

Kurzbericht

**Entwicklung eines Prüfverfahrens  
für Schachtkopfmörtel**



Auftraggeber:



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

Projektbearbeitung:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur  
Exterbruch 1  
45886 Gelsenkirchen



Wissbau  
Beratende Ingenieurgesellschaft mbH  
Kruppstraße 82 – 100  
45145 Essen

---

#### WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

Dr.-Ing. Bert Bosseler (IKT)  
Prof. Dr. Rainer Auberg (WISSBAU)

#### PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. Thomas Brüggemann (IKT)  
Dipl.-Ing. (FH) Holger Arbeit (WISSBAU)

Wir danken folgenden Kanalnetzbetreiber für die weitreichende Unterstützung im Rahmen der Insitu-Untersuchungen:

- *Gemeinde Möhnesee*
- *Münchner Stadtentwässerung*
- *NVV - Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG, Mönchengladbach*
- *Remscheider Entsorgungsbetriebe*
- *Stadt Bad Salzuflen*
- *Stadt Bielefeld*
- *Stadt Dortmund*
- *Stadt Freudenberg*
- *Stadt Hilden*
- *Stadt Minden*
- *Stadtentwässerungsbetrieb Paderborn (STEB)*
- *Stadtentwässerungsbetriebe Düsseldorf*
- *Stadtwerke Neuenrade AöR*
- *Vlothoer Wirtschaftsbetriebe*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG, PROBLEM- UND ZIELSTELLUNG</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>FESTSTELLUNG DES IST-ZUSTANDES UND LABORUNTERSUCHUNGEN</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PROZESSANALYSE DER EINBAUPRAXIS</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>PRÜFVERFAHREN FÜR SCHACHTKOPFMÖRTEL</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>FAZIT</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>20</b>

## 1 Veranlassung, Problem- und Zielstellung

Eine Vielzahl der Schachtabdeckungen in Kanalisationsnetzen sind beschädigt oder zum Teil sogar gänzlich zerstört. Ständige dynamische Belastungen, wechselnde Witterungsbedingungen in Kombination mit Frost-Tausalz-Angriffen im Winter sorgen für eine permanent hohe Beanspruchung und gegebenenfalls eine Zerstörung des Materials, insbesondere des eingesetzten Mörtels im Schachtkopfbereich.

Dieser auch als Schachtkopfmörtel bezeichnete Mörtel kann in verschiedenen Bereichen des Schachtkopfes angeordnet werden (vgl. Abb. 1).

Mit Blick auf die zahlreichen Schachtbauwerke in Nordrhein-Westfalen (ca. 1,8 Mio.) ist von einem immensen Sanierungsbedarf bei Schächten und Schachtabdeckungen auszugehen. Unter der Annahme einer Schadensquote von nur 1 % und durchschnittlichen Sanierungskosten von 500 € pro Schachtabdeckung betragen die Investitionskosten für zukünftige Sanierungen in NRW rund 9,0 Mio. €. Für das gesamte Bundesgebiet ergibt sich somit ein Investitionsvolumen von ca. 50 Mio. €. Die tatsächliche Schadensquote liegt voraussichtlich deutlich höher (vgl. [1]).

Die Dauerhaftigkeit der bisher durchgeführten Sanierungen an Schachtabdeckungen ist vielfach jedoch sehr gering. Erste Ansätze zur Lösung dieser Problematik werden in [2, 3, 4] aufgezeigt. Ziel der Untersuchungen in [2] war der Vergleich unterschiedlicher Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen im Hinblick auf eine dauerhafte Ableitung dynamischer Verkehrslasten unter Berücksichtigung der im Rahmen der europäischen Harmonisierung des Normen- und Regelwerkes geplanten Erhöhung der SLW-Radlasten. Ergänzend wurden in [3] die vorhandenen Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten verglichen, bewertet und Vorschläge für ihre Modifizierung oder Neuentwicklung erarbeitet. Darüber hinaus konnten in [4] weitere Schwachstellen bei der Instandhaltung von Schachtabdeckungen identifiziert und Wege zur Erhöhung der Nutzungsdauer von Schachtabdeckungen aufgezeigt werden. Untersuchungsgegenstand in [2, 3, 4] waren schwerpunktmäßig die unterschiedlichen Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen, wie der Einsatz von Gussasphalt oder Elastomerringen sowie unterschiedliche Lastabtragsarten. Ergänzend wurde in [4] auch der Einfluss der Mörtelqualität auf das Sanierungsergebnis betrachtet. Es zeigte sich, dass viele der eingesetzten Mörtel oftmals nicht den hohen Anforderungen des Praxiseinsatzes genügen. Ursache hierfür ist das Fehlen einheitlicher Anforderungen an die Qualität von Mörteln zur Sanierung von Schachtabdeckungen. Vorhandene Eignungsprüfungen und Prüfverfahren für Schachtkopfmörtel berücksichtigen außerdem lediglich vordefinierte Randbedingungen im Labor (vgl. [4]) und orientieren sich nicht am praxisorientierten Anwendungsfall. Es fehlt ein einheitliches, zuverlässiges Prüfverfahren für Schachtkopfmörtel, das sicher Auskunft über die Eignung für den Einsatz im Straßenbau gibt.

Ohne aussagekräftige und zuverlässige Eignungsprüfungen bzw. Prüfverfahren für Schachtkopfmörtel gehen die Netzbetreiber mit dem Einbau von „nicht praxisorientiert geprüften“ Mörteln ein hohes Investitionsrisiko ein. Insbesondere die Fragen der Dauerhaftigkeit und der Gewährleistung im Schadensfall sind bisher ungeklärt. Auch die Hersteller sehen sich durch die Produktion entsprechender Mörtel mit zahlreichen

Unsicherheiten konfrontiert. Um die aufgezeigten Unsicherheiten auszuräumen ist es erforderlich und im Sinne der Netzbetreiber in NRW, ein zuverlässiges Prüfverfahren für Schachtkopfmörtel zu entwickeln, das die besonderen Beanspruchungen und Anforderungen des Praxiseinsatzes berücksichtigt.

