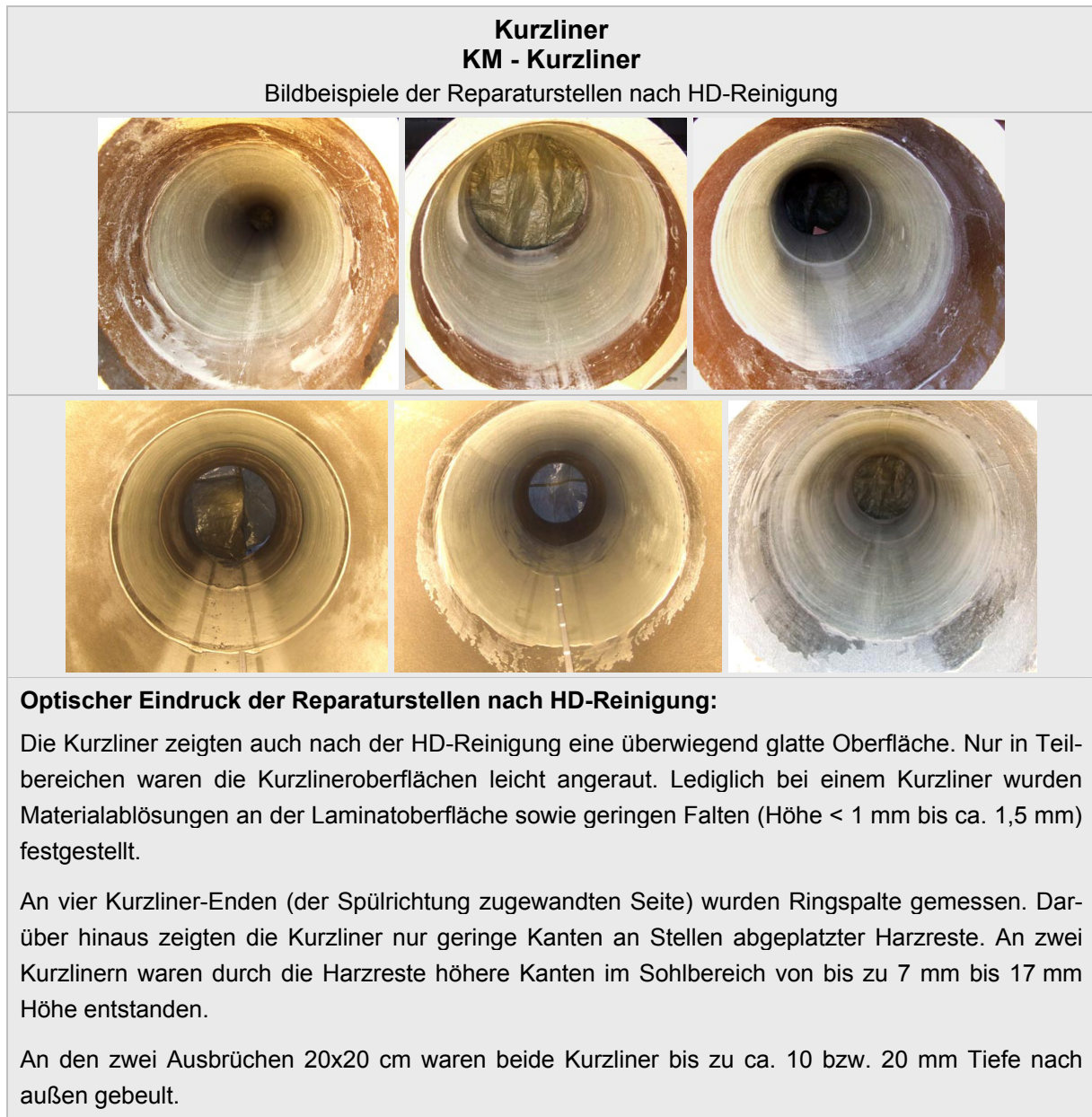


Abb. 58: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (KM - Kurzliner)



Abb. 59: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (Point-Liner®)

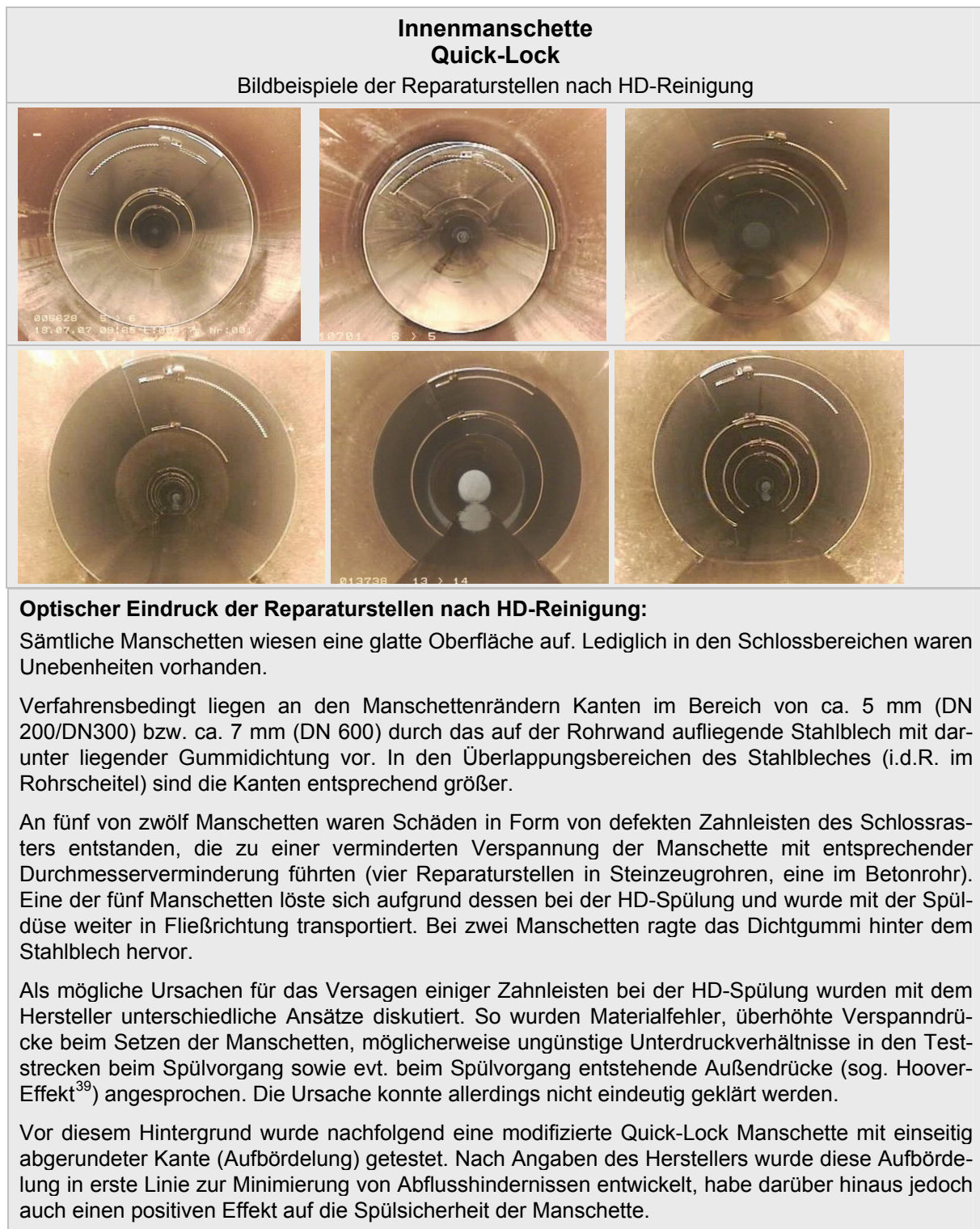
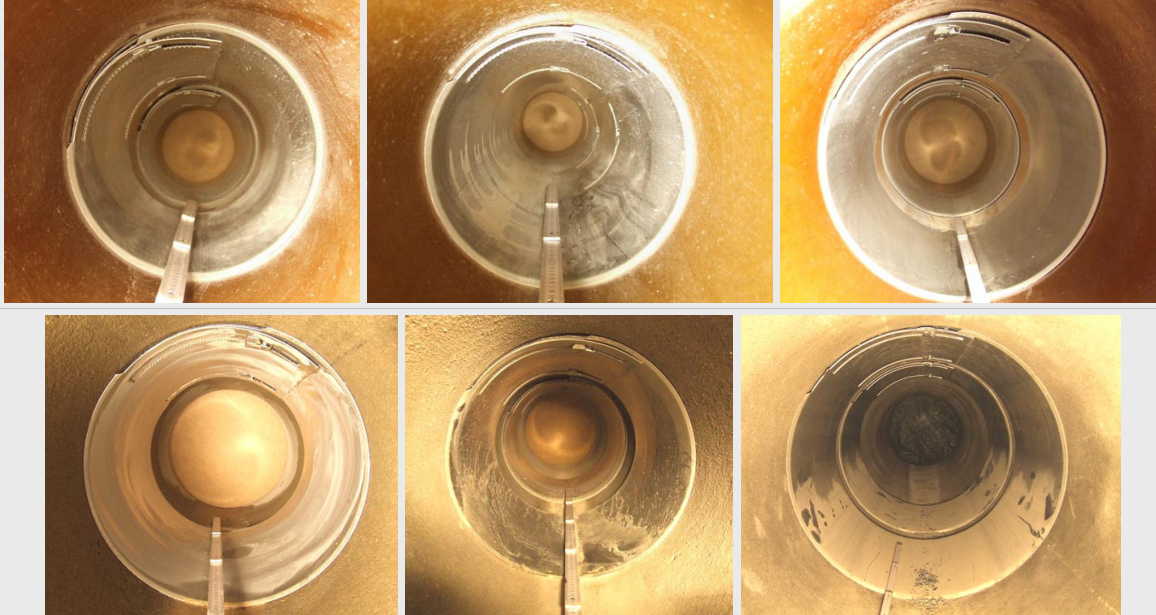


Abb. 60: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (Quick-Lock)

³⁹ „Hoover-Effekt“ lt. Verfahrenshandbuch Quick-Lock: Möglichkeit des Aufbaus eines Überdrucks im Zwischenraum zwischen Dichtnuppenpaaren und dem Altrrohr bei *dichten* Rohrsystemen (insbesondere bei Kunststoff, GFK und glasiertem Steinzeug) mit möglicher Auswirkung auf die Spülsicherheit (durch Eindringen eines Hochdruckstahls zw. Manschette und Altrrohr mit weiterer Steigerung des Überdrucks)

**Innenmanschette
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung**
Bildbeispiele der Reparaturstellen nach HD-Reinigung



Optischer Eindruck der Reparaturstellen nach HD-Reinigung:

Sämtliche Manschetten wiesen eine glatte Oberfläche auf. Lediglich in den Schlossbereichen waren Unebenheiten vorhanden.

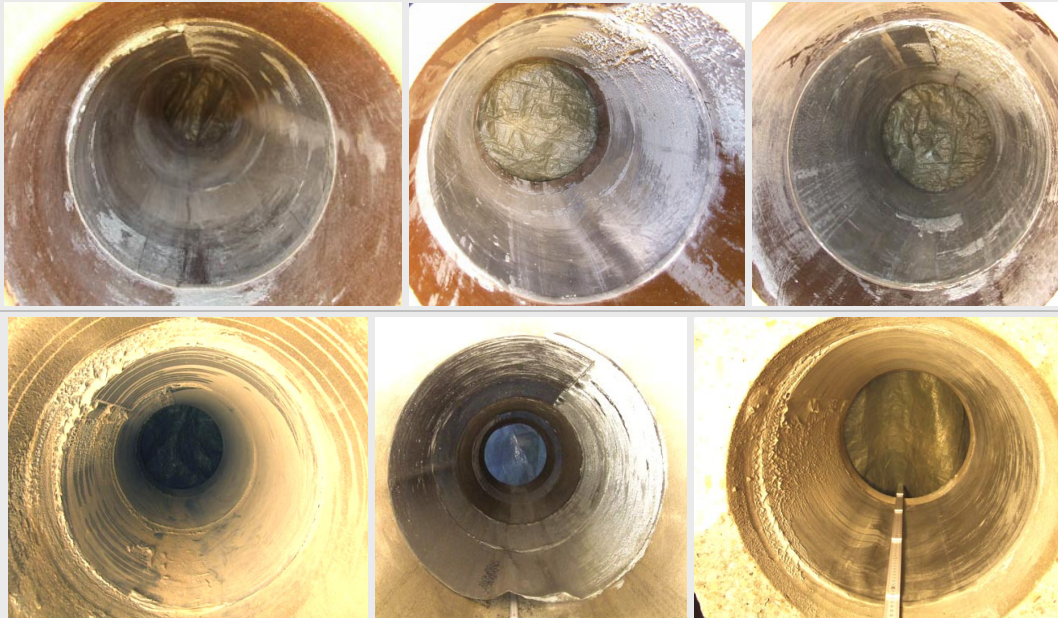
Bei der einseitig abgerundeten Manschette (Aufbördelung) bestanden mit Ausnahme des Überlappungsbereiches keine Kanten an dem in Fließrichtung liegenden Manschettensrand. Im Überlappungsbereich des Stahlbleches, der möglichst im Rohrscheitel platziert wird, waren teils Hohlräume zwischen den Blechen mit entsprechenden Kanten vorhanden (Gesamthöhe bis ca. 12 mm). An den Manschettensrändern ohne Aufbördelung lagen verfahrensbedingt Kanten im Bereich von ca. 5 mm (DN 200/DN300) bzw. ca. 7 mm (DN 600) vor. Im Überlappungsbereich waren die Kanten entsprechend größer.

Bei einer Manschette ragte das Dichtgummi hinter dem Stahlblech hervor.

Abb. 61: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung)

Innenmanschette Stuttgarter Hülse

Bildbeispiele der Reparaturstellen nach HD-Reinigung



Optischer Eindruck der Reparaturstellen nach HD-Reinigung¹:

Die glatte Oberfläche der Hülse war bei allen Manschetten in Teilbereichen von Harzresten überdeckt, die zu einer unebenen und rauen Oberfläche führten. Teilweise bildeten die Harzreste Kanten (bis zu ca. 10 mm).

Darüber hinaus bestanden an allen Manschetten Ringspalte zwischen Stahl und Rohrwandung, die je nach Spaltstärke auch zu Kanten am Manschettenrand führten (bis ca. 12 mm). Bei der Hälfte der Reparaturstellen waren außerdem durch die HD-Belastung Einbeulungen in den Stahlmanschetten entstanden (Höhe bis zu ca. 14 mm in DN 200/DN 300 und 45 mm DN 600). Nach Angaben des Herstellers sind die Manschetten aufgrund eines falsch gewählten Schlossrasters (zu grob) nicht ausreichend beim Setzvorgang verspannt worden.

Da die Manschetten beidseitig abgerundete Kanten besitzen, lag in planmäßig anliegenden Randbereichen ein „sanfter“ Übergang zur Rohrwandung vor. Auch die Überlappungsbereiche des Stahls hatten in gut verspannten Bereichen nur geringe Kanten.

¹ bezogen auf die 12 Reparaturstellen in den Steinzeugteststrecken DN 200/DN 300 und Betonteststrecken DN 300/DN 600

Abb. 62: Bildbeispiele und optischer Gesamteindruck - Reparaturstellen nach HD-Reinigung (Stuttgarter Hülse)

4.3 Weiterführende Untersuchungen

4.3.1.1 Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck

Mit den fünf Verfahren, die unter simuliertem Grundwasserzutritt eingebaut und anschließend unter Außenwasserdruck getestet wurden, konnte in allen Fällen der Wasserzufluss in die Teststrecke erfolgreich gestoppt werden. Bei einem Wasserstand auf Scheitelhöhe, der für 24 Stunden nach Sanierung gehalten wurde, waren alle Reparaturstellen sämtlicher Verfahren dicht. Bei dem anschließend erhöhten Wasserdruck von 1,50 m über der Rohrsohle zeigten sich lediglich an zwei Reparaturstellen der „Janßen Riss- und Scherbensanierung“ leichte Undichtigkeiten in Form von tropfenweise eindringendem Wasser. Eine Übersicht der getesteten Verfahren und Ergebnisse gibt *Tab. 37*.

