IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Gelsenkirchen
www.ikt.de

IKT-Warentest

„Schachtsanierung“

Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung mit SF-Schachtliner

Gelsenkirchen, Mai 2018

Projekt: IKT-Warentest „Schachtsanierung“
Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung mit SF-Schachtliner

Auftraggeber:

Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung
Hauptstraße 2
55483 Schlierschied

Auftragnehmer:

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

IKT-Warentest-Leitung/-Bearbeitung: Dipl.-Ing. (FH) S. Ulutaş, MBA
Dipl.-Ing. M. Gillar
S. Busch, M.Sc.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Inhaltsverzeichnis

1 VERANLASSUNG ... 1

2 SANIERUNGSAUFGABE ... 1

2.1 SCHADENSBILDER ... 1

2.2 VERSUCHSAUFBAU ... 2

2.3 PRÜFPROGRAMM ... 4

3 SWIETELSKY-FABER SF-SCHACHTLINER ... 5

3.1 ANBIETERINFORMATIONEN ... 5

3.2 BAUTECHNISCHE UMSETZUNG IM IKT-VERSUCHSSTAND ... 7

3.3 VERSUCHSERGEBNISSE ... 9

4 BEWERTUNGSSCHEMA ... 14

4.1 ÜBERBLICK ... 14

4.2 SYSTEMPRÜFUNGEN ... 16

4.3 QUALITÄTSSICHERUNG DER ANBIETER ... 26

4.4 BAUSTELLENUNTERSUCHUNGEN ... 28

5 TESTERGEBNIS IKT-WARENTEST „SCHACHTSANIERUNG“ ... 29

5.1 PRÜFURTEIL „SF-SCHACHTLINER“ ... 29

5.2 SYSTEMPRÜFUNGEN ... 31

5.2.1 Fremdwasser-Dichtheit ... 32

5.2.2 Tragwirkung ... 34

5.2.3 Robustheit ... 35

5.2.4 Abnahme-Eindruck ... 37

5.2.5 Schutzwirkung ... 39

5.3 QUALITÄTSSICHERUNG DES ANBIETERS ... 43

5.4 BAUSTELLENUNTERSUCHUNGEN ... 44

6 WARENTEST-PRÜFZEUGNIS SWIETELSKY-FABER GMBH KANALSANIERUNG MIT SF-SCHACHTLINER ... 49

7 LITERATUR ... 51

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

1 Veranlassung

Im Dezember 2016 beauftragte die Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung das IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur in Gelsenkirchen mit der Prüfung des SF-Schachtliners[1] gemäß dem Prüfprogramm des IKT-Warentests „Schachtsanierung“ [1]. Der Test dient zur Prüfung der Praxistauglichkeit von Schachtsanierungen für die Kanalisationstechnik. Untersucht wurden dafür die folgenden Bewertungskriterien sowohl nach Einbau als auch nach baulichen bzw. betrieblichen Belastungen:

- Dichtheit
- Standsicherheit
- Betriebssicherheit

Alle Testinhalte – vom Prüfprogramm bis zur Bewertung – wurden gemeinsam mit den am IKT-Warentest „Schachtsanierung“ beteiligten 17 Netzbetreibern entwickelt. Somit werden Praxis- und Betriebserfahrungen der Netzbetreiber mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen des IKT verbunden. Zentraler Ausgangspunkt sind die Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber.

Der IKT-Warentest „Schachtsanierung“ beinhaltet drei Untersuchungsschwerpunkte:

- **Systemprüfungen**, zur Bestimmung und Bewertung der Qualität unter realitätsnahen Bedingungen in reproduzierbaren 1:1-Laborversuchen.
- **Qualitätssicherung**, zur Bestimmung und Bewertung der Qualitätssicherungs-Maßnahmen des Anbieters, z.B. durch Schulungsangebote, Verfahrenshandbücher, Fremdüberwachung.
- **Baustellen-Untersuchungen**, zur Überprüfung der Plausibilität des Einsatzes unter den o. a. Laborbedingungen. Hinterfragt wurde insbesondere, inwieweit die im Rahmen der Systemprüfungen eingesetzten Methoden und Verfahren der tatsächlich in der Praxis üblichen Vorgehensweise entsprachen.

Die Prüfungsergebnisse werden nach dem Bewertungsschema des IKT-Warentests „Schachtsanierung“ beurteilt [1].

2 Sanierungsaufgabe

2.1 Schadensbilder

Die beteiligten Netzbetreiber legten folgende Schadensbilder für den Betonschacht fest (vgl. Bild 1 A-D):

- **8x „Einzelschaden“:** Punktuelle Schadstelle als Bohrloch mit 10 mm Durchmesser.

[1] Bei dem System SF-Schachtliner handelt es sich laut Schreiben der SAERTEX multiCom® GmbH vom 12.04.2018 um das gleiche System wie es auch beim SAERTEX-LINER® Typ S+ eingesetzt wird.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

- **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 Trennmittelfläche (10 x 10 cm)

D: 1x Flächiger Schaden mit großer Trennmittelfläche (20 x 20 cm)

Bild 1 Schadensbilder im IKT-Warentest „Schachtsanierung“

2.2 Versuchsaufbau

Der in der IKT-Versuchshalle errichtete Versuchsstand (vgl. Bild 2) ermöglicht den Test eines einzelnen Systems bei Berücksichtigung vergleichbarer Belastungssituationen aus dem Hauptprojekt [1]. Da in diesem Versuchsstand der Einbau von Boden nicht vorgesehen ist, wurde für die Untersuchungen zur Mittragwirkung des eingebauten Sanierungssystems ein Boden analog zu [2] simuliert. Im Ergebnis sind dafür EPDM-Matten von 22 mm Stärke mit Edelstahl-Bändern (Breite 19 mm) im Abstand von 5 cm fixiert worden.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Bild 2 Ansicht des Einzelprüfstands von außen (links) und von innen noch ohne Konus (rechts)

Bild 3 zeigt eine Skizze des Schachtaufbaus mit Angaben zu Wasserständen über Schadstellen und Ausbildung der Schäden in schematischer Darstellung. Bei der Versuchsdurchführung konnte auf die Betonfertigteil-Abdeckplatte als Auftriebssicherung verzichtet werden.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

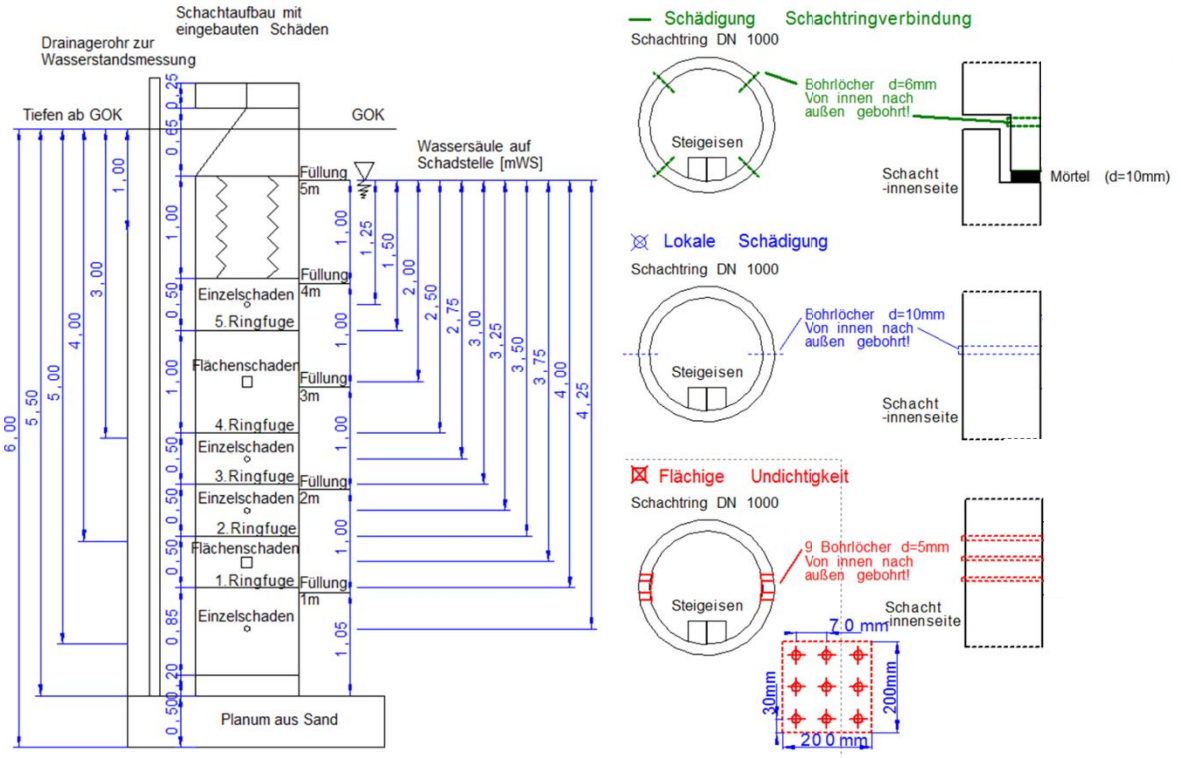


Bild 3 Skizze des Schachtaufbaus mit Angaben zu Wasserständen über Schadstellen (links) und Ausbildung der Schäden in schematischer Darstellung (rechts)

2.3 Prüfprogramm

Nach Abschluss der Schachtsanierung (ohne Grundwassereinfluss) begannen die eigentlichen Systemprüfungen (Prüfprogramm). Dabei standen Belastungen aus Außenwasserdruck im Vordergrund (Fremdwassersanierung):

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

Nach jedem Anheben des Wasserstandes ist der Schacht inspiziert worden. Nach Erreichen des maximalen Wasserstandes von ca. 5 Metern wurde der Schacht wöchentlich weiterhin optisch und akustisch inspiziert. Während der Inspektionen sind Undichtheiten, Hohlstellen, Risse und andere Auffälligkeiten protokolliert worden.