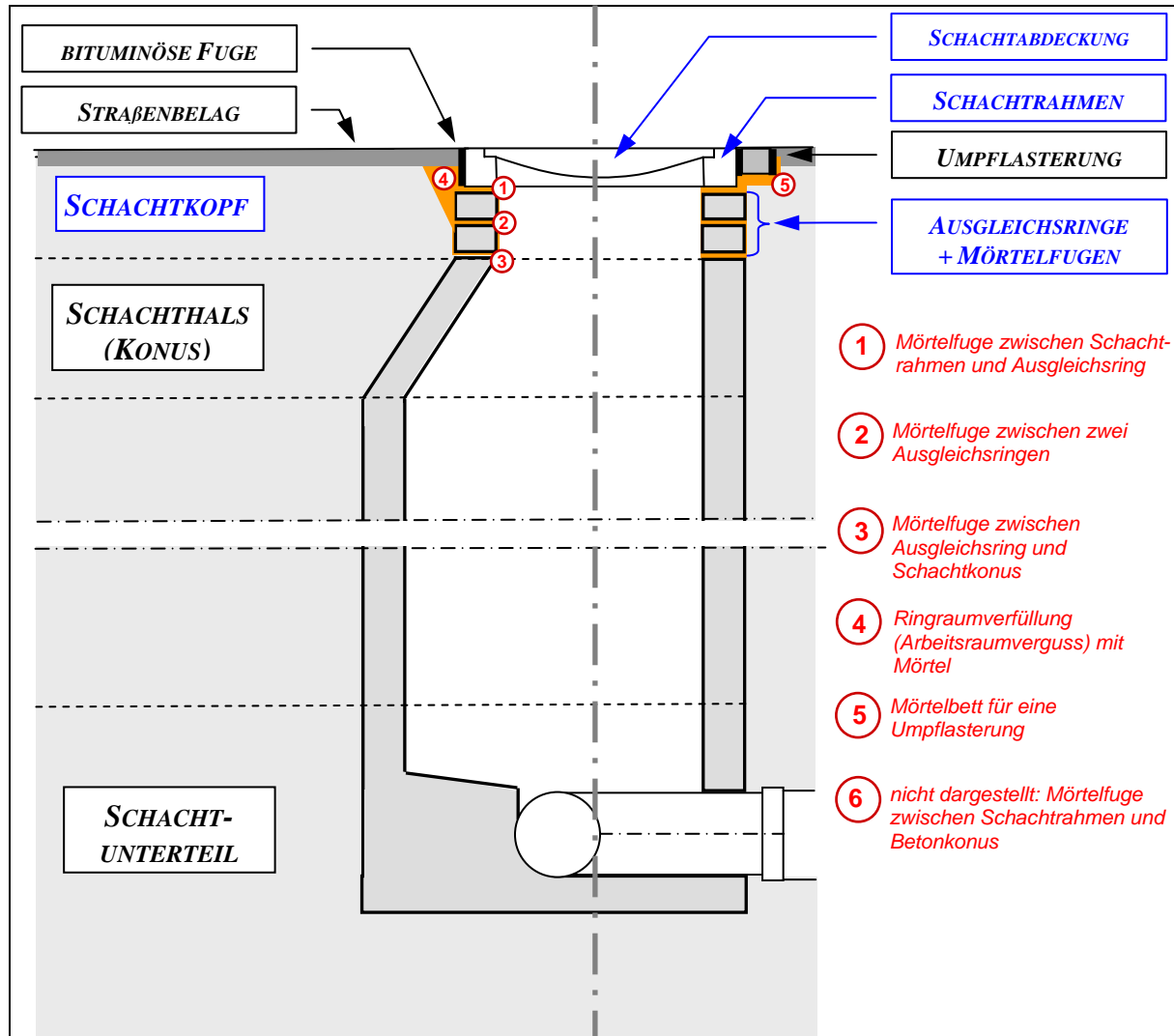


Abb. 1: Beispielskizze für die Anordnung von Schachtkopfmörtel bei einem Abwasserschacht, ohne explizite Darstellung des Straßenbelags, keine Einbauanleitung!

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines zuverlässigen Prüfverfahrens für Schachtkopfmörtel. Dieses Prüfverfahren soll den Netzbetreibern in NRW sichere Informationen über die Eignung und die Einsatzmöglichkeiten von Mörteln zur Sanierung von Schachtabdeckungen liefern. Dabei sollen insbesondere kritische Angriffsmuster, wie z.B. Frost-Tausalz-Angriff, Verkehrsbeanspruchungen und Verarbeitbarkeit unter Baustellenbedingungen Berücksichtigung finden. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Prüfanlässe und -zeitpunkte sind entsprechende Verfahren für die Eignungs-, die Güte- und die Abnahmeprüfung zu erarbeiten.

## 2 Feststellung des Ist-Zustandes und Laboruntersuchungen

Um den Ist-Zustand an durchgeführten Sanierungsmaßnahmen erfassen zu können, wurden insgesamt 22 Schachtbauwerke bei 13 kommunalen Netzbetreibern unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien (Sanierungsverfahren, Mörtel, Jahr der Sanierung etc.) für eine Inspektion ausgewählt (vgl. Tab. 1):

Tab.1: Übersicht zu den inspizierten Schächten

Nr.	Sanierungsverfahren	ausführende Firma	Mörtel	Höhe der Mörtelfuge [mm]	Jahr der Sanierung	System	Verkehrsbelastungen	Schachtbauart	Höhe über NN [m]	Frostzone
1	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	Vergussmörtel	35 – 55	2004	RW	mäßiger Verkehr, Schwerlastverkehr (Industriegebiet)	Beton	74,62	1
2	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	Vergussmörtel	40 – 55	2006	SW	mäßiger Verkehr, Schwerlastverkehr (Werkseinfahrt, Gewerbegebiet)	Beton	78,97	1
3	konventioneller Ausbau	Fremdfirma	Vergussmörtel	ca. 5	2001	MW	Busverkehr (Wohngebiet mit Schulzentrum)	Beton	k. A.	3
4	konventioneller Ausbau	Fremdfirma	Vergussmörtel	45 – 70	2003	SW	geringes Verkehrsaufkommen, Nebenstraße (Wohngebiet)	Beton	K. A.	3
5	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	plastischer Mörtel	25 – 45	2002	RW	relativ viel Durchgangsverkehr (Wohngebiet)	Beton	45,70	1
6	Ausbau mittels Bohrverfahren	Fremdfirma	Vergussmörtel	ca. 35	2001	SW	relativ viel Durchgangsverkehr (Wohngebiet)	Beton	45,26	1
7	ohne Ausbau	Eigenleistung	Vergussmörtel	20 – 35	2004	SW	mäßiger Verkehr, Schwerlastverkehr (Industriegebiet)	Beton	74,72	1
8	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	plastischer Mörtel	30 - 40	2000	MW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße, Schwerlastverkehr	Beton	520	2
9	Ausbau mittels Bohrverfahren	Fremdfirma	plastischer Mörtel	10 - 20	2005	SW	geringes Verkehrsaufkommen (Nebenstraße, Wendehammer, Gewerbegebiet), Schwerlastverkehr	Beton	172,58	1
10	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	plastischer Mörtel	ca. 30	-	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße (B229), 2-Spurig, Schwerlastverkehr	Mauerwerk + Beton	-	1
11	konventioneller Ausbau – Ausbau einer Umpflasterung	Fremdfirma	Vergussmörtel	20 - 30	2002	MW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße (B229), Schwerlastverkehr	Beton	328,02	2 - 3

Tab. 1 - Fortsetzung:

Nr.	Sanierungsverfahren	ausführende Firma	Mörtel	Höhe der Mörtelfuge [mm]	Jahr der Sanierung	System	Verkehrsbelastungen	Schachtbauart	Höhe über NN [m]	Frostzone
12	konventioneller Ausbau	Fremdfirma	Vergussmörtel	ca. 30	2000	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße, Schwerlastverkehr	Beton	50,18	1
13	konventioneller Ausbau	Fremdfirma	plastischer Mörtel	80 - 110	1997	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße, Schwerlastverkehr	Mauerwerk	49,94	1
14	konventioneller Ausbau	Fremdfirma	Vergussmörtel	20 - 25	k. A.	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße, Schwerlastverkehr	Mauerwerk	51,14	1
15	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	plastischer Mörtel	15 - 20	2000	RW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße, Schwerlastverkehr, Straßenbahn, Busverkehr	Beton	93,51	1
16	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	plastischer Mörtel	20 - 30	2000	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße, Busverkehr	Beton	126,72	1
17	Ausbau mittels Fräse (Ausbau einer konischen Abdeckung)	Fremdfirma	Vergussmörtel	60 - 70	2000/2001	MW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße	Mauerwerk	-	1
18	ohne Ausbau	Fremdfirma	plastischer Mörtel	20 - 30	2000	MW	geringes Verkehrsaufkommen (Busverkehr)	Beton	-	1
19	Ausbau mittels Bohrverfahren	Fremdfirma	plastischer Mörtel	15 - 20	2004	RW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße	Beton	-	1
20	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	Vergussmörtel	bis 70	2005	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße	Beton	-	1
21	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	Vergussmörtel	ca. 60	2005	SW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße	Beton	-	1
22	konventioneller Ausbau	Eigenleistung	Vergussmörtel	ca. 30	2005	RW	stark befahrene Hauptverkehrsstraße	Beton	-	1

Im Vorfeld der optischen Inspektion wurde vor Ort eine Lageüberprüfung der zu inspizierenden Schachtbauwerke durch den Abgleich mit vorhandenen Bestandsplänen vorgenommen. Um die Einwirkungen infolge vorhandener Verkehrsbelastungen abschätzen zu können, wurde die Lage des Schachtes dokumentiert. Die anschließende optische Inspektion des Schachtes wurde in drei Untersuchungsabschnitte eingeteilt. In einem ersten Untersuchungsabschnitt wurde die Einbindung des Schachtes in den Straßenraum beurteilt. In einem weiteren Schritt wurde der Allgemeinzustand des Schachtkopfes festgehalten und am Ende erfolgte die Beurteilung des Zustandes der Mörtelfuge im eingebauten Zustand.

