

IKT-Warentest „Schachtsanierung“

Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten

- Auszug aus dem Forschungsbericht -



Auszug aus dem Forschungsbericht

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des IKT-Warentests dar, der im Rahmen des Forschungsprojektes „*Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten – IKT-Warentest Schachtsanierung*“ (Aktenzeichen: 54.04.02.03/914000/03.13) umgesetzt wurde.

Fördermittelgeber:



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

Projektantragsteller/Auftraggeber:



Wirtschaftsbetrieb Hagen – WBH (AöR)
Eilper Straße 132-136
58091 Hagen

Auftragnehmer:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung:	Prof. Dr.-Ing. habil. B. Bosseler
IKT-Warentest-Leitung/-Bearbeitung:	Dipl.-Ing. (FH) S. Ulutaş, MBA Dipl.-Ing. M. Gillar Dipl.-Ing. M. Liebscher Sebastian Busch, B.Sc. Mirko Salomon, B.Sc. Julia Timmer, B.Sc.

Danksagung:

Wir danken den kommunalen Netzbetreibern für die finanzielle Unterstützung sowie deren Vertretern für die fachliche Begleitung dieses Projektes im Lenkungskreis der Netzbetreiber:

Abwasserbetrieb der Stadt Willich	Hr. Reiche
Abwasserbetrieb Troisdorf	Fr. Kolvenbach
Abwasserwerk der Stadt Emsdetten	Hr. Erndt
Gemeente Arnhem	Hr. Laurentzen, Hr. Stuivenberg
Kemptener Kommunalunternehmen	Hr. Lakeberg
Stadt Euskirchen	Hr. Conrad
Stadt Iserlohn	Hr. Kunze
Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen	Hr. Palz
Stadtentwässerung Backnang	Hr. Dohmann
Stadtentwässerung Kiel	Hr. Bätzner
Stadtentwässerungsbetriebe Köln	Hr. Korczak, Hr. Spiwoks
Städtische Betriebe Minden	Hr. Höppner
Stadtwerke Bad Oeynhausen	Hr. Schwarze
Stadtwerke Essen	Hr. Leufgen, Hr. Strozyk, Hr. Statetzni
Technische Werke Burscheid	Hr. Grauvogel, Hr. Hildebrand
Wirtschaftsbetrieb Hagen	Hr. Bihs, Hr. Greive, Hr. Kapust, Fr. Rabe, Hr. Kaiser
Zweckverband Wasser Abwasser Vogtland	Hr. Donath

Darüber hinaus gilt unser Dank weiteren Netzbetreibern für den Informationsaustausch und die Leistungen in Partnerprojekten, die durch das geförderte Vorhaben nicht abgedeckt waren:

Gemeente Almere (NL)	Hr. Bloedjes, Hr. Hof, Hr. Kuijpers
(Untersuchungen an korrodierten Abwasserschächten)	
Göttinger Entsorgungsbetriebe	Fr. Schenk
(Auftriebsmessungen an einem Kunststoffschacht)	
Tiefbauamt Stadt Bochum	Hr. Breitbarth, Hr. Großklags
(Schachtinspektionen mittels Spezialkamera)	
VLARIO (B)	Fr. Francken
(Schachtsanierung in Belgien)	

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Raupach und Herrn Dipl.-Ing. R. Schulte Holthausen, Institut für Bauforschung Aachen, RWTH Aachen, danken wir für die umfangreichen Untersuchungen zum Alterungsverhalten der eingesetzten Materialien.

Inhaltsverzeichnis

1	HINTERGRUND.....	1
2	KONZEPT DES IKT-WARENTESTS.....	1
3	BETEILIGTE NETZBETREIBER	2
4	SANIERUNGSAUFGABE UND PRÜFPROGRAMM.....	4
5	VERGABE DER SANIERUNGSLOSE	7
5.1	METHODIK.....	7
5.2	MARKTRECHERCH UND PRIORISIERUNG	8
5.3	VERGABE.....	9
6	BEWERTUNGSSCHEMA.....	10
6.1	ÜBERBLICK.....	10
6.2	SYSTEMPRÜFUNGEN	12
6.3	QUALITÄTSSICHERUNG DER ANBIETER.....	22
6.4	BAUSTELLENUNTERSUCHUNGEN	24
7	TESTERGEBNISSE SCHACHTSANIERUNGEN	25
7.1	TESTTABELLE IKT-WARENTEST „SCHACHTSANIERUNG“	25
7.2	SYSTEMPRÜFUNGEN	28
7.2.1	<i>Fremdwasser-Dichtheit.....</i>	<i>29</i>
7.2.2	<i>Tragwirkung.....</i>	<i>33</i>
7.2.3	<i>Robustheit</i>	<i>38</i>
7.2.4	<i>Abnahme-Eindruck</i>	<i>41</i>
7.2.5	<i>Schutzwirkung</i>	<i>44</i>
7.3	QUALITÄTSSICHERUNG DER ANBIETER.....	48
8	WARENTEST-PRÜFZEUGNISSE.....	50
8.1	HOBAS ROHRE GMBH MIT GfK – INNENSCHACHT	51
8.2	PCI AUGSBURG GMBH MIT NANOCRET R4	52
8.3	SCHACHT + TRUMME SIELREGULIERUNGEN W.SCHWARZ GMBH MIT PE-HD – SEGMENTAUSKLEIDUNG	53
8.4	SIKA DEUTSCHLAND GMBH MIT KANAL-REPROFILIERMÖRTEL	54
8.5	AARSLEFF ROHRSANIERUNG GMBH MIT GfK – RÜCKVERANKERT	55
8.6	PSL HANDELS GMBH MIT OLDODUR WS 56.....	56
8.7	HERMES TECHNOLOGIE GMBH & Co. KG MIT ERGELIT KS 1.....	57
8.8	SOURCE ONE ENVIRONMENTAL UK (S1E) MIT ULTRACOAT.....	58
8.9	REMMERS BAUSTOFFTECHNIK GMBH MIT BETOFIX R4 SR.....	59
8.10	SEKISUI SPR GERMANY GMBH MIT GfK – ADHÄSIV	60
8.11	REMMERS BAUSTOFFTECHNIK GMBH MIT SILICATE R.....	61
8.12	MC BAUCHEMIE MÜLLER GMBH & Co. KG MIT OMBRAN MHP.....	62
9	FAZIT.....	63
10	ANHANG	65
11	LITERATUR	68

1 Hintergrund

Der vorliegende IKT-Warentest „Schachtsanierung“ wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens [1] erstellt. Der umfassende Forschungsbericht stellt detailliert dar:

- Problemstellung, Zielstellung und Gesamtkonzept
- Vergleichende Untersuchungen von Verfahren zur Untergrundvorbereitung
- Vergleichende Untersuchungen von Materialien zur Abdichtung mit schnell abbindenden Mörtelsystemen
- Vergleichende Untersuchungen von Schachtauskleidungen und -beschichtungen sowie Kunststoffschächten
- Kontrolle der Leistungsfähigkeit von Sanierungs- und Neubausystemen durch In-situ-Prüfungen
- Untersuchungen zu Mittragwirkung und Alterung

Der vorliegende Auszug aus dem Forschungsbericht fasst die für den Warentest wesentlichen Hintergründe/ Ergebnisse zusammen.

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 Anbieter 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 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 Anbieter 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).

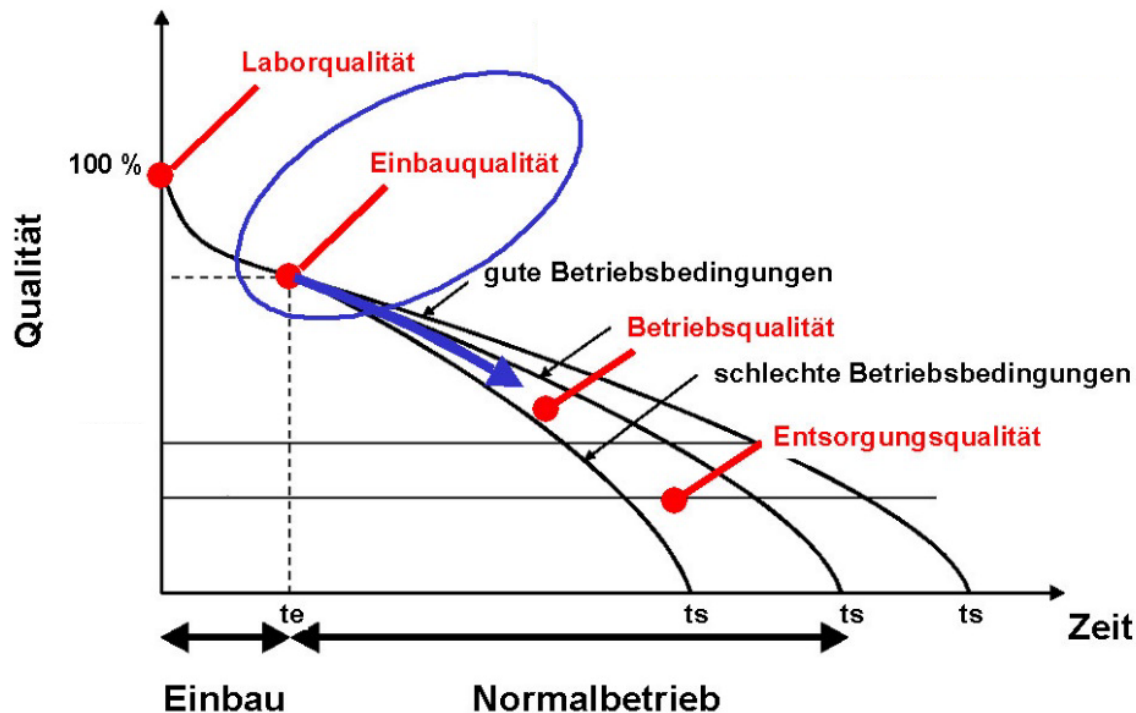


Bild 1 Untersuchungsschwerpunkt (blau) der IKT-Warentests

In diesem IKT-Warentest werden Schachtsanierungen insbesondere mit Blick auf ihre Leistungsfähigkeit in Gebieten mit hohen Grundwasserständen vergleichend untersucht. Die beteiligten Netzbetreiber (vgl. Kap. 3), die Sanierungsaufgabe und das Prüfprogramm (vgl. Kap. 4), die Vergabe der Sanierungslose (vgl. Kap. 5), das Bewertungsschema (vgl. Kap. 6), die Testergebnisse (vgl. Kap. 7), die Warentest-Prüfzeugnisse (vgl. Kap. 8) und das Fazit (vgl. Kap. 9) werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

3 Beteiligte Netzbetreiber

Ein vergleichender IKT-Warentest wird stets durch eine Gruppe von Netzbetreibern begleitet, dem sogenannten Lenkungskreis (vgl. Kapitel 0). Dieser Lenkungskreis entscheidet in regelmäßigen Sitzungen über

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

An dem Warentest „Schachtsanierung“ waren folgende Netzbetreiber beteiligt:

- Abwasserbetrieb der Stadt Willich
- Abwasserbetrieb Troisdorf
- Abwasserwerk der Stadt Emsdetten
- Gemeinde Arnhem
- Kemptener Kommunalunternehmen
- Stadt Euskirchen
- Stadt Iserlohn
- Stadtbetrieb Abwasserbeseitigung Lünen
- Stadtentwässerung Backnang
- Stadtentwässerung Kiel
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln
- Städtische Betriebe Minden
- Stadtwerke Bad Oeynhausen
- Stadtwerke Essen
- Technische Werke Burscheid
- Wirtschaftsbetrieb Hagen
- Zweckverband Wasser Abwasser Vogtland

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.



Bild 2 *Projektbegleitung durch den Lenkungskreis in regelmäßigen Sitzungen (links) und Inspektion der Gewerke im Versuchsstand (rechts).*

4 Sanierungsaufgabe und Prüfprogramm

In Großversuchsstand des IKT wurden insgesamt 13 Schächte aus Betonfertigteilen der Nennweite DN 1000 eingebaut sowie zwei quadratische Beton-Fertigteil-Schächte mit Innenabmessungen von 0,8 Metern. An einem weiteren Schacht aus PE-HD sind Untersuchungen zum Auftriebsverhalten bei Grundwassereinwirkung durchgeführt worden. Ausschließlich die 13 Schächte aus Betonfertigteilen sind relevant für den IKT-Warentest „Schachtsanierung“.

Bild 3 zeigt die Anordnung der Schächte im Großversuchsstand als Grundriss in einer Übersichtsskizze.

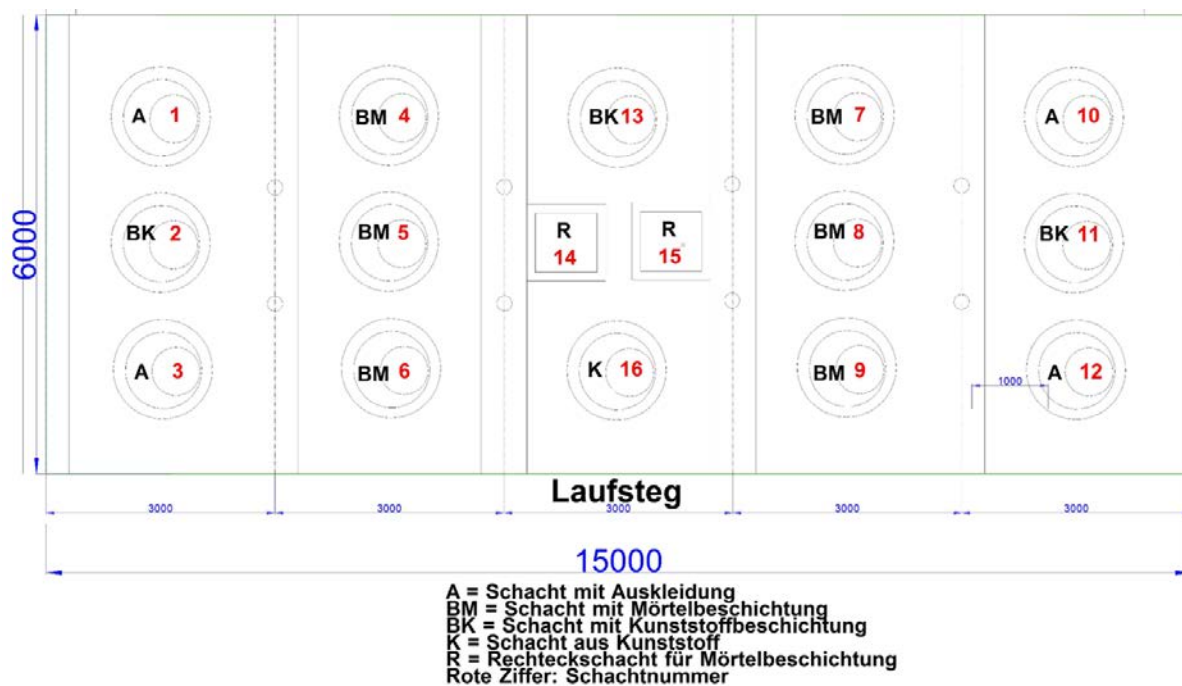


Bild 3 Anordnung der Schächte im Großversuchsstand in der Draufsicht mit Angabe des Sanierungssystems (Kurzname)

Die beteiligten Netzbetreiber legten folgende Schadensbilder fest (vgl. Bild 4 A-D):

- **8x „Einzelschaden“:** Punktuelle Schadstelle als Bohrloch mit 10 mm Durchmesser.
- **4x „Flächiger Schaden“:** 9 Bohrlöcher mit 5 mm Durchmesser auf einer Fläche von 20 cm x 20 cm mit Simulation von punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung (Trennmittel).
- **5x „Undichte Ringfuge“:** Ringfuge mit jeweils 4 Bohrlöchern von 6 mm Durchmesser.



A: Einzelschaden



B: Undichte Ringfuge



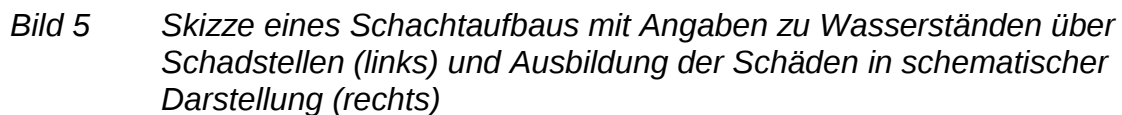
C: 3x Flächiger Schaden mit kleiner Trenn-
mittelfläche (10 x 10 cm)



D: 1x Flächiger Schaden mit großer Trenn-
mittelfläche (20 x 20 cm)

Bild 4: Schadensbilder im IKT-Warentest „Schachtsanierung“

Bild 5 zeigt eine Skizze eines Schachtaufbaus mit Angaben zu Wasserständen über Schadstellen und Ausbildung der Schäden in schematischer Darstellung.



- Kurzzeit-Grundwasser-Belastung schrittweise bis ca. 5 m (s. Bild 5),
Haltedauer: 17,5 Tage (je Belastungsstufe 3,5 Tage)
- Langzeit-Grundwasser-Belastung, konstant bei ca. 5 m (s. Bild 5),
Haltedauer: 67 Tage

Zusätzlich wurde unmittelbar nach der Sanierung eine Füllstandsmessung gemäß DIN EN 1610 durchgeführt. Nach Abschluss der Grundwasser-Belastungen wurden Haftzugfestigkeiten bestimmt, die MAC-Steifigkeit gemessen und die undichten Stellen an der Steigtechnik dokumentiert. Darüber hinaus wurden Nachweise zur Trag- und Schutzwirkung sowie vielfältige Aspekte der Qualitätssicherung hinterfragt.

©2016 All rights reserved by IKT aGmbH

5 Vergabe der Sanierungslose

5.1 Methodik

Das Vorgehen zur Vergabe der Sanierungslose wurde eng mit dem Lenkungskreis der Netzbetreiber abgestimmt. Im Zentrum des Auswahlverfahrens standen dabei die für die Netzbetreiber relevanten Charakteristika einer Sanierung, die sich insbesondere durch folgende Qualitätsfaktoren beschreiben lassen:

- 1. System**
(eingesetztes Material-/Produkt-System),
- 2. Mannschaft**
(Sanierungsfirma/ Systemanbieter),
- 3. Methode**
(Beschichtung, Auskleidung und Innenschachtsysteme) und
- 4. Maschine**
(Applikationstechnik: händisch/ maschinell).

Im Rahmen der ersten Testreihe eines vergleichenden Produkt- und Verfahrenstests ist die Anzahl der durchführbaren Sanierungen zunächst beschränkt. Im vorliegenden Fall konnten insgesamt 13 Sanierungslose vergeben werden. In Abstimmung mit dem Lenkungskreis wurden die Systeme mit Prioritäten für die Vergabe der Sanierungslose belegt. Dabei wurde ein mehrstufiges Verfahren gewählt.

In der Stufe 1 des Verfahrens (vgl. Tabelle 1) wird angestrebt, die Vorgaben und Interessen der Netztreiber unmittelbar durch die Vergabe der Sanierungslose umzusetzen. Mit Blick auf das Kriterium „System“ soll eine möglichst große Vielfalt der am Markt verfügbaren Systeme im Test untersucht werden. Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, kann der Systemanbieter eine Sanierungsfirma („Mannschaft“) empfehlen (auch sich selbst), die Bandbreite der „Methoden“ wird vollständig abgedeckt und im Falle der Beschichtungen die am Markt vorwiegend vertretene Applikationstechnik (händische Aufbringung) eingesetzt.

Ist eine vollständige Vergabe der Sanierungslose in dieser Stufe noch nicht möglich, wird das Verfahren schrittweise geöffnet, bis alle Lose vergeben sind. In Stufe 2 wird der Einsatz der von den Lenungskreismitgliedern priorisierten Systeme ausgeschrieben (Stufe 2) und so die Sanierungsfirma bestimmt. Auch hier ist eine große Bandbreite der eingesetzten Systeme angestrebt. In der Stufe 3 werden die Sanierungsarbeiten ebenfalls ausgeschrieben, die Systemvorgaben aber weiter gelockert. In der Stufe 4 werden neben händischer Applikationstechnik auch maschinelle Verfahren für die kreisrunden Schächte zugelassen. In Stufe 5 werden auch die Vorgaben zur Wahl der Methodik, d.h. Verteilung der Lose auf Beschichtung, Auskleidung und Innenschachtsysteme, weiter geöffnet.

