

IKT-Warentest

Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen - Klasse-A-Liner -



Gelsenkirchen, November 2022

Warentestbericht:

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des IKT-Warentests zusammen, der im Rahmen des Forschungsprojektes „Vergleichende Untersuchungen zur Sanierung von Abwasserdruckleitungen – IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“ (AZ: 54.05.03-002-F+E/2017.0001) umgesetzt wurde.

Fördermittelgeber:



Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Projektantragsteller/ Auftraggeber:



Stadt Bottrop
Osterfelder Straße 9 b
46236 Bottrop

Auftragnehmer:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Bearbeitung:

Wissenschaftliche Leitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Bert Bosseler

IKT-Warentest-Leitung/-Bearbeitung

Dr.-Ing. Serdar Ulutaş, MBA

Dipl.-Ing. Markus Gillar

Nicole Kimmling, M.Sc.

Dr.-Ing. Marc Klameth

Sebastian Busch, M.Sc.

Sarah Dornbach, B.Sc.

Andrea Kuczman, B.Sc.

Daniel Reifer, B.Sc.

Danksagung

Wir danken den kommunalen Netzbetreibern und dem Land NRW für die finanzielle Unterstützung des Projektes sowie deren Vertretern für die fachliche Begleitung:

Institution

Stadt Bottrop

Bezirksregierung Münster

Emschergenossenschaft

hanseWasser Bremen GmbH

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)

Technische Werke Burscheid AöR

Stadt Iserlohn

Stadt Voerde

Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR

Wupperverband

Vertreter

Frau Kannen

Herr Igelbüscher

Herr Üstündag

Herr Wesselborg

Frau Arndt

Herr Laußmann

Frau Lauth

Herr Schwarzrock

Herr Helms

Frau Brehm

Herr Grauvogel

Herr Kunze

Herr Lison

Frau Windhorn

Herr Fuhrmann

Herr Kalt

Frau Aschendorff

Frau Mini

Herr Gerlach

Zudem danken wir den folgenden weiteren Beteiligten für den Informationsaustausch und die Leistungen in den Partnerprojekten „Erneuerung einer Druckleitung“, „Inspektion ausgewählter Druckleitungen“ und „Rehabilitation methods for pressure sewers“, die durch das geförderte Vorhaben nicht abgedeckt waren:

Erftverband

Herr Alt

Gemeente Arnhem

Herr Laurentzen

Herr ter Wischa

Netzbetreiber Verbund UK/IRL

Herr Dr. Naismith (Koordin., IKT)

Irish Water

Herr Quigley

Northern Ireland Water

Frau Glenh

Severn Trent Water

Herr Warren

South West Water Ltd.

Herr Smith

United Utilities

Herr Devereux, Frau Tucker

Wessex Water Services Ltd.

Herr Britton, Frau Thums

Yorkshire Water

Herr Ogden

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 AUSGANGSSITUATION	1
1.1 VERANLASSUNG UND UNTERSUCHUNGSBEDARF	1
1.2 KONZEPT DES IKT-WARENTESTS	2
1.3 BETEILIGTE NETZBETREIBER	3
2 VERFAHRENSÜBERBLICK.....	4
3 SANIERUNGSAUFGABE	7
3.1 SCHADENSBLDER.....	7
3.2 VERSUCHSTECHNISCHE UMSETZUNG	14
3.3 VERGABE DER SANIERUNGSLOSE	19
3.4 BELASTUNGS- UND PRÜFPROGRAMM	22
4 BEWERTUNGSSCHEMA	27
4.1 ÜBERBLICK.....	27
4.2 DICHTHEIT	29
4.3 STANDSICHERHEIT	32
4.4 BETRIEBSSICHERHEIT	34
4.5 QUALITÄTSSICHERUNG.....	36
4.6 ZUSATZINFORMATIONEN	38
5 TESTERGEBNISSE SANIERUNGSVERFAHREN FÜR ABWASSERDRUCKLEITUNGEN	39
5.1 TESTABELLE IKT-WARENTEST „SANIERUNGSVERFAHREN FÜR ABWASSERDRUCKLEITUNGEN – KLASSE-A-LINER“	39
5.2 DICHTHEIT	41
5.3 STANDSICHERHEIT	49
5.4 BETRIEBSSICHERHEIT	54
5.5 QUALITÄTSSICHERUNG.....	61
5.6 ZUSATZINFORMATIONEN	64
6 WARENTEST-PRÜFZEUGNISSE.....	71
6.1 COMPACT PIPE.....	71
6.2 EGELINER	72
6.3 NORDIFLOW W PE.....	73
6.4 STARLINE STRUCTURE-S	74
6.5 ESDERS HPS LINER	75
6.6 SANIPIPE.....	76
7 FAZIT.....	77
8 ANHANG	79
9 LITERATUR	90

1 Ausgangssituation

1.1 Veranlassung und Untersuchungsbedarf

Werden Schäden an Abwasserdruckleitungen festgestellt, ist in der Regel unverzüglich zu handeln. Bei der Schadensbeseitigung stehen grabenlose Sanierungstechniken im Vordergrund, da in diesem Fall nur geringe Beeinträchtigungen an der Oberfläche zu erwarten sind. Vielfach überwiegen die ökonomischen und ökologischen Vorteile der grabenlosen Sanierungsverfahren im Vergleich zur Erneuerung in offener Bauweise. Im Zusammenhang mit den grabenlosen Sanierungstechniken wird seitens der Netzbetreiber jedoch häufig auf die schwierigen Randbedingungen bei Abwasserdruckleitungen verwiesen, wie z. B. fehlende oder geringe Anzahl von Zugänglichkeiten, Bögen, Be- und Entlüftungsventilen, häufig nicht exakt bekannte Leitungsverläufe, Hoch- und Tiefpunkte sowie zum Teil kleine Nennweiten. Obwohl inzwischen am Markt erste Sanierungstechniken für Abwasserdruckleitungen angeboten werden, weist dieser Bereich noch einen erheblichen Untersuchungsbedarf auf:

- Es fehlen neutrale und unabhängige Informationen über die generelle Einbaubarkeit, den Einsatzbereich und die Anwendungsgrenzen der einzelnen Verfahren und Produkte, z. B. auch mit Blick auf spezielle Schadensbilder.
- Derzeit gibt es kaum Erfahrungen zu Sanierungsmaßnahmen bei Abwasserdruckleitungen, insbesondere auch mit Blick auf sanierungsvorbereitende und -begleitende Maßnahmen, wie z. B. die auf den konkreten Anwendungsfall abgestimmte Auswahl von Sanierungstechniken, die Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen und die Vorflutsicherung während der Bauausführung.
- Die derzeitigen Normen und Regelwerke weisen Defizite im Bereich der Sanierung von Abwasserdruckleitungen auf. Auf der einen Seite sind die Anforderungen an die Sanierung von Abwasserleitungen nur für den Bereich der Freispiegleitungen festgelegt [1]. Auf der anderen Seite lassen sich aber die Begrifflichkeiten und Anforderungen aus Regelwerken für die Instandhaltung von Druckleitungen im Bereich der Versorgung auch nicht ohne weiteres auf Abwasserdruckleitungen übertragen.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des IKT-Warentests zusammen, der im Rahmen des Forschungsprojektes „Vergleichende Untersuchungen zur Sanierung von Abwasserdruckleitungen – IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“ umgesetzt wurde.

1.2 Konzept des IKT-Warentests

Ziel der IKT-Warentests ist es, den Netzbetreibern zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften von marktgängigen Produkten und Verfahren zu liefern. Angaben in Verfahrensbeschreibungen und Werbeinformationen der Hersteller über die vermeintliche Qualität ihrer Produkte werden durch den IKT-Warentest einer unabhängigen und neutralen Prüfung unterzogen.

Zentraler Aspekt ist die Eignung von Produkten unter langfristigen Betriebsbedingungen. Die Prüfung der Übereinstimmung mit dem technischen Regel- und Normenwerk steht daher nicht im Vordergrund, sondern es werden vor allem während des Betriebs auftretende Beanspruchungen untersucht, denen die Produkte in der Praxis jahrzehntelang ausgesetzt sind.

Die Gewährleistungsfrist für Produkte der Kanalisationstechnik beträgt heute maximal fünf Jahre. Dies ist verglichen mit den üblicherweise angestrebten Nutzungsdauern von 15 - 50 Jahren und mehr eine sehr kurze Zeitspanne. Von besonderem Nachteil für Auftraggeber sind Schäden, die erst nach Ablauf der fünfjährigen Gewährleistungsfrist auftreten. Ein Rückgriff auf den Hersteller ist nur in den seltensten Fällen möglich und zudem mit langwierigen rechtlichen Auseinandersetzungen verbunden. Hieraus resultiert ein erhebliches finanzielles Risiko für die Netzbetreiber, das durch die vergleichenden IKT-Warentests reduziert werden kann.

Bei den Untersuchungen im IKT-Warentest stehen die Einbauqualität der Produkte und Verfahren und deren Abminderung während des Betriebs im Vordergrund. Dies geschieht mit Blick darauf, dass der Einsatz von Produkten bzw. Verfahren auf der Baustelle bereits eine erhebliche Qualitätsminderung im Vergleich zu der 100%igen, geprüften Werks- oder Laborqualität verursachen kann. Gründe hierfür können ungünstige Kanalrandbedingungen sowie besondere Schwierigkeiten beim Zusammenwirken von Verfahrenstechnik und Sanierungsmaterial sein. Abhängig vom Verfahren ist im Betrieb mehr oder weniger mit einer weiteren Qualitätsminderung zu rechnen (vgl. Bild 1).

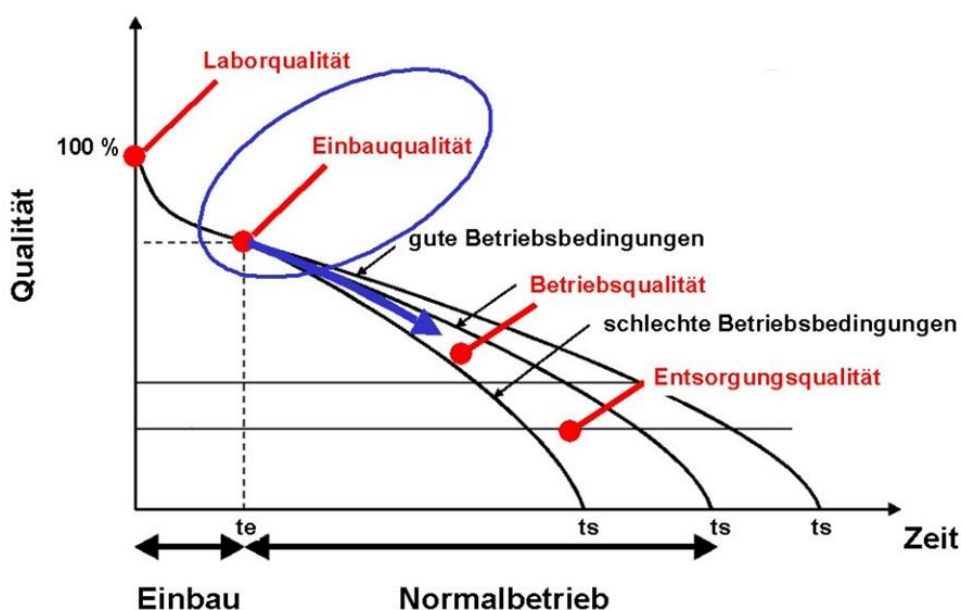


Bild 1 Untersuchungsschwerpunkt (blau) der IKT-Warentests

1.3 Beteiligte Netzbetreiber

Ein vergleichender IKT-Warentest wird stets durch eine Gruppe von Netzbetreibern begleitet, dem sogenannten Lenkungskreis. 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. Verfahrensherstellern
- die Bewertung und die Veröffentlichung der Ergebnisse

An dem IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“ sind folgende Netzbetreiber beteiligt:

- Stadt Bottrop
- Emschergenossenschaft
- hanseWasser Bremen GmbH
- Technische Werke Burscheid AöR
- Stadt Iserlohn
- Stadt Voerde
- Stadtentwässerungsbetrieb Köln AöR
- Wupperverband

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 und Umsetzung der Prüfaufbauten und des Prüfprogramms. Diesbezügliche Entscheidungen werden in unmittelbarer Abstimmung mit dem Lenkungskreis getroffen.

2 Verfahrensüberblick

Um die Leistungsfähigkeit einer Abwasserdruckleitung wieder zu verbessern, kann die Leitung saniert werden. Als Sanierung werden Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Rohrleitungen bezeichnet. Zu den Sanierungstechniken gehören Reparatur, Renovierung und Erneuerung [2].

Ein **Reparaturverfahren** wird zur Behebung örtlich begrenzter Schäden eingesetzt, wodurch der Soll-Zustand des Rohres wiederhergestellt wird [2].

Eine weitere Möglichkeit der Sanierung sind die **Renovierungsverfahren**, dabei werden Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit einer vorhandenen Rohrleitung durchgeführt. Dies kann unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung der ursprünglichen Substanz umgesetzt werden. Zu den Renovierungsverfahren zählen:

- Rohrstrang-Lining
- Close-Fit-Lining
- Vor Ort härtendes Schlauch-Lining
- Einzelrohr-Lining
- Schlauch-Lining mit rückseitiger Verklebung
- Lining mit gesprühtem Polymermaterial
- Lining mit eingezogenen Schläuchen
- Zementmörtelauskleidung

Sollte der Einsatz von Reparatur- und Renovierungsverfahren unwirtschaftlich sein, können **Erneuerungsverfahren** eingesetzt werden. Bei einer Erneuerung wird eine neue Rohrleitung in der bisherigen oder einer anderen Linienführung hergestellt. Dabei übernimmt das neue Rohrleitungssystem die Funktion der ursprünglichen Rohrleitung [2].

Im IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“ werden ausschließlich Renovierungsverfahren betrachtet, dabei lag der Fokus auf folgenden Renovierungsverfahren [2]:

- **Close-Fit-Lining:** Bei diesem Verfahren wird ein Strang aus PE oder PVC-U vor dem Einzug ins Altrrohr im Querschnitt verringert. Diese Verringerung des Rohrquerschnitts wird durch mechanische oder thermomechanische Mittel erzeugt und kann bereits im Herstellerwerk durchgeführt werden oder erst auf der Baustelle. Nach Einzug des Strangs wird dieser durch Wärme und/ oder Druck rückverformt und legt sich dadurch eng ans Altrrohr an [2].
- **Vor Ort härtendes Schlauch-Lining:** Für dieses Verfahren wird ein flexibler Schlauch als Trägermaterial verwendet, der mit einem Reaktionsharz (ungesättigtes Polyesterharz, Epoxidharz oder Vinylesterharz) getränkt wird. Der Einbau erfolgt durch Invertieren des Schlauchs mittels Druckes oder Einziehen des Schlauchs mit anschließendem Aufstellen. Auch eine Kombination dieser Verfahren ist möglich. Durch Aushärten des Reaktionsharzes mithilfe von Wärme, Ultraviolettstrahlung (UV) oder der Umgebungstemperatur entsteht ein tragfähiges Rohr [2].

Des Weiteren sind vor Ort härtende Schlauch-Liningverfahren mit verklebten Gewebesläuchen vorhanden. Dieses Verfahren besteht aus zwei Komponenten, einem Schlauchliner und einem Gewebeslauch (Druckschlauch). Zwei Einbauvarianten sind verfügbar: Im ersten Fall wird ein vorkonfektionierter, harzgetränkter Schlauchliner mit bereits integriertem Gewebeslauch eingebaut. Im zweiten Fall wird in zwei Einbauphasen gearbeitet: Ein Schlauchliner wird mit Harz getränkt, in das Altrohr eingezogen (ggf. auch mit einem Preliner), und anschließend wird der Druckschlauch in den noch nicht ausgehärteten Schlauchliner invertiert und verklebt mit diesem. Nach der Aushärtung des Harzes entsteht so ein tragfähiges Rohr.

Die zuvor vorgestellten Lining-Verfahren werden in DIN EN ISO 11295 [2] in unterschiedliche statische Klassen von A bis D unterteilt (vgl. Bild 2) und die Bedeutung der Klassen definiert (vgl. Bild 3).

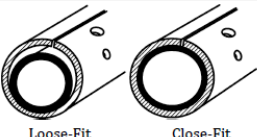
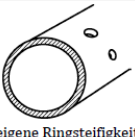

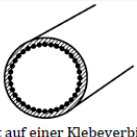
Klasse A		Klasse B		Klasse C		Klasse D	
 <p>Loose-Fit Close-Fit</p>		 <p>eigene Ringsteifigkeit</p>		 <p>beruht auf einer Klebeverbindung</p>		 <p>beruht auf einer Klebeverbindung</p>	
unabhängig		interaktiv					
vollständig statisch belastbar		semi-statisch belastbar				nicht statisch belastbar	
Rohrstrang-Lining		—				Dieses Dokument ist nicht anwendbar.	
Einzelrohr-Lining		—					
		Close-Fit-Lining		—			
		vor Ort härtendes Schlauch-Lining					
		—		Schlauch-Lining mit rückseitiger Verklebung			
		Lining mit eingezogenen Schläuchen		—			
		Lining mit gesprühtem Polymermaterial		—			
<small>ANMERKUNG 1 Ein eingezogener Schlauch kann als eigenständiger oder als interaktiver Druckleitungs-Liner klassifiziert werden, bietet aber in beiden Fällen nur eine semi-statische Renovierung.</small>							
<small>ANMERKUNG 2 Die Punkte in den Abbildungen der Klassen C und D stellen die erforderliche Klebeverbindung dar.</small>							

Bild 2 Statische Klassifizierung und Zusammenhang zu den Technikfamilien [2]

Im nachfolgendem Bild 3 werden die Unterschiede der statischen Klassifizierungen definiert. Ein Klasse-A-Liner ist unabhängig vom Altrohr und für sich allein in der Lage Belastungen von innen und außen ohne Versagen zu widerstehen. Die Klasse-A-Liner sind vollständig statisch belastbar. Dabei ist der Liner nicht mit dem Altrohr verklebt, sondern lediglich an Anfangs- und Endpunkten mit dem Altrohr verbunden. Liner der statischen Klassifizierung A haben eine eigene Ringsteifigkeit, sodass der Liner bei Druckabfall im Rohr selbsttragend ist. Liner der Klasse B oder C gelten als interaktive Liner, diese sind bei auftretenden Belastungen auf einen Teil radialer Unterstützung des Altrohres angewiesen, um ein Versagen zu verhindern [2]. Liner der Klasse D bieten lediglich einen inneren Korrosionsschutz.

Eigenschaften des Liners	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Kann ein von innen oder außen verursachtes Versagen (Bersten, Biegen oder Reißen) des Altrohres überstehen	+	—	—	—
Langzeit-Nenndruck \geq höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck (PFA)	+	—	—	—
Eigene Ringsteifigkeit ^a	+	+	— ^b	— ^b
Langzeitüberbrückung von Löchern und Verbindungsspalten bei höchstem zulässigen Bauteilbetriebsdruck (PFA)	+	+ ^c	+	—
Bietet inneren Korrosionsschutz ^d	+	+	+	+
+ trifft zu — trifft nicht zu a Die Mindestanforderung an einen Liner ist, dass er bei Druckabfall des Rohres selbsttragend sein muss. b Der Liner beruht auf einer Klebeverbindung mit dem Altrohr, um bei Druckabfall selbsttragend zu sein. c Der Liner liegt, entweder während des Einbaus oder eine kurze Zeitdauer nach dem erstmaligen Aufbringen des Betriebsdruckes ausreichend eng an, so dass die innere Druckbelastung radial auf das Altrohr übertragen werden kann. d Der Liner dient als Sperre gegen Korrosion, Abrieb und/oder Bildung von ungleichmäßigen Strukturen aus Korrosionsprodukten/Abblätterungen des Altrohres sowie gegen Verunreinigung des Rohrinhalts durch das Altrohr; es vermindert im Allgemeinen auch die Oberflächenrauigkeit, wodurch die Durchflusskapazität verbessert wird.				

Bild 3 Statische Klassifizierung von Druckleitungs-Linern [2]

In den folgenden Abschnitten werden ausschließlich Klasse-A-Liner berücksichtigt.

3 Sanierungsaufgabe

3.1 Schadensbilder

Die Sanierung von Schäden an Abwasserdruckleitungen soll im Rahmen des IKT-Warentests für alle Verfahren unter gleichen Randbedingungen stattfinden. Hierzu zählen insbesondere die geometrische Ausbildung der zu sanierenden Schäden, die anzutreffenden Werkstoffe sowie die äußeren Belastungen. Für die Durchführung von vergleichenden Produkt- und Verfahrenstests ist die Auswahl der Schadensarten bzw. Schadensbilder für die spätere Sanierungsaufgabe von besonderer Bedeutung.

Die Festlegung der Schadensbilder erfolgte im Rahmen der Arbeitssitzungen durch die beteiligten Netzbetreiber. Aufgrund der extremen Vielfalt der Ausprägung von Schäden in der Praxis bestand ein wesentliches Ziel darin, repräsentative Schadensbilder für den Versuchsaufbau festzulegen. Folgende Kriterien wurden dabei berücksichtigt:

- Das Schadensbild muss mit den verfügbaren Sanierungsverfahren zu sanieren sein.
- Das Schadensbild muss die Praxisverhältnisse in ausreichendem Maße widerspiegeln.
- Das Schadensbild muss versuchstechnisch reproduzierbar sein, um allen teilnehmenden Herstellern die gleichen Startvoraussetzungen zu bieten.

Auf Basis dieser Kriterien wurden Schadensbilder unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Netzbetreiber identifiziert und festgelegt. Bei der Festlegung der Schadensbilder wurden ausschließlich Schadenbilder ausgewählt, die mit grabenlosen Renovierungsverfahren saniert werden können. Dementsprechend wurden Schadensbilder nicht berücksichtigt, die einen Havariefall in der Praxis darstellen. Havariefälle werden i.d.R. schnellstmöglich in der offenen Bauweise behoben.

Für die Versuchsstrecken wurde Stahl als biegesteifer Rohrwerkstoff festgelegt (vgl. Abschnitt 3.2), da bis auf die Schadensbilder „Ovalisierung“ und „Spröbruch“ alle weiteren Schadenbilder auch in biegesteifen Rohren auftreten können. Im IKT-Warentest wird die „Ovalisierung“ ebenfalls im Stahlrohr abgebildet, in dem die Durchfahrbarkeit eines verformten Rohres betrachtet wird. Bei dem „Spröbruch“ handelt es sich um einen Havariefall, sodass dies nicht berücksichtigt wird. Das vollständige Versagen des Altrohres wird über das Schadensbild „Längsrisse“ und den vollständigen Verlust des Altrohr widerstandes simuliert.

Darüber hinaus können sich Schadensbilder über die Zeit weiterentwickeln. So kann bei einer sanierten Rohrleitung beispielsweise die Korrosion des Altrohres weiter fortschreiten und ein größeres Schadensmaß annehmen. Daher wurde bei einzelnen Schadensbildern (vgl. Tabelle 1) eine Zustandsentwicklung nach dem Betriebsphasenblock „Betriebszustände nach Sanierung“ im Belastungs- und Prüfprogramm (vgl. Abschnitt 3.3) vorgenommen.

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Schadensbilder wurden Vorversuche durchgeführt, um sicherzustellen, dass für den vergleichenden Produkt- und Verfahrenstest für alle Hersteller die gleichen Startvoraussetzungen geschaffen werden können. In einem weiteren Schritt wurde ein Musterversuchsaufbau im Maßstab 1:1 errich-

tet und dem Lenkungskreis vorgestellt. Zum einen wurde am Beispiel des Musterversuchsaufbaus die Übereinstimmung mit der Praxis überprüft, zum anderen hatten die Mitglieder des Lenkungskreises die Möglichkeit, Änderungen insbesondere zur Verbesserung der Praxisnähe direkt am Musterobjekt vorzunehmen (vgl. Bild 4).

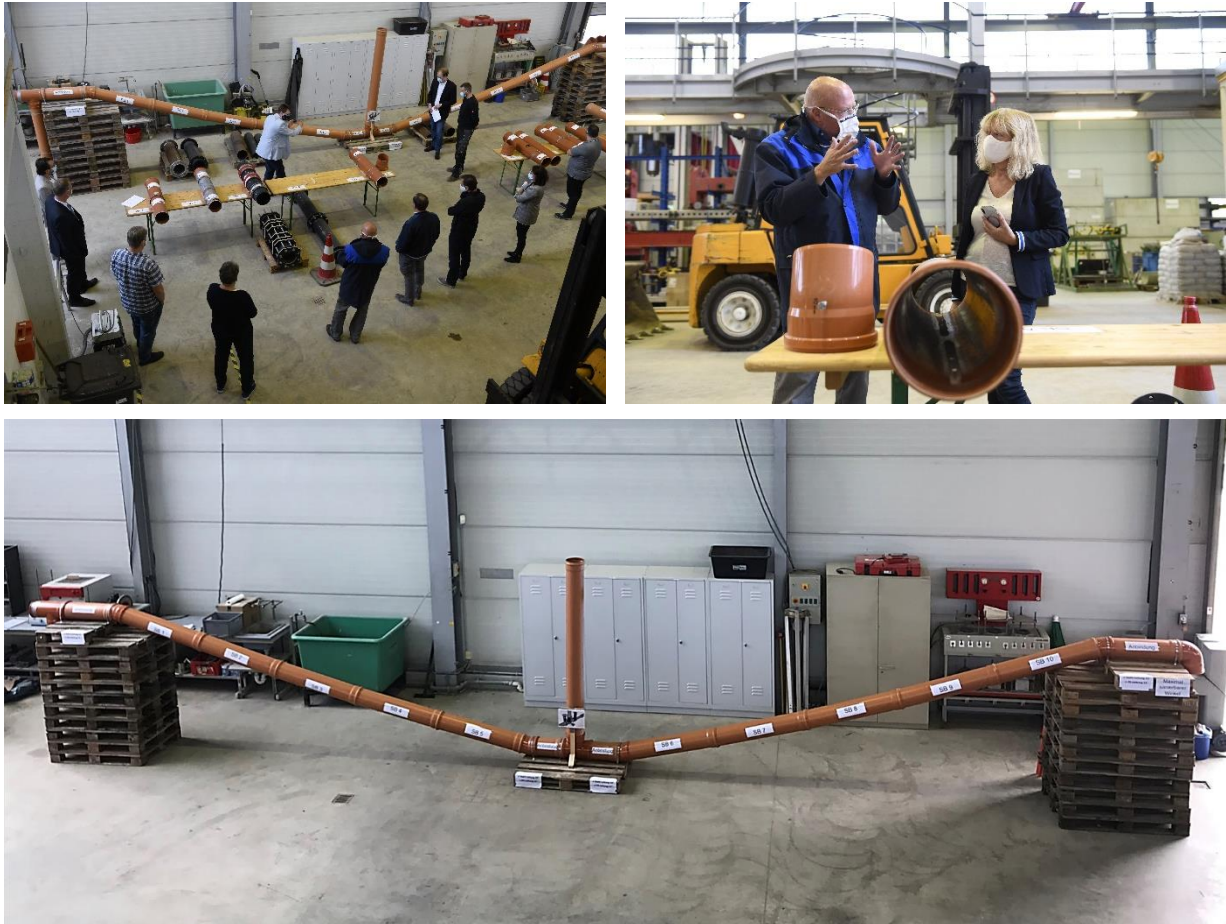


Bild 4 Auswahl von Schadensbildern durch die Lenkungskreismitglieder (oben links und rechts) und festgelegter Musterversuchsaufbau (unten)

Darüber hinaus wurde der Musterversuchsaufbau (Sanierungsaufgabe) auch den Herstellern vorgestellt. Der Abgleich mit der Industrie diente insbesondere dazu, grundsätzliche Bedenken gegen den Musterversuchsaufbau aufzunehmen und die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der unterschiedlichen Systeme zu identifizieren. Nach Rücksprache mit den beteiligten Netzbetreibern war die Möglichkeit gegeben, ggf. Änderungen am Aufbau umzusetzen. Nach Abschluss des Abstimmungsprozesses wurden der Musterversuchsaufbau und damit die Sanierungsaufgabe für den vergleichenden Produkt- und Verfahrenstest festgelegt.

Eine Übersicht über die ausgeführten Leitungsverläufe und die Positionen der Schadensbilder gibt Bild 5.