Um den Aufbau der sanierten Schachtabdeckungen analysieren und nicht sichtbare Schädigungen im Bereich der Mörtelfuge untersuchen zu können, wurden 20 der 22 inspizierten Schachtabdeckungen mit dem darunter befindlichen Mörtel freigelegt (vgl. Abb. 2, Abb.3, Abb. 4). Hierbei konnte nun festgestellt werden, ob sich der Mörtel auch in nicht sichtbaren Bereichen befindet, z.B. hinter der Schachtwand oder unterhalb der Straßendecke im Umfeld der Schachtabdeckung.



Abb. 2: herkömmliche Freilegung einer Mörtelfuge



Abb. 3: Inspektion einer freigelegten Mörtelfuge



Abb. 4: freigelegte Mörtelfuge mit Rissen

Im Zuge der Inspektion des Schachtkopfes wurden im Bereich der Mörtelfuge Ultraschallmessungen durchgeführt (vgl. Abb. 6). Das verwendete Ultraschallmessgerät (vgl. Abb. 7) besteht im Wesentlichen aus den Prüfkörpern (Sender und Empfänger), die eine Übertragung des Impulses auf das Bauteil gewährleisten, und der Laufzeitmessung, die in das Gerät integriert ist. Für die Ultraschallmessung wurde ein Messraster auf der Innenseite der Mörtelfuge angezeichnet (vgl. Abb. 5).

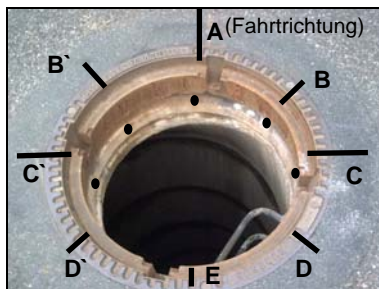


Abb. 5: Unterteilung des Schachtes in Achtpunkte



Abb. 6: Ultraschalluntersuchung mittels Ringmessung



Abb. 7: Ultraschallmessgerät mit Sender und Empfänger

Zur Bestimmung der chemischen Beanspruchungen des Mörtels gegenüber Chloriden und Sulfaten wurden bei der Schachtinspektion Bohrmehlproben entnommen. Im Labor erfolgte die Bestimmung des Fremdsalzgehaltes (Sulfat, Chlorid) mittels Ionenchromatograph.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Schächten, in deren Bereich höhere Mengen Tausalz eingesetzt wurden, hohe Chlorid-Werte vorhanden sind. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Chloride durch die Einwirkung von Tausalzen (z. B. Natriumchlorid – NaCl) eingedrungen sind.

Bei vielen der untersuchten Mörtel wurden nach der Analyse der Bohrmehlproben zum Teil stark erhöhte Sulfat-Werte festgestellt. Dieses deutet auf eine hohe Sulfatbelastung in den inspizierten Schächten.

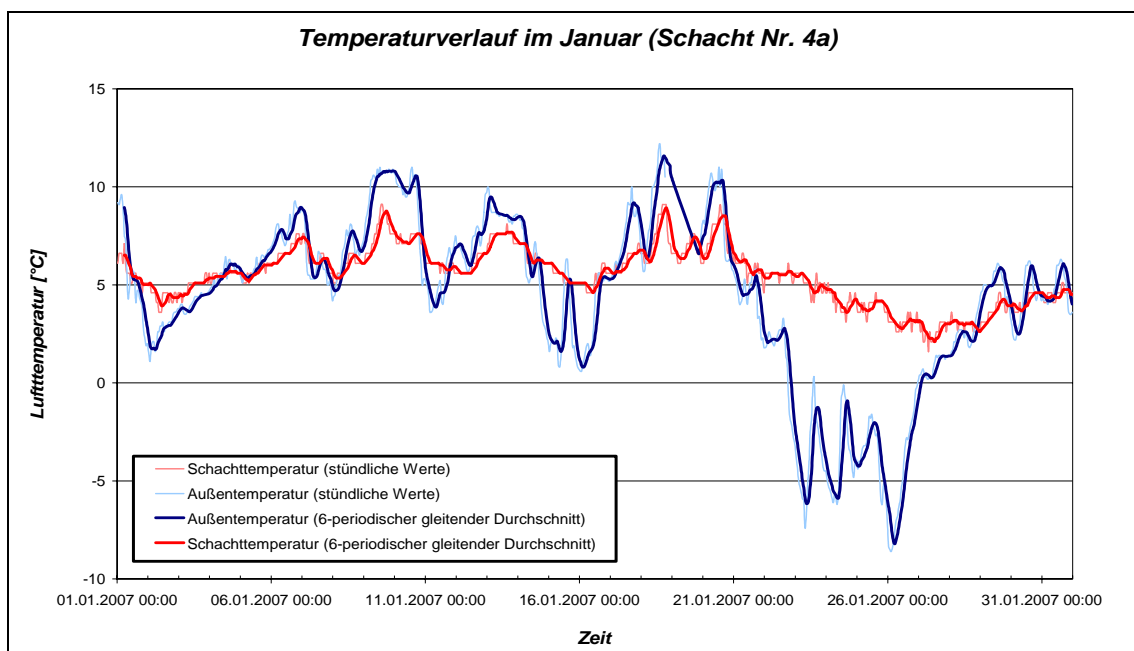
Bohrmehlproben, die erhöhte Sulfatkonzentrationen aufwiesen, wurden auf die schädlichen Ettringit- und Thaumasitkristalle nach der röntgendiffraktometrischen Methode (XRD) untersucht. In den stark sulfathaltigen Proben aus den inspizierten Schächten wurden nur geringe Mengen an Ettringit und Thaumasit festgestellt, die als nicht schädlich eingestuft werden können. Bei sämtlichen untersuchten Schächten waren jedoch Schachtabdeckungen mit Lüftungsöffnungen vorhanden. Aufgrund der Sulfatbelastungen in den Misch- und Abwasserkanälen ist bei unbelüfteten Kanälen mit hoher Sicherheit davon auszugehen, dass



ein biogener Schwefelsäureangriff stattfindet, bei dem die schädlichen Kristalle Ettringit und Thaumasit im Mörtel gebildet werden.

Zur Ermittlung der typischen Umweltbedingungen (Temperatur und Luftfeuchtigkeit), denen der Schacht ausgesetzt ist, wurden an ausgewählten Schächten Messfühler zur Erfassung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit angebracht. Bei der Auswahl der Schächte wurden unterschiedliche Klimaregionen gemäß Frostzonenkarte [5] in Deutschland berücksichtigt.