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

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

3 Swietelsky-Faber SF-Schachtliner

3.1 Anbieterinformationen

Für das System SF-Schachtliner hat der Anbieter Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung eine Verfahrensbeschreibung [3] erstellt. Die hier beschriebenen und bebilderten Verfahrensschritte sind gemäß Anbieter beim Einbau des Systems erforderlich. Die wesentlichen Arbeitsschritte werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt (vgl. Bild 4 A-F):

Vorarbeiten:

- Vorbereitung des Altschachtes: Reinigen des Altschachtes sowie verschließen von Fehlstellen, Unebenheiten und Undichtigkeiten mit einem geeigneten Reparaturmörtel (im Laborversuch aufgrund der Verwendung von werksneuen Bauteilen nicht erforderlich). Des Weiteren sind einragende Hindernisse, insbesondere Steigeisen und Anschlüsse zu entfernen.
- Die Ausgleichsringe, der Konus und der Schachtkörper werden auf der Außenfolie angezeichnet und zugeschnitten.
- Der Liner wird am unteren Ende auf die Länge des Schachtes angepasst.
- Einziehen der Innenfolie: Im Bereich des Schachtbodens wird die Innenfolie verschlossen. Am Schachthals wird die Innenfolie an einen Packer angebunden.

Einbau des Schachtliners:

- Einbringen des Liners in den Schacht mithilfe eines Krans.
- Einsetzen des Lichtkerns in den Packer. Anschließend wird der Liner mit Druckluft beaufschlagt und die UV-Lampen werden zur Aushärtung gezündet.

Nacharbeiten:

- Entfernen von überschüssigen Linerteilen und der Innenfolie.
- Anbinden des Liners im Bermen- und Gerinnebereich durch GFK-Handlaminate. Dazu werden im Schachtunterteil GFK-Platten an der Schachtwand rückverankert eingebaut und in einem weiteren Schritt mit ECR-Glasfasermatten und einem EP-Harz überlaminiert. Zuläufe in der Schachtwand werden, sofern vorhanden, geöffnet und ebenfalls mit GFK-Handlaminat angebunden.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

A: Innenfolie zum Zopf gebunden

B: Fixierung des Packers am Liner

C: Vorbereiteter Schacht mit abgedecktem Gerinne

D: Einführen des Liners in den Schacht

E: Einbringen des Lichtkerns

F: Anzeichnen und Kürzen des Schachtliners

Bild 4 Verfahrensschritte für den Einbau eines SF-Schachtliners [3]

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

3.2 Bautechnische Umsetzung im IKT-Versuchsstand

In nachstehender Tabelle 1 sind wesentliche Informationen zu dieser Schachtsanierung aufgelistet.

Tabelle 1 Informationen zur Schachtsanierung

Anbieter	**Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung**
System (Material „Schachtkörper“)	SF-Schachtliner[1]
Material „Schachtboden“	Handlaminat: ECR-Glas, Basisharz: Polyester
„Schachtkörper“ eingebaut durch	Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung, Sanierungskolonne Standort Saaldorf-Surheim
„Schachtboden“ eingebaut durch	GFK/tec GmbH, Leinefelde-Worbis
1) Untergrundvorbereitung	
Art der Untergrundvorbereitung	Entfernen von Steigeisen mittels Trennschleifer
Durchführung der Untergrundvorbereitung	-
Herstellerangaben zum Gerät (Druck / Durchfluss)	-
Zeitaufwand	1,5 h
Arbeitsweise	-
2) Sanierungsdurchführung	
Grundierung aufgebracht (ja/nein)	nein
Applikationstechnik (händisch/maschinell)	händisch
Ausführung (Geräte, Werkzeuge)	Kompressor, Kran (Kranbahn IKT)
Nachbearbeitung des Materials (ja/nein)	nein
Handlaminat: Abstand Bohrlöcher rückverankerte GFK-Platten	Bodenplatte: 16 Bohrlöcher á 30 cm Abstand Schachtwand: 2 Löcher á 80 cm (3 Reihen)
Handlaminat: Verbrauch Harz	14 l 2-K Polyesterharz
Handlaminat: Verbrauch Mörtel	ca, 1 kg Ergelit 10SD
Liner: Aushärtungszeit/ Aushärtungsart	ca. 2,5 h/ UV-Licht
Sanierungsdauer	ca. 11 h
3) Nacharbeiten	
Nachbehandlungsmittel (ja/nein)	nein
Oberflächenschutz (ja/nein)	nein
Abschließende Arbeiten (z. B. Aufräumarbeiten, ggf. Reinigung)	ja, Aufräumarbeiten
Zeitaufwand	ca. 10 Min.
4) Zusatzinformationen	
Gesamtzeit der Arbeiten	ca. 12,5 h
Einsatztage vor Ort	1,5 d

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Auskleidungsarbeiten

Die Sanierungsfirma führte keine Untergrundvorbereitung oder Reinigung des Schachtkörpers durch, da für das Sanierungssystem nach Aussage des Anbieters kein Verbund zum Untergrund erforderlich ist. Entsprechend ist die Oberflächeneigenschaften eines Neubauteiles ausreichend.

Vor dem Einbau des Schlauchliner-Systems mussten verfahrensbedingt die Steigeisen entfernt werden. In dem zu sanierenden Schacht wurde ein Schlauchliner mit einer Länge von 4,20 m zuzüglich der Länge des Schachtkonus eingebaut (vgl. Bild 5 links oben, rechts oben). Nach Einsetzen des Liners wird dieser mit Druckluft an die Schachtwand angepresst und durch UV-Licht ausgehärtet (Bild 5, links unten). In das Schachtunterteil wurden 2 mm starke GFK-Platten an der Schachtwand und am Schachtboden rückverankert eingebaut und in einem weiteren Schritt mit ECR-Glasfasermatten und einem UP-Harz überlaminiert (vgl. Bild 5, rechts unten).

Bild 5 Vorbereiten des Liners (links oben), Einbau des Liners in den Schacht (rechts oben), Einbringen der UV-Lampe (links unten) sowie Rückverankern und Laminieren des Schachtunterteils (rechts unten)

Auffälligkeiten bei der Sanierung

Bei der Sanierung des Schachtes wurden keine Auffälligkeiten, wie z. B. fehlerhafte technische Ausrüstung oder grobe Missachtung von Vorgaben des Verfahrenshandbuches festgestellt.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

3.3 Versuchsergebnisse

Inspektionsergebnisse nach Sanierung (ohne Grundwasser)
Es wurden keine Auffälligkeiten festgestellt (vgl. Bild 6,links). Bild 6, rechts, zeigt die Anbindung des Handlaminats (gelb) an den SF-Schachtliner (grün) und eine Schadstelle „Flächiger Schaden“ jeweils ohne Auffälligkeiten.

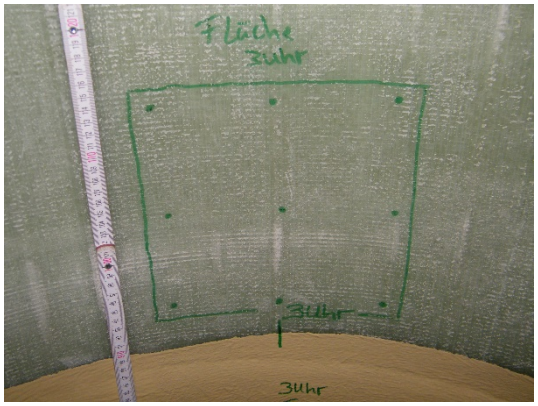


Bild 6 Blick in den sanierten Schacht (links), Anbindung des Handlaminates an den SF-Schachtliner jeweils ohne Auffälligkeiten (rechts)

Inspektionsergebnisse nach Kurzzeit-AWD-Belastung 5 m
Nach der Befüllung des Versuchsstandes in 1-Meter-Schritten war nach ca. 2,5 Wochen der Maximalwasserstand erreicht, so dass das Sanierungssystem nach Ablauf der Kurzzeitbelastung inspiziert werden konnte. Im Ergebnis wurden keine Auffälligkeiten an der Auskleidung festgestellt.

Inspektionsergebnisse nach Langzeit-AWD-Belastung 5 m
Nach fünf Wochen Langzeit-AWD-Belastung 5 m zeigte sich im Übergangsbereich zwischen Konus und oberstem Schachtring (gegenüberliegende Seite der Steigeisen) eine Undichtigkeit in Form einer Tropfenbildung (vgl. Bild 7, links). Darüber hinaus wurden nach sieben Wochen Langzeit-AWD-Belastung 5 m Aufwölbungen von ca. 2 mm in der Bodenplatte (vgl. Bild 7, rechts) festgestellt.

