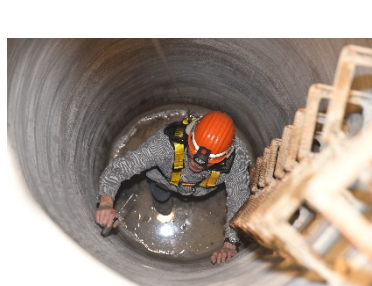
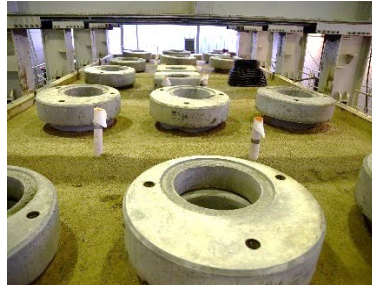


## Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten

- IKT-Warentest Schachtsanierung -

(Kurzfassung)



### **Kurzbericht zum Forschungsvorhaben:**

Der vorliegende Kurzbericht fasst die Ergebnisse des Projektes:

„Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten – IKT-Warentest Schachtsanierung“ (AZ:54.04.02.03/914000/03.13) zusammen.

Die Langfassung [1] beschreibt sämtliche Hintergründe und Ergebnisse.

### **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

### **Bearbeitung:**

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. B. Bosseler

Projektleitung und -bearbeitung: Dipl.-Ing. M. Gillar

Dipl.-Ing. M. Liebscher

Dipl.-Ing. (FH) S. Ulutaş, MBA

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

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.

	Seite
<b><u>Inhaltsverzeichnis</u></b> .....	<b>IV</b>
<b>1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VON VERFAHREN ZUR UNTERGRUNDVORBEREITUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>3 VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VON MATERIALIEN ZUR ABDICHTUNG MIT SCHNELL ABBINDENDEN MÖRTELSYSTEMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>4 VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VON SCHACHTAUSKLEIDUNGEN UND - BESCHICHTUNGEN</b> .....	<b>6</b>
<b>5 UNTERSUCHUNGEN AN KUNSTSTOFFSCHÄCHTEN</b> .....	<b>8</b>
<b>6 KONTROLLE DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON SANIERUNGS- UND NEUBAUSYSTEMEN DURCH IN-SITU-PRÜFUNGEN</b> .....	<b>9</b>
<b>7 UNTERSUCHUNGEN ZU MITTRAGWIRKUNG UND ALTERUNG</b> .....	<b>10</b>
<b>8 WARENTEST</b> .....	<b>11</b>
<b>9 AUSSCHREIBUNGSTEXTE UND ZUSÄTZLICHEN TECHNISCHEN VERTRAGSBEDINGUNGEN (MUSTER-ZTV) FÜR DIE SCHACHTSANIERUNG</b> .....	<b>14</b>
<b>10 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK</b> .....	<b>15</b>
<b>11 LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>19</b>

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Schächte sind ein wichtiger Bestandteil der Entwässerungsinfrastruktur: Allein in Nordrhein-Westfalen beläuft sich die Zahl der Schächte auf etwa zwei Millionen. Davon sind laut Erhebungen, die im Rahmen der Selbstüberwachung durchgeführt wurden, etwa 150.000 bis 200.000 schadhaft und sanierungsbedürftig (vgl. [2]). Die Gesamtzahl der Abwasserschächte in öffentlichen Verkehrsflächen lässt sich für die Bundesrepublik Deutschland mit ca. 10 Mio. abschätzen (vgl. [3], [4]).

Der Zustand der Abwasserschächte hat eine besondere Bedeutung für den Umweltschutz. Durch undichte Schächte exfiltriert nicht nur Abwasser; bei anstehendem Grundwasser können auch erhebliche Fremdwassermengen infiltrieren und so die Reinigungsleistung von Kläranlagen und Regenbecken beeinträchtigen. Ein konkreter Handlungsdruck ergibt sich für die Netzbetreiber in Nordrhein-Westfalen aus der Selbstüberwachungsverordnung Abwasser (SüwVO Abw) [5], welche die vollständige Aufnahme des baulichen und betrieblichen Zustands des Kanalnetzes sowie der mit diesem verbundenen Bauwerke der Ortsentwässerung fordert. Werden Undichtheiten am Schachtkörper oder ein schadhafter Allgemeinzustand des Schachtes festgestellt, sind gemäß dem Runderlass [6] des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Abdichtungs- und Instandsetzungsmaßnahmen vorzunehmen.

Diese Maßnahmen können z. B. mittels Beschichtungs- und Auskleidungsverfahren erfolgen, welche zur Wiederherstellung der (Fremd-)Wasserdichtheit, der Standsicherheit und des Widerstandsvermögens gegenüber biogener Schwefelsäurekorrosion oftmals eine kostengünstige Alternative zur Erneuerung schadhafter Schächte darstellen. Voraussetzung für einen effektiven und effizienten Einsatz dieser Verfahren sind jedoch Kenntnisse über die Qualität sowie die Vor- und Nachteile der verfügbaren Sanierungssysteme und -materialien. Allerdings ist gerade dieses Wissen kaum vorhanden, da die überwiegende Mehrzahl der Verfahren bisher nicht unter vergleichbaren Randbedingungen untersucht worden ist. Damit können Netzbetreiber die Stärken und Schwächen sowie Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der angebotenen Verfahren und Materialien, über deren Einbau sie in großem Umfang Entscheidungen treffen, nicht hinreichend beurteilen.

Der vorliegende Kurzbericht fasst die Ergebnisse des Projektes „Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten - IKT-Warentest Schachtsanierung -“, zusammen. Detaillierte Ergebnisse und Hintergründe werden in der Langfassung des Berichtes [1] beschrieben.