Die durchgeführten Luftfeuchtemessungen zeigen, dass im Bereich des Schachtkopfmörtels fast permanent eine Luftfeuchtigkeit von 100 % vorliegt und zudem das ablaufende Flächenwasser in direktem Kontakt zum Schachtkopfmörtel steht. Auf Grund der Temperaturmessungen kann man sicher von einem Frostangriff am Schachtkopf ausgehen. Die Temperaturbelastung ist gegenüber der Lufttemperatur jedoch deutlich gepuffert, so dass weniger Frosttage und geringere Tieftemperaturen im Winter auftreten (*Abb. 8*). Dies konnte bei allen Messstellen unabhängig der Lage gezeigt werden. Eindeutig zeigen die Ergebnisse, dass sich bei einer Streusalzstreuung der Straße eine deutliche Chloridbelastung im Schachtkopfmörtel einstellt. Somit ist bei diesen Straßen mit einem Frost-Tausalz-Angriff am Schachtkopfmörtel zu rechnen.



*Abb. 8: Beispiel für den Temperaturverlauf (außen und innen) im Bereich eines Schmutzwasserschachtes im Wintermonat Januar*

Im Anschluss an die Insitu-Untersuchungen wurde der Schachtkopf soweit freigelegt, dass eine Entnahme von Mörtelproben erfolgen konnte (*Abb. 9, 10*). Im Labor wurden aus den entnommenen Proben Probewürfel mit den Kantenlängen von 20 cm bis 50 cm hergestellt, um die Druckfestigkeit ermitteln zu können (*Abb. 11*).



Abb. 9: Markierte Bruchstücke einer Mörtelfuge



Abb. 10: Ausgebohrte Schachtabdeckung mit Mörtelfuge und Ausgleichsring



Abb. 11: Mörtelfuge mit darunter liegendem Ausgleichsring

Die Untersuchung auf Druckfestigkeit macht deutlich, dass auf der Baustelle die von den Mörtelherstellern angegebene Endfestigkeit nicht immer erreicht wird. Dies ist im Wesentlichen auf einen unsachgemäßen Umgang bei der Verarbeitung des Mörtels zurückzuführen. Im Rahmen einer Eignungsprüfung ist zunächst die Druckfestigkeit von Schachtkopfmörtel zu ermitteln, um zu überprüfen, ob der Mörtel den Einbaubedingungen gerecht wird und ob die vom Mörtelhersteller angegebenen Festigkeiten erreicht werden. Mit Hilfe einer Güteprüfung wird auf der Baustelle der sachgemäße Umgang kontrolliert, in dem Mischvorgang und Verarbeitung des Mörtels mit den Arbeitsanweisungen der Mörtelhersteller abgeglichen werden. Durch die Entnahme von Frischmörtelproben während der Verarbeitung kann im Labor die Druckfestigkeit überprüft werden.

Die Druckfestigkeitsuntersuchungen zeigten zudem deutlich, dass unabhängig vom Schädigungsgrad des Schachtkopfes die Festigkeit an Kleinproben hohe Werte aufweist, somit in diesen Fällen eine Gefügeschädigung im Mikrosystem des Kerns nahezu ausgeschlossen werden kann. Die vorgefundenen Schäden sind hier vorwiegend Schädigungen auf makroskopischer Ebene, d. h. Risse-, Schollenbildung und Ablösungen, somit eher mechanischer Ursache aus Verkehrsbelastung und Bewegung bzw. Verformung.

Die entnommenen Proben des Ausgleichsringes mit anhaftender Mörtelfuge (vgl. Abb. 10) von drei Schächten wurden im Labor in Kreissegmente gesägt und als Probekörper für die Frostprüfung verwendet (vgl. Abb. 12). Bei der Prüfung der entnommenen Kreissegmente auf Frost-Tausalz-Widerstand wurde sowohl nach dem CDF-Verfahren mit 3%-NaCl-Lösung [6] als auch nach einem modifizierten CDF-Verfahren mit 1%-NaCl-Lösung getestet.

Mit vier exemplarisch ausgesuchten Schachtkopfmörteln (Mörtel A, B, C und D) wurde an laborhergestellten Proben ebenfalls der Frost-Tausalz-Widerstand mit dem Prüfverfahren CDF-Test mit einer 3%igen und modifiziert mit einer 1%igen NaCl-Lösung geprüft.

Die Prüfkörperherstellung erfolgte abweichend von der CDF-Prüfvorschrift mit Normprismenschalung, so dass Prüfkörper der Geometrie 40 x 40 x 160 mm entstanden (vgl. Abb. 13). Aufgrund der geringen Korngröße der verwendeten Gesteinskörnung – Sand – ist eine Reduzierung einer Seitenlänge vertretbar und wegen der ergänzenden Prüfung im Rahmen der Eignungs- und Güteprüfungen – Druck- und Biegezugfestigkeit - ist die Verwendung dieser Geometrie vorteilhaft.

Um die Wiederholbarkeit, d.h., den Einfluss der Geometrie und des Mörtels auf die Präzision des Prüfverfahrens, zu überprüfen, wurden für einige Prüfserien mit der Regelprüflösung bzw. der modifizierten Prüflösung jeweils Doppelprüfungen (Wiederholprüfungen) durchgeführt. Bei diesen Vergleichsuntersuchungen wurden die Prismenprüfkörper mit einer

neuen Mischung des Mörtels zeitversetzt um zwei Wochen hergestellt. Die beiden Prüfergebnisse beinhalten somit die Prüfstreuung aus Herstellung, Lagerung und Prüfung. Um das Verbundverhalten von Mörtel und Beton nach einer Bewitterung überprüfen zu können, wurde zusätzlich eine Prüfung auf Frost-Tausalz-Widerstand an im Labor hergestellten Verbundprobekörpern mit den Abmessungen 165 \* 95\* 100 mm durchgeführt, die aus einer 5 cm dicken Mörtelschicht und Betonschicht bestehen (vgl. Abb. 14).



Abb. 12: Serie Schacht 5 nach 28 FTW in 3%igeer NaCl-Lösung



Abb. 13: Serie Schacht 9 Mörtel C nach 28 FTW in 13%iger NaCl-Lösung



Abb. 14: Verbundprobekörper (Seitenansicht) nach Herstellung

Bei dem Verbundprobekörper handelt es sich um einen idealisiertes Probestück, das in etwa den Abmessungen einer Mörtelfuge entspricht. Gleichzeitig wurde hierbei der Einfluss einer Oberflächenbehandlung des Untergrundes (Beton) berücksichtigt. Einige der Oberflächen wurden aufgeraut bzw. mit einer Haftbrücke versehen.

Die hergestellten Verbundprobekörper wurden anschließend mittels modifizierten CDF-Test (1%ige NaCl-Lösung) auf Frost-Tausalz-Widerstand überprüft.

Die Frost-Tausalz-Untersuchungen mit dem CDF-Test gemäß bestehender Prüfvorschrift (3%ige NaCl-Lösung, 28 Frost-Tau-Wechsel) an sowohl vor Ort entnommenen Proben als auch an im Labor hergestellten Proben zeigen, dass die Mörtel die Anforderungen des Straßen- und Wasserbaus hinsichtlich Witterungsverhalten größtenteils nicht erfüllen (vgl. Abb. 15). Die mittlere Abwitterung darf einen Grenzwert von 1500 g/m<sup>2</sup> nicht überschreiten. Außerdem darf eine obere 5%-Fraktile von 1800 g/m<sup>2</sup> nicht erreicht werden [7].