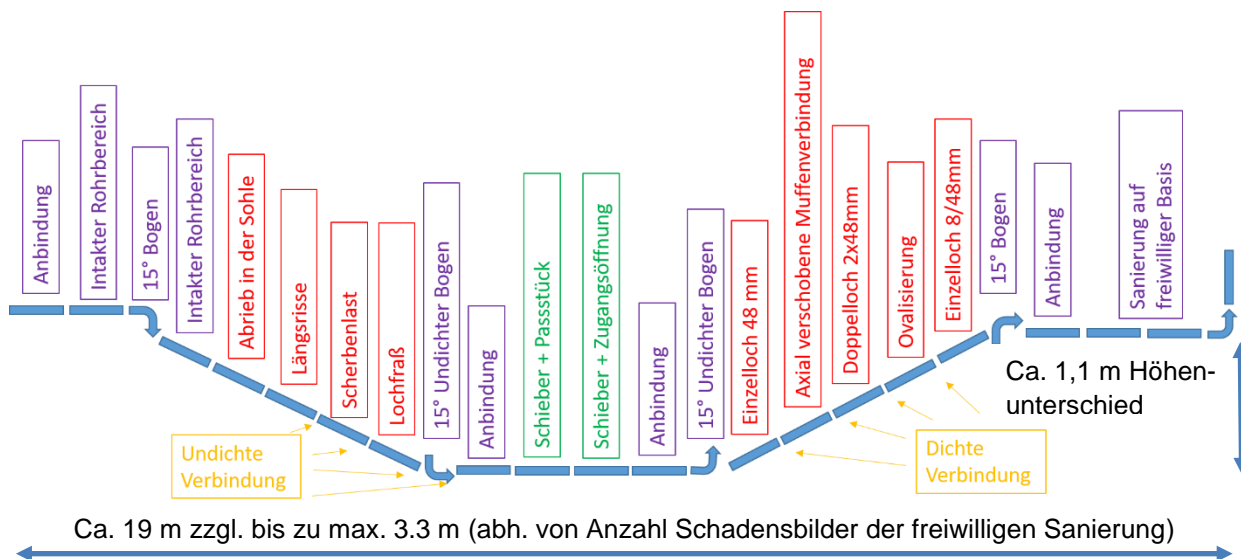
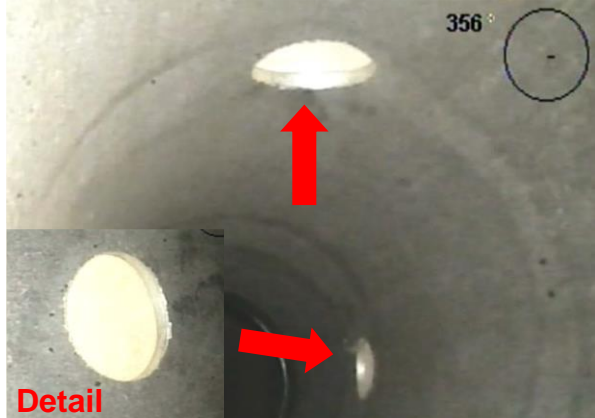
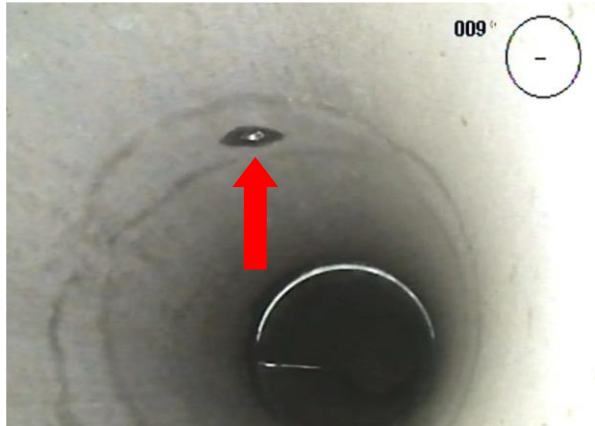





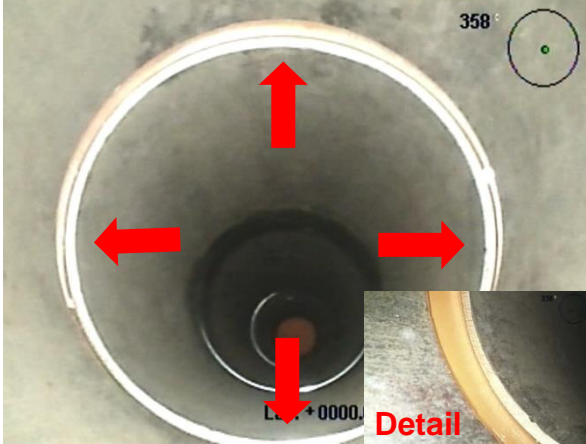
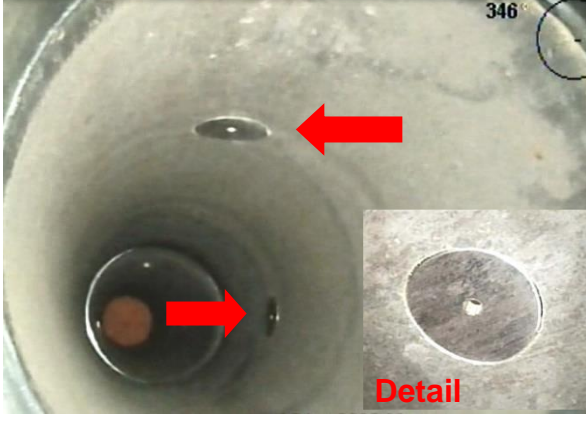

Bild 5 Übersichtsskizze mit Positionen der Schadensbilder und Sanierungslänge.

Die Tabelle 1 zeigt die festgelegten elf Schadensbilder.

Tabelle 1 Festgelegte Schadensbilder

Schadensbilder 1-11	
<p>Undichte Verbindung</p> <p>4x undichte Flanschverbindung.</p> <p>Bei jeder undichten Flanschverbindung wurde die Dichtung jeweils um 5 mm an Drittelpunkten (4, 8, 12 Uhr) entfernt.</p>	
<p>Lochfraß</p> <p>Zwei Lochgruppen, Abstand 30 cm.</p> <p>Bei Sanierung sind Einzellöcher vorhanden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1x \varnothing 8 mm (Lage im Scheitel) • 1x \varnothing 8 mm (Lage im Kämpfer, in FLR 3 Uhr) <p>Durch die Zustandsveränderung weiten sich die beschriebenen Löcher auf (\varnothing 30 mm) und weitere sechs Löcher öffnen sich (\varnothing 10 mm)</p>	

<p>Einzelloch 48 mm</p> <p>Zwei Einzellöcher, Abstand 30 cm:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1x \varnothing 48 mm (Lage im Scheitel) • 1x \varnothing 48 mm (Lage im Kämpfer, in FLR 3 Uhr) 	
<p>Scherbenlast</p> <p>Bei der Sanierung wird ein geometrisch intaktes Rohr simuliert (bündige Rohrinnenwand).</p> <p>Durch die Zustandsveränderung wird Spitzendruck einer Altrohrscherbe simuliert ($F = 300$ N, Scherbenstempel = \varnothing Schaft 6 mm/ \varnothing Spitze 2 mm) vgl. [3]</p>	
<p>Längsrisse</p> <p>Bei der Sanierung wird ein geometrisch intaktes Rohr simuliert, welches Risse in beiden Kämpfern aufweist, die aber noch verschiebegesichert sind.</p> <p>Durch die Zustandsveränderung wird eine komplette Zerstörung des Altrohres mit vollständigem Verlust des Alrohrwiderstandes simuliert.</p>	
<p>15° Undichter Bogen (2x)</p> <p>Bei der Sanierung wird ein geometrisch intaktes Rohr simuliert (bündige Rohrinnenwand).</p> <p>Durch die Zustandsveränderung öffnet sich ein Loch (\varnothing 8 mm) auf der Bogenaußenseite (hier in Bildmitte)</p>	

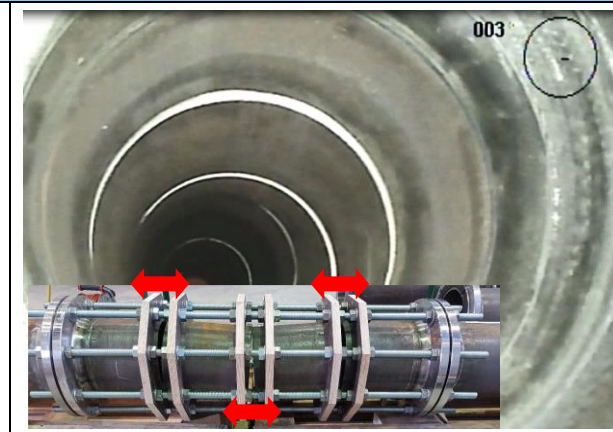

<p>Abrieb in der Sohle</p> <p>Eine Vertiefung entlang der Rohrsohle, in der 6x Einzellöcher mit je \varnothing 10 mm gleichmäßig verteilt sind.</p> <p>Abmessungen der Sohlvertiefung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breite = 30 mm • Tiefe = 5,1 mm 	
<p>Axial verschobene Muffenverbindung</p> <p>Simulation einer Muffenverbindung mit 31 mm Längsversatz (umlaufend).</p>	
<p>Einzelloch 8/48 mm</p> <p>Zwei Einzellöcher, Abstand 30 cm:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1x \varnothing 8 mm (Lage im Scheitel) • 1x \varnothing 8 mm (Lage im Kämpfer, in FLR 3 Uhr) <p>Durch die Zustandsveränderung vergrößern sich die beiden vorhandenen Löcher auf \varnothing 48 mm.</p>	
<p>Doppelloch 2x 48 mm*</p> <p>Zwei Einzellöcher, Abstand 30 cm:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2x \varnothing 48 mm, überschneidend L = 90 mm (Lage im Scheitel) • 2x \varnothing 48 mm, überschneidend L = 90 mm (Lage im Kämpfer, in FLR 3 Uhr) 	

<p>Ovalisierung um 6 %</p>	
-----------------------------------	--

* Falls Bedenken der Systemhersteller bezüglich der Sanierbarkeit dieses Schadensbildes angemeldet werden, wird das Schadensbild durch ein Rohrstück ohne Schadensbild ersetzt.

Zusätzlich hatten die Systemhersteller die Möglichkeit auf freiwilliger Basis drei weitere Schadensbilder beispielhaft zu sanieren, die allerdings später keinen weiteren Betriebsbelastungen mehr ausgesetzt wurden. Hierzu gehören „Querrisse mit Abwinklung“, „Inkrustation“ und „maximal sanierbarer Bogen“. Falls der Systemhersteller diese Schadensbilder nicht sanieren möchte, erfolgt eine Sanierung dieses Teilabschnitts mit geraden Rohrstücken ohne Schadensbilder. Die Tabelle 2 zeigt diese festgelegten drei Schadensbilder, die auf freiwilliger Basis durch die Systemhersteller saniert werden können.

Tabelle 2 Festgelegte Schadensbilder, Sanierung auf freiwilliger Basis, ohne Betriebsbelastungen

<p>Schadensbilder I-III, Sanierung auf freiwilliger Basis</p>	
<p>Querrisse mit Abwinklung</p> <p>3x Querriss mit je 25 cm Abstand untereinander. Der mittlere Querriss klapft in der Sohle auf (31 mm) und bedingt so eine Abwinklung im Rohr. Die beiden äußeren Querrisse öffnen sich dementsprechend im Scheitel (15,5 mm).</p>	
<p>Inkrustation</p> <p>Querschnittsreduktion um 6 % (12 mm) über 30 cm Länge. Ablagerung mit rauer Oberfläche haftet fest an der Rohrwand. Vorarbeiten zur Entfernung der Inkrustation sind nicht vorgesehen.</p>	

Maximal sanierbarer Bogen

Sanierung eines Horizontal-Bogens (15 bis 90°, je nach Angabe in der Selbstauskunft).



Im nachfolgenden Abschnitt werden der Versuchsaufbau dargestellt und die betrieblichen Optionen der Anlage mit Blick auf das Belastungs- und Prüfprogramm erläutert.

3.2 Versuchstechnische Umsetzung

Die vorab erläuterten Schadensbilder (vgl. Abschnitt 3.1) bedürfen der Überführung in einen **Versuchsaufbau**, der zum einen die Belange der Installation von grabenlosen Sanierungssystemen und zum anderen die betriebliche Belastung mit Parametern typischer Pumpwerke ermöglicht. Für die Festlegung der Versuchsstrecken in der Nennweitenklasse DN 200 wurde nach intensiver Vorplanung und Abstimmung mit allen Projektbeteiligten ein Musterversuchsaufbau zunächst aus PVC-Rohren erstellt. Dieser ermöglichte eine visuelle Erfassung der Sanierungsaufgabe und war für die Detailplanung von großer Hilfe.

Ein wesentliches Kriterium bereits in der Planungsphase lag in der Ausbildung der Bögen, die nach Entscheidungen des Lenkungskreises so festzulegen waren, dass diese nicht zum Ausschluss einzelner Verfahren führten. Gleichwohl sollten die Verfahren diesbezüglich ihre maximale Leistungsfähigkeit zeigen.

Auf dieser Grundlage wurden Gespräche mit Herstellern geführt, um Einsatzmöglichkeiten und -grenzen abzugleichen und eventuelle Bedenken aufzunehmen. Die Ergebnisse wurden dem Lenkungskreis vorgestellt, diskutiert und anschließend der zur Umsetzung vorgesehene Versuchsaufbau mit Leitungen aus Stahl in Form eines Dükers festgelegt.

Für den Aufbau und Betrieb der Versuche war der IKT-Großversuchsstand (GVS) vorgesehen. Dieser bietet nahezu alle Möglichkeiten der Leitungsführung, Andienbarkeit, Beobachtung, Grundwassersimulation etc. Darüber hinaus war im Rahmen dieses Vorhabens von hoher Bedeutung, die sanierten Leitungen vollumfänglich einsehen zu können, um insbesondere auch geringfügige Leckagen erkennen und vorgesehene Zustandsveränderungen an einzelnen Schadensbildern vornehmen zu können. Aus diesem Grund wurde auf eine Erdüberdeckung der Sanierungsleitungen bewusst verzichtet. Dies führte jedoch zu der Einschränkung, dass ein Versuchsaufbau maximal vier parallel verlaufende Leitungen enthalten kann. Somit wurden für das Vorhaben zwei Aufbauten mit jeweils vier Versuchsstrecken erforderlich.

Bei dem IKT-Großversuchsstand (GVS) handelt es sich um eine massive Stahlwanne mit den Innenabmessungen von 6 m × 6 m × 18 m (b × h × l). Zusätzlich wurden für diesen Warentest zwei Arbeitsplattformen jeweils an den Stirnseiten des GVS (Hallen-Kopfseite, vgl. Bild 6: l=6 m × b=6 m und Hallen-Wandseite im Bildhintergrund: l=2 m × b=6 m) aufgebaut. Bild 6 zeigt den oberirdischen Versuchsaufbau von der vorderen Plattform, wie er bereits betriebsfertig ist.



Bild 6 Blick von der vorderen Arbeitsplattform auf die eingebauten Leitungen und blauen Druckkessel

In einem **Versuchsaufbau** befanden sich stets vier Leitungen über der begehbaren Oberfläche des Versuchsfeldes. Zwei dieser Leitungen wurden an ihren Enden über T-Stücke (mit Schiebern) verbunden, um jeweils nur eine einzelne Rückführleitung und Pumpe installieren zu müssen (vgl. Bild 7). Die blauen Pfeile in Bild 7 zeigen die Fließrichtung innerhalb der Leitungen. In Betrieb war stets nur eine sanierte Leitung, die andere war über die Schieber jeweils vorne und hinten geschlossen („abgeschiebert“) worden. Die Gesamtlänge des Leitungskreislaufs betrug ca. 46 m.

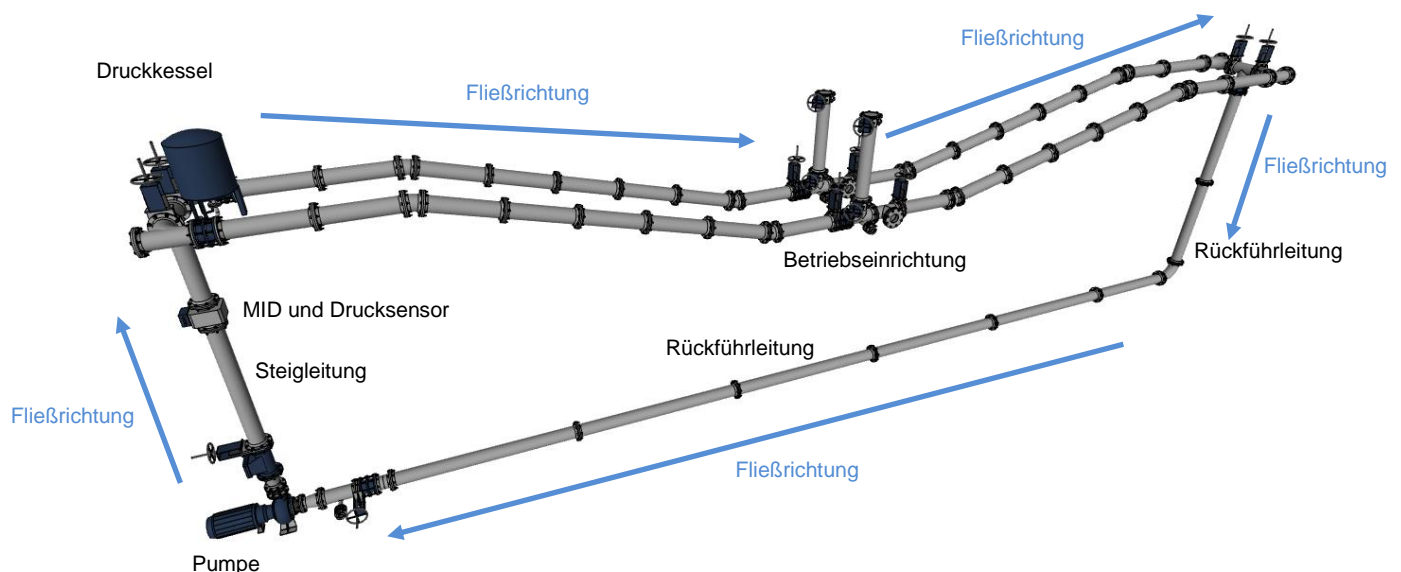


Bild 7 Leitungsverlauf für zwei Leitungen mit Rückführungsstrang, blaue Pfeile zeigen die Fließrichtung [42]

Somit konnten zwei Leitungen bzw. **Pumpen** parallel betrieben werden (vgl. auch Bild 6). Eine höhere Anzahl von Pumpen im Parallelbetrieb war aus Gründen der Stromversorgung und -absicherung in der Versuchshalle nicht ohne weiteren, hohen energiever-sorgungstechnischen Aufwand möglich.

Die Frequenzumformer für die Steuerung und Regelung der Pumpen wurden außerhalb des GVS installiert, um jedweden Kontakt mit Wasser innerhalb der Versuchseinrichtung zu vermeiden.

In den Steigleitungen befanden sich jeweils ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, welches für die Anzeige und Regelung der Fördermenge benutzt wurde. Ein **Drucksensor** zur Ermittlung des Innendrucks im Leitungssystem war ebenfalls in jeder Steigleitung oberhalb des **MIDs** verbaut. Der Druck im geschlossenen Leitungskreislauf wurde über die sog. Membran-Ausgleichsgefäße (MAG, auch Druckkessel genannt, vgl. Bild 6) in jedem Leitungsstrang aufgebracht, sofern er über dem Befülldruck aus dem Trinkwassernetz von ca. 3,2 bar lag. Die Ausbildung der Versuchsstrecke als geschlossenes System ermöglichte auf recht einfache Weise das Aufbringen des geforderten Druckes, seine verlässliche Kontrolle und insbesondere das unmittelbare Erkennen etwaiger Druckverluste bzw. Undichtheiten.



Bild 8 Pumpstation mit Auflagertisch, Steigleitung mit Schieber (nach oben abgehend) und von rechts ankommender Saugleitung ebenfalls mit Schieber

Der **Verlauf** der oberirdisch verlegten **Leitungen** war einem Düker nachempfunden, ihre Länge betrug ca. 19 m und war überwiegend aus einem Meter langen, geflanschten Rohren der Nennweite DN 200 zusammgebaut. Diese bestehen aus Schwarzstahl, besitzen einen Außendurchmesser von 219,1 mm und eine Wandstärke von 6,3 mm. Der Innendurchmesser beträgt 206,5 mm und stellt damit die Maßbegrenzung für den maximalen Außendurchmesser der Sanierungssysteme dar. Der Nenndruck der ungeschädigten Stahlrohre beträgt PN 10, welcher von den Sanierungssystemen ebenso eingehalten werden sollte.

Darüber hinaus enthielt der Leitungsverlauf vier vertikale 15°-Bögen und in der Mitte des Dükers befand sich ein Tiefpunkt mit einer Betriebseinrichtung, die mit Schiebern ausgestattet war und somit Zugänglichkeiten für z. B. Inspektionen, Abrasivstoffzugabe etc. ermöglichte. Weiterhin waren in jeder Leitung ein Ausgleichsstück sowie zwei Pass-/Ausbaustücke enthalten, um Maßtoleranzen auszugleichen. Diese waren insbesondere dann erforderlich, wenn für die Sanierung der Leitung das Mittelstück mit der Betriebseinrichtung entfernt werden musste.

Zur Abdichtung der Flanschverbindungen kamen Gummidichtungsringe aus EPDM zum Einsatz, die zudem über das Lochbild der Flanschverschraubung verfügten, was insbesondere mit Blick auf das Schadensbild „undichte Rohrverbindung“ die erforderliche Lagesicherung der Dichtung ermöglichte.

Zur Lagesicherung der vier Leitungen sind sechs Querträger HEA 200 im GVS an seinen Längsseiten angeschweißt worden (vgl. Bild 10). Die Stahlleitungen wurden mittels Schellen an ihnen befestigt.

Die beiden Rückführleitungen (Saugleitungen) verliefen nahezu waagrecht und wurden im GVS bis zu einer Höhe von ca. 4 m mit Sand überschüttet. Um Undichtheiten an diesen Leitungen auszuschließen, wurden aufbaubegleitend Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Auf diese Weise konnten Undichtheiten in diesem dann später unzugänglichen Bereich ausgeschlossen werden. Die Höhe der Sandaufschüttung orientierte sich am Verlauf der oberirdisch verlegten Leitungen und blieb etwa einen Meter unterhalb dieser. Somit war eine Begeh- und Inspizierbarkeit aller Leitungen sichergestellt.

Vor dem Bau der Leitungen mit inkludierten Schadensbildern wurde zunächst jeweils eine ungeschädigte Stahlleitung je Doppelstrang verlegt, um den Ausgangszustand der Pumpenleistung erfassen zu können.



Bild 9 Aufbau für Leistungsbewertungsprüfung Nullmessung mit Stahlleitungen ohne Schadensbilder: Für Pumpe 1 (durchgehender Leitungsstrang linke Versuchsstandsseite) und Pumpe 2 (durchgehender Leitungsstrang rechte Versuchsstandsseite)

Bild 9 zeigt die an den GVS-Wänden in Längsrichtung verlegten Stahlleitungen, die für die Erfassung der Leistungsdaten beider Pumpen genutzt wurden (sog. Leistungsbewertungsprüfung – vor der Sanierung). Hierzu wurden das Drehzahlband jeder Pumpe in Hunderterschritten von 100 – 1400 Umdrehungen je Minute angefahren und zu jeder Drehzahlstufe der Durchfluss, Stromverbrauch und die Frequenz aufgenommen. Diese Leistungsbewertungsprüfungen wurden dann im Verlauf des Prüfprogramms mehrmals erneut durchgeführt, um etwaige Veränderungen, z.B. bedingt durch die mit einer Sanierung einhergehenden Querschnittsreduktion etc., erfassen zu können.

Nach Beendigung dieser Tests wurden die Leitungstrecken für die Sanierungen aufgebaut. Hierzu wurde der bereits erläuterte Leitungsverlauf hergestellt und im vorderen Bereich mit zwei ein Meter langen Stahlrohren für eine Probenentnahme ergänzt (vgl. Bild 10, links). Diese wurden nach der Fertigstellung des jeweiligen Sanierungssystems wieder entfernt (abgeschnitten) und dienten zur Probengewinnung für weitere Laborprüfungen (vgl. Tabelle 6). Nach dem Rückbau der Probennahmerohre konnten die Sanierer die Anbindung des Sanierungssystems an die angrenzenden Stahlleitungen vornehmen und damit der Leitungskreislauf für die Betriebsphase geschlossen werden.



Bild 10 Um zwei ein Meter lange Stahlrohre verlängerter Einfahrbereich für die Sanierungssysteme zwecks Materialprobengewinnung (links), ausgebaute Betriebseinrichtung im rechten Leitungsstrang vor dem Einbau (mittig) und Rohre der Sonderfragestellungen für die Installation (rechts)

Die im Tiefpunkt des Dükers angeordnete Betriebseinrichtung wurde, da die Schieber und Öffnungen im zukünftigen Betrieb der sanierten Leitung funktionsfähig sein mussten, für die Installation der meisten Sanierungssysteme ausgebaut (vgl. Bild 10, mittig). Sodann erfolgte der Einbau des jeweiligen Systems bzw. Rohres, welches nach seiner Fertigstellung in diesem Bereich entfernt und an die benachbarten Stahlrohre angeschlossen wurde. Schließlich ist die Betriebseinrichtung passgenau wieder eingebaut worden.

Am hinteren Endpunkt der Leitungstrecke wurde ein maximal 3,3 m langes Rohrstück mit weiteren Schadensbildern als sog. Sonderfragestellung (Erläuterungen dazu in Abschnitt 3.1, Schadensbilder nach Selbstauskunft der Hersteller) gemäß Bild 10, rechts, angebaut. Diese dienen im Wesentlichen der Überprüfung der „Durchfahrbarkeit“ und Installationsfähigkeit der Sanierungssysteme. Diese Sonderschadensbilder waren nicht Teil des Belastungs- und Prüfprogramms. Sie dienen lediglich der Informationsgewinnung bzgl. ihres optischen Erscheinungsbildes für den Fall, dass im Zuge einer Sanierung eine solche Situation auftritt und vom Sanierungssystem z.B. aus Zeit- und Kostengründen durchfahren werden muss. Nach der Installation wurde auch dieser Rohrabschnitt entfernt und das Sanierungssystem an die vorhandenen Stahlleitungen angeschlossen, so dass der Rohrkreislauf für den anschließenden Betrieb wieder geschlossen war.

Bild 11 zeigt exemplarisch den oberirdischen, sanierten Leitungsverlauf und die Lage der eingebrachten Schadensbilder sowie die Inspektionszugänge. Die Beschriftung „Anbindung“ zeigt, an welchen Stellen das Sanierungssystem an das Alrohr angebunden wird.

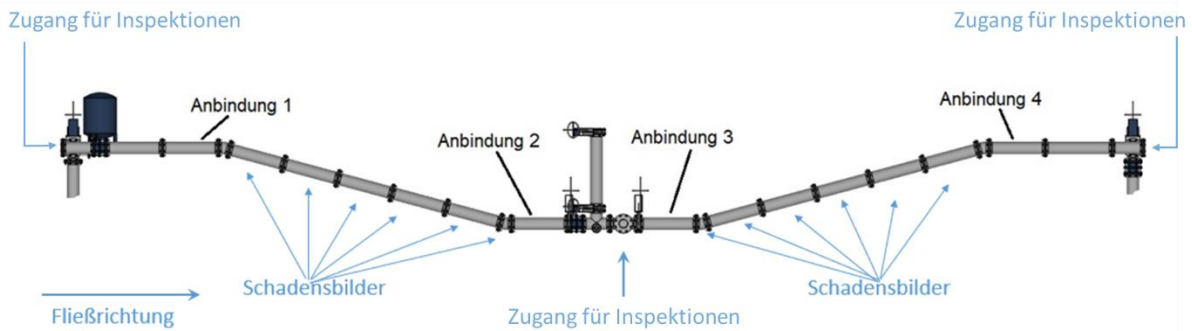


Bild 11 Oberirdischer Leitungsverlauf mit Lage der Schadensbilder, Zugängen und Anbindungen

Nach Installation jeweils aller vier Sanierungssysteme wurde das Belastungs- und Prüfprogramm gestartet. Dieses ist im Detail im Abschnitt 3.4 dargestellt.

3.3 Vergabe der Sanierungslose

Ein wesentliches Ziel des Produkt- und Verfahrenstestes ist es, den öffentlichen Netzbetreibern solide und verlässliche Informationen über Stärken und Schwächen sowie Einsatzmöglichkeiten bzw. -grenzen der am Markt angebotenen Produkte zu verschaffen. Entsprechend wurde das Vorgehen zur Auswahl von Sanierungsfirmen eng mit dem Lenkungskreis der Netzbetreiber abgestimmt.

Für den IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“ wurden insgesamt sechs Versuchsaufbauten (vgl. Abschnitt 3.1) für Systeme der Klasse A im IKT-Großversuchsstand erstellt. Zusätzlich zu den am Warentest teilnehmenden Sanierungssystemen der Klasse A wurden seitens der Lenkungskreismitglieder zu Forschungszwecken zwei weitere Systeme ausgewählt, um im Versuchsstand zwei Leitungen zu sanieren. Beide Systeme gehören explizit nicht der Klasse A an. Hierbei handelt es sich um eine Zementmörtelauskleidung der Firma Berkel (Trockenmörtel Sulfadur, als Korrosionsschutz, entsprechend Klasse D) und einen sog. eingezogenen Schlauch der Amex Sanivar AG (SaniTube), der gemäß DIN EN ISO 11295 keiner Klasse zugeordnet ist. Nachfolgend wird die Vergabe der Sanierungslose für die sechs Aufbauten für den IKT-Warentest detailliert dargestellt.

Als notwendige Bedingung für die Teilnahme am IKT-Warentest wurde für die Sanierungssysteme die Zugehörigkeit zur statischen Klasse A nach DIN EN ISO 11295, die Sanierbarkeit des Leitungsdurchmessers DN 200 und eine Bogengängigkeit von mindestens 15° festgelegt.

Für die Vergabe der Sanierungslose wurden 10 Hersteller recherchiert, die insgesamt 12 Renovierungssysteme der Klasse A (1 Hersteller mit 3 Systemen) für die Sanierung von Abwasserdruckleitungen auf dem Markt anbieten (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3 Marktübersicht zu Sanierungssystemen für Abwasserdruckleitungen der Klasse A

System	Hersteller
Vor Ort härtendes Schlauch-Lining	
AlphalinerPN	RELIN APTEC GmbH
BlueLine	Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG
Esders HPS Liner	Esders Pipeline Service GmbH
Nordiflow W PE	NordiTube Technologies SE
Nordiflow W PP	NordiTube Technologies SE
Saertex-Liner Pressure	Saertex multiCom GmbH
SaniPipe	Amex Sanivar AG
Starline Structure-S	KARL WEISS Technologies GmbH
Close-Fit-Lining	
Compact Pipe	Wavin GmbH
egeLiner	egeplast international GmbH
r.tec Close-Fit Liner	NordiTube Technologies SE
U-Liner	REHAU AG + Co.