Nach zweimonatiger Haltezeit des Maximalwasserstandes wurde die Sanierung abschließend inspiziert. Eine nennenswerte Veränderung der beschriebenen Auffälligkeiten über die weitere Versuchslaufzeit war nicht erkennbar.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

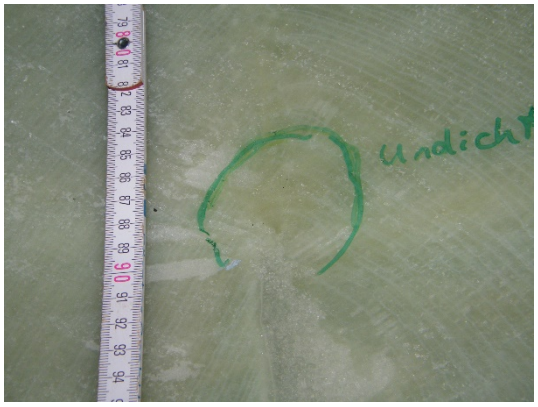
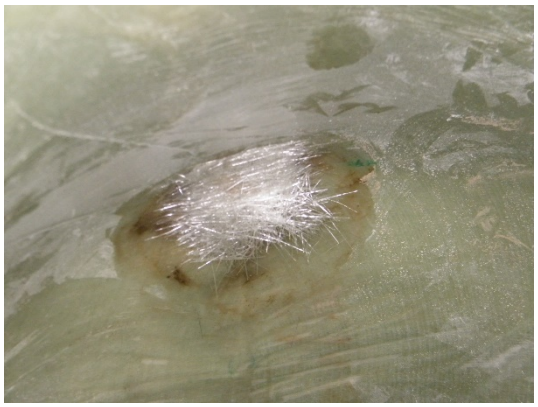


Bild 7 Undichtigkeit zwischen Konus und Schachtring (links), Lage der Aufwölbungen im Handlaminat in der Schachtsohle (rechts, vgl. rote Markierungen)

Inspektionsergebnisse nach Reparatur von Schadstellen bei AWD-Belastung 5 m

Ab der 10. Woche AWD-Belastung konnten Reparaturen an den aufgetretenen Auffälligkeiten durchgeführt werden. Dafür wurde von der Fa. Swietelsky-Faber ein Mängelbeseitigungskonzept eingereicht. Die Reparatur wurde von der Fa. GFK/tec durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde die Lineroberfläche im Bereich der Undichtigkeit angeschliffen bzw. aufgeraut. Anschließend wurde der Wassereindrang mit Stopfmörtel unterbunden. Über der abgedichteten Schadstelle wurden sieben Lagen (Abmessungen: ca. 10x10 cm) GFK-Handlaminat aufgebracht (vgl. Bild 8). Da die Wölbungen in der Bodenplatte nach Aussage der Firma keinen Einfluss auf die Dichtheit, Standsicherheit und Betriebstauglichkeit haben, wurde hier von einer Reparatur abgesehen.



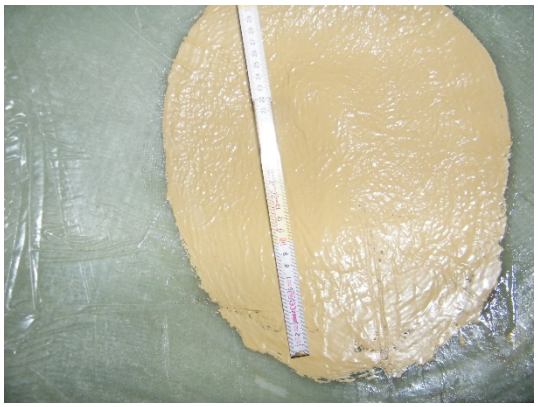


Bild 8 Reparatur der Undichtigkeit mittels Handlaminat (links), Ergebnis der Reparaturmaßnahme (rechts)

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

In Bild 9 sind exemplarisch Bereiche von sanierten Schadstellen ohne Auffälligkeiten aufgeführt. Diese Bilder geben den Zustand des Sanierungssystems über die gesamte Versuchszeit wieder.

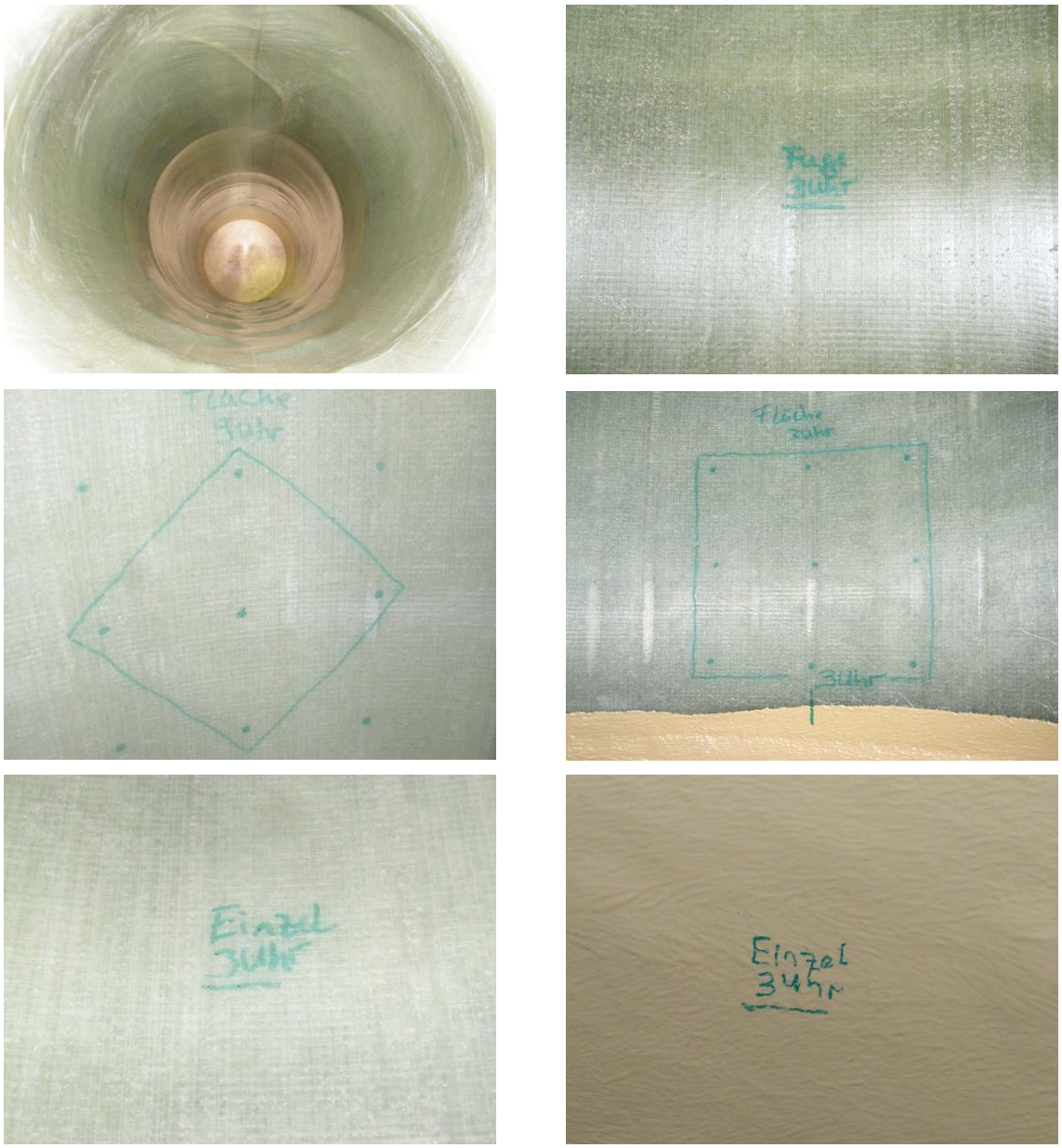


Bild 9 Sanierungssystem ohne Auffälligkeiten: Blick in den sanierten Schacht zum Versuchsende (links oben), Bereich einer Ringfuge des Altschachtes ohne Auffälligkeiten (rechts oben), Bereiche des „Flächigen Schadens“ (links und rechts mittig), Einzelschäden im Bereich des SF-Schachtliners (links unten) und des Handlaminates (rechts unten)

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Auffälligkeiten bei Ausbau des Liners

Nach Abschluss des Prüfprogramms wurde der SF-Schachtliner aus dem IKT-Versuchsstand ausgebaut. Dabei konnten Auffälligkeiten in Form von Hohlräumen zwischen dem Betonschacht und dem SF-Schachtliner festgestellt werden. Während diese Hohlstellen im Bereich der ausgebauten Steigeisen wenige Millimeter betrugen, konnte auf der gegenüberliegenden Seite ein Hohlraum von ca. 8,5 cm festgestellt werden (vgl. Bild 10). Dieser Hohlraum erzeugt eine versetzte Querschnitts-reduzierung im Übergangsbereich zwischen Konus und Schachtkörper. In allen weiteren Bereichen lag der Liner am Betonschacht an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das System planmäßig ohne Verbund zum Altschacht eingebaut wird.

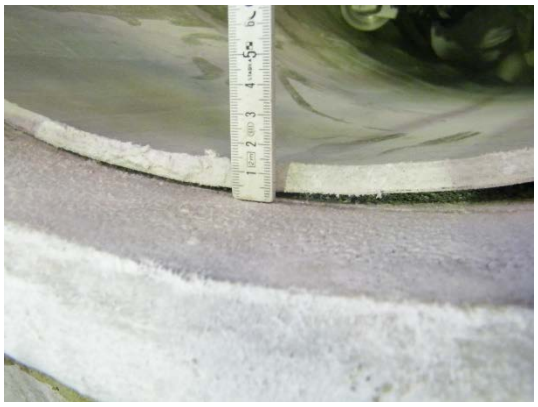


Bild 10 Hohlraumbildung im Übergangsbereich zwischen Konus und Schachtkörper (Blick von oben auf obersten Schachtring): Hohlraum auf Seite der Steigeisen (links), Hohlraum auf der gegenüberliegender Seite (rechts)

Entwicklung der Dichtheit

In Bild 11 sind Zustände und ggf. Veränderungen der Fremdwasser-Dichtheit in Abhängigkeit der Wasserhöhe in Meter über der jeweiligen Schadstelle abgebildet. Die Ergebnisse sind mittels Ampelfarben dargestellt, die mit Blick auf die gelbe Farbe noch in Gelb-Grün/Gelb/Gelb-Rot unterschieden werden (Rot = Infiltration, Gelb-Rot = Feuchtefleck mit Fließfahne > 40 cm, Gelb = Feuchtefleck ≥ 25 cm², Gelb-Grün = Feuchtefleck < 25 cm², Grün = keine Auffälligkeit).