Die Tabelle 1 fasst das Auswahlverfahren zur Vergabe der Sanierungslose zusammen.

Tabelle 1 Auswahlkriterien zur Vergabe der Sanierungslose

Qualitätsfaktoren		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5
System	Material-/ Produkt-System	 System und Anbieter	 System und Anbieter			
Mannschaft	Systemanbieter/ Sanierungsfirma	 Anbieter benennt Sanierer	 Ausschreibung der Sanierungsleistung	 Ausschreibung der Sanierungsleistung	 Ausschreibung der Sanierungsleistung	 Ausschreibung der Sanierungsleistung
Methode	Renovierungsverfahren (Beschichtung/ Auskleidung/ Innenschachtsysteme)	 	 	 	 	
Maschine	Applikationstechnik (Händisch/ Maschinell)	 Händisch	 Händisch	 Händisch		

 Ohne Vorgabe
  Mit Vorgabe

5.2 Marktrecherche und Priorisierung

Für die Vergabe der Sanierungslose gemäß der Stufe 1 (vgl. Tabelle 1) wurden insgesamt 37 Mörtelbeschichtungs-, 14 Kunststoffbeschichtungs- und 11 Auskleidungsanbieter recherchiert, die Systeme für die Sanierung von Abwasserschächten auf dem Markt anbieten. Die Liste der recherchierten Anbieter wurde den Teilnehmern des Lenkungskreises vorgestellt. Es wurde seitens der Lenkungskeismitglieder grundsätzlich festgelegt, dass sechs Mörtelbeschichtungen, drei Kunststoffbeschichtungen und vier Auskleidungen getestet werden. Mittels eines gewichteten Votings wurde anschließend durch die Netzbetreiber folgende Rangliste der zu untersuchenden Sanierungssysteme festgelegt.

Auswahl der Mörtelbeschichtungen

Für die Auswahl der Mörtelbeschichtungen wurde von den Lenkungskeismitgliedern beschlossen, dass bei der Systemauswahl unterschiedliche Anbieter berücksichtigt werden sollen, allerdings kann ein einzelner Anbieter auch in mehreren Materialgruppen wie Zementmörtel und Silikatmörtel einbezogen werden. Zudem sollen die Mörtelsysteme händisch an die Schachtwandung appliziert werden. Die folgende Auswahl (vgl. Tabelle 2) an Mörtelbeschichtungen wurde seitens der Lenkungskeismitglieder priorisiert.

Tabelle 2 Auswahl der Mörtelbeschichtungen

Anbieter	Systeme
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	Ombran MHP
Hermes Technologie GmbH & Co. KG	Ergelit KS 1
Sika Deutschland GmbH	Kanal-Reprofiliermörtel
Remmers Baustofftechnik GmbH	Betofix R4 SR
Remmers Baustofftechnik GmbH	Silicate R
PCI Augsburg GmbH	Nanocret R4

Auswahl der Kunststoffbeschichtungen

Für die Auswahl der Kunststoffbeschichtungen wurde von den Lenkungskreismitgliedern beschlossen, dass bei der Systemauswahl ausschließlich Anbieter berücksichtigt werden sollen, deren Systeme direkt an die Schachtwandung (ohne Reprofilierung) appliziert werden können. Die folgende Auswahl (vgl. Tabelle 3) an Kunststoffbeschichtungen wurde seitens der Lenkungskreismitglieder priorisiert.

Tabelle 3 Auswahl der Kunststoffbeschichtungen

Anbieter	Systeme
PSL Handels GmbH	Oldodur WS 56
FSB Bautechnik GmbH	Spectrashield
Source One Environmental UK (S1E)	Ultracoat

Auswahl der Auskleidungen

Die folgende Auswahl (vgl. Tabelle 4) an Auskleidungen wurde seitens der Lenkungskreismitglieder priorisiert.

Tabelle 4 Auswahl der Auskleidungen

Anbieter	Systeme
Aarsleff Rohrsanierung GmbH	GfK – Rückverankert
SEKISUI SPR Germany GmbH	GfK – Adhäsiv
Hobas Rohre GmbH	GfK – Innenschacht
Schacht + Trumme Sielregulierungen W. Schwarz GmbH	PE-HD – Segmentauskleidung

5.3 Vergabe

Alle o.a. Anbieter wurden in das IKT eingeladen, um die Sanierungsaufgabe vorzustellen. Anschließend wurden sie gebeten, Angebote für die anstehende Sanierungsaufgabe einzureichen. Sofern ein Anbieter die Sanierungen nicht selber durchführen kann oder möchte, wurde er gebeten, eine Sanierungsfirma zu empfehlen, die mit der Durchführung der Schachtsanierung beauftragt werden kann.

Die Systemanbieter zu „Ombran MHP“ (vgl. Anhang I) und „Ergelit KS 1“ (vgl. Anhang II) wollten zunächst aufgrund von Bedenken keine Angebote für die Sanierungsdurchführung abgeben bzw. keine Firmen benennen. Daher wurde seitens des Lenkungskreises zunächst beschlossen, mit der Stufe 2 der Vergabe der Sanierungslose fortzufahren (vgl. Tabelle 1). Demzufolge wurde die Sanierungsaufgabe für die Systeme „Ombran MHP“ und „Ergelit KS 1“ ausgeschrieben. Während dieser Stufe 2 teilten allerdings beide Systemanbieter doch noch mit, dass sie für die Sanierungsdurchführung Firmen benennen werden. Entsprechend konnten im Rahmen des IKT-Warentests „Schachtsanierung“ auf Basis der Stufe 1 alle Sanierungslose vergeben werden.

6 Bewertungsschema

6.1 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 „Schachtsanierung“ wurden Anbieter mit den von ihnen eingesetzten Materialien bzw. Systemen einem mehrteiligen Test unterzogen:

- „Systemprüfungen“,
- „Qualitätssicherung der Anbieter“ und
- „Baustellenuntersuchungen“ zur Plausibilitätsprüfung.

Die Bewertungsnote gründet sich auf Ergebnissen der drei Bewertungsschwerpunkte, den „Systemprüfungen“, der „Qualitätssicherung der Anbieter“ und den „Baustellenuntersuchungen“. Die Ergebnisse aus den „Baustellenuntersuchungen“ fließen allerdings ausschließlich in das Kriterium „Besonderen Auffälligkeiten“ im Zuge der „Qualitätssicherung der Anbieter“ ein. Als Zusatzinformationen werden die „Undichtheiten an Steigtechnik“, „Füllstandsmessung nach Sanierung“ und „Mittragwirkung – MAC-Prüfungen“ dargestellt.

Tabelle 5 zeigt das durch die Netzbetreiber festgelegte Bewertungsschema mit den Bewertungsschwerpunkten inkl. Wichtung.

Tabelle 5 Bewertungsschema (Überblick) mit Wichtung

Bewertungsschema (Überblick)	
Systemprüfungen (85 %)	Qualitätssicherung der Anbieter (15 %)
Fremdwasser-Dichtheit (40 %)	Verfahrensbeschreibung: Verfahrenshandbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)
Tragwirkung (20 %)	Schulungen: Schulung des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Herstellers (10 %)
Robustheit (20 %)	Prüfzeugnisse (20 %)
Abnahme-Eindruck (15 %)	Fremdüberwachung des Sanierers (20 %)
Schutzwirkung (5 %)	Besondere Auffälligkeiten – Systemprüfungen, Baustellenuntersuchungen (20 %)
Zusatzinformationen (ohne Benotung) ▪ Undichtheiten an Steigtechnik ▪ Füllstandsmessung nach Sanierung ▪ Mittragwirkung – MAC-Steifigkeit	

Das detaillierte Bewertungsschema mit den Benotungen der Materialien bzw. Systeme hinsichtlich der „Systemprüfungen“ und der „Qualitätssicherung der Anbieter“ ist in den nachfolgenden Abschnitten 6.2 und 6.3. dargestellt. In Abschnitt 6.4 werden die Baustellenuntersuchungen beschrieben.

6.2 Systemprüfungen

Der Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ geht mit 85 % in das jeweilige Prüfurteil ein und wird mit Noten zwischen „sehr gut (1,0)“ und „ungenügend (6,0)“ bewertet. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die Kriterien Fremdwasser-Dichtheit (40 %), Tragwirkung (20 %), Robustheit (20 %), Abnahme-Eindruck (15 %) und Schutzwirkung (5 %) (vgl. Tabelle 6) ein.

Tabelle 6 Bewertungsschema Systemprüfungen

Prüfkriterium und Gewichtung	Bewertung
Fremdwasser-Dichtheit (40 %) ▪ Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %) ▪ Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %)	Von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
Tragwirkung (20 %)	
Robustheit (20 %)	
Abnahme-Eindruck (15 %)	
Schutzwirkung (5 %)	

Die „**Fremdwasser-Dichtheit**“ wird anhand der Ergebnisse der Kurz- und Langzeit-Grundwasserbelastung 5 m bewertet, die mit 20 % bzw. 80 % gewichtet werden. Für die Benotung der Kurz- und Langzeit-Grundwasserbelastung werden in Abhängigkeit des Abdichtungs-Erfolges je Schadensbild Kritikpunkte jeweils für den schlechtesten Zustand während des gesamten Belastungszeitraums vergeben. Bei dem Schadensbild „undichte Ringfuge“ wird die gesamte Fläche zusammenfassend mit Blick auf die Auffälligkeiten und den schlechtesten Zustand bewertet. Die Summe der Kritikpunkte ergibt jeweils für den „Einzelschaden“ und die „undichte Ringfuge“ eine Note, die mit 30 % bzw. 70 % in die Bewertung des jeweiligen Belastungszeitraums eingeht.

Für die Grundwasserbelastungen werden entsprechend dem Bewertungsschema in Tabelle 7 für jedes Schadensbild jeweils 0 Kritikpunkte vergeben, wenn keine Auffälligkeit (Farbbezeichnung: „Grün“) vorliegt. Für eine erkennbare Auffälligkeit „Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ “ (Farbbezeichnung: „Gelb-Grün“), „Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$ “ (Farbbezeichnung: „Gelb“) und „Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ “ (Farbbezeichnung: „Gelb-Rot“) werden 0,25, 1,0 bzw. 2,0 Bewertungspunkte vergeben. „Infiltrationen“ (Farbbezeichnung: „Rot“) werden mit 4,0 Punkten bewertet.

Der „Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ “ ist eine typische Größe für ein Schadensbild, welches in der Versuchsreihe identifiziert wurde. Beim „Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$ “ werden die übrigen Auffälligkeiten ohne Fließfahne beschrieben. Der „Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ “ umfasst eine Fließfahne mit erkennbarem Abfluss $\geq 40 \text{ cm}$. Die Fließfahne von $\geq 40 \text{ cm}$ ergibt sich aus dem maximalen Abflussweg des untersten Schadens bis zur Schachtsohle. Die „Infiltration“ ist ein Schadensbild, in dem ein kontinuierlicher Fremdwasser-Eintritt, mindestens ein dauerhaftes Tropfen, erkennbar ist.

Das Kriterium wird 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. Für dazwischenliegende Werte wird entsprechend interpoliert.

In Tabelle 7 ist das Bewertungsschema mit den Kritikpunkten und auf Bild 6 die abschnittsweise lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Fremdwasser-Dichtheit“ dargestellt.

Tabelle 7 Bewertungsschema für das Kriterium „Fremdwasser-Dichtheit“, GW-Belastung von 5 m

Bewertung „Fremdwasser-Dichtheit“ mit Kritikpunkte jeweils für „Einzelschaden“ (30 %) und „undichte Ringfuge“ (70 %) Keine – 0 / Grün Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ – 0,25 / Gelb-Grün Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$ – 1,0 / Gelb Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ – 2,0 / Gelb-Rot Infiltration – 4,0 / Rot	Benotung
0	1,0
1	2,0
2	3,0
3	4,0
4	5,0
≥ 5	6,0

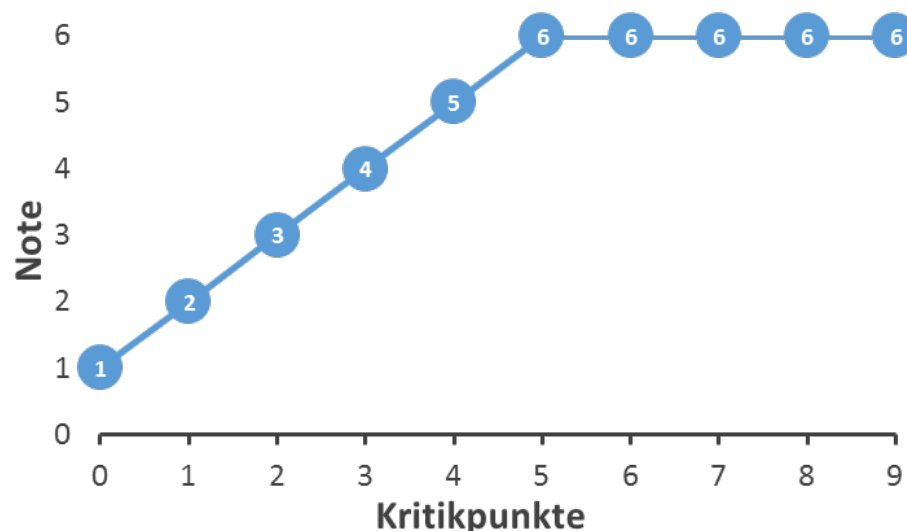


Bild 6 Abschnittsweise lineare Funktion zur Bewertung für das Kriterium „Fremdwasser-Dichtheit“, GW-Belastung von 5 m

Das Kriterium „**Tragwirkung**“ wird für den Lastfall von 5 m Außenwasserdruck bewertet. Dabei werden die eingesetzten Systeme mit Blick auf die Wirkungsweise wie folgt unterschieden:

- Fall 1: **Haftverbund** zum Untergrund
- Fall 2: Rückverankerung mit speziellen **Tragelementen bzw. Selbsttragende** Auskleidung

Für **Fall 1 „Haftverbund“** werden als Kritikpunkte „Mangelhafter Verbund“ (Mittelwert Haftzugfestigkeit und Hohllagen), „Übermäßige Verformungen“ und „Zugspannungsüberschreitungen“ gemäß Tabelle 8 gesammelt und nach dem Bewertungsschema in Tabelle 9 benotet. Falls Hohllagen vorhanden sind, werden diese flächengewichtet als „Nullwerte“ in die Mittelwertberechnung der Haftzugprüfungen einbezogen.

Tabelle 8 Fall 1 „Haftverbund“ – Kritikpunkte für das Kriterium „Tragwirkung“

Kritikpunkte „Mangelhafter Verbund“	
<u>Mittelwert HZP*:</u> $< 0,5 \text{ N/mm}^2 - 1$ $\leq 0,3 \text{ N/mm}^2 - 5$ *Die Hohllagen gehen flächengewichtet als Nullwerte in die Berechnung ein.	
<u>Hohllagen:</u> $\geq 400 \text{ cm}^2 - 1$ $\geq 1600 \text{ cm}^2 - 2$	
Kritikpunkte „Übermäßige Verformung“	
keine – 0 $\leq 100 \text{ cm}^2 - 1$ $> 100 \text{ cm}^2 - 2$	
Kritikpunkte „Zugspannungsüberschreitung“	
Risse $> 0,1 \text{ mm} - 1$ Haarrisse $\leq 0,1 \text{ mm}$ (flächig $> 400 \text{ cm}^2$) – 1	

Die Grenzwerte der Haftzugprüfung des Kritikpunktes „**Mangelhafter Verbund**“ ergeben sich aus den Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeiten für Mauerwerk aus dem DWA Merkblatt 143-17 [2]. Da es sich lediglich um die Eigentragwirkung der Sanierungssysteme handelt, werden hier die kleinstmöglichen Haftzugwerte aus der Literatur bzw. den Regelwerken als Grenzwerte für die Bewertung unabhängig vom Mittel- bzw. Einzelwert gewählt. Die Grenzwerte der Hohllagen sind typische Flächen, die in abgeschlossenen IKT-Forschungsvorhaben und IKT-Prüfleistungen identifiziert wurden.

Bei dem Kritikpunkt „**Übermäßige Verformung**“ wird die Blasengröße bewertet. Der Grenzwert von 100 cm^2 entspricht dem kleineren „Flächigen Schaden“ (vgl. Bild 4), der eine Fläche von $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ aufweist.

Im Kritikpunkt „**Zugspannungsüberschreitung**“ werden die Risse in den Sanierungssystemen bewertet. Hierbei werden Risse, die $> 0,1 \text{ mm}$ stark sind, mit einem Kritikpunkt versehen. Zudem gehen Haarrisse $\leq 0,1 \text{ mm}$ in die Bewertung ein, wenn

diese eine Fläche $> 400 \text{ cm}^2$ aufweisen. Für Risse (z.B. Schwindrisse), die $\leq 0,1 \text{ mm}$ und $\leq 400 \text{ cm}^2$ sind, werden keine Kritikpunkte vergeben.

Ein System wird mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn keine Kritikpunkte vorhanden sind (0 Kritikpunkte). Ab vier Kritikpunkten wird die Note 5,0 (mangelhaft) vergeben. Bei Systemversagen erhält das System die Note 6,0 (ungenügend). Unter Systemversagen wird verstanden, wenn sofortiger Handlungsbedarf zur Sanierung besteht, z. B. weil ein sicherer Einstieg in den Schacht nicht mehr möglich ist und/oder die hydraulischen Eigenschaften des Schachtes stark beeinträchtigt sind.

In der nachfolgenden Tabelle 9 ist das Bewertungsschema für Fall 1 im Kriterium „Tragwirkung“ dargestellt.

Tabelle 9 Fall 1 „Haftverbund“ – Bewertungsschema „Tragwirkung“

Fall 1: Bewertung „Tragwirkung“	Benotung
0 Kritikpunkte	1,0
1 Kritikpunkt	2,0
2 Kritikpunkte	3,0
3 Kritikpunkte	4,0
≥ 4 Kritikpunkte	5,0
Systemversagen*	6,0

*ausgehend von Bereichen ohne Trennmittel, zu Trennmittelbereichen s. „Robustheit“

Bei **Fall 2 „Tragelemente/ Selbsttragend“** handelt es sich entweder um eine Rückverankerung mit speziellen Tragelementen oder um selbsttragende Auskleidungen. Entsprechend wird hier auf einen flächigen Haftverbund zum Untergrund planmäßig verzichtet. Eine im Versuch beobachtete Eigentragwirkung gilt dann als Systemverhalten, wenn sie durch einen entsprechenden statischen Nachweis belegt werden kann.

Die Kritikpunkte beziehen sich dann auf Mängel in folgenden Leistungsdimensionen:

- Belastung – Statischer Nachweis spiegelt Versuchsbedingungen wider: Belastungen werden mit angemessenen Sicherheitsbeiwert aufgenommen
- Gebrauchstauglichkeit (z.B. Verformungen vernachlässigbar, sicherer Einstieg möglich)
- Materialeigenschaften/ Wandaufbau – wie statischer Nachweis
- Geometrie – Wanddicke und Ringspalt wie statischer Nachweis

Bei den Kritikpunkten wird zum einen der statische Nachweis hinsichtlich seiner Plausibilität (Sanierungsbedingungen der Systemprüfungen) überprüft und zum anderen eine visuelle Bewertung der Sanierung mit Blick auf o. g. Auffälligkeiten vorgenommen.

Ein System wird mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn ein statischer Nachweis vorgelegt wird und 0 Kritikpunkte vorliegen. Falls kein statischer Nachweis für ein sicheres Systemverhalten vorgelegt werden kann oder 4 Kritikpunkte vorhanden sind, erhält das System die Note „mangelhaft (5,0)“. Bei Systemversagen ausgehend von Bereichen ohne Trennmittel (vgl. „Robustheit“) wird die Note „ungenügend (6,0)“ vergeben.

In der nachfolgenden Tabelle 10 ist das Bewertungsschema für Fall 2 für das Kriterium „Tragwirkung“ dargestellt.