Marktgängige Beschichtungs- und Auskleidungsverfahren wurden nach einem durch die vorangegangenen Forschungsarbeiten ([7], [8]) abgesicherten Prüfprogramm praxisnah und vergleichend in 1:1-Versuchen getestet. Bei der Auswahl standen die Marktverbreitung der eingesetzten Produkte und die tatsächliche Bedeutung für die Netzbetreiber (Lenkungs-kreis-Wertung) im Vordergrund, denn die Palette der angebotenen Verfahren hatte sich - auch aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse - fortlaufend verändert und weiterentwickelt. Die Produkte wurden dabei nach dem IKT-Warentest-Konzept Untersuchungen mit drei Schwerpunkten unterzogen:

- **Systemprüfungen**, zur Bestimmung und Bewertung der Qualität unter realitätsnahen Bedingungen in reproduzierbaren 1:1-Laborversuchen.

- **Qualitätssicherung**, zur Bestimmung und Bewertung der Qualitätssicherungsmaßnahmen des Herstellers, 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.

Untersucht wurden klassische Beschichtungssysteme aus mineralischem, kunststoffvergütetem Mörtel sowie Mörtel mit silikatischen Bindemitteln und Kunststoffsysteme beispielsweise aus Polyurethan, Polyharnstoff, Epoxidharz oder Polymer-Silikatharz. Bei den Auskleidungssystemen waren insbesondere Handlamine, Innenschachtsysteme und Segmentauskleidungen von Interesse.

Ergänzend hierzu wurden vergleichende Untersuchungen verschiedener Verfahren zur Untergrundvorbereitung durchgeführt, da diese für die Qualität der ausgeführten Beschichtungen und ggf. auch Auskleidungen von entscheidender Bedeutung sind.

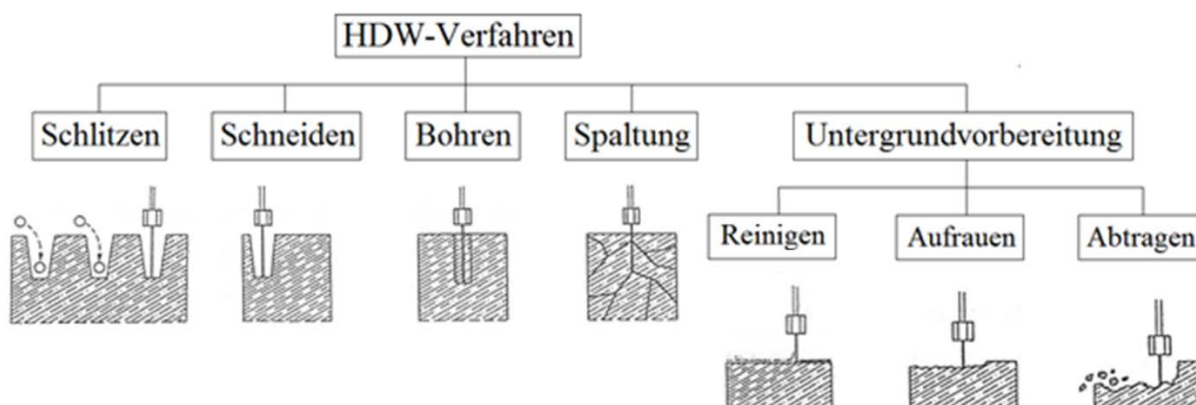
Schnell abbindende Stopfmörtel finden eine breite Anwendung insbesondere im Vorfeld weitergehender Renovierungsarbeiten. Inwieweit sich ein Abdichtungserfolg einstellt und welche weiteren Qualitätseinflüsse von Belang sind, wurde in weiteren vergleichenden Untersuchungen ermittelt.

Darüber hinaus wurden Schächte aus Kunststoff als Neubauten mit in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Qualitätsanforderungen bzw. einzuhaltende Randbedingungen im Einbauzustand konnten überprüft und die Auswirkungen dargestellt werden. Im Weiteren wurden In-situ-Versuche zur Sanierung neuer, schadhafter Kunststoffschächte - ohne deren Austausch - durchgeführt.

Untersuchungen zur statischen Mittragwirkung und zum Alterungsverhalten der unterschiedlichen Materialien rundeten das Programm ab.

## 2 Vergleichende Untersuchungen von Verfahren zur Untergrundvorbereitung

Um Abwasserschächte beschichten oder auskleiden zu können, ist eine fachgerechte und den Randbedingungen angepasste Untergrundvorbereitung durchzuführen. Hierzu sind Geräte bzw. Verfahren für das Hochdruck-Wasserstrahlen auf dem Markt verfügbar, die sich im Wesentlichen in ihren Leistungsstufen bzgl. Wasserdruck und -durchfluss sowie Zugabemöglichkeit von Abrasivstoffen unterscheiden. Darüber hinaus kann das Feststoff-Strahlen (umgangssprachlich: Sandstrahlen) als weitere Option angewendet werden. Die Einsatzmöglichkeiten des Hochdruck-Wasserstrahlens im Rahmen von Betoninstandsetzungsmaßnahmen sind Bild 1 zu entnehmen.



**Bild 1** Einsatzmöglichkeiten des Hochdruckwasserstrahls im Rahmen von Betoninstandsetzungsarbeiten (vgl. [9])

Die vergleichenden Untersuchungen von ausgewählten Verfahren erfolgten mit Hilfe von Normbetonplatten unterschiedlicher Festigkeiten. Die Untergrundfestigkeiten wurden variiert, um die Leistungsfähigkeit bzw. Einsatzgrenzen der einzelnen Verfahren aufzuzeigen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden bei den händisch durchgeführten Versuchen durch Variation der Prozessparameter (Tabelle 1) insgesamt 333 Strahl-Versuche durchgeführt (Bild 2).