Schaden	Druck (mWS)	AWD 0m	AWD 1m	AWD 2m	AWD 3m	AWD 4m	AWD 5m Kurzzeit	AWD 5m 1. Wo.	AWD 5m 2. Wo.	AWD 5m 3. Wo.	AWD 5m 4. Wo.	AWD 5m 5. Wo.	AWD 5m 6. Wo.	AWD 5m 7. Wo.	AWD 5m 8. Wo.	AWD 5m 9. Wo. (LZ)	AWD 5m 10. Wo.	AWD 5m 11. Wo.	AWD 5m 12. Wo.
Einzel-schaden	1,25																		
	2,75																		
	3,25																		
	4,25																		
Undichte Ringfuge	1,5																		
	2,5																		
	3																		
	3,5																		
	4																		
Flächen-schaden	2,00																		
	3,75																		

Bild 11 SF-Schachtliner: Darstellung der Dichtheits-Entwicklung aller planmäßig im Altschacht eingebauten Schäden über die gesamte Versuchsdauer

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Dichtheitsprüfungen, Auskleidungsdicke

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse von Dichtheitsprüfungen (gem. DIN EN 1610 [5]) und Biegespannung bei Bruch sowie der Auskleidungsdicke dargestellt.

Tabelle 2 SF-Schachtliner: Ergebnisse von Dichtheitsprüfungen nach Sanierung und Versuchsende sowie stichprobenhafter Überprüfung der Materialstärke (Wanddicke des Liners)

Kriterium		**Ergebnisse**
Dichtheitsprüfung	nach Sanierung	bestanden
	nach Versuchsende	bestanden
SF-Schachtliner		
Biegespannung beim Bruch	Mittel	537 MPa
	kleinster Einzelwert	489 MPa
Verbunddicke	Mittel	7,8 mm
	kleinster Einzelwert	7,7 mm
Auskleidungsdicke Schachtliner	Mittel	8,5 mm
	kleinster Einzelwert	8,4 mm
GFK-Handlaminat		
Biegespannung beim Bruch	Mittel	180 MPa
	kleinster Einzelwert	159 MPa
Verbunddicke	Mittel	7,0 mm
	kleinster Einzelwert	6,6 mm

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

4 Bewertungsschema

4.1 Überblick

Ziel der IKT-Warentests ist es, am Markt angebotene Produkte, Verfahren bzw. Leistungen zu bewerten, mögliche Verbesserungspotentiale aufzuzeigen und gleichzeitig einen Marktdruck aufzubauen, damit diese Potentiale von den Produkt-, Verfahrens- bzw. Leistungsanbietern auch genutzt werden. Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Produkte, Verfahren bzw. Leistungen gestellt werden und wie diese vor diesem Hintergrund zu bewerten sind. Im 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 3 zeigt das durch den Lenkungskreis des IKT-Warentests festgelegte Bewertungsschema mit den Bewertungsschwerpunkten inkl. Wichtung.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 3 Bewertungsschema (Überblick) mit Wichtung

Bewertungsschema (Überblick)	
Systemprüfungen (85 %)	**Qualitätssicherung der Anbieter (15 %)**
Fremdwasser-Dichtheit (40 %)	Verfahrensbeschreibung: Verfahrenshand-buch (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 – System-prüfun-gen, 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 4.2 und 4.3. dargestellt. In Abschnitt 4.4 werden die Baustellenuntersuchungen beschrieben.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

4.2 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 4) ein.

Tabelle 4 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 5 für jedes Schadensbild jeweils 0 Kritikpunkte vergeben, wenn keine Auffälligkeit (Farbbezeichnung: „Grün“) vorliegt. Für eine erkennbare Auffälligkeit „Feuchtefleck ≤ 25 cm²“ (Farbbezeichnung: „Gelb-Grün“), „Feuchtefleck > 25 cm²“ (Farbbezeichnung: „Gelb“) und „Feuchtefleck mit Fließfahne ≥ 40 cm“ (Farbbezeichnung: Gelb-Rot) werden 0,25, 1,0 bzw. 2,0 Bewertungspunkte vergeben. „Infiltrationen“ (Farbbezeichnung: „Rot“) werden mit 4,0 Punkten bewertet.

Der „Feuchtefleck ≤ 25 cm²“ ist eine typische Größe für ein Schadensbild, welches in der Versuchsreihe identifiziert wurde. Beim „Feuchtefleck > 25 cm²“ werden die übrigen Auffälligkeiten ohne Fließfahne beschrieben. Der „Feuchtefleck mit Fließfahne ≥ 40 cm“ umfasst eine Fließfahne mit erkennbarem Abfluss ≥ 40 cm. Die Fließfahne von ≥ 40 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.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

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 5 ist das Bewertungsschema mit den Kritikpunkten und auf Bild 12 die abschnittsweise lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Fremdwasser-Dichtheit“ dargestellt.

Tabelle 5 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** **Feuchtefleck ≤ 25 cm² – 0,25 / Gelb-Grün** **Feuchtefleck > 25 cm² – 1,0 / Gelb** **Feuchtefleck mit Fließfahne ≥ 40 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

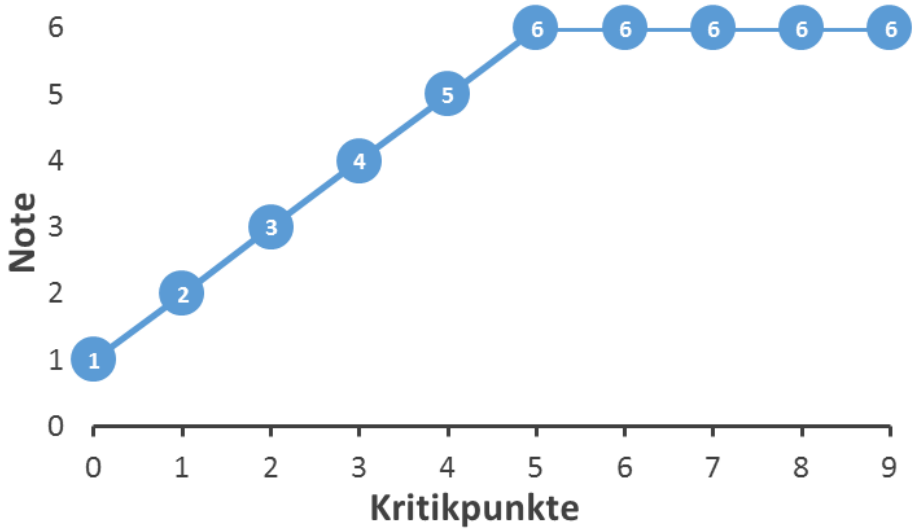


Bild 12 Abschnittsweise lineare Funktion zur Bewertung für das Kriterium „Fremdwasser-Dichtheit“, GW-Belastung von 5 m

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

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 6 gesammelt und nach dem Bewertungsschema in Tabelle 7 benotet. Falls Hohllagen vorhanden sind, werden diese flächengewichtet als „Nullwerte“ in die Mittelwertberechnung der Haftzugprüfungen einbezogen.

Tabelle 6 Fall 1 „Haftverbund“ – Kritikpunkte für das Kriterium „Tragwirkung“

Kritikpunkte „Mangelhafter Verbund“
Mittelwert HZP*: < 0,5 N/mm² – 1 ≤ 0,3 N/mm² – 5 *Die Hohllagen gehen flächengewichtet als Nullwerte in die Berechnung ein.
Hohllagen: ≥ 400 cm² – 1 ≥1600 cm² – 2
Kritikpunkte „Übermäßige Verformung“
keine – 0 ≤ 100 cm² – 1 > 100 cm² – 2
Kritikpunkte „Zugspannungsüberschreitung“
Risse > 0,1 mm – 1 Haarrisse ≤ 0,1 mm (flächig > 400 cm²) – 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 [4]. 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 cm² entspricht dem kleineren „Flächigen Schaden“ (vgl. Bild 1), der eine Fläche von 10 cm x 10 cm aufweist.

Im Kritikpunkt **„Zugspannungsüberschreitung“** werden die Risse in den Sanierungssystemen bewertet. Hierbei werden Risse, die > 0,1 mm stark sind, mit einem

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Kritikpunkt versehen. Zudem gehen Haarrisse ≤ 0,1 mm in die Bewertung ein, wenn diese eine Fläche > 400 cm² aufweisen. Für Risse (z.B. Schwindrisse), die ≤ 0,1 mm und ≤ 400 cm² 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 7 ist das Bewertungsschema für Fall 1 im Kriterium „Tragwirkung“ dargestellt.

Tabelle 7 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 angemessenem 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.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

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 8 ist das Bewertungsschema für Fall 2 für das Kriterium „Tragwirkung“ dargestellt.

Tabelle 8 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 9 sind die unterschiedlichen Kritikpunkte für das Kriterium „Robustheit“ dargestellt.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 9 Kritikpunkte für das Kriterium „Robustheit“

Kritikpunkte „Mangelhafter Verbund im Umfeld“*
Hohllagenvergrößerung/ Lösen der Verankerung: 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 cm²) – 1
Kritikpunkte „Infiltration“
keine – 0 / Grün Feuchtefleck ≤ 25 cm² – 0,25 / Gelb-Grün Feuchtefleck > 25 cm² – 1,0 / Gelb Feuchtefleck 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 10*) linear interpoliert.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

In Tabelle 10 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Robustheit“ dargestellt.