Tabelle 10 Fall 2 „Tragelemente/ Selbsttragend“ – Bewertungsschema „Tragwirkung“

Fall 2: Bewertung „Tragwirkung“	Benotung
Statischer Nachweis vorhanden und 0 Kritikpunkte	1,0
Statischer Nachweis vorhanden und 1 Kritikpunkt	2,0
Statischer Nachweis vorhanden und 2 Kritikpunkte	3,0
Statischer Nachweis vorhanden und 3 Kritikpunkte	4,0
Kein statischer Nachweis vorhanden oder 4 Kritikpunkte	5,0
Systemversagen*	6,0

*ausgehend von Bereichen ohne Trennmittel, zu Trennmittelbereichen s. „Robustheit“

Das Kriterium „**Robustheit**“ bezieht sich ausschließlich auf das Schadensbild „Flächiger Schaden“. Hierbei wird ein Trennmittel unmittelbar vor der Sanierung auf die hierfür vorgesehenen Flächen aufgetragen, um Hinweise zur „Robustheit“ des Sanierungssystems gegenüber unplanmäßigen Verbundschwächen zu erfassen, wie sie in der Praxis bei fehlender Untergrundvorbehandlung auftreten können.

Für die Bewertung mit Blick auf das Kriterium „Robustheit“ werden die verschiedenen Sanierungssysteme in Abhängigkeit ihres Tragverhaltens unterschieden:

- Fall 1: Haftverbund zum Untergrund,
- Fall 2: Rückverankerung mit speziellen Tragelementen und
- Fall 3: Rohr-in-Rohr-System.

In der nachfolgende Tabelle 11 sind die unterschiedlichen Kritikpunkte für das Kriterium „Robustheit“ dargestellt.

Tabelle 11 Kritikpunkte für das Kriterium „Robustheit“

Kritikpunkte „Mangelhafter Verbund im Umfeld“*
<u>Hohllagenvergrößerung/ Lösen der Verankerung:</u> keine – 0 Vergrößerung/ Lösen > 100 % – 1 Vergrößerung/ Lösen > 400 % – 4
Kritikpunkte „Übermäßige Verformung“
keine – 0 ≤ 100 % – 1 > 100 % – 2
Kritikpunkte „Zugspannungsüberschreitung“
Risse > 0,1 mm – 1 Haarrisse ≤ 0,1 mm (flächig > 400 cm ²) – 1
Kritikpunkte „Infiltration“
keine – 0 / Grün Feuchtfleck ≤ 25 cm ² – 0,25 / Gelb-Grün Feuchtfleck > 25 cm ² – 1,0 / Gelb Feuchtfleck mit Fließfahne ≥ 40 cm – 2,0 / Gelb-Rot Infiltration – 4,0 / Rot

* Nicht relevant für Fall 3

Der Kritikpunkt „**Mangelhafter Verbund im Umfeld**“ beschreibt die Hohllagenvergrößerung bzw. das Lösen der Verankerung im Umfeld des Schadensbildes „Flächiger Schaden“ für den Fall 1 bzw. 2. So werden bei einer Hohlstellenvergrößerung bzw. Lösen der Verankerung > 100 % ein Kritikpunkt und > 400 % zwei Kritikpunkte vergeben. Für Fall 3 ist dieser Kritikpunkt nicht relevant, da diese Systeme unempfindlich gegenüber einer fehlenden bzw. unzureichenden Untergrundvorbereitung sind. Entsprechend erhalten die Anbieter, die dem Fall 3 zugeordnet werden können, keine Kritikpunkte hinsichtlich „Mangelhafter Verbund im Umfeld“.

Bei dem Kritikpunkt „**Übermäßige Verformung**“ wird die Blasenbildung bei Fall 1 bzw. Beulenbildung bei den Fällen 2 und 3 betrachtet. Eine „Übermäßige Verformung“ ≤ 100 % wird mit einem Kritikpunkt und eine „Übermäßige Verformung“ > 100 % mit zwei Kritikpunkten bewertet.

Die Kritikpunkte „**Zugspannungsüberschreitung**“ bzw. „**Infiltration**“ entsprechen den Ausführungen aus den Kriterien „Tragwirkung“ bzw. „Fremdwasser-Dichtheit“.

Ein Anbieter wird mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn das sanierte Schadensbild „Flächiger Schaden mit Trennmittel“ keine Auffälligkeit aufweist (0 Kritikpunkte). Ab fünf Kritikpunkten wird die Note 6,0 (ungenügend) vergeben. Dazwischenliegende Werte werden entsprechend Bewertungsschema (vgl. Tabelle 12) linear interpoliert.

In Tabelle 12 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Robustheit“ dargestellt.

Tabelle 12 Bewertungsschema „Robustheit“

Bewertung „Robustheit“	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

Mit dem Kriterium **„Abnahme-Eindruck“** wird der Eindruck des Gewerkes bei der Bauabnahme bewertet. Die Beurteilung wird von den am IKT-Warentest beteiligten Netzbetreibern durch einen Schachteinstieg (Bewertungskreis, d. h. eine Gruppe von Netzbetreibern aus dem Lenkungs-kreis) und anhand von Videodokumentationen mittels IBAK Panorama SI-Kamera (Lenkungs-kreis) mit Notenvergabe vorgenommen (vgl. Bild 7).



Bild 7 Aufnahme des Eindrucks bei der Bauabnahme durch den Bewertungskreis (links) und Diskussion und Dokumentation des Abnahme-Eindrucks (rechts)

Bei der Bewertung wird zwischen dem Zustand nach Sanierung ohne Grundwasserbelastung, Kurzzeit-Grundwasserbelastung 5 m und Langzeit-Grundwasserbelastung 5 m unterschieden, wobei die Bewertungen zu 10 % (nach Sanierung), 30 % (nach Kurzzeit-GW-Belastung) und 60 % (nach Langzeit-GW-Belastung) gewichtet werden. Durch den Bewertungskreis wird die Optik (40 %), die Akustik (40 %), die Haptik (15 %) und der Geruch (5 %) während des Schachteinstiegs bewertet (vgl. Tabelle 13). Sofern eine Grundwasserbelastung vorliegt, findet zudem eine Beurteilung hinsichtlich der Dichtheit des Abwasserschachtes statt. Im Gegensatz dazu wird durch den Lenkungs-kreis mittels Videodokumentation lediglich der optische Zustand bewertet. Wie

beim Bewertungskreis erfolgt hierbei eine Bewertung der Dichtheit, sofern eine Grundwasserbelastung vorliegt.

Bei dem Kritikpunkt „Optik“ (40 %) wird zum einen die Oberflächenbeschaffenheit (Risse, Löcher, Lunker, Materialanbindungen, vollständiger Materialauftrag, Materialübergänge sowie Struktur und Rauigkeit) zu 80 % und zum anderen der farbliche Eindruck (Farbunterschiede/ Kontrast) zu 20 % bestimmt. Der Kritikpunkt „Akustik“ (40 %) umfasst die Identifikation von Hohlstellen mittels Hammerschlag. Bei dem Kritikpunkt „Haptik“ (15 %) wird das Absanden (Mörtel) bzw. Kleben (Kunststoff) mit 70 % und die Oberflächenfestigkeit (Ritzprobe) mit 30 % gewichtet. Zudem wird bei der Bewertung des Kritikpunktes „Geruch“ (5 %) eine eventuelle Geruchsbelästigung beurteilt. Darüber hinaus erfolgt bei dem Kritikpunkt „Dichtheit“ die Überprüfung des Wassereindrangs bei anstehendem Außenwasserdruck.

Für jeden sanierten Abwasserschacht werden Noten zwischen 1,0 (sehr gut) bis 6,0 (ungenügend) vergeben, wobei die Notenvergabe mittels Nachkommastelle zulässig ist. Die Bewertungsergebnisse der beteiligten Netzbetreiber werden arithmetisch zu einem Gesamtergebnis gemittelt.

In der nachfolgenden Tabelle 13 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Abnahme-Eindruck“ dargestellt.

Tabelle 13 Bewertungsschema für das Kriterium „Abnahme-Eindruck“

Nach Sanierung ohne AWD (10 %)	
Bewertungskreis (85 %)	Lenkungskreis (15 %)
Optik (40 %) Akustik (40 %) Haptik (15 %) Geruch (5 %)	Optik (100 %)
Kurzzeit mit AWD 5 m (30 %)	
Bewertungskreis (85 %)	Lenkungskreis (15 %)
Dichtheit (45 %) Optik (20 %) Akustik (20 %) Haptik (10 %) Geruch (5 %)	Dichtheit (70 %) Optik (30 %)
Langzeit mit AWD 5 m (60 %)	
Bewertungskreis (85 %)	Lenkungskreis (15 %)
Dichtheit (45 %) Optik (20 %) Akustik (20 %) Haptik (10 %) Geruch (5 %)	Dichtheit (70 %) Optik (30 %)

Bei dem Kriterium „**Schutzwirkung**“ werden Nachweise für den Einsatz der Materialien bzw. Systeme in Abwasseranlagen mit dem zulässigen pH-Wert-Bereich von den Anbietern angefordert. Der Nachweis ist erbracht, wenn eine DIBt-Zulassung oder erfolgreich abgeschlossene Prüfungen, die in Analogie zur DIBt-Zulassungsprüfung durchgeführt worden sind, vorliegen. Ergänzend werden Einlagerungsversuche für Mörtel und Kunststoff gegenüber aggressiven bzw. besonders aggressiven Bedingungen durchgeführt, um auch die Schutzwirkung der hier eingesetzten Materialien stichprobenhaft zu überprüfen. Sofern keine Auffälligkeiten vorliegen, führt dies zu einer Aufwertung um eine Note.

In der nachfolgenden Tabelle 14 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Schutzwirkung“ dargestellt.

Tabelle 14 Bewertungsschema für das Kriterium „Schutzwirkung“

Bewertung „Schutzwirkung“		
Nr.	Erbrachter Nachweis für Einsatzbereich	Benotung
A	Kein erbrachter Nachweis	6,0
B	Nachweis ggü. aggressiven Bedingungen (ca. im Bereich von pH 3,5)	3,0
C	Nachweis ggü. besonders aggressiven Bedingungen (ca. im Bereich von pH 2)	2,0
D	Stichprobe / Einlagerungsversuch bestanden	Aufwertung um eine Note

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Prüfungen werden ergänzende Untersuchungen durchgeführt, die nicht benotet, aber als Zusatzinformation in die Gesamtbewertung einbezogen werden (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15 Zusatzinformationen aus Systemprüfung (ohne Benotung)

Zusatzinformation aus Systemprüfungen (ohne Benotung)
Fremdwasser-Dichtheit: ▪ Undichtheiten an Steigeisen ▪ Füllstandsmessung nach Sanierung
Tragwirkung: ▪ Mittragwirkung – MAC-Steifigkeit

Mit Blick auf die Bewertung der „**Fremdwasser-Dichtheit**“ wird an jedem renovierten Abwasserschacht eine Füllstandsprüfung (max. Wassersäule 5 m) gemäß DIN EN 1610 [3] durchgeführt. Diese erfolgt nach Sanierung über eine Prüfzeit von jeweils 30 Minuten mit einer zulässigen Wasserzugabemenge von 0,4 l/m². Grundsätzlich gelten für die Bewertung der einzelnen Schächte folgende zwei Kriterien:

- „Bestanden“ → zulässige Wasserzugabemenge eingehalten (Farbbezeichnung: „Grün“)
- „Nicht bestanden“ → zulässige Wasserzugabemenge überschritten (Farbbezeichnung: „Rot“)

Die Steigeisen werden mit Blick auf den Wassereindrang beurteilt. Hierbei wird folgende Bewertung vorgenommen:

- Keine Infiltration (Farbbezeichnung: „Grün“)
- Sichtbare Infiltration (Farbbezeichnung: „Rot“)

Bei dem Kriterium „**Tragwirkung**“ werden Hinweise zur Mittragwirkung der Systeme gegeben. Hierbei wird zunächst eine MAC-Prüfung zur Ermittlung der Ausgangssteifigkeit durchgeführt. Anschließend werden die Belastung bis zum Bruch der Beton-Schachtringe gesteigert und die Gesamtsteifigkeiten der geschädigten Systeme ermittelt. Abschließend werden nach der Sanierung der Schachtbauwerke die Gesamtsteifigkeiten der sanierten Systeme gemessen.

Für die Bewertung der einzelnen Schachtsanierungen gelten folgende drei Kriterien:

- (+) Erhebliche Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von > 150 % der Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes
- (o) Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von 100 % - 150 % der Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes
- (-) Geringe Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von < 100 % der Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes bzw. kein Beitrag zur Gesamtsteifigkeit

6.3 Qualitätssicherung der Anbieter

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

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

- **Verfahrensbeschreibung: Verfahrenshandbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %):**

Eine Grundvoraussetzung für die Anwendung eines Sanierungssystems auf einer Baustelle ist eine aussagekräftige Verfahrensbeschreibung und das Vorhandensein von technischen Merkblättern für das ausführende Personal. Das Verfahrenshandbuch und die technischen Merkblätter sollten nachvollziehbar strukturiert und übersichtlich aufgebaut sein, ausführliche Informationen zu den Einsatzbereichen des Verfahrens enthalten sowie die Handhabung des Materials und den Einbauprozess detailliert beschreiben. Bei Verwendung von gesundheitsgefährdendem Material bzw. Verletzungsgefahr beim Einbau sollten entsprechende Sicherheits- und Warnhinweise enthalten sein.

- **Schulungen: Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Anbieters (10 %):**

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. 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 Materialien sollte durch unabhängige, praxisnahe Prüfungen nachgewiesen worden sein. Da die bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) i.d.R. mit Bezug auf die bei der Zulassungsprüfung eingesetzten Materialien vergeben wird, stellt diese eine Beurteilung der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Sanierungssystems hinsichtlich bauaufsichtlicher Anforderungen dar. Die DIBt-Zulassung kann somit auch qualitätssichernd im vorgenannten Sinne wirken. Darüber hinaus sind Hinweise zur Umweltverträglichkeit, Entsorgbarkeit und Prüfungen zu Materialeigenschaften von Bedeutung.

- **Fremdüberwachung (20 %):**

Die häufig in Ausschreibungen geforderte Fremdüberwachung von Sanierungsmaßnahmen kann der Qualitätssicherung dienen. Daher sollten die eingesetzten Sanierungssysteme nachweislich am Markt auch mit einer qualifizierten Fremdüberwachung (z.B. Güteschutz Kanalbau oder vergleichbar) angeboten werden.

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

- Tätigkeitsdurchführung nach Verfahrenshandbuch,
- Berücksichtigung der technischen Merkblätter der Materialhersteller (Mischen, Verfallsdatum des Materials, etc.),
- Qualität der Arbeitsvorbereitung seitens der Sanierungsfirma bzgl. geräte-technischer Ausstattung,
- Zuverlässigkeit des Dienstleisters bzgl. Umsetzung des Auftrags und Einhaltung von Terminen,
- Zeitbedarf für die Auftragsabarbeitung,
- Materialverbrauch bei der Sanierung,
- Auftreten von technischen Problemen bei der Sanierung und ggf. Schadensbehebung,
- Dokumentation der Sanierungsarbeiten und Weitergabe an Auftraggeber,
- Arbeitsweise bzgl. Ordnung und Sauberkeit bei Labor- und In-situ-Untersuchungen und
- Einhaltung der üblichen Maßnahmen zur Arbeitssicherheit bei Labor- und In-situ-Untersuchungen.

Der Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ 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. „+/-“ (nachgewiesen/teilweise nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bewertet und fließen mit 20 % in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ ein. Für die Kriterien „Verfahrenshandbuch“ und „Schulungen“ werden die jeweils zwei Unterkriterien mit 10 % gewichtet. Entsprechend werden dazwischen liegende Kritikpunkte gemäß Bewertungsschema linear interpoliert. In Tabelle 16 ist das Bewertungsschema und auf Bild 8 die lineare Funktion für das Kriterium „Qualitätssicherung der Anbieter“ dargestellt.

Tabelle 16 Bewertungsschema für das Kriterium „Qualitätssicherung der Anbieter“

Kriterium	Bewertung	Gewichtung
Verfahrenshandbuch: Verfahrenshandbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)	+ / - + / -	20 %
Schulungen: Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Anbieters (10 %)	+ / - + / -	20 %
Prüfzeugnisse	+ / o / -	20 %
Fremdüberwachung	+ / -	20 %
Besondere Auffälligkeiten	+ / -	20 %

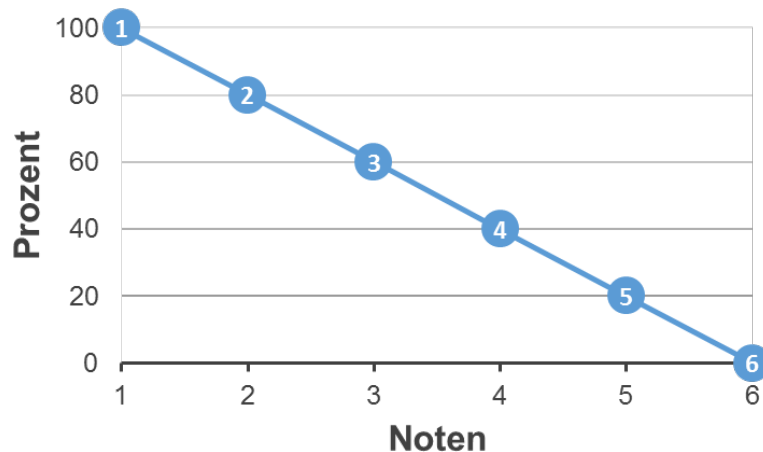


Bild 8 Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Qualitätssicherung der Anbieter“

6.4 Baustellenuntersuchungen

Die Baustellenuntersuchungen dienen der Erfassung der grundsätzlichen Handhabbarkeit der Sanierungsverfahren unter Praxisbedingungen. Entsprechend wurde durch die Baustellenuntersuchungen die Plausibilität der Einsätze in den IKT-Versuchsständen überprüft. Hierzu wurden die wesentlichen Arbeitsschritte vor Ort beobachtet. Insbesondere wurden Art und Umfang der Vorarbeiten aufgenommen und Abweichungen zu den Angaben in den Verfahrenshandbüchern bzw. zu den Arbeiten in den IKT-Versuchsständen erfasst. Darüber hinaus werden die Baustellenuntersuchungen in der Bewertung der „Qualitätssicherung der Anbieter“ beim Kriterium „Keine besonderen Auffälligkeiten“ herangezogen. Eine detaillierte Darstellung der Baustellenuntersuchungen findet sich in [1].

7 Testergebnisse Schachtsanierungen

In diesem Abschnitt wird das Ergebnis des Vergleichstests „Schachtsanierung“ dargestellt. Die Prüfurteile werden aus den Bewertungsschwerpunkten „Systemprüfungen“ (85 %) und „Qualitätssicherung der Anbieter“ (15 %) gebildet.

7.1 Testtabelle IKT-Warentest „Schachtsanierung“

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der „Systemprüfungen“ und „Qualitätssicherung der Anbieter“ und die gebildeten Prüfurteile zusammen. Sie enthält darüber hinaus Zusatzinformationen zu den weiterführenden Prüfungen bei Füllstandsmessung nach Sanierung und Mittragwirkung – MAC-Steifigkeit. Zudem wurden die undichte Stellen an Steigtechnik, das statische System, die Ausführungsart und der Zeitbedarf für die Untergrundvorbereitung und Sanierung, die Summe der Arbeitszeit, die Einsatztage vor Ort und die Netto-Kosten für die Schachtsanierung angegeben.

Das Gesamtergebnis des IKT-Warentests „Schachtsanierung“ bestätigt, dass es grundsätzlich möglich ist, ein qualitativ ansprechendes Sanierungsergebnis zu erzielen. Allerdings zeigte der Test auch, dass die Qualität zwischen den einzelnen Anbietern Unterschiede aufweist. Es wurden Noten von „GUT“ bis „AUSREICHEND“ vergeben. Ein System konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Das beste Ergebnis hat das System „GfK-Innenschacht“ mit der Note GUT (1,6) erzielt. Gefolgt von den Systemen „Nanocret R4“ mit der Note GUT (1,7), „PE-HD-Segmentauskleidung“ mit der Note GUT (2,1), „Kanal-Reprofilierungsmörtel“ mit der Note GUT (2,1) und „GfK-Rückverankert“ mit der Note GUT (2,2). Die Systeme „Oldodur WS 56“, „Ergelit KS 1“, „Ultracoat“, „Betofix R4 SR“, „GfK-Adhäsiv“ und „Silicate R“ erhalten die Note BEFRIEDIGEND (2,6, 2,7, 2,8, 2,9, 3,5 bzw. 3,5). Ein ausreichendes Ergebnis (Note 3,6) erzielte das System „Ombran MHP“. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen (vgl. Kriterium „Robustheit“) nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Das in der Tabelle dargestellte IKT-Warentest-Siegel „Schachtsanierung“ kann auf Wunsch des Anbieters mit der eigenen Testnote an diesen verliehen werden.