Die Lenkungskreismitglieder beschlossen, dass alle verfügbaren Sanierungshersteller hinsichtlich einer Teilnahme am IKT-Warentest angefragt werden. Entsprechend wurden alle Hersteller zur Besichtigung des Musterversuchsaufbaus im Maßstab 1:1 in das IKT eingeladen. Anschließend wurden die Hersteller gebeten, Angebote für die Sanierungsaufgabe abzugeben. Sofern ein Hersteller die Sanierungen nicht selber durchführt, sollte eine Sanierungsfirma zur Durchführung der Sanierungsarbeiten seitens des Herstellers benannt werden.

Nachfolgend sind die Erfahrungen aus der Kontaktaufnahme mit den einzelnen Herstellern zusammengefasst. Schriftstücke mit Stellungnahmen der Hersteller finden sich in den Anlagen I - VII.

Vier Hersteller (NordiTube Technologies SE mit Nordiflow W PE und Nordiflow W PP, Esders Pipeline Service, Karl Weiss Technologies GmbH, Amex Sanivar AG) gaben ein Angebot ab.

Die Hersteller Wavin GmbH und egeplast international GmbH gaben ebenfalls ein Angebot ab, jedoch wurden Bedenken für das Schadensbild "Doppelloch 2 x 48 mm" angemeldet (vgl. Anlage I und II-A). Daraufhin hat der Lenkungskreis beschlossen, dass das Schadensbild durch ein Rohrstück ohne Schadenbild ersetzt wird, falls Bedenken

gegen das Schadensbild "Doppelloch 2 x 48 mm" seitens der Hersteller angemeldet werden.

Drei Hersteller (NordiTube Technologies SE mit r.tec Close-Fit Liner, RELINE APTEC GmbH und Saertex multiCom GmbH) erfüllten nicht die von den Lenkungsreismitgliedern formulierten notwendigen Bedingungen für die Teilnahme am IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“. Im Folgenden wird auf diese drei Hersteller detaillierter eingegangen:

NordiTube Technologies SE mit r.tec Close-Fit Liner

Nach Aussage des Herstellers kann das Sanierungssystem im IKT-Warentest nicht eingesetzt werden, da die 15°-Bögen zu nah beieinander liegen (vgl. Anlage III). Die notwendige Bedingung für die Teilnahme am IKT-Warentest ist somit nicht erfüllt (Sanierbarkeit von 15°-Bögen).

RELINE APTEC GmbH

Nach Aussage des Herstellers können Bögen bis maximal 5° mit dem Sanierungssystem saniert werden (vgl. Anlage IV). Die notwendige Bedingung für die Teilnahme am IKT-Warentest ist somit nicht erfüllt (Sanierbarkeit von 15°-Bögen).

Saertex multiCom GmbH

Nach Aussage des Herstellers kann das Sanierungssystem erst ab einer Nennweite von DN 250 eingesetzt werden und ist für gerade Strecken konzipiert (vgl. Anlage V). Die notwendige Bedingung für die Teilnahme am IKT-Warentest ist somit nicht erfüllt (Sanierbarkeit der Nennweite DN 200 und Sanierbarkeit von 15°-Bögen).

Zwei Hersteller (Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG und REHAU AG + Co) sagten die Teilnahme am IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen“ ab. Im Folgenden wird auf diese zwei Hersteller detaillierter eingegangen:

Pipe-Aqua-Tec GmbH Co.KG

Die Firma Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG gab am 15.01.2022 ein Angebot für die Teilnahme am IKT-Warentest ab. Am 19.04.2022 teilte der Hersteller mit, dass er aufgrund des Schadensbildes „Doppelloch“ nicht am IKT-Warentest teilnehmen wird (vgl. Anlage VI-A). Daraufhin hat das IKT im Auftrag des Lenkungsreises dem Hersteller am 29.06.2021 mitgeteilt, dass das Schadensbild „Doppelloch“ durch ein Rohrstück ohne Schadensbild ersetzt wird (vgl. Anlage VI-B). Der Hersteller sagte die Teilnahme am IKT-Warentest dann am 26.07.2021 aus Kapazitätsgründen ab (vgl. Anlage VI A-C).

REHAU AG +Co.

Der Hersteller sagte die Teilnahme am IKT-Warentest aufgrund von zu engen Platzverhältnissen in der IKT-Versuchshalle ab (vgl. Anlage VI).

Es wurden insgesamt sieben Angebote unter Berücksichtigung der von den Lenkungsreismitgliedern formulierten notwendigen Bedingungen abgegeben. Um eine Herstellervielfalt zu erhalten, wählten die Lenkungsreismitglieder lediglich ein Produkt von NordiTube Technologies SE (Nordiflow W PE) aus. Der Hersteller egeplast international GmbH konnte aus organisatorischen Gründen nur Rohre mit Gas-Markierung liefern, jedoch wurde die Konformität zum Abwasserrohr bestätigt (vgl. Anlage II-B).

Die sechs Sanierungslose für den IKT-Warentest wurden an die in Tabelle 4 dargestellten Hersteller und Sanierungssysteme seitens des Lenkungsreises vergeben.

Tabelle 4 Übersicht zu den am Warentest teilnehmenden Sanierungssystemen (Klasse-A-Liner)

System	Sanierungssystem	Hersteller	Sanierungsfirma
Vor Ort härten- des Schlauch- Lining	Nordiflow W PE	NordiTube Technologies SE	Esders Pipeline Service GmbH
	Starline Structure-S	Karl Weiss Technologies GmbH	Karl Weiss Technologies GmbH
	SaniPipe	Amex Sanivar AG	Amex Sanivar AG
	Esders HPS Liner	Esders Pipeline Service GmbH	Esders Pipeline Service GmbH
Close-Fit- Lining	Compact Pipe	Wavin GmbH	Diringer & Scheidel Rohrsanierung GmbH & Co. KG
	egeLiner	egeplast international GmbH	Esders Pipeline Service GmbH

3.4 Belastungs- und Prüfprogramm

In Abstimmung mit dem Lenkungskreis wurde ein Belastungs- und Prüfprogramm für die Untersuchungen am Sanierungssystem im IKT-Großversuchsstand und Materialprüfungen an Probestücken beschlossen. Nachfolgend wird das Belastungs- und Prüfprogramm beschrieben.

Untersuchungen am Sanierungssystem

Die Untersuchungen im GVS sind in drei Betriebsphasen (BP) unterteilt:

- Betriebszustände nach Sanierung (BP 1)
- Betriebszustände nach Schadensentwicklung (BP 2)
- besondere Betriebszustände (BP 3)

Bei den Betriebszuständen „nach Sanierung“ und „nach Schadensentwicklung“ werden Belastungen mit unterschiedlichen Betriebsdrücken und bei den „besonderen Betriebszuständen“ insbesondere betriebliche Belastungen wie eine Hochdruckreinigung durchgeführt.

Um Zustandsveränderungen über die Zeit zu erfassen, wird nach jeder Belastung die Leitung geleert und eine optische Inspektion mittels Kamertechnik durchgeführt. Zusätzlich wird bei laufender Belastung die Leitung von außen visuell auf Auffälligkeiten inspiziert. Die Reihenfolge der Belastungen und Prüfungen zeigt Tabelle 5. Die Details werden im Anschluss dargestellt.

Tabelle 5 Belastungs- und Prüfprogramm der Systemprüfungen

Betriebszustand	Nr.	Bezeichnung	Belastungsparameter		Beanspruchungsdauer	
Vor der Sanierung	0	Leistungsbewertungsprüfung „vor der Sanierung“	Erfassung der Förderleistung		/	
Sanierung der Versuchsstrecken						
Betriebszustände nach Sanierung (BP 1)	1	Füllstandsprüfung ¹	Füllstand	0 l/s	0,5h	
	2	Leistungsbewertungsprüfung „Nach Sanierung“ ¹	Erfassung der Förderleistung		4h	
	3	Standard-Betriebsdruck „Geringe Förderleistung“ ¹	ca. 2 bar	ca. 1 m/s, 30 l/s	24h	
	4	Standard-Betriebsdruck „Hohe Förderleistung“ ¹	ca. 2 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	5	Erhöhter-Betriebsdruck „Geringe Förderleistung“ ¹	ca. 6 bar	ca. 1 m/s, 30 l/s	24h	
	6	Erhöhter-Betriebsdruck „Hohe Förderleistung“ ¹	ca. 6 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	7	Zyklischer Druck ¹	ca. 2/4/6 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	8	Leistungsbewertungsprüfung „nach BP1“ ¹	Erfassung der Förderleistung		4h	
Zustandsentwicklung der Schadensbilder						
Betriebszustände nach Schadensbildentwicklung (BP 2)	9	Leistungsbewertungsprüfung „Nach Zustandsentwicklung“ ¹	Erfassung der Förderleistung		4h	
	10	Standard-Betriebsdruck „Geringe Förderleistung“ ¹	ca. 2 bar	ca. 1 m/s, 30 l/s	24h	
	11	Standard-Betriebsdruck „Hohe Förderleistung“ ¹	ca. 2 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	12	Erhöhter-Betriebsdruck „Geringe Förderleistung“ ¹	ca. 6 bar	ca. 1 m/s, 30 l/s	24h	
	13	Erhöhter-Betriebsdruck „Hohe Förderleistung“ ¹	ca. 6 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	14	Zyklischer Druck ¹	ca. 2/4/6 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	15	Leistungsbewertungsprüfung „nach BP 2“ ¹	Erfassung der Förderleistung		4h	
Besondere Betriebszustände (BP 3)	16	Statisch max. Prüfdruck ¹	ca. 9 bar	0 l/s	24h	
	17	Hochdruck-Reinigung ¹	80 bar	-	1h	
	18	Abrasive Inhaltsstoffe ¹	ca. 6 bar	ca. 3 m/s, 90 l/s	24h	
	19	Leistungsbewertungsprüfung „nach Abrieb“ ¹	Erfassung der Förderleistung		4h	
	20	Luftüber- und Luftunterdruckzyklen ¹	ca. 0,2 bar / ca. - 0,2 bar	0 l/s	60 sec	
	21	Flutung des Großversuchsstands				
	22	Luftüberdruckprüfung I mit Außenwasserdruck ¹	ca. 0,4 bar - max. 1 mWs	0 l/s	1h	
	23	Luftunterdruckbelastung mit Außenwasserdruck ¹	ca. (- 0,8 bar) - max. 1 mWS	0 l/s	1h	
	24	Luftüberdruckprüfung II mit Außenwasserdruck ¹	ca. 0,4 bar - max. 1 mWs	0 l/s	1h	
	25	Leistungsbewertungsprüfung „nach BP3“ ¹	Erfassung der Förderleistung		4h	
	26	Dichtheitsprüfung ¹	0,1 bar	zul. Druckabfall: 0,015 bar	120 sec	

¹ nach der Belastung wird eine optische Inspektion durchgeführt

Nachfolgend werden die Belastungen und Prüfungen erläutert:

- **Leistungsbewertungsprüfung (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 0, 2, 8, 9, 15, 19, 25)**

Die Leistungsbewertungsprüfungen werden durchgeführt, um die hydraulischen Leistungsverluste der sanierten Leitungen zu untersuchen. Hierfür werden eine Prüfung vor der Sanierung (Nullmessung) am Querschnitt des Altrohres und sechs Prüfungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Sanierung durchgeführt. Für die Leistungsbewertungsprüfungen werden dabei Drehzahlstufen von 100 bis 1400 U/min angefahren und jeweils die Pumpenfrequenz in Hertz, die Stromstärke in Ampere und der Durchfluss in l/s aufgezeichnet. Anschließend werden die erfassten Förderverluste miteinander verglichen.
- **Füllstandsprüfung (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 1)**

An den sanierten Leitungen wird eine drucklose Wasserfüllstandsprüfung mit einer Prüfzeit von 30 min durchgeführt, um das Sanierungsergebnis auf Dichtheit zu untersuchen.
- **Standard-Betriebsdruck (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 3, 4, 10, 11)**

Bei dem Standard-Betriebsdruck werden die sanierten Leitungen zwei Mal mit ca. 2 bar für 24 Stunden jeweils 10 min mit Förderung und 5 min ohne Förderung belastet. Hierbei wird zwischen „geringer Förderleistung“ mit einer Fließgeschwindigkeit von ca. 1 m/s und einem Durchfluss von 30 l/s (vgl. Nr. 3 und 10) und „hoher Förderleistung“ mit einer Fließgeschwindigkeit von ca. 3 m/s und Durchfluss 90 l/s unterschieden (vgl. Nr. 4 und 11).
- **Erhöhter-Betriebsdruck (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 5, 6, 12, 13)**

Bei dem Erhöhten-Betriebsdruck werden die sanierten Leitungen zwei Mal mit ca. 6 bar für 24 Stunden jeweils 10 min mit Förderung und 5 min ohne Förderung belastet. Hierbei wird zwischen „geringer Förderleistung“ mit einer Fließgeschwindigkeit von ca. 1 m/s und einem Durchfluss von 30 l/s (vgl. Nr. 5 und 12) und „hoher Förderleistung“ mit einer Fließgeschwindigkeit von ca. 3 m/s und Durchfluss 90 l/s unterschieden (vgl. Nr. 6 und 13).
- **Zyklischer Betriebsdruck (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 7, 14)**

Bei den Betriebsdruckschwankungen werden die Druckstufen 2, 4 und 6 bar im Zyklus innerhalb von 24 Stunden für jeweils 20 Min angefahren. In den ersten 10 min wird die Leitung mit einer Fließgeschwindigkeit von 3 m/s und einem Durchfluss von 90 l/s betrieben. Anschließend wird in den darauffolgenden 10 min der Druck der nächsten Stufe ohne Pumpenförderung angefahren.
- **Statisch max. Prüfdruck (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 16)**

Bei dieser Belastung werden die Leitungen mit 9 bar statischem Wasserdruck für 24 Stunden ohne Pumpenbetrieb belastet.
- **Hochdruck-Reinigung (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 17)**

Die Hochdruck-Reinigung wird mit 80 bar an der Reinigungsdüse und einer Wasserdurchflussmenge von ca. 249 l/min in fünf Zyklen mit einer rundumstrahlenden Düse (8 Einsätze 2,6 mm mit jeweils 28,8° Abstrahlwinkel) durchgeführt.

- **Abrasive Inhaltsstoffe (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 18)**
Die Leitung wird mit 5 kg Splitt befüllt und für 24 Stunden mit einer Belastungsstufe von 6 bar, einer Fließgeschwindigkeit von 3 m/s und einem Durchfluss von 90 l/s betrieben. Hierbei findet in den 24 Stunden intervallweise eine Förderung von 10 min mit einer anschließenden Pause von 5 min statt.
- **Luftüber- und Luftunterdruckzyklen (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 20)**
Die Leitungen werden für 5 Zyklen abwechselnd mit Luftüberdruck von ca. 0,2 bar und Luftunterdruck von ca. -0,2 bar für jeweils 60 Sekunden belastet.
- **Luftüberdruckbelastung (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 22, 24)**
Es werden ca. 0,4 bar Luftüberdruck und ein Außenwasserdruck von max. 1 mWs auf die Leitungen für eine Stunde aufgebracht. Während der Belastung werden die Leitungen hinsichtlich aufsteigender Luftblasen visuell inspiziert.
- **Luftunterdruckbelastung (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 23)**
Die Leitungen werden mit ca. -0,8 bar Unterdruck und einem Außenwasserdruck von max. 1 mWs für eine Stunde belastet.
- **Dichtheitsprüfung (Ifd. Nr. im Prüfprogramm: 26)**
Es wird eine Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610 mit einem Prüfdruck von 0,1 bar Luftüberdruck und einer Prüfzeit von 90 Sekunden durchgeführt. Falls der zulässige Druckabfall von 0,015 bar während der gesamten Prüfzeit nicht überschritten wird, gilt die Prüfung als bestanden.

Nach Abschluss des Belastungs- und Prüfprogramms im IKT-Großversuchsstand wurden die sanierten Versuchsstrecken in einzelne Teilstücke geteilt und an diesen weiterführenden Untersuchungen durchgeführt. Hierzu zählen die Ermittlung der Querschnittsreduktion durch das Passieren von Holzkugeln mit unterschiedlichen Durchmessern. Zusätzlich wurden die Wanddicke, der Ringspalt und die Falten im Rohr gemessen. Die Belastung der Scherbenlast wurde außerhalb des IKT-Großversuchsstandes fortgeführt und anschließend die Eindringtiefe nach 188 Belastungstagen gemessen (Kriterium Robustheit).

Materialprüfungen an Probestücken

Zusätzlich werden statische und zyklische Materialprüfungen an Probestücken durchgeführt. Der Schwerpunkt liegt in den Untersuchungen der mechanischen Kennwerte und der chemischen Beständigkeit. In Tabelle 6 sind die Materialprüfungen an Probestücken dargestellt.

Tabelle 6 Materialprüfungen an Probestücken

Materialprüfung „Nach Sanierung“	Prüfserien	Belastung	Prüfung
Wandaufbau	1 Prüfserie (a 6 Probekörper)	-	messen
Dreipunkt-Biegeversuch <i>DIN EN ISO 178 & DIN EN ISO 11296-4</i>	2 Prüfserien (a 3 Probekörper), davon 1 Prüfserie angeschnitten	Punktkraft	E-Modul & Biegespannung
Scheiteldruckprüfung <i>DIN EN 1228</i>	1 Prüfserie (a 3 Prüfstellen)	Punktkraft	E-Modul & Ringsteifigkeit
APS-Dichtheitsprüfung <i>Dichtheitsprüfung nach APS-Prüfrichtlinie</i>	2 Prüfserien (a 3 Prüfstellen), davon 1 Prüfserie angeschnitten	Unterdruck	optisch (dicht/undicht)
Beständigkeit gegen Abwasser* (chemische Belastung)	2 Prüfserien (a 3 Probekörper)	chemisch	optisch & Gewichtsveränderung
APS-Dichtheitsprüfung nach chemischer Belastung* (Beständigkeit gegen Abwasser) <i>Dichtheitsprüfung nach APS-Prüfrichtlinie</i>	Je 2 Prüfserien (a 3 Prüfstellen), davon jeweils 1 Prüfserie angeschnitten	Unterdruck	optisch (dicht/undicht)
Dreipunkt-Biegeversuch nach chemischer Belastung* <i>DIN EN ISO 178 & DIN EN ISO 11296-4</i>	Je 2 Prüfserien (a 3 Probekörper), davon jeweils 1 Prüfserie angeschnitten	Punktkraft	E-Modul & Biegespannung
Kipprinne	1 Prüfserie (1 Probekörper)	Abrieb	Materialverlust
APS-Dichtheitsprüfung nach Kipprinne <i>Dichtheitsprüfung nach APS-Prüfrichtlinie</i>	2 Prüfserien (a 3 Prüfstellen), davon 1 Prüfserie angeschnitten	Unterdruck	optisch (dicht/undicht)
Zyklische Belastung (Split-Disk-Prüfung)	1 Prüfserie (3 Probekörper)	Innendruck	Kraft/optisch
APS-Dichtheitsprüfung nach zyklische Belastung (Split-Disk-Prüfung) <i>Dichtheitsprüfung nach APS-Prüfrichtlinie</i>	1 Prüfserien (a 3 Prüfstellen)	Unterdruck	optisch (dicht/undicht)

* Belastung jeweils mit Schwefelsäure, Natronlauge und Peroxidreiniger

Darüber hinaus werden weitere Prüfungen durchgeführt, wenn Auffälligkeiten während des Belastungs- und Prüfprogramms im IKT-Großversuchsstand erkannt werden.

4 Bewertungsschema

4.1 Überblick

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

Im vorliegenden IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“ wurden Hersteller mit den von ihnen eingesetzten Systemen einem mehrteiligen Test unterzogen.

Die Bewertungsnote gründet sich auf Ergebnissen der Bewertungsschwerpunkte „Dichtigkeit“, „Standicherheit“, „Betriebssicherheit“ und der „Qualitätssicherung“ und wird jeweils mit Noten zwischen „sehr gut (1,0)“ und „ungenügend (6,0)“ bewertet.

Als Zusatzinformationen werden „Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen“, „Wandaufbau“, „Wanddicke“, „Einbauverfahren“, „Aushärtungsverfahren und -zeit“, „Anbindung (Art/ Hersteller)“ und „Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort“ dargestellt.

Tabelle 7 zeigt das durch die Netzbetreiber festgelegte Bewertungsschema mit den Bewertungsschwerpunkten inkl. Wichtung.

Tabelle 7 Bewertungsschema (Überblick) mit Wichtung

Bewertungsschema		
Dichtheit	45%	Zusatzinformationen
Exfiltrationsdichtheit <ul style="list-style-type: none"> • vor der Zustandsentwicklung, 20% • nach der Zustandsentwicklung, 30% • besondere Betriebszustände, 30% • Dichtheit von Probestücken, 20% 	80%	Robustheit ggü. Punktlast Metallspitze Inkrustation Abwinklung Bogengängigkeit Wandaufbau Wanddicke
Infiltrationsdichtheit	20%	Einbauverfahren
Standsicherheit	25%	Aushärtungsverfahren und -zeit
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium)	50%	Anbindung (Art/ Hersteller)
Statischer Nachweis	30%	Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort
Material und Geometrie	20%	
Betriebssicherheit	15%	
Optischer Gesamteindruck <ul style="list-style-type: none"> • nach Sanierung, 20% • nach HD-Reinigung, 40% • nach Prüfprogrammende, 40% 	25%	
Hydraulischer Leistungsverlust	25%	
Faltenbildung/ Hindernisse	25%	
Querschnittsreduktion	25%	
Qualitätssicherung	15%	
Verfahrenshandbuch	20%	
Schulungen: Schulungsangebote des Herstellers/ Schulungsnachweise des Sanierers	20%	
Prüfzeugnisse	20%	
Überwachung: Eigen- und Fremdüberwachung	20%	
Besondere Auffälligkeiten	20%	

Aus den in Tabelle 7 dargestellten Bewertungskriterien wurde von den Lenkungskreismitgliedern das Kriterium „Standsicherheit – Tragfähigkeit der Struktur“ als **K.O.-Kriterium** festgelegt. Dementsprechend wird im Lenkungskreis über die grundsätzliche Einsatzfähigkeit des Systems als Klasse-A-Liner entschieden, wenn ein Kollaps oder ein Bersten des Systems vorliegt.

Bewertet der Lenkungskreis das System als „**nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner**“, wird das IKT-Prüferteil „ungenügend (6,0)“ unabhängig von den weiteren Teilnoten vergeben.

Das detaillierte Bewertungsschema mit den Benotungen der Systeme ist in den nachfolgenden Abschnitten 4.2 bis 4.5 dargestellt.

4.2 Dichtheit

Die „Dichtheit“ wird anhand der Ergebnisse der Exfiltrationsdichtheit und Infiltrationsdichtheit bewertet, die mit 80 % bzw. 20 % gewichtet werden. Die Exfiltrationsdichtheit unterteilt sich dabei in die Untersuchungen am Sanierungssystem im IKT - Großversuchsstand („vor der Zustandsentwicklung“, 20 %, „nach der Zustandsentwicklung“, 30 % und „besondere Betriebszustände“, 30 %) und Materialprüfungen an Probestücken („Dichtheit von Probestücken“, 20 %) (vgl. Abschnitt 3.4).

Das Kriterium „**Exfiltrationsdichtheit**“ hinsichtlich der Untersuchungen am Sanierungssystem wird bewertet, indem die Leitungen nach jeder Belastung oberirdisch abgelaufen und visuell hinsichtlich Auffälligkeiten begutachtet werden. Für die Benotung werden Kritikpunkte in Abhängigkeit des Abdichtungs-Erfolges für die Zustände „vor der Zustandsentwicklung“, „nach der Zustandsentwicklung“ und „besondere Betriebszustände“ vergeben. Die jeweiligen Kritikpunkte werden jeweils für Strang 1 und 2 je Zustand addiert und anschließend wird gemäß Tabelle 8 eine Einzelnote ermittelt.

Für die Belastungen werden entsprechend dem Bewertungsschema in Tabelle 8 für Strang 1 und 2 jeweils 0 Kritikpunkte vergeben, wenn keine Auffälligkeit (Farbbezeichnung: „Grün“) vorliegt. Für die Auffälligkeit „Feuchtigkeit“ (Farbbezeichnung: „Gelb“) wird 1 Kritikpunkt vergeben. Die „Feuchtigkeit“ ist eine Auffälligkeit, in der kein kontinuierlicher Wasseraustritt, weniger als drei Tropfen in fünf Sekunden, erkennbar ist. Für eine erkennbare Auffälligkeit Exfiltration „Tropfen“ (Farbbezeichnung: „Orange“) und „Fließen/ Wasserswall“ (Farbbezeichnung: „Rot“) werden 4 bzw. 5 Kritikpunkte vergeben. Falls der erforderliche Zieldruck aufgrund von vorliegenden Undichtheiten nicht angefahren werden kann, werden 5 Kritikpunkte vergeben (Farbbezeichnung: „Violett“).

Die Untersuchungen am Sanierungssystem werden mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn alle sanierten Schadensbilder keine Auffälligkeit aufweisen (0 Kritikpunkte). Ab fünf Kritikpunkten wird die Note 6,0 (ungenügend) vergeben. In Tabelle 8 ist das Bewertungsschema mit den Kritikpunkten dargestellt.

Tabelle 8 Bewertungsschema für das Kriterium „Exfiltrationsdichtheit – Untersuchungen am Sanierungssystem“

Kritikpunkte Keine Auffälligkeit – 0 (Grün) Feuchtigkeit – 1 (Gelb) Tropfen – 4 (Orange) Fließen/ Wasserschwalm – 5 (Rot) Zieldruck wurde nicht angefahren – 5 (Violett)	Benotung
0	1,0
1	2,0
2	3,0
3	4,0
4	5,0
≥ 5	6,0

Für die Benotung der Exfiltrationsdichtheit hinsichtlich der Materialprüfungen an Probestücken („Dichtheit von Probestücken“, 20 %) wird die Note 1,0 vergeben, wenn alle APS-Dichtheitsprüfungen bestanden sind. Das System erhält die Note 3,0, wenn über alle Prüfscenarien (Einbau, Kipprinne, chemische Belastungen, zyklische Belastung, Stellen mit Auffälligkeiten) eine Prüfscelle von insgesamt mindestens 33 Prüfscellen die Prüfung nicht besteht. Fallen weitere Prüfscellen durch, jedoch nie mehr als eine je Prüfscenarion, resultiert daraus die Note 4,0. Die Note 5,0 liegt vor, wenn ein Prüfscenarion nicht bestanden ist. Falls mehrere Prüfscenarien nicht bestanden sind, wird die Note 6,0 vergeben.

Tabelle 9 Bewertungsschema für das Kriterium „Exfiltrationsdichtheit – Dichtheit von Probestücken“

Bewertung „Dichtheit von Probestücken“	Benotung
Alle Prüfungen bestanden	1,0
Maximal eine Prüfung nicht bestanden	3,0
Alle Prüfscenarien bestanden (z.B. 5 von 6)	4,0
Ein Prüfscenarion nicht bestanden	5,0
Mehrere Prüfscenarien nicht bestanden	6,0

Zusätzlich werden Prüfungen an auffälligen Stellen aus den Großversuchen durchgeführt. Hierbei werden Auffälligkeiten wie einzelne Prüfscenarien behandelt.

Die Endnote der Exfiltrationsdichtheit setzt sich dann aus folgenden Unterkriterien mit Gewichtung zusammen:

- vor der Zustandsentwicklung, 20 %
- nach der Zustandsentwicklung, 30 %
- besondere Betriebszustände, 30 %
- Dichtheit von Probestücken, 20 %

Das Kriterium „**Infiltrationsdichtheit**“ wird bewertet, indem unter Außenwasserdruck zwischen den einzelnen Belastungen (vgl. Abschnitt 3.4) eine optische Inspektion mittels Kamertechnik durchgeführt wird. Für die Benotung werden dann Kritikpunkte in Abhängigkeit des Abdichtungs-Erfolges vergeben. Die jeweiligen Kritikpunkte werden jeweils für Strang 1 und 2 addiert und anschließend wird gemäß Tabelle 10 eine Einzelnote ermittelt. Die Endnote für die Infiltrationsdichtheit ergibt sich dann jeweils aus dem Mittelwert beider Einzelnoten für Strang 1 und Strang 2.

Für die Belastungen werden entsprechend dem Bewertungsschema in Tabelle 10 für Strang 1 und 2 jeweils 0 Kritikpunkte vergeben, wenn keine Auffälligkeit (Farbbezeichnung: „Grün“) vorliegt. Für die Auffälligkeit „Feuchtigkeit“ (Farbbezeichnung: „Gelb“) wird 1 Kritikpunkt vergeben. Die „Feuchtigkeit“ ist eine Auffälligkeit, in der kein kontinuierlicher Fremdwasser-Eintritt, weniger als drei Tropfen in fünf Sekunden, erkennbar ist. Für eine erkennbare Auffälligkeit Infiltration „Tropfen“ (Farbbezeichnung: „Orange“) und „Fließen/ Wasserschwall“ (Farbbezeichnung: „Rot“) werden 4 bzw. 5 Kritikpunkte vergeben.