Tabelle 10 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 Lenkungskreis) und anhand von Videodokumentationen mittels IBAK Panoramo SI-Kamera (Lenkungskreis) mit Notenvergabe vorgenommen (vgl. Bild 13).

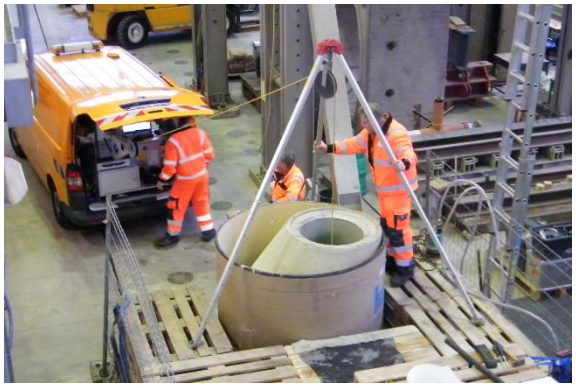


Bild 13 Aufnahme des Eindrucks bei der Bauabnahme durch den Bewertungskreis (links) und Dokumentation des Sanierungszustandes mittels IBAK Panoramo SI-Kamera (rechts)

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 11). Sofern eine Grundwasserbelastung vorliegt, findet zudem eine Beurteilung hinsichtlich der Dichtheit des Abwasserschachtes statt. Im Gegensatz dazu

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

wird durch den Lenkungskreis mittels Videodokumentation lediglich der optischer 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 11 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Abnahme-Eindruck“ dargestellt.

Tabelle 11 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 %)

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

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 die Prüfungen identisch zur DIBt-Zulassungsprüfung durchgeführt worden sind.

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. Die endgültige Notenvergabe erfolgt dann nach pH-Klasse und ggf. bestandener Stichprobenuntersuchung.

Liegt kein o. a. Nachweis vor, wird die Note 6,0 vergeben. Im Falle einer dennoch bestandenen Stichprobenuntersuchung verbessert sich die Note in diesem Fall auf 5,0. Unbekannt und unbewertet bleibt hier die tatsächliche Schutzwirkung.

In der nachfolgenden Tabelle 12 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Schutzwirkung“ dargestellt.

Tabelle 12 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 13).

Tabelle 13 Zusatzinformationen aus Systemprüfung (ohne Benotung)

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

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Mit Blick auf die Bewertung der **„Fremdwasser-Dichtheit“** wird an jedem renovierten Abwasserschacht eine Füllstandsprüfung (max. Wassersäule 5 m) gemäß DIN EN 1610 [5] 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 des Schachtes 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

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

4.3 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.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

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. gerätetechnischer 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. „+/o/-“ (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 14 ist das Bewertungsschema und auf Bild 14 die lineare Funktion für das Kriterium „Qualitätssicherung der Anbieter“ dargestellt.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 14 Bewertungsschema für das Kriterium „Qualitätssicherung der Anbieter“

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

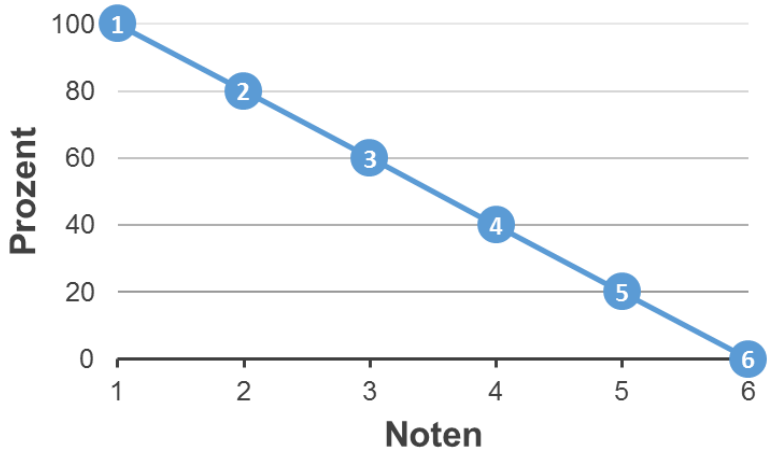


Bild 14 Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Qualitätssicherung der Anbieter“

4.4 Baustellenuntersuchungen

Die Baustellenuntersuchungen dienten 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 „Besonderen Auffälligkeiten“ herangezogen.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5 Testergebnis IKT-Warentest „Schachtsanierung“

In diesem Abschnitt wird das Ergebnis für das Sanierungssystem „SF-Schachtliner“ im IKT-Warentest „Schachtsanierung“ dargestellt. Die Prüfurteile werden aus den Bewertungsschwerpunkten „Systemprüfungen“ (85 %) und „Qualitätssicherung der Anbieter“ (15 %) gebildet.

5.1 Prüfurteil „SF-Schachtliner“

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse des Sanierungssystems „SF-Schachtliner“ in den Bereichen „Systemprüfungen“ und „Qualitätssicherung der Anbieter“ und das gebildete Prüfurteil zusammen. Sie enthält darüber hinaus Zusatzinformationen zu den weiterführenden Prüfungen bei Füllstandsmessung nach Sanierung und Mittragwirkung – MAC-Steifigkeit. Zudem werden Informationen zu undichten Stellen an der Steigtechnik, dem statische System, der Ausführungsart und dem Zeitbedarf für die Untergrundvorbereitung und Sanierung, der Summe der Arbeitszeit und den Einsatztage vor Ort und den Netto-Kosten für die Schachtsanierung angegeben.

Das in diesen vorliegenden Bericht untersuchte Sanierungssystem „SF-Schachtliner“ erzielte die Gesamtnote „sehr gut“ (1,5).

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

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	**Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung**
System	SF-Schachtliner[6]
eingebaut durch	Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung[7]
IKT - Prüfurteil*	**SEHR GUT (1,5)**
Systemprüfungen (85 %)	**sehr gut (1,6)**
Fremdwasser-Dichtheit (40 %)	**1,0**
• Kurzzeit-GW-Belastung, 17,5 d, schrittweise bis 5 m (20 %)	1,0
• Langzeit-GW-Belastung, 67 d, konstant bei 5 m (80 %)	1,0
Tragwirkung (20 %)	**2,0**
Robustheit[1] (20 %) ggü. punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung	**1,0**
Abnahme-Eindruck[2] (15 %)	**2,0**
Schutzwirkung[3] (5 %)	**5,0**
Qualitätssicherung[4] (15 %)	**sehr gut (1,5)**
Verfahrensbeschreibung (20 %): Verfahrenshandbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)	+ +
Schulungen (20 %): Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Herstellers (10 %)	+ +
Prüfzeugnisse (20 %)	o
Fremdüberwachung (20 %)	+
Besondere Auffälligkeiten (20 %)	keine Auffälligkeiten (+)
Zusatzinformationen (nicht in Note eingeflossen):	
Statisches System MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %)[5]	Selbsttragend nach Sanierung kein Beitrag zur Steifigkeit
Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung	Systembedingt keine Steigtechnik vom Hersteller vorgesehen
Untergrundvorbereitung: Ausführung und Zeitbedarf (ca.)	Entfernen von Steigeisen / 1,5 Std.
Sanierung: Ausführung und Zeitbedarf (ca.)	händisch, 11 Std.
Summe Arbeitszeit (ca.) / Tage vor Ort	12,5 Std. / 1,5 Tage
Füllstandsprüfung nach Sanierung	bestanden
Kosten ohne MwSt.	keine Angabe

* Notenberechnung auf Basis ungerundeter Werte

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 die Prüfungen identisch zur DIBt-Zulassungsprüfung durchgeführt worden sind. Notenvergabe nach pH-Klasse und ggf. bestandener Stichprobenuntersuchung. Liegt kein Nachweis vor, wird die Note 6,0 vergeben; im Falle einer dennoch bestandenen Stichprobenuntersuchung verbessert sich die Note in diesem Fall auf 5,0; unbekannt und unbewertet bleibt hier die tatsächliche Schutzwirkung.
4 Bewertung: „+“=nachgewiesen; „-“= nicht nachgewiesen; „o“=teilweise nachgewiesen.
5 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.
6 Laut Schreiben der SAERTEX multiCom® GmbH vom 12.04.2018 handelt es sich um das gleiche System wie es auch beim SAERTEX-LINER® Typ S+ eingesetzt wird.
7 Die Anbindung des Schachtbodens wurde von der Fa. GFK/tec GmbH mit GFK-Handlaminat durchgeführt.

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

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.2 Systemprüfungen

Die Ergebnisse aus den Systemprüfungen gehen mit 85 % in das 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 4.2).