**Bild 2** Händisch durchgeführte Stahlversuche: Versuchsdurchführung (links) und exemplarische Versuchsergebnisse an Beton und Mauerwerk (rechts)

Tabelle 1 Zusammenstellung der untersuchten System- und Materialparameter für die händisch durchgeführten Versuche

Zu strahlende Werkstoffe	Randbedingungen
<b>Beton</b>	
Probekörpermaße [cm]	30 x 30 x 10
Betonfestigkeitsklasse	C 20/25, C 35/45
<b>Mauerwerksklinker</b>	
Probekörpermaße [cm]	L=24,0, B=11,5, H=7,1
Druckfestigkeit nach Norm [N/mm <sup>2</sup> ] (DIN 4051 [10])	45
<b>Betriebs-/ Strahlparameter</b>	
Wasserdruck p, Druckerzeuger [bar]	300, 400, 500, 1000
Düsenart [-]	Punktstrahldüse, Flachstrahldüse, Rotationsdüse, Kombinationsdüse
Fördervolumen Druckerzeuger [l/min]	17-22
Anzahl der Übergänge n [-]	3 bzw. 10, 15, 20
Strahlabstand [cm]	5, 10, 15
Strahlwinkel $\varphi$ [°]	20, 30, 45, 65, 90

Darüber hinaus wurden auch zwei maschinelle Verfahren in die Untersuchungen einbezogen. Diese haben insbesondere bezüglich der Arbeitssicherheit unter den beengten Platzverhältnissen im Schachtbauwerk ihre Vorteile. Bild 3 zeigt exemplarisch den Einsatz der PNEUCOMAT-Wasserfräse.



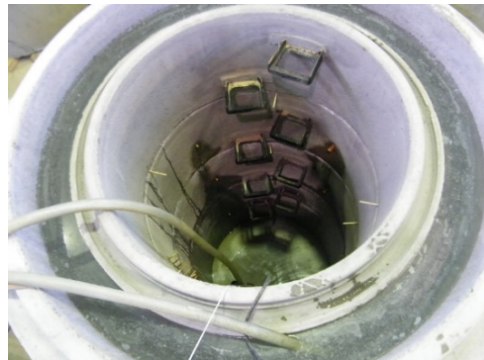
Bild 3 PNEUCOMAT-Wasserfräse: Versuchsaufbau während des Strahlvorgangs (links) und Ergebnis des Strahlens (rechts)

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ermöglicht den Netzbetreibern die zielgerichtete Ausschreibung von Untergrundvorbereitungsverfahren in Abhängigkeit der vorherrschenden Randbedingungen. Die detaillierten Versuchsergebnisse können der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.



### 3 Vergleichende Untersuchungen von Materialien zur Abdichtung mit schnell abbindenden Mörtelsystemen

Abdichtungsmaterialien auf Mörtelbasis, z. B. so genannte Stopf- und Flächenmörtel, werden von nahezu jeder Sanierungsfirma bzw. Sanierungskolonnen zur schnellen Abdichtung von undichten Schächten vorgehalten. Um die Leistungsfähigkeit ausgewählter Abdichtungsmaterialien zu ermitteln, wurden diese unter vergleichbaren Randbedingungen und unter Berücksichtigung ihrer Handhabbarkeit getestet. Hierzu wurden die abzudichtenden Schächte mit einer Nennweite DN 1000 in weiteren Schächten mit Nennweiten DN 1500 aufgebaut (vgl. Bild 4). Der Schacht mit dem geringeren Durchmesser (DN 1000) stellte den eigentlichen Versuchskörper dar, in dem die definierten Schadensbilder abgedichtet wurden. Der Ringraum zwischen beiden Schächten wurde mit Wasser gefüllt, so dass für den Schacht DN 1000 anstehendes Grundwasser simuliert wird. Insgesamt wurden neun verschiedene Materialien zur Abdichtung von je 12 Schadensbildern eingesetzt (vgl. Bild 5). Simuliert wurden lokale und flächige Undichtheiten ebenso wie undichte Ringfugen. Im Rahmen der Versuche sollten weitgehend nur die Materialien variiert werden. Daher wurde der Versuchsaufbau reproduzierbar gestaltet und die Durchführung der Arbeiten von stets denselben Personen durchgeführt.



**Bild 4** Einzelner Versuchsaufbau eines „Schacht-in-Schacht“-Probekörpers (links) und mit wassergefülltem Ringraum (rechts)



**Bild 5** Beispiel für die Ermittlung der Infiltrationsmengen mittels Messbecher und Stoppuhr (links) und Formen eines Abdichtungs-Pfropfens (rechts)