Das Vorgehen bei den Sanierungsarbeiten unter Grundwasserzutritt entsprach i.d.R. dem Vorgehen bei den Sanierungsarbeiten an den Teststrecken der Systemprüfungen. Teilweise wurden verlängerte Aushärtezeiten der Harze gewählt.

Tab. 37: Ergebnisse der Außenwasserdruckprüfungen

Verfahren	Ergebnis der Inneninspektion	
	Wasserstand auf Rohrscheitel-Höhe ¹	Wasserstand 1,50 über Rohrsohle ²
KA-TE PMO –Verfahren, KA-TE PMO AG (Spachtel-/ Verpressverfahren)	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht 	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH (Injektionsverfahren)	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht 	<ul style="list-style-type: none"> • eine Reparaturstelle dicht • bei zwei Reparaturstellen war eine Tropfenbildung erkennbar
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH (Kurzliner)	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht 	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH (Kurzliner)	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht 	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH (Innenmanschette)	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht 	<ul style="list-style-type: none"> • sämtliche Reparaturstellen vollständig dicht

¹ Prüfung nach 24 Stunden

² Prüfung nach 72 Stunden

4.3.1.2 Haftzugprüfungen an Kurzlinern

Die Ergebnisse der Haftzugprüfungen an **Kurzlinern in den Beton- und Steinzeugteststrecken** der Systemprüfungen sind in Tab. 38 zusammengestellt.

Die Haftzugprüfungen wurden, soweit möglich, an den in Abb. 63 und Abb. 64 dargestellten Positionen vorgenommen. Aufgrund der unterschiedlichen Kurzlinerlängen konnten Position und Anzahl der Prüfstempel nicht in allen Fällen exakt gleich gewählt werden. Die Prüfungen geben daher Anhaltswerte für die Haftwirkung der Kurzliner mit eingeschränkter Vergleichbarkeit.

Tab. 38: Ergebnisse der Haftzugprüfungen an Kurzlinern aus den Teststrecken

Verfahren	Steinzeug DN 300				Beton DN 300			
	Schadensbild 1		Schadensbild 2		Schadensbild 2		Schadensbild 3	
	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	0,79	0,84	0,00 ¹	0,49	0,00 ¹	0,00	0,82	1,88
	0,68		1,21		0,00 ¹			
	1,04		0,73		0,00 ¹		1,70	
			0,02		4,66 ²	5,29		
					5,97 ²			
					5,24 ²			
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	1,70	1,47	2,77	2,12	3,35	2,22	1,60	1,77
	1,46		3,30		2,28		1,89	
	1,33		1,41		1,03		1,82	
	1,40		0,98					
K-Liner, Kuchem GmbH	1,28	1,28	2,66	> 4,27	0,23	0,25	0,13	0,17
	> 2,60 ^{3/4}	3,78	4,69		0,24		0,21	
	> 4,95 ^{3/4}		> 5,22 ⁴		0,27			
			> 4,52 ⁴					
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	0,00 ¹	> 0,34	1,05	> 1,67	1,74	1,46	2,11	2,80
	0,00 ¹		1,34		0,41		3,37	
	0,69		> 2,97 ⁴		2,24		2,91	
	> 0,66 ⁴		> 1,33 ⁴					
KM - Kurzliner, KMG Pipe Tech- nologies GmbH	1,49	0,91	2,24	2,05	0,00 ¹	0,00	3,80	4,16
	0,32		2,10		0,00 ¹		4,87	
		1,63	2,16		1,24 ²	1,18	3,82	
	1,51 ³		1,69		1,65 ²			
1,74 ³			0,65 ²					
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	0,47	0,46	0,31	0,33	0,02	0,32	1,57	> 1,76
	0,44		0,35		0,72		> 3,50 ⁴	
	0,87 ³	0,40	0,23		0,21			
	1,64 ³	1,26	0,27					

¹ Der Liner löste sich beim Bohrvorgang von der Rohrwandung

² Ergänzende Versuche in der Scheitel-Halbschale

³ Ergänzende Versuche in der unbeschädigten Rohrhalschale

⁴ Bruch in der Klebefuge zwischen Kurzliner und Prüfstempel

Anmerkung: „>“ bedeutet, dass die Klebeverbindung des Prüfstempels auf dem Kurzliner versagte

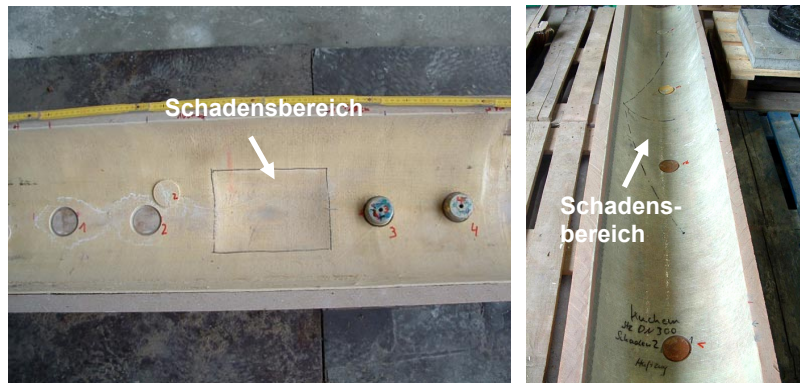


Abb. 63: Bildbeispiel zur Position der Prüfstempel in den Steinzeugprobekörpern (links: Schadensbild 1, rechts: Schadensbild 2)

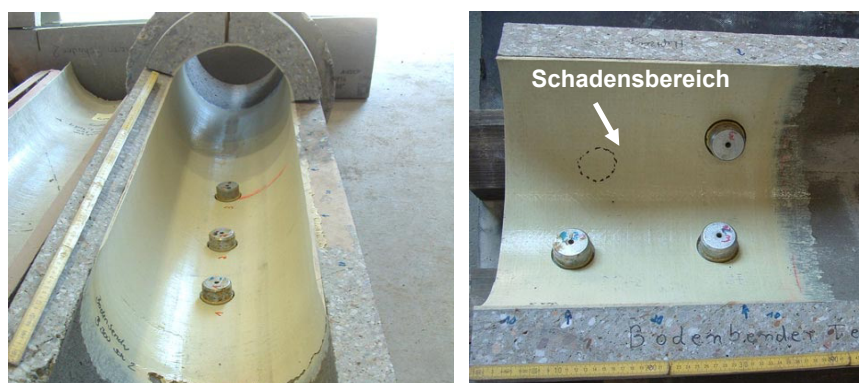


Abb. 64: Bildbeispiel zur Position der Prüfstempel in den Betonprobekörpern (links: Schadensbild 2, rechts: Schadensbild 3)

Die Prüfungen ergaben teils starke Unterschiede in den Haftzugwerten. Dies betrifft sowohl den Vergleich der sechs Kurzliner-Verfahren untereinander als auch den Vergleich der Haftzugwerte innerhalb eines Verfahrens. So löste sich der Kurzliner an einigen Stellen bereits bei den Bohrungen vom Rohr, die Spitzenwerte dagegen liegen zwischen 4 N/mm^2 und 6 N/mm^2 .

Beim „3P-Plus-Kurzliner“, bei dem die gründlichste Untergrundvorbereitung vorgenommen wurde, liegen 13 von 14 Werten oberhalb der Mindestanforderungen für die Einzelwerte des DWA-Merkblatt 143-20 [12] von 1 N/mm^2 . Ein Vergleich der Mittelwerte von $1,47 \text{ N/mm}^2$ und $2,12 \text{ N/mm}^2$ für Steinzeug sowie $1,77 \text{ N/mm}^2$ und $2,22 \text{ N/mm}^2$ für Beton zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen der Haftung auf Beton- und Steinzeugrohren.

Dagegen ergaben die Prüfungen an den „K-Linern“ deutliche Unterschiede zwischen Beton und Steinzeug. Sämtliche Prüfergebnisse in den Steinzeugrohren liegen mit Werten zwischen $1,28 \text{ N/mm}^2$ und $> 5 \text{ N/mm}^2$ oft deutlich über den Mindestanforderungen und stellen zugleich die Spitzenwerte für Steinzeugrohre aller Verfahren dar. Bei den Betonrohren dagegen lagen sämtliche Werte mit $0,13 \text{ N/mm}^2$ bis $0,27 \text{ N/mm}^2$ deutlich unterhalb der Anforderungen des DWA-Merkblatts.

Bei den weiteren vier Kurzliner-Verfahren ist wiederum kein signifikanter Unterschied zwischen Beton und Steinzeug sichtbar. Beim „Konudur Sewer Repair Kit“ erreichten drei Kurzliner vergleichsweise gute Werte (Mittelwerte zwischen $1,46$ und $2,80 \text{ N/mm}^2$); hier unter-

schritt lediglich ein Einzelwert die 1,0 N/mm². Beim vierten Kurzliner dagegen lösten sich zwei von vier Stellen bereits beim Bohren.

Ähnliche Unterschiede zeigten sich beim „KM - Kurzliner“. Während bei drei Kurzlinern ebenfalls nur ein Einzelwert die 1,0 N/mm² unterschritt, lösten sich beim vierten Kurzliner drei Stellen bereits bei den Bohrungen. Auffällig sind beim KM - Kurzliner die großen Differenzen der Haftzugwerte zwischen den Kurzlinern. Während ein Kurzliner im Betonrohr Werte zwischen 3,80 und 4,87 N/mm² lieferte, ergaben die Prüfungen am zweiten Kurzliner auf Beton lediglich Werte zwischen ca. 0 und 1,65 N/mm².

Der „ALOCIT Kurzliner“ lieferte ebenfalls große Unterschiede in den Einzelwerten. Während sich hier innerhalb eines Kurzliners im Sohlbereich sämtliche Prüfstellen bereits beim Bohrvorgang lösten, lag die Haftung im Scheitelbereich zwischen 4,66 N/mm² und 5,97 N/mm². Bei den restlichen Kurzlinern lagen sechs von zehn Werten unter 1,0 N/mm².

Beim „Point-Liner®“ waren die Haftzugwerte insgesamt niedrig. 12 von 14 Werten lagen zwischen 0,02 N/mm² und 0,87 N/mm². Lediglich zwei Prüfstellen lieferten mit 1,64 N/mm² und >3,50 N/mm² höhere Werte.

Entsprechend dem DWA-Merkblatt wird neben Einzelprüfwerten von mindestens 1,0 N/mm² ein Mittelwert aus fünf Prüfwerten von mindestens 1,50 N/mm² je Kurzliner gefordert. Die Anforderungen an den Mittelwert werden in der Gesamtbetrachtung nur bei einem Drittel der Kurzliner erreicht, allerdings wurden bei den exemplarischen Haftzugprüfungen im Rahmen des IKT-Warentests i.d.R. weniger als fünf Haftzugwerte je Kurzliner ermittelt.

Rückschlüsse auf Zusammenhänge zwischen Kurzliner bzw. Harzsystem und Haftwirkung lassen sich auf Basis der Prüfungen nicht ziehen, da sowohl zwischen den sechs Kurzliner-Verfahren als auch innerhalb eines Verfahrens unterschiedliche Randbedingungen bei den Sanierungsarbeiten vorlagen. Dies betrifft beim Vergleich der Verfahren insbesondere Art und Umfang der Vorarbeiten sowie die Kurzlinerlängen. Innerhalb eines Verfahrens können beispielsweise Packerlänge, -art und -drücke sowie Harzverarbeitungs- und Aushärtezeiten zu unterschiedlichen Bedingungen führen.

Auf Basis der ergänzenden Haftzugprüfungen an separat hergestellten **Kurzlinern auf glasierten und gefrästen Steinzeugoberflächen** sind dagegen Schlussfolgerungen möglich, da hier die Kurzliner eines Verfahrens unter identischen Randbedingungen eingebaut wurden. Ziel bei der Herstellung der Probekörper war in erster Linie ein vergleichbarer Einbau aller Kurzliner eines Verfahrens, nicht die Herstellung von Kurzlinern mit bestmöglichen Haftzugwerten. Die Ergebnisse sind in Tab. 39 und Tab. 40 zusammengestellt.

Wie die Ergebnisse zeigen, ist die Frage, ob ein Entfernen der Glasur für den Kurzlinereinbau grundsätzlich erforderlich ist, nicht pauschal zu beantworten. Während sich bei dem Kurzlinersystem mit Silikatharz deutliche Unterschiede in der Haftwirkung auf gefrästen und glasierten Flächen ergaben, sind die Werte beim Kurzliner mit Epoxidharz annähernd vergleichbar. Das Silikatharz-System (3P-Plus-Kurzliner) erreichte auf der gefrästen Fläche Einzelwerte von 0,18 - 3,12 N/mm² mit einem Mittel von 1,92 N/mm² und auf der glasierten Fläche Werten von 0,00 - 0,45 N/mm² und einem Mittel von 0,07 N/mm². Beim Epoxidharz-System (KM - Kurzliner) dagegen wurden für beide Oberflächen im Mittel Werte von

> 5 N/mm² erreicht. Da sich hier bei ca. 70 % der Prüfungen der Prüfstempel bereits in der Klebefuge zum Kurzliner löste, bevor die absoluten Haftzugwerte zwischen Kurzliner und Rohroberfläche erreicht wurden, lassen sich die Einzelwerte nur eingeschränkt vergleichen.

Tab. 39: Ergebnisse der Haftzugprüfungen an Kurzliner-Probekörpern auf glasierten und gefrästen Steinzeugoberflächen (3P-Plus-Kurzliner mit Silikatharz)

Probekörper	Gefräste Oberfläche		Glasierter Oberfläche	
	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]
1	1,00	1,25	0,08	0,07
	2,86		0,04	
	1,23		0,05	
	0,49		0,00	
	0,66		0,17	
2	0,42	1,79	0,45	0,15
	0,18		0,00	
	2,79		0,01	
	2,85		0,30	
	2,69		0,00	
3	2,74	2,71	0,00	0,00
	2,49		0,00	
	2,78		0,00	
	2,43		0,00	
	3,12		0,00	
Gesamtmittel	1,92		0,07	

Tab. 40: Ergebnisse der Haftzugprüfungen an Kurzliner-Probekörpern auf glasierten und gefrästen Steinzeugoberflächen (KM – Kurzliner mit Epoxidharz)

Probekörper	Gefräste Oberfläche		Glasierter Oberfläche	
	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Einzelwerte [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]
1	> 1,54	> 4,12	> 5,10	> 5,16
	> 3,55		> 5,18	
	> 4,48		> 6,06	
	> 6,08		> 4,69	
	> 4,96		> 4,77	
2	6,30	> 6,03	> 3,74	> 4,85
	> 6,86		> 4,81	
	6,21		> 6,17	
	> 5,27		3,73	
	> 5,50		> 5,79	
3	> 4,54	> 5,37	4,52	> 4,89
	5,85		> 4,94	
	6,58		4,43	
	> 4,44		5,05	
	> 5,46		5,52	
Gesamtmittel	> 5,17		> 4,96	

Anmerkung: „>“ bedeutet, dass die Klebeverbindung des Prüfstempels auf dem Kurzliner versagte

4.3.1.3 Materialprüfungen an Kurzlinern

Die Ergebnisse der Materialprüfungen an den separat in PVC-Rohren hergestellten Probekörpern sind in Tab. 41 zusammengestellt. Wie den Werten der Tabelle entnommen werden kann, bestehen verfahrensabhängig teils deutliche Unterschiede in den mechanischen Kennwerten.