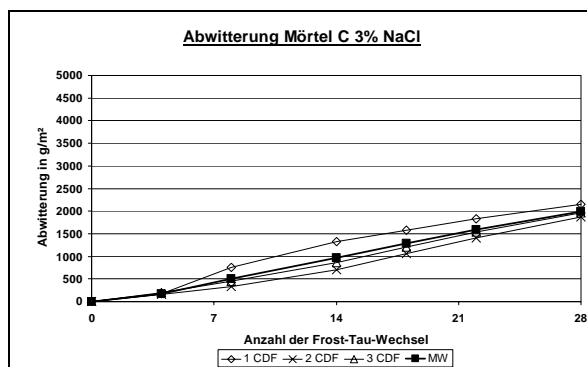


Abb. 15: Abwitterungsverlauf der CDF-Prüfung Mörtels C in 3%iger NaCl-Lösung (28 FTW)

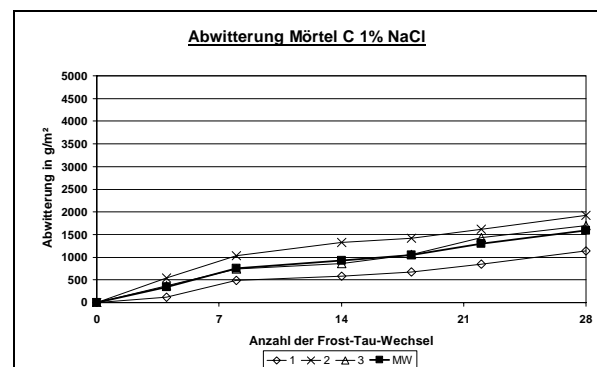


Abb. 16: Abwitterungsverlauf der CDF-Prüfung Mörtels C in 1%iger NaCl-Lösung (28 FTW)

Wie bereits in [4] festgestellt wurde, entspricht die Bewitterung beim CDF-Verfahren über nur eine Seite des Prüfkörpers eher der Realität als eine allseitige Bewitterung bei einer Prüfung in Anlehnung an die Empfehlungen des DAfStb [8]. Die Untersuchungen mit dem CDF-Test [6] gemäß bestehender Prüfvorschrift an den ausgebauten Schachtkopfmörteln mit einer 3%igen-Lösung über 28 Frost-Tausalz-Wechsel zeigte, dass keine Prüferie das strenge Grenzwertkriterium des Straßen- und Wasserbaus bestand. Hier wird davon ausgegangen, dass Betonbauteile durch stehende Taumittellösungen über einen längeren Zeitraum beansprucht werden (z. B. Pfützenbildung bei Betonstraßen). Eine im Schachtkopfbereich angeordnete Mörtelfuge wird jedoch nur kurzzeitig durch abfließendes Wasser bzw. Taumittellösungen beansprucht. Das Prüfregime scheint für die Anwendung und die Belastung des Schachtkopfmörtels zu scharf zu sein. Aus diesem Grund wurden zusätzliche Untersuchungen mit einem modifizierten CDF-Test an Laborproben aus vier verschiedenen Schachtkopfmörteln vorgenommen. Bei diesem Test wurden Veränderungen hinsichtlich Prüfkörpergeometrie, Prüfkörperart und Prüflösung vorgenommen. Die Ergebnisse der Frost-Tausalz-Prüfung mit den bestehenden und modifizierten Prüfverfahren CDF-Test zeigen, dass der bestehende CDF-Test hinsichtlich Prüfbedingungen und Abnahmekriterien für den vorliegenden Anwendungsfall zu scharf ist und eine Reduzierung der Konzentration der Prüflösung bei gleichen Prüfkriterien (1500 g/m<sup>2</sup> nach 28 Frost-Tau-Wechseln) vorgeschlagen werden muss. Zur CDF-Prüfung wurde auf Mörtelprismen zurückgegriffen. Zur Bestimmung der Verbundfestigkeit wurde die Haftzugfestigkeit gemäß DIN 1048, Teil 2 [9] an im Labor hergestellten rechteckigen Verbundprobekörpern geprüft, die aus Beton und Schachtkopfmörtel bestehen.

Bei der optischen Inspektion mit anschließender Freilegung wurde insbesondere der Kontaktbereich Mörtel-Beton bzw. Mörtel-Guss als Schwachstelle identifiziert. Bereits in [4] wurde angeführt, dass der Wasserentzug im Kontaktbereich Mörtel-Beton die Festigkeitsentwicklung im Mörtelgefüge beeinträchtigen kann. Für die Verbundeigenschaften zwischen dem Betonausgleichring und der Mörtelfuge wurde nun die Haftzugfestigkeit gemäß DIN 1048, Teil 2 [9] im Verbund geprüft. Für die Prüfung wurden sowohl die Kreissegmente des Ausgleichsringes mit anhaftender Mörtelfuge (vgl. Abb. 18) als auch die im Labor hergestellten Verbundprobekörper (Mörtel – Beton) verwendet. Die Ermittlung der Haftzugwerte wurde sowohl für unbewitterte Probekörper als auch zuvor bewitterte Probekörper (vgl. Abb. 17) durchgeführt.



Abb. 17: Haftzugprüfungen an bewitterten Probekörpern



Abb. 18: Haftzugprüfungen an ausgebauten Kreissegmenten

Im Rahmen der Untersuchungen wurde deutlich, dass die Haftzugwerte innerhalb einer Prüferie der ausgebauten Kreissegmente und der hergestellten Verbundprobekörper starke Unterschiede aufweisen. Die Streubreiten der Prüfergebnisse sind signifikant, insbesondere da ca. 1/3 der Probekörper nicht prüfbar war, weil bereits bei der Ringnuterstellung ein Verbundversagen auftrat.

Ein signifikanter Unterschied bei den Haftzugwerten zwischen den Proben mit und ohne Haftbrücke und den Nullproben zu den befestigten Proben wurde nicht festgestellt. Für einen Signifikanztest ist die Streuung zu hoch. Es lässt sich jedoch eine Trend erkennen. Befestigte Verbundprobekörper zeigen eher ein Versagen im Mörtel als unbefestigte Probekörper. Bei Verbundprobekörpern mit Haftbrücke treten in der Verbundschicht weniger Brüche auf.

### 3 Prozessanalyse der Einbaupraxis

Um die derzeitige Einbaupraxis für Schachtkopfmörtel analysieren zu können, wurden 11 unterschiedliche, aktuelle Sanierungsmaßnahmen ausgewählt und begleitet (*vgl. Tab. 2*).

In einem ersten Schritt wurde die Lage des zu sanierenden Schachtes erfasst und die vom Anwender bzw. Betriebspersonal durchgeführte Verkehrssicherung dokumentiert. In einem weiteren Schritt wurden allgemeine Angaben wie Datum, Uhrzeit, Schachtnummer laut Kanalkataster und eine Lagebeschreibung schriftlich festgehalten. Zudem wurden Angaben wie ausführende Firma, Anzahl der Mitarbeiter und vorhandene bzw. einzusetzende Gerätschaften protokolliert. Danach erfolgte eine detaillierte Dokumentation der Freilegung und des Ausbaus der Schachtabdeckung und gegebenenfalls des Ausbaus von Schachtausgleichsringen. Hierbei war insbesondere von Interesse, ob sämtliche geschädigte Bauteile im Bereich des Schachtkopfes und geschädigter Straßenoberbau im Umfeld der Schachtabdeckung entfernt wurden. Nur bei einer kompletten Erneuerung schadhafter Bauteile kann die Dauerhaftigkeit der Mörtelfuge und des Systems Schachtkopf gewährleistet werden.