IKT - Warentest „Schachtsanierung“



Aufgabe: Sanierung eines ca. 5 m hohen Betonschachtes vor Grundwasseranstieg (GW-Belastung nach Sanierung bis 5 m) mit folgenden Schadstellen:

- 8x „Einzelschaden“: Punktuelle Schadstelle als Bohrloch mit 10 mm Durchmesser.
- 4x „Flächiger Schaden“: 9 Bohrlöcher mit 5 mm Durchmesser auf einer Fläche von 20 cm x 20 cm mit Simulation von punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung.
- 5x „Undichte Ringfuge“: Ringfuge mit jeweils 4 Bohrlöchern von 6 mm Durchmesser.



Anbieter	Hobas Rohre GmbH	PCI Augsburg GmbH	Schacht + Trumme Sielregulierungen W. Schwarz GmbH	Sika Deutschland GmbH	Aarsleff Rohrsanierung GmbH	PSL Handels GmbH	Hermes Technologie GmbH & Co. KG
System	GfK – Innenschacht	Nanocret R4	PE-HD – Segmentauskleidung	Kanal- Reprofiliermörtel	GfK – Rückverankert	Oldodur WS 56	Ergelit KS 1
eingebaut durch	Aarsleff Rohrsanierung GmbH ⁵	Aarsleff Rohrsanierung GmbH ⁶	Schacht + Trumme Sielregulierungen W. Schwarz GmbH	Peter Presch- Kunststoffverarbeitung GmbH	Aarsleff Rohrsanierung GmbH	Schulz Bau GmbH	DiTom Kanaltechnik GmbH
IKT - Prüfurteil*	GUT (1,6)	GUT (1,7)	GUT (2,1)	GUT (2,1)	GUT (2,2)	BEFRIEDIGEND (2,6)	BEFRIEDIGEND (2,7)
Systemprüfungen (85 %)	sehr gut (1,2)	sehr gut (1,3)	gut (2,0)	sehr gut (1,5)	gut (2,1)	gut (2,3)	gut (2,5)
Fremdwasser-Dichtheit (40 %)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
• Kurzzeit-GW-Belastung, 17,5 d, schrittweise bis 5 m (20 %)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
• Langzeit-GW-Belastung, 67 d, konstant bei 5 m (20 %)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
Tragwirkung (20 %)	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0
Robustheit¹ (20 %) ggü. punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung	1,0	1,3	1,0	2,0	1,0	6,0	2,0
Abnahme-Eindruck² (15 %)	1,2	1,4	1,1	1,9	1,7	1,8	3,3
Schutzwirkung³ (5 %)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0
Qualitätssicherung⁴ (15 %)	befriedigend (3,5)	ausreichend (4,0)	gut (2,5)	mangelhaft (5,5)	befriedigend (3,0)	ausreichend (4,5)	ausreichend (4,0)
Verfahrensbeschreibung (20 %): Verfahrens- handbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)	+	+	+	-	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+
Schulungen (20 %): Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Herstellers (10 %)	-	-	+	-	+	+	-
	-	-	-	-	-	-	-
Prüfzeugnisse (20 %)	0	-	-	-	0	-	+
Fremdüberwachung (20 %)	+	+	+	-	+	-	-
Besondere Auffälligkeiten (20 %)	in situ: Anmischen des Vergussmörtels mit Abwasser ⁵ (-)	in situ: Mörtelmischung nach Augenmaß ⁶ (-)	keine Auffälligkeiten (+)	in situ: kein Angebot (-)	in situ: Sanierung abgelehnt (-)	in situ: Reprofilierungsmörtel mit Heißluftgebläse und Föhn getrocknet (-)	Systemprüfungen und in situ: Mörtelmischung nach Augenmaß (-)
Zusatzinformationen (nicht in Note eingeflossen):							
Statisches System	Selbsttragend	Haftverbund	Selbsttragend	Haftverbund	Tragelemente	Haftverbund	Haftverbund
MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %) ⁸	nach Sanierung > 150 %	nach Sanierung > 150 %	nach Sanierung > 150 %	nach Sanierung > 150 %	nach Sani. kein Beitrag zur Steifigkeit	nach Sanierung 100 - 150 %	nach Sanierung > 150 %
Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung	0 von 10 Leiter-Verbindungen	0 von 18 Steigeisen	0 von 32 Steigbügel-Einbindestellen	2 von 18 Steigeisen	17 von 18 Steigeisen	0 von 18 Steigeisen	1 von 18 Steigeisen
Untergrundvorbereitung: Ausführung und Zeitbedarf (ca.)	keine Untergrundvorbereitung	händisches HD-Strahlen mit 400 bar, 1 Std.	keine Untergrundvorbereitung	händisches Feststoffstrahlen mit 8 bar, 1 Std.	keine Untergrundvorbereitung	händisches HD-Strahlen mit 310 bar, 1 Std.	maschinelles HD-Strahlen mit Granulat mit 385 bar, 1 Std.
Sanierung: Ausführung und Zeitbedarf (ca.)	händisch, segmentweise, 6 Std.	handgeführte Kelle, 5 Std.	händisch, segmentweise, 9 Std.	handgeführte Kelle, 8 Std.	Händisch, 15 Std.	handgeführte Sprühpistole, 1 Std.	handgeführte Kelle, 3 Std.
Summe Arbeitszeit (ca.) / Tage vor Ort	12 Std. / 2 Tage	10 Std. / 2 Tage	15 Std. / 3 Tage	14 Std. / 2 Tage	27 Std. / 2 Tage	5 Std. / 2 Tage	12 Std. / 2 Tage
Füllstandsprüfung nach Sanierung	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden
Kosten ohne MwSt.	8.950 EUR	2.870 EUR	6.250 EUR	5.270 EUR	6.410 EUR	7.350 EUR	2.820 EUR

* Notenberechnung auf Basis ungerundeter Werte

** Systemversagen⁷ ab dem 8. Tag Kurzzeit-Grundwasser-Belastung: Es bildeten sich zwei riesige Blasen, die einen Schachteinstieg verhinderten. Inspektion, Prüfung und Bewertung abgebrochen.

1 Robustheit gegenüber punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung: Simulation einer unzureichenden Vorbehandlung, wie sie in der Praxis vorkommen kann.

2 Eindruck bei Bauabnahme: Schachteinstieg und Video-Bewertung durch Mitglieder des Lenkungskreises.

3 Schutzwirkung gegenüber aggressiven Umgebungsbedingungen: Gilt dann als nachgewiesen, wenn Dokumente vorgelegt werden, wie z.B. DIBt-Zulassung. Notenvergabe nach pH-Klasse und ggf. bestandener Stichprobenuntersuchung.

4 Bewertung: „+“=nachgewiesen; „-“= nicht nachgewiesen; „o“=teilweise nachgewiesen.

5 Die In-situ-Maßnahme wurde durch die Fa. Sanierungstechnik Dommel GmbH durchgeführt, da die Fa. Aarsleff Rohrsanierung GmbH die Sanierungsdurchführung ablehnte.

6 Die In-situ-Maßnahme wurde durch die Fa. Schulz Bau GmbH durchgeführt, da die Fa. Aarsleff Rohrsanierung GmbH die Sanierungsdurchführung ablehnte.

7 Unter Systemversagen wird verstanden, dass sofortiger Sanierungsbedarf besteht, z. B. weil sicherer Einstieg in den Schacht nicht mehr möglich ist und/ oder die hydraulischen Eigenschaften des Schachtes stark beeinträchtigt sind.

8 Hinweise zur Mittragwirkung der Systeme: Hierbei wird nach der Sanierung die Zunahme der Gesamtsteifigkeit im Vergleich zur Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes mittels MAC-System (<http://www.ikt.de/pruefstelle/standsicherheit-von-grossprofilen>) gemessen.

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr Gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0

IKT - Warentest „Schachtsanierung“



Aufgabe: Sanierung eines ca. 5 m hohen Betonschachtes vor Grundwasseranstieg (GW-Belastung nach Sanierung bis 5 m) mit folgenden Schadstellen:

- 8x „Einzelschaden“: Punktuelle Schadstelle als Bohrloch mit 10 mm Durchmesser.
- 4x „Flächiger Schaden“: 9 Bohrlöcher mit 5 mm Durchmesser auf einer Fläche von 20 cm x 20 cm mit Simulation von punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung.
- 5x „Undichte Ringfuge“: Ringfuge mit jeweils 4 Bohrlöchern von 6 mm Durchmesser.



Anbieter	Source One Environmental UK (S1E)	Remmers Baustofftechnik GmbH	SEKISUI SPR Germany GmbH	Remmers Baustofftechnik GmbH	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG	FSB Bautechnik GmbH
System	Ultracoat	Betofix R4 SR	GfK – Adhäsiv	Silicate R	Ombran MHP	Spectrashield
eingebaut durch	Source One Environmental UK (S1E)	SMG Bautenschutztechnik für Hoch- und Tiefbau GmbH	KMG Pipe Technologies GmbH	SMG Bautenschutztechnik für Hoch- und Tiefbau GmbH	Heikaus KS Kanalsanierungen GmbH	BSG Beschichtungs GmbH
IKT - Prüfurteil*	BEFRIEDIGEND (2,8)	BEFRIEDIGEND (2,9)	BEFRIEDIGEND (3,5)	BEFRIEDIGEND (3,5)	AUSREICHEND (3,6)	NICHT BEWERTBAR** wegen Systemversagen
Systemprüfungen (85 %)	gut (2,5)	befriedigend (2,8)	befriedigend (3,0)	befriedigend (3,6)	ausreichend (4,0)	Nicht bewertbar
Fremdwasser-Dichtheit (40 %)	3,8	1,8	4,5	4,5	3,1	Nicht bewertbar
• Kurzzeit-GW-Belastung, 17,5 d, schrittweise bis 5 m (20 %)	3,8	1,7	4,5	4,5	2,6	Nicht bewertbar
• Langzeit-GW-Belastung, 67 d, konstant bei 5 m (20 %)	3,8	1,9	4,5	4,5	3,3	Nicht bewertbar
Tragwirkung (20 %)	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
Robustheit ¹ (20 %) ggü. punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung	1,0	6,0	1,0	6,0	6,0	6,0 ⁷
Abnahme-Eindruck ² (15 %)	2,2	2,5	3,7	2,6	3,2	Nicht bewertbar
Schutzwirkung ³ (5 %)	5,0	5,0	5,0	1,0	2,0	1,0
Qualitätssicherung ⁴ (15 %)	ausreichend (4,5)	befriedigend (3,5)	ungenügend (6,0)	befriedigend (3,0)	sehr gut (1,0)	gut (2,5)
Verfahrensbeschreibung (20 %): Verfahrens- handbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)	- +	- +	- -	- +	+ +	+ +
Schulungen (20 %): Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Herstellers (10 %)	- -	- -	- -	+ -	+ +	+ -
Prüfzeugnisse (20 %)	+	-	-	-	+	+
Fremdüberwachung (20 %)	-	+	-	+	+	-
Besondere Auffälligkeiten (20 %)	in situ: Reprofilierungsmörtel mit Heißluftgebläse getrocknet (-)	keine Auffälligkeiten (+)	Qualitätssicherung: keine Reaktion auf An- und Rückfragen (-)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)
Zusatzinformationen (nicht Teil der Benotung):						
Statisches System	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund
MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %) ⁸	nach Sanierung 100 - 150 %	nach Sanierung > 150 %	nach Sanierung 100 - 150 %	nach Sanierung > 150 %	nach Sanierung > 150 %	nach Sanierung 100 - 150 %
Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung	1 von 18 Steigeisen	3 von 18 Steigeisen	2 von 18 Steigeisen	0 von 18 Steigeisen	1 von 18 Steigeisen	nicht bewertbar
Untergrundvorbereitung: Ausführung und Zeitbedarf (ca.)	händisches HD-Strahlen mit 250 bar, 1 Std.	händisches HD-Strahlen mit Granulat (Druck nicht bekannt), 1 Std.	keine Untergrundvorbereitung	maschinelles HD-Strahlen mit Granulat (Druck nicht bekannt), 2 Std.	maschinelles HD-Strahlen mit Granulat mit 500 bar, 1 Std	händisches HD-Strahlen mit 500 bar, 1 Std.
Sanierung: Ausführung und Zeitbedarf (ca.)	handgeführte Sprühpistole, 1 Std.	handgeführte Kelle, 2 Std.	händisch (mattenweise), 15 Std.	handgeführte Kelle, 2 Std.	handgeführte Kelle, 4 Std.	handgeführte Sprühpistole, 2 Std.
Summe Arbeitszeit (ca.) / Tage vor Ort	10 Std. / 3 Tage	7 Std. / 2 Tage	20 Std. / 2 Tage	7 Std. / 2 Tage	10 Std. / 2 Tage	9 Std. / 1 Tag
Füllstandsprüfung nach Sanierung	bestanden	bestanden	nicht bestanden	nicht bestanden	bestanden	bestanden
Kosten ohne MwSt.	5.040 EUR	1.940 EUR	3.770 EUR	2.240 EUR	5.500 EUR	3.870 EUR

* Notenberechnung auf Basis ungerundeter Werte
** Systemversagen⁷ ab dem 8. Tag Kurzzeit-Grundwasser-Belastung: Es bildeten sich zwei riesige Blasen, die einen Schachteinstieg verhinderten. Inspektion, Prüfung und Bewertung abgebrochen.

1 Robustheit gegenüber punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung: Simulation einer unzureichenden Vorbehandlung, wie sie in der Praxis vorkommen kann.
2 Eindruck bei Bauabnahme: Schachteinstieg und Video-Bewertung durch Mitglieder des Lenkungskeises.
3 Schutzwirkung gegenüber aggressiven Umgebungsbedingungen: Gilt dann als nachgewiesen, wenn Dokumente vorgelegt werden, wie z.B. DIBt-Zulassung. Notenvergabe nach pH-Klasse und ggf. bestandener Stichprobenuntersuchung.
4 Bewertung: „+“=nachgewiesen; „-“= nicht nachgewiesen; „o“=teilweise nachgewiesen.
5 Die In-situ-Maßnahme wurde durch die Fa. Sanierungstechnik Dommel GmbH durchgeführt, da die Fa. Aarsleff Rohrsanierung GmbH die Sanierungsdurchführung ablehnte.
6 Die In-situ-Maßnahme wurde durch die Fa. Schulz Bau GmbH durchgeführt, da die Fa. Aarsleff Rohrsanierung GmbH die Sanierungsdurchführung ablehnte.
7 Unter Systemversagen wird verstanden, dass sofortiger Sanierungsbedarf besteht, z. B. weil sicherer Einstieg in den Schacht nicht mehr möglich ist und/ oder die hydraulischen Eigenschaften des Schachtes stark beeinträchtigt sind.
8 Hinweise zur Mittragwirkung der Systeme: Hierbei wird nach der Sanierung die Zunahme der Gesamtsteifigkeit im Vergleich zur Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes mittels MAC-System (<http://www.ikt.de/pruefstelle/standsicherheit-von-grossprofilen>) gemessen.

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

7.2 Systemprüfungen

Die Ergebnisse aus den Systemprüfungen gehen mit 85 % in das jeweilige Prüfurteil ein und wurden mit Noten zwischen „sehr gut (1,0)“ und „ungenügend (6,0)“ bewertet. In diesen Bewertungsschwerpunkt flossen die fünf Kriterien „Fremdwasser-Dichtheit“ (40 %), „Tragwirkung“ (20 %), „Robustheit“ (20 %), „Abnahme-Eindruck“ (15 %) und „Schutzwirkung“ (5 %) ein (vgl. Abschnitt 6.2).

Die Bewertungen der 13 getesteten Systeme hinsichtlich der o.g. Kriterien sowie die daraus hervorgehenden Gesamtnoten für die Systemprüfungen sind in der nachfolgenden Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17 Benotung der Systemprüfungen „Fremdwasser-Dichtheit“, „Tragwirkung“, „Robustheit“, „Abnahme-Eindruck“ und „Schutzwirkung“

System	Note Fremd-wasser-Dichtheit (40 %) ¹	Note Trag-wirkung (20 %) ²	Note Robustheit (20 %) ³	Note Abnahme-Eindruck (15 %) ⁴	Note Schutz-wirkung (5 %) ⁵	Note System-prüfung ⁶
Betofix R4 SR	1,8	1,0	6,0	2,5	5,0	2,8
Ergelit KS1	1,2	5,0	2,0	3,3	2,0	2,5
GfK-Adhäsiv	4,5	1,0	1,0	3,7	5,0	3,0
GfK-Innen-schacht	1,0	1,0	1,0	1,2	5,0	1,2
GfK-Rückver-ankert	1,0	5,0	1,0	1,7	5,0	2,1
Kanal-Reprofi-liermörtel	1,0	1,0	2,0	1,9	5,0	1,5
Nanocret R4	1,0	1,0	1,3	1,4	5,0	1,3
Oldodur WS 56	1,0	1,0	6,0	1,8	5,0	2,3
Ombran MHP	3,1	5,0	6,0	3,2	2,0	4,0
PE-HD-Seg-mente	1,0	5,0	1,0	1,1	5,0	2,0
Silicate R	4,5	1,0	6,0	2,6	1,0	3,6
Spectrashield ⁷	n.b.	5,0	6,0	n.b.	1,0	n.b.
Ultracoat	3,8	1,0	1,0	2,2	5,0	2,5

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 / n.b. = nicht bewertbar

¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 dargestellten Ergebnissen

² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 21, Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 dargestellten Ergebnissen

³ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 25 und Tabelle 26 dargestellten Ergebnissen

⁴ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 27 dargestellten Ergebnissen

⁵ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 28 dargestellten Ergebnissen

⁶ Mittelwertberechnung mit ungerundeten Werten

⁷ Das System konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen (vgl. Kriterium „Robustheit“) nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

7.2.1 Fremdwasser-Dichtheit

Die Fremdwasser-Dichtheit wird anhand der Ergebnisse der Kurz- und Langzeit-Grundwasserbelastung 5 m (vgl. Abschnitt 6.2) bewertet. Für die Außenwasserdruckbelastung wurden entsprechend dem Bewertungsschema in Tabelle 7 für jedes Schadensbild jeweils 0 Kritikpunkte vergeben, wenn keine Auffälligkeit (Farbbezeichnung: „Grün“) vorlag. Für eine erkennbare Auffälligkeit „Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ “ (Farbbezeichnung: „Gelb-Grün“), „Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$ “ (Farbbezeichnung: „Gelb“) und „Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ “ (Farbbezeichnung: Gelb-Rot) wurden 0,25, 1,0 bzw. 2,0 Kritikpunkte vergeben. Infiltrationen (Farbbezeichnung: „Rot“) wurden mit 4,0 Punkten bewertet.

Demzufolge wird ein System mit der Note „sehr gut (1,0)“ bewertet, wenn alle sanierten Schadensbilder keine Auffälligkeit aufwiesen (0 Kritikpunkte). Ab fünf Kritikpunkten wird die Note 6,0 (ungenügend) vergeben.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bewertung der Fremdwasser-Dichtheit unter Kurzzeit- und Langzeit-Grundwasserbelastungen (5 m).

Tabelle 18 Bewertung der Systemprüfung „Fremdwasser-Dichtheit“

System	Note Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %)	Note Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %)	Note Fremdwasser-Dichtheit (100 %)
Betofix R4 SR	1,7	1,9	1,8
Ergelit KS1	1,2	1,2	1,2
GfK-Adhäsiv	4,5	4,5	4,5
GfK-Innenschacht	1,0	1,0	1,0
GfK-Rückverankert	1,0	1,0	1,0
Kanal-Reprofiliermörtel	1,0	1,0	1,0
Nanocret R4	1,0	1,0	1,0
Oldodur WS 56	1,0	1,0	1,0
Ombran MHP	2,6	3,3	3,1
PE-HD-Segmente	1,0	1,0	1,0
Silicate R	4,5	4,5	4,5
Spectrashield ¹	n.b.	n.b.	n.b.
Ultracoat	3,8	3,8	3,8

Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 dargestellten Ergebnissen.