Die Bewertungen des getesteten Systems hinsichtlich der o.g. Kriterien sowie die daraus hervorgehenden Gesamtnoten für die Systemprüfungen sind in der nachfolgenden Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15 Benotung der Systemprüfungen „Fremdwasser-Dichtheit“, „Tragwirkung“, „Robustheit“, „Abnahme-Eindruck“ und „Schutzwirkung“

System	Note Fremd-wasser-Dichtheit (40 %)[1]	Note Trag-wirkung (20 %)[2]	Note Robust-heit (20 %)[3]	Note Abnahme-Eindruck (15 %)[4]	Note Schutz-wirkung (5 %)[5]	Note System-prüfung[6]
SF-Schachtliner	1,0	2,0	1,0	2,0	5,0	**1,6**

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 16 und Tabelle 17 dargestellten Ergebnissen
[2] Die Bewertung basiert auf den detailliert in Abschnitt 5.2.2 dargestellten Ergebnissen
[3] Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 18 und Tabelle 19 dargestellten Ergebnissen
[4] Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 20 dargestellten Ergebnissen
[5] Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 21 dargestellten Ergebnissen
[6] Mittelwertberechnung mit ungerundeten Werten

Die Aufgabe im IKT-Warentest „Schachtsanierung“ war es, den Schachtkörper zu sanieren. Verfahrensbedingt wurde bei diesem Anbieter die gesamte Schachtinnenwand (Schachtkörper, Schachthals, Konus und Schachtboden) mitsaniert. Der Schachthals, der Konus und der Schachtboden sind nicht bewertungsrelevant und wurden daher aufgrund der Vergleichbarkeit im IKT-Warentest nicht bewertet. Der oberste Schachtring wird ausschließlich für die MAC-Untersuchungen vorgeschädigt. Deshalb wird die festgestellte Auffälligkeit (vgl. Bild 7) in diesem Bereich bei der Bewertung des Kriteriums „Fremdwasser-Dichtheit“ nicht berücksichtigt. Allerdings wurde bei dem Kriterium „Abnahme-Eindruck“ (vgl. Kapitel 4.2) das gesamte Gewerk analog zum Haupttest [1] durch den Lenkungskreis bewertet.

Nachfolgend wird die Bewertung der Versuchsergebnisse zu den o.g. Kriterien (vgl. Tabelle 15) dargestellt.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.2.1 Fremdwasser-Dichtheit

Die Fremdwasser-Dichtheit wird anhand der Ergebnisse der Kurz- und Langzeit-Grundwasserbelastung 5 m (vgl. Abschnitt 3.3) bewertet. Für die Außenwasserdruckbelastung wurden entsprechend dem Bewertungsschema (vgl. *Tabelle 5*) für jedes Schadensbild jeweils 0 Kritikpunkte vergeben, wenn keine Auffälligkeit (Farbbezeichnung: „Grün“) vorlag. Für eine erkennbare Auffälligkeit „Feuchtefleck ≤ 25 cm²“ (Farbbezeichnung: „Gelb-Grün“), „Feuchtefleck > 25 cm²“ (Farbbezeichnung: „Gelb“) und „Feuchtefleck mit Fließfahne ≥ 40 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 16 Bewertung der Systemprüfung „Fremdwasser-Dichtheit“

System	Note Kurzzeit-GW-Belastung 5 m (20 %)	Note Langzeit-GW-Belastung 5 m (80 %)	Note Fremdwasser-Dichtheit (100 %)
SF-Schachtliner	1,0	1,0	**1,0**

Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 16 und Tabelle 17 dargestellten Ergebnissen.

Notenvergabe nach Punkten: keine Auffälligkeit – 0/ Grün; Feuchtefleck ≤ 25 cm² – 0,25/ Gelb-Rot; Feuchtefleck > 25 cm² – 1,0/ Gelb; Feuchtefleck mit Fließfahne ≥ 40 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 17 zusammengefasst.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 17 Versuchsergebnisse bei Wasserstand 5 m

Schaden	Druck (mWS)	Kurzzeit	Langzeit
Einzelschäden	1,25		
	2,75		
	3,25		
	4,25		
Undichte Ringfuge	1,50		
	2,50		
	3,00		
	3,50		
	4,00		

Auffälligkeiten

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

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

Wasserstand 5 m (Kurzzeit)

Beim Schadensbild „**Einzelschaden**“ (vgl. Tabelle 17) zeigten sich für das getestete Sanierungssystem während des Beobachtungszeitraums „Kurzzeit-GW-Belastung“ keine Auffälligkeiten. Dies bedeutet, dass alle 8 Schadstellen bei dem Sanierungssystem dicht waren.

Das Schadensbild „**Undichte Ringfuge**“ (vgl. Tabelle 17) zeigte ebenfalls keine Auffälligkeiten. Auch hier waren alle 5 Schadstellen bei dem Sanierungssystem dicht.

Wasserstand 5 m (Langzeit, 2 Monate)

Für den 2-monatigen Beobachtungszeitraum waren sowohl beim Schadensbild „**Einzelschaden**“ wie auch beim Schadensbild „**Undichte Ringfuge**“ keine Zustandsveränderungen im Vergleich zur „Kurzzeit-GW-Belastung“ erkennbar (vgl. Tabelle 17). Somit waren nach Abschluss des Prüfprogramms bzw. Beobachtungszeitraums alle bewertbaren acht Schadstellen bei dem System dicht.

Fazit „Fremdwasser-Dichtheit“

Folgende Erkenntnis lässt sich aus den Außenwasserdruckbelastungen ableiten:

Beide Schadensbilder „**Einzelschaden**“ und „**Undichte Ringfuge**“ zeigten nach den Beobachtungszeiträumen (Kurzzeit- und Langzeit-GW-Belastung) keine Auffälligkeiten. So waren alle 13 Schadstellen dicht (100 %). Entsprechend stellen diese Schadensbilder offensichtlich für das getestete Sanierungssystem kein Problem dar.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.2.2 Tragwirkung

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

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

Bei dem System „SF-Schachtliner“ handelt es sich um eine selbsttragende Auskleidung. Demzufolge ist das hier im vorliegenden Bericht untersuchte Sanierungssystem dem Fall 2 zuzuordnen.

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 4.2).

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

- Für das System wurde durch den Anbieter ein statischer Nachweis eingereicht.
- Bei der stichprobenhaften Untersuchung der Einbauqualität zeigte sich im Übergangsbereich zwischen Konus und obersten Schachtring eine Hohlraumbildung zwischen Liner und Betonschacht (vgl. Bild 10). Der Ringspalt ist offensichtlich auf die Verjüngung des Konus zurückzuführen. Diese Abweichung in der Geometrie wurde in dem statischen Nachweis nicht berücksichtigt.

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

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

- Für das System ist ein statischer Nachweis vorhanden, dessen Angaben zur Geometrie jedoch teilweise von der tatsächlichen Einbauqualität abwichen. Entsprechend wird hierfür ein Kritikpunkt vergeben.
- Das System erhält somit die Note 2,0 für das Kriterium „Tragwirkung“.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.2.3 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.

Das im vorliegenden Bericht untersuchte Sanierungssystem „SF-Schachtliner“ ist dem Fall 3 zuzuordnen.

Es werden Kritikpunkte hinsichtlich „Mangelhafter Verbund im Umfeld“ (nicht für Fall 3), „Übermäßige Verformung“, „Zugspannungsüberschreitung“ und „Infiltration“ vergeben und daraus gemäß Bewertungsschema (vgl. Tabelle 10) 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 das System ist in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18 Bewertung der Systemprüfung "Robustheit"

Kritikpunkte	SF-Schachtliner
Mangelhafter Verbund im Umfeld	0
Übermäßige Verformung	0
Zugspannungsüberschreitung	0
Infiltration	0
Summe Kritikpunkte	0
Gesamtnote	**1,0**

Die detaillierten Ergebnisse sind in Tabelle 19 zusammengefasst. Hierbei wurden Auffälligkeiten hinsichtlich „Mangelhafter Verbund im Umfeld“ (Hohllagen), „Übermäßige Verformung“ (Blasen/ Beulen), „Zugspannungsüberschreitung“ (Risse) und „Infiltration“ (Undichtigkeiten/ Wassereindrang) dargestellt.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 19 Ergebnisse Robustheit am „Flächigen Schaden“ mit Simulation einer mangelhaften Untergrundvorbereitung (Trennmittel)

Kritikpunkte	Flächiger Schaden	SF-Schachtliner
Mangelhafter Verbund im Umfeld [Fläche (cmxcm)]	I	-
	II	-
	III	-
	IV	-
Übermäßige Verformung [Fläche (cmxcm)]	I	-
	II	-
	III	-
	IV	-
Zugspannungs-überschreitung [Fläche (cmxcm); Rissbreite (mm)]	I	-
	II	-
	III	-
	IV	-
Infiltration	I	
	II	
	III	
	IV	

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

Legende Tabelleninhalte:

-	Keine Auffälligkeit
n.b.	nicht bewertbar

Mangelhafter Verbund

Das System wird bestimmungsgemäß ohne Verbund zum Untergrund eingebaut (Fall 3: Rohr-in-Rohr-System). Entsprechend wurden hier mit Blick auf „Mangelhafter Verbund im Umfeld“ keine Kritikpunkte vergeben.

Übermäßige Verformung

An dem Sanierungssystem wurden keine Auffälligkeiten (z.B. Beulen) an den Schadstellen festgestellt. Demzufolge wurden keine Kritikpunkte vergeben.

Zugspannungsüberschreitung

Das Sanierungssystem zeigte keine Auffälligkeiten (z.B. Rissbildung) an den Schadstellen und dementsprechend wurden keine Kritikpunkte vergeben.

Infiltration

Es zeigten sich keine Auffälligkeiten an dem Sanierungssystem.

Fazit „Robustheit“

- Hinsichtlich der „Robustheit“ zeigt das System in keinem der untersuchten Bereiche eine Auffälligkeit und wird daher mit der Note 1,0 bewertet.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.2.4 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 Panoramo 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 4.2).