In einem weiteren Schritt wurde nun die Herstellung und Verarbeitung des Mörtels auf der Baustelle detailliert dokumentiert. Hierbei wurde insbesondere überprüft, ob die Vorgaben und Empfehlungen des Mörtelherstellers in den Verarbeitungshinweisen eingehalten werden. Zudem wurden hierbei die lokalen Randbedingungen erfasst, da diese die Qualität des Mörtels stark beeinflussen können. So können beispielsweise niedrige Außentemperaturen den Erhärtungsprozess des Mörtels verzögern; hohe Außentemperaturen führen in der Regel hingegen zu einer Beschleunigung des Erhärtungsprozesses. Die klimatischen Randbedingungen wie Außentemperatur und relative Luftfeuchte wurden auf der Baustelle mit Hilfe einer mobilen Wetterstation erfasst. Da die vom Hersteller vorgeschriebene Verwendung bestimmter Mischwerkzeuge, die Einhaltung des Mischungsverhältnisses Trockenmörtel zu Anmachwasser sowie die Einhaltung von Misch- und Verarbeitungszeit für die Mörtelqualität von großer Bedeutung sind, wurden diese Angaben vor Ort überprüft und protokolliert.

Sanierung Nr.	Sanierungsverfahren	Art des Ausbaus	ausführende Firma	Mörtel
1	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung und des Auflagering	konventionell	Eigenleistung	Vergussmörtel
2	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung und des Auflagering	konventionell	Fremdfirma	Vergussmörtel
3	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung mit Hilfe des Stahlplattensystems	mittels Schachtrahmenbohrmaschine	Fremdfirma	plastischer Mörtel; Ringraumverfüllung: Vergussmörtel
4	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung und des Auflagering	konventionell	Eigenleistung	plastischer Mörtel
5	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung	konventionell – Einsatz einer Schachtrahmenschneidemaschine	Fremdfirma	Vergussmörtel
6	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung und des Auflagering	konventionell – Einsatz einer Schachtrahmenschneidemaschine	Fremdfirma	Vergussmörtel
7	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung	Konventionell – Ausbau der SSU-Umpflasterung	Fremdfirma	Vergussmörtel
8	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung	konventionell	Fremdfirma	Vergussmörtel
9	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung und des Auflagering	konventionell	Eigenleistung	plastischer Mörtel
10	Höhenregulierung mit Ausbau der konischen Schachtabdeckung	mittels Fräse (konisch, Stehr-Fräse)	Fremdfirma	Vergussmörtel
11	Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung	konventionell	Eigenleistung	Vergussmörtel

Tab. 2: Tabellarische Zusammenstellung der ausgewählten Sanierungsmaßnahmen

Nachdem die neuen Bauteile (Auflageringe, Schachtabdeckungen, etc.) im Bereich des Schachtkopfes ausgerichtet worden waren, konnte mit der Herstellung und Verarbeitung des Mörtels begonnen werden. Bei der Anwendung des Mörtels konnten drei wesentliche Arbeitsschritte identifiziert werden, die im Rahmen der Prozessanalyse detailliert überprüft und dokumentiert wurden:

1. Arbeitsschritt: Arbeitsvorbereitung (Abb. 19)

- *Untergrundvorbereitung (Säubern, Vornässen, etc.)*
- *Abschätzung bzw. Ermittlung der benötigten Menge an Mörtel*
- *Wiegen, Abmessen und Bereitstellen der für das Mischungsverhältnis erforderliche Mengen an Trockenmörtel und Anmachwasser*



## 2. Arbeitsschritt: Mischvorgang (Abb. 20)

- Mischen von Trockenmörtel und Anmachwasser mit dem vom Hersteller empfohlenen Mischwerkzeug (Quirl, Kelle, etc.) unter Einhaltung der vorgegebenen Mischzeit

## 3. Arbeitsschritt: Verarbeitung / Nachbehandlung (Abb. 21)

- zügige Verarbeitung des Mörtels unter Berücksichtigung der vorgegebenen Verarbeitungszeit
- ggf. Entfernen von Schalungselementen nach Erhärtung des Mörtels
- ggf. Nachbehandlung (Schutz der Oberflächen durch Folie etc.)



Abb. 19: 1. Arbeitsschritt:  
Arbeitsvorbereitung



Abb. 20: 2. Arbeitsschritt:  
Mischvorgang



Abb. 21: 3. Arbeitsschritt:  
Verarbeitung

Im Anschluss an die Dokumentation der Verarbeitung des Mörtels wurden nachfolgende Arbeitsschritte protokolliert, wie beispielsweise das Verfüllen des Ringraumes im Umfeld der Schachtabdeckung und das Aufbringen bituminöser Tragschichten. Hierbei wurde insbesondere festgehalten, ob der Schachtkopf frühzeitig Belastungen bzw. Erschütterungen infolge der Nacharbeiten ausgesetzt ist.

Im Rahmen der Prozessanalyse der Einbaupraxis wurde deutlich, dass die Erhärtungsgeschwindigkeit des Mörtels stark von den Außentemperaturen abhängig ist. Bei niedrigen Temperaturen tritt eine Erstarrungsverzögerung auf; hohe Temperaturen bewirken eine Beschleunigung der Erstarrung. Da der Mörtel in der Regel schon nach kurzer Zeit belastet wird, sollte im Rahmen einer Eignungsprüfung der Verlauf der Druckfestigkeit innerhalb der ersten Stunden nach Verarbeitung bei unterschiedlichen Temperaturen ermittelt werden. Da seitens vieler Mörtelhersteller Anwendungstemperaturen von 5°C bis 30°C angegeben werden, bietet es sich an, den Erhärtungsverlauf bei 5°C, 10°C, 20°C und 30°C zu ermitteln.

Da es sich bei Schachtkopfmörtel um einen schnell erhärtenden Mörtel handelt, sollten bei einer Eignungsprüfung die Festigkeiten nach (30 min), 1 h und 2 h ermittelt werden. Durch einen Abgleich der ermittelten Druckfestigkeiten mit der für eine Verkehrsfreigabe erforderlichen Druckfestigkeit wird die Zeit ermittelt, bei welcher der Mörtel frühestens belastet werden kann.

Von vielen Mörtelherstellern wird eine Nachbehandlung des eingebrachten Mörtels verlangt. Die Oberfläche ist laut Hersteller mit einer Folie (Verdunstungsschutz) zu schützen. Feuchter Sand, der mittels Hand auf die Oberfläche aufgebracht wird, oder aber die Verwendung von Nachbehandlungsmitteln werden von einigen Mörtelherstellern als Schutz gegen Verdunstung empfohlen. Trotz der Vorgaben seitens der Mörtelhersteller wurde bei keiner der begleiteten Sanierungsmaßnahmen eine Nachbehandlung durchgeführt, da diese dem Anwender vor Ort zu aufwendig erscheint. Die Flächen wurden vor Ort lediglich durch die

neu eingesetzte Schachtabdeckung geschützt. Zudem ist eine längere Nachbehandlungsphase bei kurzfristiger Verkehrsfreigabe nicht umsetzbar. Eine Wasserlagerung von Mörtelprismen gemäß [10] im Rahmen einer Eignungsprüfung stellt eine Erhärtung mit Nachbehandlung dar. Um eine Erhärtung ohne Nachbehandlung abzubilden, sollte eine Eignungsprüfung zusätzlich auch eine Lagerung der Mörtelprismen im Normalklima nach DIN 50014-23/50-2 beinhalten, da diese Form der Lagerung stärker dem Praxiseinsatz entspricht.

Um die Qualität der Sanierungsmaßnahme vor Ort zu gewährleisten, ist seitens der Netzbetreiber im Rahmen einer Güteprüfung eine detaillierte Überwachung der Sanierungsarbeiten erforderlich. Nur durch eine Überprüfung folgender Arbeitsschritte wird gewährleistet, dass sich die Anwender an die Vorgaben der Mörtelhersteller halten:

- *Ausbau der defekten Bauteile (z.B. Schachtabdeckung, Mörtelfugen, Ausgleichsringe)*
- *Untergrundvorbereitung*
- *Anmachen / Mischen des Mörtels*
- *Verarbeitung des Mörtels*
- *Einbau neuer Bauteile (Schachtabdeckung, Ausgleichsringe)*
- *Nachbehandlung*
- *Freigabe der Schachtabdeckung*

Um Verarbeitungsfehler zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass die Vorgaben der Mörtelhersteller bei Herstellung und Verarbeitung des Frischmörtels genauestens eingehalten werden. Bei der Prozessanalyse der Einbaupraxis wurde deutlich, dass bei unsachgemäßer Verarbeitung, wie z.B.