Tab. 41: Ergebnisse der Materialprüfungen an Kurzliner-Probekörpern

Verfahren / Anbieter	Probe Nr.	Scheiteldruckversuch (DIN EN 1228)			24h-Kriechneigung (DIN 16869-2)	3-Punkt-Biegeversuch (DIN EN ISO 178 u. DIN EN 13566-4)			Wasserdichtheit (APS)	Dichte (DIN EN ISO 1183-1)
		E-Modul [N/mm ²]	S ₀ [N/m ²]	s [mm]		KN [%]	E-Modul [N/mm ²]	Biegespannung b.B [N/mm ²]		
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH ³	1	11.316	3.043	4,32	5,43	9.474	408	3,77	dicht ¹	1,641
	2	8.773	3.639	4,99	5,00	10.393	429	3,59	dicht ¹	1,618
	3	9.510	4.691	5,28	5,02	11.355	445	3,80	undicht ²	1,562
	Mittelwert	9.866	3.791	4,86	5,15	10.407	427	3,72	–	1,607
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH ⁴	1	8.843	4.954	5,51	7,39	6.077	163	5,20	undicht ²	1,607
	2	6.603	4.988	6,07	7,37	6.755	175	5,20	dicht ¹	1,581
	3	6.896	4.694	5,87	7,31	7.992	225	4,55	dicht ¹	1,586
	Mittelwert	7.447	4.879	5,82	7,36	6.941	188	4,98	–	1,591
K-LINER, Kuchem GmbH	1	17.751	875	2,46	9,40	14.103	400,53	2,50	dicht ¹	1,659
	2	15.169	782	2,49	9,13	–	–	–	dicht ¹	–
	3	14.809	719	2,44	9,63	–	–	–	dicht ¹	–
	Mittelwert	15.910	792	2,46	9,39	14.103	400,53	2,50	–	1,659
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	1	14.054	2.497	3,78	5,34	14.698	403	3,34	undicht ²	1,583
	2	12.154	2.819	4,13	5,35	12.335	370	3,37	dicht ¹	1,515
	3	12.540	2.625	3,99	5,47	11.590	345	3,45	dicht ¹	1,518
	Mittelwert	12.916	2.647	3,97	5,39	12.874	373	3,39	–	1,539
Konudur Sewer Repair Kit (VP), KMG Pipe Technologies GmbH	1	13.176	1.948	3,56	7,08	10.631	238	3,56	undicht ²	1,635
	2	10.038	2.051	3,96	6,80	9.904	226	3,63	undicht ²	1,588
	3	10.443	2.316	4,07	7,30	9.825	193	3,62	undicht ²	1,636
	Mittelwert	11.219	2.105	3,86	7,06	10.120	219	3,60	–	1,620
Point-Liner®, Bodenbender GmbH ⁵	1	6.961	3.111	5,11	10,24	2.221	51	4,24	undicht ²	1,469
	2	6.831	3.054	5,12	10,62	5.061	84	4,40	dicht ¹	1,495
	3	9.415	4.474	5,23	6,90	8.087	161	4,08	dicht ¹	1,385
	Mittelwert	7.736	3.546	5,15	9,25	5.123	99	4,24	–	1,450

¹ drei von drei geprüften Stellen dicht

² eine von drei geprüften Stellen undicht

³ Angaben der DIBt-Zulassung: Kurzzeit-E-Modul in Anlehnung an DIN EN 1228 \geq 7.000 N/mm²; Kriechneigung \leq 5,00 %; Biegefestigkeit in Anlehnung an DIN EN ISO 178 \geq 440 N/mm²; Dichte \approx 1,513 g/cm³
⁴ Anforderungen lt. DIBt-Zulassung: Kriechneigung \leq 20,00 %; Biegefestigkeit in Anlehnung an DIN EN ISO 178 \geq 110 N/mm² (Harz "Winterqualität") bzw. \geq 130 N/mm² (Harzgemisch aus "Winter-" und "Sommerqualität")

⁵ Angaben der DIBt-Zulassung: Kurzzeit-E-Modul in Anlehnung an DIN EN 1228 \geq 4.300 N/mm²; Kriechneigung \leq 9,00 %; Biege-E-Modul in Anlehnung an DIN EN ISO 178 \geq 3.400 N/mm²; Biegefestigkeit in Anlehnung an DIN EN ISO 178 \geq 136 N/mm²; Dichte in Anlehnung an DIN EN ISO 1183-1 \approx 1,5141 g/cm³

4.4 Baustellenuntersuchungen

Neun der zwölf getesteten Verfahren wurden bei Einsätzen in den Kanalnetzen der beteiligten Netzbetreiber begleitet. Von den Baustellenuntersuchungen ausgenommen waren der Kurzliner „Konodur Sewer Repair Kit (VP)“ und das Injektionsverfahren „KASRO 2 Komponenten – Verpresssystem“, da diese aufgrund der Ergebnisse der Systemprüfungen im IKT vorerst vom Markt zurückgenommen bzw. von einer Markteinführung abgesehen wurde. Auf einen Testeinsatz der modifizierten Quick-Lock Manschette wurde verzichtet, da die Ergebnisse aus den Baustellenuntersuchungen der Quick-Lock Manschette ohne Aufbördelung übertragen werden können.

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 zu überprüfen, ob der Einsatz der Verfahren im IKT praxistauglich 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.

Bei den fünf eingesetzten **Kurzliner**-Verfahren wurde der Kanal nur bei zwei Verfahren für den Reparaturvorgang abgesperrt, wie es in den Handbüchern gefordert wird. In den übrigen Fällen wurde der Kurzliner im Betrieb des Kanals gesetzt. Darüber hinaus wurde bei zwei Baustellen ein anderes Harz- bzw. Kurzlinersystem eingesetzt, als vorgesehen: Im ersten Fall wurde aufgrund der kürzeren Aushärtezeit zu einem Kurzliner-Verfahren mit Silikatharz statt mit Epoxidharz gegriffen. Im zweiten Fall traf das vorgesehene Harz nicht rechtzeitig auf der Baustelle ein, sodass ein Kurzliner eines anderen Anbieters mit gleichem Harztyp verwendet wurde.

Auch die Fräsarbeiten wurden nicht in jedem Fall entsprechend den Vorgaben des Verfahrenshandbuchs und den Arbeiten im IKT ausgeführt: Eine Sanierungsfirma setzte zwei Kurzliner ohne vorherigen Fräsarbeiten. Eine weitere Sanierungsfirma bearbeitete die Steinzeugglasur des nahe dem Schacht gelegenen Schadens mittels einer Stahlbürste von Hand. Auch bei zwei weiteren Schäden in nicht begehbaren Leitungen, die vom Schacht aus erreichbar waren, wurde zu alternativen Methoden gegriffen. So wurde ein Schaden mit Hammer und Meißel bearbeitet, ein weiterer Schaden mit einem Hochdruckspülgerät.

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.

Der Einbau der Quick-Lock **Manschette** und der Stuttgarter Hülse zeigte keine Abweichungen vom Verfahrenshandbuch. Unterschiede ergaben sich bei der Stuttgarter Hülse zu den Arbeiten im IKT: Während die Hülsen in den Teststrecken auf gefräste Steinzeug- und Be-

tonoberflächen gesetzt wurden, wurden auf der Baustelle lediglich Inkrustationen entfernt (entsprechend dem Verfahrenshandbuch). Allerdings ist anzumerken, dass es sich auf der Baustelle um Regenwasserkanäle handelte, während im IKT Abwasserkanäle mit Fettablagerungen simuliert wurden. Neben „üblichen“ Schadensbildern in Form von undichten Muffen wurden mit der Quick-Lock Manschette auch zwei sehr spezielle Reparaturen ausgeführt. Bei zwei Schäden fehlten größere Wandungsteile (eine fehlende obere Rohrhälfte über ca. 1,40 m Länge und ein Ausbruch ca. 30 x 40 cm). In beiden Fällen wurden die Schäden mit Quick-Lock Manschetten in Kombination mit dünnen Stahlrohren repariert. Die Rohrleitungen (Regenwasserkanäle mit geringem Abfluss) waren während der Arbeiten in Betrieb (lt. der Verfahrenshandbücher kann bei einer Füllhöhe des Kanals bis 20 % gearbeitet werden).

Bei den begleiteten zwei **Injektionsverfahren** entsprachen die Arbeiten den Angaben des Verfahrenshandbuches und den Reparaturen im IKT. Bei beiden Verfahren wurden die Leitungen vor dem Injektions- bzw. Spachtelvorgang gespült und die späteren Haftflächen zwischen Altrohr und Harz gefräst sowie Risse aufgeweitet. Entsprechend dem Verfahrenshandbuch zur Janßen Riss- und Scherbensanierung wurde bei einer verzweigten Riss- und Scherbenbildung auf Fräsarbeiten an den Rissen verzichtet, da die Gefahr eines Rohreintritts bestand. Die Leitungen waren während der Arbeiten in Betrieb (lt. den Verfahrensbeschreibungen ist nur bei großem Abwasseranfall eine Wasserhaltung notwendig).

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. 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 für Verfahren, die einer aufwendigen Vorarbeit bedürfen.

Darüber hinaus können z.B. Fehler durch zu frühes Entfernen von Packern (z.B. bei sehr langen Aushärtezeiten), durch inhomogene Mischung von Harzkomponenten oder auch durch Überschreiten der Verarbeitungszeiten entstehen. Letzteres gilt insbesondere für sehr schnell reagierende Harze, deren Verarbeitungszeit abhängig von der Temperatur bei nur 15-20 Minuten liegen kann. 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.

5 Bewertungsschema, Prüfurteile und Gesamtergebnis

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

Dementsprechend wurde das Vorgehen zur Bewertung der Verfahren in den Arbeitssitzungen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ von den beteiligten Kanalnetzbetreibern festgelegt. Für die zwölf getesteten Verfahren werden demnach aus den Bewertungsschwerpunkten „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ und „Systemprüfungen“ (Prüfungen in den Teststrecken) Prüfurteile gebildet.

Der Einsatz der Reparaturverfahren wurde auch unter Insitu-Bedingungen auf Baustellen untersucht. Aufgrund der in diesen Fällen nicht vergleichbaren Randbedingungen fließen die Ergebnisse aus den Baustellenuntersuchungen nicht in die Ermittlung der Prüfurteile (Noten) ein, sondern werden als Zusatzinformation aufgenommen.

Das Bewertungsschema und die Benotungen der Verfahren hinsichtlich der „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ und der „Systemprüfungen“ sind in den Kapiteln 5.1 und 5.2 dargestellt. In Kapitel 5.3 werden die Prüfergebnisse zur Einsatzfähigkeit der ausgewählten getesteten Verfahren im Eiprofil und unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck bewertet. Im Anschluss daran werden in Kapitel 5.4 die Prüfurteile zu den einzelnen Verfahren sowie das Gesamtergebnis zusammengefasst.

5.1 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 Lieferweges“ 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. 42 dargestellten Anteilen in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ ein.

Tab. 42: 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 %

Die Ergebnisse werden mittels einer linearen Funktion in Noten abgebildet (Abb. 65). Hierbei stehen 100 % für die Note „sehr gut (1,0)“ und 0 % für die Note „ungenügend (6,0)“.

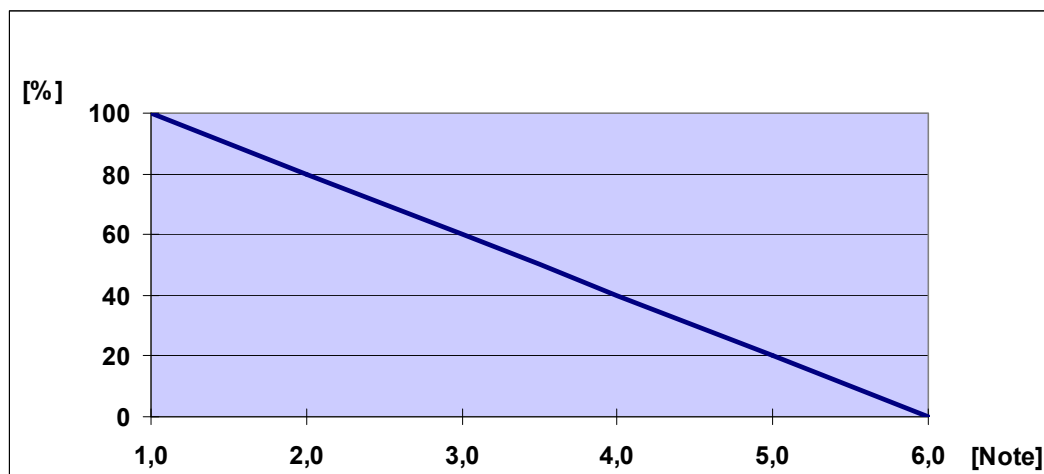


Abb. 65: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Qualitätssicherung“

Tab. 43 zeigt, welche Prüfkriterien zur Qualitätssicherung von den Anbietern erfüllt wurden und gibt einen Überblick zu den sich daraus ergebenden Noten.

Tab. 43: Benotung des Bewertungsschwerpunkts „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“

Verfahren	Verfahrens- handbuch [ja/nein] ¹	Schulungen [ja/nein] ¹	Fremdüber- wachung [ja/nein] ¹	Umwelt- verträglichkeit- ja/nein] ¹	DIBt- Zulassung [ja/nein] ¹	Prüfzeugnisse [ja/nein] ¹	Rückverfolgung des Lieferwegs [ja/nein] ¹	Note
Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren								
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1,0
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	ja	ja	nein	ja	nein	nein	ja	3,0
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1,0
Kurzliner								
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1,0
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1,0
K-LINER, Kuchem GmbH	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja	1,5

¹ ja = entsprechende Unterlagen für das Verfahren wurden dem IKT vorgelegt, nein = entsprechende Unterlagen für das Verfahren wurden dem IKT nicht vorgelegt, die Bewertung basiert auf den in Tab. 10 dargestellten Ergebnissen

Fortsetzung Tab. 43: Benotung des Bewertungsschwerpunkts „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“

Verfahren	Verfahrenshandbuch [ja/nein] ¹	Schulungen [ja/nein] ¹	Fremdüberwachung [ja/nein] ¹	Umweltverträglichkeit [ja/nein] ¹	DIBt-Zulassung [ja/nein] ¹	Prüfzeugnisse [ja/nein] ¹	Rückverfolgung des Lieferwegs [ja/nein] ¹	Note
Kurzliner (Fortsetzung)								
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	2,0
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	ja	nein	nein	ja	nein	nein	ja	4,0
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1,0
Innenmanschetten								
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	1,5
Quick-Lock mit eins. Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	1,5
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	4,0

¹ ja = entsprechende Unterlagen für das Verfahren wurden dem IKT vorgelegt, nein = entsprechende Unterlagen für das Verfahren wurden dem IKT nicht vorgelegt, die Bewertung basiert auf den in Tab. 10 dargestellten Ergebnissen

5.2 Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ an den Teststrecken

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. 44).

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 aufgeführt (vgl. Abschnitt 5.3) und gehen nicht mit in die Benotung ein.

Tab. 44: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Prüfkriterium und Gewichtung		Bewertung
Dichtheit (50 %)	nach Hochdruckspülung (100 %)	von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
Funktionsfähigkeit (50 %)	nach Fertigstellung (30 %)	von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
	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 (Abb. 66).

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 Fotodokumentation an den in Rohrsegmenten heraus getrennten Reparaturstellen in Verbindung mit erläuternden Messwerten (vgl. 3.3.2.2) vorgenommen.

