IKT - Institut für

Unterirdische Infrastruktur

Eignungsprüfung von Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen

Auftraggeber:

Landeshauptstadt Düsseldorf
Stadtentwässerungsbetrieb
Auf'm Hennekamp 47
40225 Düsseldorf

Gefördert durch:

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

Ersteller:

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

November 2002

Endbericht zu den Untersuchungen über die

Eignungsprüfung von Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen

Fördernde Stelle

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

Projektbeteiligte

IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Landeshauptstadt Düsseldorf, Stadtentwässerungsbetrieb
Auf'm Hennekamp 47
40225 Düsseldorf

Wissenschaftliche Leitung

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt

cand.-ing. Marco Bartel

1 Veranlassung 6

2 Problem- und Zielstellung 7

3 Stand der Technik 14

3.1 Organisatorische Randbedingungen 14

3.2 Bauteile und Werkstoffe 16

3.2.1 Schachtkörper 16

3.2.2 Mörtel 19

3.2.3 Asphalte 23

3.2.4 Schachtabdeckungen 27

3.3 Werkzeuge und Geräte 47

3.3.1 Konventioneller Ausbau 47

3.3.2 Kernbohrmaschinen 47

3.3.3 Kanaldeckelfräsen 48

3.3.4 Geräte zur Höhenregulierung 51

4 Arbeitsprogramm und Ergebnisse 54

4.1 Entwicklung und Prüfung eines Mörtels zur Sanierung von Schachtabdeckungen 54

4.1.1 Untersuchte Mörtel 56

4.1.2 Prüfverfahren und -kriterien 57

4.1.3 Bewertung der Ergebnisse 81

4.2 Erprobung von Sanierungsverfahren in-situ in Verbindung mit Langzeitmessungen 83

4.2.1 Übersicht über die Sanierungsmaßnahmen 83

4.2.2 Lastübertragung mit Elastomerringen 108

4.2.3 Lastübertragung mit Gussasphalt 113

4.2.4 Lastübertragung mit Abdeckplatten AP-M 121

4.2.5 Lastübertragung mit Mörtel 124

5 Schlußfolgerungen und Empfehlungen 130

5.1 Auswahl eines Sanierungsverfahrens 130

5.2 Ausschreibung, Vergabe und Qualitätssicherung 139

6 Zusammenfassung 147

Anhang 161

Danksagung

Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur bedankt sich an dieser Stelle beim Stadtentwässerungsbetrieb der Landeshauptstadt Düsseldorf als Initiator des Vorhabens sowie dem Amt für Verkehrsmanagement Düsseldorf für die gute Zusammenarbeit und Begleitung des Forschungsvorhabens. Wirtschaftliche Aspekte bei der Organisation und Durchführung der Arbeiten im Straßenraum konnten so in hervorragender Weise berücksichtigt werden. Dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gebührt ein besonderer Dank für die finanzielle Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen.

1 Veranlassung

Mit Inkrafttreten der „Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem“ (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SüwVKan [1]) am 1. Januar 1996 wurden die Kanalnetzbetreiber in Nordrhein-Westfalen gesetzlich verpflichtet, den baulichen und betrieblichen Zustand ihres Kanalnetzes sowie der zugehörigen Bauwerke der Ortsentwässerung bis spätestens zum 31.12.2005 erstmalig vollständig zu erfassen. In Abhängigkeit des Inspektionsergebnisses sind entsprechende Betriebs- und Unterhaltungsmaßnahmen durchzuführen, die in dem Runderlass [2] des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen des Landes Nordrhein-Westfalen vom 03.01.1995 vorgegeben werden. Der Anlage des Runderlasses kann entnommen werden, dass bei Schäden an Kanaldeckeln, Schmutzfängern und Steigeisen diese unverzüglich ausgewechselt oder instandgesetzt werden müssen.

Erfahrungen einer Vielzahl von Kanalnetzbetreibern in NRW zeigen, dass oftmals innerhalb weniger Jahre nach erfolgter Sanierung bereits erneut Schäden an Schachtabdeckungen auftreten. Es besteht Unsicherheit, welche Sanierungsverfahren geeignet sind, Schachtabdeckungen dauerhaft zu sanieren. Bereits 1995 beauftragte daher das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen mit der Durchführung von Laborversuchen im Maßstab 1:1 zur Simulation der über die Lebensdauer auf die Schachtabdekkung einwirkenden Verkehrslasten (vgl. [3]). Im Ergebnis zeigte sich, dass Verkehrslasten allein nicht Ursache des Versagens der Sanierungssysteme sein können.

In den Jahren 1998 und 1999 wurden daher unterschiedliche Sanierungsverfahren hinsichtlich ihrer Beständigkeit unter chemisch/physikalischen Beanspruchungen untersucht und die dabei auftretenden Versagensmechanismen beschrieben [4]. Als wesentliche Ursache für Schäden an Schachtabdeckungen wurde das Versagen der Mörtelfuge zwischen dem Rahmen der Schachtabdeckung und dem Schachtkonus bzw. den Auflageringen in Folge der Wechselwirkung aus dynamischen Verkehrslasten und chemisch-physikalischen Beanspruchungen erkannt. Darüber hinaus wurde deutlich, dass einige der eingesetzten Mörtelsysteme die Anforderungen unter Praxisbedingungen, z.B. kurze Aushärtezeiten bei hoher Produktqualität, nicht erfüllten. Auch wurde eine unsachgemäße Handhabung auf der Baustelle beobachtet.

Mit den Ergebnissen des im Folgenden beschriebenen Forschungsvorhabens soll nun den o.a. Schwachstellen bei der Instandhaltung von Schachtabdeckungen begegnet werden. Dies betrifft insbesondere die Entwicklung von Eignungsprüfungen für Sanierungsverfahren und qualitätssichernden Maßnahmen für Ausschreibung, Vergabe und Ausführung sowie die Erprobung neuer bzw. modifizierter Sanierungsverfahren.

2 Problem- und Zielstellung

Abwasserschächte gehören zu den Bauwerken der Ortsentwässerung. Sie dienen der Be- und Entlüftung sowie dem Zugang zur Kanalisation im Rahmen von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten. Auch zweigen hier Kanäle oder Leitungen ab, münden ein oder ändern Richtung, Gefälle sowie Querschnitt [5]. Sie befinden sich i.d.R. im Verkehrsraum und werden über die Schachtabdeckung durch Straßenverkehrslasten beansprucht. Entsprechend führt der Schadensfall „Defekte Schachtabdeckung“ die Statistik „Schäden an Schächten“ der ATV-DVWK-Umfrage 2001 [6] mit 31 % an (s. Abbildung 1). Bei der Auswahl eines geeigneten Sanierungsverfahrens ist zu beachten, dass die Mehrzahl der Schächte in der Kanalisation vermutlich älter als 25 Jahre ist, also vor 1977 errichtet wurde (vgl. Abbildung 6).

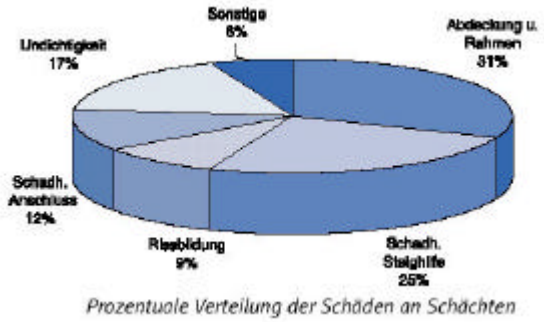


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der Schäden an Schächten [6]

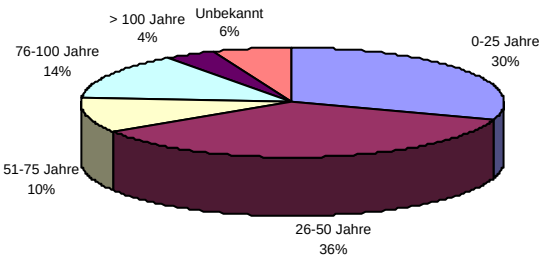


Abbildung 2: Altersverteilung der Kanäle im Jahr 2001 [6]

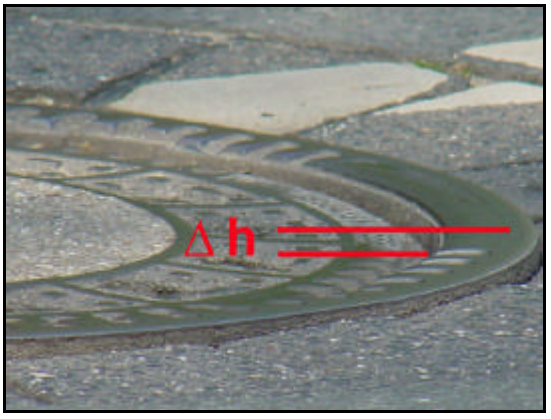
Anlass für die Sanierung von Schachtabdeckungen sind in der Regel Schäden, die eine Geräuschbelästigung oder eine Gefährdung der Verkehrsteilnehmer mit sich bringen. Dazu gehören:

- Schäden in Form von Rissbildung am Schachtrahmen oder am Schachtdeckel (s. Abbildung 3),

- Verschleiß des Schachtrahmens und/oder des Schachtdeckels insbesondere an der Auflagerfläche zwischen Deckel und Rahmen (s. Abbildung 4)
- Niveauunterschiede nach Erneuerung des Straßenoberbaus (s. Abbildung 5)
- Schäden an der Einbindung in den Straßenoberbau ohne Lageabweichung der Schachtabdeckung (s. Abbildung 6 und Abbildung 7),
- Schäden des Straßenoberbaus im Umfeld der Schachteinbindung (s. Abbildung 8),
- Setzungen der Schachtabdeckung sowie der Einbindung in den Straßenoberbau (s. Abbildung 9, Abbildung 10, Abbildung 11),
- Setzungen der Schachtabdeckung, ohne das Schäden im Bereich des Straßenoberbaus vorliegen (s. Abbildung 12),
- Unzureichende bzw. aufgelöste Unterfütterung an Schachtabdeckungen (s. Abbildung 13)

a) *b)*

Abbildung 3: Schäden in Form von Rissen am Schachtrahmen

a) 

b)

Abbildung 4: a) Höhendifferenz Dh zwischen Deckel und Rahmen

b) Verschleiß der Kontaktfläche Deckel – Rahmen

a) b)

Abbildung 5: Niveauunterschiede nach Erneuerung des Straßenoberbaus

a) b)

Abbildung 6: Setzungen im Bereich der Umpflasterung der Schachtabdeckung

a) b)

Abbildung 7: Setzungen im Bereich der Umpflasterung und der Fahrbahnoberfläche

a) b)

Abbildung 8: Starke Abnutzung der Fahrbahnoberfläche im Umfeld der Schachtabdeckung

a) b)

Abbildung 9: Setzung des Schachtes und der Umpflasterung

a) b)

Abbildung 10: Schiefstellung der Schachtabdeckung durch ungleichmäßige Setzung der Einbindung

a) b)

Abbildung 11: Abgesackte Schachtabdeckung mit Schäden im Bereich der Einbindung

a) b)

Abbildung 12: *Abgesunkene Schachtabdeckung*

a) b)

Abbildung 13: Unzureichende bzw. aufgelöste Unterfütterung einer Schachtabdeckung

Die o.a. Schadensbilder sind nicht allein auf ein Versagen der Schachtabdeckung zurückzuführen, unter der nach DIN EN 124 [7] lediglich der „obere Abschluss eines Schachtes oder eines anderen Raumes, bestehend aus Rahmen und Deckel und/oder Rost ..“ verstanden wird. Die Schadensursachen stehen meist in Zusammenhang mit der konstruktiven Ausbildung des gesamten Schachtkopfes, bestehend aus Auflageringen, Mörtelfugen, Schachtrahmen und Schachtdeckel (vgl. Abbildung 14), einschließlich Einbindung in den Straßenoberbau. Somit bezieht auch die Maßnahme „Sanierung der Schachtabdeckung“ stets den gesamten Schachtkopf mit ein.

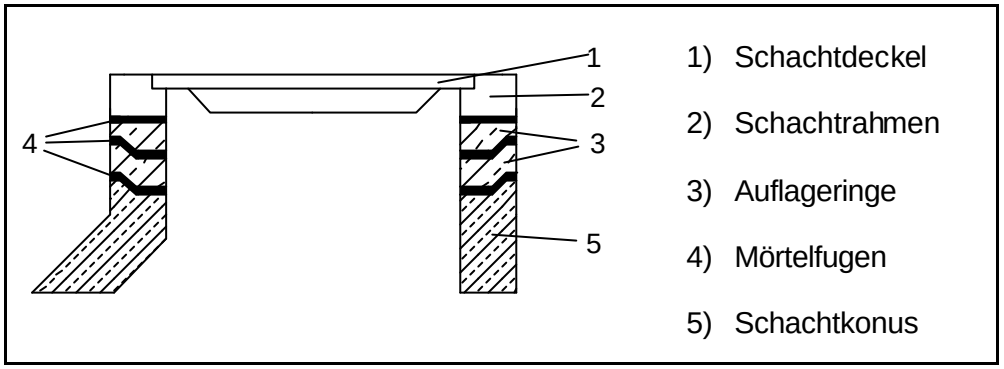


Abbildung 14: Prinzipskizze „Ausgleichsbereich“ bzw. „Schachtkopf“ [4]

Eine häufige Ursache für Schäden im Bereich der Schachtabdeckungen ist nach [3] das Versagen der Mörtelfugen zwischen dem Rahmen der Schachtabdeckung und dem Schachtkonus bzw. den Auflageringen in Folge der Wechselwirkung dynamischer Verkehrslasten mit chemisch-physikalischen Beanspruchungen, wie z.B.

- Tausalzeinwirkungen,
- Temperaturunterschieden,
- Feuchtigkeitsunterschieden,
- Frost-Tau-Wechselbeanspruchungen.

Darüber hinaus stellen nach [4] auch Baufehler eine wesentliche Schadensursache dar, z.B. in Folge

- der Verwendung von Mörtelsystemen mit ungeeigneter Rezeptur,
- unsachgemäßen Umgangs mit den Mörtelsystemen auf der Baustelle,
- zu schneller Verkehrsfreigabe.

Die o.a. Schäden treten nach Angaben zahlreicher Netzbetreiber auch bei Schächten auf, die bereits einer Sanierung unterzogen wurden, wie z.B. einer Reparatur durch Höhenregulierung oder dem Austausch der Schachtabdeckung. Da die Anforderungen an die Ebenheit der Fahrbahn gewachsen sind, kommt der Wahl eines zuverlässigen Sanierungssystems heute eine besonders hohe Bedeutung zu.

Abbildung 15 zeigt beispielhaft einen mittels Mörtelbeschichtung sanierten Schacht, der im späteren Betrieb wiederum im oberen Bereich des Schachtkopfes Querrisse aufweist. Es ist anzunehmen, dass mangelnder Verbund zwischen Mörtel und Untergrund erneut eine Schwachstelle für die dynamische Belastung aus Verkehr darstellte [8]. Im vorliegenden Fall wäre die direkte Lastableitung in den Straßenoberbau über eine „entkoppelte“ Schachtabdekkung möglicherweise eine sinnvolle Alternative gewesen (s.a. Abschnitt 3.2.4.3), um die vertikale Belastung auf den Schachtkörper zu verringern.

In jedem Falle sind sowohl die Schadensart als auch die Beanspruchung des Schachtbauwerkes bei der Auswahl eines geeigneten Sanierungsverfahrens zu berücksichtigen.

a) b)

Abbildung 15: Abplatzungen an mit Mörtel beschichteten Schächten [8]

Ziel des nachfolgend dargestellten Vorhabens ist es, Wege zur Erhöhung der Nutzungsdauer von Schachtabdeckungen aufzuzeigen und dadurch die Anzahl wiederholter Sanierungsmaßnahmen mit den damit verbundenen Instandhaltungskosten und Verkehrsbeeinträchtigungen zu reduzieren. Im Rahmen des Vorhabens wurden dazu

- verschiedene Sanierungsverfahren auf Baustellen in der Landeshauptstadt Düsseldorf erprobt,
- ein neuartiger Spezialmörtel entwickelt,
- Hinweise für die Eignungsprüfung von Sanierungsverfahren erarbeitet,
- Empfehlungen zur Ausschreibung und Vergabe entwickelt und
- Hinweise zu qualitätssichernden Maßnahmen im Rahmen der Bauausführung zusammengestellt.

3 Stand der Technik

3.1 *Organisatorische Randbedingungen*

Schachtabdeckungen liegen in den meisten Fällen im Verkehrsraum. Sie sind dann nicht nur ein Element des Entwässerungsnetzes sondern auch Bestandteil der Verkehrsfläche. Arbeiten an Schachtabdeckungen im Verkehrsraum unterliegen damit vielfältigen Zwängen. So ist eine Beeinträchtigung des Straßenverkehrs weitgehend zu vermeiden, d.h. Ort und Zeit von Arbeiten am Bauwerk sind auf die Verkehrsbelastungssituation im Einzelfall abzustimmen.

Im Zusammenhang mit Neubau und Sanierung des Straßenoberbaus werden auch Anforderungen an den Zustand der Schachtabdeckungen gestellt. Die sich daraus ableitenden Aufga-

ben werden je nach örtlicher Zuständigkeitsverteilung im wesentlichen durch den Straßenbaulastträger und/oder den Kanalnetzbetreiber wahrgenommen. Weitere Beteiligte sind ggf. (vgl. Abbildung 16):

- die Verkehrsgenehmigungsbehörde,
- der ausführende Dienstleister,
- die Lieferanten der Bauprodukte bzw. -systeme

mit den in Tabelle 1 aufgeführten Aufgaben.

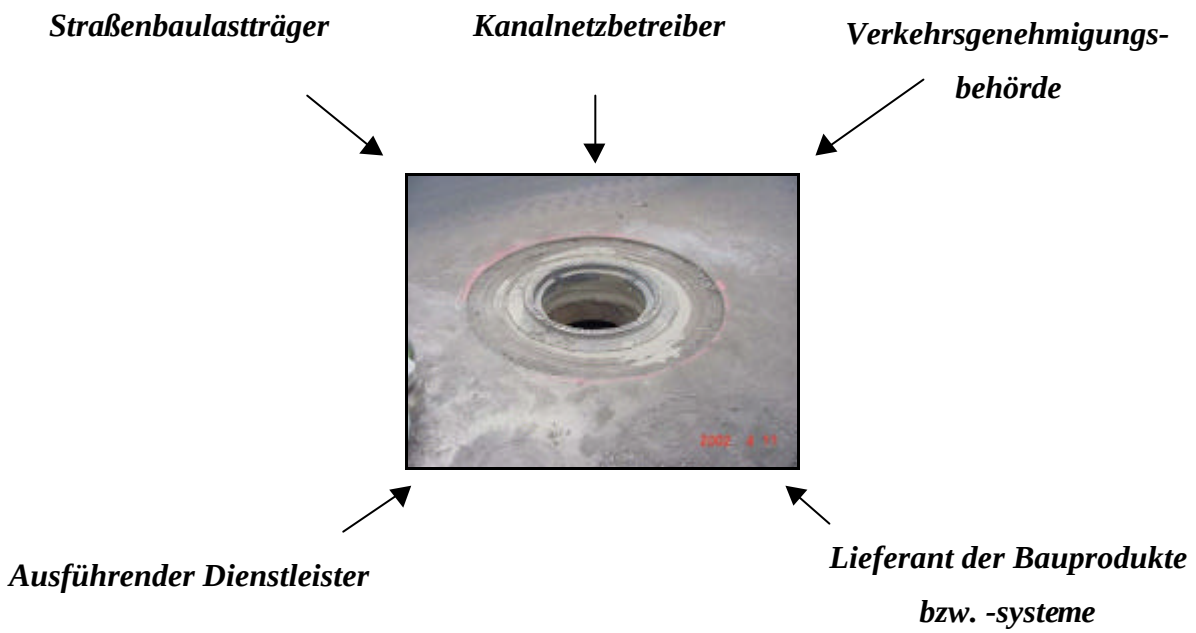


Abbildung 16: Beteiligte bei Neubau, Betrieb und Sanierung von Schachtabdeckungen

Tabelle 1: An Neubau bzw. Sanierung von Schachtabdeckungen Beteiligte mit beispielhafter Aufgabenzuordnung

Beteiligte	**Aufgabenzuordnung, Beispiele**
Kanalnetzbetreiber	1. Kontrolle der Schachtabdeckungen (vgl. [2]) 2. Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen für Neubau und Sanierung 3. Bauüberwachung und Dokumentation
Straßenbaulastträger	4. Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen für Neubau und Sanierung
Ausführender Dienstleister	5. Ausführen der Bauleistung gemäß Ausschreibung 6. Einholen der erforderlichen Genehmigungen 7. Dokumentation der Baumaßnahmen in Tagesberichten
Lieferant der Bauprodukte bzw. –systeme	8. Lieferung der Bauprodukte wie Schachtabdeckungen, Betonbauteile, Mörtel, Asphalte, Formsteine, etc. 9. Vorlegen von Prüfzeugnissen für die Bauprodukte
Verkehrsgenehmigungs-behörde	10. Prüfen der Anträge der ausführenden Dienstleister und ggf. Erteilen der Verkehrsgenehmigungen

3.2 *Bauteile und Werkstoffe*

3.2.1 Schachtkörper

Die auf die Schachtabdeckung einwirkenden Lasten werden durch den Straßenoberbau und/oder den im Erdreich eingebauten Schachtkörper abgetragen. Der Schachtkörper kann aus Fertigteilen (z.B. Beton, PE-HD, GFK, Polymerbeton) bestehen oder örtlich hergestellt werden (Mauerwerk, Ortbeton). Schächte aus Mauerwerk werden im Neubau nur noch selten ausgeführt, sind aber häufig noch in alten Kanalisationsnetzen zu finden. In Abhängigkeit der eingesetzten Schachtkörper können sich die Anforderungen an den Einbau der verwendeten Schachtabdeckungen stark voneinander unterscheiden.

3.2.1.1 Betonschächte

Zum Bau von Schächten für erdverlegte Abwasserkanäle und –leitungen werden Betonschächte aus Fertigteilen nach DIN 4034-1 [9] angeboten. Die Höhenanpassung der Schach-

tabdeckung ist mit Auflageringen AR-V nach DIN 4034-1 auszuführen. Diese zeichnen sich durch eine Falz zur Verschiebesicherung aus (s. Abbildung 19) und werden in den Höhen 60, 80 und 100 mm hergestellt. In der Baupraxis werden jedoch unzulässigerweise auch Auflageringe nach DIN 4034-2 [10], Schächte für Brunnen- und Sickeranlagen, mit Höhen von 40, 60, 80 und 100 mm eingebaut (s. Abbildung 20). Deren Betonqualität ist nicht auf den Einsatz in verkehrsbelasteten Abwasserschächten abgestimmt. Auch weisen diese Bauteile aufgrund geringerer Qualitätsanforderungen häufig schon bei Anlieferung auf der Baustelle radiale Risse auf.

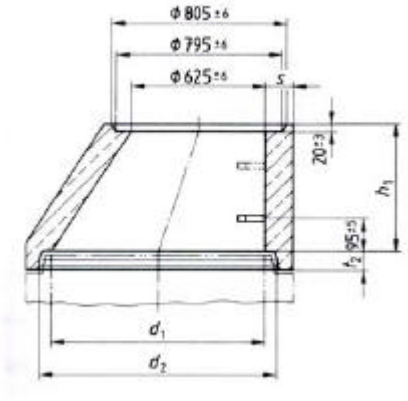


Abbildung 17: Schachthals mit Muffe (SH-M) nach DIN 4034-1 [9]

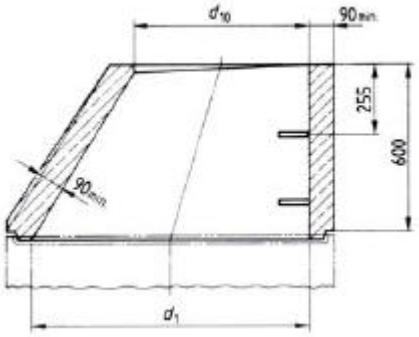


Abbildung 18: Schachthals mit Falz (SH-F) nach DIN 4034-2 [10]

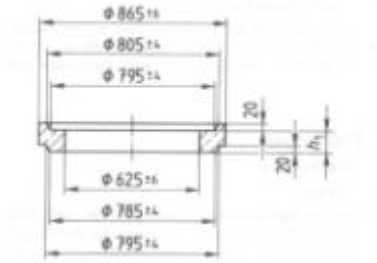


Abbildung 19: Auflageringe AR-V nach DIN 4034-1 [9]

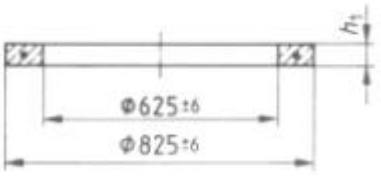


Abbildung 20: Auflageringe AR nach DIN 4034-2 [10]

3.2.1.2 Mauerwerkschächte

Zum Altbestand der Leitungsnetze in der Bundesrepublik Deutschland gehören auch Schächte aus Mauerwerk. Zum Zeitpunkt ihrer Errichtung existierten noch keine einheitlichen Vorga-

ben hinsichtlich Ausführungsform, Wanddicken und Werkstoffqualität, so dass diesbezüglich große Unterschiede in den verschiedenen Kanalnetzen bestehen können.

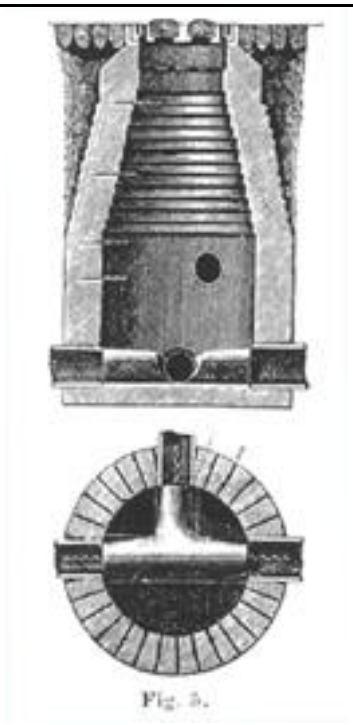


Abbildung 21: Einstieg- oder Sichtschacht aus Mauerwerk nach [11]

Abbildung 22: Blick in gemauerten Schacht, Düsseldorf

In Abhängkeit der ausgewählten Schachtabdeckung wird der Mauerwerkskonus so ausgebildet, dass beide Bauteile in ihrer Geometrie aufeinander abgestimmt sind. In der Vergangenheit wurden sowohl die heute üblichen Schachtabdeckungen eingebaut als auch Sondermaße und –formen sowie quadratische Schachtabdeckungen. Bei der Vorbereitung und Ausschreibung einer Sanierungsmaßnahme ist dies zu berücksichtigen.

Abbildung 21 zeigt einen Einstieg- oder Sichtschacht, wie er Anfang des 20. Jahrhunderts ausgeführt wurde. Heute werden Schachtunterteile aus Mauerwerk nach DIN 4034 Teil 10 [12] ausgeführt.