- *Nicht-Einhaltung des Mischungsverhältnisses,*
- *Unterschreitung oder Überschreitung der Mischzeit,*
- *Verwendung anderer Werkzeuge,*
- *Überschreitung der Verarbeitungszeit,*

die Qualität des Mörtels gefährdet wird. Auch ein unsachgemäßer Einbau durch Unterfüllen der Schachtabdeckung mit Bruchstücken des Ausbruchsmaterials oder Klinkerstücken kann die Tragfähigkeit beeinträchtigen, da laut [11] durch unvollständig vermörtelte Lagerfugen Spannungsspitzen entstehen können.

Auch durch eine Prüfung der Frischmörteleigenschaften und durch eine Entnahme von Frischmörtelproben für Festigkeitsuntersuchungen kann überprüft werden, ob die geforderten Eigenschaften des Mörtels erreicht werden.

Im Rahmen einer Eignungsprüfung ist zudem eine Untersuchung auf Quellen und Schwinden durchzuführen. Hierbei sollten unmittelbar bereits nach Erhärtung des Mörtels (1h bzw. 2h) Quell- und Schwindmessungen durchgeführt werden, da bereits in [4] festgestellt wurde, dass bei schnell erhärtenden Mörteln die größte Volumenverringerng innerhalb der ersten 24 h erfolgt. Die DIN 52450 [12] sieht lediglich Quell- und Schwindmessungen nach 24 h vor. Auch die im Rahmen der Prozessanalyse beobachtete



Rissbildung unmittelbar nach Verguss des Mörtels ist möglicherweise auf Schwind- und Quellverformungen zurückzuführen (Abb. 22).



Abb. 22: Rissbildung unmittelbar nach Verguss

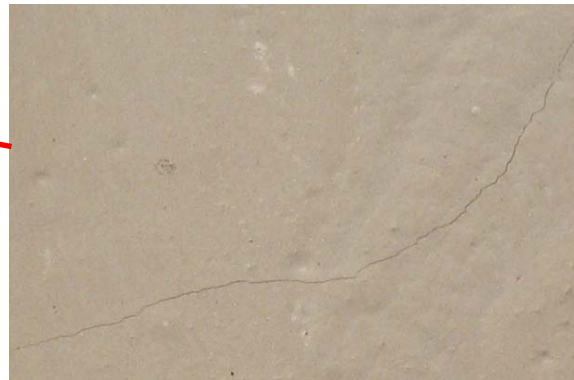


Abb. 23: Rissbildung (Detail)

#### 4 Prüfverfahren für Schachtkopfmörtel

Bei der Sanierung von Schachtabdeckungen werden in der Regel Schachtkopfmörtel eingesetzt, die sich durch besondere Eigenschaften auszeichnen, wie zum Beispiel hohe Früh- und Endfestigkeiten und einen hohen Frost-Tausalz-Widerstand. Viele der sanierten Schachtabdeckungen weisen dennoch nach kurzer Zeit wieder Schäden auf. In [4] zeigte sich bereits, dass viele der eingesetzten Mörtel nicht den hohen Anforderungen des Praxiseinsatzes genügen. Vorhandene Eignungsprüfungen berücksichtigen bisher auch nur typische Laborbedingungen und sind auf übliche im Hoch- und Tiefbau zu erwartende Einsatzfälle ausgerichtet. Ziel des Forschungsvorhabens war es nun, ein einheitliches Prüfkonzept der Eignungs-, Güte und Abnahmeprüfung zu entwickeln, mit dem die Entwicklung und der Einsatz von Schachtkopfmörteln, speziell für den Straßen- und Kanalbau, zuverlässig begleitet werden kann.

Das Prüfkonzept umfasst definierte Prüfkriterien und Prüfverfahren, die in der Eignungs-, Güte- und Abnahmeprüfung herangezogen werden:

##### **EIGNUNGSPRÜFUNG**

Um die **Verarbeitbarkeit** des Mörtels unter Baustellenbedingungen zu gewährleisten, ist der Schachtkopfmörtel im Rahmen einer Eignungsprüfung auf Verarbeitbarkeit zu überprüfen. Bei plastischen Mörteln ist das Ausbreitmaß zu ermitteln; Vergussmörtel werden durch das Fließmaß beschrieben. Da es sich bei Schachtkopfmörteln in der Regel um schnell erhärtende Mörtel handelt, ist insbesondere das Erstarrungsverhalten zu untersuchen, um eine Aussage über die Verarbeitungszeit zu erhalten. Dem Anwender vor Ort muss ausreichend Verarbeitungszeit zur Verfügung stehen, damit eine sachgemäße Verarbeitung des Mörtels erfolgen kann.

Die Untersuchung von Schachtkopfmörteln auf **Quellen und Schwinden** ist an die Erhärtungsgeschwindigkeit des Mörtels anzupassen, da insbesondere innerhalb der ersten 24 h starke Quell- und Schwindverformungen auftreten können. Es ist daher ergänzend zur

DIN 52 450 [12], die eine erste Messung nach 24 h vorschreibt, unmittelbar nach dem Erhärten des Prüfkörpers eine erste Messung durchzuführen. Hierfür ist der Zeitpunkt zu wählen, bei dem nach Angaben des Mörtelherstellers eine Belastung des Mörtels, z.B. durch Verkehrsfreigabe, möglich ist.

Die **Biegezug- und Druckfestigkeit** von Schachtkopfmörtel ist im Rahmen einer Eignungsprüfung an jeweils drei Mörtelprismen in Anlehnung an DIN EN 196-1 [13] zu ermitteln. Hierbei werden Probekörper mit den Abmessungen 40 x 40 x 160 mm verwendet, da diese aufgrund der gedrungenen Form der Geometrie einer Mörtelfuge am nächsten kommen. Aufgrund der schnelleren Erhärtung des Mörtels wird die Biegezug- und Druckfestigkeitsprüfung ergänzend zur DIN EN 196-1 nach (30 min), 1h, 2h, 1 d, 7 d und 28d durchgeführt. Die Probekörper werden 24h feucht (z.B. in einem Feuchtkasten) und nach dem Entschalen im Normalklima nach DIN 50014-23/50-2 gelagert. Mit dieser Lagerungsart wird eine Erhärtung ohne Nachbehandlung dargestellt, die dem Praxiseinsatz vor Ort entspricht. Um die Festigkeitsentwicklung bei unterschiedlichen Baustellentemperaturen abbilden zu können, sind zusätzlich jeweils drei Probekörper unmittelbar nach dem Anrühren bei Temperaturen von 5°C, 10°C und 30°C in einem Wärme- bzw. Kälteschrank zu lagern und anschließend auf Biegezug- und Druckfestigkeit zu prüfen. Auch bei diesen Temperaturen müssen die Anforderungen an die Festigkeit eines Schachtkopfmörtels erfüllt werden.

Der **Frost-Tausalz-Widerstand** ist im Rahmen einer Eignungsprüfung mit dem **modifizierten CDF-Test** zu untersuchen, bei dem anstelle einer 3%igen Tausalzlösung eine 1%ige Tausalzlösung eingesetzt wird. Die Prüfungen sind an Mörtelprismen mit den Abmessungen 40x40x160 mm durchzuführen. Die Messung der inneren Schädigung erfolgt mittels CIF-Test [14].