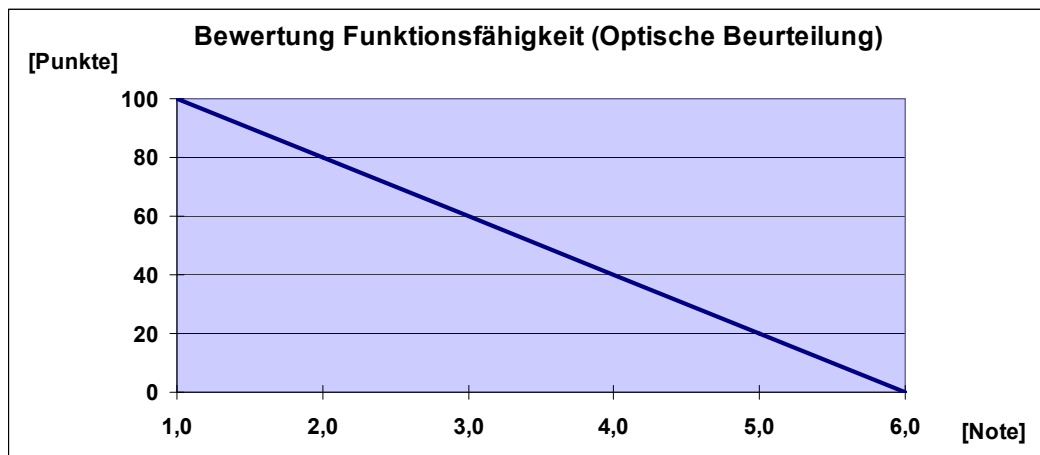


Abb. 66: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Funktionsfähigkeit“

Die **Dichtheit** wird anhand der Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen mit sechs unterschiedlichen Druckstufen bewertet. Entsprechend dem Bewertungsschema in Tab. 45 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. 45 bewertet. Reparaturstellen, die auch bei der niedrigsten Druckstufe undicht waren, erhalten die Note „ungenügend (6,0)“.

Tab. 45: 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 eingezogen, um Fehlbewertungen bei Prüfungen an Leitungen im sandüberdeckten Zustand und bei Ummantelung auszuschließen (vgl. Abschnitt 4.2.2). 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 Notenmitteln der Beton- und der Steinzeugteststrecken zusammen.

Die Bewertungen der zwölf geprüften Reparaturverfahren hinsichtlich der Dichtheit und der Funktionsfähigkeit sowie die daraus hervorgehenden Gesamtnoten für die Systemprüfungen sind in den nachfolgenden Tab. 46 bis Tab. 48 dargestellt. Anhang III können die gemittelten Benotungen der Netzbetreiber für die Funktionsfähigkeit der einzelnen Schadensbilder entnommen werden.

Tab. 46: Benotung der Systemprüfungen für die Injektions- und Spachtel-/ Verpressverfahren (alphabetische Sortierung)

Verfahren	Note Dichtheit¹ (50 %)	Note Funktionsfähigkeit² (50 %)	Gesamtnote³ Systemprüfung
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH (Injektionsverfahren)	1,6	3,5	2,6
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH (Injektionsverfahren)	4,2	4,2	4,2
KA-TE PMO –Verfahren, KA-TE PMO AG (Spachtel-/ Verpressverfahren)	1,3	2,0	1,7
Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0 ¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tab. 34 dargestellten Ergebnissen ² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tab. 57 dargestellten Ergebnissen ³ Mittelwertberechnung mit ungerundeten Werten			

Tab. 47: Benotung der Systemprüfungen für die Kurzliner (alphabetische Sortierung)

Verfahren	Note Dichtheit¹ (50 %)	Note Funktionsfähigkeit² (50 %)	Gesamtnote³ Systemprüfung
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	4,0	2,6	3,3
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	1,4	3,3	2,4
K-LINER, Kuchem GmbH	2,9	3,3	3,1
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	5,0	3,6	4,3
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	2,0	2,4	2,2
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	3,9	3,0	3,4

Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0

¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tab. 35 dargestellten Ergebnissen

² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle Tab. 58 dargestellten Ergebnissen

³ Mittelwertberechnung mit ungerundeten Werten

Tab. 48: Benotung der Systemprüfungen für die Innenmanschetten (alphabetische Sortierung)

Verfahren	Note Dichtheit¹ (50 %)	Note Funktionsfähigkeit² (50 %)	Gesamtnote³ Systemprüfung
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	3,7	3,1	3,4
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	1,9	2,9	2,4
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	5,1	3,6	4,3

Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0

¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tab. 35 dargestellten Ergebnissen

² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle Tab. 58 dargestellten Ergebnissen

³ Mittelwertberechnung mit ungerundeten Werten

5.3 Zusatzinformationen hinsichtlich der Einsatzfähigkeit im Eiprofil sowie unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck

Die Ergebnisse aus den Reparaturen im Beton-Eiprofil DN 400/600, das nur von drei Verfahren saniert wurde, werden separat bewertet und als Zusatzinformation aufgenommen. Ebenso werden die Ergebnisse der Reparaturen unter Grundwasserzutritt und Prüfung unter Außenwasserdruck der fünf ausgewählten Verfahren behandelt.

Für die Bewertung der Reparaturstellen im **Eiprofil DN 400/600** wird in der Darstellung zwischen „nicht angeboten“, „Einsatzfähigkeit nachgewiesen“ und „Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen“ unterschieden. Die Bedeutung der drei Unterscheidungen kann Tab. 49 entnommen werden. Die Ergebnisse zu den drei geprüften Verfahren sind in Tab. 50 zusammengefasst. Weitere Informationen zu den neun nicht getesteten Verfahren können Tab. 53 bis Tab. 55 entnommen werden.

Tab. 49: Schema zur Bewertung der Einsatzfähigkeit für Beton-Eiprofil DN 400/600

Bewertung	Erläuterung
Einsatzfähigkeit nachgewiesen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Das Reparaturverfahren wurde im Rahmen des IKT-Warentests im Beton-Eiprofil getestet und ➤ jede der drei Reparaturstellen war bis mindestens 0,05 bar dicht (entspricht der Note „ausreichend“) und ➤ jede der drei Reparaturstellen wurde hinsichtlich der Funktionsfähigkeit mit mindestens der Note „ausreichend“ bewertet.
Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Das Reparaturverfahren wurde im Rahmen des IKT-Warentests im Beton-Eiprofil getestet und ➤ eine oder mehrere der drei Reparaturstellen waren bei keiner Druckstufe dicht und/oder die Funktionsfähigkeit wurde mit schlechter als „ausreichend“ bewertet oder ➤ das Beton-Eiprofil DN 400/600 gehört zwar zum Einsatzbereich des Verfahrens, wurde seitens des Anbieters jedoch nicht im Test eingesetzt.
Nicht angeboten	<ul style="list-style-type: none"> • Das Verfahren wird nicht für den Einsatz in Beton-Eiprofilen DN 400/600 angeboten.

Tab. 50: Bewertung der Einsatzfähigkeit für Beton-Eiprofil DN 400/600

Verfahren	Prüfergebnisse der drei Reparaturstellen ¹	Bewertung
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH (Kurzliner)	<ul style="list-style-type: none"> • Zwei Reparaturstellen bis einschließlich 0,05 bzw. 0,4 bar dicht, eine Reparaturstelle bei keiner Druckstufe dicht • Funktionsfähigkeit mit 56/47/45 Punkten bewertet 	Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG (Spachtel-/ Verpressverfahren)	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturstellen bis einschließlich 0,5 / 0,4 / 0,5 bar dicht • Funktionsfähigkeit mit 90/88/89 Punkten bewertet 	Einsatzfähigkeit nachgewiesen
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG (Innenmanschette)	<ul style="list-style-type: none"> • Die drei Reparaturstellen waren bei keiner Druckstufe dicht • Funktionsfähigkeit mit 40/24/19 Punkten bewertet 	Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen

¹ Reihenfolge der Darstellung: Schadensbild 1 / Schadensbild 2 / Schadensbild 3

Ähnlich wie die Reparaturen im Eiprofil werden auch die Reparaturen unter simuliertem **Grundwasserzufluss und Außenwasserdruck** bewertet. Hier wird unterschieden zwischen „nicht geprüft“, „Einsatzfähigkeit nachgewiesen“ und „Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen“.

Die Einsatzfähigkeit gilt bei dieser Prüfung als nachgewiesen, wenn alle drei sanierten Muffen des jeweiligen Verfahrens bei der Dichtheitsprüfung mit Wasserdruck auf Scheitelhöhe und mit Wasserdruck auf 1,50 m über der Rohrsohle als „dicht“ beurteilt wurden (vgl. Tab. 51). Die sich daraus ergebende Bewertung der Einsatzfähigkeit ist in Tab. 52 zusammengefasst.

Tab. 51: Schema zur Bewertung der Einsatzfähigkeit der geprüften Reparaturverfahren unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck

Bewertung	Erläuterung
Einsatzfähigkeit nachgewiesen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Jede der drei sanierten Muffen war bei der Außenwasserdruckprüfung mit Wasserstand auf Rohrscheitelhöhe und auf 1,50 m über Rohrsohle dicht.
Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eine oder mehrere der drei sanierten Muffen zeigte(n) bei der Außenwasserdruckprüfung mit Wasserstand auf Rohrscheitelhöhe und/oder auf 1,50 m über Rohrsohle eine Undichtigkeit.
Nicht geprüft	<ul style="list-style-type: none"> • Das Verfahren wurde nicht im Rahmen des IKT-Warentests bei Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck geprüft.

Tab. 52: Bewertung der Einsatzfähigkeit der geprüften Reparaturverfahren unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck

Verfahren	Prüfergebnisse der drei Reparaturstellen	Bewertung
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG (Spachtel-/ Verpressverfahren)	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturstellen bei Wasserdruck auf Scheitelhöhe und 1,50 m über Rohrsohle vollständig dicht 	Einsatzfähigkeit nachgewiesen
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH (Injektionsverfahren)	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Wasserdruck auf Rohr-Scheitelhöhe dicht • Bei Wasserdruck auf 1,50 m über Rohrsohle eine Reparaturstelle dicht; bei zwei Reparaturstellen war eine Tropfenbildung erkennbar 	Einsatzfähigkeit nicht nachgewiesen¹
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH (Kurzliner)	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturstellen bei Wasserdruck auf Scheitelhöhe und 1,50 m über Rohrsohle vollständig dicht 	Einsatzfähigkeit nachgewiesen
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH (Kurzliner)	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturstellen bei Wasserdruck auf Scheitelhöhe und 1,50 m über Rohrsohle vollständig dicht 	Einsatzfähigkeit nachgewiesen
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH (Innenmanschette)	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturstellen bei Wasserdruck auf Scheitelhöhe und 1,50 m über Rohrsohle vollständig dicht 	Einsatzfähigkeit nachgewiesen

¹ Bewertung wurde im Rahmen der 10. Arbeitssitzung (28.04.09) durch die Netzbetreiber vorgenommen auf Basis von Videosequenzen der Inneninspektion unter Außenwasserdruck

5.4 Prüfurteile und Gesamtergebnis

Die Prüfurteile für die Injektions- bzw. Spachtel-/Verpressverfahren, Kurzliner und Innenmanschetten werden aus den Bewertungsschwerpunkten „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ (15 %) und „Systemprüfungen“ (85 %) gebildet. 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.

Tab. 53 bis Tab. 55 fassen die für die „Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter“ und die „Systemprüfungen“ gebildeten Prüfurteile für die sechs Kurzliner-, die drei Innenmanschetten- und die drei Injektions- bzw. Spachtel-/Verpressverfahren zusammen. Zusatzinformationen wurden 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 getes-

teten Form angeboten werden und lt. Herstellerangaben z.B. Weiterentwicklungen eingeleitet wurden.

Tab. 53: 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 CONCRETE® 1850 und EPOXONIC® EX 1355		JaGoPur	Konudur Robopress 07 mit Zusatzstoff Konudur Additiv RP
IKT – Prüfurteil*	GUT (1,6)		GUT (2,3)	AUSREICHEND (4,0)
Systemprüfungen in Teststrecken (Gewichtung 85 %)	gut (1,7)		befriedigend (2,6)	ausreichend (4,2)
Funktionsfähigkeit ¹ (50 %)	2,0		3,5	4,2
Dichtheit ² (50 %)	1,3		1,6	4,2
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter ³ (Gewichtung 15 %)	sehr gut (1,0)		sehr gut (1,0)	befriedigend (3,0)
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
Zusatzinformationen:	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 ⁴	nachgewiesen		nicht nachgewiesen	nicht geprüft
Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck ⁵	nachgewiesen		nicht nachgewiesen	nicht geprüft
Lieferbar für Durchmesser (lt. Anbieter)	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
Verbesserungsmöglichkeiten	/		Entfernen der Harzrückstände; Veränderung des Packer-systems zur leichteren Positionierung	verlängerte Reaktionszeit des Harzes; Optimierung des Austauschs der Harzzuleitungen; Einzelverpressung von Schäden; Entfernen der Harzrückstände
Bemerkung	/		/	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. 54: 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
	3P-Plus-Kurzliner	KM - Kurzliner	K-LINER	ALOCIT Kurzliner	Point-Liner®	Konudur Sewer Repair Kit (VP)
Verfahren						
Eingesetztes Harzsystem	3P-Harz	ARALDITE GY 240 BD, mit ARADUR 16 BD, Luftverdränger, Haftvermittler	ARALDITE GY 250 BD, mit ARADUR 16 BD	ALOCIT Harz® Alocan mit Peroxan BP 50+ (Härter)	Multi - PL® - Harz	Konudur 266 SR (VP)
IKT – Prüfurteil*	GUT (2,2)	GUT (2,2)	BEFRIEDIGEND (2,8)	BEFRIEDIGEND (2,9)	BEFRIEDIGEND (3,1)	AUSREICHEND (4,2)
Systemprüfungen in Teststrecken (Gewichtung 85 %)	gut (2,4)	gut (2,2)	befriedigend (3,1)	befriedigend (3,3)	befriedigend (3,4)	ausreichend (4,3)
Funktionsfähigkeit ¹ (50 %)	3,3	2,4	3,3	2,6 ⁹	3,0	3,6
Dichtheit ² (50 %)	1,4	2,0 ⁶	2,9 ⁷	4,0 ⁸	3,9	5,0
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter³ (Gewichtung 15 %)	sehr gut (1,0)	gut (2,0)	sehr gut (1,5)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	ausreichend (4,0)
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
Zusatzinformationen:						
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 ⁴	nicht nachgewiesen ²	nicht angeboten	nicht angeboten	nicht nachgewiesen ¹	nicht nachgewiesen ²	nicht angeboten
Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck ⁵	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
Verbesserungsmöglichkeiten	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
Bemerkung	/	/	/	/	Einsatz eines zusätzlichen PES-Vlies in allen Nennweiten	Verfahren wird so 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 Betonstrecken

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 Betonstrecken 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

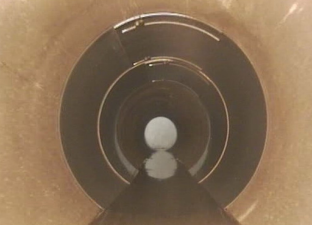


Tab. 55: Ergebnisse des IKT - Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ – Innenmanschetten

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
	Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung	Quick-Lock	Stuttgarter Hülse
Verfahren			
Eingesetztes Dichtungssystem	EPDM-Gummidichtung	EPDM-Gummidichtung	Spachtelmasse 03567L51
IKT – Prüfurteil*	GUT (2,2)	BEFRIEDIGEND (3,1)	AUSREICHEND (4,3)
Systemprüfungen in Teststrecken (Gewichtung 85 %)	gut (2,4)	befriedigend (3,4)	ausreichend (4,3)
Funktionsfähigkeit ¹ (50 %)	2,9	3,1	3,6
Dichtheit ² (50 %)	1,9	3,7	5,1
Qualitätssicherung der Verfahrensanbieter³ (Gewichtung 15 %)	sehr gut (1,5)	sehr gut (1,5)	ausreichend (4,0)
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
Zusatzinformationen			
Eindruck aus Baustellenuntersuchungen und Teststreckeneinsatz	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung	praxisgerechte Handhabung; Vorverpressung sämtlicher Schäden
Einsatzfähigkeit Beton-Eiprofil DN 400/600 ⁴	nicht angeboten	nicht angeboten	nicht nachgewiesen ¹
Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck ⁵	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
Verbesserungsmöglichkeiten	Kanten im Überlappungsbereich mindern	Spülbeständigkeit verbessern, hydraulische Eigenschaften der Manschette verbessern	Verspannung der Manschette und Dichtwirkung verbessern
Bemerkung	/	/	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 Betonteststrecken 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“ = 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.