In Abbildung 22 ist ein Mauerwerkschacht dargestellt, bei dem das Schachtunterteil und der Schachtkonus rechteckig ausgeführt sind. Um eine runde Schachtabdeckung auflegen zu können, wurde der Bereich des Schachtkopfes rund aufgemauert. Da die Mauerwerksfugen unterhalb der Schachtabdeckung stark ausgespült sind, besteht ein deutlicher Sanierungsbedarf.

Die Resttragfähigkeit kann allerdings erst nach Ausbau der Schachtabdeckung eingeschätzt werden, da die Dicke sowie der äußere Zustand des Mauerwerks noch nicht erkennbar sind.

3.2.1.3 Kunststoffschächte

Kunststoffschächte, z.B. nach DIN 19537-3 [13], weisen häufig eine geringe eigene Tragfähigkeit in vertikaler Richtung auf. Sie besitzen daher meist eine vom Schachtkörper entkoppelte sogenannte Lastausgleichsplatte, welche die Auflasten direkt in den umgebenden Baugrund ableitet. Kunststoffschächte wurden nicht in die hier dargestellten Untersuchungen einbezogen, da nach Angaben des am Vorhabens beteiligten Netzbetreibers dort keine derartigen Bauwerke vorhanden waren und damit auch keine entsprechenden Sanierungsmaßnahmen ausgeführt werden konnten.

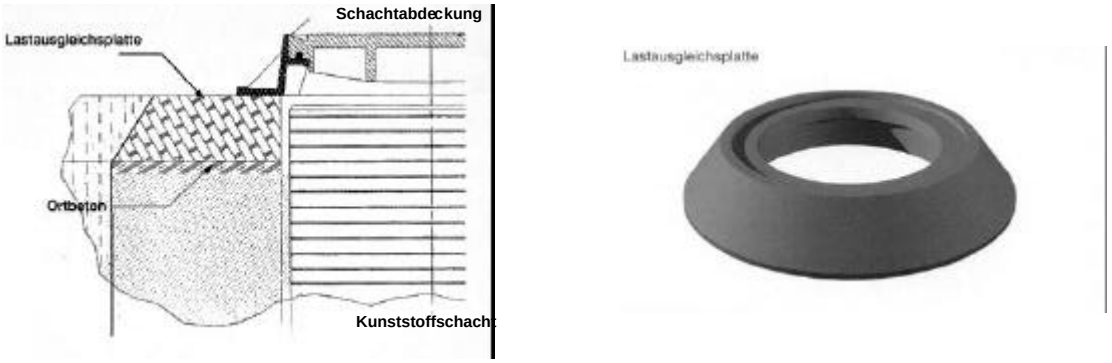


Abbildung 23: Kunststoffschacht mit Lastausgleichsplatte, nach [14]

3.2.2 Mörtel

Mörtel werden sowohl beim Neubau als auch der Sanierung von Schachtabdeckungen eingesetzt, so z.B. als kraftschlüssige Verbindung zwischen den Auflageringen bzw. Auflagering und Schachtabdeckung (vgl. Abbildung 19) sowie zur Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau.

Im Verbindungsbereich kommen z.B. Mauermörtel zum Einsatz, d.h. Gemische von Bindemittel, Sand und Wasser sowie ggf. Zusatzstoffen und Zusatzmitteln. Sie ermöglichen eine vollflächige Unterfütterung der Auflageringe sowie der Schachtabdeckung im Bereich des Schachtkopfes. Zum Einbau einer Schachtabdeckung wird in Abschnitt 11 der DIN EN 124 [7] dargestellt :

„Der Einbau sollte in Übereinstimmung mit den entsprechenden Einbauvorschriften erfolgen. Bis zum Vorliegen solcher Einbauvorschriften als Europäische Normen sollen die nationalen Einbauvorschriften oder die Richtlinien des Herstellers herangezogen werden.“

Sowohl die o.a. europäische Norm als auch nationale Einbauvorschriften liegen bisher noch nicht vor, so dass auf die Richtlinien der Hersteller zurückgegriffen werden muss. Beispielsweise findet sich in [15] folgende Aussage :

„... Danach Mörtelbett (MG III, DIN 1053) schaffen, Rahmen (bei schwachwandigen, nicht verwindungssteifen Rahmen stets mit eingelegtem Deckel) vollflächig aufsetzen und in Höhe und Lage ausrichten. Bei Höhendifferenzen über 20 mm sind vorgefertigte Auflageringe, Keile oder auch kunststoffvergütete, schrumpffreie, schnellhärtende Vergussmörtel empfehlenswert. Bei nachträglicher Höhenanpassung ist stets ein neues vollflächiges Mörtelbett zu schaffen.“

In dem vorgenannten Fall nimmt der Hersteller ausdrücklich Bezug zur Qualität MG III nach DIN 1053 Teil 1 [16] (vgl. Tabelle 2). Diese Norm legt u.a. Anforderungen an Mauwerksmörtel fest. Mörtel der Mörtelgruppe III muss demnach bei einer Güteprüfung nach 28 Tagen im Mittel eine Mindestdruckfestigkeit von 10 N/mm² aufweisen.

Tabelle 2: Anforderungen an Normalmörtel NM nach DIN 1053 [16] (s.a. [17])

Mörtel-gruppe	Mittelwert[1] der 28-Tage-Druckfestigkeit b_{Pm} in N/mm² bei		Mittelwert der 28-Tage-Haftscherfestigkeit in N/mm² bei Eignungs-prüfung
MG	Eignungsprüfung[2)3)]	Güteprüfung	
I	-	-	-
II	≥ 3,5	≥ 2,5	≥ 0,10
IIa	≥ 7	≥ 5	≥ 0,20
III	≥ 14	≥ 10	≥ 0,25
IIIa	≥ 25	≥ 20	≥ 0,30

1) Mittelwert β_{Pm} von 6 Proben aus 3 Prismen; Abweichung der Einzelwerte ≤ 10% von β_{Pm}

2) zusätzlich Nachweis der Mörteldruckfestigkeit in der Fuge

3) Richtwert bei Werkmörtel

Durch die Deutsche Zementindustrie wird darüber hinaus in einem Merkblatt [17] ergänzt, dass Mörtel ausreichend tragfähig, dicht und beständig sein müssen und ggf. vor Witterungseinflüssen zu schützen sind. Weitergehende Anforderungen an Mörtelprodukte werden auch in den DAfStb-Richtlinien „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ [18] dargestellt. Der sachkundige Planer muss demnach in jedem Instandsetzungsfall für jedes Bauteil zunächst eine Beanspruchbarkeitsklasse festlegen. Mit Blick auf den vorliegenden Anwendungsfall werden die Beanspruchbarkeitsklassen wie folgt beschrieben (s.a. Abbildung 24):

- Beanspruchbarkeitsklasse M 1

  Die Betone bzw. Mörtel müssen zum Ausfüllen von Fehlstellen im Betonuntergrund geeignet sein. Sie müssen eine ausreichende Festigkeit als Untergrund für die vorgesehenen Oberflächenschutzsysteme aufweisen.

- Beanspruchbarkeitsklasse M 2

  Zusätzlich zu den Anforderungen an die Beanspruchbarkeitsklasse M 1 müssen bei den zementgebundenen Betonen und Mörteln Mindestwerte der Karbonatisierungswiderstandes eingehalten werden. Eine einwandfreie Applikation und Aushärtung bei dynamischer Beanspruchung (z.B. aus Verkehr) muss gegeben sein.

- Beanspruchbarkeitsklasse M 3

  Zusätzlich zu den Anforderungen an die Betone und Mörtel der Beanspruchbarkeitsklasse M 2 werden erhöhte Anforderungen im Hinblick auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gestellt.

				Anwendungsbereich					
	Beanspruchbarkeitsklasse	Stofftyp	Stoffbezeichnung	Für Instandsetzungsprinzip R geeignet	dynamische Beanspruchung bei und nach Applikation zulässig	statische Mitwirkung zulässig	maximale Flächengröße	Lage der Auftragsfläche	Anwendungsbeispiele
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	M 1	zement-gebunden	–	–	–	–	örtlich begrenzt	beliebig	Fassaden
2	M 2	zement-gebunden	PCC I	x	x	–	beliebig	waagerechte/ schwach geneigte Oberseiten	befahrbare Flächen unter Belägen auf Brücken und in Parkhäusern
			PCC II	x	x	–		beliebig	Brückenunterseichten, Stützwände, Widerlager, Fassaden
3	M 2	zement-gebunden	SPCC	x	x	–		Unterseiten, vertikale und stark geneigte Flächen	
4	M 2	reaktions-harzgebunden	PC II	–	x	–	örtlich begrenzt[1]	beliebig	
5			PC I	–	x	–		waagerechte/ schwach geneigte Oberseiten	befahrbare Flächen unter Belägen auf Brücken und in Parkhäusern
6	M 3	zement-gebunden	–	x	x	x	beliebig	beliebig	Stützen, Platten[2], Balken

[1] im Verkehrsbereich ≤ 1 m² zulässig
[2] im Hochbau auch direkt befahrbare Flächen

Abbildung 24: Beanspruchbarkeitsklassen nach DAfStb-Richtlinie [18]

Bei bzw. nach der Sanierung von Schachtabdeckungen ist mit dynamischen Belastungen aus Straßenverkehr zu rechnen. Darüber hinaus fordert die kraftschlüssige Verbindung zwischen Schachtabdeckung und Schachtkonus auch eine statische Mitwirkung des Mörtels. Der vorliegende Anwendungsfall ist daher der Beanspruchungsklasse M3 zuzuordnen, so dass nach [18] grundsätzlich nur zementgebundene Mörtel zum Einsatz kommen können.

Allgemeine Anforderungen an die Eigenschaften von Mörtel, die bei Neubau und Sanierung von Schachtabdeckungen eingesetzt werden - im folgenden Schachtregulierungsmörtel genannt -, sind nicht bekannt. Auch Prüfrichtlinien einzelner Betreiber nehmen kaum Bezug zu diesem Anwendungsfall. So findet sich z.B. in [19] nur folgender Hinweis :

„Die in der Richtlinie in der Fassung von 1997 aufgenommenen Schachtkopfmörtel stellen eine Besonderheit dar und werden in dieser Neufassung der Richtlinie nicht mehr behandelt. Besondere Anforderungen für diesen Anwendungsbereich sind sehr hohe Erhärtungsgeschwindigkeit bei ausreichend langer Verarbeitbarkeit bei niedrigen und hohen Umgebungstemperaturen sowie eine hohe Frost-Tau-Salz-Beständigkeit.“

Diese grundsätzlichen Anforderungen wurden auch durch die in [4] dargestellten Untersuchungen bestätigt. Schachtregulierungsmörtel sollten demnach gekennzeichnet sein durch

- eine auf den maßgeblichen Belastungsbeginn (z.B. Verkehrsfreigabe) abgestimmte Festigkeitsentwicklung,
- einen hohen Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand,
- eine geringe Schwind- bzw. Quellneigung,
- eine gute Verarbeitbarkeit auf der Baustelle.

3.2.3 Asphalte

Schachtabdeckungen werden im Rahmen von Neubau- und Sanierungsarbeiten üblicherweise unter Verwendung von Asphalt in den Straßenoberbau eingebunden. Bei Asphalt handelt sich um ein Gemisch aus Bitumen und Zuschlagstoffen, das im Straßenoberbau in unterschiedlichen Zusammensetzungen zum Einsatz kommt. So besteht i.d.R. die auf der Tragschicht aufgebrachte Fahrbahndecke aus einer oder zwei Binderschichten und einer darüberliegenden Deckschicht oder nur aus einer Deckschicht (vgl. [20]). Binderschichten werden dann aus Asphaltbinder hergestellt. Deckschichten können aus Asphaltbeton im Heiß- oder Warmeinbau, aus Gussasphalt, Asphaltmastix oder aus Splittmastixasphalt bestehen. Daneben können

auch Tragdeckschichten, die sowohl die Funktion der Tragschicht als auch die der Decke erfüllen, als einlagige Asphaltschichten ausgeführt werden. Neben diesen werksmäßig hergestellten und auf der Baustelle angelieferten Asphalten werden auch örtlich hergestellte sogenannte Kalt- bzw. Reparaturasphalte eingesetzt.

Bei der Sanierung von Schachtabdeckungen werden im wesentlichen Asphaltbeton im Heiß- oder Warmeinbau, Gussasphalt oder Kalt- bzw. Reparaturasphalt eingesetzt.

3.2.3.1 Asphaltbeton (Heißeinbau)

Asphaltbeton (Heißeinbau, 120°-190°) besteht aus einem Mineralstoffgemisch abgestufter Körnung mit Straßenbaubitumen als Bindemittel. Beim sog. Heißeinbau wird das Mischgut im heißen Zustand eingebaut und verdichtet. Um eine dem Verwendungszweck angemessene Rauheit zu erzeugen, wird die noch heiße Deckschicht frühzeitig mit Splitt abgestreut und dieser fest eingewalzt. Nicht gebundenes Abstreumittel ist zu entfernen. Die Zusammensetzung ist so abgestimmt, dass damit widerstandsfähige und verkehrssichere Deckschichten hergestellt werden können, die nur noch einen geringen Hohlraumgehalt aufweisen und deren Lagerungsdichte und Korngrößenverteilung sich unter Verkehr nur wenig verändern. [20]

3.2.3.2 Asphaltbeton (Warmeinbau)

Asphaltbeton (Warmeinbau, 60°-130°) besteht aus einem Mineralstoffgemisch abgestufter Körnung mit Fluxbitumen als Bindemittel. Das Mischgut wird im warmen Zustand eingebaut und verdichtet. Die so hergestellten Deckschichten haben nach dem Einbau ihre endgültige Verdichtung noch nicht erreicht. Sie werden durch Verkehr nachverdichtet und ergeben erst dann hohlraumarme Deckschichten. [20]

Asphaltbeton (Warmeinbau) kann als Deckschicht auf Fahrbahnen der Bauklassen IV bis VI sowie auf Wegen und anderen Verkehrsflächen eingebaut werden. Die Verwendung bei Fahrbahnen sollte jedoch auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben. [20]

3.2.3.3 Gussasphalt

Gussasphalt ist eine dichte Masse aus Split, Sand, Füller und Straßenbaubitumen, deren Mineralstoffgemisch hohlraumarm zusammengesetzt ist. Der Bindemittelgehalt ist auf die Hohlräume des Mineralstoffgemisches so abgestimmt, dass diese im Einbauzustand voll ausgefüllt sind oder ein geringer Überschuss an Bindemittel vorhanden ist und damit widerstandsfähige

und verkehrssichere Deckschichten hergestellt werden können. Gussasphalt ist in heißem Zustand gieß- und streichbar und bedarf beim Einbau keiner Verdichtung. Die Oberfläche wird unmittelbar nach dem Einbau des Gussasphalts je nach Anwendungsfall mittels Splitt aufgerauht bzw. Sand abgestumpft. Nach dem Erkalten der Gussasphaltdeckschicht ist überschüssiges Abstreumaterial zu entfernen. [20]

Gussasphalt kann als Deckschicht auf Straßen und Wegen aller Art sowie auf anderen Verkehrsflächen eingebaut werden. Die üblichen Schichtdicken betragen zwischen 2 und 4 cm. Gussasphalt wird mit einer Temperatur zwischen 200°C und 250°C eingebaut. [20]

Abbildung 25 zeigt das Einbinden einer Schachtabdeckung mit Gussasphalt.

Abbildung 25: Einbinden einer Schachtabdeckung in die Straßendecke mit Gussasphalt

3.2.3.4 Kaltasphalt / Reparaturasphalt

Kaltasphalt bzw. Reparaturasphalt besteht aus einem Mineralstoffgemisch und Bindemittel. Das Mineralstoffgemisch wird in unterschiedlichen Körnungen angeboten. Übliche Körnungen sind 0/4 mm für Fehlstellen bis 20 mm Höhe bzw. 0/8 mm für Fehlstellen bis 50 mm. Als Bindemittel wird z.B. Polymerbitumen eingesetzt. Kaltasphalt bzw. Reparaturasphalt wird in handlichen Gebinden angeliefert und auf der Baustelle angemischt. Nach dem Einbau ist der Kaltasphalt bzw. Reparaturasphalt zu verdichten bzw. bei selbstverdichtenden Produkten mit einer Kelle glattzustreichen (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27).

Schachtabdeckung (h = 16 cm), in den unteren 6 cm mit Mörtel eingebunden	Einbringen des Reparaturasphalts
Verdichten des Reparaturasphalts	Sanierungsstelle nach der Verdichtung

Abbildung 26: Reparatur der Fahrbahnoberfläche im Umfeld einer sanierten Schachtabdekkung mit zu verdichtendem Reparaturasphalt (vgl. [21])

Anmischen des Reparaturasphalts

Einbringen des Reparaturasphalts

Niveauangleich mit einem Glätter

Fertige Sanierungsstelle

Abbildung 27: Reparatur der Fahrbahnoberfläche nach dem Anheben einer Schachtabdekkung mit einem selbstverdichtenden Reparaturasphalt

3.2.4 Schachtabdeckungen

Schachtabdeckungen bilden das Bindeglied zwischen Schachtbauwerk und Fahrbahnoberfläche und müssen daher Verkehrslasten aufnehmen, die entweder über den Schachtkonus und/oder den Straßenoberbau abgeleitet werden. Die Höhe dieser Lasten hängt vom Einsatzort ab. So werden Schachtabdeckungen grundsätzlich auf Autobahnen durch höhere Geschwindigkeiten und eine größere Zahl von Überfahrten stärker belastet als Schachtabdekkungen in verkehrsberuhigten Bereichen.

a) Autobahn b) Tempo 30 – Zone

Abbildung 28: Schachtabdeckungen im Straßenraum

Auf den Schachtdeckel wirken zwei Lastarten ein, die sich in Größe und Richtung unterscheiden. Das sind zum einen vertikale Lasten (V_E), z.B. aus dem Eigengewicht der Fahrzeuge, und zum anderen horizontale Lasten (H_E) aus Brems- oder Beschleunigungsvorgängen. Diese Lasten müssen sicher und klapperfrei in den Rahmen abgeleitet werden. So dürfen auch dynamische Beanspruchungen aus Straßenverkehr nicht zu einem „Herausspringen“ des Deckels aus dem Rahmen führen. Darüber hinaus müssen bei exzentrisch einwirkenden Horizontallasten eine Drehbewegung des Deckels verhindert und die entstehenden Momente über den Rahmen abgeleitet werden. Bei den heutzutage verwendeten Deckeln wird deshalb i.d.R. eine Nut-Feder-Konstruktion, d.h. eine Nut im Rahmen und eine Feder im Deckel, eingesetzt.

Der Ausbildung der Kontaktfläche zwischen Deckel und Rahmen (Deckelauflage) kommt eine besondere Bedeutung zu. Es finden sich grundsätzlich zwei unterschiedliche Konstruktionsarten:

Bei der in Abbildung 29 dargestellten Konstruktion werden die einwirkenden vertikalen und horizontalen Lasten (V_E und H_E) über die **senkrecht zueinander stehenden Widerlager** durch vertikale Reaktionskräfte bzw. (V_R) horizontale Reaktionskräfte (H_R) vom Rahmen aufgenommen. Die Widerlager können ohne oder mit dämpfende(n) Einlage(n) ausgeführt werden.

Bei der in Abbildung 30 dargestellten Konstruktion werden die einwirkenden vertikalen und horizontalen Lasten (V_E und H_E) durch den **konisch geformten Deckel** in eine einzelne Ela-

stomereinlage eingetragen und bewirken dort eine resultierende Reaktionskraft (K_R). Durch die Form des Deckels passt sich die Widerlagerfläche der Lastgröße an.

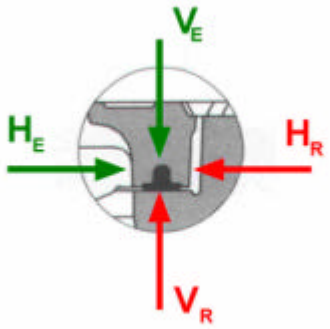


Abbildung 29: Lastabtrag Deckel-Rahmen über zueinander senkrechte Widerlagerflächen

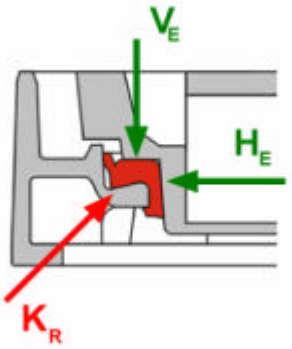


Abbildung 30: Lastabtrag Deckel-Rahmen über ein konisches Elastomer-Widerlager

Durch den Schachtrahmen wird die eingetragene Last weiter abgeleitet über

- den Schachtkonus,
- die umgebende Straßendecke,
- eine vom Schachtkonus entkoppelte Betonplatte oder
- sowohl den Schachtkonus als auch die umgebende Straßendecke.

3.2.4.1 Lastabtrag über den Schachtkonus

Der Abtrag der Verkehrslasten von der Schachtabdeckung über den Schachtkonus kann als Standardfall bezeichnet werden. So ist auch nur diese Ausführung in den bestehenden Normen berücksichtigt (z.B. DIN 4034 Teil 1 [9]). Schachtabdeckungen, die die Last in dieser Form abtragen, werden von allen Herstellern angeboten. Sie unterscheiden sich in

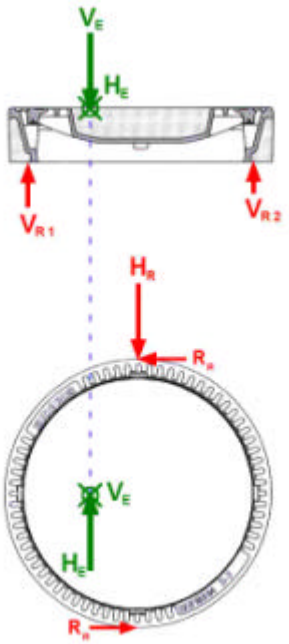
a) der Bauhöhe,

b) der Verwendung und Anordnung von dämpfenden Einlagen und

c) den Deckel- bzw. Rahmenwerkstoffen.

Die vertikal einwirkenden Lasten werden vertikal in den Schachtkonus eingeleitet, während die horizontalen Lasten im wesentlichen durch die Einbindung in den Straßenkörper aufgenommen werden. Diese Einbindung wird z.B. mit Asphaltbeton, Gussasphalt oder Formsteinen mit bituminösem Verguss ausgeführt (vgl. Abschnitt 3.2.3).

Abbildung 31 zeigt eine schematische Darstellung der eingeleiteten Verkehrslasten und resultierenden Reaktionskräfte.



Einwirkende äußere Kräfte
(Kraftresultierende aus Lastspannungen):

H_E : Horizontal

V_E : Vertikal

Reaktionskräfte
(Kraftresultierende aus Reaktionsspannungen):

R_R : Rotation

H_R : Horizontal

$V_{R\,1}$, $V_{R\,2}$: Vertikal

Abbildung 31: Darstellung der äußeren Krafteinwirkung und resultierenden Reaktionskräfte

3.2.4.2 Lastabtrag über die umgebende Straßendecke

In den letzen Jahren werden verstärkt Schachtabdeckungen angeboten, mit denen die Verkehrslasten zunächst in die umgebende Fahrbahn eingeleitet werden. Diese Schachtabdeckungen werden zusammen mit dem noch heißen Asphalt eingewalzt und „schwimmen“ in der Asphaltdecke. Abbildung 32 zeigt beispielhaft den Schnitt durch eine solche sog. selbstnivellierende Schachtabdeckung.

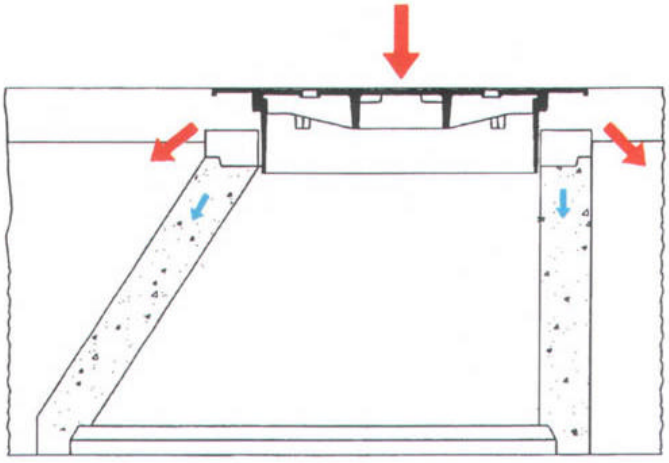
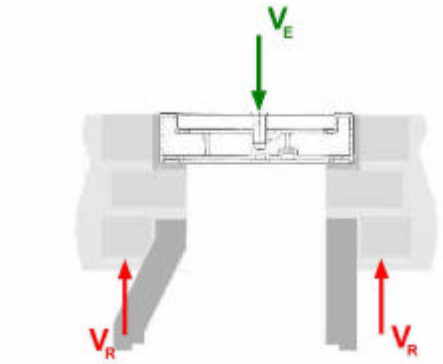


Abbildung 32: Lastableitung bei einer „selbstnivellierenden“ Schachtabdeckung [22]

3.2.4.3 Lastabtrag über eine Entkopplung Schachtabdeckung - Schachtkörper

Eine weitere technische Lösung, um die auf die Schachtabdeckung einwirkenden Verkehrslasten abzutragen, ist die Entkopplung der Schachtabdeckung vom Schachtkonus. Die vertikalen Lasten werden dabei unabhängig vom Schachtkonus, z.B. über Betonplatten, in den umgebenden Baugrund abgeleitet (s. Abbildung 33). Horizontale Lasten werden über die Einbindung der Schachtabdeckung in der Straßendecke aufgenommen.



Einwirkende äußere, vertikale Kraft (Kraftresultierende aus Lastspannungen):

V_E : Vertikal

Reaktionskräfte (Kraftresultierende aus Reaktionsspannungen):

V_R: Vertikal

Abbildung 33: Vertikaler Lastabtrag über eine Entkopplung Schachtabdeckung - Schachtkörper

Ein in der Praxis eingesetztes Verfahren ist z.B. das SSU-System® der Fa. SCHACHT + TRUMME, Ahrensburg. Auch hier wird die Schachtabdeckung durch den Einsatz von Beton-

bauteilen vom Schachtkonus entkoppelt (s. Abbildung 34). Die Einbindung in die Straße erfolgt wahlweise mit speziellen Formsteinen bzw. mit Gussasphalt.