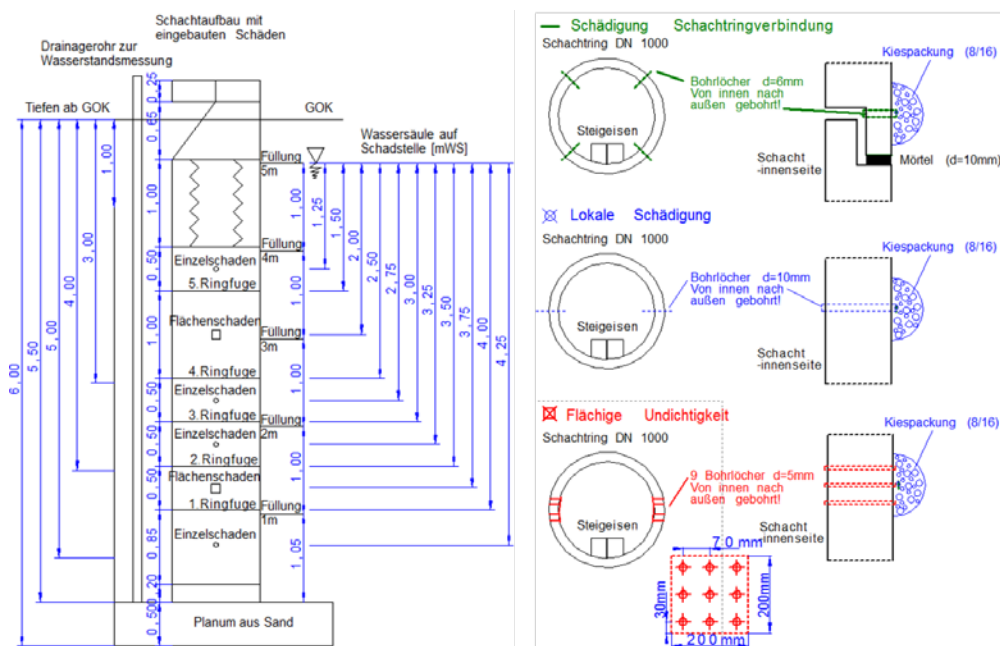
Ergänzt wurden die Laboruntersuchungen durch zahlreiche In-situ-Einsätze. Im Ergebnis zeigte sich die Praxistauglichkeit und Wirksamkeit der untersuchten Materialien. Netzbetreiber erhalten so Entscheidungshilfen für deren Verwendung. Die detaillierten Versuchsergebnisse können der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.

## 4 Vergleichende Untersuchungen von Schachtauskleidungen und -beschichtungen

Unter vergleichbaren Randbedingungen wurden **Auskleidungs- und Beschichtungssysteme** für die Sanierung von Abwasserschächten getestet. Dafür wurden insgesamt 16 Schächte mit einer Tiefe von 5 Metern im Großversuchsstand des IKT eingebaut (Bild 6). Die von den Mitgliedern des Projektbeirates ausgewählten Sanierungssysteme wurden in diese planmäßig vorgeschädigten Schachtbauwerke (Bild 7) von Fachfirmen eingebaut und unter stationären Grundwasserbedingungen im Großversuchsstand des IKT über einen Zeitraum von fünf Monaten beobachtet und untersucht.



**Bild 6** Ansicht der aus dem Großversuchsstand herausragenden Schachthälse mit zusätzlich aufgelegten Abdeckplatten zur Auftriebssicherung



**Bild 7** Skizze eines Schachtaufbaus mit Angaben zu Wasserständen über Schadstellen (links) und Ausbildung der Schäden in schematischer Darstellung (rechts)

Zustandsveränderungen wurden dokumentiert und ggf. eindringendes Wasser (Infiltrationen) quantitativ gemessen. Nach Abschluss der mehrmonatigen Belastung durch Außenwasserdruck auf die Sanierungssysteme schlossen sich weitere Qualitätsprüfungen, wie z. B. Haftzugprüfungen und die Vermessung von Flächen ohne Materialverbund zum Untergrund, an.

Die detaillierten Versuchsergebnisse können der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.

## 5 Untersuchungen an Kunststoffschächten

Um Aussagen über die Leistungsfähigkeit bzw. Robustheit von **Kunststoffschächten** (für den Neubau) zu erhalten, wurden verschiedene Produkte unter dem 1MN-Portal und im mittelformatigen Versuchsstand des IKT eingebaut (vgl. Bild 8 und Bild 9). Es wurden übliche Belastungssituationen während des Einbaus im Rahmen von Neubaumaßnahmen simuliert, um die jeweiligen Systemreserven, d.h. Sicherheitsreserven bei möglichen Fehlbelastungen im Baustellenbetrieb zu erkennen.



**Bild 8** Versuchsaufbau unter dem 1MN-Portal zur Simulation von LKW-Überfahrten



**Bild 9** Versuchsaufbau im mittelformatigen Versuchsstand zur Simulation von LKW-Vorbeifahrten: Verdichtung des Bodens mit Rüttelplatte (links); Fertig aufgebauter Versuchsstand mit Einrichtung zur Lasteinleitung und Messwerterfassung im Vordergrund (rechts)

Grundsätzlich sind, wie auch vom Hersteller empfohlen, direkte Belastungen auf dem Schachthals und auch Vorbeifahrten am eingeerdeten Schacht durch den Baustellenverkehr unbedingt zu vermeiden.

Die detaillierten Versuchsergebnisse können der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.

## 6 Kontrolle der Leistungsfähigkeit von Sanierungs- und Neubausystemen durch In-situ-Prüfungen

Um die ausgewählten Verfahren auch unter alltäglichen Sanierungsrandbedingungen untersuchen und bewerten zu können, wurden diese auf Baustellen der Netzbetreiber intensiv begleitet und die Vorgehens- bzw. Arbeitsweisen der Sanierungskolonnen dokumentiert. Darüber hinaus dienten diese Baustellenuntersuchungen der Qualitätssicherung und dem Abgleich mit der Arbeitsweise beim Einbau der Sanierungssysteme im Großversuchsstand des IKT.



*Bild 10 Impressionen der In-situ-Prüfungen: GFK-Innenschachtsystem, Kunststoffbeschichtung, maschinell aufgebrachte Mörtelbeschichtung (von links nach rechts)*

Die schadhafte Kunststoffschächte im Netz des Antragstellers wurden, sofern möglich, vom Hersteller repariert. Auch diese Arbeiten wurden begleitet und dokumentiert. So konnten im Ergebnis Maßnahmen aufgezeigt werden, welche den Netzbetreibern eine Hilfestellung bei vergleichbaren Problemfällen bieten können.