Janßen Riss- und Scherbensanierung

Anbieter: Umwelttechnik Franz Janßen GmbH
 Verfahrensgruppe: Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren (hier: Injektionsverfahren)

IKT- Gesamturteil: 2,3

Systemprüfungen an Teststrecken:	2,6
Dichtheit:	1,6
Funktionsfähigkeit:	3,6
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:	1,0



Gesamteindruck

Im Punkt **Dichtheit** konnte mit der Janßen Riss- und Scherbensanierung ein gutes bis sehr gutes Ergebnis erzielt werden (Note 1,6). An sämtlichen Reparaturstellen wurde die Dichtheit des Kanalabschnitts wiederhergestellt oder verbessert. Einschränkungen gab es bei höheren Wasserinnendrücken, da bei der höchsten Druckstufe nur die Hälfte der Reparaturstellen vollständig abdichtete.

Abzüge in der Note gab es bei der **Funktionsfähigkeit**, da sämtliche Reparaturstellen nach der Hochdruckreinigung leichte Unebenheiten und z.T. auch von der Rohrwand gelöste dünne „Harzplatten“ zeigten. Da es sich bei den Materialablösungen um nicht vollständig entferntes „Überschussharz“ handelte, ist zwar eine Beeinträchtigung der Dichtwirkung nicht zu vermuten, allerdings sind Abflussbehinderungen nicht auszuschließen, wenn nicht rechtzeitig nachgearbeitet wird.

Hinsichtlich der **Qualitätssicherung** des Anbieters werden sämtliche Kriterien erfüllt (Note 1,0).

Der **Baustelleneinsatz** bestätigte eine grundsätzliche Praxistauglichkeit des Verfahrens. Wichtig für die Vorarbeiten ist, dass Haarrisse erkannt und aufgefräst werden, damit beim Injektionsvorgang ausreichend Harz in die Risse gepresst werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnendruck zusätzliche Risse entstehen können, sollten nach dem Verpressvorgang sorgfältig auf neue Risse untersucht werden (Entfernen des Überschussharzes notwendig), sodass ggf. ein erneuter Verpressvorgang vorgenommen werden kann.

Als **vorteilhaft** erwies sich die Zuleitung der Harzkomponenten zum Packer vom Sanierungsfahrzeug aus. So können ohne Unterbrechung größere Harzmengen in den Schaden gepresst werden. **Nachteile** ergaben sich durch die bei der Hochdruckspülung angelösten Harzrückstände auf der Rohroberfläche, sodass als **Verbesserung** eine nahezu vollständige Entfernung des überschüssigen Harzes zu empfehlen ist. Darüber hinaus kann eine Verbesserung des Packersystems zur leichteren und präziseren Positionierung des Packers auf der Schadstelle die Arbeiten erleichtern und insbesondere verkürzen. Die Reparaturarbeiten der Fa. Janßen nahmen insgesamt rund acht Tage in Anspruch.

KASRO 2 Komponenten - Verpresssystem

Anbieter: ProKASRO Mechatronik GmbH
 Verfahrensgruppe: Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren (hier: Injektionsverfahren)

IKT- Gesamturteil: 4,0

Systemprüfungen an Teststrecken:	4,2
Dichtheit:	4,2
Funktionsfähigkeit:	4,2
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:	3,0



Gesamteindruck

Beim KASRO 2 Komponenten – Verpresssystem traten schon während der Sanierungsarbeiten **Schwierigkeiten** beim Verpressen der Schadstellen auf. Ursprünglich sollte nicht nur die jeweilige Schadstelle verpresst werden, sondern auch der gesamte Rohrumfang über die Sanierungslänge mit einer dünnen Harzschicht überzogen werden (ähnlich einem Kurzliner). Dies sollte je Schadstelle in einem Verpressvorgang umgesetzt werden. In der Vorbereitung wurden bei den ersten Schadstellen über den Rohrumfang spiralförmige Rinnen sowie sog. Zwangskanäle gefräst, über die sich das Harz ausbreiten und zugfest mit der Rohrwand verbinden sollte. Aufgrund des offensichtlich für dieses Vorgehen zu schnell reagierenden Harzes (Verarbeitungszeit von 30 sec. bei 23°C, Aushärtung innerhalb von nur 10 min) gelang das Verpressen nicht vollständig. So blieben die gefrästen Rinnen (ca. 2-4 mm tief) teils frei, ebenfalls wurden einige Schadstellen nicht vollständig mit Harz verfüllt. Vor diesem Hintergrund wurde noch während der Sanierungsarbeiten im IKT das Vorgehen geändert, indem teils auf Spiralfräsungen verzichtet und die Schadensbilder teils in mehreren Schritten verpresst wurden.

Die zuvor beschriebenen Mängel beim Verpressvorgang wirkten sich unmittelbar auf die **Dichtheit** der Reparaturstellen aus. Sechs von zehn bewertungsrelevanten Reparaturstellen waren nach der Hochdruckreinigung undicht¹. Zwei der Reparaturstellen waren bis zur höchsten Druckstufe dicht, die restlichen zwei bis 0,2 bzw. 0,4 bar. Viele Schadstellen, die in der Innenansicht vollständig mit Harz verfüllt schienen, zeigten bei der Außenansicht im freigelegten Zustand Fehlstellen, aus denen bei der Dichtheitsprüfung Wasser austrat.

Ebenso erhielt das Verfahren Abzüge in der Note der **Funktionsfähigkeit**. Die dünnen Harzschichten auf den Rohrwandungen waren bei der HD-Spülung teilweise von der Rohrwand abgelöst worden und beeinflussten somit den Fließquerschnitt.

Da es sich bei dem KASRO 2 Komponenten – Verpressverfahren um ein neu entwickeltes Verfahren handelt, das mit dem Zeitpunkt der Sanierungsarbeiten im IKT seine Marktreife erreicht haben sollte, konnten die Anforderungen an die **Qualitätssicherung** noch nicht vollständig erfüllt werden. So wurden nur ein Verfahrenshandbuch, das Prüfzeugnis zur Umweltverträglichkeit sowie Daten zur Rückverfolgung des Lieferwegs vorgelegt.

¹ auf keiner Druckstufe dicht

Fortsetzung: Gesamteindruck KASRO 2 Komponenten – Verpresssystem

Baustellenuntersuchungen wurden bei diesem Verfahren nicht begleitet, da das Verfahren aufgrund der Prüfergebnisse vorerst vom Markt zurückgezogen bzw. von einer Markteinführung abgesehen wurde.

Insgesamt verbleibt der Eindruck, dass der Einsatz im IKT-Warentest noch verfrüht war, das KASRO 2 Komponenten - Verpresssystem allerdings mit entsprechenden Modifikationen durchaus zu einem funktionsfähigen Verfahren ausreifen kann, da im Bereich von ausreichend verpressten Schadensbereichen eine Dichtwirkung erzielt werden konnte. Fraglich ist allerdings, ob tatsächlich eine Art „Kurzliner“ mit ausreichender Haftwirkung erzielt werden kann oder Harzüberschüsse außerhalb des Schadens besser entfernt werden sollten. **Vorteilhaft** für dieses Verfahren ist die Zuleitung und Mischung der Harzkomponenten zum bzw. im Sanierungspacker. Die extrem kurze Aushärtezeit des Harzes kann sich positiv auf den Zeitaufwand auswirken, führte im Test jedoch auch zu Problemen beim Verpressvorgang und erfordert somit eine **Modifikation**. Ebenfalls kann der Austausch von Harzzuleitungen und Verpressöffnungen im Sanierungspacker (notwendig nach jeder Verpressung) optimiert werden, da er im Vergleich zu Verpressvorgang und Aushärtung viel Zeit in Anspruch nahm (Gesamtdauer der Arbeiten ca. sechs Tage).

Nach Angaben des Herstellers wurden bereits **Weiterentwicklungen** des Verfahrens vorgenommen [13]. Diese umfassen lt. Hersteller u.a. die Verlängerung der Verarbeitungszeit des Harzes, Änderungen des Packersystems (schnellerer Austausch der Harz-Mischapparatur) und Änderungen der Verpresssteuerung.

KA-TE PMO - Verfahren

Anbieter: KA-TE PMO AG
 Verfahrensgruppe: Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren (hier: Spachtel-/Verpressverfahren)

IKT- Gesamturteil: 1,6

Systemprüfungen an Teststrecken: 1,7
 Dichtheit: 1,3
 Funktionsfähigkeit: 2,0
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters: 1,0



Gesamteindruck

Im Rahmen der **Dichtheitsprüfungen** konnte das KA-TE PMO - Verfahren mit einem sehr guten Ergebnis überzeugen und erreichte das beste Ergebnis sämtlicher geprüfter Verfahren. Neun von zehn bewertungsrelevanten Reparaturstellen waren nach der Hochdruckspülung bis zur höchsten Druckstufe von 0,5 bar dicht, nur an einer Reparaturstelle trat bei einer Druckstufe von 0,2 bar Wasser aus.


Auch im Punkt **Funktionsfähigkeit** konnte mit dem Verfahren ein gutes und gleichzeitig bestes Ergebnis erzielt werden. Nur mit wenigen Ausnahmen wiesen die Reparaturstellen eine glatte Oberfläche ohne jegliche Auffälligkeiten auf. Insbesondere die verspachtelten Bereiche (Muffen und Risse) schlossen i.d.R. eben mit der Rohroberfläche ab. Abzüge in der Note gab es durch kleine Unebenheiten, Kanten oder geringe Materialablösungen, die teils an den verpressten Schadensbereichen (Ausbrüche) sichtbar waren.

Hinsichtlich der **Qualitätssicherung** des Anbieters werden sämtliche Kriterien erfüllt (Note 1,0).

Wie die **Baustellenuntersuchungen** bestätigten, handelt es sich bei dem KA-TE PMO - Verfahren um ein grundsätzlich praxistaugliches Verfahren. Was allerdings als **nachteilig** eingestuft werden kann, ist der hohe Zeitaufwand, der sich bei den Sanierungsarbeiten ergeben kann. Durch das begrenzte Volumen der Harzkartusche auf dem Roboter muss bei größeren Schadstellen mehrfach Harz angemischt und die Kartusche außerhalb des Kanals gewechselt werden. Darüber hinaus schien das Verspachteln der Schadstellen viel Geschick und Erfahrung des Technikers zu erfordern. Als **vorteilhaft** ist die sehr präzise Ausbesserung der Schadstelle zu nennen, mit der nahezu ebene und von Harzresten freie Kanaloberflächen hergestellt werden können. Als positiv ist ebenfalls die im Rahmen des Tests nachgewiesene Einsatzfähigkeit in Eiprofilen sowie bei eintretendem Grundwasser und Außenwasserdruck zu nennen. Wichtig für die Vorarbeiten ist, dass auch Haarrisse erkannt, aufgefräst und mit verspachtelt werden.

Als **Verbesserungspotential** bleibt eine Verringerung des Zeitaufwands zu nennen (für die Reparaturarbeiten im IKT wurden insgesamt ca. sechs Arbeitstage benötigt), die sich jedoch bisher nur eingeschränkt umsetzen lässt. Eine Vergrößerung der Harzkartusche auf dem Roboter könnte verlangsamte Reaktionszeiten des Harzes und ggf. auch eine Vergrößerung des Roboters erfordern.

ALOCIT Kurzliner	
Anbieter:	ALOCIT Chemie GmbH
Verfahrensgruppe:	Kurzliner

IKT- Gesamturteil:	2,9	
Systemprüfungen an Teststrecken:	3,3	
Dichtheit:	4,0	
Funktionsfähigkeit:	2,6	
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:	1,0	

Gesamteindruck

Bezüglich des Prüfkriteriums **Dichtheit** zeigten sich beim ALOCIT Kurzliner Mängel. Die Hälfte der Reparaturstellen war bei der Dichtheitsprüfung nach Hochdruckspülung undicht¹. Während der Sanierungsarbeiten entwichen an den Schadstellen des Rohres größere Mengen des Sanierungsharzes. Ebenso bildeten sich teilweise innerhalb der Rohre Harzpfützen auf der Rohrsohle. Möglicherweise fehlte dadurch Harz im Glasfasergewebe. Darüber hinaus wird seitens des Anbieters vermutet, dass Fettrückstände auf der Rohrwandung die Haftwirkung der Kurzliner negativ beeinflusst haben könnten.

Der optische Eindruck der Kurzliner lieferte bei der Bewertung der **Funktionsfähigkeit** das zweitbeste Ergebnis in der Gruppe der Kurzliner (Note = 2,6). Die Kurzliner zeigten nach der Hochdruckspülung noch eine relativ glatte Oberfläche und nur in Teilbereichen angeraute Stellen bzw. in einem Einzelfall freiliegende Fasern. Die Kurzliner-Enden wiesen überwiegend nur geringe Kanten auf. In wenigen Fällen wurden Ringspalte und geringe Falten gemessen.


Hinsichtlich der **Qualitätssicherung** des Anbieters werden sämtliche Kriterien erfüllt (Note 1,0).

Die **Baustellenuntersuchung** bestätigte eine grundsätzliche Praxistauglichkeit des Verfahrens. Wichtig ist für die vorbereitenden Spül- und Fräsarbeiten sowie den eigentlichen Setzvorgang des Kurzliners, dass der Kanal abwasserfrei gehalten wird, damit der Kurzliner auf eine saubere Oberfläche gesetzt werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnendruck zusätzliche Risse entstehen können, sollten insbesondere in Steinzeugleitungen bis über beide angrenzenden Muffen saniert werden.

Als **vorteilhaft** erwies sich bei diesem Kurzlinerverfahren eine relativ gute Spülbeständigkeit. Darüber hinaus wurden die Reparaturarbeiten aufgrund der kurzen Aushärtezeit des Harzes in Verbindung mit einem geringen Umfang an Fräsarbeiten in rund drei Tagen umgesetzt. **Nachteilig** waren die Einschränkungen in der Dichtheit. Aus dem Test leitet sich als empfohlene Verbesserung eine **Modifikation** des Harzes zu einer höheren Viskosität ab, die bereits vom Anbieter umgesetzt wurde. Darüber hinaus sollten mögliche Einflüsse von Fettrückständen auf der Rohrwandung auf die Haftwirkung der Kurzliner untersucht werden und ggf. die Vorarbeiten ausgeweitet werden. Möglicherweise ließe sich die Dichtwirkung des Kurzliners auch durch umfangreichere Vorarbeiten steigern.