Tabelle 10 Bewertungsschema für das Kriterium „Infiltrationsdichtheit“

Kritikpunkte Keine Auffälligkeit – 0 (Grün) Feuchtigkeit – 1 (Gelb) Tropfen – 4 (Orange) Fließen/ Wasserschwall – 5 (Rot)	Benotung
0	1,0
1	2,0
2	3,0
3	4,0
4	5,0
≥ 5	6,0

Im 2,50 m langen Tiefpunkt wird in der Sohle (5-7 Uhr) ausschließlich Wasserschwall bewertet, da aufgrund von fließendem, stehendem Wasser eine vergleichende Bewertung kleinerer Auffälligkeiten (Feuchtigkeit, Tropfen) nicht eindeutig möglich ist. Darüber hinaus kann nur ca. 2/3 der sanierten Leitung mit Außenwasserdruck belastet werden, sodass auch nur dieser Bereich für die Bewertung betrachtet wird (vgl. Bild 12).



Bild 12 Wasserstand bei Infiltrationsprüfung

Die Untersuchungen am Sanierungssystem werden mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn alle sanierten Stränge keine Auffälligkeit aufweisen (0 Kritikpunkte). Ab fünf Kritikpunkten wird die Note 6,0 (ungenügend) je Strang vergeben.

Zusätzlich wird die Endnote des Kriteriums „Dichtheit“ abgewertet, wenn Nacharbeiten aufgrund von Undichtheiten nach Abschluss der Sanierungsarbeiten durchgeführt werden mussten (vgl. Tabelle 11). Dementsprechend findet keine Abwertung statt, wenn eine erfolgreiche Füllstandsprüfung nach Sanierung vorlag. Bei einer erfolgreichen Füllstandsprüfung erst nach 1. Nacharbeit bzw. nach 2. Nacharbeit wird um 1,0 bzw. 2,0 abgewertet. Die Abwertung um 3,0 erfolgt, wenn „keine erfolgreiche Nacharbeit (Feuchtigkeit)“ durchgeführt wurde. Wenn keine erfolgreiche Nacharbeit durchgeführt und Tropfen oder Fließen sichtbar ist, wird das Kriterium „Dichtheit“ mit der Note 6,0 unabhängig von den weiteren Teilnoten bewertet.

Tabelle 11 Bewertungsschema für Abwertung des Kriteriums „Dichtheit“ bei Nacharbeiten

Abwertung des Kriteriums „Dichtheit“ bei Nacharbeiten	Abwertung um
Erfolgreiche Füllstandsprüfung nach Sanierung	0,0
Erfolgreiche Füllstandsprüfung nach 1. Nacharbeit	1,0
Erfolgreiche Füllstandsprüfung nach 2. Nacharbeit	2,0
Keine erfolgreiche Nacharbeit, Feuchtigkeit	3,0
Keine erfolgreiche Nacharbeit, Tropfen oder Fließen	Note „Dichtheit“ 6,0

4.3 Standsicherheit

Die „Standsicherheit“ wird anhand der Kriterien „Tragfähigkeit der Struktur“, „Statischer Nachweis“ und „Material und Geometrie“ bewertet, die mit 50 %, 30 % und 20 % gewichtet werden.

Das Kriterium „**Tragfähigkeit der Struktur**“ wird über die gesamte Versuchslaufzeit bewertet. Falls keine Auffälligkeiten festgestellt werden, wird die Note 1,0 vergeben. Falls eine Auffälligkeit in Form von Verformungen, Faltenbildung, Löcher oder Lufteinschlüsse vorliegt, erhält das System die Note 2,0. Bei zwei bzw. drei Auffälligkeiten wird die Note 3,0 bzw. 4,0 vergeben. Die Note 5,0 liegt vor, wenn mögliche Versagensrisiken (Risse, große Verformungen-Falten-Fehlstellen) identifiziert werden. Bei einem Kollaps oder Bersten wird die Note 6,0 vergeben.

Zusätzlich wurde das Bewertungskriterium „Standsicherheit – Tragfähigkeit der Struktur“ von dem Lenkungskreis als K.O.-Kriterium festgelegt. Dementsprechend wird im Lenkungskreis über die grundsätzliche Einsatzfähigkeit des Systems als Klasse-A-Liner entschieden, wenn ein Kollaps oder ein Bersten des Liners vorliegt. Bewertet der Lenkungskreis das System als „nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner“, wird das IKT-Prüferteil „ungenügend (6,0)“ unabhängig von den weiteren Teilnoten vergeben.

Das Bewertungsschema für das Kriterium „Tragfähigkeit der Struktur“ zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12 Bewertungsschema für das Kriterium „Tragfähigkeit der Struktur“

Bewertung „Tragfähigkeit der Struktur“	Benotung
Keine Auffälligkeiten	1,0
1 Auffälligkeit aus Verformungen, Faltenbildung, Löcher oder Lufteinschüsse	2,0
2 Auffälligkeiten aus Verformungen, Faltenbildung, Löcher oder Lufteinschüsse	3,0
3 Auffälligkeiten aus Verformungen, Faltenbildung, Löcher oder Lufteinschüsse	4,0
Mögliche Versagensrisiken (Risse, große Verformungen-Falten-Fehlstellen)	5,0
Kollaps/ Bersten	6,0

Der „**Statische Nachweis**“ wird hinsichtlich seiner Plausibilität (Sanierungsbedingungen der Systemprüfungen) überprüft und bei Mängeln mit Kritikpunkten durch einen IKT-Gutachter bewertet.

Die Kritikpunkte beziehen sich dann auf Mängel in folgenden Leistungsdimensionen:

- Berücksichtigung von Lastfällen (Innendruck und Außendruck)
- Berücksichtigung von Schadensbildern (Ovalisierung, Muffenversatz, Einzelloch)
- Plausibilität des Berechnungsweges

Ein System wird mit der Note 1,0 bewertet, wenn keine Kritikpunkte vorhanden sind (0 Kritikpunkte). Ab vier bzw. fünf Kritikpunkten wird die Note 5,0 bzw. 6,0 vergeben.

In der nachfolgenden Tabelle 13 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Statischer Nachweis“ dargestellt.

Tabelle 13 Bewertungsschema für das Kriterium „Statischer Nachweis“

Bewertung „Statischer Nachweis“	Benotung
0 Kritikpunkte	1,0
1 Kritikpunkt	2,0
2 Kritikpunkte	3,0
3 Kritikpunkte	4,0
4 Kritikpunkte	5,0
≥ 5 Kritikpunkte	6,0

Bei dem Kriterium „**Material und Geometrie**“ wird durch einen IKT-Gutachter überprüft, ob Materialkennwerte und Geometrie den statischen Annahmen entsprechen. Hierbei werden folgende Punkte überprüft und mit Kritikpunkten versehen:

- Materialkennwerte (Zugfestigkeit, Biegefestigkeit, Biegesteifigkeit) gemäß den statischen Annahmen
- Geometrie (Wanddicke, Ringspalt, Ovalisierung) gemäß den statischen Annahmen

Ein System wird mit einer Note 1,0 bewertet, wenn keine Kritikpunkte vorhanden sind (0 Kritikpunkte). Ab vier bzw. fünf Kritikpunkten wird die Note 5,0 bzw. 6,0 vergeben. Liegt kein statischer Nachweis vor, wird das Kriterium mit 6,0 benotet.

In der nachfolgenden Tabelle 14 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Material und Geometrie“ dargestellt.

Tabelle 14 Bewertungsschema für das Kriterium „Material und Geometrie“

Bewertung „Material und Geometrie“	Benotung
0 Kritikpunkte	1,0
1 Kritikpunkt	2,0
2 Kritikpunkte	3,0
3 Kritikpunkte	4,0
4 Kritikpunkte	5,0
≥ 5 Kritikpunkte	6,0

4.4 Betriebssicherheit

Die „Betriebssicherheit“ wird anhand der Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ bewertet, die jeweils mit 25 % gewichtet werden.

Bei dem Kriterium „**Optischer Gesamteindruck**“ wird bewertet, ob die Entsorgungssicherheit der Leitung wiederhergestellt ist, d.h. der Eindruck, inwieweit der Kanalabschnitt frei von Abflusshindernissen sowie Verstopfungsgefahren ist. Die Beurteilung wurde von den beteiligten Netzbetreibern anhand von Fotodokumentationen mit Notenvergabe vorgenommen (vgl. Tabelle 15). Eine Note „4“ (ausreichend) oder besser wird dabei als „bestanden“ angesehen. Die Bewertungsergebnisse der beteiligten Netzbetreiber wurden arithmetisch zu einem Gesamtergebnis gemittelt. Bei der Bewertung wird zwischen den Zuständen „nach Sanierung“, „nach Hochdruck-Reinigung“ und „nach Prüfprogrammende“ unterschieden, wobei die Bewertungen zu 20 % (nach Sanierung), 40 % (nach Hochdruck-Reinigung) und 40 % (nach Prüfprogrammende) gewichtet werden.

Tabelle 15 Bewertungsschema für das Kriterium „Optischer Gesamteindruck“

Bewertung „Optischer Gesamteindruck“	Benotung
Keine Auffälligkeiten	1,0
Geringe Auffälligkeiten	2,0
Mittlere Auffälligkeiten	3,0
Starke Auffälligkeiten, ohne Betriebseinschränkung	4,0
Betriebseinschränkung notwendig	5,0
Betriebsausfall	6,0

Bei dem Kriterium „**Hydraulischer Leistungsverlust**“ werden eine Prüfung vor der Sanierung (Nullmessung) am Querschnitt des Altrohres und sechs Prüfungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Sanierung durchgeführt und anschließend die erfassten Förderverluste miteinander verglichen.

Ein System wird mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn ein hydraulischer Leistungsverlust kleiner 2,5 % vorliegt. Ab einem hydraulischen Leistungsverlust von größer als 25 % wird die Note 6,0 (ungenügend) vergeben. Dazwischenliegende Werte werden entsprechend Tabelle 16 benotet.

Tabelle 16 Bewertungsschema für das Kriterium „Hydraulischer Leistungsverlust“

Bewertung „Hydraulischer Leistungsverlust“	Benotung
< 2,5%	1,0
5% > x ≥ 2,5%	2,0
7,5% > x ≥ 5%	3,0
10% > x ≥ 7,5%	4,0
25% > x ≥ 10%	5,0
> 25%	6,0

Das Kriterium „**Faltenbildung/ Hindernisse**“ wird für Strang (50 %) und Bogen (50 %) bewertet, indem die Falten vermessen und mögliche Hindernisse in der Leitung beurteilt werden. Hierbei werden die vier vorliegenden Bögen als eine gesamte Bewertungseinheit (ein Bogen) angesehen. Für die Benotung wird jeweils die Note 1,0 vergeben, wenn der Strang bzw. die Bögen entweder faltenfrei sind oder alle vorliegenden Falten eine geringere Höhe von ≤ 6 mm aufweisen. Falls mindestens eine Falte größer als 6 mm vorliegt, erhält das System die Note 5,0. Werden „außergewöhnliche hydraulische Hindernisse“, z.B. einragende Bruchstücke, festgestellt, wird die Note 6,0 vergeben. In der nachfolgenden Tabelle 17 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Faltenbildung/ Hindernisse“ dargestellt.

Tabelle 17 Bewertungsschema für das Kriterium „Faltenbildung/ Hindernisse – Strang und Bogen“

Bewertung „Faltenbildung/ Hindernisse“ - Strang und Bogen -	Benotung
Faltenfrei, alle Falten ≤ 6 mm	1,0
> 6 mm	5,0
Außergewöhnliches hydraulisches Hindernis z.B. einragende Bruchstücke	6,0

Die „**Querschnittsreduktion**“ wird anhand des Passierens von Holzkugeln mit Durchmessern von 150 mm bis 185 mm durch die sanierte Leitung bewertet. Die Holzkugeln werden mit einer maximalen Ziehkraft von 100 N mit einer Seilwinde (Zieh-Geschwindigkeit: ca. 2 m/min durch das Rohr gezogen. Hierbei wird für Strang (50 %), Bogen (25 %) und Anbindung (25 %) jeweils eine separate Bewertung vorgenommen.

Die Note ergibt sich aus dem Durchmesser der größten Kugel, die die Leitung durchquert (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18 zeigt das Bewertungsschema für das Kriterium „Querschnittsreduktion“.

Tabelle 18 Bewertung des Kriteriums „Querschnittsreduktion“

Bewertung „Querschnittsreduktion“ - Strang, Bogen, Anbindung -	Benotung
≥ 185 mm	1,0
≥ 180 mm	2,0
≥ 170 mm	3,0
≥ 160 mm	4,0
≥ 150 mm	5,0
< 150 mm	6,0

4.5 Qualitätssicherung

Im Bewertungspunkt „Qualitätssicherung“ wird untersucht, inwieweit der Hersteller die Qualität seines Systems überwacht bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung nachweist.

Zu den folgenden Kriterien, die jeweils mit 20 % gewichtet werden, wurden von den Herstellern Unterlagen angefordert und ausgewertet:

- **Verfahrenshandbuch (20 %)**

Eine Grundvoraussetzung für die Anwendung eines Sanierungssystems auf einer Baustelle ist eine aussagekräftige Verfahrensbeschreibung für das ausführende Personal. Das Verfahrenshandbuch sollte nachvollziehbar strukturiert und

übersichtlich aufgebaut sein, ausführliche Informationen zu den Einsatzbereichen des Verfahrens enthalten sowie die Handhabung des Systems und den Einbauprozess detailliert beschreiben.

- **Schulungen (20 %): Schulungsnachweis des Sanierers (50 %), Schulungsangebote des Herstellers (50 %)**

Zur Qualifizierung sollte das ausführende Personal Schulungen besucht haben, in denen die Handhabung des Sanierungssystems erlernt werden kann und praktische Tipps aus Erfahrungen des Herstellers weitergegeben werden. Der Hersteller bietet für sein Sanierungssystem Schulungen für das ausführende Personal an. Im Idealfall werden in den Schulungen sowohl theoretische Grundlagen behandelt als auch die praktische Anwendung der Verfahren an Teststrecken eingeübt. Ein Beleg für den Besuch dieser Schulungen sind entsprechende Zertifikate der Schulungsträger.

- **Prüfzeugnisse (20 %)**

Die Qualität der eingesetzten Systeme sollte durch unabhängige, praxisnahe Prüfungen nachgewiesen worden sein.

- **Überwachung (20 %):**

Eigenüberwachung (50 %) und Fremdüberwachung (50 %)

Eine Eigenüberwachung kann der Qualitätssicherung der Sanierungsmaßnahme dienen. Der Nachweis für die Eigenüberwachung gilt als erbracht, wenn von der Sanierungsmaßnahme im IKT-Warentest ein Inspektionsvideo nach Abschluss der Sanierungsarbeiten und Aufzeichnungen zur Sanierungsmaßnahme, z.B. Sanierungsprotokoll, vorliegen. Darüber hinaus kann die häufig in Ausschreibungen geforderte Fremdüberwachung von Sanierungsmaßnahmen der Qualitätssicherung dienen. Daher sollten die eingesetzten Sanierungssysteme nachweislich am Markt auch mit einer qualifizierten Fremdüberwachung (z.B. Güteschutz Kanalbau oder vergleichbar) für den Abwasserbereich angeboten werden.

- **Besondere Auffälligkeiten (20 %)**

Ergänzend wurde auch das Kriterium „Besondere Auffälligkeiten (20 %)“ bei der Qualitätssicherung bewertet. Dies galt als bestanden (+), sofern im Zuge der üblichen Sanierungsbegleitung durch das IKT keine zu beanstandenden Besonderheiten beobachtet wurden.

Der Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ geht insgesamt zu 15 % in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die fünf oben aufgeführten Prüfkriterien ein. Die Kriterien werden mit „+/-“ (nachgewiesen / nicht nachgewiesen) bzw. „+o/-“ (nachgewiesen / teilweise nachgewiesen / nicht nachgewiesen) bewertet und fließen mit 20 % in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ ein. Für die Kriterien „Schulungen“ und „Überwachung“ werden die jeweils zwei Unterkriterien zu gleichen Anteilen gewichtet. In Tabelle 19 ist das Bewertungsschema und auf Bild 13 die lineare Funktion für das Kriterium „Qualitätssicherung“ dargestellt.

Tabelle 19 Bewertungsschema für das Kriterium „Qualitätssicherung“

Kriterium	Bewertung	Gewichtung
Verfahrenshandbuch	+ / o / -	20 %
Schulungen: Schulungsangebote des Herstellers/ Schulungsnachweise des Sanierers, je 50%	+ / -	20 %
Prüfzeugnisse	+ / o / -	20 %
Überwachung: Eigen- und Fremdüberwachung, je 50%	+ / o / -	20 %
Besondere Auffälligkeiten	+ / -	20 %

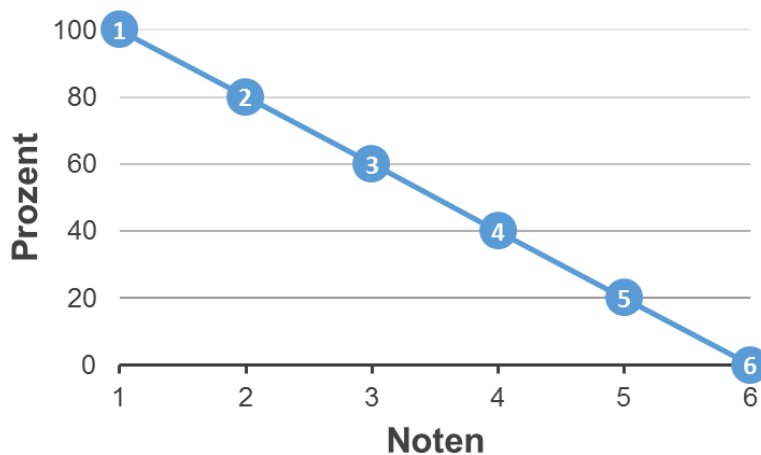


Bild 13 Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Qualitätssicherung“

4.6 Zusatzinformationen

Zusätzlich zu den beschriebenen Prüfungen werden als „Zusatzinformationen“ die nachstehend aufgelisteten Punkte in die Gesamtbewertung (ohne Benotung) einbezogen:

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen
- Wandaufbau
- Wanddicke
- Einbauverfahren
- Aushärtungsverfahren und -zeit
- Anbindung (Art/ Hersteller)
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort

5 Testergebnisse Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen

In diesem Abschnitt wird das Ergebnis des Vergleichstests „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“ dargestellt. Die Prüfurteile werden aus den Bewertungsschwerpunkten „Dichtheit (45%)“, „Standicherheit (25%)“, „Betriebssicherheit (15%)“ und der „Qualitätssicherung (15%)“ gebildet.

5.1 Testtabelle IKT-Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Kriterien und die gebildeten Prüfurteile zusammen. Sie enthält darüber hinaus Zusatzinformationen zur „Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen“. Zudem werden „Wandaufbau“, „Wanddicke“, „Einbauverfahren“, „Aushärtungsverfahren und -zeit“, „Anbindung (Art/ Hersteller)“ und „Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort“ angegeben.

Das Gesamtergebnis des IKT-Warentests „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“ bestätigt, dass es grundsätzlich möglich ist, ein qualitativ ansprechendes Sanierungsergebnis zu erzielen. Allerdings zeigte der Test auch, dass die Qualität zwischen den einzelnen Systemen Unterschiede aufweist. Es wurden Noten von „GUT“ bis „UNGENÜGEND“ vergeben.

Das beste Ergebnis erzielte das System „Compact Pipe“ mit der Note GUT (1,8), dicht gefolgt von „egeLiner“ mit der Note GUT (1,8) (ungerundete Werte maßgebend). Die Systeme „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ erhielten die Note BEFRIEDIGEND (2,6). Ein mangelhaftes Ergebnis erzielte das System „Esders HPS Liner“ (Note 5,3). Das System „SaniPipe“ wurde demgegenüber durch den Lenkungs-kreis aufgrund eines Liner-Kollapses „als nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner“ bewertet; im Ergebnis wurde hier daher das IKT-Prüfurteil „UNGENÜGEND (6,0)“ vergeben.

Das IKT-Warentest-Siegel „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“ kann auf Wunsch des Systemherstellers mit der eigenen Testnote an diesen verliehen werden.

IKT - Warentest „Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“



Aufgabe:

Sanierung einer ca. 22 m langen Stahlleitung DN 200 mit folgenden Schadensbildern:
 Undichte Verbindungen (4x), Lochfraß (2x – mit Zustandsentwicklung), Einzelloch 48 mm (2x), Scherbenlast (mit Zustandsentwicklung), Längsrisse (mit Zustandsentwicklung),
 15° Undichter Bogen (2x – mit Zustandsentwicklung), Abrieb in der Sohle, Axial verschobene Muffenverbindung, Einzelloch 8/48 mm (2x – mit Zustandsentwicklung), Ovalisierung um 6 %,
 Doppelloch 2x 48 mm (optional), Querrisse mit Abwinklung (optional), Inkrustation (optional), Maximal sanierbarer Bogen (optional).



Liner-System		Compact Pipe	egeLiner	Nordiflow W PE	Starline Structure-S	Esders HPS Liner	SaniPipe
Hersteller		Wavin GmbH	egeplast international GmbH	NordiTube Technologies SE	Karl Weiss Technologies GmbH	Esders Pipeline Service GmbH	Amex Sanivar AG
eingebaut durch Sanierungsfirma		Diringer & Scheidel Rohr-sanierung GmbH & Co. KG	Esders Pipeline Service GmbH	Esders Pipeline Service GmbH	Karl Weiss Technologies GmbH	Esders Pipeline Service GmbH	Amex Sanivar AG
IKT - Prüfurteil*		GUT 1,8	GUT 1,8	BEFRIEDIGEND 2,6	BEFRIEDIGEND 2,6	MANGELHAFT 5,3	UNGENÜGEND 6,0¹
Statisch unabhängiger Klasse-A-Liner? (K.O.-Kriterium)		ja	ja	ja	ja	ja	nein wegen Kollaps nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner
Dichtheit² Abwertung wegen Nacharbeiten nach Einbau	45%	1,0 keine	1,0 keine	2,0 dicht erst nach 1x Nacharbeit ³ (-1,0)	3,0 dicht erst nach 2x Nacharbeit ³ (-2,0)	6,0 auch nach 2x Nacharbeit ³ undicht	3,4 dicht erst nach 1x Nacharbeit ³ (-1,0)
Exfiltrationsdichtheit	80%	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	2,8
Infiltrationsdichtheit	20%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Standsicherheit	25%	3,0	3,0	3,2	2,0	5,4	6,0
Tragfähigkeit der Struktur	50%	2,0 Verformungen im Bogen	2,0 Verformungen im Bogen	4,0 Falten im Bogen, Löcher, Lufteinschüsse	2,0 Falten im Bogen	5,0 durchgehende Längsfalte, Falten im Bogen, Löcher, Versagensrisiko	6,0 durchgehende Längsfalte, Falten im Bogen, Löcher, Versagensrisiko, Liner kollabierte unter Außendruck
Statischer Nachweis	30%	4,5	4,0	2,5	2,0	5,5	6,0
Material und Geometrie Soll-Ist-Vergleich	20%	3,0 2 Abweichungen	4,0 3 Abweichungen	2,0 1 Abweichung	2,0 1 Abweichung	6,0 6 Abweichungen	6,0 6 Abweichungen
Betriebssicherheit	15%	2,3	2,4	3,3	2,7	4,1	4,5
Optischer Gesamteindruck nach Sanierung, HD-Reinigung und Testende	25%	1,0	1,0	3,4	2,7	5,0	4,7
Hydraulischer Leistungsverlust nach Sanierung in Prozent ⁴	25%	3,0 - 6%	3,0 - 6%	4,0 - 8%	2,0 - 3%	3,0 - 5%	4,0 - 8%
Faltenbildung / Hindernisse	25%	1,0 keine	1,0 keine	3,0 > 6 mm im Bogen	3,0 > 6 mm im Bogen	5,0 > 6 mm im Strang & Bogen	5,0 > 6 mm im Strang & Bogen
Querschnittsreduktion des Altrohrs DN 200: max. Kugeldurchgang Strang / Bogen / Anbindung	25%	4,3 160 / 155 / 160 mm	4,5 160 / 155 / 155 mm	3,0 180 / 170 / 155 mm	3,0 180 / 160 / 160 mm	3,3 170 / 170 / 160 mm	4,3 160 / 160 / 155 mm
Qualitätssicherung Verfahrenshandbuch, Schulungen, Prüfzeugnis, Überwachung, besondere Auffälligkeiten	15%	1,5	1,5	2,5	2,5	4,5 durchgehende Längsfalte	5,5 durchgehende Längsfalte und Ausführungsmängel
Zusatzinformationen nicht Teil der Benotung							
Robustheit ggü. Punktlast, Metallspitze, Inkrustation, Abwinklung; sanierter Bogen		o - + + 22,5°	+ - - + 22,5°	+ + - + 15°	+ + + + 30°	o + + + 30°	o + + + 30°
Wandaufbau		PE-Rohr SDR17 PN10 PE100	PE-Rohr SDR 17 PN10 PE100-RC	Preliner + GFK-verstärkter Nadelfilz + Innenfolie	Preliner + Laminat mit Glasfasern + Gewebeschauch + Innenfolie	Außenfolie + Laminat mit Nadelfilz + Gewebeschauch + Innenfolie	Außenfolie + Filzgewebe und Polyesterfasern mit Harzguss + Innenfolie
Wanddicke		ca. 13,4 mm	ca. 13,5 mm	ca. 4,9 mm	ca. 6,3 mm	ca. 7,3 mm	ca. 7,7 mm
Einbauverfahren		Close-Fit-Einziehverfahren	Close-Fit-Einziehverfahren	Inversionsverfahren mit Preliner	Inversionsverfahren mit Preliner	Einzieh-/Inversionsverfahren	Einzieh-/Inversionsverfahren
Aushärtungsverfahren und -zeit		Dampf (120 C°), ca. 2 h	Dampf (130 C°), ca. 1,5 h	Dampf (80 C°), ca. 3,5 h	Warmwasser (40 C°), ca. 19 h	Dampf (100 C°), ca. 1,5 h	Dampf (80 C°), ca. 22 h
Anbindungsart		PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffe	PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffe	Amex-Liner-End-Manschette	Kempe-Liner-End-Manschette	Amex-Liner-End-Manschette	Amex-Liner-End-Manschette
Summe Arbeitszeit / Tage vor Ort		14,5 h / 2 Tage	15,5 h / 3 Tage	15,5 h / 3 Tage	11,5 h / 2 Tage	11 h / 2 Tage	14,5 h / 4 Tage

¹Wegen Liner-Kollaps wurde das IKT-Prüfurteil „UNGENÜGEND 6,0“ unabhängig von den weiteren Teilnoten durch den Lenkungsausschuss vergeben.
²Zum Unterschied in der Bewertung von Exfiltrations- und Infiltrationsdichtheit siehe Kapitel 4.2, Seite 31.
³Nacharbeit an den Liner-End-Manschetten.
⁴Dient nicht als Dimensionierungshinweis.
 *Notenberechnung auf Basis ungerundeter Werte
 Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0

5.2 Dichtigkeit

Die „Dichtigkeit“ wird anhand der Ergebnisse der Exfiltrationsdichtheit und Infiltrationsdichtheit bewertet, die mit 80 % bzw. 20 % gewichtet werden. Die Exfiltrationsdichtheit unterteilt sich dabei auf die Untersuchungen am Sanierungssystem im IKT - Großversuchsstand („vor der Zustandsentwicklung“, 20 %, „nach der Zustandsentwicklung“, 30 % und „besondere Betriebszustände“, 30 %) und Materialprüfungen an Probestücken („Dichtheit von Probestücken“, 20 %). Zusätzlich wird die Endnote des Kriteriums „Dichtheit“ abgewertet, wenn Nacharbeiten aufgrund von Undichtheiten nach Abschluss der Sanierungsarbeiten durchgeführt werden mussten. (vgl. Abschnitt 4.2).

Die Tabelle 20 zeigt die Bewertung der Exfiltrationsdichtheit, Infiltrationsdichtheit und die Abwertung sowie das Gesamtergebnis des Kriteriums „Dichtheit“.

Tabelle 20 Bewertung der Systemprüfung „Dichtheit“

Dichtheit (45%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Exfiltrations- dichtheit, 80% ¹	1,0	1,0	5,0	1,0	2,8	1,0
Infiltrations- dichtheit, 20% ²	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Note	1,0	1,0	4,2	1,0	2,4	1,0
Abwertung um ³	0,0	0,0	6,0 ⁵	1,0	1,0	2,0
Gesamtnote, 100%⁴	1,0	1,0	6,0⁵	2,0	3,4	3,0

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 Tabelle 21 dargestellten Ergebnissen.
² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 22 dargestellten Ergebnissen.
³ Die Abwertung basiert auf den detailliert in Tabelle 23 dargestellten Ergebnissen.
⁴ Die Mittelwertberechnung erfolgt mit ungerundeten Werten.
⁵ Keine erfolgreiche Nacharbeit, Tropfen oder Fließen sichtbar, daher wird das Kriterium „Dichtheit“ mit der Teilnote 6,0 bewertet.

Ergebnisse „Exfiltrationsdichtheit“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

Untersuchungen am Sanierungssystem im IKT - Großversuchsstand

- Exfiltrationen konnten bei den Systemen „Compact Pipe“, „egeLiner“, „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ im Zuge der Untersuchungen am Sanierungssystem im IKT - Großversuchsstand über den gesamten Belastungszeitraum nicht beobachtet werden. Dementsprechend wurden keine Kritikpunkte (durchweg Farbkennzeichnung „Grün“) vergeben.
- Bei dem System „SaniPipe“ war bei allen drei Zuständen mindestens einmal eine optische Auffälligkeit (Farbkennzeichnung „Gelb“) in Form von Feuchtigkeit erkennbar. Insgesamt konnte die Feuchtigkeit 1x (17 %) „vor Zustandsentwicklung“, 6x (100 %) „nach Zustandsentwicklung“ und 5x (63 %) bei „besondere Betriebsstände“ festgestellt werden (vgl. Bild 14).