Die detaillierten Ergebnisse dieser In-situ-Prüfungen können der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.

## 7 Untersuchungen zu Mittragwirkung und Alterung

Insbesondere die mit Mörtelsystemen oder mit Auskleidungen sanierten Schächte können unter Umständen als statisch ertüchtigtes Bauwerk angesehen werden. In welchem Maße dies der Fall ist, wurde mit dem modifizierten MAC-Verfahren erstmalig in sanierten Schächten untersucht. Dies erfolgte an Probekörpern der Großversuche, da hier insbesondere die vorherrschenden Randbedingungen bekannt und für alle Schachtbauwerke nahezu gleich waren.

Das MAC-Verfahren - das für die Untersuchung von Kanalhaltungen bzw. -rohren entwickelt worden ist - musste jedoch im Vorfeld auf den Einsatz in Schachtbauwerken angepasst und modifiziert werden (Bild 11). Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden umfangreiche Vorher-Nachher-Vergleiche zur Bestimmung der unterschiedlichen Bauwerkssteifigkeiten und somit der Mittragwirkung der unterschiedlichen Sanierungssysteme durchgeführt. Darüber hinaus kann der Einsatz dieser zerstörungsfreien Prüfmethode wertvolle Hinweise zur generellen Sanierbarkeit von Abwasserschächten geben.



*Bild 11 Einsatz des MAC-Systems im Großversuchsstand des IKT: Kontrolle des Tests an der Oberfläche (links); Komponenten im Schacht (rechts)*

Einen weiteren Schwerpunkt dieses Arbeitspaketes bildeten Untersuchungen zum Alterungsverhalten von Sanierungsmaterialien. Dazu wurden zunächst Informationen aus anderen Infrastrukturbereichen (z. B. Tunnelbau, Versorgungseinrichtungen, etc.) recherchiert und, sofern möglich, auf die Anforderungen für Abwasserbauwerke übertragen. In einem weiteren Schritt wurde vom Institut für Bauforschung der RWTH Aachen das Alterungsverhalten unter Betriebsbeanspruchungen näher untersucht. Hier lag der Fokus auf der Fortentwicklung von bereits vorhandenen Schäden bei weiterer Einwirkung der Schadensursachen. Außerdem wurden Einlagerungsversuche als Plausibilitätsprüfung für die im Warentest eingesetzten Sanierungsmaterialien durchgeführt. Die detaillierten Ergebnisse dieser Untersuchungen können der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.

## 8 Warentest

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.

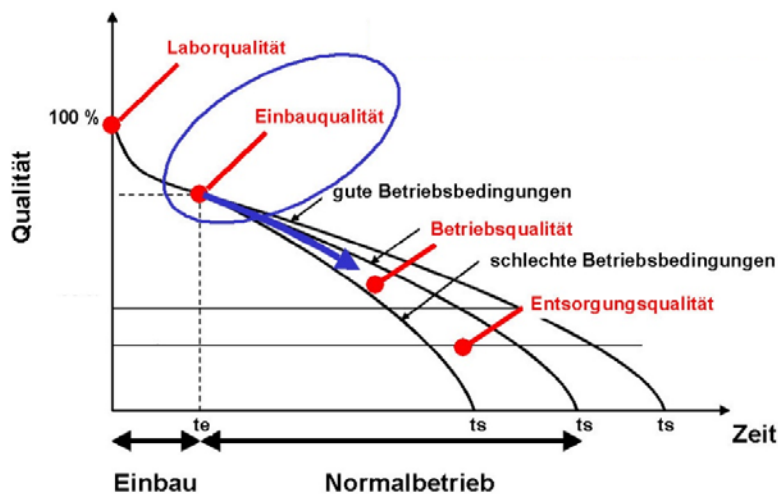


Bild 12 Untersuchungsschwerpunkt (blau) der IKT-Warentests

Bei den **Untersuchungen** im IKT-Warentest stehen damit die Einbauqualität der Produkte und Verfahren und deren Abminderung während des Betriebs im Vordergrund (vgl. Bild 12). 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.

In diesem IKT-Warentest wurden Schachtsanierungen insbesondere mit Blick auf ihre Leistungsfähigkeit in Gebieten mit hohen Grundwasserständen vergleichend untersucht. Die beteiligten Netzbetreiber, die Sanierungsaufgabe und das Prüfprogramm, die Vergabe der Sanierungslose, das Bewertungsschema und die einzelnen Warentest-Prüfzeugnisse sind detailliert der Langfassung des Endberichtes zu entnehmen. Die Übersichtstabellen der Testergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