¹ auf keiner Druckstufe dicht


3P-Plus-Kurzliner	
Anbieter:	sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH
Verfahrensgruppe:	Kurzliner

IKT- Gesamturteil: 2,2		
Systemprüfungen an Teststrecken:		2,4
Dichtheit:		1,4
Funktionsfähigkeit:		3,3
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:		1,0

Gesamteindruck
<p>Im Punkt Dichtheit schnitt der 3P-Plus-Kurzliner mit einer Note von 1,4 (sehr gut) am besten unter den Kurzlinern ab. Mit Ausnahme eines einzelnen Kurzliners dichteten alle die Schadstellen bis zur höchsten Druckstufe von 0,5 bar ab. An der undichten Reparaturstelle waren aus Zeitgründen der Sanierungsfirma die Fräsarbeiten im Vergleich zu den anderen Schadstellen in Steinzeugrohren geringer ausgefallen (vgl. Abschnitt 4.2.1.5).</p> <p>Bei der Funktionsfähigkeit erhielt der 3P-Plus-Kurzliner Abzüge in der Note, da durch die Hochdruckspülung sämtliche Kurzliner deutlich angeraut wurden und in Teilbereichen Fasern des Laminats freilagen. Bei einigen Kurzlinern waren auch Materialablösungen entstanden. In den Randbereichen der Kurzliner lagen i.d.R. nur geringe Kanten vor.</p> <p>Hinsichtlich der Qualitätssicherung des Anbieters werden sämtliche Kriterien erfüllt (Note 1,0).</p> <p>Wie die Baustellenuntersuchungen bestätigten, handelt es sich beim 3P-Plus-Kurzliner um ein grundsätzlich praxistaugliches Verfahren. Allerdings ist zu hinterfragen, ob die im Rahmen der Systemprüfungen sehr ausgiebigen Fräsarbeiten auch in der Praxis umgesetzt werden und in welchem Umfang sie für eine gute Qualität des Kurzliners tatsächlich erforderlich sind. Wichtig ist für die vorbereitenden Spül- und Fräsarbeiten sowie den eigentlichen Setzvorgang des Kurzliners, dass der Kanal abwasserfrei gehalten wird, damit der Kurzliner auf eine saubere Oberfläche gesetzt werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnendruck zusätzliche Risse entstehen können, sollten insbesondere in Steinzeugleitungen bis über beide angrenzenden Muffen saniert werden.</p> <p>Ein Vorteil des 3P-Plus-Kurzliners lag in der guten Dichtwirkung sowie der im Rahmen des Testes nachgewiesenen Einsatzfähigkeit bei Grundwasserzufluss und Außenwasserdruck. Als nachteilig wirkte sich die eingeschränkte Spülbeständigkeit aus mit entsprechenden Verbesserungspotentialen. Darüber hinaus sollte durch Untersuchungen geklärt werden, ob zeitaufwendige Fräsarbeiten grundsätzlich im gesamten Kurzlinerbereich notwendig sind oder ob es sich bei der Undichtigkeit des Liners mit verringertem Fräsumfang um einen Einzelfall handelt (Gesamtdauer der Reparaturarbeiten im IKT rund acht Tage). Da anhand der weiterführenden Untersuchungen im Rahmen dieses Tests festgestellt wurde, dass das 3P Harz auf Steinzeugohren nur bei entfernter Glasur ausreichend haftet, bietet eine größere Fräsfläche prinzipiell auch größere Sicherheiten gegen Hinterläufigkeiten.</p>

K-Liner		
Anbieter:	Kuchem GmbH	
Verfahrensgruppe:	Kurzliner	
IKT- Gesamturteil: 2,8		
Systemprüfungen an Teststrecken:		3,1
Dichtheit:		2,9
Funktionsfähigkeit:		3,3
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:		1,5
Gesamteindruck		
<p>Im Kriterium Dichtheit schneidet der K-Liner mit einem befriedigenden Prüfergebnis ab. Rund $\frac{2}{3}$ der Reparaturstellen waren bei den Dichtheitsprüfungen nach Hochdruckreinigung dicht.</p> <p>Ebenfalls wurde bei der Funktionsfähigkeit ein befriedigendes Prüfergebnis erzielt (Note 3,3). Die Kurzliner wiesen zwar im überwiegenden Bereich eine relativ glatte Oberfläche mit nur teilweise leicht angerauten Stellen im Sohlbereich auf, jedoch waren bei acht von zwölf Kurzlinern Materialablösungen, Ringspalte oder Einrisse an dem bei der Hochdruckspülung stärker beanspruchten Kurzliner-Ende entstanden. An den Kurzliner-Enden lagen i.d.R. nur geringe Kanten vor, mit Ausnahme von Bereichen mit Materialablösungen.</p> <p>Im Punkte Qualitätssicherung wurden sämtliche Nachweise mit Ausnahme der DIBt-Zulassung erbracht.</p> <p>Die Baustellenuntersuchung bestätigte eine grundsätzliche Praxistauglichkeit des Verfahrens. Wichtig ist für die vorbereitenden Spül- und Fräsarbeiten sowie den eigentlichen Setzvorgang des Kurzliners, dass der Kanal abwasserfrei gehalten wird, damit der Kurzliner auf eine saubere Oberfläche gesetzt werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnendruck zusätzliche Risse entstehen können, sollten insbesondere in Steinzeugleitungen bis über beide angrenzenden Muffen saniert werden.</p> <p>Als vorteilhaft zeigten sich vergleichsweise hohe Haftzugwerte in den Steinzeugleitungen der Teststrecken. Einschränkungen gab es z.T. in der Dichtheit (teils perlte Wasser durch das Laminat) und in der Spülbeständigkeit der Kurzliner, die möglicherweise durch eine weitere Glasfaserschicht verbessert werden können. Die Vermessung eines Probekörpers ergab eine mittlere Wanddicke des 2-lagigen Kurzliners von nur ca. 2,5 mm.</p>		

KM – Kurzliner	
Anbieter:	KMG Pipe Technologies GmbH
Verfahrensgruppe:	Kurzliner

IKT- Gesamturteil: 2,2		
Systemprüfungen an Teststrecken:		2,2
Dichtheit:		2,0
Funktionsfähigkeit:		2,4
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:		2,0

Gesamteindruck
<p>Mit dem KM – Kurzliner konnte ein gutes Ergebnis bei der Dichtheitsprüfung erzielt werden, das zweitbeste Ergebnis der Verfahrensgruppe. Rund $\frac{3}{4}$ der Reparaturstellen waren bei der Dichtheitsprüfung nach Hochdruckreinigung bis zur höchsten Druckstufe von 0,5 bar dicht. In den Betonrohren zeigte sich keine Undichtigkeit, in den Steinzeugleitungen waren zwei Reparaturstellen undicht (an einer der Reparaturstellen konnte der Packerdruck beim Setzen des Kurzliners aufgrund eines Defekts nicht abgelesen werden).</p> <p>Bei der Funktionsfähigkeit erzielte der KM – Kurzliner mit der Note 2,4 das beste Ergebnis der Verfahrensgruppe. Die Kurzliner hatten auch nach der Hochdruckreinigung eine überwiegend glatte Oberfläche. Nur in Teilbereichen war die Oberfläche leicht angeraut. Abzüge in der Note entstanden durch Materialablösungen an der Laminatoberfläche (Einzelfall), Ringspalte ($\frac{1}{3}$ der Kurzliner) und Kanten durch Harzreste im Sohlbereich.</p> <p>Bei der Qualitätssicherung konnte eine Note von 2,0 erreicht werden. Es lagen das Verfahrenshandbuch sowie Nachweise zu Schulungen, Fremdüberwachung, Umweltverträglichkeit und Rückverfolgbarkeit des Lieferwegs vor.</p> <p>Die Baustellenuntersuchung bestätigte eine grundsätzliche Praxistauglichkeit des Verfahrens. Wichtig ist für die vorbereitenden Spül- und Fräsarbeiten sowie den eigentlichen Setzvorgang des Kurzliners, dass der Kanal abwasserfrei gehalten wird, damit der Kurzliner auf eine saubere Oberfläche gesetzt werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnendruck zusätzliche Risse entstehen können, sollten insbesondere in Steinzeugleitungen bis über beide angrenzenden Muffen saniert werden.</p> <p>Die Vorzüge des Verfahrens liegen in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen der Dichtheit und der Funktionsfähigkeit und darin, dass die guten Noten mit relativ geringem Spül- und Fräsaufwand erzielt wurden. Die weiterführenden Untersuchungen im Rahmen des IKT-Warentests ergaben dementsprechend sowohl für gefräste als auch für glasierte Steinzeugoberflächen sehr hohe Haftzugwerte. Darüber hinaus konnte im Rahmen des Warentests die Einsatzfähigkeit bei Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck nachgewiesen werden. Da am Ausbruch (20x20 cm) der Teststrecke DN 200 Wasser durch das 2-lagige Kurzlinerlaminat drang, ist bei größeren Ausbrüchen auch in kleinen Nennweiten ein 3-lagiger Kurzliner zu empfehlen, um die Dichtheit zu verbessern (bei Leitungen DN 300 waren 3-lagige Kurzliner verwendet worden).</p>

Konudur Sewer Repair Kit (VP)

Anbieter: MC-Bauchemie Müller GmbH
 Verfahrensgruppe: Kurzliner

IKT- Gesamturteil: 4,2

Systemprüfungen an Teststrecken: 4,3

Dichtheit: 5,0

Funktionsfähigkeit: 3,6

Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters: 4,0



Gesamteindruck

Bei der **Dichtheit** wurde mit dem Konudur Sewer Repair Kit (VP) nur ein mangelhaftes Prüfergebnis erzielt. Lediglich zwei von zehn bewertungsrelevanten Kurzlinern waren bei der Prüfung nach Hochdruckreinigung dicht¹. An den frei liegenden Rohren konnte beobachtet werden, dass das Wasser i.d.R. durch Poren im Laminat nach außen trat.

Auch bei der **Funktionsfähigkeit** schnitt der Kurzliner nur mit der Note 3,6 ab, da sämtliche Kurzliner insbesondere im Sohlbereich eine angeraute Oberfläche aufwiesen und mit Ausnahme eines Kurzliners auch freiliegende Glasfasern. ²/₃ der Kurzliner zeigten darüber hinaus auch oberflächliche Materialablösungen oder Ablösungen des Laminats von der Rohrwand mit entsprechender Spalt- und Kantenbildung im Fließquerschnitt.


Im Rahmen der **Qualitätssicherungsmaßnahmen** konnten aufgrund des neu entwickelten Verfahrens nur die Umweltverträglichkeit, das Verfahrenshandbuch sowie Bauteilkenndaten zur Rückverfolgung des Lieferwegs vorgewiesen werden.

Da aufgrund der Testergebnisse von der ursprünglich vorgesehen Markteinführung abgesehen wurde, konnten keine **Baustellen** begleitet werden. Grundsätzlich ist auch bei diesem Verfahren wichtig für die vorbereitenden Spül- und Fräsarbeiten sowie den eigentlichen Setzvorgang des Kurzliners, dass der Kanal abwasserfrei gehalten wird, damit der Kurzliner auf eine saubere Oberfläche gesetzt werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnen- druck zusätzliche Risse entstehen können, sollten insbesondere in Steinzeugleitungen bis über beide angrenzenden Muffen saniert werden.

Verbesserungspotentiale für dieses Verfahren bestehen sowohl in der Dichtheit des Laminats als auch in der Spülbeständigkeit der Kurzliner. Da es sich bei diesem Produkt um eine Neuentwicklung handelt, scheint das Produkt noch unausgereift zu sein. Nach Herstellerangaben wird derzeit von einer Weiterentwicklung des Produktes und einer Markteinführung abgesehen [14].

¹ die restlichen Reparaturstellen waren auf keiner Druckstufe dicht

Point-Liner®	
Anbieter:	Bodenbender GmbH
Verfahrensgruppe:	Kurzliner

IKT- Gesamturteil:	3,1	
Systemprüfungen an Teststrecken:	3,4	
Dichtheit:	3,9	
Funktionsfähigkeit:	3,0	
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:	1,0	

Gesamteindruck

Hinsichtlich der **Dichtheit** wird der Point-Liner® mit „ausreichend (3,9)“ bewertet. Nur die Hälfte der Reparaturstellen war bei Druckstufen zwischen 0,1 und 0,5 bar dicht. Nach Angaben des Herstellers bestanden bei den Sanierungen in der Betonteststrecke DN 600 technische Probleme mit dem Packersystem. Beim Vergleich der Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen an den Betonteststrecken zeigen sich deutliche Unterschiede: Während in der Teststrecke DN 300 sämtliche Kurzliner bis zur höchsten Druckstufe von 0,5 bar abdichteten, waren die Kurzliner in der Teststrecke DN 600 bei keiner Druckstufe dicht.

Die **Funktionsfähigkeit** wurde von den Netzbetreibern als „befriedigend“ (3,0) eingestuft. Nach der Hochdruckspülung waren die Oberflächen der Kurzliner in großen Teilbereichen zwar noch relativ glatt, allerdings zeigten $\frac{2}{3}$ der Kurzliner an den in Spülrichtung liegenden Kurzliner-Enden freiliegende Fasern, Materialablösungen an der Laminatoberfläche und/oder Ringspalte. An den Kurzliner-Enden lagen i.d.R. nur geringe Kanten vor.

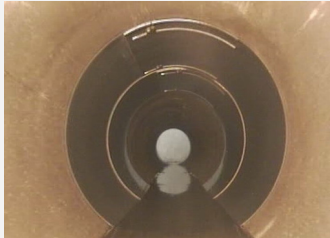
Hinsichtlich der **Qualitätssicherung** des Anbieters werden sämtliche Kriterien erfüllt (Note 1,0).

Wie die **Baustellenuntersuchungen** bestätigten, handelt es sich beim Point-Liner® um ein grundsätzlich praxistaugliches Verfahren. Wichtig ist für die vorbereitenden Spül- und Fräsarbeiten sowie den eigentlichen Setzvorgang des Kurzliners, dass der Kanal abwasserfrei gehalten wird, damit der Kurzliner auf eine saubere Oberfläche gesetzt werden kann. Schadensbilder, bei denen unter dem Packerinnendruck zusätzliche Risse entstehen können, sollten insbesondere in Steinzeugleitungen bis über beide angrenzenden Muffen saniert werden.

Möglichkeiten zur **Produktverbesserung** bestehen prinzipiell in der Abdichtungsfunktion sowie der Spülbeständigkeit. Möglicherweise kann eine Verbesserung des Mischvorgangs des Harzes zu besseren Ergebnissen führen. Die im IKT-Warentest eingesetzten, vorgefertigten Harz-Portionsbeutel, in denen Komponente A und B bereits in getrennten Kammern abgefüllt sind, brachten Vor- und Nachteile. Zwar konnten Fehler beim Mischverhältnis vermieden werden, jedoch war der Mischvorgang nicht optimal. Beide Komponenten wurden nach Verbinden der zwei Kammern im Alubeutel vermischt. Im Ergebnis war das Harz oft nicht schlierenfrei.

Nach Angaben des Herstellers wurden bereits eigene Tests zur Modifizierung des Packersystems für Leitungen DN 600 durchgeführt.