- Bei dem System „Esders HPS Liner“ waren bei dem „Standard-Betriebsdruck“ mit ca. 2 bar Auffälligkeiten in Form „Tropfen“ (Farbkennzeichnung „Orange“) an beiden Strängen „vor der Zustandsentwicklung“ und in Strang 1 „nach Zustandsentwicklung“ erkennbar. Aufgrund der vorliegenden Undichtheiten konnten die vorgesehenen Betriebsbelastungen ab 4 bar nicht umgesetzt werden (Zieldruck wurde nicht angefahren - Farbkennzeichnung „Violett“). Zudem konnten die Belastungen „statisch maximaler Prüfdruck“ mit 9 bar und „Abrasive Inhaltsstoffe“ mit 6 bar bei den „besonderen Betriebszuständen“ ebenfalls nicht durchgeführt werden. Bei „Luftüberdruckbelastungen I und II“ waren Auffälligkeiten in Form von „Tropfen“ jeweils an einem Strang sichtbar (vgl. Bild 15).

Materialprüfungen an Probestücken

- Die APS-Dichtheitsprüfungen an den Probestücken wurden bei allen sechs Systemen bestanden. Auch die weiteren Prüfungen an auffälligen Stellen bei den Systemen „Esders HPS Liner“, „SaniPipe“ und „Nordiflow W PE“ zeigten keine Auffälligkeiten (Prüfung bestanden).

Die Ergebnisse zu dem Kriterium „Exfiltrationsdichtheit“ sind in Tabelle 21 zusammengefasst.

Tabelle 21 Ergebnisse der Exfiltrationsdichtheit

Exfiltrationsdichtheit (80%)												
Hersteller	Compact Pipe		egeLiner		Esders HPS Liner		Nordiflow W PE		SaniPipe		Starline Structure-S	
Strang/ Belastung	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
vor der Zustandsentwicklung, 20%												
Standard Druck												
Erhöhter Druck												
Zyklischer Druck												
Kritikpunkte	0	0	0	0	14	14	0	0	0	1	0	0
Zwischennote	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0
Note, 20%	1,0		1,0		6,0		1,0		1,5		1,0	
nach der Zustandsentwicklung, 30%												
Standard Druck												
Erhöhter Druck												
Zyklischer Druck												
Kritikpunkte	0	0	0	0	14	10	0	0	3	3	0	0
Zwischennote	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	4,0	4,0	1,0	1,0
Note, 30%	1,0		1,0		6,0		1,0		4,0		1,0	
besondere Betriebszustände, 30%												
Stat. max. Druck												
Abra. Inhaltssto.												
Luftüberdruck I												
Luftüberdruck II												
Kritikpunkte	0	0	0	0	14	14	0	0	3	2	0	0
Zwischennote	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	4,0	3,0	1,0	1,0
Note, 30%	1,0		1,0		6,0		1,0		3,5		1,0	
Dichtheit von Probestücken, 20%												
Nach Einbau	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.
Nach Kipprinne	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.
Nach chem. Bel.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.
Nach zykl. Bel.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.
Auffäll. Stellen	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.	Prüfungen b.
Note, 20%	1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
Gesamtnote, 100%	1,0		1,0		5,0		1,0		2,8		1,0	

Legende:

- Grün – keine Auffälligkeit
- Gelb – Feuchtigkeit
- Orange – Tropfen
- Rot – Fließen/ Wasserschwall
- Violett – Zieldruck wurde nicht angefahren
- b. – bestanden
- n.b. – nicht bestanden

Fazit „Exfiltrationsdichtheit“

- Die Systeme „Compact Pipe“, „egeLiner“, „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ zeigten über den gesamten Beobachtungszeitraum keine Auffälligkeiten (Strang und Anbindungen). Entsprechend wird für die Systeme jeweils die Note 1,0 vergeben.
- Es zeigten sich bei dem System „SaniPipe“ Auffälligkeiten in Form von „Feuchtigkeit“, sodass der Hersteller insgesamt die Note 2,8 erhielt. Bei dem System „Esders HPS Liner“ waren „Tropfen“ erkennbar. Zudem war es aufgrund von vorliegenden Undichtheiten (wahrscheinlich Umläufigkeiten im Bereich Falten/ Liner-End-Manschetten) nicht möglich, den gemäß dem Belastungs- und Prüfprogramm vorgesehenen Zieldruck anzufahren. Entsprechend wird das System mit 5,0 bewertet.
- Die APS-Dichtheitsprüfungen an Probekörpern wurden bei allen sechs Systemen bestanden.



Bild 14 Exfiltrationsdichtheit: Feuchtigkeit am „SaniPipe“

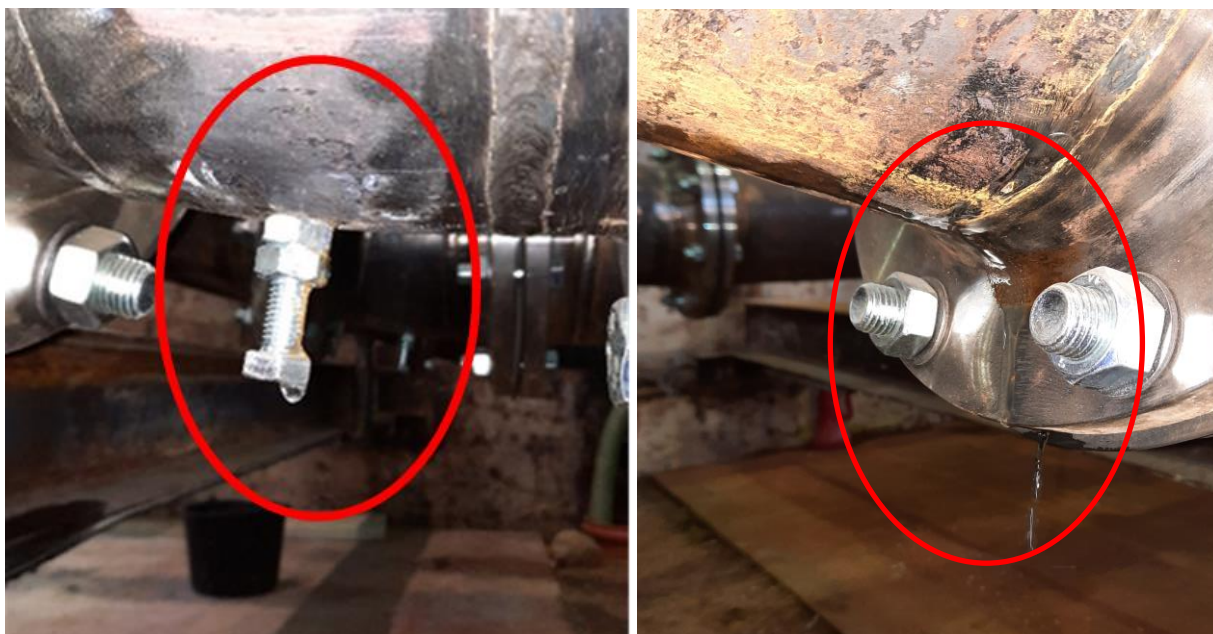


Bild 15 Exfiltrationsdichtheit: Tropfen am „Esders HPS Liner“

Die Ergebnisse zu dem Kriterium „Infiltrationsdichtheit“ sind in Tabelle 22 zusammengefasst.

Ergebnisse „Infiltrationsdichtheit“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Infiltrationen konnten bei allen sechs Systemen über den gesamten Belastungszeitraum nicht beobachtet werden. Entsprechend wird für die Systeme jeweils die Note 1,0 vergeben.

Tabelle 22 Ergebnisse der Infiltrationsdichtheit

Infiltrationsdichtheit (20%)												
Hersteller	Compact Pipe		egeLiner		Esders HPS Liner		Nordiflow W PE		SaniPipe		Starline Structure-S	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Luftüberdruck I												
Luftunterdruck												
Luftüberdruck II												
Kritikpunkte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zwischennote	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Gesamtnote, 100%	1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	

Legende:

Grün – keine Auffälligkeit

Gelb – Feuchtigkeit

Orange – Tropfen

Rot – Fließen/ Wasserswall

Abwertung des Kriteriums „Dichtheit“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Die Systeme „Compact Pipe“ und „egeLiner“ zeigten bei der Durchführung der Füllstandsprüfung nach der Sanierung keine Auffälligkeiten (erfolgreiche Füllstandsprüfung), daher wird keine Abwertung der Systeme vorgenommen.
- Die Systeme „Esders HPS Liner“, „Nordiflow W PE“, „SaniPipe“ und „Starline Structure-S“ wiesen jeweils Undichtheiten nach der Sanierung auf, sodass eine Nacharbeit für die Durchführung des Belastungs- und Prüfprogramms erforderlich war. Die Systeme „Nordiflow W PE“ (vgl. Bild 16) und „SaniPipe“ (vgl. Bild 17) bestanden die Füllstandsprüfung nach Arbeiten an den Liner-End-Manschetten (1. Nacharbeit). Bei dem System „Starline Structure-S“ (vgl. Bild 18) erfolgte eine erfolgreiche Füllstandsprüfung nach zweimaligem Nacharbeiten an den Liner-End-Manschetten (2. Nacharbeit). Dementsprechend wurde die Note des Kriteriums „Dichtheit“ bei diesen Systemen um 1,0 bzw. 2,0 abgewertet. Auch nach zwei Nacharbeiten an den Liner-End-Manschetten waren bei dem System „Esders HPS Liner“ (vgl. Bild 19) weiterhin „Tropfen oder Fließen“ bei der Füllstandsprüfung erkennbar. Daher wird das Kriterium „Dichtheit“ mit der Teilnote 6,0 unabhängig von den weiteren Teilnoten bewertet.

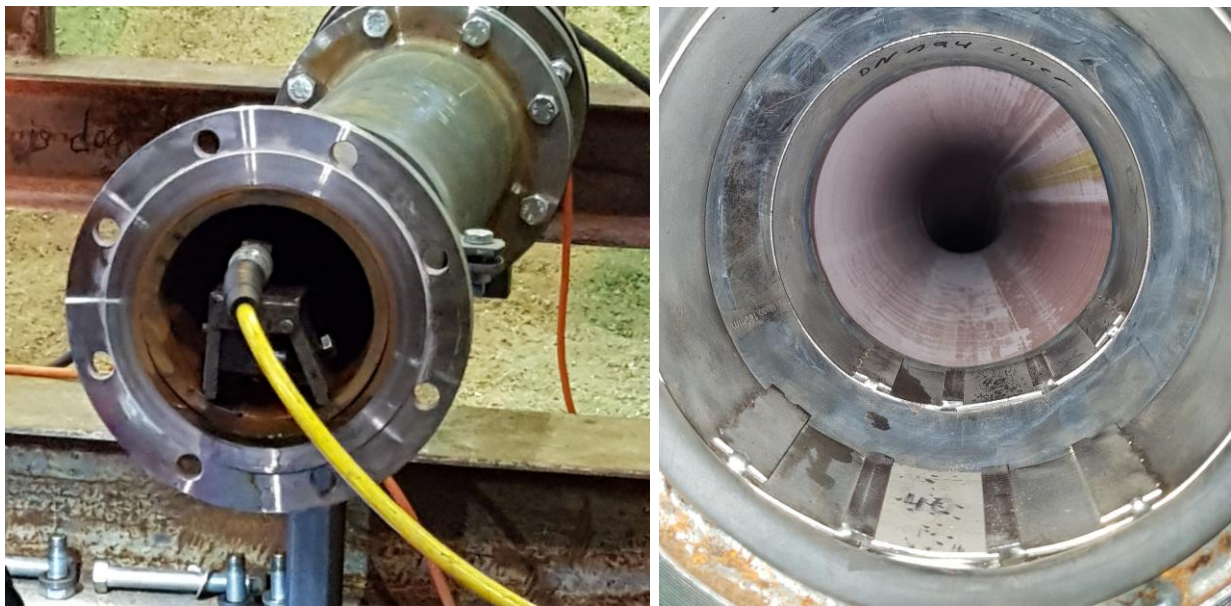


Bild 16 Nachziehen der Manschetten bei „Nordiflow W PE“: Maschinelle Einrichtung zum Nachziehen (links), Nacharbeitsergebnis (rechts)



Bild 17 Neusetzen der Manschetten mit Acetat-Silikon bei „SaniPipe“: Einbringen des Dichtmittels (links), Nacharbeitsergebnis (rechts)

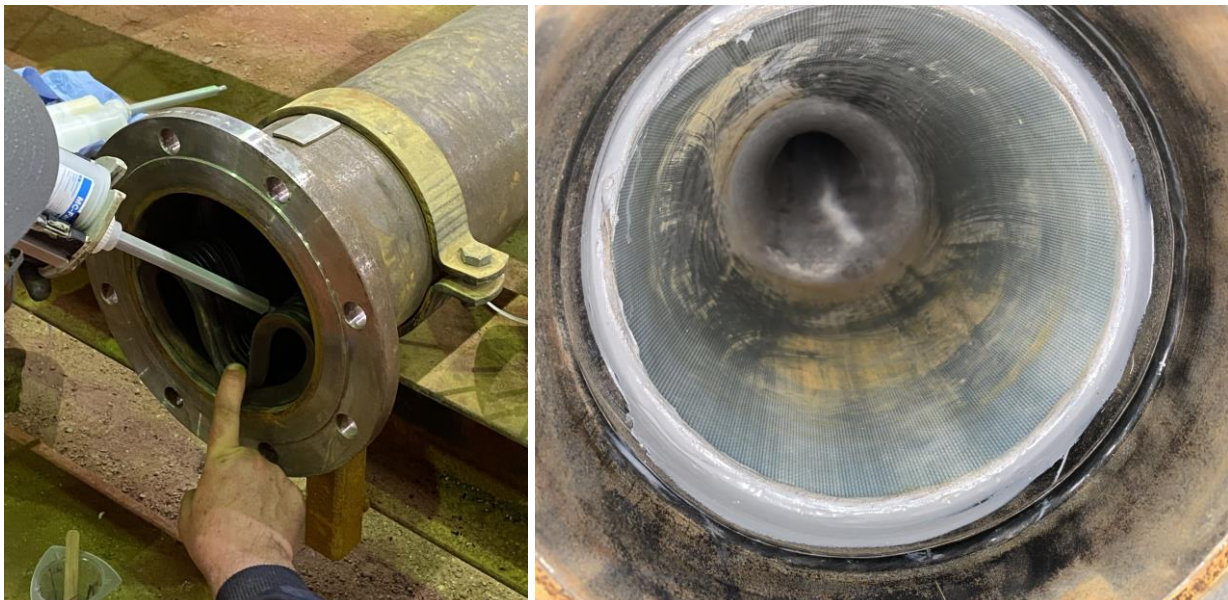


Bild 18 Neusetzen der Manschetten mit Harzabdichtung bei „Starline Structure-S“ : Einbringen des Dichtmittels (links), Nacharbeitsergebnis (rechts)



Bild 19 Neusetzen der Manschetten mit Harzabdichtung bei „Esders HPS Liner“ :
Einbringen des Dichtmittels (links), Nacharbeitsergebnis (rechts)

Die Ergebnisse der Abwertung des Kriteriums „Dichtheit“ bei Nacharbeiten sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23 Abwertung des Kriteriums „Dichtheit“ bei Nacharbeiten

Abwertung des Kriteriums „Dichtheit“ bei Nacharbeiten												
Hersteller	Compact Pipe		egeLiner		Esders HPS Liner		Nordiflow W PE		SaniPipe		Starline Structure-S	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Füllstand	Grün	Grün	Grün	Grün	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot
Füllstand Rep. 1	Grün	Grün	Grün	Grün	Rot	Rot	Grün	Grün	Grün	Grün	Rot	Rot
Füllstand Rep. 2	Grün	Grün	Grün	Grün	Rot	Rot	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Abwertung um	0,0		0,0		6,0*		1,0		1,0		2,0	

*Keine erfolgreiche Nacharbeit, Tropfen oder Fließen sichtbar, daher wird das Kriterium „Dichtheit“ mit der Teilnote 6,0 bewertet.

Legende:

Grün – Dicht bei Füllstandsprüfung
Rot – Undicht bei Füllstandsprüfung

5.3 Standsicherheit

Die „**Standsicherheit**“ wird anhand der Kriterien „Tragfähigkeit der Struktur“, „Statischer Nachweis“ und „Material und Geometrie“ bewertet, die mit 50 %, 30 % und 20 % gewichtet werden.

Die Tabelle 24 zeigt die Bewertung der Standsicherheit.

Tabelle 24 Bewertung für die Systemprüfung „Standsicherheit“

Standsicherheit (25%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium), 50% ¹	2,0	2,0	5,0	4,0	6,0 (K.O.) ⁵	2,0
Statischer Nachweis, 30% ²	4,5	4,0	5,5	2,5	6,0	2,0
Material und Geometrie, 20% ³	3,0	4,0	6,0	2,0	6,0	2,0
Gesamtnote, 100%⁴	3,0	3,0	5,4	3,2	6,0⁵	2,0

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 Tabelle 25 dargestellten Ergebnissen.
² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 26 dargestellten Ergebnissen.
³ Die Abwertung basiert auf den detailliert in Tabelle 27 dargestellten Ergebnissen.
⁴ Die Mittelwertberechnung erfolgt mit ungerundeten Werten.
⁵ Wegen Liner-Kollaps wurde das IKT-Prüferteil „UNGENÜGEND 6,0“ unabhängig von den weiteren Teilnoten durch den Lenkungskreis vergeben.

Das Kriterium „**Tragfähigkeit der Struktur**“ wird über die gesamte Versuchslaufzeit bewertet. Falls keine Auffälligkeiten festgestellt werden, wird die Note 1,0 vergeben. Falls eine Auffälligkeit in Form von Verformungen, Faltenbildung, Löcher oder Luft einschüsse vorliegt, erhält das System die Note 2,0. Bei zwei bzw. drei Auffälligkeiten wird die Note 3,0 bzw. 4,0 vergeben. Die Note 5,0 liegt vor, wenn mögliche Versagensrisiken (Risse, große Verformungen-Falten-Fehlstellen) identifiziert werden. Bei einem Kollaps oder Bersten wird die Note 6,0 vergeben.

Die nachfolgende Tabelle 25 zeigt die Bewertungsergebnisse für das Kriterium „Tragfähigkeit der Struktur“.

Tabelle 25 Bewertung für das Kriterium „Tragfähigkeit der Struktur“

Tragfähigkeit der Struktur (50%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Durchgehende Längsfalte	nein	nein	ja	nein	ja	nein
Querfalte, Strang > 6mm	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Querfalte, Bo- gen > 6mm	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Verformungen im Strang	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Verformungen im Bogen	ja	ja	nein	nein	nein	nein
Löcher	nein	nein	ja	ja	ja	nein
Lufteinschüsse	nein	nein	nein	ja	nein	nein
Versagensrisiko	nein	nein	ja	nein	ja	nein
Kollaps	nein	nein	nein	nein	ja ¹	nein
Bersten	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Anzahl Auffälligkeiten	1	1	4	3	5	1
Gesamtnote	2,0	2,0	5,0	4,0	6,0¹	2,0

¹ Wegen Liner-Kollaps wurde das IKT-Prüferteil „UNGENÜGEND 6,0“ unabhängig von den weiteren Teilnoten durch den Lenkungskreis vergeben.

Ergebnisse „Tragfähigkeit der Struktur“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Bei den Systemen „Compact Pipe“ und „egeLiner“ waren Verformungen im Bogen erkennbar, sodass beide die Note 2,0 erhielten. Die Systeme „Starline Structure-S“ und „Nordiflow W PE“ zeigten Querfalten im Bogen > 6 mm. Zusätzlich lagen bei „Nordiflow W PE“ Löcher und Lufteinschüsse vor. Dementsprechend erhielt das System Starline Structure-S“ die Note 2,0 und das System „Nordiflow W PE“ die Note 4,0.
- Bei „Esders HPS-Liner“ liegt ein mögliches Versagensrisiko vor, da eine durchgehende Längsfalte in der Leitung vorhanden ist (Note 5,0). Bei dem System „SaniPipe“ führte die durchgehende Längsfalte sogar zu einem Kollaps im Zuge der Luftunterdruck- und Außenwasserdruckbelastung, daher wird hier die Note 6,0 vergeben. Aufgrund des vorliegenden Kollapses hat der Lenkungskreis bei dem K.O.-Kriterium „Tragfähigkeit der Struktur“ entschieden, dass das System als „nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner“ bewertet wird. Dementsprechend wird das IKT-Prüferteil „ungenügend (6,0)“ unabhängig von den weiteren Teilnoten vergeben.

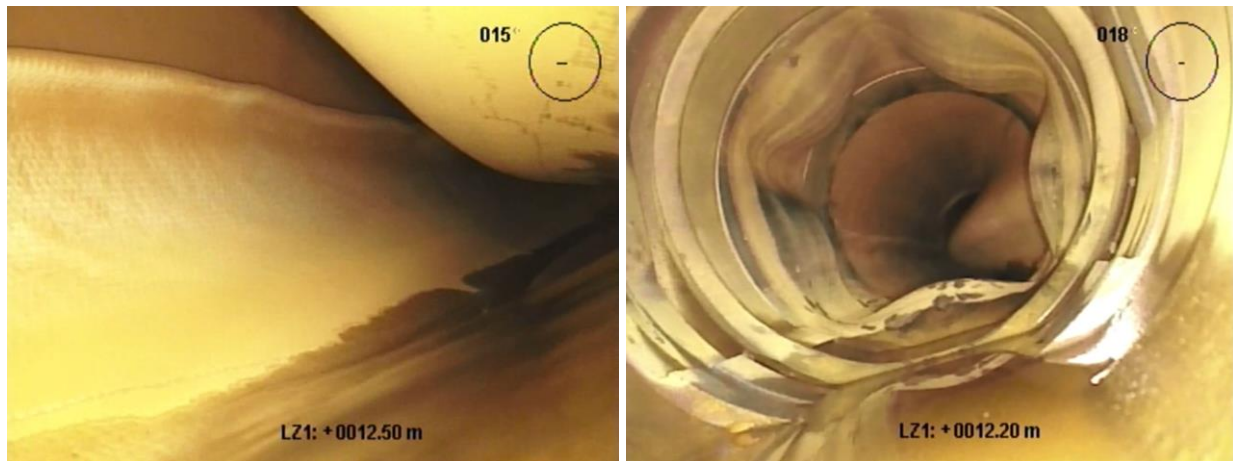


Bild 20 Tragfähigkeit der Struktur „SaniPipe“: Kollaps durch Luftunterdruck- und Außenwasserdruckbelastung



Bild 21 Tragfähigkeit der Struktur „SaniPipe“: Risse infolge Kollaps durch Luftunterdruck- und Außenwasserdruckbelastung

Der „**Statische Nachweis**“ wird hinsichtlich seiner Plausibilität (Sanierungsbedingungen der Systemprüfungen) überprüft und bei Mängeln mit Kritikpunkten durch einen IKT-Gutachter bewertet.

Die Kritikpunkte beziehen sich dann auf Mängel in folgenden Leistungsdimensionen:

- Berücksichtigung von Lastfällen (Innendruck und Außendruck)
- Berücksichtigung von Schadensbildern (Ovalisierung, Muffenversatz, Einzelloch)
- Plausibilität des Berechnungsweges

Ein System wird mit einer Note 1,0 bewertet, wenn keine Kritikpunkte vorhanden sind (0 Kritikpunkte). Ab vier bzw. fünf Kritikpunkten wird die Note 5,0 bzw. 6,0 vergeben. Liegt kein statischer Nachweis vor, erhält das System die Note 6,0.

Die nachfolgende Tabelle 26 zeigt die Bewertungsergebnisse für das Kriterium „Statischer Nachweis“.

Tabelle 26 Bewertung für das Kriterium „Statischer Nachweis“

Statischer Nachweis (30%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Berücksichtigung von Lastfällen ¹						
Innendruck, Langzeit, 6 bar	0 KP	1 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Innendruck, Kurzzeit, 9 bar	1 KP	1 KP	0 KP	1 KP	1 KP	0 KP
Außendruck, 1,0 bar	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Summe KP	2 KP	2 KP	2 KP	1 KP	3 KP	0 KP
Berücksichtigung von Schadensbildern						
Ovalisierung ²	1 KP	0,5 KP	1 KP	0,5 KP	1 KP	0,5 KP
Muffenversatz/ Einzelloch ³	0,5 KP	0,5 KP	0,5 KP	0 KP	0,5 KP	0,5 KP
Summe KP	1,5	1 KP	1,5 KP	0,5 KP	1,5 KP	1 KP
Plausibilität des Berechnungsweges ¹						
Plausibel	0 KP	0 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Gesamtsumme Kritikpunkte	3,5 KP	3 KP	4,5 KP	1,5 KP	5,5 KP	1 KP
Gesamtnote	4,5	4,0	5,5	2,5	6,0	2,0

¹ ja = 0 KP; Nein = 1 KP

² ja, ≥ 6% = 0 KP; ja, < 6% = 0,5 KP; Nein = 1 KP

³ ja/ja und ja/ nein= 0 KP; nein/nein= 0,5

Ergebnisse „Statischer Nachweis“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Bei dem Kriterium „Statischer Nachweis“ zeigten sich große Unterschiede (Noten 2,0 bis 6,0). Im Ergebnis erhielten die Systeme „Starline Structure-S“ und „Nordiflow W PE“ die Note „GUT“ (2,0 und 2,5). Für die Systeme „egeLiner“, „Compact Pipe“ und „Esders HPS Liner“ wurden die Noten 4,0, 4,5 und 5,5 vergeben. Der Hersteller für das System „SaniPipe“ lieferte keinen statischen Nachweis und erhielt daher die Note 6,0. Die detaillierten Ergebnisse können der Tabelle 26 entnommen werden.

Bei dem Kriterium „**Material und Geometrie**“ wird durch einen IKT-Gutachter überprüft, ob Materialkennwerte und Geometrie den statischen Annahmen entsprechen. Hierbei werden folgende Punkte überprüft und mit Kritikpunkten versehen:

- Materialkennwerte (Zugfestigkeit, Biegefestigkeit, Biegesteifigkeit) gemäß den statischen Annahmen
- Geometrie (Wanddicke, Ringspalt, Ovalisierung) gemäß den statischen Annahmen

Ein System wird mit einer Note 1,0 bewertet, wenn keine Kritikpunkte vorhanden sind (0 Kritikpunkte). Ab vier bzw. fünf Kritikpunkten wird die Note 5,0 bzw. 6,0 vergeben.

Die nachfolgende Tabelle 27 zeigt die Bewertungsergebnisse für das Kriterium „Material und Geometrie“.

Tabelle 27 Bewertung für das Kriterium „Material und Geometrie“

Abweichungen von statischen Annahmen (20%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Soll-Ist-Vergleich Materialkennwerte						
Zugfestigkeit (Soll/ Ist)	0 KP	0 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Biegefestigkeit (Soll/ Ist)	0 KP	0 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Biegesteifigkeit (Soll/ Ist)	0 KP	0 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Summe KP	0 KP	0 KP	3 KP	0 KP	3 KP	0 KP
Soll-Ist-Vergleich Geometrie						
Wanddicke (Soll/ Ist)	0 KP	1 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Ringspalt (Soll/ Ist)	1 KP	1 KP	1 KP	0 KP	1 KP	0 KP
Ovalisierung (Soll/ Ist)	1 KP	1 KP	1 KP	1 KP	1 KP	1 KP
Summe KP	2 KP	3 KP	3 KP	1 KP	3 KP	1 KP
Gesamtsumme Kritikpunkte	2 KP	3 KP	6 KP	1 KP	6 KP	1 KP
Gesamtnote	3,0	4,0	6,0	2,0	6,0	2,0

¹ KP= Kritikpunkt; eingehalten = 0 KP; nicht eingehalten = 1 KP

Ergebnisse „Material und Geometrie“

Im Gesamtblick (vgl. Tabelle 29) lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Bei dem Kriterium „Material und Geometrie“ zeigten sich große Unterschiede zwischen den verschiedenen Herstellern (Noten 2,0 bis 6,0). Im Ergebnis erhielten zwei Hersteller die Note „GUT“, ein Hersteller die Note „BEFRIEDIGEND“, ein Hersteller die Note „AUSREICHEND“ und zwei Hersteller die Note „UNGENÜGEND“.

5.4 Betriebssicherheit

Die „**Betriebssicherheit**“ wird anhand der Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ bewertet, die jeweils mit 25 % gewichtet werden.

Die Tabelle 28 zeigt die Bewertung der Systemprüfungen beim Kriterium „Betriebssicherheit“.

Tabelle 28 Bewertung der Systemprüfung „Betriebssicherheit“

Betriebssicherheit (20%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Optischer Gesamteindruck ¹	1,0	1,0	5,0	3,4	4,7	2,7
Hydraulischer Leistungsverlust ²	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0
Faltenbildung/ Hindernisse ³	1,0	1,0	5,0	3,0	5,0	3,0
Querschnitts- reduktion ⁴	4,3	4,5	3,3	3,0	4,3	3,0
Gesamtnote⁵	2,3	2,4	4,1	3,3	4,5	2,7

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 Tabelle 29 dargestellten Ergebnissen.
² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 30 dargestellten Ergebnissen.
³ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 31 dargestellten Ergebnissen.
⁴ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 32 dargestellten Ergebnissen.
⁵ Die Mittelwertberechnung erfolgt mit ungerundeten Werten

Bei dem Kriterium „**Optischer Gesamteindruck**“ wird bewertet, ob die Entsorgungssicherheit der Leitung wiederhergestellt ist, d.h. der Eindruck, inwieweit der Kanalabschnitt frei von Abflusshindernissen sowie Verstopfungsgefahren ist. Die Beurteilung wurde von den beteiligten Netzbetreibern anhand von Fotodokumentationen mit Notenvergabe vorgenommen (vgl. Tabelle 15). Eine Note „4“ (ausreichend) oder besser wird dabei als „bestanden“ angesehen. Die Bewertungsergebnisse der beteiligten Netzbetreiber wurden arithmetisch zu einem Gesamtergebnis gemittelt. Bei der Bewertung wird zwischen den Zuständen „nach Sanierung“, „nach Hochdruck-Reinigung“ und „nach Prüfprogrammende“ unterschieden, wobei die Bewertungen zu 20 % (nach Sanierung), 40 % (nach Hochdruck-Reinigung) und 40 % (nach Prüfprogrammende) gewichtet werden.