¹ Das System konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen (vgl. Kriterium „Robustheit“) nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Notenvergabe nach Punkten: keine Auffälligkeit – 0/ Grün; Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ – 0,25/ Gelb-Rot; Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$ – 1,0/ Gelb; Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ – 2,0/ Gelb; Infiltration – 4,0/ Rot

0 Punkte = 1,0; 1 Punkt = 2,0; 2 Punkte = 3,0; 3 Punkte = 4,0; 4 Punkte = 5,0; ab 5 Punkte = 6,0; n.b. = nicht bewertbar

Zwischennoten wurden interpoliert

Die Ergebnisse zu dem Kriterium „Fremdwasser-Dichtheit“ (Grundwasserbelastung Kurz- und Langzeit 5 m) sind in Tabelle 19 und Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 19 Versuchsergebnisse bei Wasserstand 5 m (Kurzzeit)

Schaden	Druck (mWS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Einzelschäden	1,25													
	2,75													
	3,25													
	4,25													
Undichte Ringfuge	1,50													
	2,50													
	3,00													
	3,50													
	4,00													

Legende:

1	GfK-Innenschacht
2	Spectrashield
3	GfK-Adhäsiv
4	Ombran MHP
5	Betofix R4 SR
6	Nanocret R4
7	Ergelit KS 1
8	Silicate R
9	Kanal-Reprofiliermörtel
10	GfK-Rückverankert
11	Oldodur WS 56
12	PE-HD-Segmente
13	Ultracoat

Auffälligkeiten:

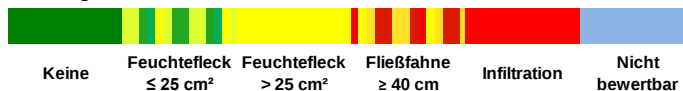


Tabelle 20 Versuchsergebnisse bei Wasserstand 5 m (Langzeit, 2 Monate)

Schaden	Druck (mWS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Einzelschäden	1,25													
	2,75													
	3,25													
	4,25													
Undichte Ringfuge	1,50													
	2,50													
	3,00													
	3,50													
	4,00													

Legende:

1	GfK-Innenschacht
2	Spectrashield
3	GfK-Adhäsiv
4	Ombran MHP
5	Betofix R4 SR
6	Nanocret R4
7	Ergelit KS 1
8	Silicate R
9	Kanal-Reprofiliermörtel
10	GfK-Rückverankert
11	Oldodur WS 56
12	PE-HD-Segmente
13	Ultracoat

Auffälligkeiten:



Im Folgenden werden die maßgeblichen Ergebnisse im Kriterium „Fremdwasser-Dichtheit“ zusammenfassend dargestellt:

Wasserstand 5 m (Kurzzeit)

Beim Schadensbild „**Einzelschaden**“ (vgl. Tabelle 19) zeigten sich für die getesteten Sanierungssysteme während des Beobachtungszeitraums „Kurzzeit-GW-Belastung“ keine Auffälligkeiten. Dies bedeutet, dass alle bewertbaren 96 Schadstellen bei den 12 Systemen dicht waren. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Das Schadensbild „**Undichte Ringfuge**“ (vgl. Tabelle 19) zeigte bei sechs von 12 Sanierungssystemen Auffälligkeiten bei 14 von 60 Schadstellen. Dabei trat bei dem System „Ergelit KS1“ ein Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ auf. Das System „Betofix R4 SR“ zeigte eine Auffälligkeit in Form eines Feuchtflecks $> 25 \text{ cm}^2$ auf. „Ombran MHP“ wies insgesamt drei Auffälligkeiten auf (1x Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ und 2x Feuchtflecken $> 25 \text{ cm}^2$). Das System „Ultracoat“ zeigte eine Infiltration. Drei Feuchtflecken $> 25 \text{ cm}^2$ und ein Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ waren bei Silicate R erkennbar. Bei dem System „GfK-Adhäsiv“ wurden vier Auffälligkeiten festgestellt. Die Auffälligkeiten waren zwei Feuchtflecken (1x $\leq 25 \text{ cm}^2$ und 1x $> 25 \text{ cm}^2$), ein Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ und eine Infiltration. Alle anderen Systeme (sechs) wiesen keine Auffälligkeiten auf. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Wasserstand 5 m (Langzeit, 2 Monate)

Für den 2-monatigen Beobachtungszeitraum waren beim Schadensbild „**Einzelschaden**“ (vgl. Tabelle 20) keine Zustandsveränderungen im Vergleich zur „Kurzzeit-GW-Belastung“ erkennbar. Somit waren nach Abschluss des Prüfprogramms bzw. Beobachtungszeitraums alle bewertbaren 96 Schadstellen bei den 12 Systemen dicht. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Die Anzahl der Auffälligkeiten bei dem Schadensbild „**Undichte Ringfuge**“ stieg von 14 auf 17 während des Beobachtungszeitraums „Langzeit-GW-Belastung“ im Vergleich zur „Kurzzeit-GW-Belastung“. Die zusätzlichen Auffälligkeiten sind bei drei Systemen aufgetreten. Bei den Systemen „Ombran MHP“ und „Betofix R4 SR“ kam jeweils ein Feuchtflecken $\leq 25 \text{ cm}^2$ hinzu. Das System „Silicate R“ zeigte zusätzlich einen Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$. Darüber hinaus kam es bei zwei Systemen zu drei Zustandsveränderungen an Schadstellen. Davon traten bei dem System „GfK-Adhäsiv“ zwei Zustandsveränderungen von Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ zu Infiltration und von Infiltration zu Feuchtfleck mit Fließfahne $\geq 40 \text{ cm}$ auf. Zudem war bei dem System „Ombran MHP“ eine Zustandsveränderung von Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ zu Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$ erkennbar. Alle anderen Systeme (acht) zeigten keine Auffälligkeiten bzw. Zustandsveränderungen an den Schadstellen. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Fazit „Fremdwasser-Dichtheit“

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus den Außenwasserdruckbelastungen ableiten:

- Das Schadensbild „**Einzelschaden**“ zeigte nach dem Beobachtungszeitraum (Kurzzeit- und Langzeit-GW-Belastung) keine Auffälligkeiten. So waren alle 96 bewertbaren Schadstellen dicht (100 %). Entsprechend stellte dieses Schadensbild offensichtlich für die getesteten Sanierungssysteme kein Problem dar. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von anderweitigen provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Die Auffälligkeiten bei dem Schadensbild „**Undichte Ringfuge**“ (hier 14 von 60 Sanierungen, ca. 23 %) zeigten sich bereits in der Kurzzeit-Grundwassersimulation 5 m. Die Langzeit-Grundwassersimulation 5 m führte lediglich bei drei Schadstellen (5 %) zu einer Zustandsveränderung. Drei weitere Schadstellen (5 %) wiesen allerdings neue Auffälligkeiten in Form von Feuchtflecken auf. Entsprechend waren 43 Schadstellen ohne Auffälligkeiten (ca. 72 %). Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Sofern eine Schadstelle ansprechend saniert wurde und zu Beginn ohne Auffälligkeiten ist, bleibt diese es i. d. R. auch (139 von 156 Schadstellen, ca. 89 %). 154 Schadstellen (ca. 99 %) zeigten bis zum Versuchsende keine Infiltrationen (Langzeit-Grundwassersimulation 5 m).

7.2.2 Tragwirkung

Das Kriterium „**Tragwirkung**“ wurde für den Lastfall von 5 m Außenwasserdruck bewertet. Dabei wurden die eingesetzten Systeme mit Blick auf die Wirkungsweise wie folgt unterschieden:

- Fall 1: **Haftverbund** zum Untergrund
- Fall 2: Rückverankerung mit speziellen **Tragelementen bzw. Selbsttragende** Auskleidung

Für **Fall 1 „Haftverbund“** wurden die Auffälligkeiten an den Schadensbildern „Einzel-schaden“, „Undichte Ringfuge“ und an der „Übrigen Schachtwand“ betrachtet sowie die mittleren Haftzugfestigkeiten ermittelt. Anschließend wurden die Auffälligkeiten nach dem Bewertungsschema „Tragwirkung“ (vgl. Tabelle 9) benotet. Die Tabelle 21 zeigt die Bewertung für das Kriterium „Tragwirkung“. Die detaillierten Ergebnisse hinsichtlich der Auffälligkeiten sind in Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 zusammengefasst.

Tabelle 21 Bewertung der Systemprüfung „Tragwirkung“

Kritikpunkte/ Schachtnummer	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13
Mittelwert HZP	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übermäßige Verformung	n.b.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohllagen	n.b.	0	5	0	0	6	0	0	0	0
Zugspannungsüberschreitung	n.b.	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Summe Kritikpunkte	≥ 5	0	5	0	0	10	0	0	0	0
Gesamtnote	5,0	1,0	5,0	1,0	1,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Systeme			
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	11	Oldodur WS 56
6	Nanocret R4	13	Ultracoat

Tabelle 22 Fall 1 „Haftverbund“ – Bewertung Tragwirkung „Einzelschaden“

Kritikpunkte	Einzelschaden	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13
Mangelhafter Verbund - Hohlräume [Fläche (cmxcm)]	I	Nicht bewertbar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VII		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VIII		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Übermäßige Verformung [Fläche (cmxcm)]	I		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VII		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VIII		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zugspannungs-überschreitung [Fläche (cmxcm); Rissbreite (mm)]	I		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VII		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VIII		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Systeme			
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	11	Oldodur WS 56
6	Nanocret R4	13	Ultracoat

Legende Tabelleninhalte:

-	Keine Auffälligkeit
---	---------------------

Legende "Einzelschaden":

I	1,25 mWs; 3 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
II	1,25 mWs; 9 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
III	2,75 mWs; 3 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
IV	2,75 mWs; 9 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
V	3,25 mWs; 3 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
VI	3,25 mWs; 9 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
VII	4,25 mWs; 3 Uhr ¹ ; Ø: 10mm
VIII	4,25 mWs; 9 Uhr ¹ ; Ø: 10mm

¹Ausgehend von Steigbügelgang 12 Uhr

Tabelle 23 Fall 1 „Haftverbund“ – Bewertung Tragwirkung „Undichte Ringfuge“

Kritikpunkte	Undichte Ringfuge	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13
Mangelhafter Verbund - Hohlräume [Fläche (cmxcm)]	I	Nicht bewertbar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Übermäßige Verformung [Fläche (cmxcm)]	I		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zugspannungs-überschreitung [Fläche (cmxcm); Rissbreite (mm)]	I		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II		-	50x0,01; 0,1	-	-	-	-	-	-	-
	III		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV		-	44x0,01; 0,1	-	-	-	-	-	-	-
	V		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Systeme			
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	11	Oldodur WS 56
6	Nanocret R4	13	Ultracoat

Legende Tabelleninhalte:

-	Keine Auffälligkeit
---	---------------------

Legende "Undichte Ringfuge":

I	1,50 mWs ¹ ; Ø: 6mm
II	2,50 mWs ¹ ; Ø: 6mm
III	3,00 mWs ¹ ; Ø: 6mm
IV	3,50 mWs ¹ ; Ø: 6mm
V	4,00 mWs ¹ ; Ø: 6mm

¹Vier Undichtigkeiten je Ringfuge jeweils 1,5, 7 und 11 Uhr ausgehend vom Steigbügelgang

Tabelle 24 Fall 1 „Haftverbund“ – Bewertung Tragwirkung „Übrige Schachtwand“

Kritikpunkte	Übrige Schachtwand	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13
Mangelhafter Verbund - Hohlagen [Fläche (cmxcm)]	3,00 mWs; 3 Uhr ¹	Nicht bewertbar	-	36x23	-	-	-	-	-	-	-
	3,45 mWs; 3 Uhr ¹		-	20x15	-	-	-	-	-	-	-
	4,50 mWs; 2 Uhr ¹		-	45x40	-	-	-	-	-	-	-
	4,50 mWs; 7-11 Uhr ¹		-	40x90	-	-	-	-	-	-	-
	1,85 mWs; 7 Uhr ¹		-	-	-	-	35x17	-	-	-	-
	2,30 mWs; 1 Uhr ¹		-	-	-	-	18x15	-	-	-	-
	2,30 mWs; 2 Uhr ¹		-	-	-	-	20x20	-	-	-	-
	3,00 mWs; 1-4 Uhr ¹		-	-	-	-	72x45	-	-	-	-
	3,00 mWs; 7-9 Uhr ¹		-	-	-	-	53x40	-	-	-	-
	3,00 mWs; 11 Uhr ¹		-	-	-	-	15x14	-	-	-	-
Anteil Hohlstellenfläche zu Gesamtfläche [%]		-	ca. 4	-	-	ca. 4	-	-	-	-	
Übermäßige Verformung [Fläche (cmxcm)]	Keine Auffälligkeiten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zugspannungs- überschreitung [Fläche (cmxcm); Rissbreite (mm)]	3,00 mWs; 3 Uhr ¹	-	20x1; 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,85 mWs; 7 Uhr ¹	-	-	-	-	35x17; 0,1	-	-	-	-	-
	2,35 mWs; 6-9 Uhr ¹	-	-	-	-	65x40; 0,1	-	-	-	-	-
	2,00 mWs; 6 Uhr ¹	-	-	-	-	60x30; 0,1	-	-	-	-	-
	1,50 mWs; 8 Uhr ¹	-	-	-	-	17x25; 0,1	-	-	-	-	-

¹ Ausgehend von Steigbügelgang 12 Uhr

Systeme			
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	11	Oldodur WS 56
6	Nanocret R4	13	Ultracoat

Legende Tabelleninhalte:

-	Keine Auffälligkeit
---	---------------------

Einzelschaden

Bei dem Schadenbild „Einzelschaden“ wurden bei 9 von 10 untersuchten Sanierungssystemen keine Auffälligkeiten festgestellt. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Undichte Ringfuge

Bei dem Schadenbild „Undichte Ringfuge“ wurden bei 8 von 10 untersuchten Sanierungssystemen keine Auffälligkeiten festgestellt. Das System „Ombran MHP“ wies zwei Zugspannungsüberschreitungen auf. Allerdings wurden für diese Auffälligkeiten gemäß dem Bewertungsschema für das Kriterium „Tragwirkung“ (vgl. Tabelle 8) keine Kritikpunkte vergeben, da die Zugspannungsüberschreitungen jeweils flächig < 400 cm² waren. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Übrige Schachtwand

Bei der „Übrigen Schachtwand“ wurden bei 7 von 10 untersuchten Sanierungssystemen keine Auffälligkeiten festgestellt. Die Mörtel-Systeme „Ombran MHP“ und „Ergelit KS1“ zeigten massive Hohlstellen (4 bzw. 6 Bereiche). Insgesamt waren jeweils ca. 4 % der gesamten Beschichtungsfläche hohllagig. Darüber hinaus wiesen die Mörtel-Systeme „Ombran MHP“ und „Ergelit KS1“ Zugspannungsüberschreitungen auf (1 Riss bzw. 4 Risse). Allerdings wurden bei dem System „Ombran MHP“ für diese Auffälligkeit gemäß dem Bewertungsschema für das Kriterium „Tragwirkung“ (vgl. Tabelle 8) keine Kritikpunkte vergeben, da die Zugspannungsüberschreitung flächig $< 400 \text{ cm}^2$ war. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Haftzugprüfungen

Bei 12 von 13 Systemen lagen die mittleren Haftzugfestigkeiten jeweils über $0,5 \text{ N/mm}^2$, sodass keine Kritikpunkte vergeben wurden. Lediglich bei dem System „Spectrashield“ wurde eine mittlere Haftzugfestigkeit $\leq 0,3 \text{ N/mm}^2$ ermittelt.

Fazit „Tragwirkung“ für Fall 1 „Haftverbund“

Folgende Erkenntnisse wurden durch die Untersuchungen zum Kriterium „Tragwirkung“ für Fall 1 „Haftverbund“ erzielt:

- Bei dem Schadensbild „**Einzelschaden**“ zeigten sich bei 216 von 240 Bewertungsfällen (ca. 90 %) keine Auffälligkeiten. Offensichtlich stellte dieses Schadensbild für die getesteten Sanierungssysteme bis auf eine Ausnahme kein wesentliches Problem dar. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Bei dem Schadensbild „**Undichte Ringfuge**“ waren 133 von 150 Bewertungsfälle (ca. 89 %) ohne Auffälligkeit. Das System „Ombran MHP“ wies zwei Zugspannungsüberschreitungen auf, die allerdings aufgrund der geringen Ausdehnung nicht mit Kritikpunkten versehen wurden. Offensichtlich stellte dieses Schadensbild für die getesteten Sanierungssysteme bis auf eine Ausnahme kein wesentliches Problem dar. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Im Bereich der „**Übrigen Schachtwand**“ zeigten 7 von 10 Systemen (70 %) keine Auffälligkeiten. Die Mörtel-Systeme „Ombran MHP“ und „Ergelit KS 1“ wiesen Hohllagen auf. Zudem waren bei dem System „Ergelit KS 1“ Zugspannungsüberschreitungen (Risse) erkennbar, die mit Kritikpunkten gewertet wurden. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Lediglich das System „Spectrashield“ zeigte Auffälligkeiten im Hinblick auf die mittlere **Haftzugfestigkeit**. Die weiteren 12 Systeme erfüllten das Kriterium.

- Für das Kriterium „Tragwirkung“ erhalten 7 von 10 Anbietern die Note 1,0. Drei Systeme („Ombran MHP“, „Ergelit KS 1“ und „Spectrashield“) werden jeweils mit 5,0 benotet.

Bei **Fall 2 „Tragelemente/ Selbsttragend“** handelte es sich entweder um eine Rückverankerung mit speziellen Tragelementen oder um selbsttragende Auskleidungen. Entsprechend wird hier auf einen flächigen Haftverbund zum Untergrund planmäßig verzichtet. Eine im Versuch beobachtete Eigentragwirkung gilt dann als Systemverhalten, wenn sie auch durch einen entsprechenden statischen Nachweis belegt werden kann. Kritikpunkte werden vergeben, wenn die tatsächliche Ausführungsqualität nicht den Annahmen des statischen Nachweises entspricht, z.B. hinsichtlich der ausgeführten Geometrie und Materialeigenschaften (vgl. Abschnitt 6.2).

Im Folgenden sind die Ergebnisse für den Fall 2 „Tragelemente/ Selbsttragend“ dargestellt:

- Für das System „GfK-Innenschacht“ wurde durch den Anbieter ein statischer Nachweis geliefert, der die im Versuch beobachtete Eigentragwirkung belegt. Die stichprobenhafte Untersuchung der Einbauqualität zeigte keine als Mangel anzusehenden Abweichungen von den Annahmen in der Statik. Entsprechend erhält das System „GfK-Innenschacht“ die Note 1,0 für das Kriterium „Tragwirkung“.
- Für die anderen beiden Systeme „GfK-Rückverankert“ und „PE-HD-Segmente“ wurden von den Anbietern keine statischen Nachweise eingereicht. Demzufolge erhalten beide Systeme die Note 5,0 für das Kriterium „Tragwirkung“.

Fazit „Tragwirkung“ für Fall 2 „Tragelemente/ Selbsttragend“

Folgende Erkenntnisse wurden durch die Untersuchungen zum Kriterium „Tragwirkung“ für Fall 2 „Tragelemente/ Selbsttragend“ erzielt:

- Lediglich für eines der drei Systeme wurde ein statischer Nachweis eingereicht. Die Tragsicherheit der Systeme „GfK-Rückverankert“ und „PE-HD-Segmente“ bleibt unbekannt.

7.2.3 Robustheit

Das Kriterium „**Robustheit**“ (Lastfall 5 m Außenwasserdruck – Beobachtungszeitraum 2 Monate) bezieht sich ausschließlich auf das Schadensbild „Flächiger Schaden“ mit 9 Bohrlöchern auf einer Fläche von 20 x 20 cm. Hierbei wurde ein Trennmittel unmittelbar vor der Sanierung auf die hierfür vorgesehenen Teilflächen aufgetragen (provozierte Schwachstelle), um Hinweise zur „Robustheit“ des Sanierungssystems gegenüber unplanmäßigen Verbundschwächen zu erfassen, wie sie in der Praxis bei fehlender Untergrundvorbehandlung auftreten können.