Quick-Lock	
Anbieter:	UHRIG Kanaltechnik GmbH
Verfahrensgruppe:	Innenmanschetten

IKT- Gesamturteil: 3,1	
Systemprüfungen an Teststrecken: 3,4	
Dichtheit: 3,7	
Funktionsfähigkeit: 3,1	
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters: 1,5	

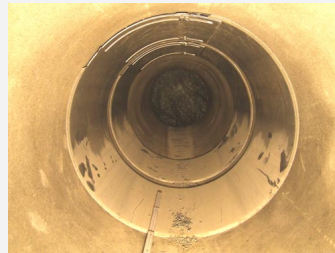
Gesamteindruck
<p>Bei der Dichtheit zeigte die Quick-Lock Manschette Schwächen. Nach der Hochdruckreinigung war die Hälfte der bewertungsrelevanten Manschetten bei keiner Druckstufe dicht. Offensichtlich hatte bei diesen Manschetten ein Versagen der Schloss-Zahnleiste mit Verminderung des Aufspanndrucks der Manschetten zu den Undichtigkeiten geführt. Scheinbar waren die Schäden an den Zahnleisten während der Hochdruckspülung entstanden, da hier im Laufe der Spüldurchgänge plötzlich Wasser aus den Schadensbereichen austrat. Als Ursache wurden mit dem Hersteller unterschiedlichste Ansätze diskutiert (vgl. Abschnitt 4.2.3), jedoch konnte sie nicht eindeutig geklärt werden.</p> <p>Im Punkt Funktionsfähigkeit schneidet die Quick-Lock Manschette mit einem „befriedigend“ ab, da an den Manschettenrändern verfahrensbedingt kleine Kanten im Bereich von ca. 5 mm Höhe entstehen (im Überlappungsbereich auch größer). Bei Manschetten mit defekten Zahnleisten traten teils auch weitere Durchmesser-Verminderungen im Millimeter-Bereich auf. In einem Einzelfall wurde eine Manschette von der Schadstelle gelöst und mit der Spüldüse weiter in Fließrichtung transportiert.</p> <p>Bei der Qualitätssicherung werden sämtliche Kriterien mit Ausnahme der Möglichkeit zur Rückverfolgung des Lieferwegs erfüllt.</p> <p>Der Baustelleneinsatz bestätigte den vergleichsweise unkomplizierten und sehr schnellen Einbau der Quick-Lock Manschette.</p> <p>Die Verbesserungspotentiale der Manschette in Form einer Verbesserung der hydraulischen Eigenschaften und einer Erhöhung der Spülsicherheit wurden vom Anbieter bereits bei der modifizierten Quick-Lock Manschette mit einseitiger Aufbördelung umgesetzt. Die hier getestete Manschette ist am Markt bereits durch die Quick-Lock Manschette mit einseitiger Aufbördelung ersetzt worden (s. nachfolgende Bewertung).</p>

Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung

Anbieter: UHRIG Kanaltechnik GmbH
 Verfahrensgruppe: Innenmanschetten

IKT- Gesamturteil: 2,2

Systemprüfungen an Teststrecken:	2,4
Dichtheit:	1,9
Funktionsfähigkeit:	2,9
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters:	1,5



Gesamteindruck

Im Rahmen des Prüfkriteriums **Dichtheit** ergab sich ein gutes Ergebnis bei der Quick-Lock Manschette mit einseitiger Aufbördelung. Lediglich eine der bewertungsrelevanten Reparaturstellen war bei keiner Druckstufe dicht. Sichtbare Schäden durch die HD-Spülung entstanden bei dieser modifizierten Manschette nicht.

Auch hinsichtlich der **Funktionsfähigkeit** konnte die Manschette gegenüber dem Vorgängermodell eine geringfügig bessere Note erzielen. Im Bereich der Aufbördelung des in Fließrichtung liegenden Manschettenrands werden Kanten im Fließquerschnitt vermieden. Da aber im Überlappungsbereich des Stahlbleches (i.d.R. im Scheitelpunkt liegend) nach wie vor teils deutliche Kanten entstanden, liegt der Gesamteindruck bei „befriedigend“ (Note 2,9).

Bei der **Qualitätssicherung** werden sämtliche Kriterien mit Ausnahme der Möglichkeit zur Rückverfolgung des Lieferwegs erfüllt.

Der **Baustelleneinsatz** ist aufgrund der gleichbleibenden Einbaubedingungen von der Quick-Lock Manschette ohne Aufbördelung übertragbar: Es bestätigte sich ein relativ unkomplizierter und schneller Einbau der Manschette.

Als **Vorteil** der Quick-Lock Manschette ist der i.d.R. schnell umzusetzende Einbau mit entsprechend kurzer Einschränkung des Kanalbetriebs zu nennen (Dauer der Reparaturen in den Teststrecken weniger als 3 Tage (ca. 22 h), Reparatur der drei Muffen unter Grundwasserzutritt im Versuchsstand ca. 1 h). Dies basiert auf dem schnellen Setzvorgang, das Fehlen aushärtender Materialien und den geringen Vorarbeiten (mit Ausnahme bei Versätzen, einragenden Hindernissen und verfestigten Ablagerungen). Etwas zeitaufwendiger wird der Einbau bei langen Schadensbildern, da die 40-50 cm langen Manschetten als Serie versetzt werden müssen. Hier ist auf eine exakte Einmessung zu achten, um Versetzfehler und möglicherweise folgende Undichtigkeiten zu vermeiden.

Ein besonderes Einsatzgebiet liegt bei Grundwassereintrüben in den Kanal, da diese schnell vermindert bzw. behoben werden können und kein Abspülen von Sanierungsmaterial zu befürchten ist. Im Rahmen der weiterführenden Untersuchungen wurde die Einsatzfähigkeit unter Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck bestätigt.

Als **nachteilig** kann sich die schmale Dichtung auswirken. An beiden Manschettenrändern sorgen jeweils zwei umlaufende Dichtnoppen (Breite insgesamt ca. 2,5 cm) für die Dichtheit, die beim Aufspannen der Manschette an die Rohrwand gepresst und komprimiert werden. Bei unebenen

Fortsetzung: Gesamteindruck der Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung

Rohroberflächen könnten so Hinterläufigkeiten entstehen.

Entsprechend wurde bei den Reparaturarbeiten im Rahmen des IKT-Warentests eine Manschette im Betonrohr nach eigenen Dichtheitsprüfungen des Anbieters erneut gesetzt und mit einem Quellband kombiniert. Bei unebenen Altrohroberflächen sollten daher ggf. zusätzliche Maßnahmen wie ein Vorfräsen der Rohroberfläche oder der Einsatz von Quellbändern¹ in Betracht gezogen werden.


Darüber hinaus ist die Dichtwirkung der vorgespannten Manschette nur bei dauerhafter Kompression der Dichtung, also bei dauerhaftem Gegendruck des Rohres, gegeben. Bei den Sanierungsarbeiten sollte daher darauf geachtet werden, dass die abdichteten Manschettenränder in ungeschädigte Rohrbereiche einbinden.

Auch bei Serienversätzen (überlappende Manschetten) ist sicherzustellen, dass das Rohr unter dem Anpressdruck der Manschette nicht nachgibt. Ist dies nicht auszuschließen, können die Manschetten mit zusätzlichen „Protectorblechen“ oder dünnen Stahlrohren zwischen Manschette und Rohrwand kombiniert werden. Laut Angaben des Herstellers können nur Rissbreiten in der Altrohrwandung bis max. 5 mm Breite mit der Dichtung überbrückt werden.

Als eine **Verbesserungsmöglichkeit** kann ein flacherer Überlappungsbereich der Stahlbleche angestrebt werden.

¹ Die Wirkung von Quellbändern wurde im Rahmen des IKT-Warentests nicht untersucht

Stuttgarter Hülse	
Anbieter:	Haas GmbH & Co. KG
Verfahrensgruppe:	Innenmanschetten

IKT- Gesamturteil: 4,3	
Systemprüfungen an Teststrecken: 4,3	
Dichtheit: 5,1	
Funktionsfähigkeit: 3,6	
Qualitätssicherung des Verfahrensanbieters: 4,0	

Gesamteindruck
<p>Im Punkt Dichtheit bestanden bei der Stuttgarter Hülse deutliche Mängel. Von zehn bewertungsrelevanten Reparaturstellen waren acht bereits bei der Befüllung der Leitung teils extrem undicht. Der Anbieter begründet diese starken Undichtigkeiten mit fehlerhaft produzierten Stahlhülsen. Demnach seien die Bleche mit einem zu groben Schlossraster gefertigt worden, sodass die Manschetten nicht ausreichend verspannt werden konnten.</p> <p>Auch bei der Bewertung der Funktionsfähigkeit zeigten sich Auswirkungen der mangelhaften Verspannung: An sämtlichen Manschetten bestanden Ringspalte zwischen Stahl und Rohrwandung, die je nach Spaltstärke auch zu Kanten am Manschettenrand führten. Darüber hinaus waren bei der Hälfte der Manschetten Spülschäden in Form von Einbeulungen des Stahls entstanden. Darüber hinaus waren auf allen Manschetten teils Harzreste verblieben, die zu einer unebenen, rauen Oberfläche, teils mit Kanten führten. Als positiver Punkt sind die beidseitig abgerundete Kanten der Stahlhülse zu nennen, die zumindest in planmäßig anliegenden Randbereichen einen „sanften“ Übergang zur Rohrwandung erzeugten. Auch der Überlappungsbereiche des Stahls bildet in gut verspannten Bereichen nur geringe Kanten.</p> <p>Soweit es sich bei den Stahlhülsen um einen Produktionsfehler handeln sollte, ist dieser offensichtlich weder bei vorherigen Qualitätssicherungsmaßnahmen noch im Rahmen der Sanierungsarbeiten im IKT aufgefallen. Entsprechend wurden vom Anbieter keine Nachweise zur Rückverfolgbarkeit der Lieferwege erbracht. Ebenso wurden keine Unterlagen zu Angeboten von Schulungen, der Umweltverträglichkeit des eingesetzten Harzes, einer DIBt-Zulassung oder weiteren Prüfzeugnissen erbracht. Aufgrund des Verfahrenshandbuchs und der Möglichkeit zur Fremdüberwachung von Sanierungsarbeiten wurde dieser Punkt noch mit „ausreichend“ bewertet.</p> <p>Die Baustellenuntersuchung bestätigte eine grundsätzliche Praxistauglichkeit des Verfahrens und zeigte einen schnellen Einbau der Manschetten. Der Sanierungspacker wird nach dem Setzvorgang entfernt und muss nicht während der 3-4 stündigen Aushärtung des Harzes beibehalten werden.</p> <p>Ein Vorteil zeigte sich im schnellen Setzvorgang der Manschetten (Arbeitsaufwand im IKT insgesamt rund drei Arbeitstage), jedoch sind deutliche Verbesserungen bei der Verspannung der Manschette mit positivem Einfluss auf Dichtheit und Spülbeständigkeit bzw. bei der Qualitätsüberwachung notwendig.</p>

Fortsetzung: Gesamteindruck Stuttgarter Hülse

Nach Angaben des Anbieters [15] wird die Stuttgarter Hülse nicht mehr in dieser Form für Kanalsanierungsarbeiten vertrieben. Die Manschette werde nun in Kombination mit einem dreilagigen Epoxidharzlaminat angeboten (ähnlich einem Kurzliner), der außen auf der Stahlhülse positioniert und zusammen mit dieser in den Kanal gesetzt wird. Das Laminate übernehme die Dichtfunktion. Die hier getestete Stuttgarter Hülse werde nur noch in Drainagerohren eingesetzt.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Hintergrund

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.

In Zusammenarbeit mit den beteiligten Netzbetreibern wurden das Prüfprogramm erarbeitet, die zu testenden Verfahren ausgewählt und die Bewertung der Verfahren vorgenommen.

Insgesamt wurden zwölf Reparaturverfahren aus den drei Verfahrensgruppen „Kurzliner“, „Innenmanschetten“ und „Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren“ getestet:

- **Drei Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren:** Janßen Riss- und Scherben-sanierung (Injektionsverfahren), KASRO 2 Komponenten - Verpresssystem (Injektionsverfahren), KA-TE PMO - Verfahren (Spachtel-/ Verpressverfahren),
- **Sechs Kurzliner-Verfahren:** ALOCIT Kurzliner, 3P-Plus-Kurzliner, K-Liner, KM – Kurzliner, Konudur Sewer Repair Kit (VP), Point-Liner®,
- **Drei Innenmanschetten:** Quick-Lock, Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung und Stuttgarter Hülse.

Vorgehensweise

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

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 der Lieferwegs der eingebauten Materialien.

Im Rahmen der **Systemprüfungen** wurden die verschiedenen Verfahren in Kanalversuchsstrecken eingesetzt, um Einsatzmöglichkeiten und Sanierungsqualitäten vergleichend zu testen. Je Verfahren wurden fünf Teststrecken für die Reparaturaufgabe vorgesehen: Zwei Strecken aus Steinzeugrohren DN 200 und DN 300 sowie drei Strecken aus Betonrohren DN 300, DN 600 und DN 400/600. 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. Jede Teststrecke beinhaltete drei Schadensbilder, mit denen unterschiedliche Rissbildungen, Ausbrüche bzw. fehlende Wandungsteile und undichte Muffen nachgebildet wurden.

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. Bei den Kurzlinern und Innenmanschetten, bei denen der Boden nicht Bestandteil des Sanierungsergebnisses ist, wurden die Teststrecken auf dem Hallenboden aufgelagert. Die Betonteststrecken 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.

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.

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 für ein bestmögliches Sanierungsergebnis durchzuführen.

Bei den Prüfungen im Rahmen des IKT-Warentests „Reparaturverfahren für Hauptkanäle“ wurde ein Schwerpunkt auf die Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der Reparaturstellen gelegt. 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 der Reparaturstellen als auch nach Simulation betrieblicher Belastungen durch Hochdruckreinigung mit Wasserinnendruck auf Dichtheit geprüft. Nach Simulation betrieblicher Belastungen⁴⁰ wurde in einem Zuge mit 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 Rohraußenseite.

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.

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

⁴⁰ Die Zustände nach HD-Reinigung waren bewertungsrelevant (vgl. Abschnitt 4.2.2).

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.

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.

In **weiterführenden Untersuchungen** wurden darüber hinaus ausgewählte Verfahren unter Simulation von Grundwasserzutritt und Außenwasserdruck eingesetzt sowie Haftzugwerte von Kurzlinern auf unterschiedlichen Rohroberflächen ermittelt.

Testergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Testergebnisse sind in den Übersichtstabellen Seite 116 bis Seite 118 zusammengefasst. Folgende Allgemeine Schlussfolgerungen lassen sich aus den Prüfergebnissen und Erfahrungen des Tests ableiten:

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 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 Altröhres 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 Fräsarbeiten⁴¹ erforderlich sind, ist sicherlich vom Verfahren, der Oberflächenbeschaffenheit des Altrohres und dem Sanierungsharz abhängig.

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-Verfahren⁴² nahezu vergleichbare Haftzugwerte auf glasierten und gefrästen Flächen erzielt wurden, hafteten die Kurzliners des zweiten Verfahrens⁴³ 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 Quellbändern⁴⁴ 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 Methylmethacrylat-Harzen nach der Hochdruckspü-

⁴¹ Fräsarbeiten an der Rohroberfläche hinausgehend über Fräsarbeiten bei Wurzeleinwüchsen, Versätzen, verfestigten Ablagerungen / Inkrustationen etc.

⁴² KM – Kurzliner (Epoxidharz)

⁴³ 3P-Plus-Kurzliner (Silikatharz)

⁴⁴ Die Wirkung der im Einzelfall eingesetzten Quellbänder wurde im Rahmen des IKT-Warentests nicht weiter untersucht.

lung 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.

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 Kostensätzen 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.

7 Anhang

Anhang I:

Absagen der Teilnahme am IKT-Warentest

Anhang II:

Ergebnisse der Dichtheitsprüfung vor Hochdruckreinigung für die Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren

Anhang III:

Bewertung der Funktionsfähigkeit einzelner Schadensbilder durch die beteiligten Netzbetreiber

Anhang I



epros GmbH • Dr.-Alfred-Herrhausen-Allee 36 • 47228 Duisburg
 I K T Institut für
 unterirdische Infrastruktur
 z.H. Herr Dipl. -Ing. Gunter Kaltenhäuser
 Exterbruch 1
 45886 Gelsenkirchen

Ihr Zeichen: Unser Zeichen: 2K06090025 Projekt: 12. September 2006

IKT Warentest "Reparaturverfahren für Hauptkanäle"

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

vielen Dank für Ihr Schreiben vom 22. August 2006 und Ihre Einladung zum neuen IKT Warentest "Reparaturverfahren für Hauptkanäle". Bitte entschuldigen Sie vielmals, dass wir erst heute auf Ihr Schreiben antworten.