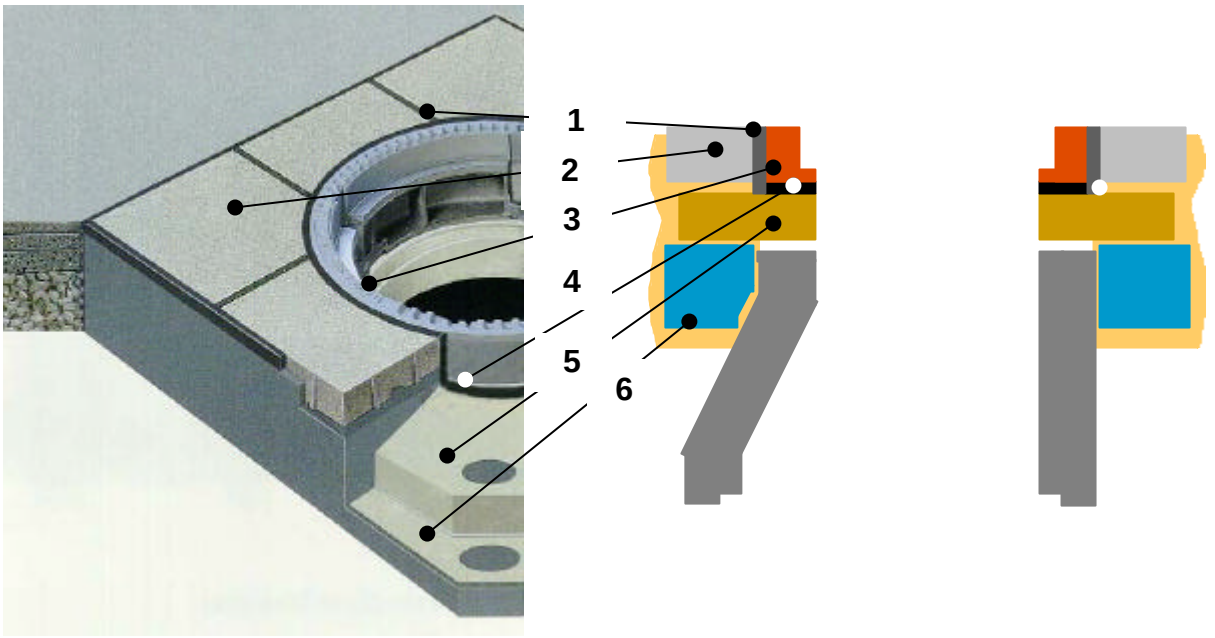


Abbildung 34: Lastabtrag über eine entkoppelte Betonplatte [50]

1: Fugenverguss

2: SSU-Steine

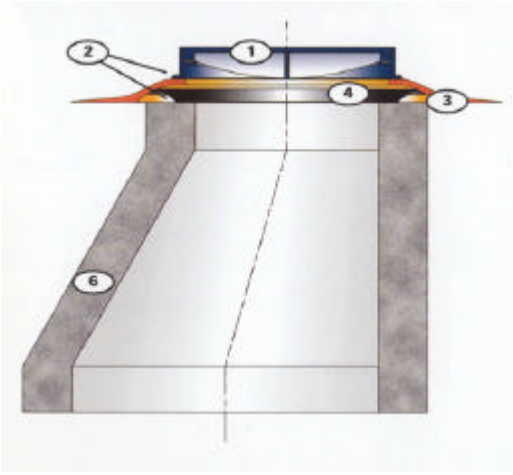
3: Schachtrahmen

4: Elastomerer Auflagering, Höhe 10 mm

5: Auflageplatte, 1100 x 1100 mm, Höhe 50 mm

6: Fundamentplatte, 1150 x 1150 mm, Höhe 100 mm

Beim ANA®-System (vgl. [23]) werden die Verkehrslasten mit einem Schlepp- und Lasteinleitungselement (Bauteil 3) aus glasfaserverstärktem Kunststoff in den Untergrund eingeleitet (s. Abbildung 35).

a) 

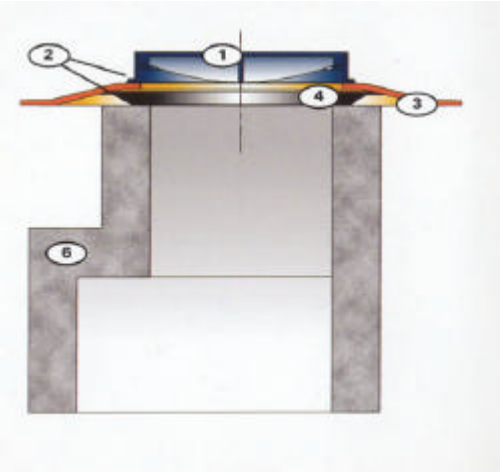
b) 

Abbildung 35: ANA-System der Firma Faszl, Fernitz [23]

Bauteil 1	*Schachtdeckel und –rahmen*	***Bauteil 4***	*Gummimembran*
Bauteil 2	*Klebestelle*	***Bauteil 6***	*Schachtkonus Beton*
Bauteil 3	*Schlepp- und Lastableitungselement*		

Eine Entkopplung des Lasteintrags vom Schachtkörper ist bei Schächten aus Kunststofffertigteilen i.d.R. unabdingbar (vgl. Abschnitt 3.2.1.3). Die entsprechenden Tragkonstruktionen sind dabei auf den jeweiligen Schachtkörper abgestimmt. Von den Herstellern werden unterschiedliche Bauteile angeboten. Abbildung 36 und Abbildung 37 zeigen beispielhaft einige dieser Lösungen.

a)

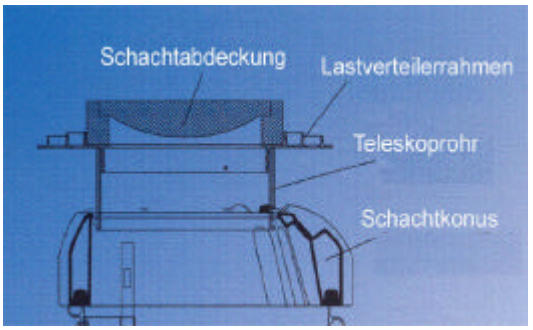
b) 

Abbildung 36: Lastverteilungsrahmen mit Teleskoprohr [24]

a)

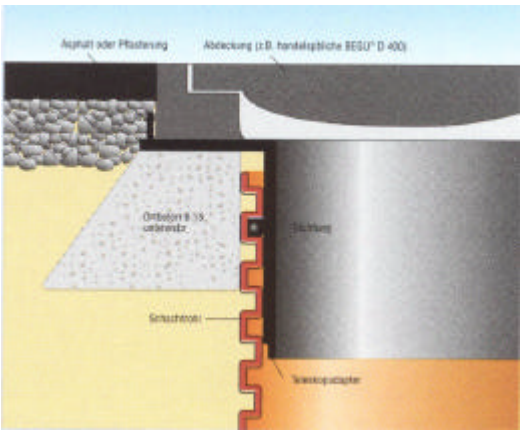
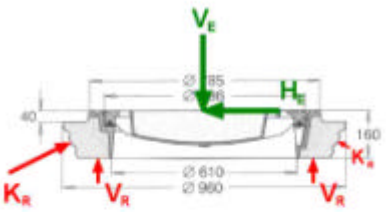
b) 

Abbildung 37: Teleskopadapter [25]

3.2.4.4 Lastabtrag über den Schachtkonus und die umgebende Straßendecke

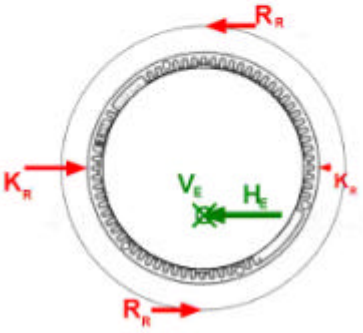
Ein Lastabtrag über den bestehenden Schacht und gleichzeitig über die umgebende Straßendecke wird mit der Schachtabdeckung Budaplan®, System STEHR, realisiert. Sie liegt zunächst mit Ihrer Unterseite auf dem Schacht auf. Eine konische Verbreiterung aus Beton sorgt zusätzlich für einen Lastabtrag in die Fahrbahndecke. Durch die Wahl der konischen Form verspannt sich die Abdeckung bei Setzungen in der Fahrbahn.



Einwirkende äußere Kräfte
(Kraftresultierende aus Lastspannungen):

H_E : Horizontal

V_E : Vertikal



Reaktionskräfte
(Kraftresultierende aus Reaktionsspannungen):

R_R : Rotation

K_R : Konus

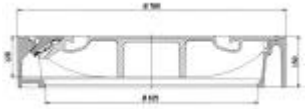
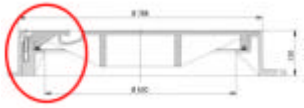
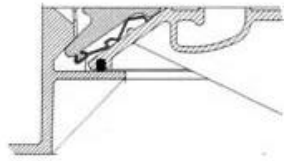
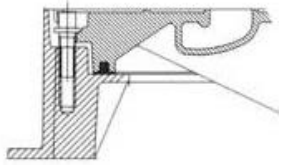
V_R : Vertikal

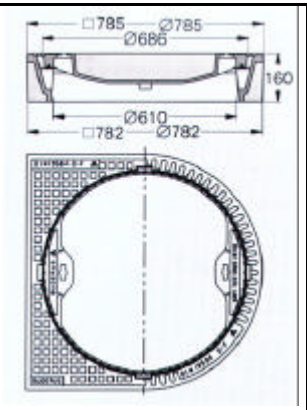
Abbildung 38: Lasteinleitung bei der konischen Schachtabdeckung Budaplan®, System STEHR

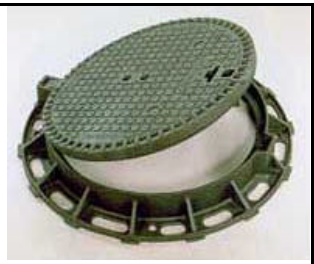
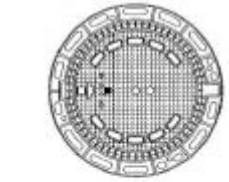
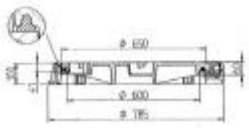
3.2.4.5 Ausführungsbeispiele

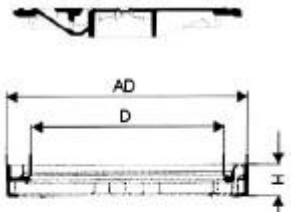
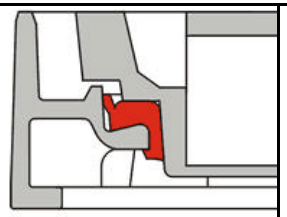
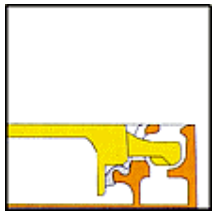
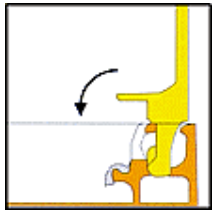
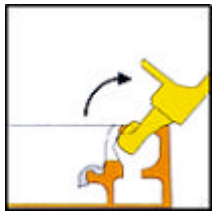
In Tabelle 3 werden einige Produktbeispiele unterschiedlicher Hersteller für die o.a verschiedenen Lastabtragsarten von Schachtabdeckungen dargestellt. Sämtliche Informationen stammen aus Produktkatalogen bzw. der Internetpräsentation der genannten Anbieter.

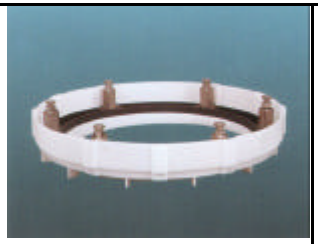
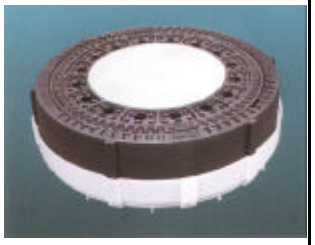
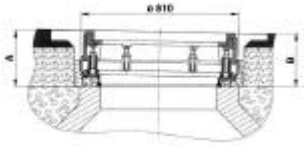
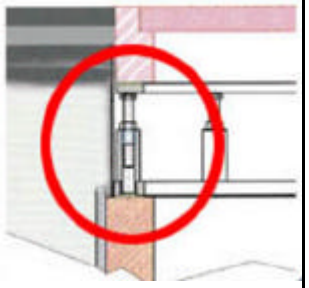
Tabelle 3: Möglichkeiten des Lastabtrags bei unterschiedlichen Schachtabdeckungen

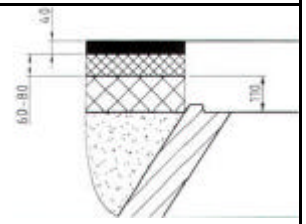
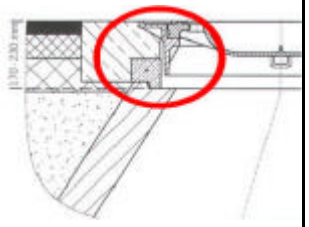
Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus					
ACO Drain Passavant GmbH / Schachtabdeckung System Starlock® [26]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 600 mm, Rahmen und Deckel aus Gusseisen, auftriebsicher, Ausführungen auch als tagwasserdicht oder rückstausicher, Deckel mit oder ohne Lüftung, Rahmenhöhe 150 mm	Deckel Rahmen	 tagwasserdicht  rückstausicher	• schraublose Sicherheitsarretierung • klapperfrei durch Starlock® • Schachtabdeckung auch ohne zusätzliche dämpfende Einlage klapperfrei	Sicherheitsarretierung geschlossen  tagwasserdicht  rückstausicher

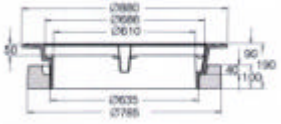
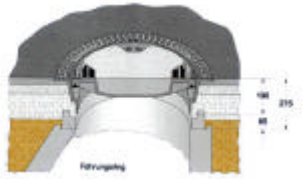
Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus					
BUDERUS Kanalguss GmbH / BEGU Beton/Guss Abdeckung [15]	Schachtabdeckung rund oder quadratisch, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 610 mm, Beton/Guss-Rahmen, Beton/Guss-Deckel, mit und ohne Budapren® -Einlage im Deckel oder im Deckel u. Rahmen zur Geräuschdämpfung, Deckel ohne Lüftungsöffnungen, Rahmenhöhe 160 mm			• Beton/Guss-Rahmen • Beton/Guss-Deckel • Geräuschdämpfung durch Budapren® -Einlage	 Budapren® im Deckel Budapren® im Deckel/Rahmen

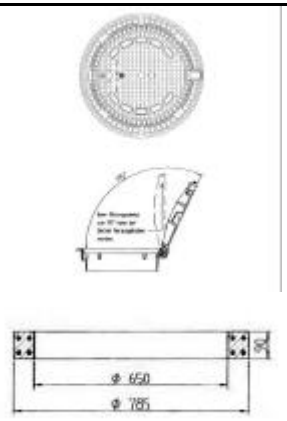
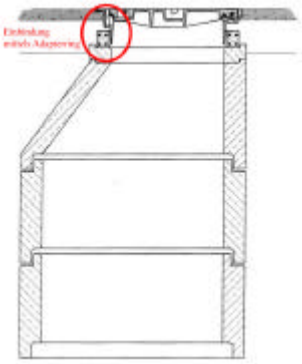
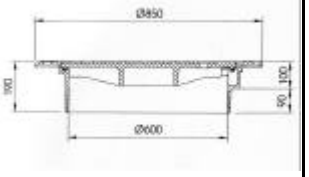
Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus					
GAV GmbH / Solo.D – Serie [27]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 600 mm Rahmen und Deckel aus Kugelgraphitguss (GGG) Deckel mit Scharnier und dämpfender Neopren-Einlage Deckel mit oder ohne Lüftung		 	• dämpfende Neopren-Einlage • Verankerung mit dem Bauwerk ist möglich • Riegel als Verschluß • Rahmenhöhe 100 mm	dämpfende Neopren-Einlage
HYDROTEC Technologies GmbH & Co. KG / Econ H [22]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 600 mm, Rahmen und Deckel aus duktilem Guss, Deckel mit Scharnier, Deckel mit oder ohne Lüftung			• hochziehbar, zur Sanierung mittels Schachthebegerät • Selbstschließende 3-Punkt Arretierung • auswechselbare dämpfende Einlage aus Polychloropren • Rahmenhöhe 100 mm, demnächst auch 160 mm	Federarretierung Dämpfende Einlage Scharnier

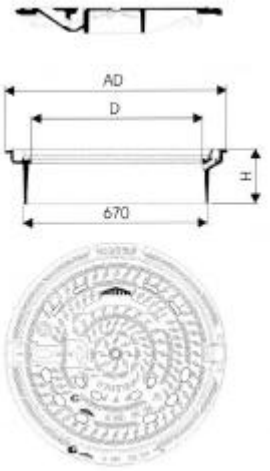
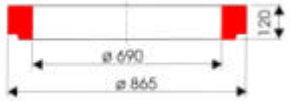
Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus					
SAINT-GOBAIN Gussrohr GmbH & Co. KG / Viatop®[28]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, mit Gütezeichen „Güteschutz Kanalguss“, lichter Ø 610 mm, Rahmen und Deckel aus Kugelgraphitguss, Deckel mit Schanier, mit frei lagerndem Gelenk, austauschbare dämpfende Spezialeinlage aus SBR im Rahmen, Deckel mit oder ohne Lüftung		 	 • Elastomereinlage aus SBR • Kein Metall-Metallkontakt. Der Deckel liegt vollflächig auf der Einlage auf. • glattschaftiger, ziehbarer Rahmen • 90° Sicherheitsarretierung • Rahmenhöhe 100 mm	Öffnungsmechanismus  Ruhelage  Arretierte 90° Position  Komplett geöffnet

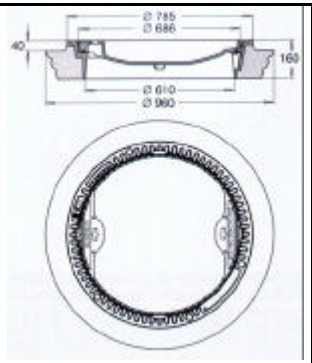
Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus					
HAWLE Armaturen GmbH / Variodom® [29]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 600 mm, Rahmen aus Gusseisen, Deckel aus Beton/Guss Grundsystem / Verstellbereich 245–275mm Verstellzylinder 90 mm, Verstellweg 45 mm, Einbauhöhe max. 275 mm, Einbauhöhe min. 245 mm, Rahmenhöhe 160 mm	 Grundaufnahme + Auflagering  Schachtabdeckung + Auflagering	Variodom® in Gefällestrecke  Einbauhöhe A: 290 mm Einbauhöhe B: 275 mm	• Mittels zusätzlich einzubauenden Gefälleringen kann die Schachtabdeckung an jede Steigung angepasst werden • Option: Verstellbereich 270-305 mm	 Auflager der Schachtabdeckung Verstellzylinder

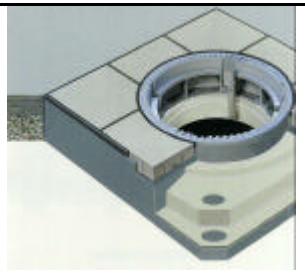
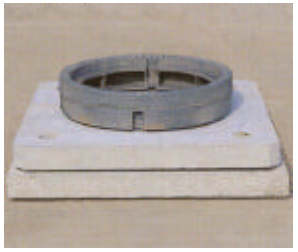
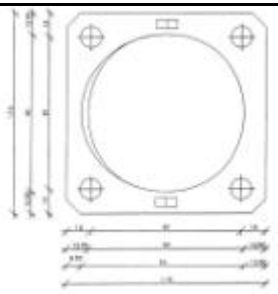
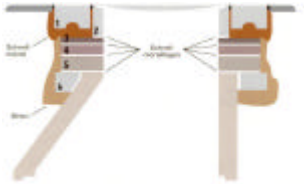
Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus und die umgebende Straßendecke					
Selbstnivellierende Systeme					
ACO Drain Passavant GmbH / Bituplan® [26]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124/DIN1229, lichter Ø 600 mm, Rahmen aus Gusseisen, Deckel aus Gusseisen mit dämpfender Einlage, Deckel mit oder ohne Lüftung, Bauhöhe min. 160mm bis max. 220 mm, Adapterring aus Beton	Schachtabdeckung Bituplan® Einbauschalung		Die Lagerung des Rahmens erfolgt über einen breiten oberen auskragenden Rand im bituminösen Straßenbelag. Er hängt praktisch im Deckenbelag. Eine hochbelastete wartungsintensive Lagerfuge (Mörtelfuge) unterhalb des Rahmens entfällt.	 Aufbau der umgebenden Straßendecke  Einbindung der Schachtabdeckung in die Straßendekke mit Anschluss an den Schacht durch den eingebauten Adapterring

Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus und die umgebende Straßendecke					
Selbstnivellierende Systeme					
BUDERUS Kanalguss GmbH / Budalevel®[15]	Guss-Schachtabdeckungsrahmen, rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124/DIN1229, lichter Ø 600 mm, Führungsring aus Beton, Beton/Guss-Kleeblattdeckel mit oder ohne Lüftung, Budapren® - Einlage, Rahmenhöhe 190 mm		 Aufbau Schachtabdeckung	Rahmen mit überdimensionierten oberen Kragen, der zusammen mit dem speziellen Führungsring aus Beton verarbeitet wird. Durch den Führungsring ist eine teleskopartige Funktion gegeben	 Systemskizze

Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus und die umgebende Straßendecke					
Selbstnivellierende Systeme					
GAV GmbH / Selflevel® [27]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 600 mm, Rahmen und Deckel aus Kugelgraphitguss (GGG) mit dämpfender Neopren-Einlage und Scharnier, Deckel mit oder ohne Lüftung, Adapterring GAV		 Adapterring	Schachtkopf mit Auflageringen, 20 bis 23 cm unter Oberkante der bestehenden Fahrbahn bringen. Selflevel®-Auflagering (Adapterring) aus Beton mit einer dünnen Mörtelschicht auf den Schacht aufsetzen. Selbstnivellierend, hochziehbar.	
HYDROTEC Technologies GmbH & Co. KG / Econ SN [22]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, lichter Ø 600 mm, Rahmen und Deckel aus duktilem Gusseisen, Rahmenhöhe 190 mm, Deckel mit oder ohne Lüftung, erhältlich auch als Econ SN 300 mit 300 mm			Spezielle Auflageringe sind nicht notwendig. Es kommen Auflageringe nach DIN zum Einsatz. Verkehrssichere, selbstschließende 3-Punkt Arretierung. Inspektionsposition des deckels bei 120°, Aushe-	1 = Tragschicht 2 = Binderschicht

Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus und die umgebende Straßendecke					
Selbstnivellierende Systeme					
	Rahmenhöhe			beposition und Arretierung gegen Zufallen bei 90°.	3 = Fahrbahndecke
SAINT-GOBAIN Gussrohr GmbH & Co. KG / Viatop® Niveau [28]	Schachtabdeckung rund, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124, mit Gütezeichen „Güteschutz Kanalguss“, lichter Ø 610 mm, Rahmen und Deckel aus Kugelgraphitguss, Deckel mit Scharnier, mit frei lagerndem Gelenk, austauschbare dämpfende Spezialeinlage aus SBR im Rahmen, Rahmenhöhe 200 mm, Deckel mit oder ohne Lüftung			Spezieller Betonadapterring für den Schachtaufbau, sonst wie Viatop® Schachtabdeckung (s.o.)	 Adapterring

Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über den Schachtkonus und die umgebende Straßendecke					
konische Schachtabdeckungen					
BUDERUS Kanalguss GmbH / Budaplan® [15]	Schachtabdeckungsrahmen rund, Budaplan®, System STEHR, Klasse D 400 entsprechend DIN EN 124/DIN 1229, lichter Ø 610 mm, mit konischer Außenform Ø 960 mm, konischer Beton/Guss Rahmen, Beton/Guss-Deckel ohne Lüftung, Budapren® - Einlage, Rahmenhöhe 160 mm			Ausbau der alten Schachtabdeckung mit Kanaldeckelfräse, die eine konische Bohrung in der Fahrbahndecke hinterlässt und in die sich der Abdeckungsrahmen Budaplan® einfügen lässt. Konische Außenform leitet einen Großteil der Verkehrslast in die umgebende Straßendecke. Der extrem große Rahmendurchmesser reduziert die Flächenpressung	

Hersteller/Produkt	Beschreibung	Foto	Zeichnung	Besonderheiten	Detail
Lastabtrag über eine entkoppelte Bodenplatte					
SCHACHT + TRUMME, W. Schwarz GmbH / SSU-System® [30]	Sanierung als Komplettsystem: Fundamentplatte, Grundplatte und Auflageringe aus Beton; Schachtabdeckung, z.B. STM, rund, Klasse D400 entsprechend DIN EN 124, Rahmen aus Gusseisen ohne Beton, Deckel aus Beton/Guss, Lüftungsöffnungen, dämpfende Einlage, SSU-Strabit-Umrandungssteine	 	 Fundamentplatte	• SSU-Strabit-Umrandungsstein-System • Lösung der Verdichtungsproblematik • flächige Ableitung der Schubkräfte • asphaltfarbige Formsteine Strabit • spezielle Auflageringe • kurzfristige Verkehrsfreigabe	Einbau mit Schnellmörtel  1. SSU-Steine Höhe 120 mm 2. Schachtrahmen Höhe 160 mm 3. Auflagering eckig außen ø 620 mm, 1100x1100 mm, Höhe 30 mm 4. Auflagering eckig außen ø 620 mm, 1100x1100 mm, Höhe 50 mm 5. Auflagering (GP) eckig, außen ø 620 mm, 1100x1100 mm, Höhe 100 mm 6. Fundamentenplatte eckig, außen ø 90 mm, 1150x1150 mm, Höhe 100 mm

3.3 *Werkzeuge und Geräte*

3.3.1 Konventioneller Ausbau

Beim **konventionellen Ausbau** von Schachtabdeckungen wird die Fahrbahndecke, z.B. mit Hilfe eines Presslufthammers, aufgestemmt. Der Umfang des Aufbruchs kann dabei an das Ausmaß des Schaden angepasst werden. Sowohl kleine, als auch großflächige Aufbrüche sind möglich. In Abhängigkeit von der Größe des Aufbruchs und der Qualität des Asphalts kann der Aufbruch einen Großteil des Arbeitsaufwandes für die gesamte Baumaßnahme darstellen.

Abbildung 39: Konventioneller Ausbau mit einem Presslufthammer

3.3.2 Kernbohrmaschinen

Beim **Einsatz einer hydraulisch angetriebenen Kernbohrmaschine** wird die gesamte Straßendecke im Umfeld der Schachtabdeckung in einem Arbeitsgang durchschnitten. Zur Anwendung kommen kombinierte, hydraulisch angetriebene Bohr- und Hebegeräte, die beispielsweise an einen LKW-Ladekran montiert sind. Nach Entfernen des Schachtdeckels werden diese zunächst über der Schachtabdeckung positioniert und dann über eine in der Bohrkrone angebrachte hydraulische Spreize unterhalb der Schachtabdeckung in der Mörtelfuge verspannt. Anschließend wird die Schachtabdeckung bis zur gewünschten Tiefe überbohrt. Die Bohrkrone wird während des Bohrvorganges mit Wasser gekühlt. Der Bohrvorgang dau-

ert, in Abhängigkeit von Asphalt, Kronendurchmesser und Bohrtiefe, zwischen 2 und 5 Minuten.

Die Bohrkrone sollte nur zum Schneiden der Asphaltdecke eingesetzt werden, um einen vorzeitigen Verschleiß der diamantbesetzten Krone zu vermeiden.

Abbildung 40: Ausbau einer Schachtabdeckung mit einem Kernbohrgerät [31]

3.3.3 Kanaldeckelfräsen

Ähnlich wie beim Ausbau mit einer Kernbohrmaschine wird auch beim **Ausbau mit einer Fräse** die gesamte Straßendecke im Umfeld der Schachtabdeckung in einem Arbeitsgang getrennt. Die sog. Kanaldeckelfräsen werden an Bagger, Radlader oder LKW-Ladekränen angebracht und über Hydraulikaggregate angetrieben. Im Gegensatz zum Kernbohrgerät erfordert die Kanaldeckelfräse keine Kühlung. Auch ist das Fräsen im Bereich unterhalb der Asphaltdecke, beispielsweise in der Schottertragschicht von Straßen, unkritisch.