Für die Bewertung mit Blick auf das Kriterium „Robustheit“ werden die verschiedenen Sanierungssysteme in Abhängigkeit ihres Tragverhaltens unterschieden:

- Fall 1: Haftverbund zum Untergrund,
- Fall 2: Rückverankerung mit speziellen Tragelementen und
- Fall 3: Rohr-in-Rohr-System.

Es werden Kritikpunkte hinsichtlich „Mangelhafter Verbund im Umfeld“ (nicht für Fall 3), „Übermäßige Verformung“, „Zugspannungsüberschreitung“ und „Infiltration“ vergeben und daraus gemäß Bewertungsschema (vgl. Abschnitt 6.2) die Note gebildet.

Ein System wird 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.

Die Bewertung des Kriteriums „Robustheit“ für die Systeme ist in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25 Bewertung der Systemprüfung „Robustheit“

Kritikpunkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mangelhafter Verbund im Umfeld	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Übermäßige Verformung	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Zugspannungsüberschreitung	0	n.b.	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltration	0	n.b.	0	6	4	0,25	1	5	1	0	4	0	0
Summe Kritikpunkte	0	20	0	8	6	0,25	1	5	1	0	8	0	0
Gesamtnote	1,0	6,0	1,0	6,0	6,0	1,3	2,0	6,0	2,0	1,0	6,0	1,0	1,0

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10	GfK-Rückverankert
		11	Oldodur WS 56
		12	PE-HD-Segmente
		13	Ultracoat

Die Detail-Ergebnisse sind in Tabelle 26 zusammengefasst. Hierbei wurden Auffälligkeiten hinsichtlich „Mangelhafter Verbund im Umfeld“ (Hohllagen), „Übermäßige Verformung“ (Blasen/ Beulen), „Zugspannungsüberschreitung“ (Risse) und „Infiltration“ (Undichtigkeiten/ Wassereindrang) dargestellt.

Tabelle 26 Ergebnisse Robustheit am „Flächigen Schaden“ mit Simulation einer mangelhaften Untergrundvorbereitung (Trennmittel)

Kritikpunkte	Flächiger Schaden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mangelhafter Verbund im Umfeld (mcmcm)	I	-	> 20x20	-	-	-	-	-	12x3	-	-	-	-	-
	II	-	> 20x20	-	10x8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	> 20x20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	> 20x20	-	4x0	-	-	-	-	-	-	30x30	-	-
Übermäßige Verformung (mcmcm)	I	-	> 20x20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	> 20x20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	> 20x20	-	-	-	-	-	-	-	-	10x10	-	-
	IV	-	> 20x20	-	-	-	-	-	-	-	-	50x50	-	-
Zugspannungs-überschreitung (mcmcm): Risbreite (mm)	I	-	n. b.	-	20x14; 0,3	17x12; 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	n. b.	-	25x30; 0,1	25x18; 0,1	10x0,01; 0,1	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	n. b.	-	5x3; 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	n. b.	-	-	60x50; 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	I													
	II													
	III													
	IV													

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhasiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10	GfK-Rückverankert
		11	Oldodur WS 56
		12	PE-HD-Segmente
		13	Ultracoat

Legende "Flächiger Schaden":

I	2,00 mWs; 3 Uhr ¹ ; Trennmittel: 10x10cm
II	2,00 mWs; 9 Uhr ¹ ; Trennmittel: 10x10cm
III	3,75 mWs; 3 Uhr ¹ ; Trennmittel: 10x10cm
IV	3,75 mWs; 9 Uhr ¹ ; Trennmittel: 20x20cm

¹ Ausgehend von Steigbügelgang 12 Uhr

Legende "Infiltration":

Keine
Feuchtfleck ≤ 25 cm²
Feuchtfleck > 25 cm²
Feuchtfleck mit Fließfahne ≥ 40 cm
Infiltration
Nicht bewertbar

Legende Tabelleninhalte:

-	Keine Auffälligkeit
n.b.	nicht bewertbar

Mangelhafter Verbund

Das System „Spectrashield“ zeigte aufgrund eines mangelhaften Verbundes im Umfeld des Trennmittelauftrags ein Systemversagen an vier von vier „Flächigen Schäden“. Bei den Systemen „Ombran MHP“ (2x), „Silicate R“ (1x), „Oldodur WS 56“ (1x) wurde ebenfalls ein mangelhafter Verbund im Umfeld festgestellt. An den neun weiteren Sanierungssystemen zeigten sich im Umfeld der Schadstellen keine Auffälligkeiten in Form von Hohlstellen. Die Systeme „GfK-Innenschacht“ und „PE-HD – Segmenttauskleidung“ werden regelmäßig ohne Untergrundvorbereitung angeboten (Fall 3: Rohr-in-Rohr-System) Entsprechend wurden hier mit Blick auf eine fehlende Untergrundvorbereitung keine Kritikpunkte vergeben.

Übermäßige Verformung

Die Systeme „Spectrashield“ und „Oldodur WS 56“ zeigten an vier bzw. zwei von vier „Flächigen Schäden“ übermäßige Verformungen in Form von Blasen. Beim System „Spectrashield“ führte dies zu einem großflächigen Systemversagen, sodass ein weiterer Einstieg nicht mehr möglich war. An den elf weiteren Sanierungssystemen wurden keine derartigen Auffälligkeiten an den Schadstellen festgestellt.

Zugspannungsüberschreitung

Bei den Systemen „Ombran MHP“ (3x), „Betofix R4 SR“ (3x) und „Nanocret R4“ (1x) zeigten sich Zugspannungsüberschreitungen in Form von Rissen. Hierbei wurde allerdings bei allen drei Systemen jeweils eine Zugspannungsüberschreitung aufgrund der geringen Ausdehnung nicht mit Kritikpunkten versehen. An neun weiteren Sanierungssystemen wurden keine Auffälligkeiten an den Schadstellen festgestellt. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Infiltration

Bei den Systemen „Ombran MHP“ und „Silicate R“ wurden an vier von vier „Flächigen Schäden“ Auffälligkeiten festgestellt. Die Systemen „Betofix R4 SR“ (3x), „Nanocret R4“ (1x), „Ergelit KS 1“ (1x) und „Kanal-Reprofilierungsmörtel“ (1x) zeigten ebenfalls Auffälligkeiten. Bei dem System „Oldodur WS 56“ konnte eine Auffälligkeit in Form einer Infiltration festgestellt werden. Die fünf weiteren Sanierungssysteme zeigten keine Auffälligkeiten. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Fazit „Robustheit“

- Bei dem Kriterium **„Mangelhafter Verbund im Umfeld“** zeigten sich bei 44 von 52 Schadstellen (ca. 85 %) keine Auffälligkeiten. Zwei Mörtelbeschichtungen zeigten an einer bzw. zwei von vier Schadstellen Auffälligkeiten in Form von Hohllagenvergrößerungen. Zwei Kunststoffbeschichtungen wiesen an fünf von acht Schadstellen Auffälligkeiten auf. An den verbleibenden vier Auskleidungs- und vier Mörtelsystemen sowie der Kunststoffbeschichtung aus Epoxidharz wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.
- Das Kriterium **„Übermäßige Verformung“** zeigte bei 46 von 52 Schadstellen (ca. 89 %) keine Auffälligkeiten. Bei zwei Kunststoffbeschichtungen wurden an sechs von acht Schadstellen Auffälligkeiten in Form von Blasen festgestellt. Die sechs Mörtelbeschichtungen, die vier Auskleidungssysteme und die Kunststoffbeschichtung aus Epoxidharz zeigten keine Auffälligkeiten.
- Bei dem Kriterium **„Zugspannungsüberschreitung“** waren 41 von 48 bewertbaren Schadstellen (ca. 85 %) ohne Auffälligkeiten. Drei Mörtelbeschichtungen wiesen Auffälligkeiten in Form von Rissen auf. Vier Auskleidungssysteme, drei Mörtelsysteme und zwei Kunststoffbeschichtungen zeigten entsprechend keine Auffälligkeiten. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Hinsichtlich des Kriteriums **„Infiltration“** zeigten sich an 33 von 48 Schadstellen (ca. 69 %) keine Auffälligkeiten. An sechs von sechs Mörtelbeschichtungen wurden Auffälligkeiten in Form von Feuchtflecken und/ oder Fließfahnen festgestellt. Bei einer Kunststoffbeschichtung zeigte sich an einer von vier Schadstellen Auffälligkeiten in Form von infiltrierendem Wasser. An den vier Auskleidungssystemen und der Kunststoffbeschichtung aus Epoxidharz wurden keine

Auffälligkeiten festgestellt. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

- Wurde im Umfeld eines „Flächigen Schaden“ ein mangelhafter Verbund festgestellt, so traten i.d.R. auch an diesen Stellen Undichtigkeiten auf.
- Traten Risse in einer Mörtelbeschichtung auf, zeigten sich in allen Fällen ebenfalls Undichtigkeiten.
- An den vier Auskleidungssystemen sowie der Kunststoffbeschichtung aus Epoxidharz wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

7.2.4 Abnahme-Eindruck

Mit dem Kriterium „**Abnahme-Eindruck**“ wird der Eindruck des Gewerkes bei der Bauabnahme bewertet. Die Beurteilung wird zum einen von den am IKT-Warentest beteiligten Netzbetreibern durch einen Schachteinstieg (Bewertungskreis, d. h. eine Gruppe von Netzbetreibern aus dem Lenkungskreis) mit Blick auf Optik, Akustik, Haptik, Geruch und ggf. Dichtheit vorgenommen. Zum anderen findet eine Bewertung der Optik und ggf. Dichtheit anhand von Videodokumentationen mittels IBAK Panorama SI-Kamera (Lenkungskreis) statt. Für jeden sanierten Abwasserschacht werden Noten zwischen 1,0 (sehr gut) bis 6,0 (ungenügend) vergeben, wobei die Notenvergabe mittels Nachkommastelle zulässig ist (vgl. Abschnitt 6.2).

Bei der Bewertung wird zwischen dem Zustand nach Sanierung ohne Grundwasserbelastung, Kurzzeit-Grundwasserbelastung 5 m und Langzeit-Grundwasserbelastung 5 m unterschieden, wobei die Bewertungen zu 10 % (nach Sanierung), 30 % (nach Kurzzeit-GW-Belastung) und 60 % (nach Langzeit-GW-Belastung) gewichtet werden.

Die Tabelle 27 stellt die Bewertungsergebnisse für die Systeme dar, unterteilt nach den Bewertungszeitpunkten „nach Sanierung“ (ohne GW-Belastung) „Kurzzeit-GW-Belastung“, „Langzeit-GW-Belastung“ und die Gesamtnote.

Tabelle 27 Bewertungsergebnisse „Abnahme-Eindruck“

Nach Sanierung (10 %)														
Kriterium	Wichtung (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bewertungskreis: Inspektion durch Einstieg														
Optik	40	1,19	1,91	1,87	2,13	2,66	1,89	3,44	3,25	2,13	1,76	2,72	1,46	2,10
Akustik	40	2,50	1,50	2,33	1,50	1,50	1,50	4,00	2,00	2,00	2,25	1,67	1,67	2,17
Haptik	15	1,23	2,00	2,15	1,83	1,94	1,86	1,75	2,60	1,75	1,00	1,87	1,12	2,00
Geruch	5	2,00	1,00	4,00	3,00	2,00	3,00	2,00	4,00	2,00	3,00	1,00	1,00	2,00
Note Bewertungskreis		1,76	1,71	2,20	1,88	2,05	1,79	3,34	2,69	2,01	1,91	2,08	1,47	2,11
Lenkungskreis: Inspektion durch Panorama SI														
Note Optik	100	1,27	1,92	1,70	1,81	2,15	1,93	1,97	2,20	1,61	1,52	1,86	1,37	1,62
Note Lenkungskreis		1,27	1,92	1,70	1,81	2,15	1,93	1,97	2,20	1,61	1,52	1,86	1,37	1,62
Note		1,7	1,7	2,1	1,9	2,1	1,8	3,1	2,6	2,0	1,8	2,0	1,5	2,0

Kurzzeit (30 %)														
Kriterium	Wichtung (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bewertungskreis: Inspektion durch Einstieg														
Dichtheit	45	1,00	5,75	5,69	4,63	3,75	1,50	4,56	4,31	2,56	2,50	1,00	1,00	4,50
Optik	20	1,12	2,22	2,59	2,29	2,75	1,67	2,75	2,98	1,96	1,35	2,25	1,30	1,99
Akustik	20	1,13	6,00	1,75	3,58	1,50	1,13	2,25	1,17	1,75	2,50	2,00	1,00	1,71
Haptik	10	1,00	2,02	1,37	1,66	2,09	1,33	1,63	1,57	1,68	1,00	1,00	1,00	1,38
Geruch	5	1,00	2,60	3,58	1,86	1,33	1,33	1,40	1,83	1,43	2,00	1,00	1,00	1,33
Note Bewertungskreis		1,05	4,56	3,74	3,52	2,81	1,43	3,29	3,02	2,13	2,09	1,45	1,06	2,97
Lenkungskreis: Inspektion durch Panorama SI														
Dichtheit	70	1,34	5,80	5,03	3,91	3,72	2,03	4,02	3,08	2,63	1,39	1,57	1,09	2,98
Optik	30	1,27	2,47	2,11	2,69	2,38	2,03	2,19	2,32	1,77	1,52	1,88	1,34	1,72
Note Lenkungskreis		1,32	4,80	4,15	3,54	3,32	2,03	3,47	2,85	2,37	1,43	1,66	1,17	2,60
Note		1,1	4,6	3,8	3,5	2,9	1,5	3,3	3,0	2,2	2,0	1,5	1,1	2,9

Langzeit (60 %)														
Kriterium	Wichtung (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bewertungskreis: Inspektion durch Einstieg														
Dichtheit	45	1,00	4,80	5,80	3,80	2,80	1,20	4,20	3,00	2,00	1,60	1,20	1,00	2,00
Optik	20	1,07	1,89	3,02	1,84	2,41	1,52	2,03	2,08	1,49	1,30	1,54	1,29	1,46
Akustik	20	1,00	6,00	1,60	5,00	1,60	1,20	4,00	1,60	1,20	1,25	3,20	1,00	1,60
Haptik	10	1,00	1,15	1,60	1,43	1,68	1,14	1,36	1,22	1,00	1,15	1,23	1,08	1,22
Geruch	5	2,40	2,50	3,00	1,00	1,00	1,40	1,00	1,75	1,25	1,80	1,60	1,25	2,75
Note Bewertungskreis		1,08	3,98	3,84	3,27	2,28	1,27	3,28	2,29	1,60	1,44	1,69	1,08	1,77
Lenkungskreis: Inspektion durch Panorama SI														
Dichtheit	70	1,47	n.b.	5,14	3,89	3,30	1,64	4,04	3,26	2,37	1,59	3,22	1,09	2,81
Optik	30	1,28	n.b.	2,23	2,22	2,36	2,01	2,30	2,47	1,80	1,57	2,12	1,37	1,87
Note Lenkungskreis		1,41	n.b.	4,27	3,39	3,02	1,75	3,52	3,02	2,2	1,58	2,89	1,18	2,53
Note		1,1	n.b.	3,9	3,3	2,4	1,3	3,3	2,4	1,7	1,5	1,9	1,1	1,9

Gesamtnote (100 %)														
Kriterium	Wichtung (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nach Sanierung	10	1,7	1,7	2,1	1,9	2,1	1,8	3,1	2,6	2,0	1,8	2,0	1,5	2,0
Kurzzeit	30	1,1	4,6	3,8	3,5	2,9	1,5	3,3	3,0	2,2	2,0	1,5	1,1	2,9
Langzeit	60	1,1	n.b.	3,9	3,3	2,4	1,3	3,3	2,4	1,7	1,5	1,9	1,1	1,9
Gesamtnote		1,2	n.b.	3,7	3,2	2,5	1,4	3,3	2,6	1,9	1,7	1,8	1,1	2,2

Systeme		
1	GfK-Innenschacht	6 Nanocret R4
2	Spectrashield	7 Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8 Silicate R
4	Ombran MHP	9 Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10 GfK-Rückverankert
		11 Oldodur WS 56
		12 PE-HD-Segmente
		13 Ultracoat

Fazit „Abnahme-Eindruck“

Im Gesamtblick der Ergebnisse lassen sich folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „sehr gut (1,1)“ bis „ausreichend (3,7)“. Dabei werden die Noten 3 x „sehr gut“, 5 x „gut“, 3 x „befriedigend“ und 1 x „ausreichend“ an die Systeme vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 2,2). Demzufolge sind signifikante Notenunterschiede zwischen den einzelnen Systemen vorhanden. Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).
- Im Vergleich der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (nach Sanierung, Kurzzeit und Langzeit) ist erkennbar, dass sich zunächst die Durchschnittsnote von 2,0 auf 2,6 verschlechtert (9 von 13 Systemen) und anschließend sich die Note auf 2,1 verbessert (7 von 13 Systemen). Insgesamt ist auffällig, dass sich die Durchschnittsnote insbesondere beim Kriterium „Dichtheit“ über die Zeit verbessert. Entsprechend hat dieser Umstand einen erheblichen Anteil an der Gesamtnote mit Blick auf den Beobachtungszeitraum von „Kurzzeit“ auf „Langzeit“. Im Wesentlichen findet die „eigenständige Abdichtwirkung“ bei den Mörtelsystemen statt, weil sich die Undichtigkeiten zugesetzt haben. Allerdings wird die Verbesserung der Dichtheit erst mit Schachteinstieg (Bewertungskreis) sichtbar. Die Auswertungsergebnisse der Videodokumentationen zeigten im Vergleich der Beobachtungszeiträume zwischen „Kurzzeit“ und „Langzeit“ keine wesentlichen Unterschiede.
- Die Auswertungsergebnisse zeigen bei Betrachtung der Durchschnittsnoten, dass die Geruchsbelästigung zunächst deutlich nachlässt (Beobachtungszeitraum zwischen „nach Sanierung“ und „Kurzzeit“). Im weiteren Beobachtungszeitraum zeigt sie nahezu keine Veränderung.
- Bei den weiteren Kriterien „Optik“, „Haptik“ und „Akustik“ sind keine wesentlichen Veränderungen über die unterschiedlichen Beobachtungszeiträume feststellbar.

7.2.5 Schutzwirkung

Bei dem Kriterium „**Schutzwirkung**“ werden Nachweise für den Einsatz der Materialien bzw. Systeme in Abwasseranlagen mit dem zulässigen pH-Wert-Bereich von den Anbietern angefordert. Der Nachweis ist erbracht, wenn eine DIBt-Zulassung oder erfolgreich abgeschlossene Prüfungen, die in Analogie zur DIBt-Zulassungsprüfung durchgeführt worden sind, vorliegen. Ergänzend wurden Einlagerungsversuche für Mörtel und Kunststoff gegenüber aggressiven bzw. besonders aggressiven Bedingungen durchgeführt, um auch die Schutzwirkung der hier eingesetzten Materialien stichprobenhaft zu überprüfen. Sofern keine Auffälligkeiten vorliegen, führt dies zu einer Aufwertung um eine Note (vgl. Abschnitt 6.2).

Die Tabelle 28 zeigt die Ergebnisse für das Kriterium „Schutzwirkung.“

Tabelle 28 Bewertung „Schutzwirkung“

System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nachweis Schutzwirkung	6,0	2,0	6,0	3,0	6,0	6,0	3,0	2,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Stichprobe/ Einlagerungsversuch bestanden*	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Gesamtnote Schutzwirkung	5,0	1,0	5,0	2,0	5,0	5,0	2,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

* Sofern keine Auffälligkeiten vorliegen, führt dies zu einer Aufwertung um eine Note.

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombra MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10	GfK-Rückverankert
		11	Oldodur WS 56
		12	PE-HD-Segmente
		13	Ultracoat

Fazit „Schutzwirkung“

- Nachweise für die Schutzwirkung wurden für 4 von 13 Systemen vorgelegt. Bei drei Systemen liegt eine DIBt-Zulassung vor. Für das System „Silicate R“ wurde ein Prüfungsnachweis, der für die DIBt-Zulassung erforderlich ist, vorgelegt.
- Alle Systeme zeigten in Stichprobenuntersuchungen keine Auffälligkeiten. Entsprechend wurden alle Systeme um eine Note aufgewertet.