Wir freuen uns sehr, dass wir mit unserem DrainPacker Verfahren für die Vorauswahl der Reparaturverfahren durch die Netzbetreiber benannt worden sind.

Wie Sie wissen, ist unser DrainPacker Verfahren beim Deutschen Institut für Bautechnik zugelassen worden und entspricht weiteren Anforderungen, wie Güteschutz Kanalbau, um nur zwei zu nennen.

Alle Prüfungen, die zur Erlangung dieser Anforderungen durchgeführt werden mussten, sind in Ihrem Hause erstellt worden. Die Prüfungsergebnisse sind ausnahmslos positiv und decken alle Anfragen wie Dichtigkeit, Haftzugeigenschaften, E- Modulbestimmungen, Abriebverhalten, Spülversuche, Unbedenklichkeitsbescheinigungen etc. etc..

Da Ihnen alle, für einen Test relevanten Daten vorliegen, und unser DrainPacker Verfahren allen "gängigen" Anforderungen entspricht, haben wir uns dazu entschlossen, nicht an dem IKT-Warentest teilzunehmen.

Wir bedanken uns bei Ihren Auftraggebern vielmals, dass wir für die Vorauswahl für den IKT Warentest benannt wurden und wünschen Ihnen gutes Gelingen.

Mit freundlichen Grüßen



Sebastian Schmitz
 Geschäftsführer

epros GmbH
 Dr.-Alfred-Herrhausen-Allee 36
 D-47228 Duisburg
 Telefon: +49 (0) 20 65/999-0
 Telefax: +49 (0) 20 65/999-111
 Internet: www.epros.de
 eMail: info@epros.de

Geschäftsführer
 Michael Mühlh, Sebastian Schmitz
 Handelsregister Duisburg, HRB-Nr. 8565
 Ust-IdNr.: DE 811 206 416
 Steuer-Nr.: 134 5728 0328
 Finanzamt Duisburg-West

Banken
 Deutsche Bank Düsseldorf, BLZ 300 700 24, Kto.-Nr. 4 053 377
 IBAN: DE29 3007 0024 0405 3377 00, BIC (Swift-Code): DEUTDE3301
 Sparkasse Neuss, BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 80 054 539
 IBAN: DE05 3055 0000 0080 0545 39, SWIFT-Adresse: WELA DE DN

www.ist-web.com

I.S.T. GmbH · Rombacher Hütte 15 · 44795 Bochum

IKT Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbHHerrn Dipl.-Ing. Gunter Kaltenhäuser
Exterbruch 1**D-45886 Gelsenkirchen**

16.05.2007

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

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,

ich möchte mich vorab für das freundliche Gespräch in Ihrem Hause und für die informativen Unterlagen zu dem o.g. Projekt bedanken.

Wir sind nach reiflicher Überlegung in unserem Hause zu dem Entschluss gekommen, an diesem Warentest nicht teilzunehmen.

Die von Ihnen dargestellten und zu sanierenden Schadenbilder liegen zum großen Teil außerhalb der Erfahrungswerte mit unserem Sanierungssystem.

Das „Easy Pur Spot Repair System“ verfügt seit März 2006 über die Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung mit der Nummer Z-42.3-388. Die zu dieser Zulassung notwendigen Prüfungen hat das System mit hervorragenden Ergebnissen bestanden.

Unsere „DIBT-Zulassung“ bezieht sich auf Abwasserleitungen im Nennweitenbereich DN 100 bis DN 500.

Zwei (von 4) der von Ihnen vorgesehenen Schäden liegen also außerhalb unseres Zulassungsbereiches und damit auch außerhalb jeglicher Erfahrungen mit unserem System. Ein dritter Schaden (überdimensionaler Scherbenausbruch) ist unserer Meinung nach nicht unbedingt für eine Kurzlinersanierung geeignet, so dass

I.S.T. GmbH · Rombacher Hütte 15 · 44795 Bochum fon (0) 234 / 5 79 88-0 fax (0) 234 / 5 79 88-55 info@ist-web.com

Bankverbindung Sparkasse Bochum BLZ 430 500 01 Konto Nr. 5407143
I.S.T. Innovative Sanierungs Technologien für Rohrleitungen GmbH Sitz Bochum Registergericht Bochum HRB 6099
Geschäftsführer Dipl.-Ing. Jörg Vogt Ust-Id. DE 194173203 Steuernummer 306 / 5884 / 0372



www.ist-web.com

I.S.T. GmbH · Rombacher Hütte 15 · 44795 Bochum

eigentlich nur eine zu sanierende Schadstelle nach unserem heutigen Erfahrungsstand bedenkenlos und „DIBT-zulassungskonform“ zu sanieren wäre.

Ich bitte um Verständnis dafür, dass wir den sehr guten Ruf unseres Systems nicht durch einen Warentest gefährden möchten, bei dem wir über keinerlei Erfahrungen mit den zu sanierenden Schadenbildern verfügen und eventuell bei der Durchführung des Warentests anfangen müssen, zu experimentieren.

Die Erfahrungen der Vergangenheit diesbezüglich haben uns gezeigt, dass dadurch ein für den Systemanbieter eher unerfreuliches Ergebnis entstehen kann, obwohl die offiziellen Prüfungen (DIBT) ein hervorragendes Produkt bescheinigen.

Sollten Sie weitere Fragen haben, stehe ich Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen


Dipl.-Ing. Jörg Vogt, Geschäftsführer

büro : (0) 234 / 5 79 88-11
mobil : (0) 163 / 5 79 88 11
e-mail : vogt@ist-web.com

I.S.T. GmbH · Rombacher Hütte 15 · 44795 Bochum fon (0) 234 / 5 79 88-0 fax (0) 234 / 5 79 88-55 info@ist-web.com

Bankverbindung Sparkasse Bochum BIC 430 500 01 Konto Nr. 5407143
I.S.T. Innovative Sanierungstechnologien für Rohrleitungen GmbH Sitz Bochum Registergericht Bochum HRB 6099
Geschäftsführer Dipl.-Ing. Jörg Vogt Ust.-Id. DE 194173203 Steuernummer 306 / 5884 / 0372



Minova CarboTech GmbH · Postfach 13 01 40 · D-45291 Essen

Minova CarboTech GmbH
Am Technologiepark 1
D-45307 EssenTel: +49 (0)2 01/1 72-10 38
Fax: +49 (0)2 01/1 72-13 17Email: info@minova-ct.com
www.minova-ct.comIKT
Institut für Unterirdische Infrastruktur
Herr Dipl. Ing. Kaltenhäuser
Exterbruch 1

45886 Gelsenkirchen

Ihr Zeichen	Schreiben vom 03.01.2007
Ihre Nachricht	Dipl.-Ing. (FH) W. Houy/
Unser Zeichen	06881/88302 Fax: -/88363
Durchwahl	Wolfgang.Houy@minova-ct.com
e-mail	31.05.2007
Datum	

IKT Warentest "Reparaturverfahren für Hauptkanäle"

Sehr geehrter Herr Kaltenhäuser,


vielen Dank für das freundliche und informative Gespräch am 17.04.2007 in Ihrem Hause.

Nach eingehender Prüfung der von Ihnen bereitgestellten Unterlagen, kommen wir zu dem Entschluss an dem IKT Warentest nicht teilzunehmen.

Als Grundlage für die DIBT Zulassung wurde das CarboLith PL „Spot Repair System“ in Ihrem Hause lückenlos geprüft (IKT Materialprüfung PA 0529, IKT Baustellenbericht). Zur Dokumentation dient des Weiteren ein Handbuch, das den Regeln und Normen des Instituts für Bautechnik in Berlin entspricht.

Die in der DIBT Zulassung festgeschriebenen Werte werden regelmäßig in der Praxis von verschiedenen Ingenieurbüros auf Einhaltung überprüft.

In der Hoffnung, dass Sie unsere Entscheidung akzeptieren verbleiben wir

mit freundlichen Grüßen
Minova CarboTech GmbH
(ppä. Richau)
(i.v. Houy)Geschäftsführung:
Dipl.-Ing. Michael Reich (Vors.)
Dipl.-Kfm. Detlev BeierSitz: Essen
Amtsgericht Essen HR B 14661Bankverbindung:
Commerzbank AG, Essen
BLZ 360 400 39
Konto 430 91 91

Solutions from Materials Technology

Anhang II

Tab. 56: Ergebnisse der Dichtheitsprüfung vor Hochdruckreinigung der Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren

Verfahren	Prüf- vorschrift	Wasserzugabewerte nach DIN EN 1610 und ATV-M 143 im Leitungsabschnitt eingehalten ¹														
		Steinzeug DN 200			Steinzeug DN 300			Beton DN 300			Beton DN 600			Beton DN 400/600		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2 ²	S3	S1	S2 ²	S3	S1	S2	S3
Janßen Riss- und Scherben-sanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	ATV-M 143 Teil 6	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	–	–	–
	DIN EN 1610	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	–	–	–
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	ATV-M 143 Teil 6	ja	ja	ja	nein	nein ³	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein ³	–	–	–
	DIN EN 1610	ja	nein ³	nein	nein	nein ³	nein	nein ³	nein	nein	nein ³	nein	nein ³	–	–	–
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	ATV-M 143 Teil 6	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein ³	nein ³	ja	nein	nein ³	ja	ja	ja
	DIN EN 1610	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein ³	nein ³	ja	nein	nein ³	ja	ja	ja

¹ zulässige Wasserzugabewerte nach ATV-M 143: 0,2 l/m² benetzter Rohrrinnenfläche innerhalb von 15 min Prüfzeit bei einem Mindestprüfdruck von 0,05 bar bis max. 0,5 bar hier Prüfung mit 0,05 bar;
 zulässige Wasserzugabe nach DIN EN 1610: 0,15 l/m² benetzter Rohrrinnenfläche innerhalb von 30 min Prüfzeit bei einem Mindestprüfdruck von 0,1 bar bis max. 0,5 bar (hier Prüfung mit 0,1 bar)

² nicht bewertungsrelevant aufgrund eingeschränkter Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse durch uneinheitliches Schadensbild (z.T. bestanden vor der Sanierung zusätzliche Biegerisse zwischen den Längsrissen des ursprünglichen Schadensbildes)

³ bei der Dichtheitsprüfung im freigelegten Zustand nach HD-Reinigung waren die Schadstellen optisch dicht

Anhang III

Tab. 57: Bewertung der Funktionsfähigkeit einzelner Schadensbilder durch die beteiligten Netzbetreiber
(Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren)

Verfahren	Bewertung der Reparaturstellen hinsichtlich der Funktionsfähigkeit (otpsicher Eindruck) ¹														
	Steinzeug DN 200			Steinzeug DN 300			Beton DN 300			Beton DN 600			Beton DN 400/600 ³		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Injektions- und Spachtel-/Verpressverfahren															
Janßen Riss- und Scherbensanierung, Umwelttechnik Franz Janßen GmbH	61	46	46	58	49	47	43	47	43	51	58	46	–	–	–
KASRO 2 Komponenten-Verpresssystem, ProKASRO Mechatronik GmbH	42	25	25	39	54	31	33	32	35	39	40	44	–	–	–
KA-TE PMO – Verfahren, KA-TE PMO AG	83	60	82	64	85	87	91	79	87	91	89	65	90	88	89

¹ Bewertung durch die beteiligten Netzbetreiber mittels Punktevergabe von 0-100 (100 Punkte = sehr gut; 0 Punkte = ungenügend), die Note setzt sich zu 30 % aus der Bewertung vor Hochdruckreinigung und zu 70 % aus der Bewertung nach Hochdruckreinigung zusammen

² keine Bewertung, da das bei der Hochdruckspülung stärker beanspruchte Ende des Kurzliners vom angrenzenden Kurzliner überdeckt war (Kurzliner wurden unplanmäßig überlappend gesetzt)

³ nur mit einem der Verfahren saniert

Tab. 58: Bewertung der Funktionsfähigkeit einzelner Schadensbilder durch die beteiligten Netzbetreiber
 (Kurzliner und Innenmanschetten)

Verfahren	Bewertung der Reparaturstellen hinsichtlich der Funktionsfähigkeit (otpsicher Eindruck) ¹														
	Steinzeug DN 200			Steinzeug DN 300			Beton DN 300			Beton DN 600			Beton DN 400/600 ³		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Kurzliner															
ALOCIT Kurzliner, ALOCIT Chemie GmbH	60	78	75	– ²	51	58	58	77	75	79	75	63	56	47	45
3P-Plus-Kurzliner, sikotec GmbH / JT-elektronik GmbH	55	58	51	42	38	52	60	61	52	62	56	62	–	–	–
K-LINER, Kuchem GmbH	79	49	37	45	42	53	51	38	41	83	83	52	–	–	–
Konudur Sewer Repair Kit (VP), MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	38	44	31	42	48	32	51	79	51	56	46	61	–	–	–
KM - Kurzliner, KMG Pipe Technologies GmbH	78	73	80	64	45	81	68	66	80	75	72	76	–	–	–
Point-Liner®, Bodenbender GmbH	81	53	42	77	47	49	49	70	51	83	56	52	–	–	–
Innenmanschetten															
Quick-Lock, UHRIG Kanaltechnik GmbH	22	50	39	54	49	53	69	72	56	78	75	76	–	–	–
Quick-Lock mit einseitiger Aufbördelung, UHRIG Kanaltechnik GmbH	58	58	56	56	59	59	63	63	65	77	76	62	–	–	–
Stuttgarter Hülse, Haas GmbH & Co. KG	38	54	52	45	51	60	47	18	56	63	31	54	40	24	19

¹ Bewertung durch die beteiligten Netzbetreiber mittels Punktevergabe von 0-100 (100 Punkte = sehr gut; 0 Punkte = ungenügend), die Note setzt sich zu 30 % aus der Bewertung vor Hochdruckreinigung und zu 70 % aus der Bewertung nach Hochdruckreinigung zusammen

² keine Bewertung, da das bei der Hochdruckpülung stärker beanspruchte Ende des Kurzliners vom angrenzenden Kurzliner überdeckt war (Kurzliner wurden unplanmäßig überlappend gesetzt)

³ nur mit zwei der Verfahren saniert

8 Literaturverzeichnis

- [1] Berger, C.; Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Umfrage, Hennef, 2004.
- [2] www.test.de, Internet-Seite der Stiftung Warentest, Stand Juli 2009.
- [3] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Deutsche Fassung EN 752:2008, April 2008.
- [4] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen; 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 1999.
- [5] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Grabenlose Sanierung von Hausanschluss- und Grundleitungen; Teil 2 Basisdaten, Recht und Technik, 2001.
- [6] Planungshilfe Kanalsanierung – Sanierung von Kanalisationen innerhalb von Staats- und Landesliegenschaften; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MINLV NRW), 2002.
- [7] Arbeitshilfen Abwasser: Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes, Mai 2004, download unter <http://www.arbeitshilfen-abwasser.de>.
- [8] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G.; Puhl, R.: IKT-Warentest „Hausanschlussstutzen“. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen; Juni 2001; download unter www.ikt.de.
- [9] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hausanschlussstutzen“. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen; Juni 2004; download unter www.ikt.de.
- [10] Bosseler, B; Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Hausanschlussliner“. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen; November 2005; download unter www.ikt.de.
- [11] Merkblatt DWA-M 143-20: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 20: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren; Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfpfehlungen – Schlauchliningverfahren und Kurzliner.
- [12] Merkblatt DWA-M 143-20: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 20: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren; Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfpfehlungen – Schlauchliningverfahren und Kurzliner.
- [13] Schreiben der Fa. ProKASRO Mechatronik GmbH vom 23.06.2009.
- [14] Telefonische Auskunft der MC-Bauchemie Müller GmbH, 29.07.2009
- [15] Schreiben der Fa. Haas GmbH & Co. KG vom 04.06.2008.