Kanaldeckelfräsen können, wie auch die Kernbohrmaschine, mit Kronen unterschiedlicher Durchmesser ausgestattet werden. Auch lassen sich an einigen Geräten sog. „Flügel“ (s. Abbildung 41) anbringen, welche die Ausbildung einer konischen Trennfläche bzw. den weiträumigen Materialabtrag ermöglichen.

Konischer „Flügel“ (Detail)

Flacher „Flügel“ (Detail)

Austausch der flachen durch konische „Flügel“

Ausgefräste Flächen

Abbildung 41: Einsatz von „Flügeln“ zur Fräsflächenverbreiterung

Die Dauer des Fräsvorgangs ist abhängig von der Frästiefe, dem Zustand der Fräsmeißel, der Asphaltqualität, dem Kronendurchmesser und den eingesetzten „Flügeln“. Sie beträgt zwischen 2 und 5 Minuten. Abbildung 42 bis Abbildung 46 zeigen Beispiele von Arbeiten mit Kanaldeckelfräsen.

Abbildung 42: Sanierung mit Ausbau mit Hilfe einer Kanaldeckelfräse (SKF der Fa. STEHR, Schwalmtal)

Abbildung 43: Fräse der Fa. SCHÖLKOPF mit einem Unimog als Trägerfahrzeug

Abbildung 44: Bedienung der Fräse über ein seitlich angebrachtes Bedienpult

Abbildung 45: Ausfräsen der Schachtabdekkung

Abbildung 46: Ausgefräste Schachtabdekkung mit „Asphaltkragen“

3.3.4 Geräte zur Höhenregulierung

Zur Höhenregulierung von Schachtabdeckungen werden mechanisch und hydraulisch arbeitende Schachthebegeräte eingesetzt. Mit Hilfe dieser Hebegeräte können schadhafte Schachtabdeckungen komplett entfernt und durch neue ausgetauscht oder abgesunkene Schachtabdeckungen angehoben werden.

Es können sowohl runde als auch quadratische Schachtabdeckungen angehoben bzw. ausgewechselt werden. Zunächst wird die Verspannvorrichtung (Spreizmeißel) exakt in der Schachtrahmenfuge angesetzt [32]. Anschließend wird durch abwechselndes Drehen der einzelnen Spindeln (Mechanik) bzw. Aktivieren der Pressen (Hydraulik) die Schachtabdeckung sukzessive angehoben. Mechanische Hebegeräte (Abbildung 47) erleichtern die Kontrolle der aufgebrachten Kräfte gegenüber hydraulisch arbeitenden Schachthebegeräten (Abbildung 48).

Abbildung 47: Mechanisches Hebegerät für runde Schachtabdeckungen[32]

Abbildung 48: Hydraulisches arbeitendes Schachthebegerät [33]

Beim Anheben der Schachtabdeckung entsteht eine Fuge zum Auflagering bzw. Schachtkonus. Diese Fuge wird üblicherweise mit einem Mörtel gefüllt. Es kommen sowohl plastische (s. Abbildung 49) als auch fließfähige Mörtel (s. Abbildung 50) zum Einsatz.

Abbildung 49: Verfüllen der Fuge zwischen Schachtabdeckung und Auflager mit einem plastischen Mörtel [33]

Abbildung 50: Verfüllen der Fuge zwischen Schachtabdeckung und Auflager mit einem Vergussmörtel [32]

Der beim Heben von Schachtabdeckungen aufgebrochene Ringspalt zwischen Abdeckung und Fahrbahn wird in der Regel mit einem Vergussmaterial auf Bitumenbasis verfüllt (vgl. Abschnitt 3.2.3.3).

Als Hilfsmittel werden Positionierungsrahmen bzw. Justiervorrichtung eingesetzt, um die gewünschte Höhe einzustellen. Vergussmörtel werden unter Verwendung von Schlauch- oder Metallschalungen eingebracht.

Positionierungsrahmen	Höhenanpassung mit Nivellierlineal	Schachtabdeckung, frei hängend über einem Schachtkous

Abbildung 51: Positionierungsrahmen mit gleichzeitiger Höhenanpassung an die Fahrbahndecke [34]

Abbildung 52: Schlauchschalung [34]

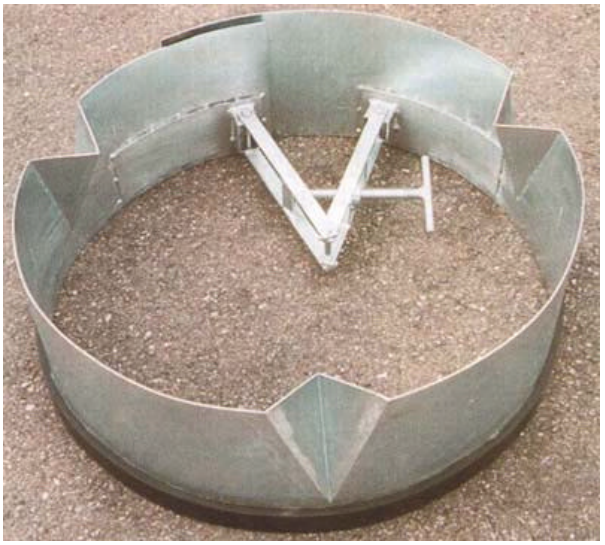


Abbildung 53: Metallschalung, rund, Durchmesser 625 mm [32]

4 Arbeitsprogramm und Ergebnisse

Das Arbeitsprogramm gliederte sich in die beiden Untersuchungsschwerpunkte:

- Entwicklung und Prüfung eines Mörtels zur Sanierung von Schachtabdeckungen
  Es wurden unterschiedliche Mörtelvarianten zur Sanierung von Schachtabdeckungen untersucht. Die Entwicklung und Prüfung der Mörtel erfolgte in enger Abstimmung mit dem Hersteller, der MC-Bauchemie Müller GmbH & Co., Essen.
- Insitu-Erprobung von Sanierungsverfahren in Verbindung mit Langzeitmessungen
  Der Vor-Ort-Einsatz der neuen Mörtelprodukte zur Unterfütterung und Einbindung der Schachtabdeckungen wurde unter Praxisbedingungen überprüft. Zum Vergleich wurden auch die Produkte Gussasphalt und Elastomerring eingesetzt.

Auf Basis der aus diesen Arbeiten resultierenden Erfahrungen wurden Empfehlungen hinsichtlich der Ausschreibung und Vergabe von Sanierungsmaßnahmen sowie qualitätssichernden Maßnahmen im Rahmen der Bauausführung zusammengestellt.

4.1 *Entwicklung und Prüfung eines Mörtels zur Sanierung von Schachtabdeckungen*

Schachtregulierungsmörtel werden beim Einsatz unterhalb von Schachtabdeckungen starken dynamischen Belastungen aus Straßenverkehr sowie chemisch-physikalischen Belastungen, z.B. aus Temperaturdifferenzen und Tausalzangriff, ausgesetzt. Schon in der Einbauphase werden besondere Anforderungen gestellt. So muss der Mörtel beim Einsatz im Verkehrsraum einerseits schnell erhärten, um eine zügige Wiederfreigabe des Straßenverkehrs zu ermöglichen, und andererseits eine einfache Handhabung und Verarbeitung vor Ort gestatten.

In [4] wurde bereits festgestellt, dass die zu jener Zeit in der Praxis eingesetzten Zementmörtel höchst unterschiedliche Werkstoffeigenschaften aufwiesen, insbesondere hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Frost- und Frost-Tausalz-Beanspruchungen. In der Regel sind hohe Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften mit längeren Erhärtungszeiten verbunden, so dass sich unter Berücksichtigung der erforderlichen Fristen für die Verkehrsfreigabe ein nahezu unlösbarer Zielkonflikt ergeben kann.

Am Markt wurden bisher vorwiegend Mörtel angeboten, die eine schnelle Erhärtung und hohe Druckfestigkeit versprechen. Die Widerstandsfähigkeit gegen Frost- und Frost-Tausalz-

Beanspruchungen trat hinter diesen Anforderungen meist zurück. Im Rahmen des dargestellten Vorhabens wurde ein Schachtregulierungsmörtel entwickelt, der gerade an diesem Punkt ansetzt und eine höhere Beständigkeit unter Frost- und Frost-Tausalz-Beanspruchung erwarten lässt. Dabei soll eine leichte Verarbeitbarkeit des anzumischenden Trockenmörtels und somit eine besondere Praxistauglichkeit gewährleistet sein. Ausgehend von langsam erhärtenden Mörtelsystemen hoher Werkstoffqualität wurde die Erhärtungsgeschwindigkeit variiert, die Werkstoffeigenschaften und Verarbeitbarkeit fortlaufend überprüft und ggf. eine Optimierung der Rezeptur vorgenommen. In allen Fällen handelte es sich um Mörtelsysteme, bei denen z.B. durch Variation der Wasserzugabemenge sowohl ein plastischer als auch ein fließfähiger Verarbeitungszustand eingestellt werden konnte.

Prüfverfahren und -kriterien zur Bewertung von Schachtregulierungsmörteln - insbesondere hinsichtlich des Frost-Tausalz-Widerstands – sind kaum bekannt. In [35] finden sich Hinweise zur Beurteilung sog. Schachtkopfmörtel (Schachtregulierungsmörtel) mit detaillierten Mindestanforderungen für ausgewählte Werkstoffkennwerte (s. Tabelle 4). Die Bestimmung des Frost-Tausalz-Widerstands wird demnach nach der ÖNORM B 3303 [36] durchgeführt; alternativ kann auch das CDF-Verfahren nach Setzer angewandt werden (vgl. [47]). Allerdings decken die Vorgaben aus [35] nicht alle Mörteleigenschaften ab, die für die Sanierung von Schachtabdeckungen bedeutsam sind, wie z.B. das Frischmörtelverhalten bzw. die Verarbeitbarkeit.

Tabelle 4 Mindestanforderungen an die Festmörteleigenschaften für Schachtkopfmörtel nach [35])

	Anforderung	Schachtkopfmörtel
1	$\beta_{D,28d}$ (N/mm²)	20...70
2.1	$\beta_{D,2h,\ 5\ °C}$ (N/mm²)	≥ 5
2.2	$\beta_{D,2h,\ 20\ °C}$ (N/mm²)	≥ 10
2.3	$\beta_{D,2h,\ 30\ °C}$ (N/mm²)	≥ 10
3	Festmörtelrohdichte ρ_{TR} (g/cm³)	anzugeben
4	Frostbeständigkeit	beständig
5	Frost-Tausalz-Widerstand	beständig
6	Schwinden/ Quellen (%)	≤ 0,1

$\beta_{D,28d}$ *(N/mm²):* *Mörteldruckfestigkeit nach 28 Tagen*

$\beta_{D,2h,\ 5\ °C}$ *(N/mm²):* *Mörteldruckfestigkeit nach 2 Stunden bei einer Temperatur von 5 °C*

$\beta_{D,2h,\ 20\ °C}$ *(N/mm²):* *Mörteldruckfestigkeit nach 2 Stunden bei einer Temperatur von 20 °C*

$\beta_{D,2h,\ 30\ °C}$ *(N/mm²):* *Mörteldruckfestigkeit nach 2 Stunden bei einer Temperatur von 30 °C*

ρ_{TR} *(g/cm³):* *Dichte des Mörtels im ausgehärtetem Zustand (Festmörtelrohdichte)*

4.1.1 Untersuchte Mörtel

Im Rahmen der Mörtelentwicklung wurden insgesamt fünf unterschiedliche Mörtel für Schachtverguss (SVG) eingesetzt. Die ersten Versuche wurden mit drei Mörtelprodukten (SVG 1, SVG 2 und SVG 3) durchgeführt. Das Mörtelprodukt SVG 1 hat den langsamsten Erhärtungsverlauf und den niedrigsten Wert bei der 28-Tage Druckfestigkeit. Die Varianten SVG 2 und SVG 3 zeichneten sich durch eine wesentlich höhere Frühfestigkeit und einem höheren 28-Tage Wert bei der Druckfestigkeit aus. Der Variante SVG 2 wurden Glasfasern zur Erhöhung der Druck- und insbesondere der Biegezugfestigkeit beigemischt. Aufgrund der ersten Frost- und Frost-Tausalz-Untersuchungen mit dem nach [4] angepassten Verfahren des DAfStb wurde die Variante SVG 3 als besonders beständig gegenüber Frost-Tausalz-Belastungen erkannt, so dass auf dieser Grundlage die frost-tausalz-optimierten Varianten

SVG 4 und SVG 4 + entstanden. Auf den weiteren Einsatz von Glasfasern wurde verzichtet, da die Untersuchungen an der SVG 2-Mischung keine Verbesserung der Festigkeitseigenschaften zeigten.

4.1.2 Prüfverfahren und -kriterien

Mit dem Ziel einen für die Sanierung von Schachtabdeckungen geeigneten Mörtel zu entwikkeln, wurden Labor- und Insitu-Prüfungen an den ausgewählten Mörtelvarianten (vgl. Abschnitt 4.1.1) durchgeführt. Im Labor wurden die Eigenschaften der Mörtel im Verarbeitungs- und ausgehärteten Zustand untersucht, so dass sowohl Aussagen zur Verarbeitbarkeit als auch zur Festigkeitsentwicklung, Quell- bzw. Schwindneigung und zum Frost- bzw. Frost-Tausalz-Widerstand abgeleitet werden konnten. Im Praxiseinsatz wurden dann für ausgewählte Systeme die Verarbeitbarkeit und Handhabbarkeit auf der Baustelle ermittelt.

4.1.2.1 Verarbeitbarkeit

Prüfungen an Frischmörteln für den Einsatz an Betonbauteilen sind nach [18] mit den laut Angaben des Herstellers minimal bzw. maximal zulässigen Flüssigkeitszugabemengen durchzuführen. Geprüft werden Konsistenz, Rohdichte, Luftgehalt und Konsistenzänderung.

Konsistenz, Rohdichte und Luftgehalt sind nach DIN 18555 T 2, Abschnitt 3, Abschnitt 4 und Abschnitt 5 [37] unmittelbar nach dem Mischen bzw. der ggf. vom Hersteller/Antragsteller angegebenen Reifezeit zu ermitteln. Ist wegen sehr weicher Konsistenz eine Bestimmung des Ausbreitmaßes nicht möglich, wird der Versuch ohne Hubschläge ausgeführt. Bei Bestimmung von Rohdichte und Luftgehalt sind Art und Dauer der Verdichtung anzugeben. In der Regel ist das Vibrationsverfahren anzuwenden. [18]

Die **Konsistenzänderung** ist anhand der Veränderung des Ausbreitmaßes zu beurteilen. Die Prüfungen erfolgen bei Normalklima nach DIN 50014-23/50-2 [38] mit den auf (5±2) °C, (23±2) °C und (30±2) °C vortemperierten Ausgangsstoffen und Mischwerkzeugen. Das Ausbreitmaß der auf (23±2) °C und auf (30±2) °C vortemperierten Mischungen ist in viertelstündigen Abständen bis zu einer Gesamtzeit von 1,5 h sowie 2 h, 3 h, 4 h, 5 h und 6 h nach dem Mischen jeweils an derselben Probe zu bestimmen. Zwischen den Prüfungen sind die Proben in einem abgedeckten Behälter sowie die Mischwerkzeuge bei den jeweiligen Temperaturen zwischenzulagern. Unmittelbar vor jeder Prüfung ist die Probe 15 s durchzumischen (geringe

Drehzahl des Mischers nach DIN EN 196 T 1 [42]). Die Ergebnisse sind grafisch darzustellen. [18]

4.1.2.2 Festigkeit

4.1.2.2.1 Anforderungen

Hinweise zur Abschätzung der minimalen Druckfestigkeit eines Schachtregulierungsmörtels unterhalb einer Schachtabdeckung liefert DIN EN 124 [7]. Demnach ist die Rahmenauflage einer Schachtabdeckung so zu gestalten, dass der maximal auftretende Auflagedruck den Betrag von 7,5 N/mm² bei zentrischer Einwirkung der Prüfkraft, z.B. 400 kN bei Belastungsklasse D 400 für den Einsatz im Straßenraum, nicht überschreitet.

Bei einer Schachtabdeckung nach DIN 19584 [39] beträgt die Auflagefläche z.B. 1855,90 cm², so dass bei 400 kN Prüflast ein maximaler Auflagedruck von 2,15 N/mm² (σ_o) bei zentrischer Belastung auftritt. Bei exzentrischer Belastung am Kernrand einer nicht zugkraftschlüssigen Verbindung ergibt sich am Rand der Auflagefläche die Spannungsspitze zu 2 x σ_0 = 4,3 N/mm².

Bei einer Schachtabdeckung mit geringer Auflagefläche muss die Last z.B. über eine Fläche von ca. 832,4 cm² weitergeleitet werden (vgl. [28]). Daraus ergibt sich ein Auflagedruck von 4,81 N/mm² bei zentrischer Belastung mit 400 KN und 2 x 4,81 N/mm² = 9,62 N/mm² bei entsprechender Belastung am Kernrand.

Für einen Schachtregulierungsmörtel sollte die maximal auftretende Spannung unterhalb einer Schachtabdeckung als maßgebend angenommen werden. Als Grenze für die Verkehrsfreigabe wird im folgenden ein Wert von 10 N/mm² angesetzt.

Weitere Hinweise können der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb-Richtlinie) „Instandsetzung von Betonbauwerken“ [18] entnommen werden. In DIN 4281 [40] findet sich beispielsweise folgender Absatz:

„Beton für Entwässerungsgegenstände, die im Gebrauch unmittelbar durch Verkehrslasten beansprucht werden können oder Frost-Tau-Wechseln oder starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sein können (z.B. Schachtabdeckungen, Aufsätze für Straßenabläufe, Entwässerungsrinnen, Abscheideranlagen), muss mindestens der Festigkeitsklasse B 45 entsprechen und die Anforderungen nach 6.5.7 von DIN 1045: 1988-07 erfüllen.“

Demnach kann die o.a. Maximalspannung von 10 N/mm^2 in jedem Falle durch die Betonauflageringe bzw. den Schachtkonus mit Festigkeiten von 45 N/mm² abgetragen werden. Für die Mörtel selbst empfiehlt sich eine vergleichbare Mindestfestigkeit. Diese kann durch Druckfestigkeitsuntersuchungen nach DIN EN 196-1 [42] nachgewiesen werden.

4.1.2.2.2 Herstellung und Lagerung der Probekörper

Nach DIN 18555 T 3 [41] wird bei der Herstellung der Probekörper in der Regel das Vibrationsverfahren angewendet. Die Mischung sollte unmittelbar nach Ende des Mischvorganges bzw. der Reifezeit zu Probekörpern verarbeitet werden. Anschließend sind die Probekörper je nach Art der anstehenden Prüfung unterschiedlich zu lagern. In [18] werden grundsätzlich zwei Lagerungsarten unterschieden:

- **Lagerung A:** 24 h feucht (z.B. in einem Feuchtkasten),
  danach **unter Wasser** mit (23 ± 2) °C;
- **Lagerung B:** 24 h feucht (z.B. in einem Feuchtkasten),
  danach **im Normalklima** nach DIN 50014-23/50-2 [38].

Lagerung A stellt eine Erhärtung mit Nachbehandlung dar, bei der durch die Lagerung unter Wasser der Feuchtigkeitsentzug verhindert wird. Der Feuchtigkeitsgradient zwischen Probenoberfläche und Probeninneren wird möglichst konstant gehalten. Der Probekörper härtet gleichmäßiger aus. Bei der Lagerung B wird keine Nachbehandlung der Probekörper vollzogen. Nach dem Entschalen werden die Probekörper dem Normalklima ausgesetzt. Als Folge trocknet die nicht eingeschalte Oberfläche schneller aus. Für die Prüfungen an Schachtregulierungsmörtel entspricht die Lagerungsart B stärker dem Praxiseinsatz als Lagerungsart A.

Beim in-situ-Einsatz werden Schachtabdeckungen mit Schachtregulierungsmörtel unterfüttert. Der Mörtel ist in dieser Einbausituation von drei Seiten durch die Schachtabdeckung, den Schachtkonus oder Ausgleichsring und den Fahrbahnoberbau eingeschlossen. Die vierte Seite ist ungeschützt. Bei der Prüfung nach DIN EN 196-1 [42] werden die Probekörper allerdings zur Bestimmung der Festigkeit nach dem Einfüllen in die Normschalung (s. Abbildung 54) bis zur Prüfung durch Glasplatten vor dem Austrocknen geschützt. Diese Abweichung von den Praxisbedingungen ist bei der Beurteilung der nachfolgenden Versuchsergebnisse zu berücksichtigen.

4.1.2.2.3 Festigkeiten

Die Biegezugfestigkeit einer Mischung wird an jeweils 3 Mörtelprismen in Anlehnung an DIN EN 196-1 [42] geprüft. Es werden Prismen in den Maßen 40 x 40 x 160 mm verwendet.

Abbildung 54: Formen für Mörtelprismen, Probenahme auf der Baustelle

Abweichend von der DIN EN 196-1 [42], die eine Prüfung nach 24 h, 48 h, 72 h, 7 Tage und 28 Tagen vorsieht, wurde im Rahmen der hier dargestellten Untersuchungen die Festigkeit von Schachtregulierungsmörteln aufgrund der schnelleren Abbindezeiten nach 30 min, 1h, (2h), 1 d, 7 d und 28 d geprüft. Die Druckfestigkeit wird nach [42] unmittelbar nach der jeweiligen Biegezugprüfung an den beiden entstehenden Bruchstücken bestimmt.

Bei allen 5 Mörtelvarianten wurde die Druck- und Biegezugfestigkeit untersucht. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand die Festigkeitsentwicklung, und hier insbesondere die Zeit bis zum Erreichen der Festigkeitsgrenze von 10 N/mm² (Grenzwert für die Verkehrsfreigabe, vgl. 4.1.2.2.1) sowie die 28-Tage Festigkeit. Alle 5 Produkte zeigten eine ausreichend hohe 28-Tage Festigkeit. In allen Fällen lag diese über den o.a. 45 N/mm², die für einen Beton B45 gefordert werden. Unterschiede gab es bei der Festigkeitsentwicklung in den ersten Stunden, der sog. Frühfestigkeit. Abbildung 55 zeigt beispielhaft für den Mörtel SVG 3 die frühest mögliche Verkehrsfreigabe in bezug auf den Grenzwert von 10 N/mm². Nach ca. 2,5 h hat der Mörtel den festgelegten Grenzwert erreicht, und eine Verkehrsfreigabe könnte erfolgen.

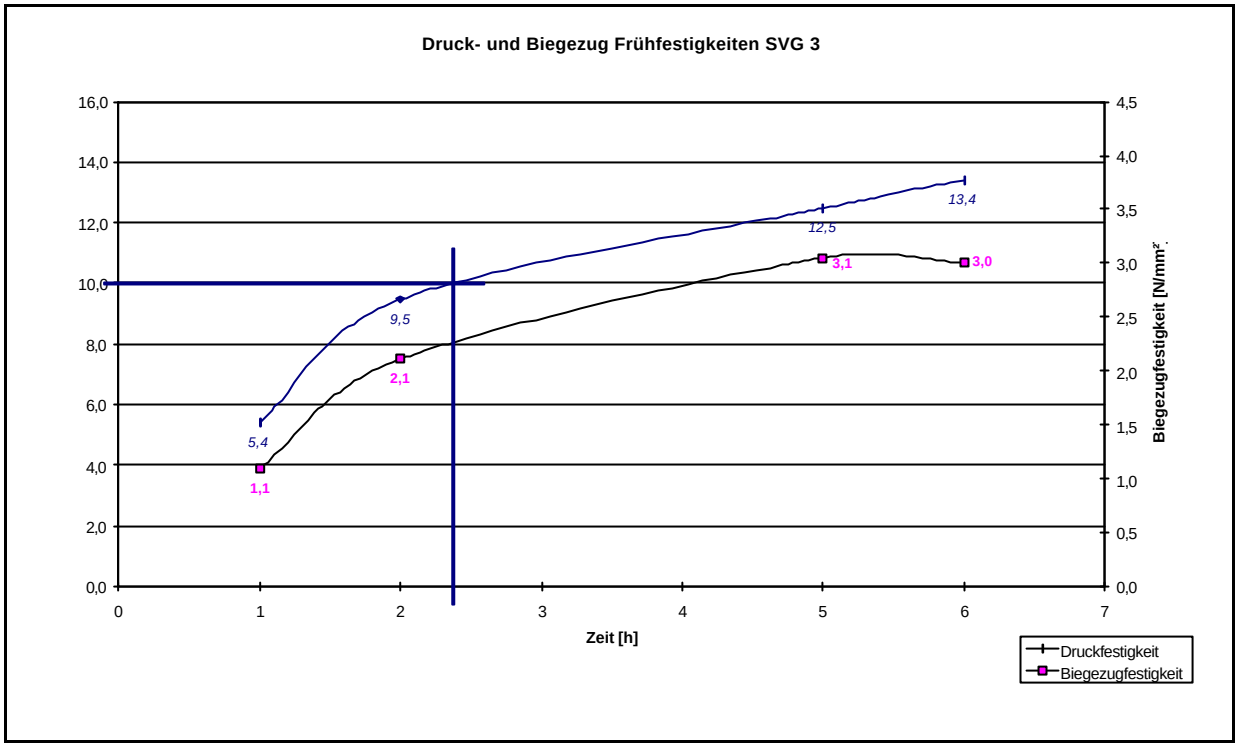


Abbildung 55: Zeitpunkt der Verkehrsfreigabe in Abhängigkeit der Frühfestigkeit (Beispiel)

Abbildung 56 bis Abbildung 60 zeigen für die 5 eingesetzten Mörtel die ermittelten Festigkeiten bis zu einem Alter von 28 Tagen.