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 <sup>5</sup>	Aarsleff Rohrsanierung GmbH <sup>6</sup>	Schacht + Trumme Sielregulierungen W. Schwarz GmbH	Peter Presch-Kunststoffverarbeitung GmbH	Aarsleff Rohrsanierung GmbH	Schulz Bau GmbH	DiTom Kanaltechnik GmbH
<b>IKT - Prüfurteil*</b>	<b>GUT (1,6)</b>	<b>GUT (1,7)</b>	<b>GUT (2,1)</b>	<b>GUT (2,1)</b>	<b>GUT (2,2)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,6)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,7)</b>
<b>Systemprüfungen (85 %)</b>	<b>sehr gut (1,2)</b>	<b>sehr gut (1,3)</b>	<b>gut (2,0)</b>	<b>sehr gut (1,5)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>gut (2,3)</b>	<b>gut (2,5)</b>
<b>Fremdwasser-Dichtheit (40 %)</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>
• 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
<b>Tragwirkung (20 %)</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>
<b>Robustheit<sup>1</sup> (20 %)</b> ggü. punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>6,0</b>	<b>2,0</b>
<b>Abnahme-Eindruck<sup>2</sup> (15 %)</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>3,3</b>
<b>Schutzwirkung<sup>3</sup> (5 %)</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>2,0</b>
<b>Qualitätssicherung<sup>4</sup> (15 %)</b>	<b>befriedigend (3,5)</b>	<b>ausreichend (4,0)</b>	<b>gut (2,5)</b>	<b>mangelhaft (5,5)</b>	<b>befriedigend (3,0)</b>	<b>ausreichend (4,5)</b>	<b>ausreichend (4,0)</b>
<b>Verfahrensbeschreibung (20 %):</b> Verfahrenshandbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)	+	+	+	-	+	+	+
<b>Schulungen (20 %):</b> Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Herstellers (10 %)	-	-	+	-	+	+	-
<b>Prüfzeugnisse (20 %)</b>	o	-	-	-	o	-	+
<b>Fremdüberwachung (20 %)</b>	+	+	+	-	+	-	-
<b>Besondere Auffälligkeiten (20 %)</b>	in situ: Anmischen des Vergussmörtels mit Abwasser <sup>5</sup> (-)	in situ: Mörtelmischung nach Augenmaß <sup>6</sup> (-)	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 (-)
<b>Zusatzinformationen</b> (nicht in Note eingeflossen):							
Statisches System MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %) <sup>8</sup>	Selbsttragend nach Sanierung > 150 %	Haftverbund nach Sanierung > 150 %	Selbsttragend nach Sanierung > 150 %	Haftverbund nach Sanierung > 150 %	Tragelemente nach Sani. kein Beitrag zur Steifigkeit	Haftverbund nach Sanierung 100 - 150 %	Haftverbund 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  
 \*\* Systemversagen<sup>7</sup> 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 Lenkungs-kreises.  
 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 Ausgangsteifigkeit 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
<b>IKT - Prüfurteil*</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,8)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,9)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (3,5)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (3,5)</b>	<b>AUSREICHEND (3,6)</b>	<b>NICHT BEWERTBAR** wegen Systemversagen</b>
<b>Systemprüfungen (85 %)</b>	<b>gut (2,5)</b>	<b>befriedigend (2,8)</b>	<b>befriedigend (3,0)</b>	<b>befriedigend (3,6)</b>	<b>ausreichend (4,0)</b>	<b>Nicht bewertbar</b>
<b>Fremdwasser-Dichtheit (40 %)</b>	<b>3,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>3,1</b>	<b>Nicht bewertbar</b>
• 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
<b>Tragwirkung (20 %)</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
<b>Robustheit<sup>1</sup> (20 %)</b> ggü. punktuellen Mängeln bei der Untergrundvorbereitung	<b>1,0</b>	<b>6,0</b>	<b>1,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0<sup>7</sup></b>
<b>Abnahme-Eindruck<sup>2</sup> (15 %)</b>	<b>2,2</b>	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b>2,6</b>	<b>3,2</b>	<b>Nicht bewertbar</b>
<b>Schutzwirkung<sup>3</sup> (5 %)</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>
<b>Qualitätssicherung<sup>4</sup> (15 %)</b>	<b>ausreichend (4,5)</b>	<b>befriedigend (3,5)</b>	<b>ungenügend (6,0)</b>	<b>befriedigend (3,0)</b>	<b>sehr gut (1,0)</b>	<b>gut (2,5)</b>
<b>Verfahrensbeschreibung (20 %):</b> Verfahrenshandbuch (10 %), Technische Merkblätter (10 %)	-	-	-	-	+	+
<b>Schulungen (20 %):</b> Schulungen des Sanierers (10 %), Schulungsangebote des Herstellers (10 %)	-	-	-	-	+	+
<b>Prüfzeugnisse (20 %)</b>	+	-	-	-	+	+
<b>Fremdüberwachung (20 %)</b>	-	+	-	+	+	-
<b>Besondere Auffälligkeiten (20 %)</b>	in situ: Reprofilierungsmörtel mit Heißluftgebläse getrocknet (-)	keine Auffälligkeiten (+)	Qualitätssicherung: keine Reaktion auf An- und Rückfragen (-)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)
<b>Zusatzinformationen (nicht Teil der Benotung):</b>						
Statisches System	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund	Haftverbund
MAC-Steifigkeit (intaktes System = 100 %) <sup>8</sup>	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  
 \*\* Systemversagen<sup>7</sup> 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 Ausgangsteifigkeit 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

## **9 Ausschreibungstexte und zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen (Muster-ZTV) für die Schachtsanierung**

Zur Nutzung der erzielten Ergebnisse in der praktischen Umsetzung wurden Arbeitshilfen sowie Handlungsempfehlungen zur Ausschreibung und Qualitätssicherung von Schachtsanierungssystemen erarbeitet, die den Netzbetreibern bei der Sanierung von Abwasserschächten eine Hilfestellung sein können. Darüber hinaus wurden in Abstimmung mit den Lenkungskreismitgliedern Mustertexte für zusätzliche technische Vertragsbedingungen (Muster-ZTV) für Schachtsanierungsmaßnahmen in Arbeits- und Redaktionssitzungen formuliert, um zukünftig einen einheitlichen, qualitativ hochwertigen Sanierungs-Standard zu erzielen. Die erarbeiteten Dokumente können dem Anhang der Langfassung des Endberichtes [1] entnommen werden.