Zusatzinformationen

Mit Blick auf die Zusatzinformationen wurden folgende Kriterien bewertet:

- Undichtheiten an Steigtechnik
- Füllstandsmessung nach Sanierung
- Mittragwirkung – MAC-Prüfungen

Nachfolgend werden die Bewertungsergebnisse zu den einzelnen Kriterien dargestellt.

Undichtheiten an Steigtechnik

Die Steigeisen werden mit Blick auf den Wassereindrang beurteilt. Hierbei wird folgende Bewertung vorgenommen:

- Keine Infiltration (Farbbezeichnung: „Grün“)
- Sichtbare Infiltration (Farbbezeichnung: „Rot“)
- Nicht bewertbar (Farbbezeichnung: „Blau“)

Tabelle 29 zeigt das Ergebnis der Undichtheiten an Steigtechnik.

Tabelle 29 Zusatzinformation – Ergebnis Undichtheiten an Steigtechnik

System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Undichtheiten/ Gesamtzahl	0/10 ¹		2/18 ²	1/18 ²	3/18 ²	0/18 ²	1/18 ²	0/18 ²	2/18 ²	17/18 ²	0/18 ²	0/32 ³	1/18 ²

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR		

Art der Steigtechnik

¹ Leiter-Verbindung

² Steigeisen

³ Steigbügel-Einbindestellen

Fazit „Undichtheit an Steigtechnik“

- Bei 5 von 13 Systemen war die Steigtechnik komplett dicht. Eine Auffälligkeit in Form von Undichtheiten wiesen 7 von 13 Systemen auf. Bei dem System „GfK-Rückverankert“ waren insgesamt 17 von 18 Steigeisen undicht.
- Das System „Spectrashield“ konnte aufgrund eines Systemversagens ausgehend von provozierten Schwachstellen nicht bewertet werden (kein Einstieg möglich).

Füllstandsmessung nach Sanierung

Unmittelbar nach Sanierung (vor Anheben des Grundwasserstandes) wurde an jedem sanierten Abwasserschacht eine Füllstandsprüfung (max. Wassersäule 5 m) gemäß DIN EN 1610 [3] durchgeführt, d.h. mit einer Prüfzeit von 30 Minuten und einer zulässigen Wasserzugabemenge von 0,4 l/m². Tabelle 30 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 30 Zusatzinformation – Ergebnis der Füllstandsmessungen

System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Füllstandsmessung nach Sanierung													

Legende:

- „Bestanden“ → zulässige Wasserzugabemenge eingehalten (Farbbezeichnung: „Grün“)
- „Nicht bestanden“ → zulässige Wasserzugabemenge überschritten (Farbbezeichnung: „Rot“)

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10	GfK-Rückverankert
		11	Oldodur WS 56
		12	PE-HD-Segmente
		13	Ultracoat

Fazit „Füllstandsmessung“

- Die „Füllstandsmessung nach der Sanierung“ bestehen 11 von 13 Systemen. Zwei Systeme überschreiten die zulässige Wasserzugabemenge, somit gilt die Prüfung als „nicht bestanden“.

Mittragwirkung – MAC-Steifigkeit

Bei diesem Kriterium werden Hinweise zur Mittragwirkung der Systeme gegeben. Hierbei wurde zunächst eine MAC-Prüfung zur Ermittlung der Ausgangssteifigkeit durchgeführt. Anschließend wurden die Belastung bis zum Bruch der Beton-Schachtringe gesteigert und die Gesamtsteifigkeiten der geschädigten Systeme ermittelt. Abschließend wurden nach der Sanierung der Schachtbauwerke die Gesamtsteifigkeiten der sanierten Systeme gemessen.

Für die Bewertung der einzelnen Schachtsanierungen gelten folgende drei Kriterien:

- (+) Erhebliche Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von > 150 % der Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes
- (o) Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von 100 % - 150 % der Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes
- (-) Geringe Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von < 100 % der Ausgangssteifigkeit des intakten Schachtes bzw. kein Beitrag zur Gesamtsteifigkeit

Tabelle 31 zeigt das Ergebnis der „Mittragwirkung – MAC-Prüfungen“.

Tabelle 31 Zusatzinformation – Ergebnis „Mittragwirkung – MAC-Prüfungen“

System	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zunahme der Gesamtsteifigkeit	+	0	0	+	+	+	+	+	+	-	0	+	0

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10	GfK-Rückverankert
		11	Oldodur WS 56
		12	PE-HD-Segmente
		13	Ultracoat

Fazit „Mittragwirkung – MAC-Steifigkeit“

- Bei 8 von 13 Systemen erfolgt eine erhebliche Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert $> 150\%$ der Ausgangssteifigkeit. Bei 4 von 13 Systemen ist eine Zunahme der Gesamtsteifigkeit auf einen Wert von $100\% - 150\%$ der Ausgangssteifigkeit feststellbar. Lediglich bei einem System konnte kein Beitrag zur Gesamtsteifigkeit gemessen werden.
- Im Gesamtblick konnte festgestellt werden, dass mit der Sanierung von Abwasserschächten in vielen Fällen die horizontale Steifigkeit eines unbeschädigten Schacht-Boden-Systems wiederhergestellt werden kann.

7.3 Qualitätssicherung der Anbieter

Im Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ wurde untersucht, inwieweit jeder einzelne Anbieter die Qualität seiner Leistung überwacht bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung einleitet. Dieses Kriterium ging insgesamt zu 15 % in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt flossen die fünf Kriterien „Verfahrensbeschreibung (Verfahrenshandbuch, Technische Merkblätter)“, „Schulungen (Schulungen des Sanierers, Schulungsangebote des Herstellers)“, „Prüfzeugnisse“, „Fremdüberwachung“ und „Besondere Auffälligkeiten“ ein. Die Kriterien werden mit „+/-“ (nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bzw. „+/-“ (nachgewiesen/teilweise nachgewiesen/nicht nachgewiesen; nur Prüfzeugnisse) bewertet und fließen mit je 20 % in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ ein. Für die Kriterien „Verfahrenshandbuch“ und „Schulungen“ werden jeweils die zwei Unterkriterien mit 10 % gewichtet (vgl. Kapitel 6.3).

Alle Verfahrensanbieter bis auf den Systemhersteller für „GfK-Adhäsiv“ reagierten auf die Anfrage des IKT, Unterlagen zu den Punkten der Qualitätssicherung einzureichen. Die eingereichten Unterlagen wurden gesichtet und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit sowie ihres Bezugs zum geprüften Verfahren überprüft. Abschließend wurde eine Bewertung bzw. Benotung vorgenommen.

Die nachfolgende Tabelle 32 zeigt die Bewertung der einzelnen Prüfkriterien und die sich daraus ergebenden Noten.

Tabelle 32 Benotung des Bewertungsschwerpunktes „Qualitätssicherung der Anbieter“

Anbieter/ Dienstleister	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Verfahrenshandbuch (10 %)	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-
Technische Merkblätter (10 %)	++	+	-	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+
Schulungen des Sanierers (10 %)	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
Schulungsangebote des Anbieters (10 %)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prüfzeugnisse (20 %)	0	+	-	+	-	-	+	-	-	0	-	-	+
Fremdüberwachung (20 %)	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
Besondere Auffälligkeiten (20 %)	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-
Note	3,5	2,5	6,0	1,0	3,5	4,0	4,0	3,0	5,5	3,0	4,5	2,5	4,5

*Alle erforderlichen Informationen sind im Verfahrenshandbuch enthalten, deshalb wird hier als "nachgewiesen" bewertet.

Bewertungsschema: „+“ nachgewiesen „0“ teilweise nachgewiesen „-“ nicht nachgewiesen

Systeme			
1	GfK-Innenschacht	6	Nanocret R4
2	Spectrashield	7	Ergelit KS 1
3	GfK-Adhäsiv	8	Silicate R
4	Ombran MHP	9	Kanal-Reprofiliermörtel
5	Betofix R4 SR	10	GfK-Rückverankert
		11	Oldodur WS 56
		12	PE-HD-Segmente
		13	Ultracoat

Im Ergebnis des Bewertungsschwerpunktes „Qualitätssicherung der Anbieter“ zeigte sich, dass lediglich ein Systemanbieter sämtliche Prüfkriterien nachweisen konnte. Entsprechend wurde für diesen Anbieter die Note 1,0 gemäß Bewertungsschema vergeben. Alle anderen Systemanbieter wiesen zum Teil erhebliche Defizite bei den verschiedenen Kriterien auf.

Im Gesamtblick der Ergebnisse lassen sich folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“. Dabei werden die Noten 1 x „sehr gut“, 2 x „gut“, 4 x „befriedigend“, 4 x „ausreichend“, 1 x „mangelhaft“ und 1 x „ungenügend“ an die Systeme vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 3,7). Der Systemanbieter für „GfK-Adhäsiv“ reagierte nicht auf die Anfrage des IKT und erhält demnach die Note 6,0.
- Das „Verfahrenshandbuch“ wurde bei 8 von 13 Systemanbietern eingereicht. Bei dem Kriterium „Technische Merkblätter“ lag sogar bei 12 von 13 Systemen ein Nachweis vor. Lediglich für das System „GfK-Adhäsiv“ konnte der Nachweis nicht erbracht werden.
- Lediglich 6 von 13 Sanierern konnten einen Schulungsnachweis für das Personal vorlegen. Bei dem Kriterium „Schulungsangebot des Sanierers“ konnte lediglich der Systemanbieter „MC Bauchemie“ den Nachweis erbringen. Bei den weiteren 12 Anbietern konnte das Kriterium nicht nachgewiesen werden.
- Mit Blick auf das Kriterium „Prüfzeugnisse“ konnten vier Anbieter den Nachweis erbringen. Weitere zwei Anbieter haben den Nachweis teilweise erbracht. Sieben Systeme wurden mit „nicht nachgewiesen“ bewertet.
- Sieben von 13 Anbietern konnten das Kriterium „Fremdüberwachung“ nachweisen.
- Acht von 13 Systemen/ Anbietern bzw. Sanierungsfirmen zeigten im Zuge der Labor- und In-situ-Untersuchungen besondere Auffälligkeiten. Dies sind im Einzelnen:
 - Im Rahmen der In-situ-Maßnahme wurde Abwasser für das Anmischen des Vergussmörtels bei dem System „GfK-Innenschacht“ verwendet.
 - Der Systemanbieter für „GfK-Adhäsiv“ reagierte nicht auf die An- und Rückfragen bezüglich der Nachweise bei der Qualitätssicherung.
 - Das Mischen des Mörtels erfolgte bei dem System „Ergelit KS 1“ (Labor und in situ) und „Nacocret R4“ (in situ) nach Augenmaß.
 - Bei den In-situ-Maßnahmen wurde der Reprofilierungsmörtel bei „Oldodur“ mit Heißluftgebläse und Föhn und bei „Ultracoat“ mit Heißluftgebläse getrocknet.
 - Für das System „Kanal-Reprofilierungsmörtel“ wurde kein Angebot abgegeben, daher fand die In-situ-Maßnahme nicht statt. Der Systemanbieter für „GfK-Rückverankert“ hat die In-situ-Sanierung abgelehnt.
- Im Gesamtfazit kann festgehalten werden, dass die Qualitätssicherung bei den meisten Systemen lückenhaft ist.

8 Warentest-Prüfzeugnisse

In den nachfolgenden Abschnitten werden für die einzelnen Systeme deren Warentest-Prüfzeugnisse detailliert dargestellt.

Das Warentest-Prüfzeugnis enthält für jedes System folgende Informationen:

- Testergebnis (IKT – Gesamturteil mit den Noten für die Bewertungsschwerpunkte „Systemprüfungen“ und „Qualitätssicherung“)
- Gesamteindruck
- Zusatzinformationen, z. B. aus Baustellenbeobachtungen und MAC-Untersuchungen

8.1 Hobas Rohre GmbH mit GfK – Innenschacht

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

Hobas Rohre GmbH GfK – Innenschacht

Sanierungsfirma: Aarsleff Rohrsanierung GmbH*

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Gut (1,6)
Systemprüfungen (85 %):	1,2
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,0
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,0
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,0
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	1,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	1,2
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	3,5



Gesamteindruck
Die Fremdwasser-Dichtheit wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten erkennbar. Im Kriterium Tragwirkung erhält das System die Note 1,0. Der statische Nachweis wurde erbracht. Auffälligkeiten lagen nicht vor. Bei der Robustheit gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Über die gesamte Versuchsdauer wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Mit Blick auf den Abnahme-Eindruck wird das System mit der Note 1,2 bewertet. Für die Schutzwirkung wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0. Bei der Qualitätssicherung wird die Note 3,5 vergeben. Es konnten die „Verfahrensbeschreibung“ und „Fremdüberwachung“ nachgewiesen sowie die „Prüfzeugnisse“ teilweise nachgewiesen werden. Im Rahmen der In-situ-Maßnahme* wurde Abwasser für das Anmischen des Vergussmörtels verwendet, sodass hier eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen
▪ Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ)*: in situ: Anmischen des Vergussmörtels mit Abwasser ▪ Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung: 0 von 10 Leiter-Verbindungen ▪ Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss): bestanden ▪ Statisches System: Selbsttragend ▪ MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %): nach Sanierung > 150 %

*Die In-situ-Maßnahme wurde durch die Fa. Sanierungstechnik Dommel GmbH durchgeführt, da die Fa. Aarsleff Rohrsanierung GmbH die Sanierungsdurchführung ablehnte.

8.2 PCI Augsburg GmbH mit Nanocret R4

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

PCI Augsburg GmbH Nanocret R4

Sanierungsfirma: Aarsleff Rohrsanierung GmbH*

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Gut (1,7)
Systemprüfungen (85 %):	1,3
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,0
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,0
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,0
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	1,3
Abnahme-Eindruck (15 %):	1,4
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	4,0



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten erkennbar.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,3). An einer Schadstelle kam es zu einer Zugspannungsüberschreitung und einem Feuchtefleck ($\leq 25 \text{ cm}^2$). Die Zugspannungsüberschreitung wurde allerdings aufgrund der geringen Ausdehnung nicht mit Kritikpunkten versehen.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 1,4 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 4,0 vergeben. Es konnten die „Verfahrensbeschreibung“ und die „Fremdüberwachung“ nachgewiesen werden. Im Rahmen der In-situ-Maßnahme* wurde der Sanierungsmörtel nach Augenmaß angemischt, sodass hier eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ*):** in situ: Mörtelmischung nach Augenmaß
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 0 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung > 150 %

*Die In-situ-Maßnahme wurde durch die Fa. Schulz Bau GmbH durchgeführt, da die Fa. Aarsleff Rohrsanierung GmbH die Sanierungsdurchführung ablehnte.

8.3 Schacht + Trumme Sielregulierungen W.Schwarz GmbH mit PE-HD – Segmentauskleidung

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“ Schacht + Trumme Sielregulierungen W.Schwarz GmbH PE-HD – Segmentauskleidung

Sanierungsfirma: Schacht + Trumme Sielregulierungen W.Schwarz GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Gut (2,1)
Systemprüfungen (85 %):	2,0
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,0
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,0
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,0
Tragwirkung (20 %):	5,0
Robustheit (20 %):	1,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	1,1
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	2,5



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten erkennbar.

Im Kriterium **Tragwirkung** erhält das System die Note 5,0. Ein statischer Nachweis wurde nicht erbracht. Während der Versuchslaufzeit wurde allerdings kein Systemversagen festgestellt.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Über die gesamte Versuchsdauer wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 1,1 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 2,5 vergeben. Alle Kriterien bis auf die „Schulungsangebote des Herstellers“ und die „Prüfzeugnisse“ wurden nachgewiesen.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** keine Auffälligkeiten
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 0 von 32 Steigbügel-Einbindestellen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Selbsttragend
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung > 150 %

8.4 Sika Deutschland GmbH mit Kanal-Reprofiliermörtel

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

Sika Deutschland GmbH
Kanal-Reprofiliermörtel

Sanierungsfirma: Peter Presch-Kunststoffverarbeitung GmbH

TESTERGEBNIS

IKT - Gesamturteil:	Gut (2,1)
Systemprüfungen (85 %):	1,5
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,0
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,0
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,0
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	2,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	1,9
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	5,5

**Gesamteindruck**

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten erkennbar.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein gutes Ergebnis (Note 2,0). An einer Schadstelle kam es zu einem Feuchteffleck (> 25 cm²).

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 1,9 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 5,5 vergeben. Es konnte lediglich ein Teil der „Verfahrensbeschreibung (Technische Merkblätter)“ nachgewiesen werden. Für die In-situ-Maßnahme wurde kein Angebot abgegeben, sodass eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** in situ: kein Angebot abgegeben
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 2 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung > 150 %

8.5 Aarsleff Rohrsanierung GmbH mit GfK – Rückverankert

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

Aarsleff Rohrsanierung GmbH
GfK - Rückverankert

Sanierungsfirma: Aarsleff Rohrsanierung GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Gut (2,2)
Systemprüfungen (85 %):	2,1
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,0
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,0
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,0
Tragwirkung (20 %):	5,0
Robustheit (20 %):	1,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	1,7
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	3,0



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten erkennbar.

Im Kriterium **Tragwirkung** erhält das System die Note 5,0. Ein statischer Nachweis wurde nicht erbracht. Während der Versuchslaufzeit wurde allerdings kein Systemversagen festgestellt.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Über die gesamte Versuchsdauer wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 1,7 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 3,0 vergeben. Die „Schulungsangebote des Herstellers“ konnten nicht nachgewiesen werden. Ein Nachweis der „Prüfzeugnisse“ erfolgte teilweise. Die Sanierungsdurchführung wurde in situ abgelehnt, sodass eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** in situ: Sanierung abgelehnt
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 17 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Tragelemente
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung kein Beitrag zur Steifigkeit

8.6 PSL Handels GmbH mit Oldodur WS 56

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

PSL Handels GmbH
Oldodur WS 56

Sanierungsfirma: Schulz Bau GmbH

TESTERGEBNIS**IKT - Gesamturteil: Befriedigend (2,6)**

Systemprüfungen (85 %):	2,3
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,0
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,0
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,0
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	6,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	1,8
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	4,5

**Gesamteindruck**

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten erkennbar.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein ungenügendes Ergebnis (Note 6,0). Es zeigten sich an verschiedenen Schadstellen Auffälligkeiten im Hinblick auf „Mangelhafter Verbund im Umfeld (1x)“ und „Übermäßige Verformungen (2x)“. Außerdem kam es an einer Schadstelle zur Infiltration.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 1,8 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 4,5 vergeben. Es wurden lediglich die „Verfahrensbeschreibung“ und die „Schulungen des Sanierers“ nachgewiesen. Im Rahmen der In-situ-Maßnahme wurde der Reprofilierungsmörtel mit einem Heißluftgebläse und Föhn getrocknet, sodass hier eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** in situ: Reprofilierungsmörtel mit Heißluftgebläse und Föhn getrocknet
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 0 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung 100 - 150 %

8.7 Hermes Technologie GmbH & Co. KG mit Ergelit KS 1

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“ Hermes Technologie GmbH & Co. KG Ergelit KS 1

Sanierungsfirma: DiTom Kanaltechnik GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: Befriedigend (2,7)	
Systemprüfungen (85 %):	2,5
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,2
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,2
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,2
Tragwirkung (20 %):	5,0
Robustheit (20 %):	2,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	3,3
Schutzwirkung (5 %):	2,0
Qualitätssicherung (15 %):	4,0



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,2 bewertet. Es konnte jeweils an derselben Schadstelle ein Feuchtfleck ($\leq 25 \text{ cm}^2$) bei dem Kurzzeit- und Langzeitbeobachtungszeitraum festgestellt werden.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein mangelhaftes Ergebnis (Note 5,0). Es traten diverse Hohllagen (6x) und Zugspannungsüberschreitungen (4x) an der „Übrigen Schachtwand“ auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein gutes Ergebnis (Note 2,0). An einer Schadstelle kam es zu einem Feuchtfleck ($> 25 \text{ cm}^2$).

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 3,3 bewertet.