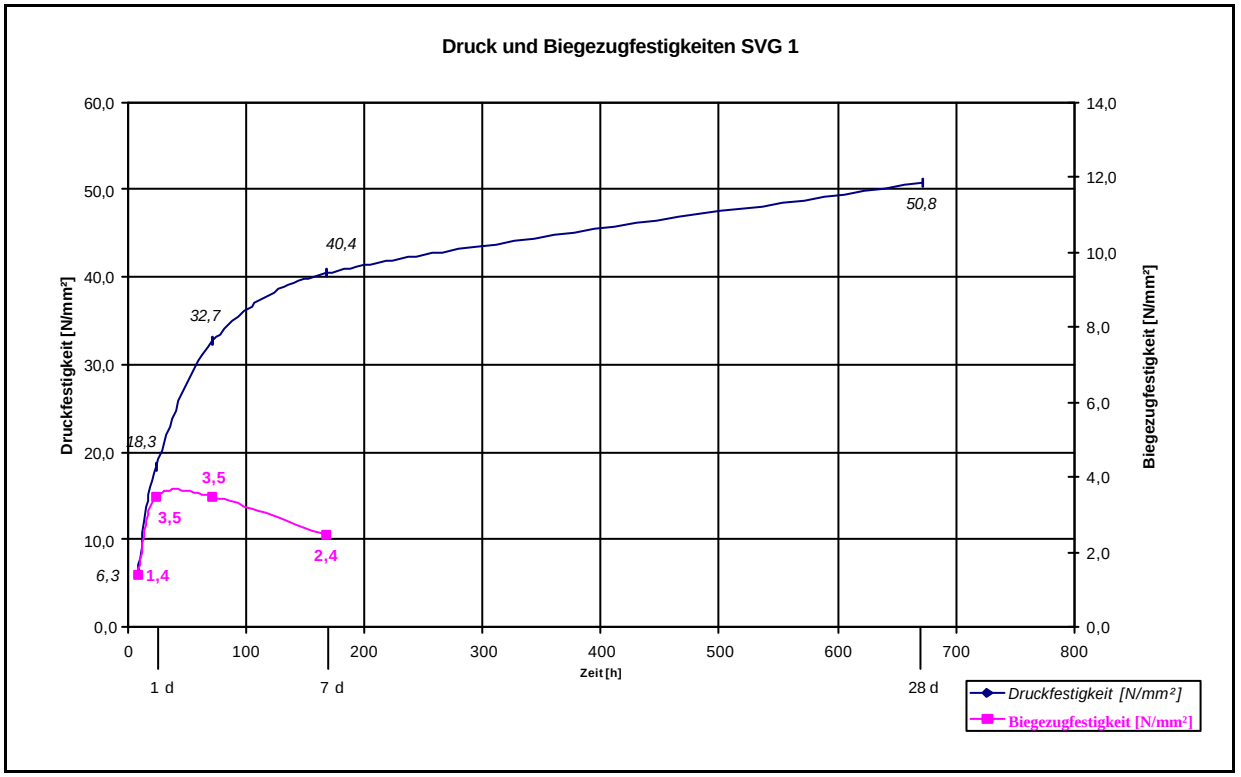


Abbildung 56: Druck- und Biegezugfestigkeiten des Mörtels SVG 1

Der SVG 1 weist mit 50,8 N/mm² die geringste 28-Tage-Festigkeit aller Mörtelproben aus. Auch die Festigkeitsentwicklung ist vergleichsweise langsam, so liegt die Druckfestigkeit nach 24 h nur bei 18,3 N/mm². Auffällig ist zudem, dass die Biegezugfestigkeit nach etwa 7 Tagen bedeutsam unter dem 3-Tageswert liegt. Eine 28-Tage-Prüfung der Biegezugfestigkeit entfiel ganz, da die Mörtelprismen bereits erhebliche Risse aufwiesen und sich so keine Last aufbringen ließ, was auf eine innere Schädigung schließen läßt.

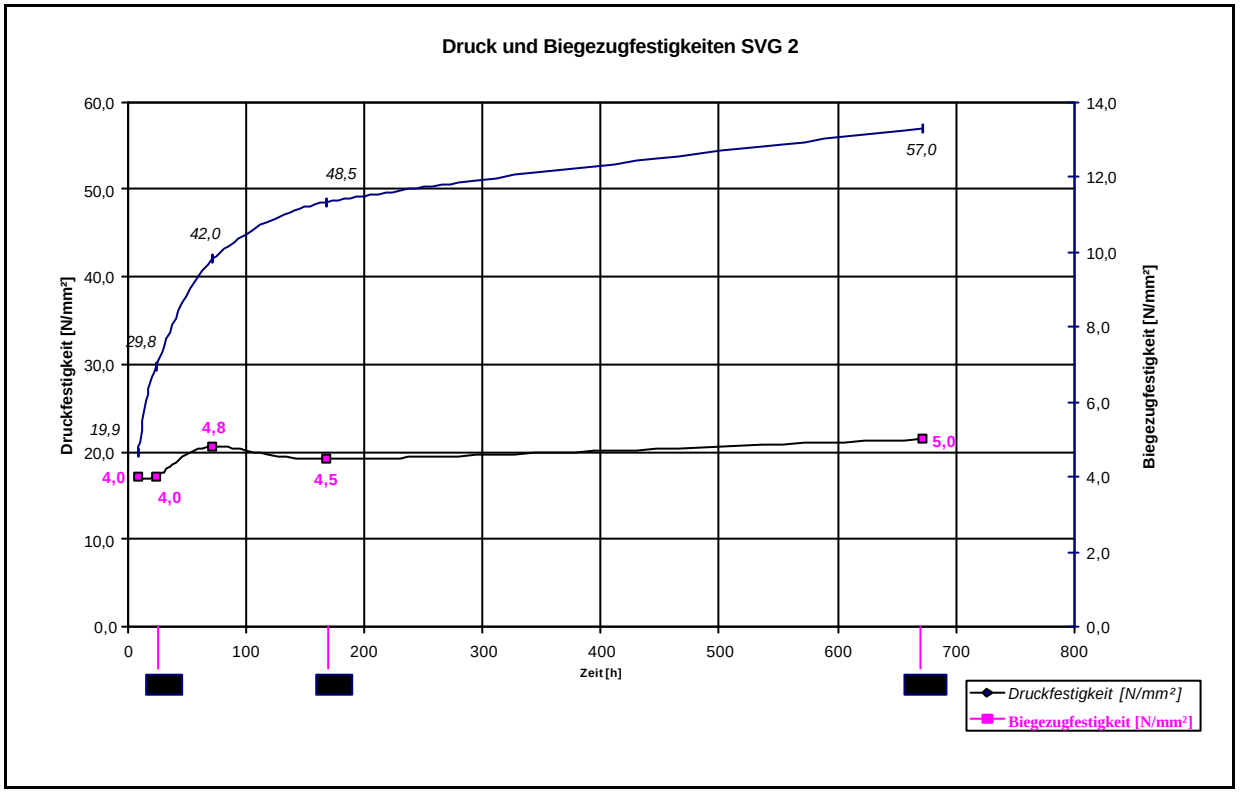


Abbildung 57: Druck- und Biegezugfestigkeiten des Mörtels SVG 2

Beim SVG 2 wurde mit 57 N/mm² eine für den Anwendungsfall der Schachtregulierung ausreichende 28-Tage-Druckfestigkeit festgestellt. Die Biegezugfestigkeit dieser mit Glasfasern verstärkten Variante lag nach 28 Tagen bei 5 N/mm², das entspricht 8,7 % der Druckfestigkeit. Bereits nach 24 h war eine Festigkeit von 29,8 N/mm² erreicht.

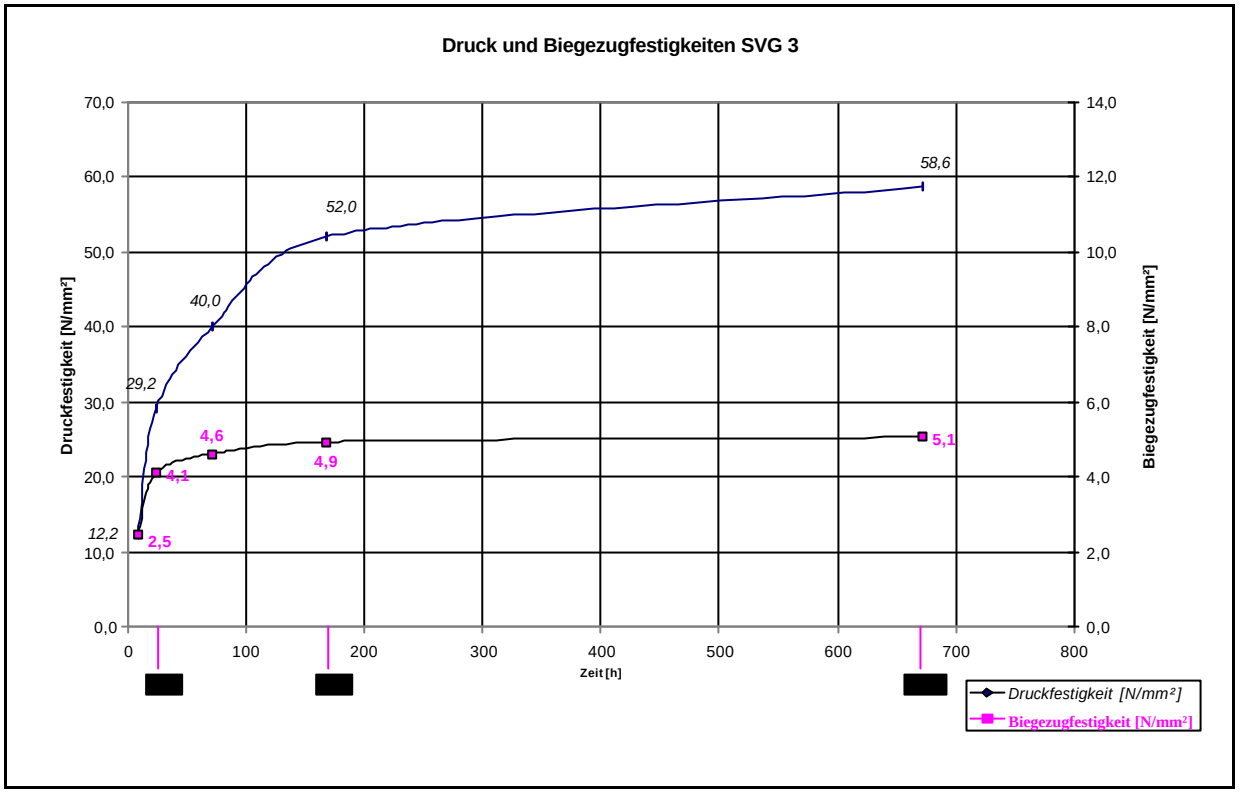


Abbildung 58: Druck- und Biegezugfestigkeiten des Mörtels SVG 3

Ein nahezu identisches Ergebnis zeigte die Prüfung des Mörtels SVG 3. Die 28-Tage Festigkeit lag bei 58 N/mm², die 28-Tage-Biegezugfestigkeit bei 5,1 N/mm² (entspricht 8,7 % der Druckfestigkeit). Im Vergleich zur Variante SVG 3 konnte durch die Verwendung von Glasfasern bei der SVG 2-Variante keine Biegezugfestigkeitserhöhung festgestellt werden.

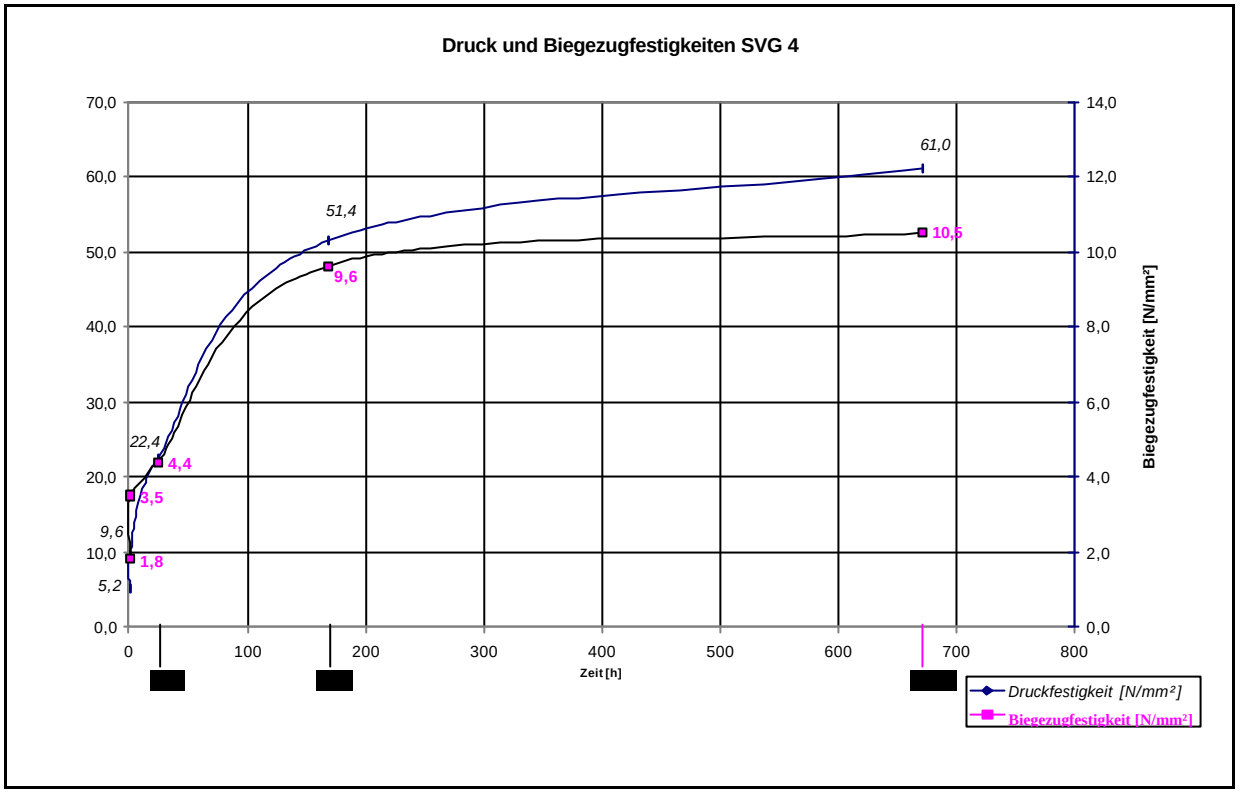


Abbildung 59: Druck- und Biegezugfestigkeiten des Mörtels SVG 4

Der Mörtel SVG 4 zeigt im Vergleich deutlich bessere Ergebnisse der Biegezugfestigkeit. Diese lag nach 28 Tagen ca. 40 % oberhalb des Wertes der Mörtel SVG 2 Und SVG 3. Allerdings wies er eine leicht verminderte 24 h Druckfestigkeit auf.

Die Druckfestigkeit steigt zum Anfang rasch an, so dass nach einer Stunde ein Wert von 9,6 N/mm² erreicht wird. Verglichen mit den Anforderungen nach Abschnitt 4.1.2.2.1 (10 N/mm^2) scheint eine Verkehrsfreigabe bei Einsatz dieses Mörtels bereits nach etwa einer Stunde möglich. Die Biegezugfestigkeit liegt zum gleichen Zeitpunkt bei 3,5 N/mm². Eine Verringerung der Biegezugfestigkeit ist im weiteren Verlauf nicht erkennbar. Beispielhaft wurde auch das Ausbreitmaß dieser Mörtelvariante SVG 4 bestimmt (79 cm). Dies entspricht einem fließfähigen Mörtel. Die Rohdichte der erhärteten Mörtelprismen betrug im Mittel 2,15 g/cm³.

Die Mörtelvariante SVG 4+ wurde zur Verbesserung des Frost-Tausalz-Widerstands auf Grundlage der Variante SVG 4 entwickelt. Die Unterschiede in der Festigkeitsentwicklung werden durch Abbildung 59 bzw. Abbildung 60 wiedergegeben.

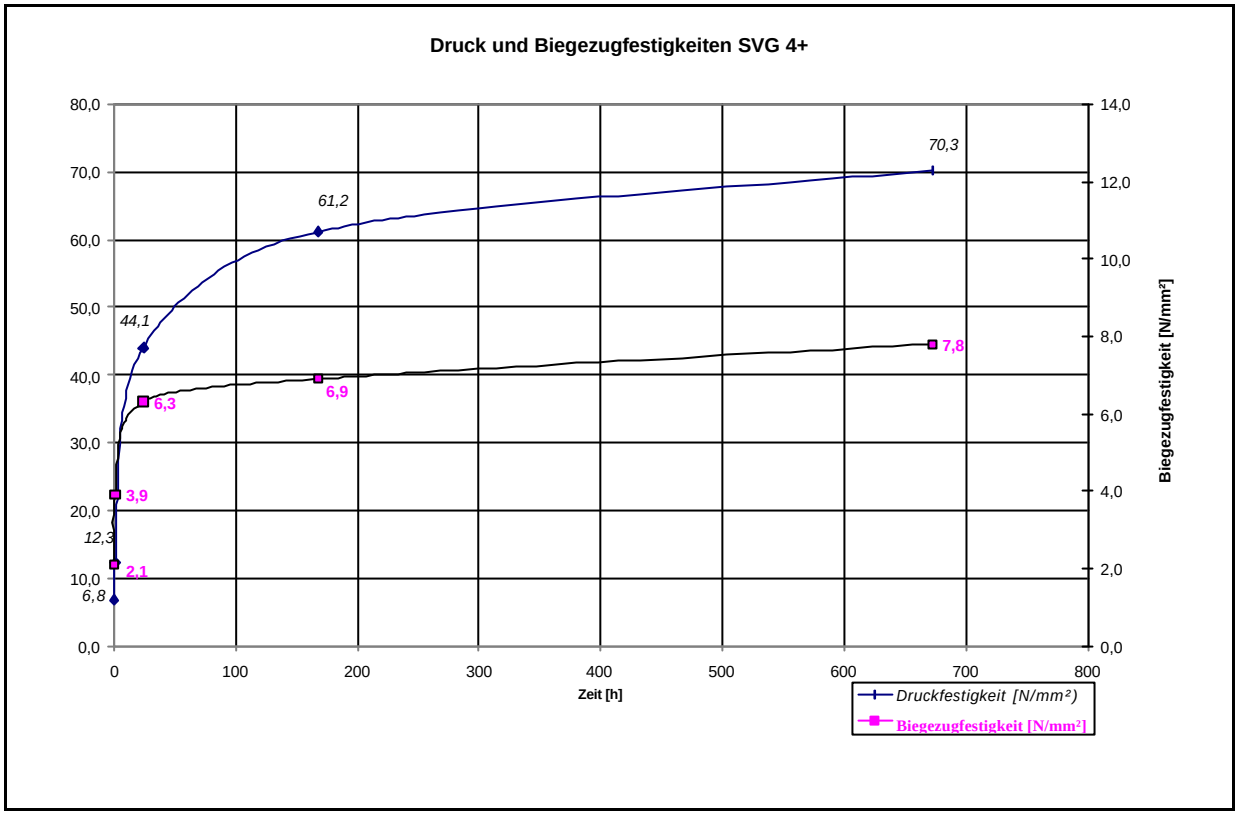


Abbildung 60: Druck- und Biegezugfestigkeiten des Mörtels SVG 4+

4.1.2.3 Quell- und Schwindverhalten

Das **Quellverhalten** ist durch Längenänderungsmessungen nach DIN 52450 [43] an drei Prismen der Lagerung A im Alter von 1 d, 2 d, 3 d, 7 d, 14 d, 21 d und 28 d zu bestimmen. Die Messungen werden an Prismenkörper, die mit Messzapfen versehen sind, durchgeführt. Die Ausgangsmessung erfolgt nach dem Entformen. Zusätzlich sind die Prismen fortlaufend zu wägen. Die Ergebnisse sind grafisch darzustellen.

Die **Schwindverhalten** ist analog zum Quellverhalten nach DIN 52450 [43] zu bestimmen. Hierzu werden nach [18] 6 Prismen hergestellt und nach den Anforderungen der Lagerung B eingelagert.

Abbildung 61 zeigt das Schwindverhalten des Schachtregulierungsmörtels SVG 4. Abweichend von der Forderung der DIN 52450 [43], die eine erste Messung nach einem Tag vorschreibt, wurde hier bereits unmittelbar nach Erhärten des Prüfkörpers mit der Messung begonnen und so das Schwinden ab 1,5 Stunden ermittelt. Die Differenz zwischen dem 1,5 Stunden-Wert und dem 24 Stunden-Wert (Nullmessung nach DIN) beträgt bereits 0,4 ‰. Dieser Betrag wird bei der Bestimmung des Schwindens nach DIN 52450 [43] nicht erfasst,

obwohl gerade in diesem Zeitraum die größte Volumenverringerung festgestellt werden konnte. Bei der Beurteilung eines schnell aushärtenden Schachtregulierungsmörtels muss dieser Faktor Berücksichtigung finden.

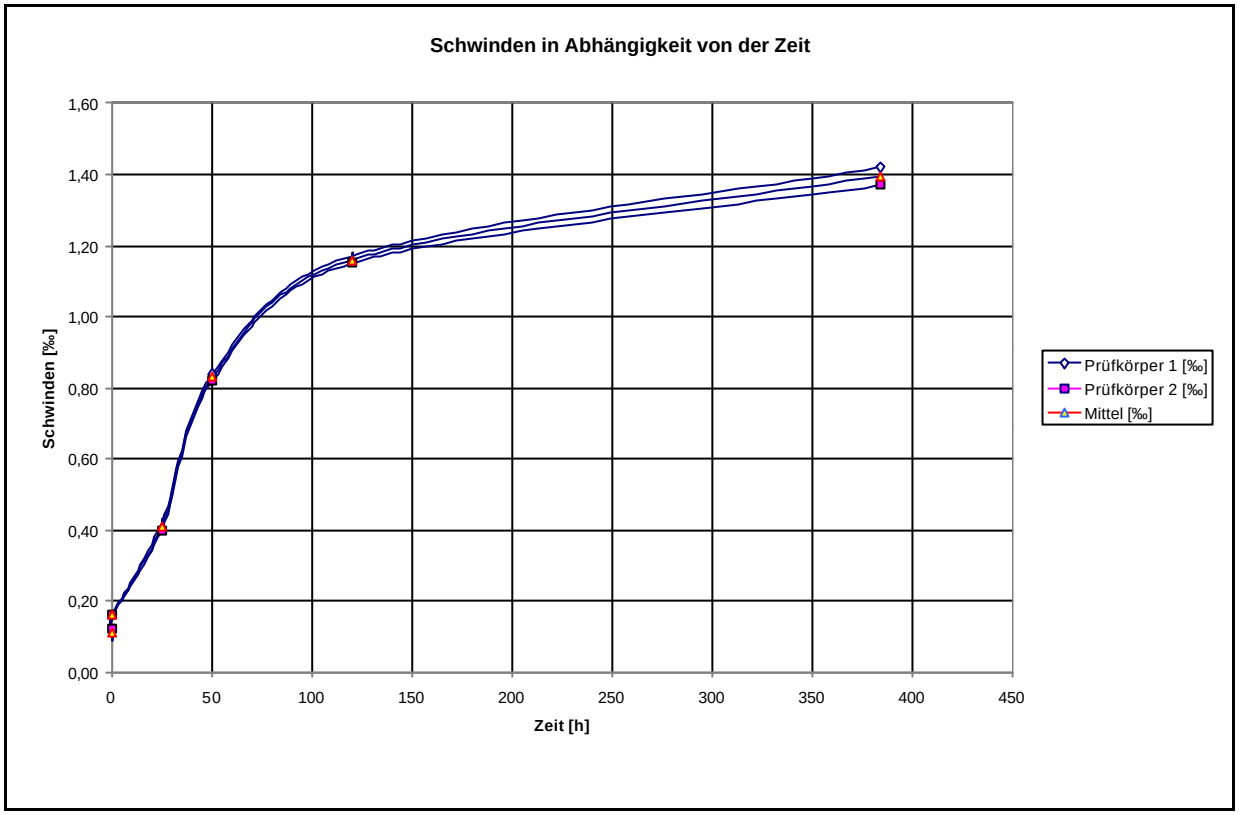


Abbildung 61: Schwinden an einem Schachtregulierungsmörtel (Beispiel)

4.1.2.4 Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand

Nach [4] stellt der Frost- bzw. Frost-Tausalz-Widerstand ein zentrales Kriterium für die Auswahl eines Schachtregulierungsmörtels dar. Für die Prüfung des Frost- bzw. Frost-Tausalz-Widerstands stehen unterschiedliche Prüfverfahren zur Verfügung, die sich hinsichtlich Frostangriffsfläche, Schadensbeurteilung und Probekörpergeometrie unterscheiden.

Der Frostangriff kann allseitig oder einseitig aufgebracht werden. Die sog. Oberflächenabwitterung wird je nach Verfahren flächen-, gewichts oder volumenbezogen bestimmt bzw. durch Inaugenscheinnahme beurteilt. Zur Bewertung der inneren Schädigungen werden Veränderungen von Länge, Volumen, statischem E-Modul, Druck- bzw. Biegezugfestigkeiten sowie der dynamischen E-Moduli herangezogen.

Im Rahmen des hier dargestellten Forschungsvorhabens wurden zunächst am FIZ – Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf, Versuchsreihen mit Mörtelprismen in An-

lehnung an die Empfehlungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) [44] durchgeführt. Im Gegensatz zu den nach [44] geforderten Probewürfeln von 10 cm Kantenlänge wurden im vorliegenden Fall modifizierte Prüfkörper in Prismenform 40 mm x 40 mm x 160 mm nach [4] verwendet, so wie sie auch für Biegezug- bzw. Druckprüfungen eingesetzt werden. Durch die Querschnittskantenlänge von 4 cm sollte die Mörtelfugengeometrie unter der Schachtabdeckung in geeigneterer Weise abgebildet werden. Abbildung 62 zeigt die Prismenprobekörper nach Frost-Tausalz-Untersuchungen (s. Abbildung 62 a)) bzw. nach Frost-Tau-Untersuchungen (Abbildung 62 b)). Gut zu erkennen sind die Abwitterungen sowie der Bruch eines Mörtelprismas nach der Bewitterung.

a) Frost-Tau-Untersuchung in NaCl

b) Frost-Tau-Untersuchung in H_2O

Abbildung 62: Mörtelprismen mit den Maßen 40 x 40 x 160 mm nach Frost- und Frost-Tausalz-Untersuchungen [4]

Mit diesem Verfahren wird in erster Linie der Frostwiderstand des oberflächennahen Bereichs (Abwitterung) geprüft.

Weitere Ergebnisse dieser Untersuchungen sind

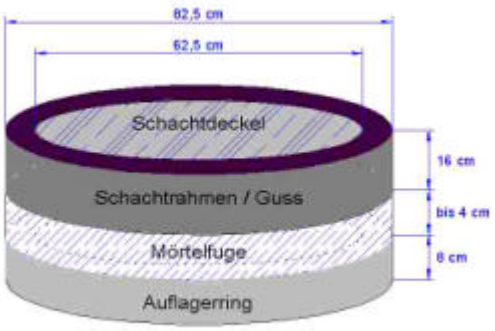
- die 24 h-Wasseraufnahme,
- die Rohdichte,
- die innere Schädigung,
- eine visuelle Begutachtung und
- Hinweise auf Risse und Abwitterungsart.

Im Rahmen des Vorhabens wurde die gewählte Probekörperform sowie die Lagerung in Prismenformen aus Stahl als nicht den Einbaubedingungen vor Ort entsprechend erkannt. Schachtregulierungsmörtel unterhalb einer Schachtabdeckung wird von unten durch den Schachtkonus, seitlich durch den Straßenoberbau und von oben durch die Schachtabdeckung berührt. So kann mit Prismenformen beispielsweise der Feuchtigkeitsentzug durch den Betonkonus bzw. durch die Betonauflageringe nicht berücksichtigt werden. In [45] wurde festgestellt, dass es infolge des Wasserentzugs in Mörtelfugen für Mauerwerk sowohl zu Festigkeitssteigerungen als auch zu Festigkeitsverminderungen kommen kann und die Einbausituation somit entscheidend für die Festigkeitsentwicklung ist.