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 20 stellt die Bewertungsergebnisse für das Sanierungssystem „SF-Schachtliner“ dar, unterteilt nach den Bewertungszeitpunkten „nach Sanierung“ (ohne GW-Belastung) „Kurzzeit-GW-Belastung“, „Langzeit-GW-Belastung“ und die Gesamtnote.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 20 Bewertungsergebnisse "Abnahme-Eindruck"

Nach Sanierung (10 %)		
Kriterium	**Wichtung (%)**	**SF-Schachtliner**
Bewertungskreis: Inspektion durch Einstieg		
Optik	40	1,13
Akustik	40	2,67
Haptik	15	1,00
Geruch	5	1,67
Note Bewertungskreis	**85**	**1,75**
Lenkungskreis: Inspektion durch Panoramo SI		
Optik	100	1,46
Note Lenkungskreis	**15**	**1,46**
Note		**1,7**

Kurzzeit (30 %)		
Kriterium	**Wichtung (%)**	**SF-Schachtliner**
Bewertungskreis: Inspektion durch Einstieg		
Dichtheit	45	3,00
Optik	20	1,49
Akustik	20	3,00
Haptik	10	1,00
Geruch	5	1,50
Note Bewertungskreis	**85**	**2,42**
Lenkungskreis: Inspektion durch Panoramo SI		
Dichtheit	70	1,63
Optik	30	1,61
Note Lenkungskreis	**15**	**1,62**
Note		**2,3**

Langzeit (60 %)		
Kriterium	**Wichtung (%)**	**SF-Schachtliner**
Bewertungskreis: Inspektion durch Einstieg		
Dichtheit	45	2,63
Optik	20	1,25
Akustik	20	1,63
Haptik	10	1,08
Geruch	5	1,50
Note Bewertungskreis	**85**	**1,94**
Lenkungskreis: Inspektion durch Panoramo SI		
Dichtheit	70	1,63
Optik	30	1,62
Note Lenkungskreis	**15**	**1,62**
Note		**1,9**

Gesamtnote (100 %)		
Kriterium	**Wichtung (%)**	**SF-Schachtliner**
Nach Sanierung	10	1,7
Kurzzeit	30	2,3
Langzeit	60	1,9
Gesamtnote		**2,0**

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Fazit „Abnahme-Eindruck“

Im Gesamtblick lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Zu den verschiedenen Zeitpunkten wird das System wie folgt bewertet. Zum Zeitpunkt „Nach Sanierung“ wird das System mit „gut“ (Note 1,7) bewertet, „Kurzeit“ mit „gut“ (Note 2,3) und „Langzeit“ mit „gut“ (Note 1,9).
- Im Gesamtergebnis erhält das System die Note „gut (2,0)“.

5.2.5 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 die Prüfungen identisch zur DIBt-Zulassungsprüfung durchgeführt worden sind.

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. Die endgültige Notenvergabe erfolgt dann nach pH-Klasse und ggf. bestandener Stichprobenuntersuchung.

Liegt kein o. a. Nachweis vor, wird die Note 6,0 vergeben. Im Falle einer dennoch bestandenen Stichprobenuntersuchung verbessert sich die Note in diesem Fall auf 5,0. Unbekannt und unbewertet bleibt hier die tatsächliche Schutzwirkung (vgl. Tabelle 12).

Die Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse für das Kriterium „Schutzwirkung“

Tabelle 21 Bewertung "Schutzwirkung"

Anbieter	SF-Schachtliner
Note Schutzwirkung	6,0
Plausibilitätsprüfung bestanden*	ja
Gesamtnote Schutzwirkung	5,0

* Bei bestandener Plausibiltätsprüfung wird die Note um einen Punkt aufgewertet.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Fazit „Schutzwirkung“

Im Gesamtblick der Ergebnisse lassen sich folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- Der Nachweis für die Schutzwirkung wurde nicht erbracht, da kein Nachweis für eine erfolgreich abgeschlossene Prüfung, die identisch zur DIBt-Zulassungsprüfung durchgeführt worden ist, vorlag. Daraus resultiert die Note ungenügend (6,0). Die tatsächliche Schutzwirkung bleibt unbekannt und unbewertet.
- Das System zeigt in Stichprobenuntersuchungen keine Auffälligkeiten. Entsprechend wurde das System um eine Note aufgewertet.
- Für das Kriterium „Schutzwirkung“ des Sanierungssystems wird die Gesamtnote 5,0 vergeben.

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 22 zeigt das Ergebnis der Undichtheiten an der Steigtechnik

Tabelle 22 Zusatzinformation – Ergebnis Undichtheit an Steigtechnik

System	SF-Schachtliner
Art der Steigtechnik	Systembedingt keine Steigtechnik vom Hersteller vorgesehen
Undichtheiten/ Gesamtzahl	/

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Fazit „Undichtheit an Steigtechnik“

- Bei dem Sanierungssystem ist nach Herstellerangaben der Einbau einer fest installierten Steigtechnik nicht vorgesehen. Ein Einstieg kann beispielsweise über eine mobile Steigtechnik erfolgen.

Füllstandsmessung nach Sanierung

Unmittelbar nach Sanierung (vor Anheben des Grundwasserstandes) wurde an dem sanierten Abwasserschacht eine Füllstandsprüfung (max. Wassersäule 5 m) gemäß DIN EN 1610 [5] durchgeführt, d.h. mit einer Prüfzeit von 30 Minuten und einer zulässigen Wasserzugabemenge von 0,4 l/m². Tabelle 23 stellt das Ergebnis dar.

Tabelle 23 Zusatzinformationen – Ergebnis der Füllstandsmessung

System	SF-Schachtliner
Füllstandsmessung nach Sanierung	

Legende:

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

Fazit „Füllstandsmessung“

- Die zulässige Wasserzugabemenge wird bei der Prüfung eingehalten, somit hat das System die Füllstandsmessung nach Sanierung „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 des Schachtbauwerkes die Gesamtsteifigkeiten des sanierten Systems gemessen.

Für die Bewertung der Schachtsanierung 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

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 24 zeigt das Ergebnis der „Mittragwirkung – MAC-Prüfungen“

Tabelle 24 Zusatzinformation – Ergebnis „Mittragwirkung – MAC-Prüfungen“

System	SF-Schachtliner
Zunahme der Gesamtsteifigkeit	(-) nach Sanierung kein Beitrag zur Steifigkeit

Fazit „Mittragwirkung – MAC-Prüfungen“

- Bei dem System konnte kein Beitrag zur Gesamtsteifigkeit gemessen werden. Aufgrund des fehlenden Verbundes des Liners zum Altschacht und keiner Verfüllung der Hohlräume zwischen Liner und Schachtwand zeigt das System insgesamt einen Steifigkeitsabfall bezogen auf die Steifigkeit des unbeschädigten Betonschachts. Durch die Sanierung kann also die horizontale Steifigkeit eines unbeschädigten Betonschacht-Boden-Systems nicht wieder hergestellt werden.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.3 Qualitätssicherung des Anbieters

Im Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung des Anbieters“ wurde untersucht, inwieweit der 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. „+/o/-“ (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. Abschnitt 4.3).

Der Verfahrensanbieter reagierte 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 25 zeigt die Bewertung der einzelnen Prüfkriterien und die sich daraus ergebenden Noten.

Tabelle 25 Benotung des Bewertungsschwerpunktes „Qualitätssicherung der Anbieter“

Anbieter/Dienstleister	SF-Schachtsanierung
Verfahrenshandbuch (10 %)	+
Technische Merkblätter (10 %)	+
Schulungen des Sanierers (10 %)	+
Schulungsangebote des Anbieters (10 %)	+
Prüfzeugnisse (20 %)	o
Fremdüberwachung (20 %)	+
Besonderen Auffälligkeiten (20 %)	+
Note	1,5

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

Fazit „Qualitätssicherung des Anbieters“

- Der Anbieter konnte beim Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ sechs Kriterien nachweisen und ein Kriterium teilweise nachweisen.
- Entsprechend wurde für diesen Anbieter die Note 1,5 gemäß Bewertungsschema vergeben.

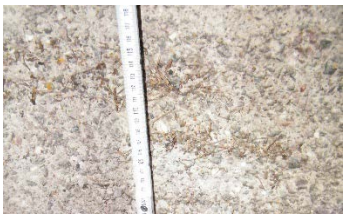
©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

5.4 Baustellenuntersuchungen

Im Rahmen der Baustellenuntersuchungen wurde die Sanierung von zwei Schächten mit dem SF-Schachtliner begleitet. In diesem Bericht wird die Begleitung eines Schachtes dargestellt, da bei beiden Schächten eine identische Vorgehensweise beobachtet wurde. Aufgrund der zeitlichen Trennung der Sanierungsarbeiten (Vorarbeiten, Einbau den SF-Schachtliners und Nacharbeiten) hat das IKT den Ausgangszustand nach den Vorarbeiten und den Einbau des SF-Schachtliners begleitet. Die Informationen zur Begleitung der Vor- und Nacharbeiten beruhen auf Angaben des örtlichen Bauüberwachers (Fa. Gauff Ingenieure GmbH & Co.KG JBG).

Der Zustand des Schachtes vor Einbau des SF-Schachtliners ist in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26 Ausgangszustand von Schacht S259

Ausgangszustand (unmittelbar vor Einbau des SF-Schachtliner)		
Schacht-Nr.	S259	
Ort	Brandenburg a. d. Havel, Gördenallee 50a	
Lage	Am Rande des Fußgängergehweges	
Schachtwerk-stoffe	Betonfertigteile (Schachtringe und Konus), Schachtunterteil und Gerinne aus Mauerwerk	
Geometrie	DN 1000	
Gesamthöhe	ca. 3,34 m	
Oberfläche	ca. 9,7 m²	
Oberflächen-zustand (z.B. Rauigkeit)	Freigelegte Gesteinskörnung bedingt durch Betonkorrosion Tauwasserbildung an der Oberfläche	
Undichtheiten/ Wasserein-drang	Im Bereich des Schachtbodens ist Feuchtigkeit erkennbar	

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Die Sanierungsarbeiten mit dem SF-Schachtliner der Fa. Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung wurden von denselben Anwendungstechnikern durchgeführt, die auch den Einbau im IKT-Laborversuch vorgenommen haben. In Tabelle 27 finden sich zunächst Informationen zur Untergrundvorbereitung und Vorabdichtung (Angaben von Fa. Gauff Ingenieure GmbH & Co.KG JBG).