Die **Schutzwirkung** wird mit der Note 2,0 beurteilt. Für das System liegt eine DIBt-Zulassung (Mörtelbeschichtung) vor. Entsprechend konnte die Schutzwirkung nachgewiesen werden. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten keine Auffälligkeiten.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 4,0 vergeben. Es konnten die „Verfahrensbeschreibung“ und „Prüfzeugnisse“ nachgewiesen werden. Im Rahmen der In-situ-Maßnahme wurde der Mörtel nach Augenmaß angemischt, sodass hier eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** Labor und in situ: Mörtelmischung nach Augenmaß
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 1 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung $> 150 \%$

8.8 Source One Environmental UK (S1E) mit ULTRACOAT

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“ Source One Environmental UK (S1E) Ultracoat

Sanierungsfirma: Source One Environmental UK (S1E)

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: Befriedigend (2,8)	
Systemprüfungen (85 %):	2,5
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	3,8
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	3,8
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	3,8
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	1,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	2,2
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	4,5



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 3,8 bewertet. Es konnte jeweils an derselben Schadstelle eine Infiltration bei dem Kurzzeit- und Langzeitbeobachtungszeitraum festgestellt werden.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Über die gesamte Versuchsdauer wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 2,2 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 4,5 vergeben. Es konnten lediglich ein „Teil der Verfahrensbeschreibung (Technische Merkblätter)“ und die „Prüfzeugnisse“ nachgewiesen werden. Im Rahmen der In-situ-Maßnahme wurde der Reprofilierungsmörtel mit einem Heißluftgebläse getrocknet, sodass hier eine „besondere Auffälligkeit“ vorlag.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** in situ: Reprofilierungsmörtel mit Heißluftgebläse getrocknet
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 1 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung 100 - 150 %

8.9 Remmers Baustofftechnik GmbH mit Betofix R4 SR

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

Remmers Baustofftechnik GmbH
Betofix R4 SR

Sanierungsfirma: SMG Bautenschutztechnik für Hoch und Tiefbau GmbH

TESTERGEBNIS**IKT - Gesamturteil: Befriedigend (2,9)**

Systemprüfungen (85 %):	2,8
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	1,8
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	1,7
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	1,9
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	6,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	2,5
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	3,5

**Gesamteindruck**

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,8 bewertet. Es konnte bei der Kurzzeit-Bewertung ein Feuchtfleck ($> 25 \text{ cm}^2$) festgestellt werden. Zusätzlich zu diesem trat bei der Langzeit-Bewertung ebenfalls noch ein weiterer Feuchtfleck ($\leq 25 \text{ cm}^2$) auf.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein ungenügendes Ergebnis (Note 6,0). An diversen Schadstellen kam es zu Zugspannungsüberschreitungen (3x). Es zeigten sich zudem zwei Feuchtflecken ($> 25 \text{ cm}^2$) und eine Fließfahne ($\geq 40 \text{ cm}$).

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 2,5 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 3,5 vergeben. Es konnten ein Teil der „Verfahrensbeschreibung (Technische Merkblätter)“ und die „Fremdüberwachung“ nachgewiesen werden.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** keine Auffälligkeiten
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 3 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung $> 150 \%$

8.10 SEKISUI SPR Germany GmbH mit GfK – Adhäsiv

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

SEKISUI SPR Germany GmbH
GfK – Adhäsiv

Sanierungsfirma: KMG Pipe Technologies GmbH

TESTERGEBNIS

IKT - Gesamturteil: **Befriedigend (3,5)**

Systemprüfungen (85 %):	3,0
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	4,5
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	4,5
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	4,5
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	1,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	3,7
Schutzwirkung (5 %):	5,0
Qualitätssicherung (15 %):	6,0



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 4,5 bewertet. Es traten bei der Kurzzeit- und Langzeit-Bewertung Auffälligkeiten an dem Schadensbild „Undichte Ringfuge“ in Form zweier Feuchteflecken ($\leq 25 \text{ cm}^2$ und $> 25 \text{ cm}^2$), einer Fließfahne ($\geq 40 \text{ cm}$) und einer Infiltration auf.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Über die gesamte Versuchsdauer wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 3,7 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde kein Nachweis eingereicht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten allerdings keine Auffälligkeiten. Insgesamt ergibt sich die Note 5,0.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 6,0 vergeben. Der Anbieter reagierte nicht auf die An- und Rückfragen, sodass entsprechend keine Nachweise hinsichtlich einer Beurteilung vorlagen. Dies wurde als „besondere Auffälligkeit“ bewertet.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** keine Reaktion auf An- und Rückfragen bezüglich der Nachweise bei der Qualitätssicherung
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 2 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** nicht bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung 100 - 150 %

8.11 Remmers Baustofftechnik GmbH mit Silicate R

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

Remmers Baustofftechnik GmbH
Silicate R

Sanierungsfirma: SMG Bautenschutztechnik für Hoch und Tiefbau GmbH

TESTERGEBNIS

IKT - Gesamturteil: **Befriedigend (3,5)**

Systemprüfungen (85 %):	3,6
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	4,5
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	4,5
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	4,5
Tragwirkung (20 %):	1,0
Robustheit (20 %):	6,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	2,6
Schutzwirkung (5 %):	1,0
Qualitätssicherung (15 %):	3,0



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 4,5 bewertet. Es traten bei der Kurzzeit-Bewertung 3 Feuchtflecken ($> 25 \text{ cm}^2$) und eine Feuchtfahne ($\geq 40 \text{ cm}$) an dem Schadensbild „Undichte Ringfuge“ auf. Ein weiterer Feuchtfleck ($> 25 \text{ cm}^2$) kam bei der Langzeit-Bewertung dazu, sodass an allen 5 „Undichten Ringfugen“ eine Auffälligkeit vorlag.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,0). Es traten keine Auffälligkeiten auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein ungenügendes Ergebnis (Note 6,0). Es zeigte sich an einer Schadstelle eine Hohllage („mangelhafter Verbund im Umfeld“). An drei Schadstellen traten Feuchtflecken ($> 25 \text{ cm}^2$) und an einer Schadstelle eine Fließfahne ($\geq 40 \text{ cm}$) auf. Entsprechend waren an allen vier Schadstellen Auffälligkeiten hinsichtlich des Kriteriums „Infiltration“ vorhanden.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 2,6 bewertet.

Die **Schutzwirkung** wird mit der Note 1,0 beurteilt. Für das System liegt ein Prüfbericht gemäß den DIBt-Zulassungsvoraussetzungen (Silikat-Mörtelbeschichtung) vor. Entsprechend konnte die Schutzwirkung nachgewiesen werden. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten keine Auffälligkeiten.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 3,0 vergeben. Es konnte die „Fremdüberwachung“ und jeweils ein Teil der „Verfahrensbeschreibung (Technische Merkblätter)“ sowie der „Schulungen (Schulung des Sanierers)“ nachgewiesen werden.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** keine Auffälligkeit
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 0 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** nicht bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung $> 150 \%$

8.12 MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG mit Ombran MHP

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“ MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Ombran MHP

Sanierungsfirma: Heikaus KS Kanalsanierungen GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: Ausreichend (3,6)	
Systemprüfungen (85 %):	4,0
Fremdwasser-Dichtheit (40 %):	3,1
Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %):	2,6
Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %):	3,3
Tragwirkung (20 %):	5,0
Robustheit (20 %):	6,0
Abnahme-Eindruck (15 %):	3,2
Schutzwirkung (5 %):	2,0
Qualitätssicherung (15 %):	1,0



Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 3,1 bewertet. Bei der Kurzzeit-Bewertung konnten 3 Feuchtflecken ($1x \leq 25 \text{ cm}^2$; $2x > 25 \text{ cm}^2$) an der „Undichten Ringfuge“ festgestellt werden. Zudem kam es zu einer Zustandsveränderung von einem Feuchtfleck $\leq 25 \text{ cm}^2$ zu einem Feuchtfleck $> 25 \text{ cm}^2$. Ein weiterer Feuchtfleck ($\leq 25 \text{ cm}^2$) konnte bei der Langzeit-Bewertung festgestellt werden.

Die **Tragwirkung** wird durch Haftverbund hergestellt. Hier erreicht das System ein mangelhaftes Ergebnis (Note 5,0). Es traten Zugspannungsüberschreitungen ($2x$ „Undichten Ringfugen“ und $1x$ „Übrigen Schachtwand“) und $4x$ Hohllagen an der „Übrigen Schachtwand“ auf.

Bei der **Robustheit** gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erzielt das System ein ungenügendes Ergebnis (Note 6,0). Es traten $2x$ Hohllagen („mangelhafter Verbund im Umfeld“) und $3x$ Zugspannungsüberschreitungen auf. An jeweils zwei Schadstellen waren Feuchtflecken ($> 25 \text{ cm}^2$) und Fließfahnen ($\geq 40 \text{ cm}$) erkennbar. Entsprechend waren an allen vier Schadstellen Auffälligkeiten mit Blick auf das Kriterium „Infiltration“ vorhanden.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 3,2 bewertet.

Die **Schutzwirkung** wird mit der Note 2,0 beurteilt. Für das System liegt eine DIBt-Zulassung (Mörtelbeschichtung) vor. Entsprechend konnte die Schutzwirkung nachgewiesen werden. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten keine Auffälligkeiten.

Bei der **Qualitätssicherung** wurden sämtliche Kriterien erfüllt (Note 1,0).

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** keine Auffälligkeiten
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** 1 von 18 Steigeisen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Haftverbund
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung $> 150 \%$

9 Fazit

Schachtsanierung ist mit marktüblichen Systemen zuverlässig möglich

Im IKT-Warentest zeigten die Systeme, dass eine zuverlässige Schachtsanierung auch bei späterer Grundwasserbelastung möglich ist. Die Bandbreite der einzelnen Systemnoten ist allerdings groß, von „GUT“ bis „AUSREICHEND“.

Mängel in der Untergrundvorbereitung führten im Einzelfall zu Systemversagen

Eines der Beschichtungssysteme war nicht bewertbar, da es sich als äußerst empfindlich gegenüber punktuellen Mängeln in der Untergrundvorbereitung erwies (Testkriterium „Robustheit“). Ausgehend von im Test eigens provozierten lokalen Schwachstellen (Trennmittel) entwickelten sich unter Außenwasserdruck riesige Blasen, die einen weiteren Einstieg verhinderten. Weitere Systeme zeigten an diesen Stellen Risse, Blasen, Hohllagenvergrößerungen und Undichtheiten.

Dichtheitsverhalten frühzeitig erkennbar, wenn Grundwasser ansteht

Zeigten sich die Sanierungen direkt nach erster Grundwasserbelastung als dicht, so wurden i.d.R. auch bei erhöhter und längerer Grundwasserbelastung keine weiteren Qualitätsmängel mehr beobachtet. Eine Bauabnahme bei anstehendem Grundwasser ist zu empfehlen.

Tragsicherheit bei einigen Systemen kritisch oder unbekannt

Die Untersuchungen zur Tragwirkung der unterschiedlichen Systeme zeigten ein sehr differenziertes Ergebnis. Einige Systeme, die auf Haftverbund setzen, wiesen großflächige Hohlstellenbereiche und Rissbildung auf und wurden mit „MANGELHAFT“ benotet, andere schlossen überzeugend mit „SEHR GUT“ ab. Für die beiden selbsttragenden Auskleidungen und ein System mit Rückverankerung von Tragelementen konnte lediglich in einem Fall ein statischer Nachweis vorgelegt werden, für die beiden anderen Systeme bleibt die Tragsicherheit unbekannt.

Schutzwirkung bei einer Vielzahl der Systeme unklar

Lediglich 4 von 13 Anbietern konnten Nachweise für den Einsatz der Materialien bzw. Systeme in Abwasseranlagen vorlegen. Bei Stichprobenuntersuchungen (Einlagerungsversuche) zeigten sich allerdings keine Auffälligkeiten.

Qualitätssicherung ist sehr lückenhaft

Die Mehrzahl der Systemanbieter/ Sanierungsdienstleister konnte nur vereinzelt Schulungsnachweise, Prüfzeugnisse, DIBt-Zulassungen etc. vorweisen. Insgesamt zeigten sich große Lücken.

MAC-Messung belegt Mittragwirkung

Die zerstörungsfreie MAC-Messung mittels Horizontalpressen zeigte, dass alle Beschichtungen sowie Auskleidungen mit vollflächigem Kontakt/Verbund zur Altschacht-Wandung einen nennenswerten Beitrag zur Wiederherstellung der horizontalen Ringsteifigkeit leisten können. Auch bei gerissenem Altschachtring wurden vielfach die Werte eines intakten Systems wieder erreicht oder sogar übertroffen.

Abnahme-Eindruck der Netzbetreiber bestätigt Test-Ergebnisse

Die unmittelbare Bewertung der Gewerke durch die Vertreter der kommunalen Netzbetreiber (Abnahme-Eindruck bei Schachteinstieg) deckte sich weitgehend mit den Ergebnissen der umfangreichen Warentest-Prüfungen. Dies setzt allerdings eine besondere Erfahrung der einzelnen Mitarbeiter voraus.

10 Anhang

Nachfolgend finden sich die Stellungnahmen zweier Systemanbieter hinsichtlich ihrer Bedenken für die Teilnahme am IKT-Warentest „Schachtsanierung“.

Anhang I: Seite 1

Schreiben von MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG (07.10.2014)

MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG Postfach 23 03 09 45071 Essen

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Herrn Dipl.-Ing. (FH) Serdar Ulutaş, MBA
Exterbruch 1
45866 Gelsenkirchen



MC-Bauchemie
Müller GmbH & Co. KG

ombran

Am Kruppwald 1-8
46238 Bottrop
Tel.: +49 (0) 20 41-101 196
Fax: +49 (0) 20 41-101 188

www.mc-bauchemie.de
info@mc-bauchemie.de

7. Oktober 2014
Tel.: + 49 (0) 20 41-101-196
Meßmann/SH

Warentest zum Thema „Sanierung von Abwasserschächten“

Sehr geehrter Herr Ulutaş,
sehr geehrte Damen und Herren

vielen Dank für Ihre Anfrage zur Teilnahme an einem Warentest zum Thema „Sanierung von Abwasserschächten“ mit unserem Spezialmörtel ombran MHP am 01. und 02. Dezember 2014 in Ihrem Hause.

Als Hersteller von Schutz- und Sanierungsprodukten für abwassertechnische Anlagen mit langjähriger Produkterfahrung begrüßen wir es, dass eines unserer Produkte von Ihrem projektbegleitenden Lenkungskreis „Abwasserschächte“ für die Teilnahme an dem Warentest ausgewählt wurde.

Aufgrund der in Ihrer Anfrage vom 23. September 2014 bereitgestellten Informationen zu den Modalitäten des Tests möchten wir aber von einer pauschalen Zusage einer Teilnahme absehen.

Unserer Meinung nach handelt es sich bei diesem Test nicht um einen klassischen Warentest, bei dem die ausgewählten Sanierungsprodukte unter realitätsnahen Bedingungen geprüft werden, sondern um einen extremen Härtestest für die Materialien. Die Materialien werden darin Schadensszenarien des Untergrundes ausgesetzt, die zwar theoretisch vorkommen könnten, aber durch die üblichen vorbereitenden Maßnahmen zur Herstellung eines beschichtungsgerechten Untergrundes gemäß anerkannter Regeln der Technik ausgeschlossen sind. Eine Abweichung von den anerkannten Regeln der Technik stellt einen klaren Verarbeitungsfehler dar, für deren technische Kompensation die Sanierungsprodukte herstellenseitig nicht ausgelegt werden können. Dabei sind speziell die Druckwasserbelastung von flächig mittels Fettschicht enthafteten Bereichen sowie die undichten Schachtringfugen ohne vorherige Abdichtung und Reprofilierung zu nennen.

Bereits in einem Vorgespräch im August 2014 zwischen Ihnen und einem Mitarbeiter unseres Hauses wurden Bedenken ggü. den geplanten Schadensbildern geäußert. Diese Bedenken wurden aber Ihrerseits durch Verweis auf die Entscheidung des Lenkungskreises „Abwasserschächte“ entkräftet und nicht zur weiteren Diskussion gestellt.

Rechtsform: KG, Sitz: Essen, HR A 1052 Amtsgericht Essen, persönlich haftende Gesellschafter: Josef Verhoven, MC-Bauchemie Müller GmbH, HR B 888 Amtsgericht Essen, Geschäftsführer: Hilde Müller, Dr. Ing. Claus-M. Müller.
Bei Angeboten, Auftragsbestätigungen und Lieferungen gelten unsere Verkaufs-, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen.

Anhang I: Seite 2

Schreiben von MC Bauchemie Müller GmbH & Co. KG (07.10.2014)



Seite 2 von 2 zum Schreiben vom 07.10.2014

Grundsätzlich begrüßen wir Ihre Arbeit, marktübergreifend verschiedenste Kanalsanierungsprodukte auf Ihre Praxiseignung zu überprüfen. Auch im aktuell geplanten Warentest halten wir bspw. Prüfungen mittels des MAC-Verfahrens hinsichtlich der statischen Ertüchtigung von Schächten durch Mörtelauftrag für hochinteressant. Jedoch würden wir uns als im Markt etablierter Hersteller wünschen, zukünftig bereits in der Planungsphase solcher Warentests neben den kommunalen Vertretern eingebunden zu sein. Somit könnten Anregungen und mögliche Bedenken hinsichtlich der Umsetzung der Tests frühzeitig eingebracht werden. Schließlich muss es Ziel eines Warentests sein, einen Überblick über die Produktqualität vorhandener Produkte zu geben und nicht, diese „kaputt“ zu prüfen.

Einer Teilnahme an dem in der aktuellen Form geplanten Warentest würden wir nur zustimmen, wenn marktübergreifend alle verfügbaren Mörtelsysteme gemäß diesem auf Hervorbringen eines Schadensbildes ausgelegten Test überprüft werden. Alternativ müsste der Test derart realitätsnah modifiziert werden, dass die Schadensstellen gemäß den anerkannten Regeln der Technik vorbereitet und erst dann mit dem Sanierungsmörtel überarbeitet werden.

Für einen fachlichen Austausch hinsichtlich unserer Bedenken ggü. dem geplanten Warentest bzw. für eine Abstimmung hinsichtlich möglicher Modifikationen stehen Ihnen Herr Goldschmidt und Herr Meßmann gerne telefonisch oder im persönlichen Gespräch zur Verfügung. Ferner regen wir eine Diskussion gemeinsam mit dem Lenkungskreis zu diesem Sachverhalt an und erwarten hierzu gerne Ihre Terminvorschläge.

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an unseren Produktmanager Herrn Sven Meßmann. Sie erreichen ihn unter der Rufnummer +49 (0) 163 / 310 13 68

Mit freundlichem Gruß


Sven Meßmann
Markus Lebek

Anhang II:

E-Mail von Hermes Technologie GmbH & Co. KG (15.10.2014)

Sehr geehrter Herr Gillar,

wie gestern am 14.10.14 telefonisch besprochen, haben wir bedenken unter den gegebenen Bedingungen am Warentest Schachtsanierung teilzunehmen. Zwei Punkte würden wir gerne mit Ihrem Hause und den Netzbetreibern diskutieren.

1. Flächiger Schaden mit Haftungsverlust
2. 5m Schacht in Handbeschichtung

Besonders zu Punkt 1 haben wir Bedenken bezüglich der Darstellung von positiven bzw. negativen Ergebnissen.

Zusammen mit Vertretern der MC-Bauchemie, die unsere Bedenken teilen, würden wir gerne wie oben bereits erwähnt, den Sachverhalt mit Ihnen und den Netzbetreibern diskutieren. Dieser Termin kann bei uns, der MC oder bei Ihnen stattfinden.

Mit freundlichen Grüßen
Michele Colonna

Dipl.-Ing. Michele Colonna
Prokurist



Bürenbrucher Weg 1a, D-58239 Schwerte
Phone: 0049 (0) 2304 97123 - 14
Fax: 0049 (0) 2304 97123 - 45
Mobile: 0049 (0) 173 5112215

E-Mail: colonna@hermes-technologie.de
Internet: <http://www.hermes-technologie.com>

11 Literatur

- [1] Bosseler, B.; Gillar, M.; Liebscher, M.; Ulutaş, S.: Bericht zum Forschungsvorhaben „Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten – IKT-Warentest Schachtsanierung“, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, März 2016.
- [2] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.: DWA M 143 - 17: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 17: Beschichtung von Abwasserleitungen, -kanälen und Schächten mit zementgebundenen mineralischen Mörteln. Hennef: DWA, Dezember 2006.
- [3] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 1610: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Berlin: Beuth Verlag GmbH, Dezember 2015.