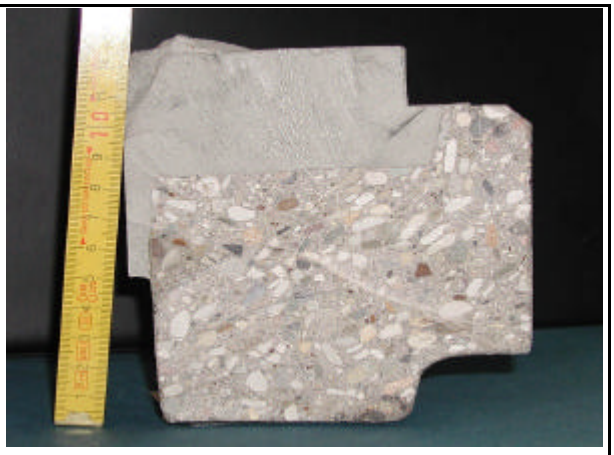
Ähnliche Zusammenhänge sind auch bei der Anwendung von Schachtregulierungsmörtel zu erwarten. In Abhängigkeit der Zusammensetzung des Schachtregulierungsmörtels kann es im Kontaktbereich Mörtel-Beton und/oder Mörtel-Straßenoberbau zu Wasserentzug und somit zu unterschiedlichen Festigkeitsentwicklungen im Schachtregulierungsmörtelgefüge kommen. Die entspricht in etwa der in Abschnitt 4.1.2.2.2 erwähnten Lagerung B nach [18]. Zusätzlich kann die aus dem noch flüssigen Mörtel aufsteigende Luft nicht vollständig entweichen, so dass sich auf der Oberfläche ausgehärtete Luftblasen anreichern und die effektive Oberfläche vergrößern (s. Abbildung 63 d)).

Es wurde daher ergänzend ein Versuchsaufbau mit einseitigem Frost-Tausalz-Angriff an einer einzigen offenliegenden Seite des Mörtelkörpers und einer den Einbaubedingungen entsprechenden Prüfkörperform (Kreissegment) gewählt. Die Prüfkörper wurden im Labor in gleicher Weise wie eine Mörtelfuge bei der Sanierung hergestellt (s. Abbildung 63 a) bis d)). Durch Verwendung eines gusseisernen Schachtrahmens als obere Begrenzung des Zwei-

schichtsystems Beton/Mörtel entstand auch in diesem Bereich eine realitätsnahe Oberflächenstruktur der Mörtelprobe (s. Abbildung 63 d)).



a) Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur praxisnahen Probekörpergewinnung für Frost-Tausalz-Untersuchungen



b) Probekörper, Ansicht. Zweischichtsystem Beton/Mörtel (ohne Schachtrahmen)

c) Probekörper, Draufsicht (ohne Schachtrahmen)

d) Detail: Luftporen in der Probekörperoberfläche (Vergleichsmaßstab [mm])

Abbildung 63: Probekörper aus Schachtringsegmenten für die Frost-Tausalz-Prüfungen von Schachtregulierungsmörteln mit dem CDF und CIF-Verfahren

Der Versuchsaufbau zur Probekörperherstellung ist schematisch in Abbildung 63 a) dargestellt. Zur Probekörpergewinnung wurde ein Auflagering AR-V nach DIN 4034 Teil 1 [9] horizontiert und ein Schachtrahmen aus Grauguss im Abstand von 4 cm über der Oberkante

des Auflagerings positioniert. Die seitlichen, umlaufenden Öffnungen wurden mit Schalungen abgedichtet und der Schachtregulierungsmörtel von innen, dem Vorgehen in der Praxis entsprechend, als Verguss eingefüllt. Nach dem Erhärten wurde der Schachtrahmen entfernt und aus dem verbliebenen Zweischichtsystem aus Beton und Mörtel entsprechende Probekörper geschnitten (s. Abbildung 63 a) und b)). Für eine Prüfserie wurden fünf Probekörper benötigt, um eine, durch die Prüfvorschrift vorgegebene, Gesamtbewitterungsfläche von 0,08 m² [47] zu realisieren.

Die so hergestellten Probekörper wurden am Institut für Bauphysik und Materialwissenschaften an der Uni Essen (IBPM) nach dem im folgenden dargestellten CDF und CIF-Verfahren geprüft :

CDF-Test ***C****apillary suction of* ***D****eicing solution and* ***F****reeze thaw test*
(Kapillares Saugen von Taumittellösung und Frost-Tau-Test)

Das CDF-Verfahren wird zur Prüfung der beanspruchten Oberfläche von Betonwaren, von Betonfertigteilen und Betonausgangsstoffen sowie von Betonrezepturen eingesetzt. Der Frost-Tausalz-Widerstand wird durch die Summe der Abwitterungsmenge nach 28 Frost-Tau-Wechseln in Gegenwart von Taumitteln – in der Regel Natriumchlorid-Lösung – beurteilt (vgl. [47]). Die zulässige Abwitterungsmenge wird für eine mittlere Insitu-Beanspruchung mit 1500 g/m² angegeben. Darüber hinaus werden Aussagen über das Langzeitverhalten des Betons durch Bewertung des Abwitterungsverlaufs in Abhängigkeit der Anzahl der Frost-Tau-Wechsel gewonnen. Abbildung 64 zeigt beispielhaft typische Abwitterungsverläufe unterschiedlicher Zemente mit und ohne Luftporenbildnern nach [47].

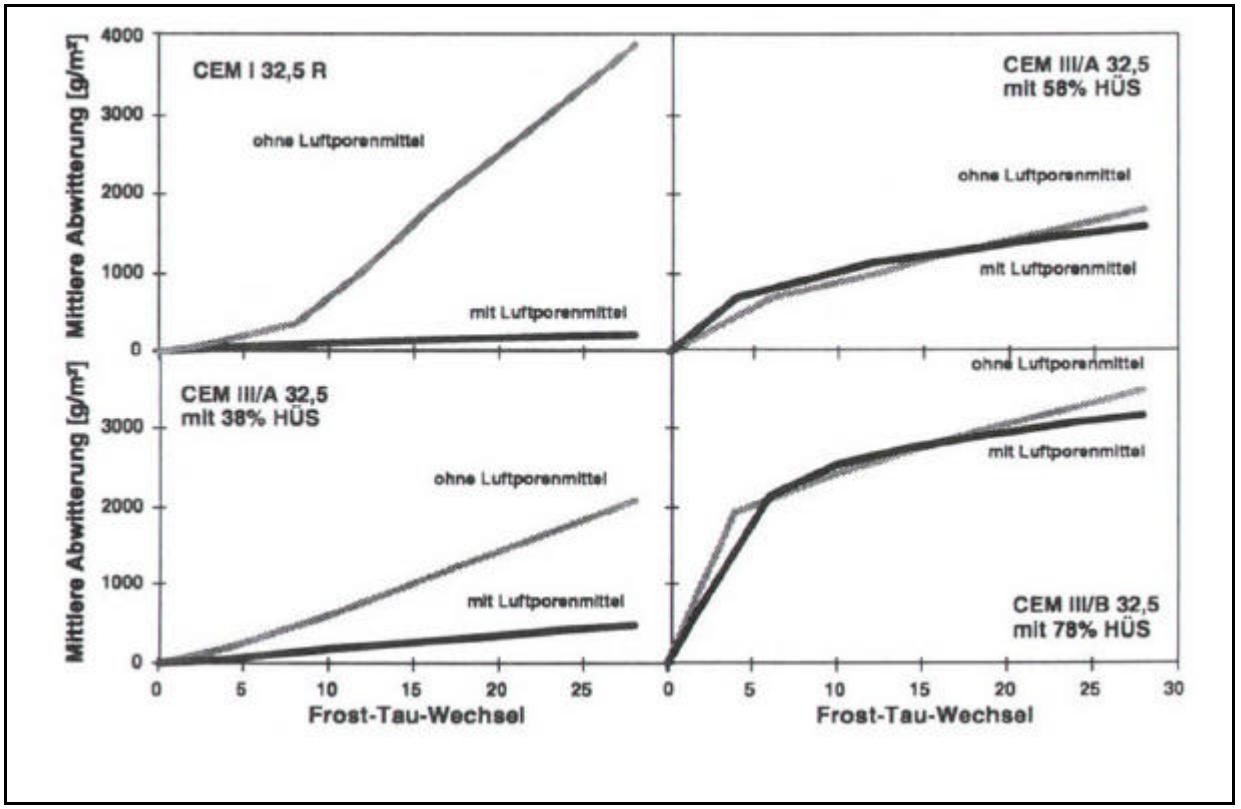


Abbildung 64: Abwitterungsverläufe ermittelt nach dem CDF-Test von Betonrezepturen mit unterschiedlichen Zementarten mit und ohne Luftporenmittel (Prüfalter 35 Tage) [47]

Die Verläufe zeigen zementspezifisch sehr unterschiedliche Tendenzen. Mit dem CDF-Test können in der Regel zwei Abschnitte erkannt werden. Eine Anfangsabwitterung und eine fortschreitende Abwitterung. Der Verlauf hängt im einzelnen von der Betonzusammensetzung und der Lagerung der Proben ab. Insbesondere der Einsatz von Luftporenmitteln führt zu Veränderungen.

CIF-Test ***C****apillary suction,* ***I****nternal damage and* ***F****reeze thaw test*
(Kapillares Saugen, innere Schädigung und Frost-Tau-Test)

Der CIF-Test ermöglicht die Beurteilung der inneren Gefügeschädigung in Gegenwart einer definierten Prüfflüssigkeit. Grundlage ist eine vergleichende Resonanzfrequenzbestimmung mittels Ultraschall nach einer Anzahl von definierten Frost-Tau-Wechseln. Ergänzend kann die Oberflächenabwitterung gemessen werden. In der Regel wird als Prüfflüssigkeit zur Bestimmung des Frostwiderstands von Beton demineralisiertes Wasser oder eine 3% ige Natriumchloridlösung verwendet. [46]

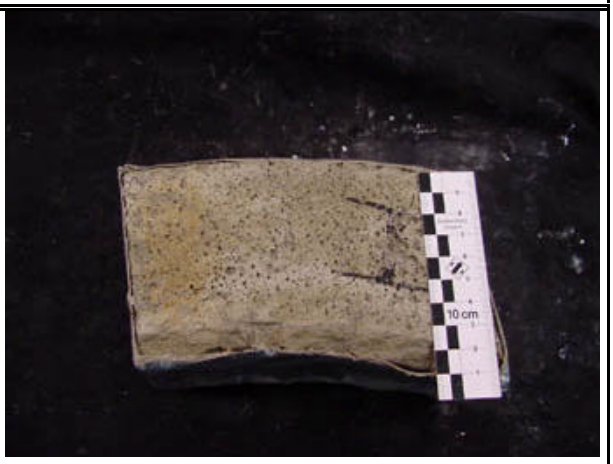
Das Verfahren kann zur Prüfung aller Arten von Beton (konstruktive Betone, Betonwaren, Betonfertigteile) und der Betonausgangsstoffe sowie von einzelnen Betonrezepturen eingesetzt werden. Die Prüfung setzt Probekörper voraus, die quasi homogen sind. Mehrschichtige Proben oder stark entmischte Betone bedürfen einer besonders fachkundigen Untersuchung. [47]

Zusammenfassend wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens mit dem kombinierten CDF- und CIF-Verfahren folgende Parameter für Schachtregulierungsmörtel bestimmt:

- die Abwitterung mit dem CDF-Verfahren,
- die innere Schädigung mit dem CIF-Verfahren und
- der Verbund zwischen Mörtel und Betonauflagering durch Inaugenscheinnahme.

Die beiden o.a. Vorgehensweisen zur Prüfung des Frost- bzw. Frost-Tausalz-Widerstands von Mörtelprodukten sind in Tabelle 5 einander gegenübergestellt. Als wesentlicher Vorteil des CDF- und CIF-Verfahrens ist die von der Probekörpergeometrie unabhängige Ergebnisbewertung hervorzuheben. Diese eröffnet die Möglichkeit zur Untersuchung von Probekörpern aus praxisnahen Herstellprozessen.

Tabelle 5 Gegenüberstellung der beiden Vorgehensweisen zur Bestimmung des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands von Schachtregulierungsmörteln

Prüfungen in Anlehnung an die Empfehlungen des DAfStb (Heft 422) [44]	**Modifizierte Prüfung mit dem CDF- und CIF-Verfahren [47]**
	
Lagerung der Probekörper • 24 h in der Form erhärtet (Metallform) • 14 Tage in Folie gelagert • 14 Tage in Laborluft gelagert in der 3. Woche wurden die Proben an das FIZ geschickt	**Lagerung der Probekörper** • 24 h im Versuchsaufbau gehärtet • Probekörper geschnitten • bis zum 28. Tag in Wasser gelagert anschließend Lieferung an das Institut für Bauphysik und Materialwissenschaften an der Uni Essen (IBPM)
Prüfverfahren und Auswertung • allseitige Bewitterung • keine Messung der inneren Schädigung • Ermittlung des Frost-Tau-Widerstands sowohl in Wasser als auch in NaCl-Lösung nach 56 Frost-Tau-Wechseln • Aussagen über das Abwitterungsverhalten über die Volumenänderung • keine Grenzkriterien	**Prüfverfahren und Auswertung** • einseitige Bewitterung • Beurteilung der inneren Schädigung durch Ermittlung des dynamischen E-Moduls vor und nach den Frost-Tausalz-Wechseln • Ermittlung des Frost-Tau-Widerstands in NaCl-Lösung nach 28 Frost-Tau-Wechseln • Aussagen über das Abwitterungsverhalten über den Masseverlust • Festgelegte Grenzkriterien

Bei den Frost- und Frost-Tausalz-Untersuchungen wurden zu Beginn des Projektes die Mörtel SVG 1, SVG 2 und SVG 3 am FIZ, Düsseldorf, in Anlehnung an die Empfehlungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) [44] den Frost- und Frost-Tausalz-Wechseln unterzogen. Nach Auswertung der Ergebnisse, sowohl hinsichtlich der Festigkeiten als auch des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands, wurden zunächst der Mörtel SVG 4, und später der Mörtel SVG 4+ mit dem Ziel einer besseren Verarbeitbarkeit, entwickelt. Der Mörtel SVG 3, der in der ersten Untersuchungsreihe am FIZ als der Frost-Tausalz-Beständigste abgeschnitten hatte sowie die Mörtel SVG 4 und SVG 4+ wurden anschließend auch mit dem CDF- und CIF-Verfahren am IPBM, Essen bezüglich ihres Frost-Tausalz-Widerstands getestet.

4.1.2.4.1 Ergebnisse der Untersuchungen am FIZ:

Frost-Tau-Wechsel in Wasser

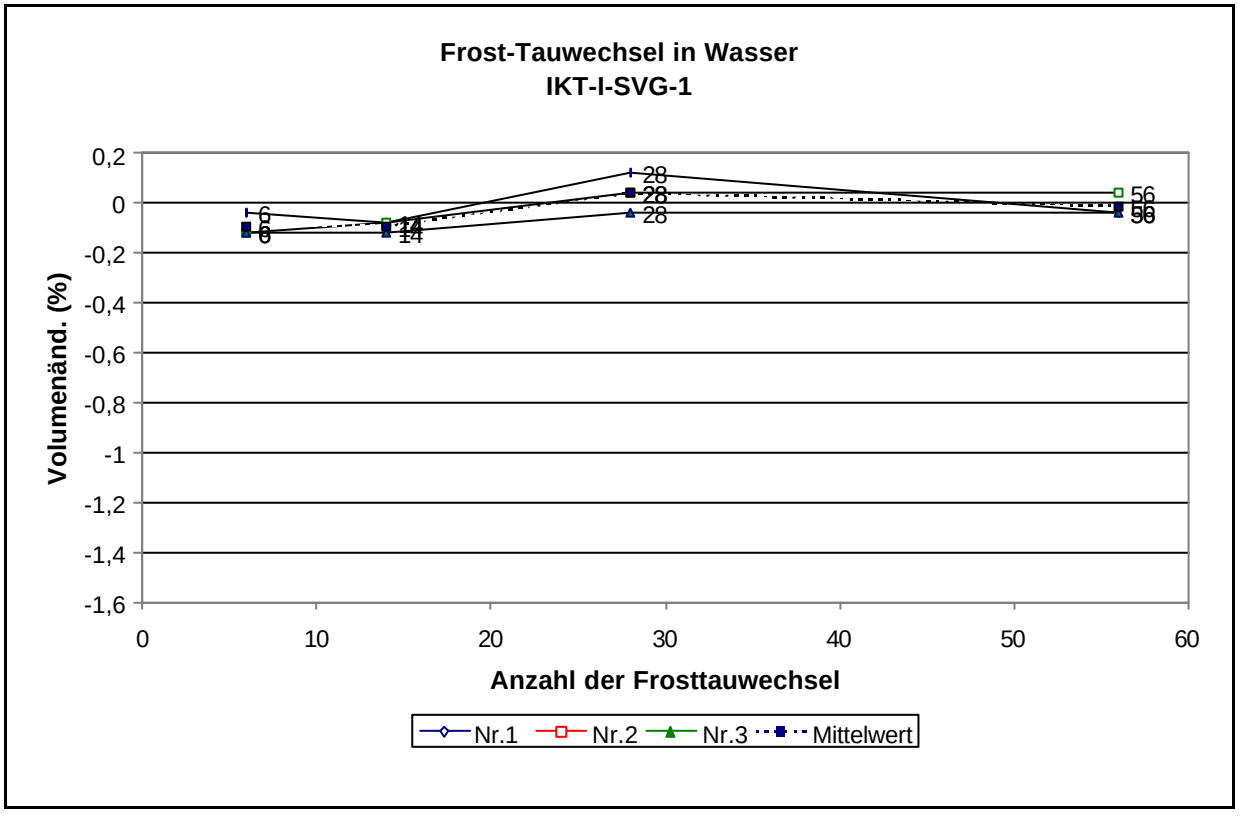


Abbildung 65: Frost-Tau-Wechsel in Wasser für den Mörtel SVG 1

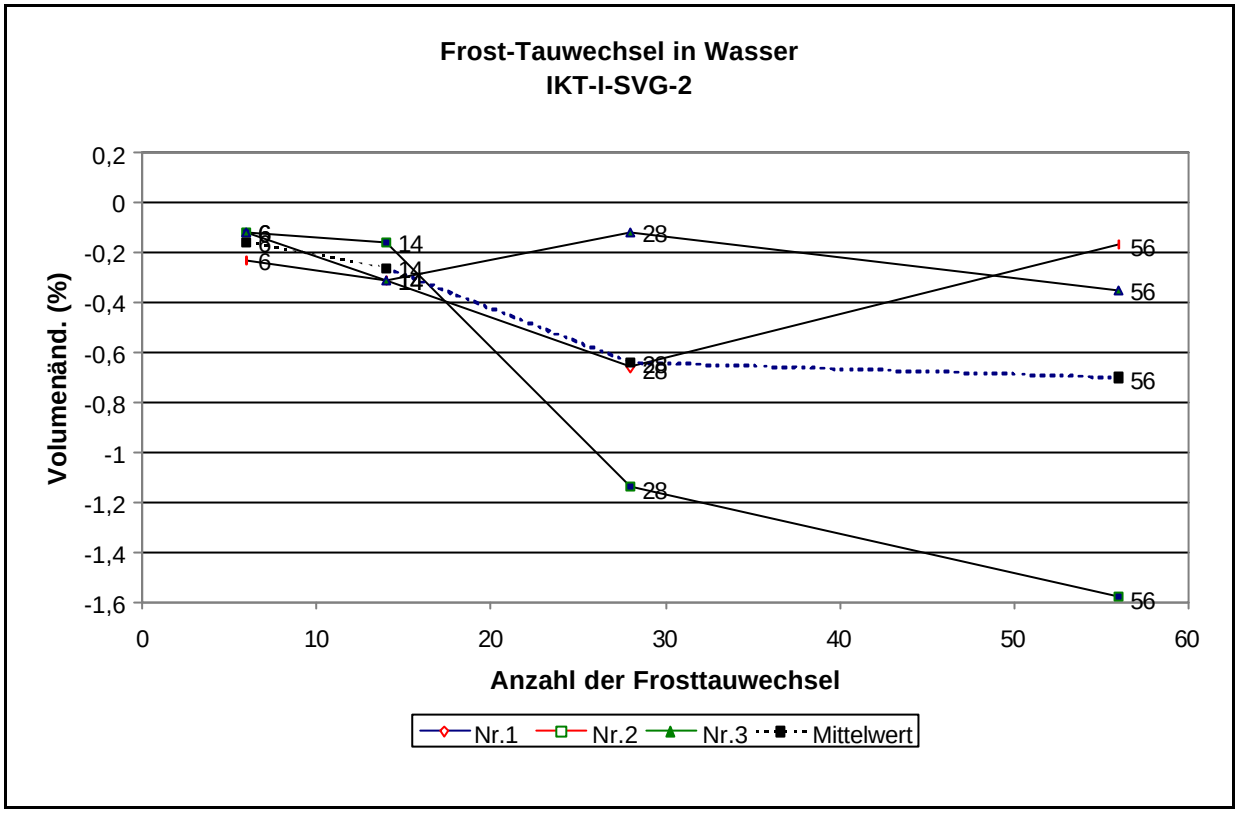


Abbildung 66: Frost-Tau-Wechsel in Wasser für den Mörtel SVG 2

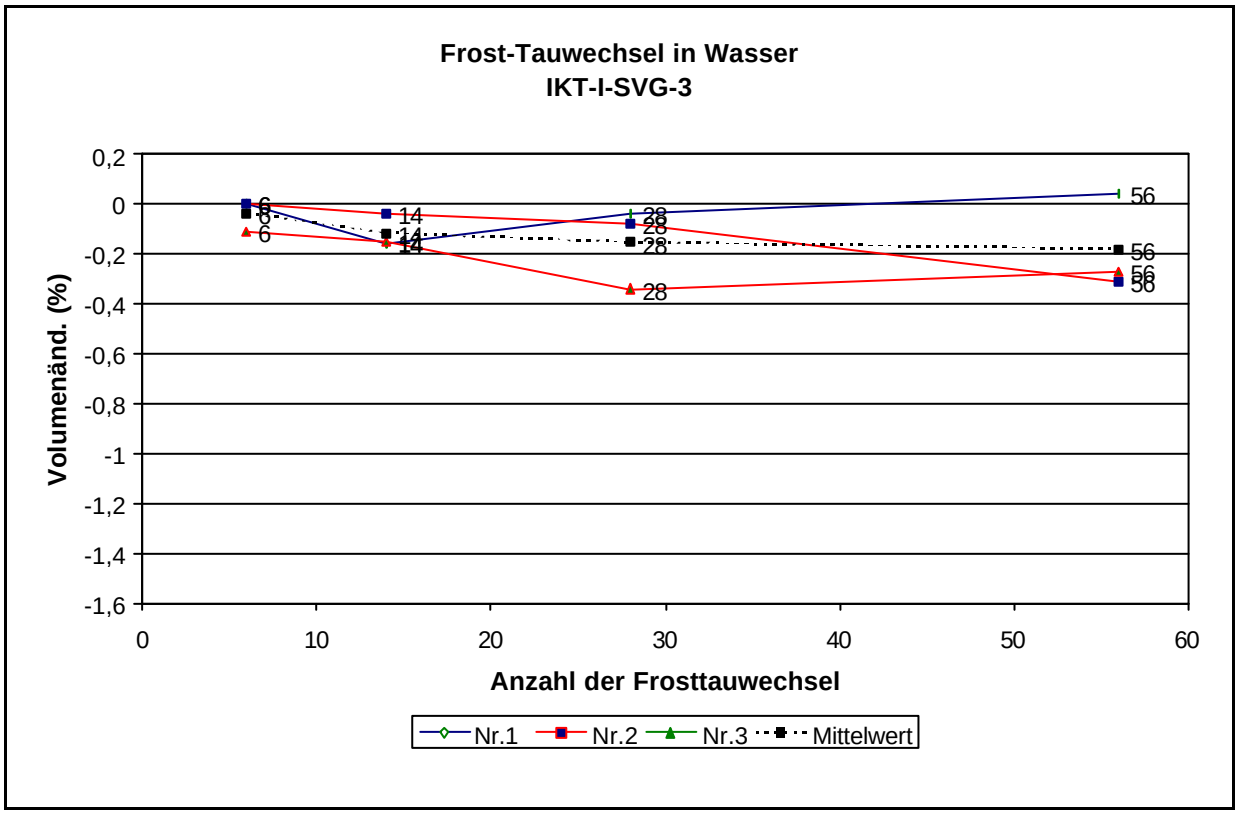


Abbildung 67: Frost-Tau-Wechsel in Wasser für den Mörtel SVG 3

Im Medium Wasser fielen die Mörtel SVG 1 und SVG 3 durch eine geringe Volumenänderung und damit auch geringe Abwitterung auf. Der SVG 2 dagegen wies im Mittel eine Volumenänderung von 0,7 % nach 56 Frost-Tau-Wechseln auf.