Ergebnisse „Optischer Gesamteindruck“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Das Kriterium „Optischer Gesamteindruck - nach Sanierung“ wurde mit Noten zwischen 1,0 (Compact Pipe, egeLiner) und 4,0 (Esders HPS Liner) bewertet.
- Der „Optische Eindruck - nach Hochdruck-Reinigung“ blieb bei den Close-Fit-Linern (Compact Pipe, egeLiner) unverändert bei einer Bewertungsnote von 1,0. Die Schlauchlinersysteme wurden zwischen Noten 2,7 (Starline Structure-S) und 4,8 (Esders HPS Liner) benotet.
- Für den Zustand „Optischer Gesamteindruck - nach Prüfprogrammende“ wurden Noten zwischen 1,0 (Compact Pipe, egeLiner) und 6,0 (SaniPipe) vergeben.

Nachfolgend sind exemplarisch Bilder „mit Auffälligkeiten“ und „ohne Auffälligkeiten“ für das Kriterium „Optischer Gesamteindruck“ nach Sanierung dargestellt.



Bild 22 Optischer Gesamteindruck: Compact Pipe ohne Auffälligkeiten (links), egeLiner ohne Auffälligkeiten (rechts)



Bild 23 Optischer Gesamteindruck „Esders HPS Liner“: Durchgehende Längsfalte (links), Ablagerungen auf durchgehender Längsfalte (rechts)

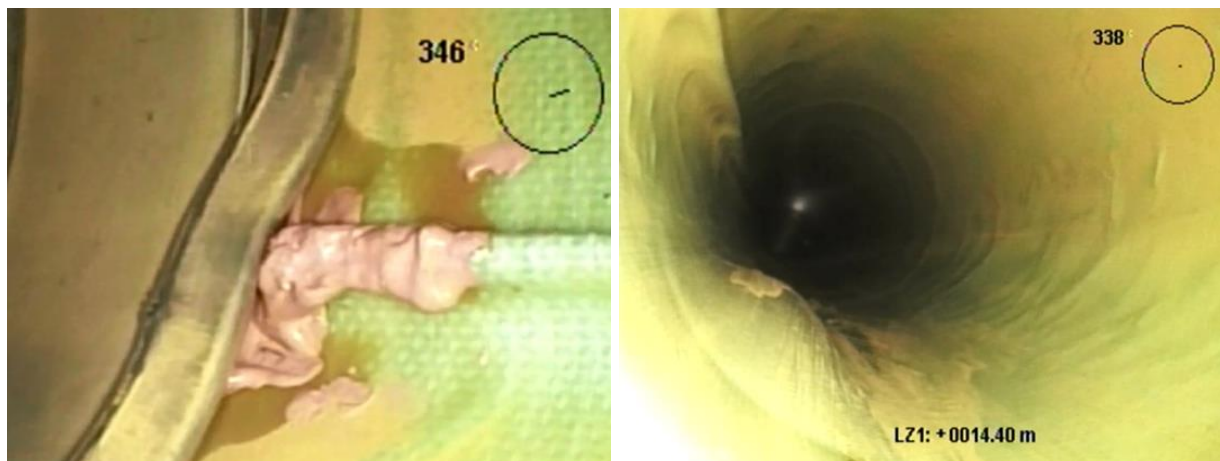


Bild 24 Optischer Gesamteindruck „Esders HPS Liner“: Harzabdichtung im Faltenbereich an Anbindung 3 (links), Beule im Liner (rechts)

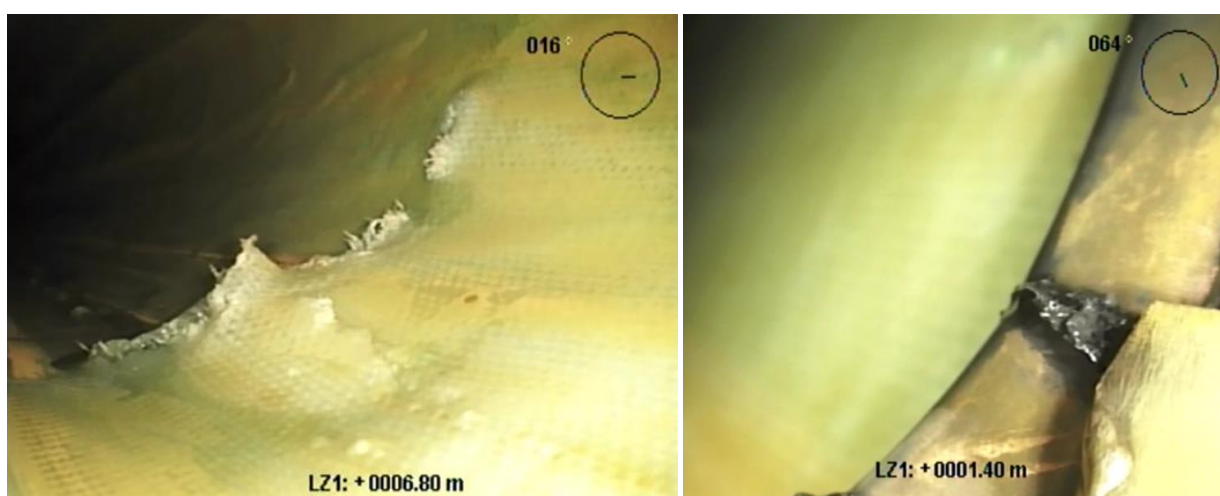


Bild 25 Optischer Gesamteindruck „Esders HPS Liner“: Löcher nach HD-Reinigung (links), Löcher im Gummi der Manschetten nach HD-Reinigung (rechts)

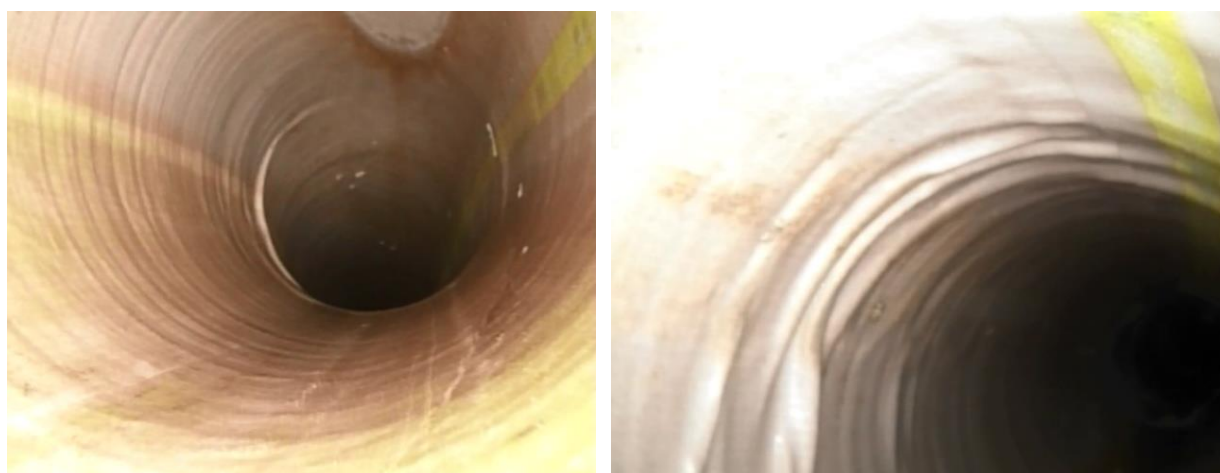


Bild 26 Optischer Gesamteindruck „Nordiflow W PE“: Keine Auffälligkeiten (links), Falten am Bogen (rechts)



Bild 27 Optischer Gesamteindruck „Nordiflow W PE“: Ablagerungen (links), Loch im Gummi der Manschette nach HD-Reinigung (rechts)

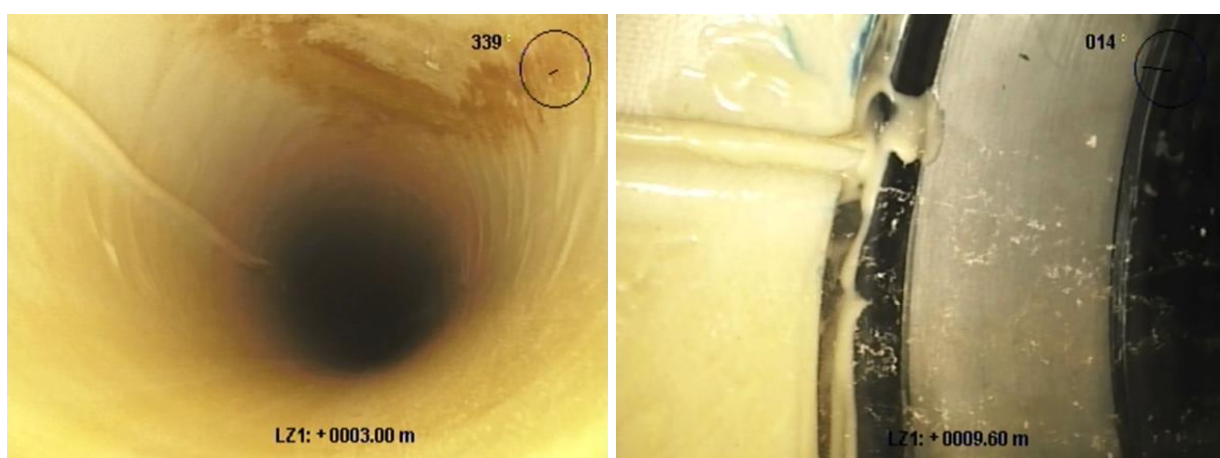


Bild 28 Optischer Gesamteindruck „SaniPipe“: Durchgehende Längsfalte (links), Silikonabdichtung im Faltenbereich an Anbindung 3 (rechts)

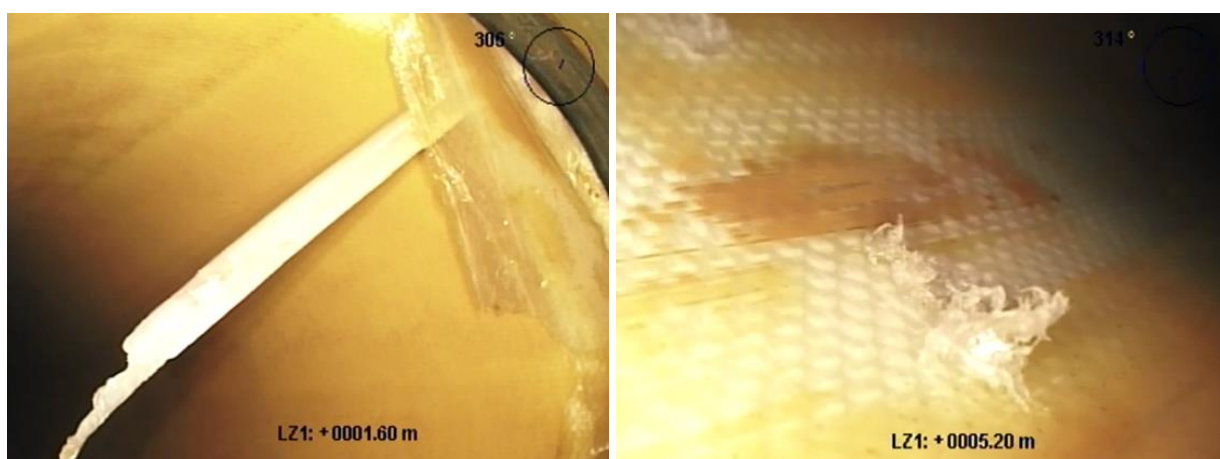


Bild 29 Optischer Gesamteindruck „SaniPipe“: Beschädigung an Anbindung nach HD-Reinigung (links), Löcher nach HD-Reinigung (rechts)



Bild 30 Optischer Gesamteindruck „Starline Structure-S“: Falten am Bogen (links), Verfärbungen (rechts)

Die nachfolgende Tabelle 29 zeigt die Benotung der Systeme für die Bewertungszustände „nach Sanierung“ (20%), „nach Hochdruck-Reinigung“ (40%), „nach Prüfprogrammende“ (40%) und das Gesamtergebnis (100%).

Tabelle 29 Bewertung für das Kriterium „Optischer Gesamteindruck“

Optischer Gesamteindruck (25%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
nach Sanierung (20%)						
Note	1,0	1,0	4,0	2,5	3,7	2,7
nach Hochdruck-Reinigung (40%)						
Note	1,0	1,0	4,8	3,2	4,0	2,7
nach Prüfprogrammende (40%)						
Note	1,0	1,0	5,7	4,0	6,0	2,7
Gesamtnote	1,0	1,0	5,0	3,4	4,7	2,7

Bei dem Kriterium „**Hydraulischer Leistungsverlust**“ werden eine Prüfung vor der Sanierung (Nullmessung) am Querschnitt des Altröhres und sechs Prüfungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Sanierung durchgeführt und anschließend die erfassten Förderverluste miteinander verglichen.

Ein System wird mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn im Versuch ein hydraulischer Leistungsverlust kleiner 2,5 % vorliegt. Ab einem hydraulischen Leistungsverlust von größer als 25 % wird die Note 6,0 (ungenügend) vergeben. Dazwischenliegende Werte werden entsprechend Tabelle 16 benotet.

Ergebnisse „Hydraulischer Leistungsverlust“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Bei dem Kriterium „Hydraulischer Leistungsverlust“ zeigten sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Systemen (Noten 2,0 bis 4,0). Im Ergebnis erhielt das System „Starline Structure-S“ die Note 2,0. Die Systeme „Compact Pipe“, „egeLiner“ und „SaniPipe“ erzielten ein befriedigendes Ergebnis (3,0). Bei den Systemen „Esders HPS-Liner“ und „Nordiflow W PE“ war hydraulischer Leistungsverlust nach der Sanierung von 8 % erkennbar, sodass die Note 4,0 vergeben wurde.

Die Tabelle 30 zeigt die Bewertung für das Kriterium „Hydraulischer Leistungsverlust“.

Tabelle 30 Bewertung für das Kriterium „Hydraulischer Leistungsverlust“

Hydraulischer Leistungsverlust (25%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Ø Verlust [%]	6 %	6 %	5 %	8 %	8 %	3 %
Gesamtnote	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0

Das Kriterium „**Faltenbildung/ Hindernisse**“ wird für Strang (50 %) und Bogen (50 %) bewertet, indem die Falten vermessen und mögliche Hindernisse in der Leitung beurteilt werden. Hierbei werden die vier vorliegenden Bögen als eine gesamte Bewertungseinheit (ein Bogen) angesehen. Für die Benotung wird die Note 1,0 vergeben, wenn der Strang oder die Bögen entweder faltenfrei sind oder alle vorliegenden Falten eine geringere Höhe von ≤ 6 mm aufweisen. Falls mindestens eine Falte größer als 6 mm vorliegt, erhält das System die Note 5,0. Werden „außergewöhnliche hydraulische Hindernisse“, z.B. einragende Bruchstücke, festgestellt, wird die Note 6,0 vergeben.

Ergebnisse „Faltenbildung/ Hindernisse“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen (vgl. Bild 31):

- Bei dem Kriterium „Faltenbildung/ Hindernisse“ zeigten sich erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Systemen (Noten 1,0 bis 5,0). Im Ergebnis erhielten die Systeme „Compact Pipe“ und „egeLiner“ die Note 1,0, da sowohl im Strang als auch in den Bögen keine Falten größer 6 mm erkennbar waren. Bei den Systemen „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ wurden Falten größer 6 mm im Strang festgestellt. In den Bögen waren keine Falten größer 6 mm vorhanden, sodass die Note 3,0 vergeben wurden. Die Systeme „Esders HPS-Liner“ und „SaniPipe“ erhielten die Note 5,0, da sowohl im Strang als auch in den Bögen Falten größer 6 mm vorlagen.
- Alle sechs Systeme zeigten keine außergewöhnlichen hydraulischen Hindernisse, z.B. einragende Bruchstücke.



Bild 31 „Faltenbildung/Hindernisse“: Keine Auffälligkeiten bei „Compact Pipe“ (oben links) und „egeLiner“ (oben mitte); Längsfalte > 6 mm bei „Esders HPS Liner“ (oben rechts) und „SaniPipe“ (unten links); Falten > 6 mm bei „Nordiflow W PE“ (unten mitte) und „Starline Structure-S“ (unten rechts)

Die Tabelle 31 zeigt die Bewertung für das Kriterium „Faltenbildung/ Hindernisse“.

Tabelle 31 Bewertung für das Kriterium „Faltenbildung/ Hindernisse“

Faltenbildung/ Hindernisse (25%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Falten Strang	Keine	Keine	> 6 mm	≤ 6 mm	> 6 mm	≤ 6 mm
Note, 50%	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0
Falten Bogen	Keine	Keine	> 6 mm	> 6 mm	> 6 mm	> 6 mm
Note, 50%	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Gesamtnote	1,0	1,0	5,0	3,0	5,0	3,0

Die „**Querschnittsreduktion**“ wird anhand des Passierens von Holzkugeln mit Durchmessern von 150 mm bis 185 mm durch die sanierte Leitung bewertet. Die Holzkugeln werden mit einer maximalen Ziehkraft von 100 N mit einer Seilwinde (Zieh-Geschwindigkeit: ca. 2 m/min) durch das Rohr gezogen. Hierbei wird für Strang (50 %), Bogen (25 %) und Anbindung (25 %) jeweils eine separate Bewertung vorgenommen. Die Note ergibt sich aus dem Durchmesser der größten Kugel, die die Leitung durchquert (vgl. Tabelle 18).

Ergebnisse „Querschnittsreduktion“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Bei dem Kriterium „Querschnittsreduktion“ zeigten sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Systemen (Noten 3,0 bis 4,5). Im Ergebnis erzielten drei Systeme ein befriedigendes Ergebnis („Esders HPS-Liner“, „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“). Die Systeme „Compact Pipe“ und „SaniPipe“ erhielten die Note „4,3“. Dagegen wurde ein mangelhaftes Ergebnis (Note 4,5) bei dem System „egeLiner“ festgestellt.
- Bei den Close-Fit-Systemen („Compact Pipe“ und „egeLiner“) findet eine kontinuierliche Querschnittsreduktion unabhängig vom Strang, Bögen und Anbindungen statt. Die maximale Abweichung liegt bei 10 mm. Dagegen konnte bei den vier Druckschlauchlinern festgestellt werden, dass die größte Querschnittsreduktion in den Anbindungen gefolgt von Bögen stattfindet. Im Strangbereich gibt es teilweise erhebliche Unterschiede von bis zu 20 mm zwischen den verschiedenen Systemen.

Die Tabelle 32 zeigt die Bewertung für das Kriterium „Querschnittsreduktion“.

Tabelle 32 Bewertung für das Kriterium „Querschnittsreduktion“ mit größtem Kugeldurchmesser, der das Rohr durchquert

Querschnittsreduktion (25%)						
System/ Bewertung	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Strang [mm]	160	160	170	180	160	180
Note, 50%	4,0	4,0	3,0	2,0	4,0	2,0
Bogen [mm]	155	155	170	170	160	160
Note, 25%	5,0	5,0	3,0	3,0	4,0	4,0
Anbindung [mm]	160	155	160	155	155	160
Note, 25%	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0	4,0
Gesamtnote¹	4,3	4,5	3,3	3,0	4,3	3,0

¹ Die Mittelwertberechnung erfolgt mit ungerundeten Werten

5.5 Qualitätssicherung

Im Bewertungspunkt „Qualitätssicherung“ wird untersucht, inwieweit der Hersteller die Qualität seines Systems überwacht bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung nachweist.

Der Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ geht insgesamt zu 15 % in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die Prüfkriterien „Verfahrenshandbuch“, „Schulungen“, „Prüfzeugnisse“, „Überwachung“ und „Besondere Auffälligkeiten“ ein. Die Kriterien „Verfahrenshandbuch“, „Schulungen“ und „Überwachung“ werden mit „+/-“ (nachgewiesen/teilweise nachgewiesen/nicht nachgewiesen) und die Kriterien „Prüfzeugnisse“ und „Besondere Auffälligkeiten“ „+/-“ (nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bewertet. Alle Kriterien fließen mit 20 % in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ ein. Für die Kriterien „Schulungen“ und „Überwachung“ werden die Unterkriterien jeweils gleich gewichtet. (vgl. Abschnitt 4.5).

Alle Hersteller reagierten auf die Anfrage des IKT, Unterlagen zu den Punkten der Qualitätssicherung einzureichen bzw. vorzulegen. Die eingereichten Unterlagen wurden gesichtet und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit sowie ihres Bezugs zum geprüften System überprüft. Abschließend wurde eine Bewertung bzw. Benotung vorgenommen.

Die nachfolgende Tabelle 33 zeigt die Bewertung für die einzelnen Prüfkriterien und die sich daraus ergebenden Noten.

Tabelle 33 Bewertung für die Qualitätssicherung

Qualitätssicherung (15%)						
Hersteller/ Kriterien	Wavin GmbH	egeplast int. GmbH	Esders Pipe- line Service GmbH	NordiTube Techn. SE	Amex Sanivar AG	Karl Weiss Techn. GmbH
System	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Verfahrenshandbuch	+	+	+	+	0	+
Schulungen	+	+	-	0	-	+
Prüfzeugnisse	+	+	-	-	-	-
Überwachung	0	0	0	+	-	0
Besondere Auffälligkeiten	Keine (+)	Keine (+)	Längsfalte (-)	Keine (+)	Längsfalte, Ausführungsmängel (-)	Keine (+)
Gesamtnote	1,5	1,5	4,5	2,5	5,5	2,5

Die detaillierte Bewertung der Unterkriterien „Schulungen“ und „Überwachung“ sind nachfolgend in Tabelle 34 und Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 34 Bewertung für das Kriterium „Schulungen“

Schulungen (20%)						
Hersteller/ Kriterien	Wavin GmbH	egeplast int. GmbH	Esders Pipe- line Service GmbH	NordiTube Techn. SE	Amex Sanivar AG	Karl Weiss Techn. GmbH
System	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Schulungsangebote	+	+	-	+	-	+
Schulungsnachweis	+	+	-	-	-	+
Bewertung	+	+	-	0	-	+

Bewertungsschlüssel: „+“: nachgewiesen (+) | „+“/„0“ und „+“/„-“: teilweise nachgewiesen (0) | „0“/„-“ und „-“/„-“: nicht nachgewiesen (-)

Tabelle 35 Bewertungen für das Kriterium „Überwachung“

Überwachung (20%)						
Hersteller/ Kriterien	Wavin GmbH	egeplast int. GmbH	Esders Pipe- line Service GmbH	NordiTube Techn. SE	Amex Sanivar AG	Karl Weiss Techn. GmbH
System	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Inspektions- video	-	-	+	+	-	+
Sanierungs- protokoll	+	+	-	+	-	+
Eigenüber- wachung	o	o	o	+	-	+
Fremd- überwachung	+	+	+	+	-	-
Gesamtnote	o	o	o	+	-	o

Bewertungsschlüssel: „+“: nachgewiesen (+) | „+o“ und „+/-“: teilweise nachgewiesen (o) | „o/-“ und „-/-“: nicht nachgewiesen (-)

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „sehr gut (1,5)“ bis „mangelhaft (5,5)“. Dabei werden die Noten 2 x „sehr gut“, 2 x „gut“, 1 x „ausreichend“ und 1 x „mangelhaft“ an die Hersteller vergeben.
- Bei dem Kriterium „Verfahrenshandbuch“ konnten fünf von sechs Herstellern einen Nachweis erbringen. Lediglich der Hersteller „Amex“ konnte das Kriterium nur teilweise nachweisen.
- Mit Blick auf das Kriterium „Schulungen“ (Schulungsangebote und Schulungsnachweise) konnten drei Hersteller die Nachweise vollständig erbringen. Der Hersteller „NordiTube“ konnte das Kriterium teilweise nicht nachweisen. Dagegen konnten die Hersteller „Esders“ & „Amex“ den Nachweis nicht erbringen (vgl. Tabelle 34).
- Das Kriterium „Prüfzeugnisse“ konnten die Hersteller „Wavin“ und „egeplast“ für Ihre Systeme „Compact Pipe“ und „egeLiner“ nachweisen. Die weiteren vier Hersteller konnten das Kriterium nicht nachweisen.
- „NordiTube“ konnte als einziger Hersteller das Kriterium „Überwachung“ vollständig nachweisen. Vier Hersteller („Wavin“, „egeplast“, „Esders“ und „Karl Weiss“) konnten das Kriterium „Überwachung“ für den Abwasserbereich teilweise nachweisen. Der Hersteller „Amex“ konnte das Kriterium nicht nachweisen. Die detaillierten Ergebnisse zur Fremd- und Eigenüberwachung für den Abwasserbereich finden sich in Tabelle 35.

- Im Kriterium „besondere Auffälligkeiten“ wurden folgende Auffälligkeiten festgestellt:
 - Bei den Systemen „Esders HPS Liner“ und „SaniPipe“ war nach Abschluss der Sanierungsarbeiten eine durchgehende Längsfalte aufgrund einer falschen Konfektionierung des Gewebeschlauches erkennbar.
 - Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurden bei dem Hersteller Amex mit dem System „SaniPipe“ Ausführungsmängel beobachtet. So lag der für die Sanierung erforderliche Gewebeschlauhc nicht in ausreichender Länge vor. Aus diesem Grund wurden zwei Gewebeschläuche mit Hilfe von Kabelbindern verbunden und für die Sanierung der Leitung verwendet. Der miteinander verbundene Teil der Gewebeschläuche wurde zwischen den Strängen 1 und 2 im Bereich der Betriebseinrichtung eingebracht. Anschließend wurde dieser bei der Sanierung der Anbindungen entfernt. Zudem wurde der Komponentenharz per Hand gemischt und die Harztemperatur nicht gemessen.
- Im Gesamtfazit kann festgehalten werden, dass große Unterschiede hinsichtlich der Qualitätssicherung zwischen den einzelnen Herstellern vorliegen (Notenspanne von 1,5 bis 5,5).

5.6 Zusatzinformationen

Mit Blick auf die Zusatzinformationen wurden folgende Kriterien bewertet:

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen
- Wandaufbau
- Wanddicke
- Einbauverfahren
- Aushärtungsverfahren und -zeit
- Anbindung (Art/ Hersteller)
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu den einzelnen Kriterien in Tabelle 36 dargestellt.

Tabelle 36 Ergebnisse der Zusatzinformationen

Zusatzinformationen						
Hersteller/ Kriterien	Wavin GmbH	egeplast int. GmbH	Esders Pipe- line Service GmbH	NordiTube Techn. SE	Amex Sanivar AG	Karl Weiss Techn. GmbH
System	Compact Pipe	egeLiner	Esders HPS Liner	Nordiflow W PE	SaniPipe	Starline Structure-S
Robustheit: Punktlast Metallspitze Inkrustation Abwinklung sanierter Bogen	o - + + 22,5°	+ - - + 22,5°	o + + + 30°	+ + - + 15°	o + + + 30°	+ + + + 30°
Wandaufbau	PE-Rohr (SDR 17 PN 10 PE 100)	PE-Rohr (SDR 17 PN 10 PE 100-RC)	Außenfolie + Laminat mit Nadelfilz + Ge- webeschlauch + Innenfolie	Preliner + glasfaser- verstärkter Nadelfilz + Innenfolie	Außenfolie + Filzgewebe und Polyesterfa- sern mit Harzguss + Innenfolie	Preliner + La- minat mit Glas- fasern + Gewe- beschlauch + Innenfolie
Wanddicke	13,4 mm	13,5 mm	Ca. 7,3 mm	Ca. 4,9 mm	Ca. 7,7 mm	Ca. 6,3 mm
Einbau- verfahren	Close-Fit Einzieh- verfahren	Close-Fit Einzieh- verfahren	Einzieh- / In- versions- verfahren	Inversionsver- fahren + Preliner	Einzieh- / In- versions- verfahren	Inversions- verfahren + Preliner
Aushärtungsver- fahren und -zeit	Dampf (120 °C) / ca. 2 h	Dampf (130 °C) / ca. 1,5 h	Dampf (100 °C) / ca. 1,5 h	Dampf (80 °C) / ca. 3,5 h	Dampf (80 °C) / ca. 22 h	Warm- wasser (40 °C) / ca. 19 h
Anbindungsart (Art/Hersteller)	PE-Flansch-/ Elektro- schweißmuffe	PE-Flansch-/ Elektro- schweißmuffe	Amex- Liner-End- Manschette	Amex- Liner-End- Manschette	Amex- Liner-End- Manschette	Kempe- Liner-End- Manschette
Summe Arbeits- zeit/ Tage vor Ort	14,5 h / 2 Tage	15,5 h / 3 Tage	11 h / 2 Tage	15,5 h / 3 Tage	14,5 h / 4 Tage	11,5 h / 2 Tage

Bewertung:

Punktlast:

+ = keine Auffälligkeiten nach 188 Tagen

o = Auffälligkeiten ohne nennenswerte Einschränkungen der Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit

- = Einschränkung der Dichtheit, Standsicherheit oder Betriebssicherheit

Metallspitze/ Inkrustation/ Abwinklung:

+ = keine Auffälligkeiten

o = Auffälligkeiten ohne zu erwartende Einschränkungen der Dichtheit, Standsicherheit und Betriebssicherheit

- = Nicht ausgeführt oder Einschränkung der Dichtheit, Standsicherheit oder Betriebssicherheit wahrscheinlich

sanierter Bogen

Angabe des maximal sanierten Bogens [°]

Robustheit

Bei dem Kriterium „Robustheit“ werden insgesamt fünf Schadensbilder untersucht. Die vier Schadensbildern („Querriss mit Abwinklung“, „Inkrustation“, „maximal sanierbarer Bogen“, „Doppelloch“ (Metallspitze)) werden berücksichtigt, wenn der Systemhersteller diese selber als sanierbar einstuft (vgl. Bild 32 und Bild 33). Falls einzelne Schadensbilder nicht saniert werden können, erfolgt die Sanierung des Teilabschnitts ohne Schadensbilder. Das Schadensbild „Scherbenlast“ (Punktlast) musste saniert werden, da es Bestandteil der Sanierungsaufgabe im IKT-Warentest ist.