Tabelle 27 Angaben zur Untergrundvorbereitung und Vorabdichtung für den SF-Schachtliner (Angaben und Bilder von GAUFF Ingenieure)

Untergrundvorbereitung		
Untergrund-vorbereitung	• Es wurde eine HD-Reinigung durchgeführt • Im Schachthals wurde überstehendes Material (Klinker) entfernt • Alle Steigeisen wurden entfernt	
Arbeitsdruck/ Durchfluss	k.A.	
Zeitaufwand	k.A.	
Besonderes	keine	
Abdichtungen		
Material	Undichte Fugen und Ausbrüche im Schachtkörper wurden mit Stopfmörtel abgedichtet bzw. aufgefüllt Flächige Undichtigkeiten wurden großflächig mit Mörtel abgedichtet	
Verbrauch	k.A.	
Ergebnis		
Oberflächen-zustand	Wassereindrang wurde mit Stopfmörtel unterbunden	
Oberflächen-festigkeit	k.A.	
Oberflächen-rauigkeit	Die mit Mörtel bearbeiteten Stellen weisen eine deutlich geringere Rauigkeit auf als die übrige Schachtwand	

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

In Tabelle 28 sind die wesentlichen Arbeitsschritte der Sanierung zusammengestellt, ggf. ergänzt um bemerkenswerte Auffälligkeiten.

Tabelle 28 Ausführung der Sanierungsarbeiten (SF-Schachtliner)

Ausführung	
Erforderliche Vorarbeiten	
• Einen lichtgeschützten Verarbeitungsplatz herstellen. • Schachtmaße auf den Liner übertragen, zuschneiden und anschließend die Schnittflächen lichtdicht verkleben bzw. abdecken. • Alle Zuläufe in der Schachtwand dokumentieren. • Bodenplatte auf Berme legen, so wird die Durchgängigkeit während der Sanierung gewährleistet. • Innenfolie in den vorlaminierten Liner einziehen. • Am Schachthals wird die Innenfolie mit dem Packer und am Boden mit einer Platte verschlossen. • „Nullposition“ am Liner und am Schacht anzeichnen	
Materialapplikation	
• Den vorbereiteten Liner am Packer am Kran aufhängen. • Liner in den Schacht einsetzen, dabei an „Nullposition“ ausrichten. • Mit Druckluft befüllen (bis ca. 50 mbar), damit sich der Liner im Schacht aufstellt. • Druck ablassen und Öffnen des Deckels zum Einbringen der Aushärtelampe. • Die Innenfolie erneut mit bis zu 250 mbar Luftdruck befüllen, damit sich der Liner an die Schachtgeometrie anpasst. • Lichterkette zünden und mit einer Geschwindigkeit von ca. 20 cm/min. auf und ab fahren. Bei Richtungswechsel 3 Min. Position halten. • Die Innenfolie und den Linerüberstandes am Schachthals entfernen, sowie Aufschneiden der Zuläufe.	
Sanierungsergebnis (Zeitaufwand)	

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

• Mit dem Sanierungssystem „SF-Schachtliner“ wurde der Schachthals, Konus und Schachtkörper des Altschachtes ausgekleidet. • Im Konus haben sich Falten (2-3 cm dicke) gebildet. • Der Bereich bis ca. 20 cm über der Berme sowie das Gerinne können verfahrensbedingt nicht saniert werden. Die Sanierung erfolgt per Handlaminat. • Der Zeitaufwand für die Vorbereitung und die Applikation eines Liners betrug ca. 3,5 Std.	
Auffälligkeiten während der Sanierungsarbeiten	
• Bei den Baustellenbeobachtungen im Labor und In-situ konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden.	
Nacharbeiten *1	
• Im Nachgang zur Linerapplikation müssen Zuläufe im Schachtkörper, sowie Berme und Gerinne mit Handlaminat ausgekleidet werden. Diese Arbeiten erfolgten bei dieser Baumaßnahme nicht unmittelbar nach der Lineraushärtung, sondern zu einem späteren Zeitpunkt.	
Gesamtzeit der Arbeiten/ Einsatztage vor Ort	
• Für Baustellen Auf- und Abbau sowie Vorbereitung und Applikation von zwei ca. 3 m langen „SF-Schachtlinern“: 9 h / 2 d Dies beinhaltet nicht die Vorarbeiten wie Steigeisenausbau, Abdichtung, Reprofilierung, etc. und die Nacharbeiten (Anbindung der Anschlüsse und Reprofilierung der Berme/Gerinne mit Handlaminat).	

*1 *Angaben und Bilder von GAUFF Ingenieure*

Der sanierte Schacht wurde visuell auf Auffälligkeiten und durch Abklopfen mittels Hammer auf Hohlstellen untersucht. Haftzugprüfungen wurden nicht durchgeführt, da das System selbsttragend ist. Alle Ergebnisse der Abnahmeuntersuchung sind in Tabelle 29 enthalten.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Tabelle 29 Ergebnisse der Bauabnahme, Inspektion der Auskleidung (SF-Schachtliner)

Inspektion der Auskleidung (nach Sanierung, vor Nacharbeiten)		
Oberflächenzustand, -festigkeit, -rauigkeit	• Durch das Abtrennen des überschüssigen Materials im Schachthals bedeckt eine feine Staubschicht den Liner und die Berme. • Unregelmäßige Oberfläche bedingt durch Faltenbildung der Innenfolie im Konus • Zuläufe in der Schachtwand wurden kreisrund aufgeschnitten.	
Undichtheiten/ Wassereindrang	• Hinterläufigkeit am unteren Ende des Liners ist erkennbar.	
Hohlstellen	• Prüfung nicht aussagekräftig, da verfahrensbedingt hohlklingend (kein flächiger Verbund von Liner und Altschacht).	
Haftzugfestigkeit	• Nicht geprüft, da selbsttragendes System.	

Bewertung des Sanierungsergebnisses

Im Zuge der IKT-Baustellenbegleitung wurden die Vorbereitung und der Einbau von zwei „SF-Schachtliner“ beobachtet. Mit dem System konnten die Altschächte vom Schachthals bis ca. 20 cm oberhalb der Berme ausgekleidet werden. Nach der Aushärtung zeigte sich im Bereich des Konus bedingt durch eine Faltenbildung der Innenfolie eine unregelmäßige Oberfläche. Weitere Auffälligkeiten konnten mit Blick auf die Sanierung nicht festgestellt werden. Die Nacharbeiten erfolgten zu einem späteren Zeitpunkt. Hier wurden die Seitenanschlüsse sowie der Gerinnebereich mit GFK-Handlaminat ausgekleidet.

Besondere Auffälligkeiten bei der Bauausführung

Für die Bewertung des Kriteriums „Besondere Auffälligkeiten“ der „Qualitätssicherung der Anbieter“ (vgl. Kapitel 4.3) wurden keine zu beanstandenden Besonderheiten beobachtet.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

6 Warentest-Prüfzeugnis Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung mit SF-Schachtliner

Nachfolgend wird das Warentest-Prüfzeugnis für das SF-Schachtliner mit folgenden Informationen dargestellt:

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

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

Warentest – Prüfzeugnis „Schachtsanierung“

Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung

SF-Schachtliner*

Sanierungsfirma: Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung**

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

Gesamteindruck

Die **Fremdwasser-Dichtheit** wird mit der Note 1,0 bewertet. Es waren im Rahmen der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume (Kurz- und Langzeit) keine Auffälligkeiten an den bewertungsrelevanten Bereichen zu beobachten.

Im Kriterium **Tragwirkung** erhält das System die Note 2,0. Für das System ist ein statischer Nachweis vorhanden, dessen Angaben zur Geometrie jedoch teilweise von der tatsächlichen Einbauqualität abwichen.

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 an den bewertungsrelevanten Bereichen festgestellt.

Mit Blick auf den **Abnahme-Eindruck** wird das System mit der Note 2,0 bewertet.

Für die **Schutzwirkung** wurde der Nachweis nicht erbracht. Stichprobenhafte Einlagerungsversuche zeigten keine Auffälligkeiten. Daraus resultiert die Note 5,0. Die tatsächliche Schutzwirkung bleibt unbekannt und unbewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 1,5 vergeben. Es konnten sechs von sieben Kriterien nachgewiesen sowie das Kriterium „Prüfzeugnisse“ teilweise nachgewiesen werden.

Zusatzinformationen

- **Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ):** keine besonderen Auffälligkeiten
- **Steigtechnik: Undichte Stellen nach Sanierung:** Systembedingt keine Steigtechnik vorgesehen
- **Füllstandsprüfung nach Sanierung (ohne Grundwassereinfluss):** bestanden
- **Statisches System:** Selbsttragend
- **MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %):** nach Sanierung kein Beitrag zur Steifigkeit

* Bei dem System SF-Schachtliner handelt es sich laut Schreiben der SAERTEX multiCom® GmbH vom 12.04.2018 um das gleiche System wie es auch beim SAERTEX-LINER® Typ S+ eingesetzt wird.

** Die Anbindung des Schachtbodens wurde von der Fa. GFK/tec GmbH durchgeführt.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH

7 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 gGmbH, Gelsenkirchen; März 2016.

[2] Bosseler, B.; Harting, K.; Färber, D.: Bericht zum IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Hauptkanäle (DN 200 bis DN 600), IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH, Gelsenkirchen; Juli 2009.

[3] Swietelsky-Faber GmbH Kanalsanierung: Verfahrensbeschreibung SF-Schachtliner, Entwurfsfassung (Stand 02/2017).

[4] 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.

[5] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 1610: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Berlin: Beuth Verlag GmbH, Dezember 2015.

©2018 All rights reserved by IKT gGmbH