Frost-Tau-Wechsel in NaCl-Lösung (Frost-Tausalz-Untersuchungen)

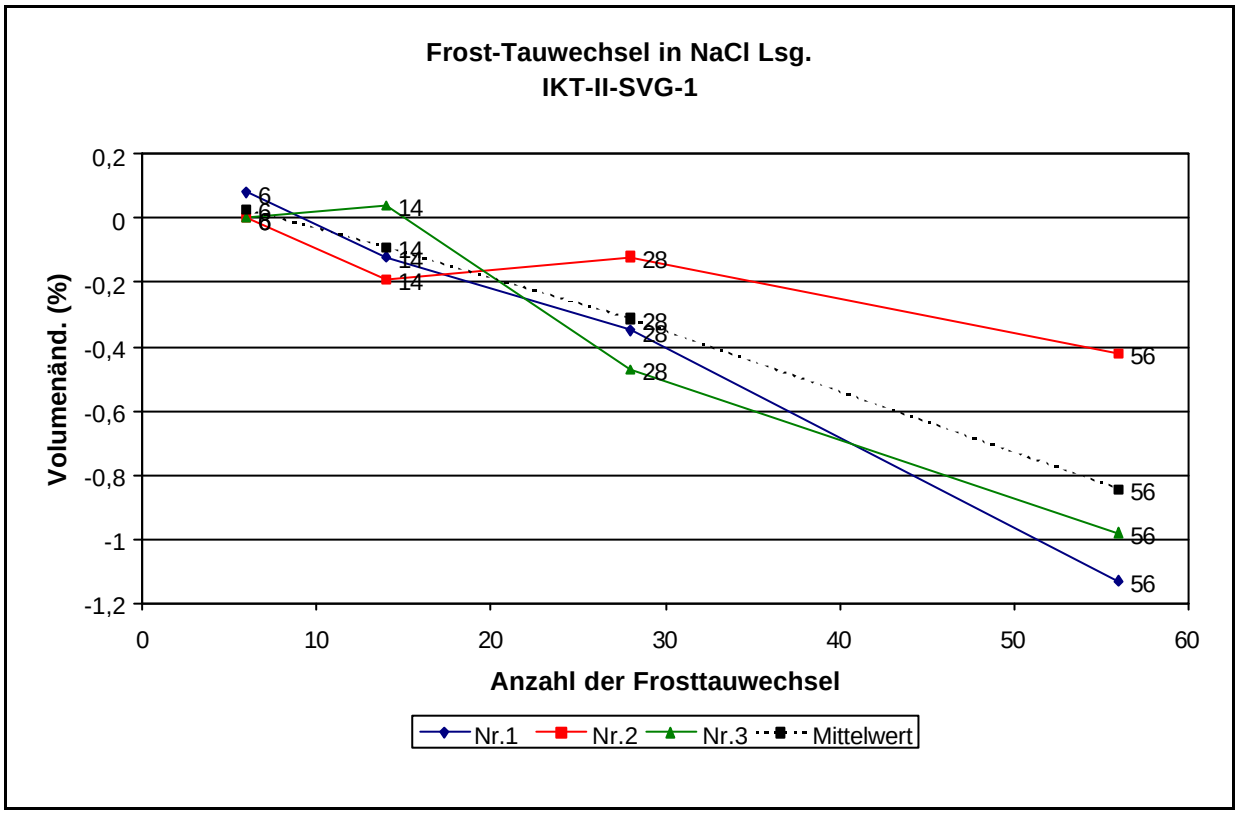


Abbildung 68: Frost-Tausalz-Wechsel in NaCl-Lösung für den Mörtel SVG 1

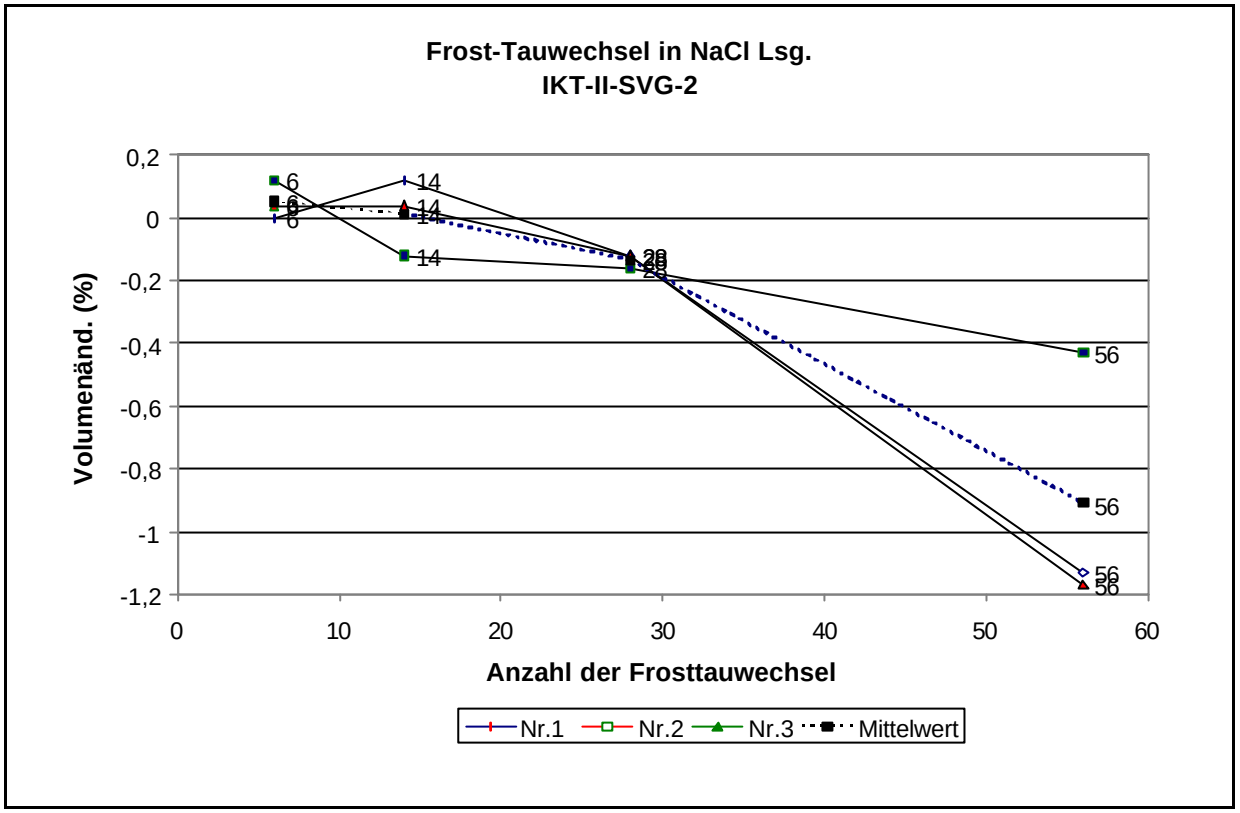


Abbildung 69: Frost-Tausalz-Wechsel in NaCl-Lösung für den Mörtel SVG 2

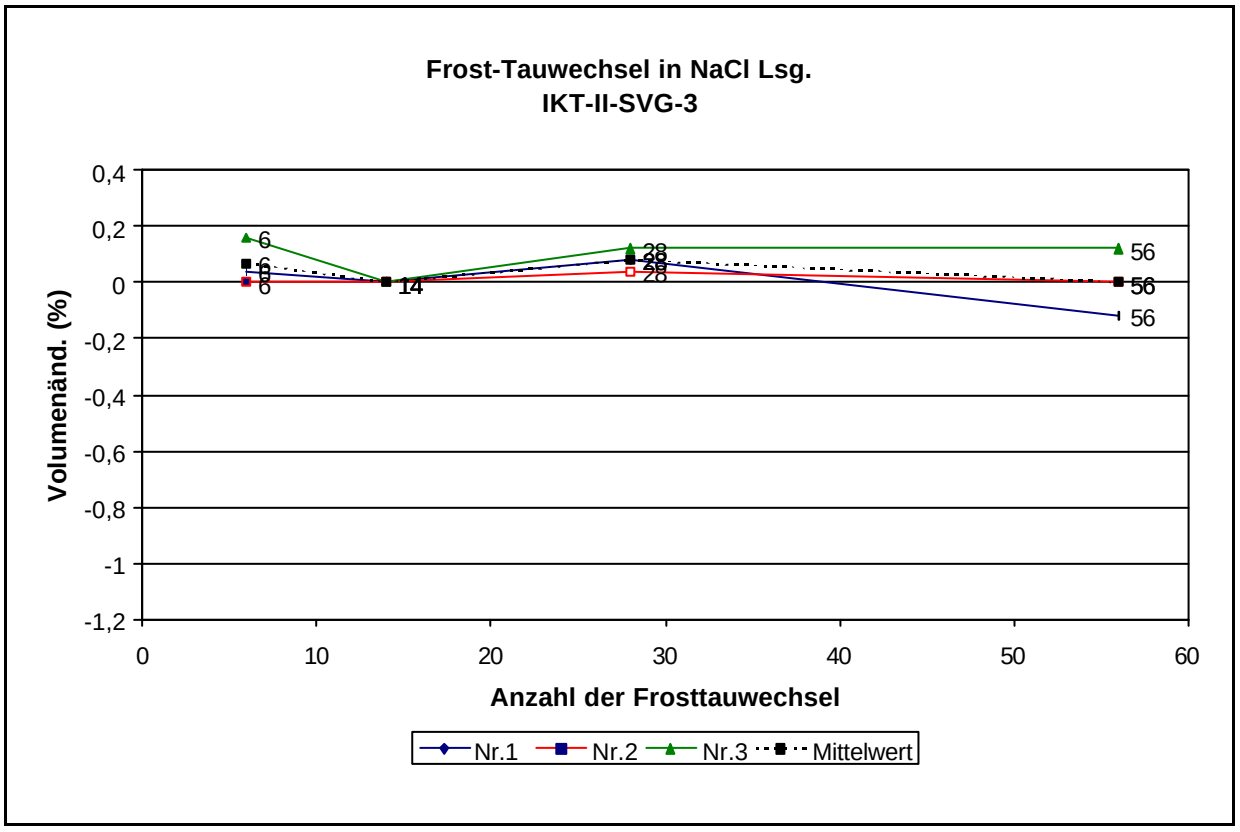


Abbildung 70: Frost-Tausalz-Wechsel in NaCl-Lösung für den Mörtel SVG 3

Die Untersuchung des Abwitterungsverhaltens in NaCl-Lösung ergab ein stark abweichendes Ergebnis. Hier fiel der Mörtel SVG 3 durch eine geringe Volumenänderung im Vergleich zu den beiden anderen Mörteln auf. Im Mittel verzeichneten die Mörtel SVG 1 und SVG 2 eine Änderung ihres Volumen von ca. 0,9%.

4.1.2.4.2 Ergebnisse der Untersuchungen am IBPM der Uni Essen

Im Gegensatz zu den vorangegangenen Prüfungen am FIZ, sind beim CDF und CIF-Verfahren einige eindeutige Grenzkriterien festgelegt. Die mittlere Abwitterung beim CDF-Test darf einen Grenzwert von 1500 g/m² nicht überschreiten, um als ausreichend frost-tausalzsicher zu gelten. Zudem darf eine obere 5%-Fraktile von 1800 g/m² nicht erreicht werden. [47]

Die innere Schädigung, ermittelt mit dem CIF-Test, wird durch die Veränderung des dynamischen E-Moduls vor und nach den Frost-Tau-Wechseln beschrieben. Ein diesbezügliches Grenzkriterium liegt zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor. In β5] wird dieses Kriterium lediglich mit Verweis auf die ÖNORM B 4200 Teil 10 [48] folgendermaßen definiert:

„Die Frostbeständigkeit gilt als nachgewiesen, wenn der dynamische E-Modul (mit einem Ultraschallmessgerät ermittelt) nach 50 Frost-Tau-Zyklen um nicht mehr als 15 % abfällt."

Als drittes Kriterium zur Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstands des untersuchten Mörtels wird der Verbund des Mörtels mit dem Betonauflagering durch Inaugenscheinnahme begutachtet.

Frost-Tau-Wechsel in NaCl-Lösung

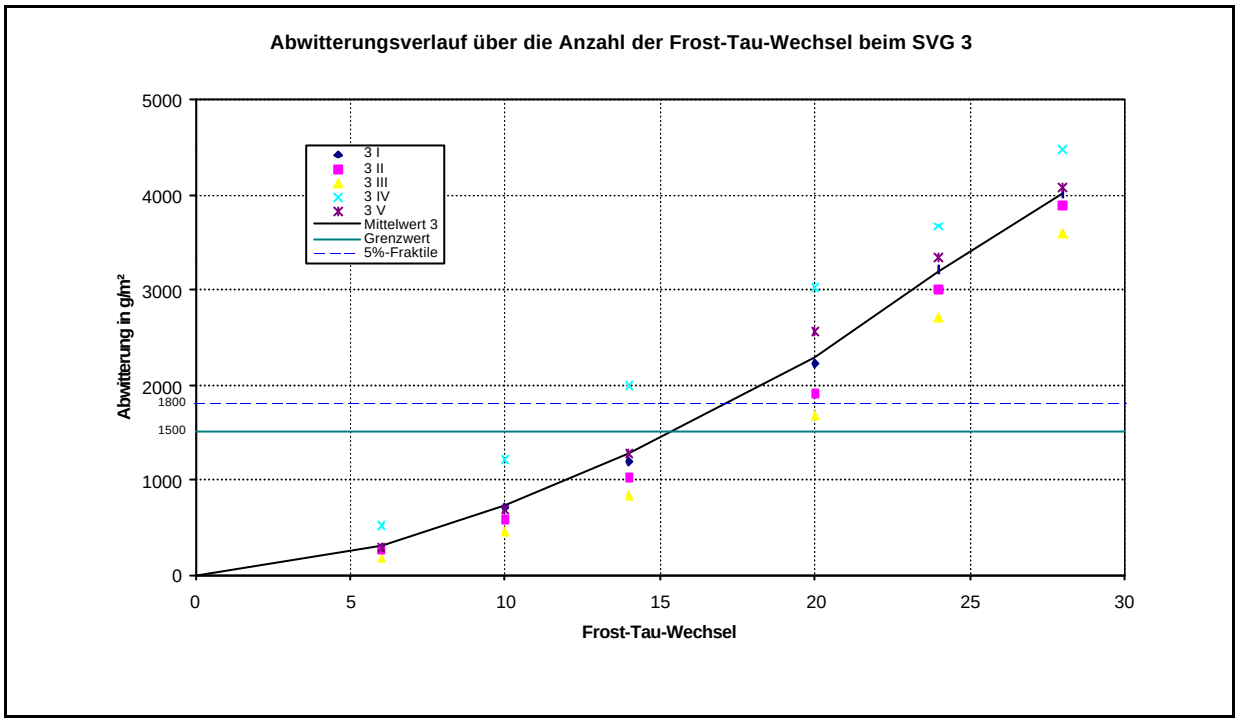


Abbildung 71: Abwitterungsverlauf für den Mörtel SVG 3 in NaCl-Lösung

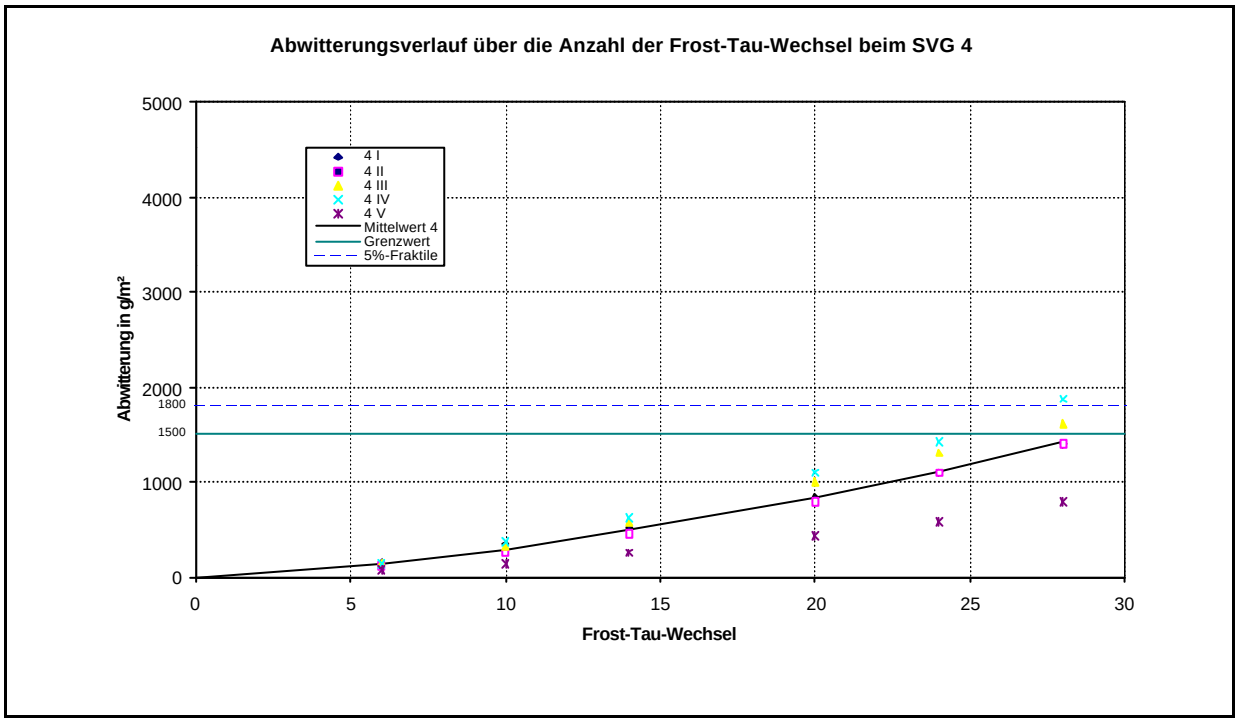


Abbildung 72: Abwitterungsverlauf für den Mörtel SVG 4 in NaCl-Lösung

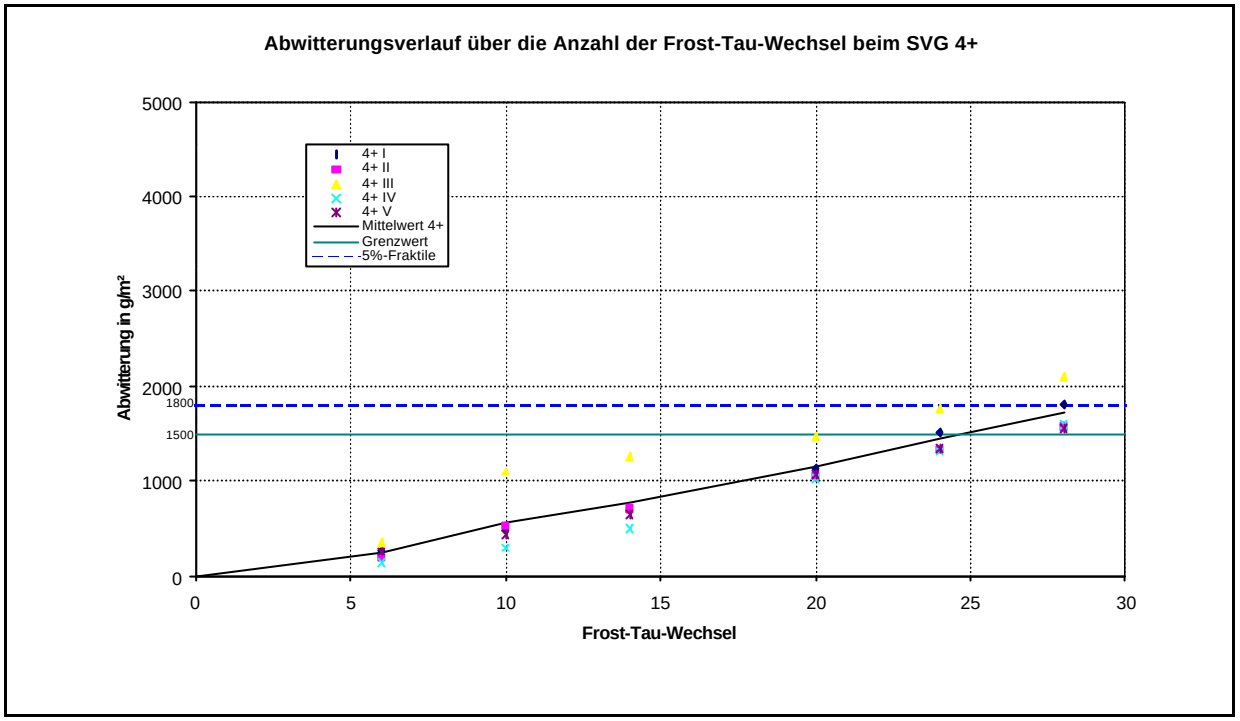


Abbildung 73: Abwitterungsverlauf für den Mörtel SVG 4+ in NaCl-Lösung

Nach den beschriebenen Grenzkriterien bzgl. des Abwitterungsverhaltens konnte nur der Mörtel SVG 4 als ausreichend frost-tausicher beurteilt werden, da er als Einziger unterhalb des Grenzwertes von 1500 g/m² blieb. Auch wurde im Rahmen der Ultraschalluntersuchung keine innere Schädigung des Mörtelgefüges festgestellt. Bei allen drei mit dem CDF- und CIF-Verfahren geprüften Mörteln war allerdings ein teilweises Ablösen vom Unterbeton festzustellen. Der Mörtel SVG 4+, der allein hinsichtlich der besseren Verarbeitbarkeit modifiziert wurde, konnte mit einer Abwitterung von ca. 1726 g/m² den o.a. Grenzwert nicht einhalten. Eine innere Schädigung trat aber auch bei diesem Mörtel nicht auf. Der Mörtel SVG 3 verfehlte mit 4012 g/m² mittlerer Abwitterung das Grenzkriterium klar. Zudem war der dynamische E-Modul nach den Frost-Tau Wechseln um ca. 10% gesunken, was auch auf eine Schädigung des inneren Gefüges schließen lässt.

Somit hat sich der Mörtel SVG 3, der bei den Untersuchungen des Frost-Tausalz-Widerstands in Anlehnung an die Empfehlungen des deutschen Ausschusses für Stahlbeton [44] als der Beständigste abgeschnitten hat, bei den Untersuchungen nach dem CDF- und CIF-Verfahren, im Vergleich zu den Mörteln SVG 4 und SVG 4+, als ungeeignet erwiesen.

4.1.3 Bewertung der Ergebnisse

Die Laboruntersuchungen bestätigten, dass ein Mörtel mit schnellem Erhärtungsverhalten, wie der Mörtel SVG 2, einen geringen Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand aufweist. Vermutlich wird dem Mörtel aufgrund der höheren Hydratationswärme übermäßig Wasser entzogen, so dass es zu Anfangsschäden durch Rissbildung kommen kann.

Die Untersuchungsergebnisse des Mörtel SVG 3 erweckten zunächst den Anschein, dass dieser Mörtel hinsichtlich des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands den Anforderungen an einen Schachtregulierungsmörtel genügen würde. Die am FIZ, Düsseldorf nach dem in [4] modifizierten DAfStb-Verfahren ermittelten Ergebnisse wiesen ihn als frost- und frost-tausalzsicher aus. Allerdings hat sich bei diesem Mörtel durch die Untersuchungen mit zwei unterschiedlichen Prüfverfahren zur Bestimmung des Frost-Tausalz-Widerstands gezeigt, dass auch das Prüfverfahren ausschlaggebend für die Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstands sein kann. Die Ergebnisse des als praxisnäher einzustufenden CDF- und CIF-Verfahrens wiesen den Mörtel SVG 3 als nicht frost-tausalzsicher aus. Das definierte Grenzkriterium von 1500 g/m² mittlere Abwitterung wurde klar überschritten.

Zur Ermittlung des Frost-Tausalz-Widerstands gewinnt die Auswahl des richtigen bzw. passenden Prüfverfahrens also eine besondere Bedeutung. Im Rahmen des Forschungsprojektes hat sich das CDF- bzw. CIF-Verfahren als praxistauglich erwiesen. Zum einem entspricht die Art und Weise der Bewitterung, d.h. über nur eine Seite des Probekörpers, eher der Realität. Zum Anderen existieren klar definierte Grenzwerte für die Bewertung des Abwitterungsverhaltens und die Beurteilung der inneren Schädigung. Allerdings bestehen hinsichtlich der Prüfkörpergeometrie und der Herstellung der Prüfkörper noch offene Fragen. Die vom IKT angewandte Methode der Probekörperherstellung, d.h. der Aufbau eines Schachtabdeckungssystems mit anschließendem Freilegen der Mörtelfuge inklusive Auflagering, birgt Nachteile. So dauert die Herstellung der Probekörper einschließlich der relativ aufwendigen Ausbauarbeiten vergleichsweise lang. Auch ist noch nicht geklärt, inwieweit die Prüfkörpergeometrie, d.h. die Wahl zwischen Prisma und Kreisringsegment, zu unterschiedlichen Prüfergebnissen unter Frost- und Frost-Tausalz-Beanspruchungen führt.

Der Mörtel SVG 4 hat sich bei der Entwicklung eines Mörtels zur Regulierung von Schachtabdeckungen als der geeignetste herausgestellt, da er neben guten Festigkeitseigenschaften auch den besten Frost-Tausalz-Widerstand der fünf geprüften Mörtel aufwies. Mit einer Druckfestigkeit von 9,6 N/mm² liegt er bereits nach einer Stunde oberhalb des nach

DIN EN 124 [7] anzusetzenden Wertes von 7,5 N/mm² maximaler Flächenpressung unterhalb des Schachtrahmens und erreicht nahezu den nach Abschnitt 4.1.2.2.1 geforderten Wert von 10 N/mm². Eine Verkehrsfreigabe kann also schon nach 1 bis 2 Stunden wieder erteilt werden, so dass sich die Behinderung des Straßenverkehrs erheblich reduzieren lässt.

Die Weiterentwicklung des Mörtels SVG 4 zum Mörtel SVG 4+ hinsichtlich einer verbesserten Verarbeitbarkeit und höheren Erhärtungsgeschwindigkeit bestätigte wiederum, dass bei einer sehr schnellen Festigkeitsentwicklung Nachteile beim Frost-Tausalz-Widerstand zu erwarten sind. Die Prüfungen mit dem CDF- und CIF-Verfahren zeigten, dass sich unmittelbar stärkere Abwitterungen einstellen, wenn der Mörtel zugunsten einer höhere Frühfestigkeit modifiziert wird.

Als Fazit ist festzuhalten, dass Mörtel zum Einsatz bei der Sanierung von Schachtabdeckungen

- nach 1 bis 2h eine Frühfestigkeit von ca. 10 N/mm² erreicht haben sollten. Dies geht über den in DIN EN 124 [7] erlaubten Wert von 7,5 N/mm² hinaus.
- eine 28-Tage Druckfestigkeit von mindestens 45 N/mm² erreichen sollten, um analog zu den Schachtbauwerken aus Beton (vgl. [40]) die dynamischen Lasten infolge der Verkehrsbelastung dauerhaft aufnehmen zu können.
- über eine dauerhafte Mindestbiegezugfestigkeit verfügen müssen. Ein Abfallen der Festigkeitswerte während der Erhärtung ist zu vermeiden.
- hinsichtlich ihrer Festigkeitsentwicklung auf die Anforderungen an den Frost-Tausalz-Widerstand abgestimmt sein müssen. Kurze Erhärtungsdauern, wie sie auf Baustellen meist erwünscht sind, können unverhältnismäßige Nachteile bei dem Frost-Tausalz-Widerstand mit sich bringen.
- unter praxisnahen Bedingungen auf ihren Frost-Tausalz-Widerstand zu prüfen sind. Zur Prüfung mit den grundsätzlich geeignet erscheinenden CDF- und CIF-Verfahren müssen allerdings zunächst noch die Prüfkörpergeometrie und die Probenkörperherstellung hinterfragt und verbessert werden.
- stets auf das jeweilige Sanierungsverfahren abgestimmt sein müssen. Dies gilt vor allem dann, wenn ein besonders fließfähiger Mörtel erforderlich ist, um z.B. die Schachtabdeckung allseitig an den umgebenden Straßenkörper anzuschließen.

4.2 *Erprobung von Sanierungsverfahren in-situ in Verbindung mit Langzeitmessungen*

4.2.1 Übersicht über die Sanierungsmaßnahmen

Im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen an Schachtabdeckungen im Entwässerungsnetz der Stadtentwässerung Düsseldorf wurden die im Labor getesteten Mörtel sowie verschiedene Verfahren zum Ausbau und der Unterfütterung von Schachtabdeckungen in der Praxis erprobt und die Qualität der erbrachten Leistung auch über Langzeitmessungen verfolgt.

Alle untersuchten Sanierungsmaßnahmen fanden an stark befahrenen, asphaltierten Straßen in Düsseldorf statt. Die Einbindung der Schachtabdeckung in die Straßenoberfläche wurde mit Gussasphalt ausgeführt, einer nach [3] besonders dauerhaften Ausführungsvariante, die keiner Nachverdichtung bedarf und Kräfte infolge von Brems- und Beschleunigungsvorgängen nach der Aushärtung in horizontaler Richtung ableitet.