Bei dem Schadensbild „Doppelloch“ und „Scherbenlast“ wurde das geplante Belastungs- und Prüfprogramm durchgeführt. Darüber hinaus wurde die „Scherbenlast“ nach

der Beendigung der Großversuche noch bis zu einer Gesamtbelastungsdauer von 188 Tagen weitergeführt. Die weiteren drei Schadensbilder dienten nur als ergänzende Sanierungsaufgabe, diese Sanierungsabschnitte wurden vor Inbetriebnahme der Leitung entfernt.

Alle Hersteller sanierten das Schadensbild „Querrisse mit Abwinklung“ und „Scherbenlast“. „Wavin“, „Esders“, „Amex“ und „Karl Weiss“ sanierten das Schadensbild „Inkrustation“. Der „maximal sanierbarer Bogen“ liegt bei 30°. Der Hersteller „Norditube“ verzichtete auf eine zusätzliche Sanierung eines Bogens. Daher wird als „maximal sanierbarer Bogen“ 15° angegeben, da dieser im Zuge des Belastungs- und Prüfprogramms (Systemprüfungen) saniert wurde. Das Schadensbild „Doppelloch“ wurde von den Herstellern „Esders“, „Norditube“, „Amex“ und „Karl Weiss“ saniert. Dementsprechend wurden von den Herstellern „Wavin“ und „egeplast“ die Sanierung dieses Schadensbildes nicht durchgeführt (vgl. Tabelle 36). Bei den Systemen „Compact Pipe“, „Esders HPS Liner“ und „SaniPipe“ waren Auffälligkeiten ohne nennenswerte Einschränkungen der Dichtigkeit, Standsicherheit und Betriebssicherheit nach der Punktlastbelastung erkennbar.

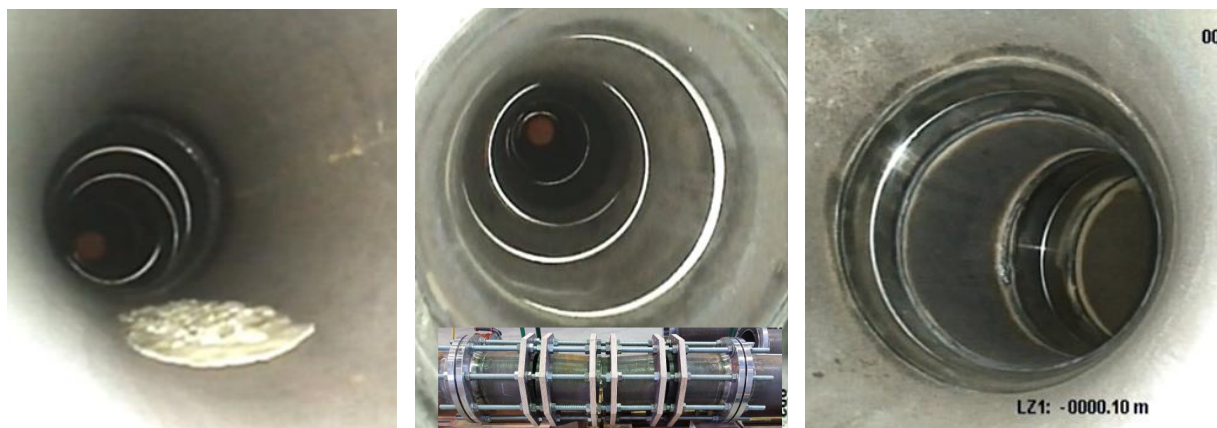


Bild 32 Schadensbilder „Inkrustation“ (links), „Querriss mit Abwinklung“ (mitte) und „max. sanierbarer Bogen“ (rechts)

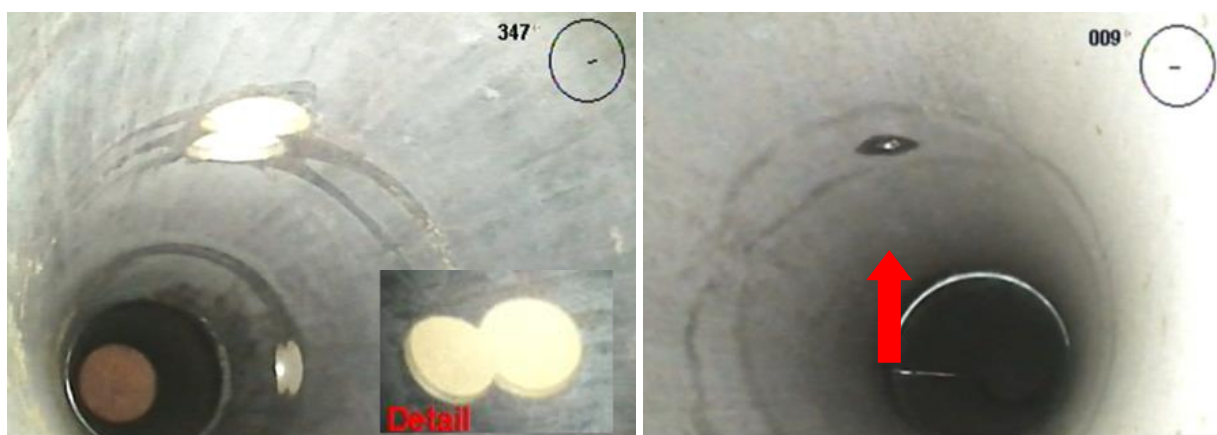


Bild 33 Schadensbild „Doppelloch“, Beispiel des „Starline Structure-S“: vor Sanierung (links) und nach Sanierung (rechts)

Wandaufbau

Der Wandaufbau der eingesetzten Sanierungssysteme unterscheidet sich wie folgt: Das Sanierungssystem „Compact Pipe“ besteht vollständig aus PE 100 mit einem Verhältnis von 17 zwischen Außendurchmesser und Wanddicke (SDR 17) sowie der Nenndruckstufe 10 (PN 10). Ebenfalls mit einem Verhältnis von 17 zwischen Außendurchmesser und Wanddicke (SDR 17) sowie der Nenndruckstufe 10 (PN 10) wird der „egeLiner“ beschrieben. Zusätzlich weist dieser jedoch einen deutlich höheren Widerstand gegenüber langsamen Rissfortschritt auf und wird aus PE 100-RC gefertigt. Beim „Esders HPS Liner“ setzt sich der Wandaufbau aus einer Außenfolie, dem Laminat mit Nadelfilz, einem Gewebeschauch und der Innenfolie zusammen (vgl. Bild 35). Aus einem Preliner, glasfaserverstärktem Nadelfilz und einer Innenfolie besteht der „Nordiflow W PE“ (vgl. Bild 35). Das Sanierungssystem „SaniPipe“ der Firma „Amex“ beinhaltet eine Außenfolie, Filzgewebe und Polyesterfasern mit Harzguss sowie eine Innenfolie (vgl. Bild 36). Der „Starline Structure-S“ setzt sich aus einem Preliner + Laminat mit Glasfasern, einem Gewebeschauch und einer Innenfolie zusammen. (vgl. Bild 36).

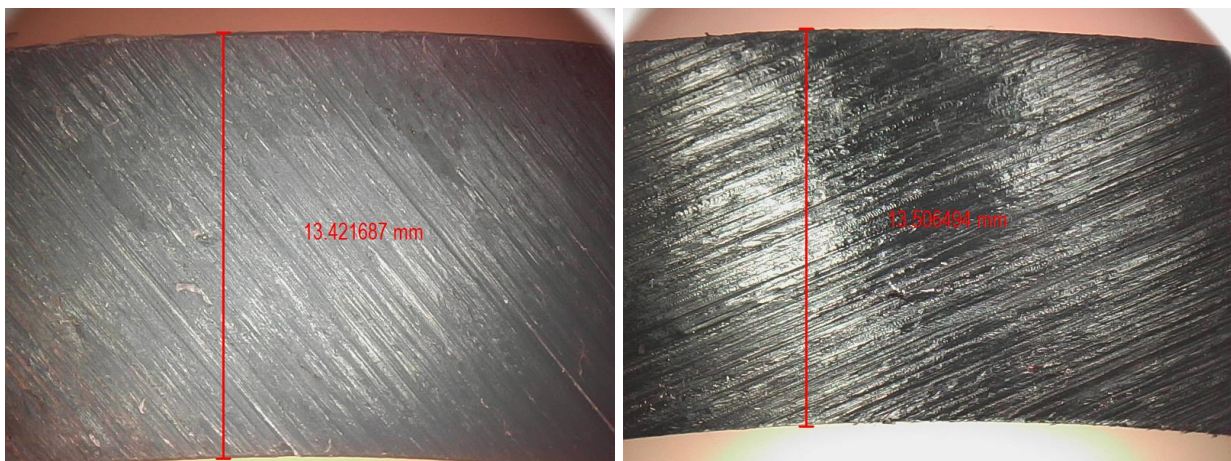


Bild 34 Schnittbild: „Compact Pipe“ (links), „egeLiner“ (rechts)

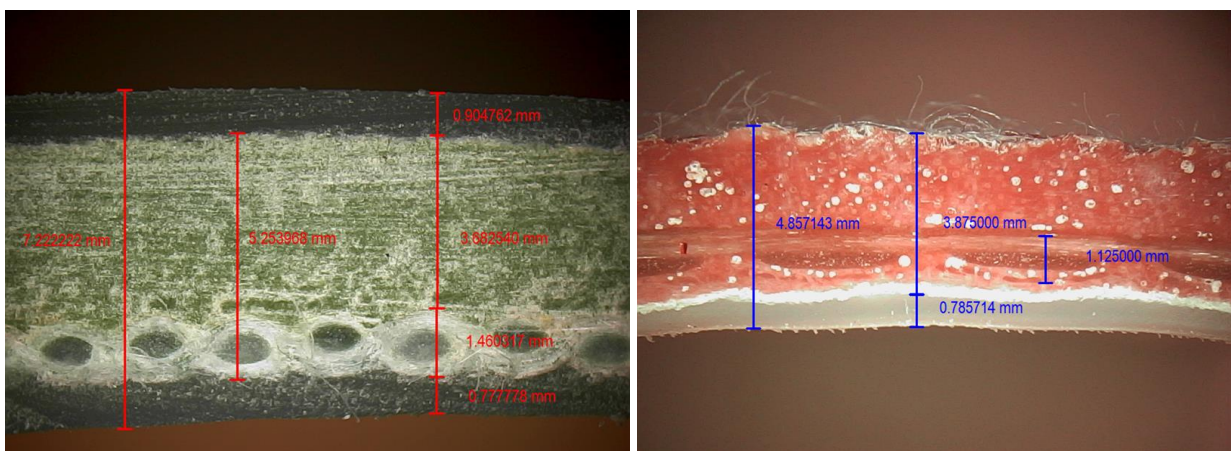


Bild 35 Schnittbild: „Esders HPS Liner“ (links), „Nordiflow W PE“ (rechts)

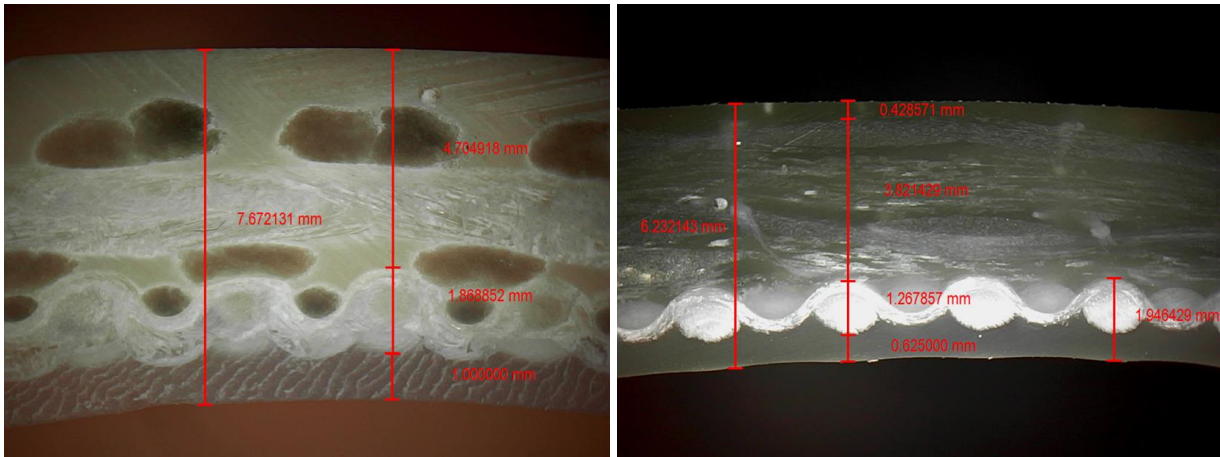


Bild 36 Schnittbild: „SaniPipe“ (links), „Starline Structure-S“ (rechts)

Wanddicke

Die Wanddicke der einzelnen Sanierungssysteme bewegt sich zwischen 4,9 mm und 13,5 mm.

Einbauverfahren

Close-Fit-Einziehvorgang

Die Sanierungssysteme „egeLiner“ und „Compact Pipe“ (beides U-Liner) wurden mithilfe eines Einziehvorganges eingebaut (vgl. Bild 37). Bevor der Einziehvorgang startet, wird das Windenseil am Zugkopf oder direkt am Rohr befestigt und im Anschluss der Rohrstrang von der Trommel mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit eingezogen. Dann wird der Liner aufgeheizt, weitet sich zu seiner ursprünglichen Form auf und muss zum Schluss wieder abkühlen.

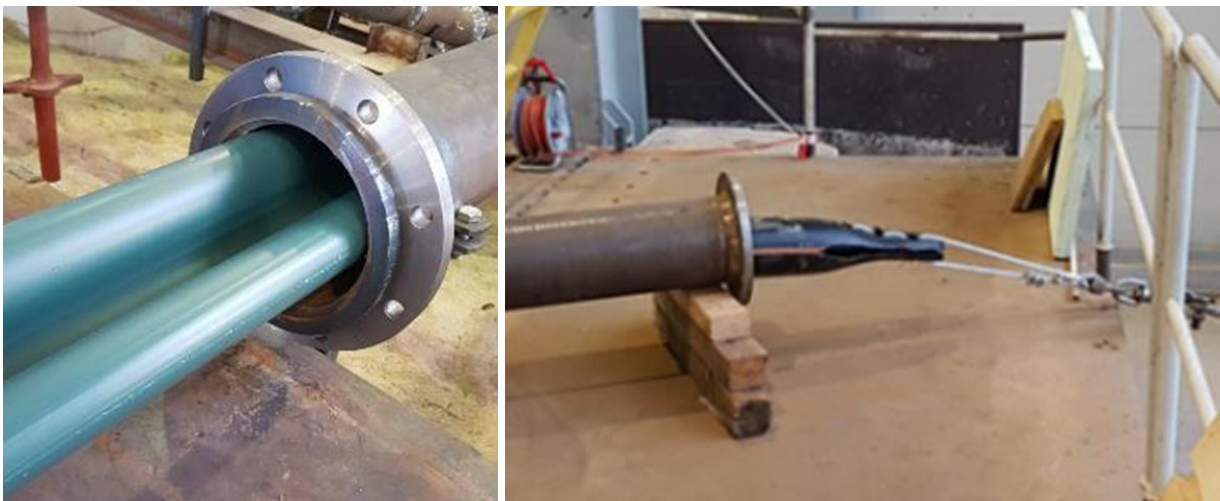


Bild 37 Close-Fit-Einziehvorgang: „Compact Pipe“ (links) und „egeLiner“ (rechts)

Einzieh- und Inversionsverfahren

Die Sanierungssysteme „Esders HPS Liner“ und „SaniPipe“ wurden mithilfe des Einzieh- und Inversionsverfahrens eingebaut. Beim Einzieh- und Inversionsverfahren wird

der Liner mit einer Winde eingezogen und anschließend durch die Inversion eines Gewebeslauches aufgestellt. Für die Verbindung der beiden Liner sorgt das verwendete Harz.



Bild 38 Einzieh- und Inversionsverfahren: „SaniPipe“ (links) und „Esders HPS Liner“ (rechts)

Inversionsverfahren

Mittels Inversionsverfahren wurden die Sanierungssysteme „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ eingebaut. Zuerst wurde ein Preliner in die zu sanierende Leitung eingezogen und im Anschluss der mit Harz getränkte Liner invertiert.

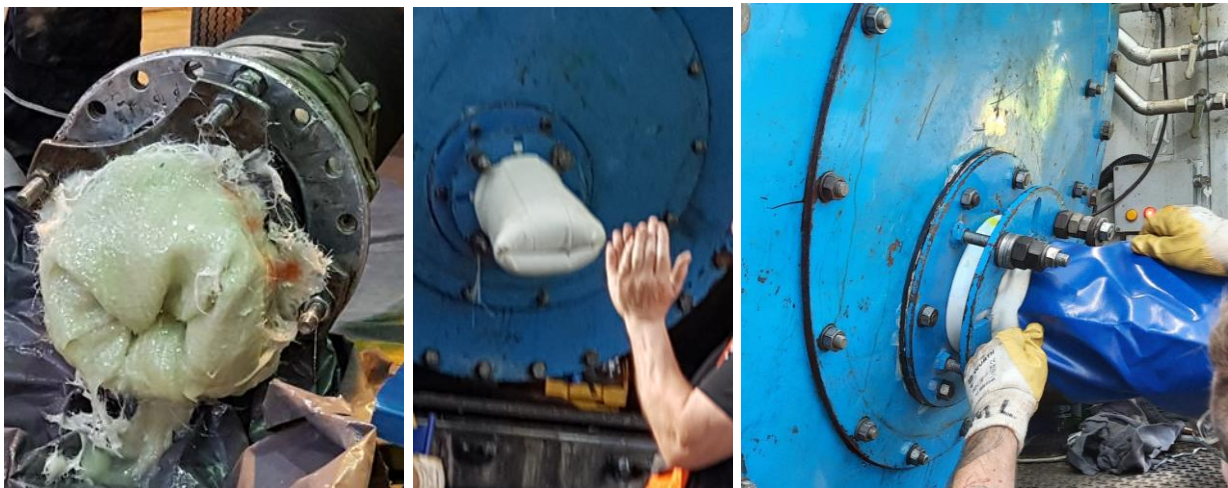


Bild 39 Inversionsverfahren: „Starline Structure-S (links), „Nordiflow W PE“ (mitte/rechts)

Aushärtungsverfahren und -zeit

In fünf von sechs Fällen wurde Dampf als Aushärtungsverfahren verwendet. Einzig der Hersteller „Karl Weiss“ verwendete Warmwasser für den Aushärtungsprozess. Die Temperaturen bewegten sich zwischen 40°C und 130°C. Die Aushärtungszeit lag zwischen 1,5 h und 22 h.

Anbindungen

Für die Close-Fit-Liner „Compact Pipe“ und „egeLiner“ wurden PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffen zur Anbindung ans Altrohr verwendet. Liner-End-Manschetten wurden für die Sanierungssysteme „Esders HPS Liner“, „SaniPipe“, „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ eingesetzt (vgl. Bild 41).



Bild 40 PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffen: „egeLiner“ (links) und „Compact Pipe“ (rechts)



Bild 41 Liner-End-Manschetten von links: „Starline Structure-S“ (Kempe), „SaniPipe“ (Amex), „Esders HPS Liner“ (Amex) und „Nordiflow W PE“ (Amex)

Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort


Die Arbeitstage vor Ort reichten von zwei bis vier Tagen mit einer Gesamtarbeitszeit zwischen 11 h und 15,5 h.

6 Warentest-Prüfzeugnisse

6.1 Compact Pipe

Warentest – Prüfzeugnis
„Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“
Compact Pipe
Wavin GmbH
 Sanierungsfirma: Diringer & Scheidel Rohrsanierung GmbH & Co. KG

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	GUT (1,8)
Dichtheit (45 %):	1,0
Exfiltrationsdichtheit (80 %):	1,0
Infiltrationsdichtheit (20 %):	1,0
Abwertung wegen Nacharbeit um:	0,0
Standssicherheit (25 %):	3,0
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium) (50%)	2,0
Statischer Nachweis (30%)	4,5
Material und Geometrie (20%)	3,0
Betriebssicherheit (15 %)	2,3
Optischer Gesamteindruck (25 %)	1,0
Hydraulischer Leistungsverlust (25 %)	3,0
Faltenbildung/Hindernisse (25 %)	1,0
Querschnittsreduktion (25 %)	4,3
Qualitätssicherung (15 %):	1,5



Gesamteindruck

Die **Dichtheit** wurde insgesamt mit der Note 1,0 bewertet. **Exfiltrationsdichtheit** und **Infiltrationsdichtheit** wurden jeweils mit 1,0 benotet. Es wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Die **Standssicherheit** wurde insgesamt mit der Note 3,0 bewertet. Die beiden Kriterien „Tragfähigkeit der Struktur“, „Statischer Nachweis“ und „Material und Geometrie“ wurden jeweils mit den Noten 2,0, 4,5 und 3,0 benotet.

Hinsichtlich der **Betriebssicherheit** wurde ein gutes Ergebnis (Note 2,3) erzielt. Die Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ wurden mit 1,0, 3,0, 1,0 und 4,3 benotet.

Bei der **Qualitätssicherung** wurde die Note 1,5 vergeben. Lediglich bei dem Kriterium „Überwachung“ lag kein Inspektionsvideo nach der Sanierung vor. Alle weiteren Nachweise wurden erfüllt.

Zusatzinformationen

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen: - | - | + | + | 22,5°
- Wandaufbau: PE-Rohr (SDR17 PN10 PE100)
- Wanddicke: Ca. 13,4 mm
- Einbauverfahren: Einziehverfahren
- Aushärtungsverfahren und -zeit: Dampf (120 C°), ca. 2 h
- Anbindung (Art/ Hersteller): PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffe
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort: 14,5 h/ 2 Tage

6.2 egeLiner

Warentest – Prüfzeugnis
„Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“
egeLiner
 egeplast international GmbH
 Sanierungsfirma: Esders Pipeline Service GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	GUT (1,8)
Dichtheit (45 %):	1,0
Exfiltrationsdichtheit (80 %):	1,0
Infiltrationsdichtheit (20 %):	1,0
Abwertung wegen Nacharbeit um:	0,0
Standssicherheit (25 %):	3,0
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium) (50%)	2,0
Statischer Nachweis (30%)	4,0
Material und Geometrie (20%)	4,0
Betriebssicherheit (15 %)	2,4
Optischer Gesamteindruck (25 %)	1,0
Hydraulischer Leistungsverlust (25 %)	3,0
Faltenbildung/Hindernisse (25 %)	1,0
Querschnittsreduktion (25 %)	4,5
Qualitätssicherung (15 %):	1,5



Gesamteindruck

Die **Dichtheit** wurde insgesamt mit der Note 1,0 bewertet. **Exfiltrationsdichtheit** und **Infiltrationsdichtheit** wurden jeweils mit 1,0 benotet. Es wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Die **Standssicherheit** wurde insgesamt mit der Note 3,0 bewertet. Die beiden Kriterien „Statischer Nachweis“ und „Material und Geometrie“ wurden jeweils mit der Note 4,0 benotet. Das „Tragfähigkeit der Struktur“ erhielt die Note 2,0.

Hinsichtlich der **Betriebssicherheit** wurde ein gutes Ergebnis (Note 2,4) erzielt. Die Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ wurden mit 1,0, 3,0, 1,0 und 4,5 benotet.

Bei der **Qualitätssicherung** wurde die Note 1,5 vergeben. Lediglich bei dem Kriterium „Überwachung“ lag kein Inspektionsvideo nach der Sanierung vor. Alle weiteren Nachweise wurden erfüllt.


Zusatzinformationen

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen: + | - | - | + | 22,5°
- Wandaufbau: PE-Rohr (SDR17 PN10 PE100-RC)
- Wanddicke: Ca.13,5 mm
- Einbauverfahren: Einziehverfahren
- Aushärtungsverfahren und -zeit: Dampf (130 C°), ca. 1,5 h
- Anbindung (Art/ Hersteller): PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffe
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort: 15,5 h/ 3 Tage

6.3 Nordiflow W PE

Warentest – Prüfzeugnis
„Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“
Nordiflow W PE
NordiTube Technologies SE
 Sanierungsfirma: Esders Pipeline Service GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: BEFRIEDIGEND (2,6)	
Dichtheit (45 %):	2,0
Exfiltrationsdichtheit (80 %):	1,0
Infiltrationsdichtheit (20 %):	1,0
Abwertung wegen Nacharbeit um:	1,0
Standssicherheit (25 %):	3,2
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium) (50%)	4,0
Statischer Nachweis (30%)	2,5
Material und Geometrie (20%)	2,0
Betriebssicherheit (15 %)	3,3
Optischer Gesamteindruck (25 %)	3,4
Hydraulischer Leistungsverlust (25 %)	4,0
Faltenbildung/Hindernisse (25 %)	3,0
Querschnittsreduktion (25 %)	3,0
Qualitätssicherung (15 %):	2,5



Gesamteindruck

Die **Dichtheit** wurde insgesamt mit der Note 2,0 bewertet. **Exfiltrationsdichtheit** und **Infiltrationsdichtheit** wurden jeweils mit 1,0 benotet. Das Kriterium „Dichtheit“ wurde um 1,0 abgewertet, da eine Nacharbeit durchgeführt wurde.

Die **Standssicherheit** wurde insgesamt mit der Note 3,0 bewertet. Die Kriterien „Tragfähigkeit der Struktur“, „Statischer Nachweis“ und „Material und Geometrie“ wurden mit der Noten 4,0, 2,5 und 2,0 benotet.

Hinsichtlich der **Betriebssicherheit** wurde ein befriedigendes Ergebnis (Note 3,2) erzielt. Die Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ wurden mit 3,4, 4,0, 3,0 und 3,0 benotet.

Bei der **Qualitätssicherung** wurde die Note 2,5 vergeben. Die „Schulung des Sanierungspersonals“ im Kriterium „Schulungen“ und das Kriterium „Prüfzeugnisse“ konnten nicht nachgewiesen werden. Alle weiteren Nachweise wurden erfüllt.

Zusatzinformationen

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen: + | + | - | + | 15°
- Wandaufbau: Preliner + glasfaserverstärkter Nadelfilz + Innenfolie
- Wanddicke: Ca. 4,9 mm
- Einbauverfahren: Inversionsverfahren mit Preliner
- Aushärtungsverfahren und -zeit: Dampf (80 C°), ca. 3,5 h
- Anbindung (Art/ Hersteller): Amex-Liner-End-Manschette
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort: 15,5 h/ 3 Tage

6.4 Starline Structure-S

Warentest – Prüfzeugnis
„Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“
Starline Structure-S
 Karl Weiss Technologies GmbH
 Sanierungsfirma: Karl Weiss Technologies GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	BEFRIEDIGND (2,6)
Dichtheit (45 %):	3,0
Exfiltrationsdichtheit (80 %):	1,0
Infiltrationsdichtheit (20 %):	1,0
Abwertung wegen Nacharbeit um:	2,0
Standssicherheit (25 %):	2,0
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium) (50%)	2,0
Statischer Nachweis (30%)	2,0
Material und Geometrie (20%)	2,0
Betriebssicherheit (15 %)	2,7
Optischer Gesamteindruck (25 %)	2,7
Hydraulischer Leistungsverlust (25 %)	2,0
Faltenbildung/Hindernisse (25 %)	3,0
Querschnittsreduktion (25 %)	3,0
Qualitätssicherung (15 %):	2,5



Gesamteindruck

Die **Dichtheit** wurde insgesamt mit der Note 3,0 bewertet. **Exfiltrationsdichtheit** und **Infiltrationsdichtheit** wurden jeweils mit 1,0 benotet. Das Kriterium „Dichtheit“ wurde um 2,0 abgewertet, da zwei Nacharbeiten durchgeführt wurden.

Die **Standssicherheit** wurde insgesamt mit der Note 2,0 bewertet. Die Kriterien „Tragfähigkeit der Struktur“, „Statischer Nachweis“ und „Material und Geometrie“ wurden jeweils mit der Note 2,0 benotet.

Hinsichtlich der **Betriebssicherheit** wurde ein befriedigendes Ergebnis (Note 2,7) erzielt. Die Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ wurden mit 2,7, 2,0, 3,0 und 3,0 benotet.

Bei der **Qualitätssicherung** wurde die Note 2,5 vergeben. Die „Fremdüberwachung“ im Kriterium „Überwachung“ und das Kriterium „Prüfzeugnisse“ konnten nicht nachgewiesen werden. Alle weiteren Nachweise wurden erfüllt.