## 10 Schlussfolgerungen und Ausblick

Schächte sind ein wichtiger Bestandteil der Entwässerungsinfrastruktur. Eine Vielzahl der Bauwerke ist jedoch undicht oder weist anderweitig Funktionsverluste auf. In vielen Fällen sind Sanierungsarbeiten zur Wiederherstellung der Betriebssicherheit notwendig. Dies kann im Wesentlichen durch Neubau oder aber durch Instandsetzungsarbeiten am vorhandenen Bauwerk, z.B. den Einbau von Auskleidungs- oder Beschichtungssystemen, erfolgen. Im Rahmen des Vorhabens, das vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen sowie von 17 Netzbetreibern gefördert wurde, sind daher für diese Sanierungen unterschiedliche Materialien und Verfahren vergleichend getestet worden. Darüber hinaus sind in weiteren Untersuchungsschwerpunkten Themen bearbeitet worden, die unmittelbaren Einfluss auf die Qualität der Sanierungsprodukte besitzen.

Das gesamte Projekt wurde durch den Lenkungskreis der Netzbetreiber begleitet. Die Mitglieder bestimmten in insgesamt sieben Arbeitssitzungen u. a. die zu untersuchenden Systeme bzw. Verfahren zur Schachtsanierung, definierten Qualitätsanforderungen, bestimmten das Prüfprogramm und bewerteten die Ergebnisse, insbesondere mit Blick auf die Inhalte des IKT-Warentests „Schachtsanierung“.

Im Gesamtblick der Projektergebnisse konnten für die Schachtsanierung umfassende Erkenntnisse gewonnen werden. Für die im IKT-Warentest untersuchten **Auskleidungs- und Beschichtungssysteme** lässt sich dies wie folgt als Fazit zusammenfassen:

### **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 im IKT-Warentest 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 und Undichtheiten, andere zeigten sich aber nahezu unempfindlich gegenüber diesen Schwachstellen.

### **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 also zu empfehlen.

### **Tragsicherheit bei einigen Systemen kritisch oder unbekannt**

Die Untersuchungen zur Tragwirkung der unterschiedlichen Auskleidungs- und Beschichtungssysteme zeigten ein sehr differenziertes Ergebnis. Einige Systeme, die auf Haftverbund setzen, wiesen großflächige Hohlstellenbereiche und Rissbildungen auf und wurden mit „MANGELHAFT“ benotet, andere schlossen überzeugend mit „SEHR

GUT“ ab. Für die beiden selbsttragenden Auskleidungen und ein System mit Rückverankerung durch Tragelemente konnte lediglich in einem Fall ein statischer Nachweis vorgelegt werden, für die beiden anderen Systeme bleibt die Tragsicherheit unbekannt.

### **MAC-Messung belegt Mittragwirkung**

Die zerstörungsfreie MAC-Messung mittels Horizontalpressen zeigte, dass alle Beschichtungen sowie Auskleidungen mit vollflächigem Kontakt/Verbund zur Altschachtwandung 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.

### **Schutzwirkung bei einer Vielzahl der Systeme unklar**

Lediglich 4 von 13 Anbietern der Auskleidungs- und Beschichtungssysteme konnten Nachweise für den Einsatz der Materialien bzw. Systeme in Abwasseranlagen vorlegen. Bei Stichprobenuntersuchungen (Einlagerungsversuche) zeigten sich allerdings bei keinem System Auffälligkeiten.

### **Qualitätssicherung ist sehr lückenhaft**

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

### **Abnahme-Eindruck bei Schachteinstieg bestätigt Test-Ergebnisse**

Die unmittelbare Bewertung der Auskleidungs- und Beschichtungssysteme durch die Vertreter der kommunalen Netzbetreiber (Abnahme-Eindruck bei Schachteinstieg im Zuge des IKT-Warentests) deckte sich weitgehend mit den Ergebnissen der umfangreichen Prüfungen. Dies setzt allerdings eine besondere Erfahrung der einzelnen Mitarbeiter voraus.

### **Abnahmekontrollen verbessern, materialspezifische Fehlstellen beseitigen**

Fehlstellen in den Sanierungssystemen, wie z.B. Pinholes in Kunststoffbeschichtungen, hohl liegende Beschichtungen oder Risse in den Materialien, stellen grundsätzlich ein Risiko für Infiltrationen dar. Sie sollten frühzeitig erkannt und nachhaltig behoben werden. Dies erfordert in der Regel umfassende Nachkontrollen und gründliche Nacharbeiten.

Die wesentlichen **Erkenntnisse der weiteren Untersuchungen** lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### **Zuverlässige Untergrundvorbereitung aufwändig, aber machbar**

An die Untergrundvorbereitung sind sehr hohe Anforderungen zu stellen, um störendes Material zu entfernen und den Haftgrund angemessen aufzurauen. Zum Teil kann der Einsatz von automatisierten HD-Wasserstrahl-Einrichtungen mit bis zu 1000 bar Arbeitsdruck am Gerät notwendig sein.

### **Abdichtungsmaterialien stoppen Infiltrationen, bieten aber selten einen tragfähigen Untergrund**

Mit schnell abbindenden Stopf- und Flächenmörteln können Infiltrationen weitgehend unterbunden werden. Eine nennenswerte Reduzierung des Fremdwasserzuflusses ist mit nahezu allen untersuchten Materialien möglich, eine vollständige und dauerhafte

Abdichtung allerdings nicht. Mit Blick auf eine anschließende weitergehende Sanierung mit Auskleidungs- und Beschichtungssystemen ist zu beachten, dass einerseits langfristig wieder mit Grundwasserandrang zu rechnen ist und andererseits die Oberflächeneigenschaften der Abdichtungsstellen nur selten die hohen Anforderungen an einen tragfähigen Untergrund erfüllen. Der Robustheit einer anschließenden Beschichtung oder Auskleidung gegenüber solchen Schwachstellen kommt damit eine besondere Bedeutung zu.