Eine Prüfung der **Haftzugfestigkeit von Verbundprobekörpern** (Mörtel – Beton) scheint im Rahmen einer Eignungsprüfung sinnvoll, um Anhaltswerte zum Vergleich einzelner Mörtelprodukte und Einsatzfälle zu erhalten. Aufgrund der hohen Streuung der Haftzugwerte sollten jedoch keine Grenzwerte formuliert werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Mischwasser- und Abwasserschachtköpfen trotz vorhandener Be- und Entlüftungsöffnungen mit einer Sulfatbelastung zu rechnen ist. Bei geschlossener Schachtabdeckung (unbelüftet) ist ein biogener Schwefelsäureangriff mit hoher Sicherheit zu erwarten. Eine Prüfung hinsichtlich **Sulfatbeständigkeit** kann mit Hilfe des Wittekind-Verfahrens [15] oder Koch-Steinegger-Verfahrens [16] durchgeführt werden. Mit Hilfe der röntgen-diffraktometrischen Methode (XRD) können im Anschluss schädlichen Ettringit- und Thaumazitkristalle identifiziert werden, die sich während der Sulfatlagerung im Mörtelgefüge gebildet haben können.

Um den unter Laborbedingungen geprüften Mörtel hinsichtlich seiner **Praxistauglichkeit** zu überprüfen, werden im Rahmen der Eignungsprüfung Mischvorgang und Verarbeitung unter Baustellenbedingungen exemplarisch an einer Sanierungsmaßnahme getestet. Hierbei sind die Vorgaben des Mörtelherstellers hinsichtlich Herstellung und Verarbeitung des Mörtels einzuhalten. Im Rahmen dieser Überprüfung können Schwachstellen in den Verarbeitungshinweisen der Mörtelhersteller identifiziert werden.

### *GÜTEPRÜFUNG*

Durch eine Überprüfung der **Qualifikation des Anwenders** im Vorfeld einer Güteprüfung kann die Gefahr von Einbaufehlern verringert werden. So zeigte die Prozessanalyse der Einbaupraxis, dass viele Schäden auf einen unsachgemäßen Umgang mit den Mörteln zurückzuführen sind. Ursachen hierfür sind häufig mangelnde Erfahrung und unzureichende Qualifikation der Anwender.

Im Rahmen der Prozessanalyse wurde festgestellt, dass die Vorgaben der Mörtelhersteller bezüglich der Anwendung des Mörtels vielfach nicht eingehalten wurden. Durch eine intensive **Baustellenüberwachung** inklusive augenscheinlicher Überprüfung der Frischmörtel Eigenschaften und die Entnahme von Frischmörtelproben für Druckfestigkeitsuntersuchungen kann dem entgegen gewirkt werden. Da seitens der Auftraggeber in der Regel eine intensive Baustellenüberwachung nicht in jedem Einzelfall durchführbar ist, empfiehlt es sich, zumindest stichprobenartige Kontrollen durchzuführen.

Eine Prüfung auf Druck- und Biegezugfestigkeit im Rahmen einer Güteprüfung erfolgt analog zu [4] in Anlehnung an DIN EN 196-1 [13]. Im Unterschied zur Eignungsprüfung werden die Probekörper bis zur Prüfung durch Glasplatten geschützt in der Normschalung gelagert.

### *ABNAHMEPRÜFUNG*

Die **optische Inspektion im Zuge der Abnahmeprüfung** sollte die drei Untersuchungsabschnitte „Einbindung des Schachtes in den Straßenraum“, „Allgemeinzustand Schachtkopf“ und „Zustand der Mörtelfuge“ umfassen. Um den Zustand der Mörtelfuge beurteilen zu können, ist eine gründliche Reinigung der Oberfläche erforderlich. Die besten Reinigungsergebnisse wurden mit Hilfe eines Hochdruckreinigers erzielt. Mikrorisse im Mörtel können durch Vornässen und Anschleifen der Oberfläche sichtbar gemacht werden.

Mit Hilfe des **Ultraschallverfahrens** können bei einer Abnahmeprüfung, bei dem die Mörtelfuge vor Ort durchschallt wird, Aussagen über die Homogenität der Mörtelfuge getroffen werden. Es empfiehlt sich in diesem Zusammenhang schon im Zuge der Güteprüfung Rückstellproben des Frischmörtels (Mörtelprismen mit den Abmessungen 40x40x160 mm) zu gewinnen, um für eine Gewährleistungsabnahme Probekörper für Referenzmessungen vorzuhalten.

## **5 Fazit**

Im Gesamtblick bleibt festzustellen, dass mit dem im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelten Prüfkonzept eine umfassende Qualitätssicherung von Schachtkopfmörteln möglich ist. Es steht erstmalig eine in sich abgestimmte Vorgehensweise für die Eignungs-, Güte- und Abnahmeprüfung zur Verfügung. Die Dauerhaftigkeit der verwendeten Schachtkopfmörtel kann so verbessert und das Schadensrisiko nach einer Schachtkopfsanierung verringert werden.

## 6 Literatur

- [1] Bosseler, B.; Birkner, T.; Sokoll, O.; Brüggemann, T.: Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW; im Auftrag des Ministeriums für Umweltschutz und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen; Dezember 2003.
- [2] Stein, D.; Falk, C.; Liebscher, M.: Sanierung schadhafter Schachtabdeckungen. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur. Abschlussbericht, November 1995 (unveröffentlicht).
- [3] Stein, D.; Falk, C: Einstiegsschächte für Abwasserkanäle, Entwicklung eines neuen Bau- und Sanierungsverfahrens für die Verbindung des Rahmens der Schachtabdeckung zum Schachthals. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur. Abschlussbericht, Juni 1998 (unveröffentlicht).
- [4] Bosseler, B.; Bennerscheidt, C; Bartel, M.; Eignungsprüfung von Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen; November 2002.
- [5] Frostzonenkarte Deutschland; Entstehung und Verhütung von Frostschäden an Straßen. Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, Heft 105, Kirschbaum Verlag, Bonn, 1994/9.
- [6] RILEM recommendation: CDF test - Test method for freeze-thaw resistance of concrete –tests with sodium chloride solution (CDF). TC 117 FDC freeze-thaw and deicing resistance of concrete, Materials and Structures, 1996, 29, S. 523-528.
- [7] Auberg, R.: Zuverlässige Prüfung des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstandes von Beton mit dem CDF- und CIF-Test. Mitteilungen aus dem Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft, Heft 6. Juli 1998.
- [8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 422: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zur DIN 1048, Beuth Verlag GmbH. Ausgabe 1991.
- [9] DIN 1048, Teil 2: Prüfverfahren für Beton; Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 1991.
- [10] DAfStb-Richtlinie, Teil 1 bis Teil 4: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie); Oktober 2001.
- [11] Pohl, Schneider, Wormuth: Mauerwerksbau. Werner Verlag, 1996.
- [12] DIN 52450: Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern, 1985
- [13] DIN EN 196, Teil 1: Prüfverfahren für Zement, Bestimmung der Festigkeit, 2005
- [14] RILEM recommendation: CIF-Test – Capillary suction, Internal damage and Freeze thaw Test, Reference method and alternative methods A and B, Material and Structures, 2001, 34, 515 - 525
- [15] Wittekind, W., Sulfatbeständige Zemente und ihre Prüfung. – Zement-Kalk-Gips 13 ( 1960). Nr. 12, S. 565.572.
- [16] Koch, A.; Steinegger, H.: ein Schnellprüfverfahren für Zemente auf ihr Verhalten bei Sulfatangriff. Zement-Kalk-Gips (1990), Nr. 7, S. 317-324.