Zusatzinformationen

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen: + | + | + | + | 30°
- Wandaufbau: Preliner + Laminat mit Glasfasern + Gewebeschauch + Innenfolie
- Wanddicke: Ca. 6,3 mm
- Einbauverfahren: Inversionsverfahren mit Preliner
- Aushärtungsverfahren und -zeit: Warmwasser (40 C°), ca. 19 h
- Anbindung (Art/ Hersteller): Kempe-Liner-End-Manschette
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort: 11,5 h/ 2 Tage

6.5 Esders HPS Liner

Warentest – Prüfzeugnis
„Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“
Esders HPS Liner
Esders Pipeline Service GmbH
 Sanierungsfirma: Esders Pipeline Service GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	MANGELHAFT (5,3)
Dichtheit (45 %):	6,0
Exfiltrationsdichtheit (80 %):	5,0
Infiltrationsdichtheit (20 %):	1,0
Abwertung wegen Nacharbeit um:	6,0
Standssicherheit (25 %):	5,4
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium) (50%)	5,0
Statischer Nachweis (30%)	5,5
Material und Geometrie (20%)	6,0
Betriebssicherheit (15 %)	4,1
Optischer Gesamteindruck (25 %)	5,0
Hydraulischer Leistungsverlust (25 %)	3,0
Faltenbildung/Hindernisse (25 %)	5,0
Querschnittsreduktion (25 %)	3,3
Qualitätssicherung (15 %):	4,5



Gesamteindruck

Die **Dichtheit** wurde insgesamt mit der Note 6,0 bewertet. Bei der **Exfiltrationsdichtheit** wurde die Note 5,0 vergeben, da „Tropfen“ erkennbar waren und der Zieldruck nicht angefahren werden konnte. Die **Infiltrationsdichtheit** wurden mit 1,0 benotet. Zudem wurde das Kriterium „Dichtheit“ auf 6,0 abgewertet, da nach zweifacher Nacharbeit weiterhin Auffälligkeiten in Form von Tropfen oder Fließen vorlagen.

Die **Standssicherheit** wurde insgesamt mit der Note 5,4 bewertet. Für das Teilkriterium „Tragfähigkeit der Struktur“ wurde die Note 5,0 vergeben, da aufgrund der durchgehenden Längsfalte ein mögliches Versagensrisiko vorliegt. Ein statischer Nachweis wurde seitens des Herstellers nicht geliefert, sodass das Kriterium „Material und Geometrie“ ebenfalls nicht überprüft werden konnte. Daraus resultieren die Noten 5,5 und 6,0.

Hinsichtlich der **Betriebssicherheit** wurde ein ausreichendes Ergebnis (Note 4,1) erzielt. Die Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ wurden mit 5,0, 3,0, 5,0 und 3,3 benotet.

Bei der **Qualitätssicherung** konnten lediglich das Kriterium „Verfahrenshandbuch“ vollständig und das Kriterium „Überwachung“ teilweise nachgewiesen werden. Zusätzlich wurde eine besondere Auffälligkeit (Längsfalte) festgestellt. Dies ergibt die Note 4,5.

Zusatzinformationen

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen: - | + | + | + | 30°
- Wandaufbau: Außenfolie + Laminat mit Nadelfilz + Gewebes Schlauch + Innenfolie
- Wanddicke: Ca. 7,3 mm
- Einbauverfahren: Einzieh-/Inversionsverfahren
- Aushärtungsverfahren und -zeit: Dampf (100 C°), ca. 1,5 h
- Anbindung (Art/ Hersteller): Amex-Liner-End-Manschette
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort: 11 h/ 2 Tage

6.6 SaniPipe

Warentest – Prüfzeugnis
„Sanierungsverfahren für Abwasserdruckleitungen – Klasse-A-Liner“
SaniPipe
Amex Sanivar AG
 Sanierungsfirma: Amex Sanivar AG

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: UNGENÜGEND (6,0)	
Nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner wg. Liner-Kollaps	
Dichtheit (45 %):	3,4
Exfiltrationsdichtheit (80 %):	2,8
Infiltrationsdichtheit (20 %):	1,0
Abwertung wegen Nacharbeit um:	1,0
Standsicherheit (25 %):	6,0
Tragfähigkeit der Struktur (K.O.-Kriterium) (50%)	6,0
Statischer Nachweis (30%)	6,0
Material und Geometrie (20%)	6,0
Betriebssicherheit (15 %)	4,5
Optischer Gesamteindruck (25 %)	4,7
Hydraulischer Leistungsverlust (25 %)	4,0
Faltenbildung/Hindernisse (25 %)	5,0
Querschnittsreduktion (25 %)	4,3
Qualitätssicherung (15 %):	5,5



Gesamteindruck

Die **Dichtheit** wurde insgesamt mit der Note 3,4 bewertet. Bei der **Exfiltrationsdichtheit** wurde die Note 2,8 vergeben, da „Feuchtigkeiten“ erkennbar waren. Die **Infiltrationsdichtheit** wurden mit 1,0 benotet. Zudem wurde das Kriterium „Dichtheit“ um 1,0 abgewertet, da eine Nacharbeit durchgeführt wurde.

Die **Standsicherheit** wurde insgesamt mit der Note 6,0 bewertet. Für das Teilkriterium „Tragfähigkeit der Struktur“ wurde die Note 6,0 vergeben, da ein Kollaps des Liners festgestellt wurde. Ein Statischer Nachweis wurde seitens des Herstellers nicht geliefert, sodass das Kriterium „Material und Geometrie“ nicht überprüft werden konnte. Daraus resultiert für beide Kriterien die Note 6,0.

Hinsichtlich der **Betriebssicherheit** wurde ein noch ausreichendes Ergebnis (Note 4,5) erzielt. Die Kriterien „Optischer Gesamteindruck“, „Hydraulischer Leistungsverlust“, „Faltenbildung/ Hindernisse“ und „Querschnittsreduktion“ wurden mit 4,7, 4,0, 5,0 und 4,3 benotet.

Bei der **Qualitätssicherung** konnte lediglich das Kriterium „Verfahrenshandbuch“ teilweise nachgewiesen werden. Zusätzlich wurden besondere Auffälligkeiten (Längsfalte, Ausführmängel) festgestellt. Dies ergibt die Note 5,5.

Die Lenkungskreismitglieder haben aufgrund des Kollapses im K.O.-Kriterium „Tragfähigkeit der Struktur“ einstimmig gewertet, dass das System nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner ist. Daraus resultiert, dass für das System das IKT-Prüferteil „ungenügend (6,0)“ unabhängig von den weiteren Teilnoten vergeben wird.

Zusatzinformationen

- Robustheit ggü. Punktlast | Metallspitze | Inkrustation | Abwinklung | sanierter Bogen: - | + | + | + | 30°
- Wandaufbau: Außenfolie + Filzgewebe und Polyesterfasern mit Harzguss + Innenfolie
- Wanddicke: Ca. 7,7 mm
- Einbauverfahren: Einzieh-/Inversionsverfahren
- Aushärtungsverfahren und -zeit: Dampf (80 C°), ca. 22 h
- Anbindung (Art/ Hersteller): Amex-Liner-End-Manschette
- Summe Arbeitszeit/ Tage vor Ort: 14,5 h/ 4 Tage

7 Fazit

Testergebnisse belegen große Unterschiede in der Qualität

Es wurden Noten von „GUT“ bis „UNGENÜGEND“ vergeben. Das beste Ergebnis erzielte das System „Compact Pipe“ mit der Note GUT (1,8), dicht gefolgt von „egeLiner“ mit der Note GUT (1,8) (ungerundete Werte maßgebend). Die Systeme „Nordiflow W PE“ und „Starline Structure-S“ erhielten die Note BEFRIEDIGEND (2,6). Ein mangelhaftes Ergebnis erzielte das System „Esders HPS Liner“ (Note 5,3). Das System „SaniPipe“ wurde durch den Lenkungsreis aufgrund eines Liner-Kollapses „als nicht einsetzbar als Klasse-A-Liner“ bewertet; im Ergebnis wurde hier daher das IKT-Prüferteil „UNGENÜGEND (6,0)“ vergeben. Eine detaillierte Ergebnisübersicht zeigt die Testtabelle.

Sanierungsaufgabe größer als die reine Linersanierung

Insgesamt ist die Sanierungsaufgabe größer als die Linersanierung. Dies gilt insbesondere, wenn Druckstöße oder Fehler in der Be- und Entlüftung die Ursache für die Schäden an der Altleitung sind. Dann sind entsprechend weiterführende Maßnahmen erforderlich, zum Beispiel durch den Einsatz geeigneter Armaturen. Der Einsatz eines Liners dient in erster Linie dem Korrosionsschutz und der Abdichtung der Leitung. Die im Test untersuchten Klasse-A-Liner sollen dabei auch dem auftretenden Innen- und Außen- druck selbstständig standhalten. Vier von sechs der untersuchten Systeme wurden diesem Anspruch in mindestens ausreichendem Maße gerecht.

Dichtheit: Anbindungen der Schlauchliner waren Hauptschwachstelle

In vier von vier Fällen waren Undichtheiten an den Anbindungen der Schlauchliner nach der Füllstandsprüfung erkennbar, sodass Nacharbeiten durch den Hersteller veranlasst werden musste. Bei dem System „Esders HPS Liner“ konnte sogar nach zwei Nacharbeiten die Dichtheit nicht hergestellt werden, da sich an einer durchgehenden Längsfalte dauerhaft Umläufigkeiten zeigten. Demgegenüber waren die PE-Flansch-/ Elektroschweißmuffenanbindungen der Close-Fit-Liner zuverlässig dicht.

Unzureichende Liner-Konfektionierung führte zum Kollaps

Aufgrund einer unzureichenden Liner-Konfektionierung kam es bei zwei Systemen zu einer durchgehenden Längsfalte in der Leitung. In einem Fall führte dies unter den Unterdruck- und Außenwasserdruckbelastungen zu einem Kollaps. In dem anderen Fall konnte im Versuch zwar kein Kollaps beobachtet werden, jedoch stellt die Längsfalte ein grundsätzliches Versagensrisiko dar. Zudem lieferten diese beiden Hersteller keinen statischen Nachweis, sodass anscheinend die Dimensionierung des Liners ohne statischen Nachweis stattgefunden hat. Bei den weiteren vier Systemen waren keine bzw. lediglich geringe Auffälligkeiten wie Faltenbildung erkennbar.

Weitere Verschlechterungen des Altrohrzustandes meist ohne Einfluss

Die weitere Verschlechterung des Altrohrzustandes nach Sanierung zeigte i.d.R. keine Auswirkungen auf den Sanierungserfolg. Dies betraf insbesondere Korrosionserscheinungen wie Lochfraß und nachträgliche Punktbelastungen. Lediglich in einem Fall führte der vollständige Verlust der Rohrbettung zu einem Versagen unter Außenwasserdruck.

Bögen bis 30° sanierbar

Alle Hersteller im Test konnten die geforderten vier 15° Bögen mit ihrem System durchfahren. Drei Hersteller waren in der Lage auch einen zusätzlichen 30° Bogen zu sanieren. Die im Vorfeld des Tests angefragten Hersteller von GFK-Systemen gaben an, dass ihre Systeme nicht für den Einsatz in 15° Bögen geeignet sind.

Betriebssicherheit nach Sanierung gewährleistet

Übliche Betriebszustände wie Druckschwankungen, Geschiebe, statischer Druck usw. konnten von den Systemen i.d.R. problemlos aufgenommen werden, deutliche Grenzen zeigten sich aber bei der Hochdruck-Reinigung, hier traten z.T. Löcher und Delaminierungen auf. Chemische Belastungen wirkten sich nicht auf die Dichtheit der Liner aus.

Leistungsverlust und z.T. massive Querschnittsreduktion nach Sanierung erkennbar

Ein hydraulischer Leistungsverlust infolge des Einbaus der Systeme war in allen Fällen messbar (bis zu 8 %) und sollte bei der hydraulischen Dimensionierung berücksichtigt werden. Der Kugeldurchgang reduzierte sich in einigen Fällen um mehr als 20%. Bei allen Schlauchlinern waren Falten > 6 mm vorhanden (2 von 4 Fällen im Strang, 4 von 4 Fällen im Bogen). Dagegen zeigten sich bei den Close-Fit-Linern keinerlei Falten, allerdings deutliche Ovalisierung in den Bögen.

Qualitätssicherung mit großen Unterschieden

Hinsichtlich der Qualitätssicherung liegen große Unterschiede vor (Notenspanne von 1,5 bis 5,5). Zwar lag das Verfahrenshandbuch bei allen Herstellern vor, allerdings wurden bei den Kriterien „Schulungen“, „Prüfzeugnisse“ und „Überwachung“ teilweise erhebliche Defizite festgestellt. Zusätzlich mussten bei den Herstellern „Esders“ und „Amex“ besondere Auffälligkeiten in Form einer durchgehenden Längsfalte verzeichnet werden. Bei dem Hersteller „Amex“ lagen zudem Ausführungsmängel vor.

8 Anhang

Anhang I:

E-Mail der Wavin GmbH (26.05.2021)

Anhang II:

II-A: E-Mail der egeplast international GmbH (18.06.2021)

II-B: E-Mail der egeplast international GmbH (10.03.2021)

Anhang III:

E-Mail der NordiTube Technologies SE (24.01.2021)

Anhang IV:

E-Mail der RELINE APTEC GmbH (15.01.2021)

Anhang V:

E-Mail der Saertex multiCom GmbH (29.01.2021)

Anhang VI:

VI-A: E-Mail der Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG (19.04.2021)

VI-B: E-Mail der IKT gGmbH im Auftrag des Lenkungskreises (26.06.2021)

VI-C: E-Mail der Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG (26.07.2021)

Anhang VII:

E-Mail der REHAU AG + Co (17.12.2021)

Anhang I: E-Mail der Wavin GmbH (26.05.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutas, sehr geehrter Herr Gillar,

leider haben wir gestern unsere Installation mit D&S nicht durchgeführt. Wir teilen die Bedenken unseres Lizenznehmers D&S zur Schadensstelle „Doppelloch 2 x 48 mm“. Diese Schadensstelle haben wir im Vorfeld besprochen und unsere Bedenken dazu angemeldet. Die Schadensstelle beinhaltet zwei Metallspitzen und sollte entgratet werden. Eine Entgratung der inneren Schnittflächen ist auch erfolgt, jedoch haben wir bei den Vorbereitungen gestern vor Ort gesehen, dass die Spitzen trotzdem in der Lage sind die Compact Pipe PE Wandungen zu beschädigen.

Wir tempern das PE Rohr mit ca. 100°C Aussentemperatur und einem Innendruck von ca. 1.5 bar in der Stahlrohr - Aussenschalung. Das PE 100 Material, SDR 17 ist dickwandig und solide, dehnt sich während der Installation in die Fehlstelle hinein. Die scharfkantigen Spitzen der Schadensstelle „Doppelloch 2 x 48 mm“ sind dabei in der Lage das erwärmte Material zu beschädigen. Die Wärmebeaufschlagung (ca. 1.5 bar Wasserdampf) und die anschließende Kühlung (ca. 6 bar Luftdruck) sind daher nicht bedenkenlos ausführbar. Der Installationsprozess und die Arbeitssicherheit in der Halle sind nicht zu 100% gewährleistet. Diese Aspekte gelten nicht nur für Compact Pipe. Sie werden auch bei den folgenden Wettbewerbsverfahren in Betracht gezogen müssen.

Wir waren nun die Ersten auf Ihrem Prüfstand und hätten die Installation gerne durchgeführt. Unser Vorschlag die Installation zu machen und die fragile Schadensstelle vorher aus der Prüfstrecke zu nehmen, entspricht leider nicht Ihren Prüfvorgaben. Hierfür haben wir Verständnis. Bitte überdenken Sie unsere Einwände und informieren Sie uns über etwaige Änderungen.

Wir halten das Compact Pipe, die PE Standardrohrängen und alle erforderlichen PE Bauteile / Fittings für den Warentest einbaubereit.

Viele Grüße

Ralf Glanert

Ralf Glanert

Technical account management for infra and rehabilitation

M +49 171 8758 309
E ralf.glanert@wavin.com

**Wavin GmbH**

Industriestraße 20
49767 Twist, Germany
wavin.com
orbia.com



Anhang II-A

E-Mail der egeplast international GmbH (18.06.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutas,
sehr geehrter Herr Gillar,

wie gerade telefonisch bereits besprochen nachstehend der Sachverhalt als kurze schriftliche Zusammenfassung.

Die Unterdruckbeaufschlagung (-0,9bar) + Außendruckbelastung (0,1bar) haben wir rechnerisch geprüft und sind zum Schluss gekommen, dass eine Unterdruckbelastung von 1h bei einer Temperatur $\leq 20^{\circ}\text{C}$ für einen egeLiner SDR17 kurzzeitig möglich ist.

Nach Sichtung aller Schadensbilder der Anlage II aus der Sanierungsaufgabe sind uns bsp.-weise auf S.18 „Doppelloch 2x48mm“ extrem scharfe Kanten an der Bohrung aufgefallen.

Wenn beim IKT Warentest die scharfen Kanten der Bohrungen als Prüfkriterium getestet werden soll, müssen wir von einer Teilnahme absehen, da diese nicht repräsentativ bzw. nicht der Praxis entsprechen.

Ob der Liner beschädigt wird oder nicht ist dann rein dem Zufall geschuldet.

Oder sollen diese Bohrungen das Prüfkriterium Lochfraß/Fehlstellen darstellen?

Hierbei sind innere scharfe Kante vorher zu entgraten.

Grundsätzlich ist durch eine ordnungsgemäße Vorarbeit sicherzustellen, dass keine Hindernisse den egeLiner beim Einziehen/Reversieren (Prozesssicherheit) und späteren Betriebszustand (Betriebssicherheit) gefährden.

Wir bitten um Stellungnahme.

i.A. Dipl. Ing. (FH) Jan Franke
Senior Product Manager International Business
Certified Sewer Rehabilitation Consultant

jan.franke@egeplast.de
Phone +49 2575 9710 251
Mobile +49 151 17453 288
Fax +49 2575 9710 33 251



egeplast international GmbH
Robert-Bosch-Str. 7
D-48268 Greven, Germany
www.egeplast.de/en

Future-proofed Pipe Systems

This is a message from egeplast international GmbH, Robert-Bosch-Straße 7, D-48268 Greven – Amtsgericht Steinfurt HRB 3319 - Managing directors: Dr. Ansgar Strumann, Dipl.-Ing. Christian Haferkamp, Dipl.-Ing. Torsten Ratzmann

This e-mail contains legally privileged and/or confidential information. This message is exclusively for the person addressed or their representative. If you are not the intended recipient please inform us. Any form of unauthorised copying, reproduction or disclosure of the content is not permitted. We refer to our regulations concerning the authority of any signatory published in bank or company signature lists with regard to legally binding effect of statements made with the intend to obligate us.

Anhang II-B

Schreiben der egeplast international GmbH (10.03.2021)



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
 z.Hd. Hrn Dipl.-Ing. (FH) Serdar Ulutaş, MBA
 Exterbruch 1
 D - 45886 Gelsenkirchen

Ihre Zeichen	Unsere Zeichen	Ihr Ansprechpartner	Datum
	PM / JF	Jan.franke@egeplast.de +49 2575 9710 251	10.03.2021

Konformitätserklärung egeLiner

Sehr geehrte Damen und Herren,

bezugnehmend auf den anstehenden IKT Warentest "Sanierungsverfahren von Abwasserdruckleitungen" möchten wir Ihnen hiermit bestätigen, dass die Unterschiede der verschiedenen Close-Fit egeLiner für Abwasser-, Gas- und Trinkwasserdruckanwendungen darin besteht, dass die Farbe der äußeren Streifen sowie die Signierung sich unterscheiden.
 Der Werkstoff und die Abmessungen bleiben unverändert.

Wir hoffen, Ihnen hiermit geholfen zu haben und stehen Ihnen bei weiteren Fragen gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen


 Dipl.-Ing. (FH) Jan Franke
 Senior Product Manager International Business
 Certified sewer rehabilitation consultant



egeplast international GmbH
 Postfach 3143
 48263 Greven, Germany
 Tel. +49 2575 9710-0
 Fax +49 2575 9710-110

Robert-Bosch-Straße 7
 48268 Greven, Germany
info@egeplast.de
www.egeplast.de

Amtsgericht Steinfurt HRB 3319
 VAT: DE815384115
 Steuernummer: 327/5779/7261

Anhang III:

E-Mail der NordiTube Technologies SE (24.01.2021)

Für das Produkt r.tec Close-Fit kann ich Ihnen leider kein Angebot für diese Teststrecke unterbreiten. Wie schon bei unserem Telefonat erwähnt, wurde mir bestätigt, dass die Bögen zu dicht bei einander liegen und grundsätzlich eine Dükerleitung nicht zu empfehlen ist. Leider ist die Materialdicke, die erst bei SDR17 für 10bar Anwendung erreicht ist, sehr nachteilig. Der Liner würde sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht vollends aufstellen und oval verbleiben. Es sind zwar Bögen mit 15° soweit möglich, jedoch nicht in diesem Fall. In der Praxis würden wir das nie anbieten. Es könnte nur mit erheblicher Querschnittsverengung (Installation eines DN150) funktionieren – das ist hier aber nicht Sinn der Sache.

Anhang IV:
E-Mail der RELINE APTEC GmbH (15.01.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutas

ich hatte leider nur den Ausführungstermin in Q1/2021 gesehen. Die Aussage mit dem Terminlichen nehme ich hiermit zurück.

Bezüglich der Ausführung:

Unser System ist derzeit nur für Bögen mit max. 5° ausgelegt, daher können wir die geforderte Leitung nicht in diesem Umfang sanieren.
Wenn es hier Änderungen des Versuchsaufbaus gibt, dann sind wir gerne bereit an dem Warentest teilzunehmen.

Viele Grüße
Andreas Bichler

Andreas Bichler

COO

RELINEEUROPE®

RELINEEUROPE GmbH
Große Ahlmühle 31
76865 Rohrbach
Tel. +49 6349 93934-275
Fax +49 6349 93934-101
Mobil +49 151 58260555
andreas.bichler@relineeurope.com

Sitz der Gesellschaft: Rohrbach
Amtsgericht Landau HRB 32911
Geschäftsführung: Andreas Bichler, Patrick Heimpold, Frank Mersmann

Anhang V:
E-Mail der Saertex multiCom GmbH (29.01.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutaş,

entschuldigen Sie bitte die späte Rückmeldung.

Wir produzieren unsere Druckliner aktuell ab DN 250. Um dennoch am Warentest DN 200 teilnehmen zu können, würden wir eine Sonderlösung anbieten bei der die UV-Schutzfolie vor Einzug vollständig entfernt oder zumindest im Scheitel geschlitzt würde.

Mit dem klaren Hinweis, dass unser System für gerade Strecken konzipiert ist und als solches vermarktet wird, würden wir zunächst den Versuch starten die Bögen zu sanieren. Falls es beim Einbau zu Schwierigkeiten käme, könnte man auf die gerade Strecke umschwenken.

Reicht es, wenn ich Ihnen das Angebotsformular nächste Woche zukommen lasse? Gibt es Neuigkeiten zum Prüfprogramm?

Freundliche Grüße

Timo Münstermann M.Sc.
Produktmanager

Anhang VI-A:

E-Mail der Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG (19.04.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutas,

hiermit bestätigen wir, dass wir das angeordnete Schadenbild „Doppelloch“ nicht sanieren werden. Da Sie Ihrerseits auf die Sanierung des Schadens bestehen, stimmen wir einer einvernehmlichen Rückgabe des Auftrages zu.

Begründung:

Das im Versuchsaufbau angeordnete Schadenbild „Doppelloch“ stellt eine erhebliche Beschädigung der Rohrleitung dar, die bei in Betrieb befindlichen Druckleitungen grundsätzlich nicht auftreten kann. Ein Loch dieser Größenordnung führt zum unmittelbaren Totalverlust der Betriebsfähigkeit und ist mit einem Rohrbruch vergleichbar. Eine Systemprüfung an einer in der Praxis nicht vorkommenden Schadstelle ist nicht sinnvoll.

Des Weiteren stellt die besondere Ausprägung des „Doppellochs“ mit den mittig angeordneten spitzen Ecken einen zusätzlichen Stresspunkt dar, dessen Langzeitauswirkung auf den eingesetzten Druckschlauchliner nicht abgesehen werden kann. In der Sanierungspraxis würde eine solche Beschädigung daher zwingend vorbehandelt werden, z.B. mittels Verpresstechnik, Kurzliner oder punktueller Aufgrabung.

Eine Sanierung des Schadenbildes „Doppelloch“ ohne die notwendigen Vorarbeiten entspricht nicht dem Stand der Technik und widerspricht dem praktischen Sachverstand. Wir lehnen sie daher zum Schutz von Produkt und Anwender mit Entschiedenheit ab.

Auch entspricht das Ansinnen, auf Grundlage eines realitätsfern und willkürlich konstruierten Szenarios die vermeintliche Robustheit eines Sanierungssystems testen zu wollen, weder den wissenschaftlichen Grundsätzen der Produktprüfung noch einem seriösen Ansatz für einen praxisorientierten Produkttest.

Mit freundlichen Grüßen

PIPE-AQUA-TEC
GmbH & Co. KG

Markus Brechwald

Uechtingstr. 74
45881 Gelsenkirchen

Telefon: +49 209 38655 -141
Telefax: +49 209 38655 -199

Kommanditges. Sitz Mannheim HRA 706233
Pers.haft. Ges.: Pipe-Aqua-Tec Verwaltungs GmbH, Sitz Mannheim, AG Mannheim HRB 722121
Geschäftsführer: Markus Brechwald, Tobias Volckmann

Anhang VI-B:

E-Mail der IKT gGmbH im Auftrag des Lenkungskreises (26.06.2021)

Sehr geehrter Herr Brechwald,
die Lenkungskreismitglieder haben in der letzten Sitzung beschlossen, dass für das Sanierungslos „Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co. KG“ die Sanierung der Abwasserdruckleitung ohne das Schadensbild „Doppelloch“ durchgeführt werden kann. Anstatt dem Rohrstück mit dem Schadensbild „Doppelloch“ wird ein Rohrstück ohne Schadensbild eingebaut. Alles Weitere an der Versuchstrecke und den Schadensbildern bleibt wie vorher kommuniziert.
Darüber hinaus sende ich Ihnen in der Anlage Informationen zum Prüfprogramm mit dem Schwerpunkt „Betriebsbelastungen“ zu.

Die Sanierungsarbeiten können voraussichtlich ab Oktober 2021 durchgeführt werden.

Wann darf ich Sie kontaktieren, um die Details zu besprechen?

Mit freundlichen Grüßen
Serdar Ulutaş

P.S.: Das neue IKT-Weiterbildungsprogramm für 2021 ist da! Schauen Sie doch mal rein: [IKT-Weiterbildung 2021](#)

Dipl.-Ing. (FH) Serdar Ulutaş, MBA
- Leiter IKT-Warentest -

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
D - 45886 Gelsenkirchen

Tel: +49 209 17806-32
Fax: +49 209 17806-88

E-Mail: ulutas@ikt.de
Homepage: www.ikt.de

Facebook: www.facebook.com/iktonline

Sitz der Gesellschaft: Gelsenkirchen
Amtsgericht Gelsenkirchen HRB 1884
Geschäftsführer: Dipl.-Ök. Roland W. Waniek
Vorsitzender des Aufsichtsrates: Ltd. Baudirektor Hans-Joachim Bihs

Anhang VI-C:

E-Mail der Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co.KG (26.07.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutas,

nach sorgfältiger Prüfung unserer Kapazitäten haben wir leider kein verfügbares Zeitfenster zur Durchführung der Sanierungsarbeiten frei. Die Winterpause nutzen wir für Tests zur Optimierung unserer Produkte, so dass wir vor Ende Februar keine Einbauten vornehmen könnten. Sollte dieser Zeitraum für Sie noch eine Option sein, stehen wir für weitere Gespräche gerne zu Ihrer Verfügung. Ansonsten bedauern wir an Ihrem Warentest diesmal nicht teilnehmen zu können.

Mit freundlichen Grüßen

PIPE-AQUA-TEC
GmbH & Co. KG

Markus Brechwald

Uechtingstr. 74
45881 Gelsenkirchen

Telefon: +49 209 38655 -141
Telefax: +49 209 38655 -199

Kommanditges. Sitz Mannheim HRA 706233
Pers.haft. Ges.: Pipe-Aqua-Tec Verwaltungs GmbH, Sitz Mannheim, AG Mannheim HRB 722121
Geschäftsführer: Markus Brechwald, Tobias Volckmann

Anhang VII:

E-Mail von REHAU AG + Co. (17.12.2021)

Sehr geehrter Herr Ulutas,

am 15.07. hatte ich die Möglichkeit, mich in Ihrem Hause zu den geplanten Tests und der Versuchstrecke zu informieren.

Leider sind die Platzverhältnisse in der Halle sehr beengt, so dass wir keine Möglichkeit sehen, mit dem Baustellenequipment wie beispielsweise dem 6m langen Dampfcontainer, dem Trommelwagen, einer Rohrsanierungswinde zum Einziehen der Rohre und Kompressor die Verlegung der Rohre anforderungsgerecht durchzuführen. Wir müssen Ihnen leider daher unsere Teilnahme an dem Warentest absagen und wünschen dem IKT sowie den teilnehmenden Firmen viel Erfolg bei den Ausführungen.

Vielen Dank & beste Grüße

i.A. Frank Krause
WATER AND TELECOMMUNICATIONS
PROJECTS PRESSURE PIPES AND RENOVATION SYSTEMS



9 Literatur

- [1] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Juli 2017.
- [2] DIN EN ISO 11295: Klassifizierung und Informationen zur Planung und Anwendung von Kunststoff-Rohrleitungssystemen für die Renovierung und Erneuerung, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Juni 2018.
- [3] Bosseler, B.; Liebscher, M.: Bericht zum Forschungsvorhaben „Erneuerung mit dem Berstverfahren - Bemessung, Prüfung und Qualitätssicherung von Abwasserrohren“, IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, November 2003.