### **Kunststoffschächte empfindlich gegenüber Baustellenverkehr**

Belastungsversuche an Kunststoffschächten aus PE-HD zeigten, dass diese über nur geringe Leistungsreserven verfügen, wenn Lasten aus Baustellenverkehr ungeschützt eingeleitet werden.

Als **Ausblick** werden folgende Schwerpunkte vorgeschlagen:

#### **Leistungsscheck „Untergrundvorbereitung“**

Jedes Verfahren bzw. jede Gerätekombination zur Untergrundvorbereitung zeigt eine individuelle Leistung. Um diese einschätzen zu können, bedarf es der Prüfung und Bewertung. Das im Projekt entwickelte Prüfprogramm bietet die Grundlage für einen standardisierten Leistungsscheck „Untergrundvorbereitung“, der z.B. Ausgangspunkt für künftige Geräte- und Verfahrensentwicklungen sein kann.

#### **Warentest „Abdichtungsmörtel und Injektionsmaterialien“**

Erste vergleichende Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens an neun Stopfmörteln zeigten bereits hohe Qualitätsunterschiede mit Blick auf die dauerhafte Abdichtung des Bauwerks und die Materialfestigkeit (Tragfähigkeit des Untergrunds für nachfolgende Beschichtungen). Qualitätsfaktoren konnten identifiziert und das zu erwartende Leistungsspektrum eingegrenzt werden, so dass nun eine Methodik zur Verfügung steht, um auch eine Vielzahl der auf dem Markt zur Abdichtung angebotenen Stopfmörtel und Injektionsmaterialien in einem IKT-Warentest miteinander zu vergleichen.

#### **Nachtests von Auskleidungs- und Beschichtungsverfahren zur Schachtsanierung**

Die Testergebnisse zeigen für die untersuchten Auskleidungs- und Beschichtungssysteme eine große Bandbreite, mit individuellen Stärken und Schwächen. Der Versuchsaufbau und das entwickelte Bewertungskonzept stehen nun zum Test weiterer auf dem Markt angebotener bzw. verbesserter Sanierungssysteme zur Verfügung.

#### **Weitergehende Tests und Prüfungen an Kunststoffschächten**

Im Rahmen des Vorhabens konnte gezeigt werden, dass die beispielhaft untersuchten Kunststoffschächte aus PE-HD nur geringe Leistungsreserven zur Kompensation einer fehlerhaften Bettung oder einer Fehlbelastung, z.B. durch Baustellenverkehr, besitzen. Die Untersuchung weiterer, auf dem Markt verfügbarer Kunststoffschächte bietet sich an. Darüber hinaus bietet das neu entwickelte MAC-System die Möglichkeit, in situ die Bettungsqualität von Kunststoffschächten im eingebauten Zustand zerstörungsfrei zu kontrollieren.

### **Schulungen für Auftraggeber und Auftragnehmer**

Das nunmehr abgeschlossene Projekt bietet umfassend praxisrelevante Informationen zur Schachtsanierung, z.B. hinsichtlich Untergrundvorbereitung, Vorabdichtung, Sanierungsausführung und Sanierungskontrolle. Die Ergebnisse sind in dem vorliegenden Bericht und weiteren Dokumenten (Muster-ZTV und -Leistungstexte) zusammengefasst. In Schulungen für Auftraggeber und Auftragnehmer kann dieses Wissen nun in praxisorientierter Weise weiter verbreitet werden.

## 11 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Bosseler, B.; Gillar, M.; Ulutaş, S.; Liebscher, M.: Vergleichende Produkt- und Verfahrensbewertung von Auskleidungs- und Beschichtungssystemen zur Sanierung von Abwasserschächten- IKT-Warentest Schachtsanierung. Gelsenkirchen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, März 2016.
- [2] Bosseler, B.; Homann, D.; Kaltenhäuser, G.: Bundesweite Umfrage zur Sanierung von Schachtbauwerken im Bereich der Abwassertechnik mittels Beschichtungsverfahren. Gelsenkirchen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Juli 2001.
- [3] Bosseler, B.; Birkner, T.: Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW; Endbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Dezember 2003.
- [4] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage; Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.
- [5] SüwVO Abw: Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen – Selbstüberwachungsverordnung Abwasser – SüwVO Abw vom 17.Oktober 2013.
- [6] Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen – RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 03.01.1995 - Bekanntmachung im Ministerialblatt für das Land NRW – Nr. 14 vom 10. Februar 1995.
- [7] Bosseler, B.; Puhl, R.: Beschichtungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten - Studie zu Qualitätseinflüssen und Einsatzgrenzen anhand von Praxis- und Laboruntersuchungen. Gelsenkirchen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Februar 2005.
- [8] Liebscher, M.; Gillar, M.; Bosseler, B.: Sanierung von Abwasserschächten - Untersuchung von Materialien und Systemen zur Abdichtung und Beschichtung. Gelsenkirchen, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, April 2011.
- [9] Momber, A.: Anwendungsgrundsätze beim Hochdruckwasserstrahlen in der Betoninstandsetzung. In: Bautenschutz + Bausanierung, Bd. 14, S. 130-133, 1991.
- [10] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 4051: Kanalklinker – Anforderungen, Prüfung, Überwachung. Berlin, Beuth Verlag GmbH, April 2002.