Im speziellen wurden folgende Bauverfahren, Unterfütterungen und Bauteile eingesetzt:

- Bauverfahren: Ausbau mit dem Presslufthammer oder Kanaldeckelfräse (Fa. STEHR), Einsatz einer Straßenfräse zum Angleich der Straße an die Schachtabdeckung
- Unterfütterung: Elastomerringe, Gussasphalt und Mörtel
- Bauteile: Vollgussschachtabdeckungen, Schachtabdeckungen System STEHR, Abdeckplatten AP-M nach DIN 4034-2
- Hilfsmittel: Justierrahmen für Schachtabdeckungen, Dichtungsband TOK der Firma DS-DICHTUNGSTECHNIK

Bei allen untersuchten Maßnahmen handelte es sich um Sanierungen von Schachtabdeckungen an runden bzw. rechteckigen Mauerwerkschächten. Darüber hinaus wurden sog. Vorsenken in die Untersuchung einbezogen, die zwischen Straßeneinlauf und Regen- bzw. Mischwasserkanal angeordnet sind. Diese dienen als Zugangsmöglichkeit für die Reinigung der Anschlussleitung und sind ebenfalls mit Schachtabdeckungen abgedeckt. Allerdings haben diese Schachtbauwerke nur einen Durchmesser von ca. 400 mm und sind nicht begehbar. Zudem fanden sich zahlreiche nebeneinander liegende Schächte, die eine Zugänglichkeit zu übereinander liegenden Schmutz- und Regenwasserkanälen gewährleisten. In den vorgefundenen Fällen war der Schacht zum tieferliegenden Schmutzwasserkanal rechteckig, der Schacht zum höher gelegenen Regenwasserkanal rund gemauert. Bei rechteckigen Schächten

wird durch die obersten, rund gemauerten Steinreihen die notwendige runde Form für die Unterfütterung der runden Schachtabdeckung hergestellt (siehe Abbildung 74). Die Einstiegsöffnung über einem rund gemauerten Schacht im Regenwassernetz ist in Abbildung 75 dargestellt.

Abbildung 74: Schachtabdeckung oberhalb eines rechteckigen Schachtes

Abbildung 75: Schachtabdeckung oberhalb eines runden Schachtes

Bereits an diesen beiden Beispielen ist gut zu erkennen, dass sich die Schadenbilder stark unterscheiden können. In Abbildung 74 scheint die Unterfütterung der Schachtabdeckung vollständig zu fehlen. Zudem kann der Zustand der obersten Steinlagen des Schachtes allein durch die Inaugenscheinnahme nicht beurteilt werden Es stellt sich die Frage, ob diese überhaupt noch tragfähig sind. Dagegen sind an der Unterfütterung in Abbildung 75 nur geringe Verschleißspuren zu erkennen. Die Schachtabdeckung war aber trotzdem abgesunken. Als Ursache kommen beispielsweise Setzungen des gesamten Schachtes oder Verformungen in den einzelnen Mörtelfugen in Frage.

Die Dauer einer Sanierungsmaßnahme hängt im wesentlichen von dem gewählten Bauverfahren, der Größe des Aufbruchs und der Festigkeit der Fahrbahndecke ab. So konnten für den Ausbau mit dem Presslufthammer eine starke Streuung der Aufbruchzeiten festgestellt werden. Beispielsweise betrug der Zeitbedarf bei einer kleinen Aufbruchfläche und geringer Asphaltfestigkeit nur 10 Minuten (siehe Abbildung 76), während die Bearbeitung einer großen Aufbruchfläche mit hoher Asphaltfestigkeit allein mit dem Presslufthammer ca. 1,5 Stunden in Anspruch nahm (siehe Abbildung 77).

Abbildung 76: Kleinflächiger Aufbruch mit dem Presslufthammer nach vorbereitender Fräsung

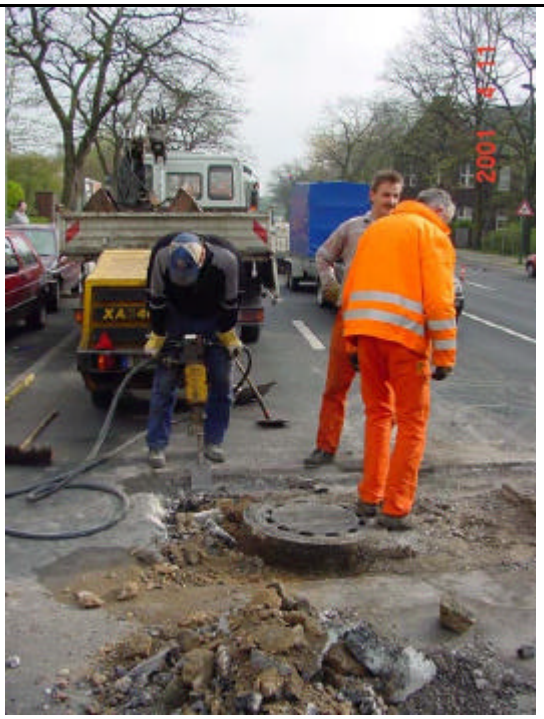


Abbildung 77: Großflächiger Aufbruch mit dem Presslufthammer

Insgesamt wurden im Rahmen des Vorhabens 55 Schachtabdeckungen im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf saniert. Bei 40 Sanierungsmaßnahmen wurden sowohl die Bauverfahren, als auch die Bauteile und Werkstoffe variiert, um grundsätzlich die für die einzelnen Schadensfälle geeigneten Verfahren zu bestimmen (vgl. Tabelle 6, Nr. 1 bis 40). Dabei wurden insbesondere die Anforderungen an eine möglichst schnelle Verkehrsfreigabe, die örtliche Einbausituation (z.B. Bordsteinnähe oder Fahrbahnmitte), die Art des Oberflächenbelags (z.B. Asphalt oder Pflastersteine) sowie die Bauweise und der Zustand des Schachtes berücksichtigt. Weitere 15 Sanierungsmaßnahmen (vgl. Tabelle 6, Nr. 41 bis 55) dienten dazu, für die besonderen Randbedingungen der Stadtentwässerung Düsseldorf die Einsatzmöglichkeiten und –grenzen der ausgewählten Verfahren zu überprüfen.

In Tabelle 6 sind die Variationen der unterschiedlichen Unterfütterungarten, der verwendeten Schachtabdeckungen, der Art des Ausbaus sowie der zusätzlich durchgeführten Fräsungen aufgeführt.

Tabelle 6: Zuordnung der Art der Unterfütterung zum angewandten Bauverfahren, der verwendeten Schachtabdeckung und zusätzlichen Fräsarbeiten

	Art der Unterfütte-rung	***Schachtabdeckung***	***Ausbauverfahren***	***Flächenfräsung***
I	***Gussasphalt***	Vollgussabdeckung	Presslufthammer	separate Fräse
		System STEHR	Fräsen, konisch	Kanaldeckelfräse
			Fräsen, senkrecht	nein
II	***Elastomerring***	Vollgussabdeckung	Presslufthammer	separate Fräse
III	***Mörtel, plastisch***	Vollgussabdeckung	Presslufthammer	nein
IV	***Mörtel, fließfähig***	Vollgussabdeckung	Presslufthammer	nein
		System STEHR	Fräsen, konisch	Kanaldeckelfräse
			Fräsen, senkrecht	nein

Die ersten vierzig Sanierungsmaßnahmen wurden in den Düsseldorfer Stadtteilen Wersten und Eller auf der Harffstraße, dem Werstener Feld sowie der Vennhauser Allee durchgeführt. In Abbildung 78 sind Ort und Art dieser Schachtabdeckungen als Übersichts- und Detailplan dargestellt. Die übrigen 15 Maßnahmen verteilten sich über das gesamte Stadtgebiet. Alle Einzelmaßnahmen mit den unterschiedlichen Ausführungsarten sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

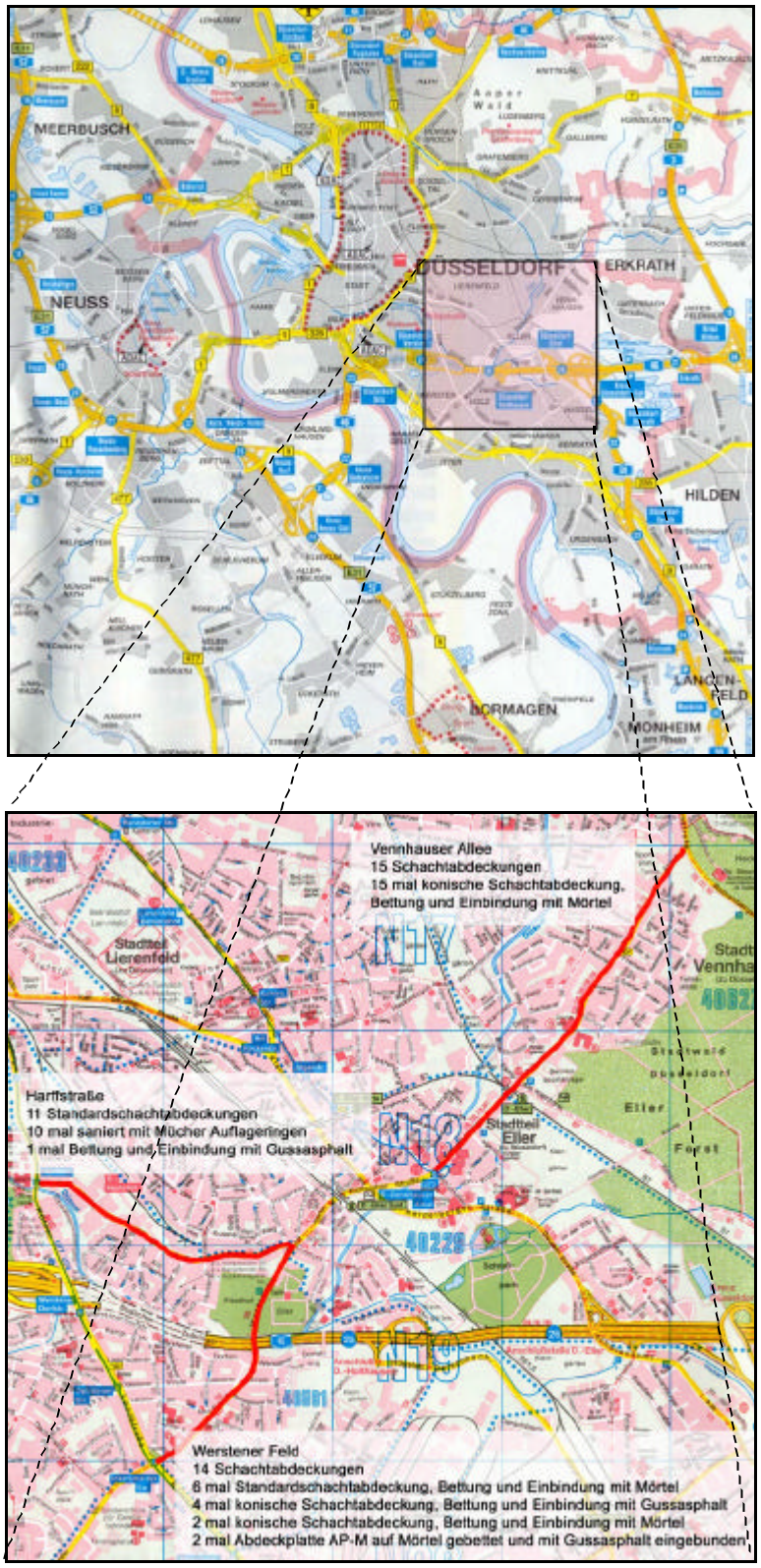
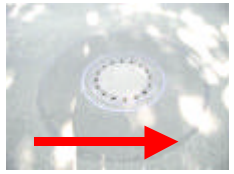
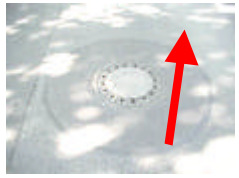
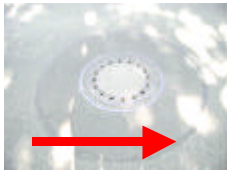
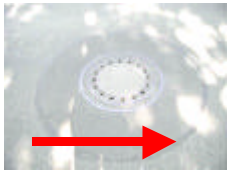
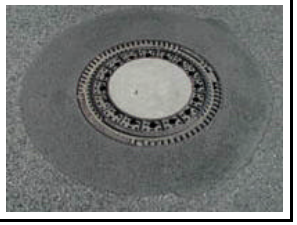


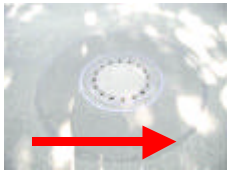
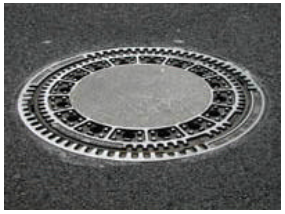
Abbildung 78: Ort und Art der Sanierungsmaßnahmen in Düsseldorf

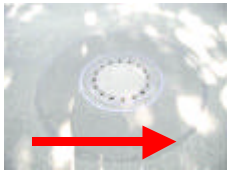
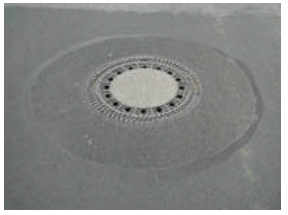
Tabelle 7: Sanierungsmaßnahmen in Düsseldorf

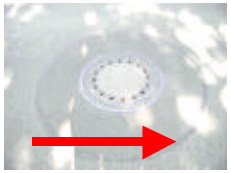
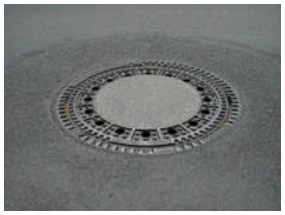
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
		→ Fahrtrichtungen						
1	58733117	Werstener Feld		1. Mörtel SVG 2, fließfähig; Vollgussabdeckung 2. Mörtel, SVG 3, plastisch; Vollgussabdeckung	16.12.99 29.06.00	ja		
2	58733116	Werstener Feld		1. Mörtel, SVG 3, fließfähig; Vollgussabdeckung 2. SVG 3 plastisch; Vollgussabdeckung	16.12.99 29.06.00	ja		
3	58733115	Werstener Feld		Mörtel SVG 1, fließfähig; Vollgussabdeckung	16.12.99	ja		

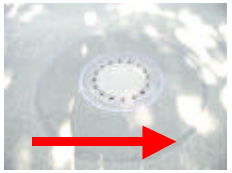
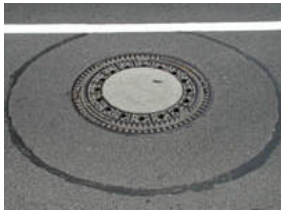
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
4	58733112	Werstener Feld		Mörtel SVG 1, fließfähig; Vollgussabdeckung	16.12.99	ja		
5	58733113	Werstener Feld		Mörtel, SVG 3, fließfähig; Vollgussabdeckung	16.12.99	ja		
6	58733114	Werstener Feld		Mörtel, SVG 2, fließfähig; Vollgussabdeckung	16.12.99	ja		

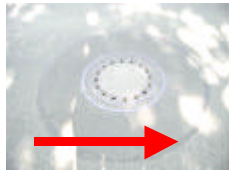
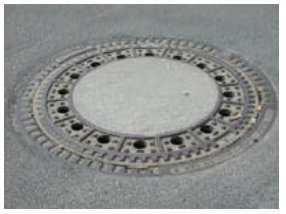
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
7	58735141	Werstener Feld	Höhe Hausnr. 206/ Linksab-biegerspur	Schachtfräse der Firma STEHR, Konische Schachtabdeckung, Gus-sasphalteinbindung	21.06.01	ja		
8	58735144	Werstener Feld	Höhe Hausnr. 206/ Linksab-biegerspur	Schachtfräse der Firma STEHR, Konische Schachtabdeckung, Gus-sasphalteinbindung	21.06.01	ja		
9	58733111	Werstener Feld	Haltestelle Eller Friedhof Fahrbahn-mitte	Schachtfräse der Firma STEHR, Konische Schachtabdeckung, Gus-sasphalteinbindung	21.06.01	ja		

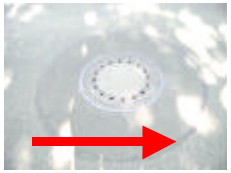
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
10	57728153	Werstener Feld	Gegenüber Hausnr. 85 / Fahrbahnrand	Schachtfräse der Firma STEHR, Konische Schachtabdeckung, Gussasphalteinbindung	21.06.01	ja		
11	57726007	Werstener Feld	Hausnr. 44 / Mitte der 2-bahnigen Fahrtrichtung	Schachtabdeckung 6007 und 6161 mit Abdeckplatten AP-M nach DIN 4034-1 (09/1993), die auf SVG4 und SVG4+ Mörtel gebettet sind, saniert. Anschließend mit Gussasphalt verfüllt.	11.04.01	nein		
12	57726161	Werstener Feld	Hausnr. 44 / Mitte der 2-bahnigen Fahrtrichtung	Schachtabdeckung 6161 und 6007 mit Abdeckplatten AP-M nach DIN 4034-1 (09/1993), die auf SVG4 und SVG4+ Mörtel gebettet sind, saniert. Anschließend mit Gussasphalt verfüllt.	11.04.01	nein		

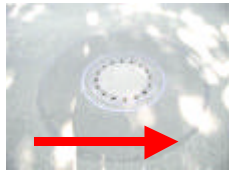
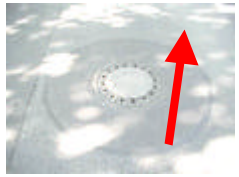
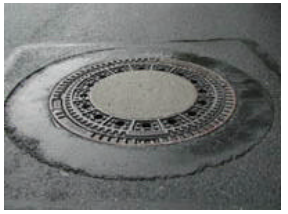
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
13	57728141	Werstener Feld.	Höhe Hausnr. 82 / Fahr-bahnmitte	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Ergelit-Mörtel (Handmi-schung)	21.06.01	nein		
14	57726008	Werstener Feld	Höhe Hausnr. 48 / Fahr-bahnmitte	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Ergelit-Mörtel (Handmi-schung)	21.06.01	nein		
15	57736139	Harffstraße		Elastomerring: 1 Stk. Typ D (Bauhöhe 5mm bei Messmarke 4, Bau-höhe 15 mm bei Mess-marke 2)	06.11.99	ja		

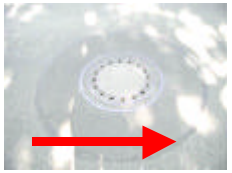
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
16	57736129	Harffstraße		2 Elastomerringe: 1 Stk. Typ D (Bauhöhe 5mm bei Messmarke 4, Bauhöhe 15 mm bei Messmarke 2) und 1 Stk Typ C	06.11.99	ja		
17	57736123	Harffstraße		Unterfütterung und Einbindung mit Gussasphalt	06.11.99	ja		
18	57736118	Harffstraße		2 Stk. Elastomerringe: Typ C	06.11.99	ja		

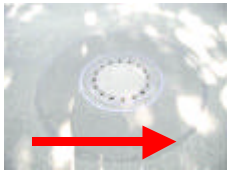
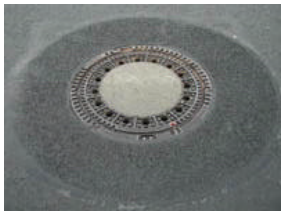
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
19	57736143	Harffstraße			06.11.99	ja		
20	57736134	Harffstraße		1 Stk. Elastomerring: Typ A	06.11.99	ja		
21	56742120	Harffstraße		1 Stk. Elastomerring: Typ D	06.11.99	ja		Schachtabdeckung ließ sich bei Projektabschluss nicht mehr dokumentieren. Baustelle war am Ort der Sanierung eingerichtet, evtl. ist die sanierte Schachtabdeckung ausgebaut worden.

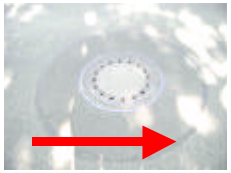
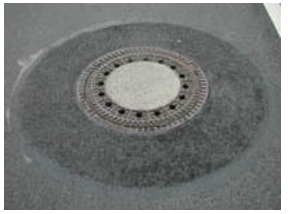
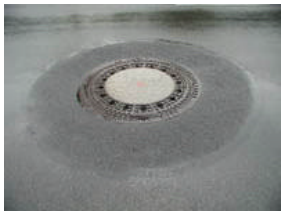
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
22	56742124	Harffstraße		1 Stk. Elastomerring: Typ C, zwischen Mess-marke 2 + 3 liegt Ring nicht bündig an	06.11.99	ja		
23	56742119	Harffstraße			06.11.99	ja		
24	57737121	Harffstraße		2 Stk. Elastomerringe: 1 Stk. Typ C, 1 Stk. Typ A, Rahmen liegt nicht bündig auf Ringen ca. 3 mm Spiel, Rahmen mit Gußasphalt eingefaßt	10.11.99	ja		

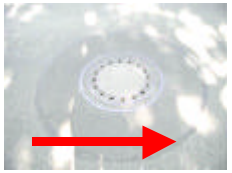
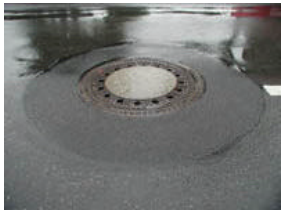
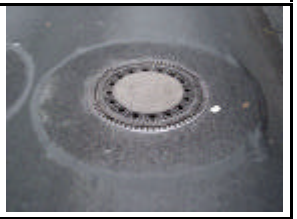
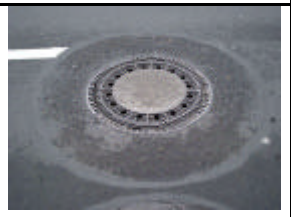
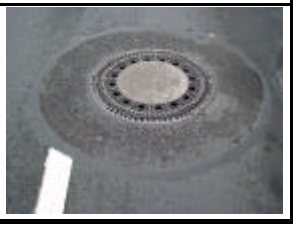
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
25	57737114	Harffstraße				nein		
26	Vorsenke	Vennhauser Allee	Vorsenke, zw. Hausnr. 197 und 203	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel SVG4, fließfähig	22.11.01	nein		
27	Vorsenke	Vennhauser Allee	Vorsenke vor Hausnr. 203 / Die Vorsenke ist nicht im Plan ver-zeichnet	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel SVG4, fließfähig	22.11.01	nein		

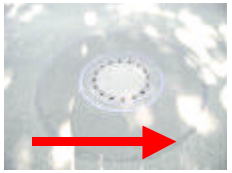
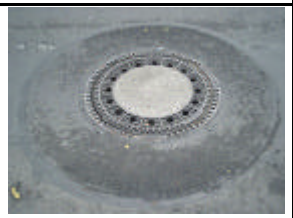
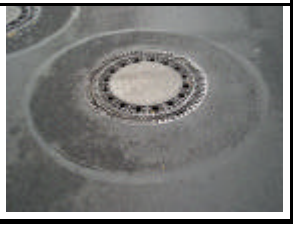
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
28	60753012	Vennhauser Allee	Vor Hausnr. 205 / gegenüber Einmündung Erlenkamp	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel SVG4+, fließfähig	22.11.01	ja		
29	Vorsenke	Vennhauser Allee	Vor Hausnr. 209/211	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel SVG4+, fließfähig	22.11.01	nein		
30	60751002	Vennhauser Allee	Zw. Hausnr. 197 und 203, vor Schacht 1 liegend	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel SVG4+, fließfähig	22.11.01	nein		

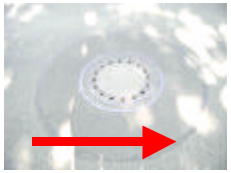
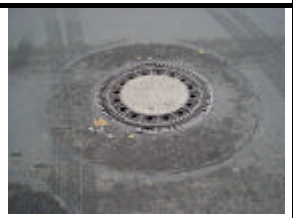
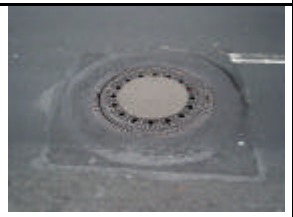
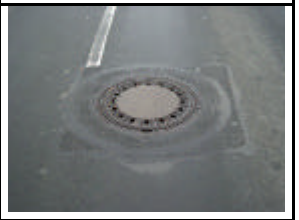
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
31	59741141	Vennhauser Allee	Am Busbahn-hof, in Fahrt-richtung der erste Schacht	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5	08.04.02	ja		
32	59741142	Vennhauser Allee	Am Busbahn-hof, in Fahrt-richtung der zweite Schacht, auf dem Radweg	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5	08.04.02	ja		
33	59743121	Vennhauser Allee	Vor Hausnr. 73, 2 Schächte ne-beneinander, der auf der Straße liegen-de	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5	08.04.02	ja		

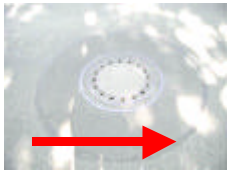
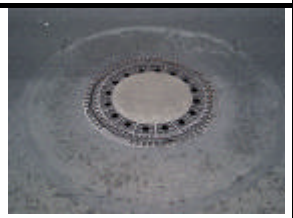
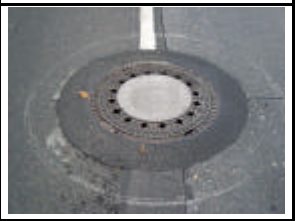
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
34	59746116	Vennhauser Allee		Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		nein		
35	59746117	Vennhauser Allee		Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		nein		
36	59741152	Vennhauser Allee		Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		nein		

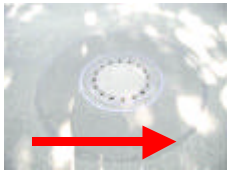
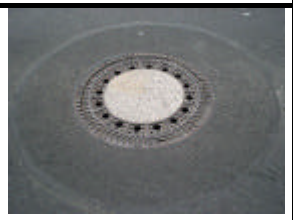
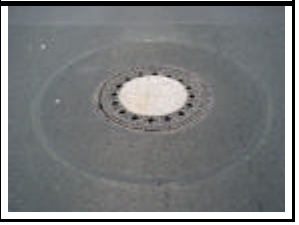
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
37	59748108	Vennhauser Allee		Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		nein		
38	59748110	Vennhauser Allee		Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		nein		
39	59748114	Vennhauser Allee		Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		ja		

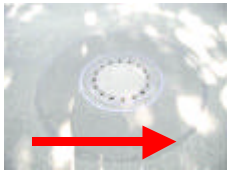
Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
40	60753129	Vennhauser Allee	Einmündung Lassallestr., Straßenmitte	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung + Mörtel BETEC Regu-liermörtel R-800.5		nein		
41	58743119	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 44	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		
42	58743115	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 44	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		

Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
43	58742107	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 42	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		
44	58742109	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 42	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		
45	58742106	Bernburger Straße	Einmündung Rütgerstraße	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		

Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
46	58742108	Bernburger Straße	Einmündung Rütgerstraße	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		
47	58742103	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 16	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		
48	58742112	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 16, andere Stra-ßenseite	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		

Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
49	58744150	Bernburger Straße	Vor Haus-nummer 39	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	30.01.02	nein		
50	53751008	Völklingerstraße	Auf der ge-genüberlie-genden Stra-ßenseite vor dem Landes-ministerium	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	22.02.02	nein		
51	52752006	Völklingerstraße	Auf der ge-genüberlie-genden Stra-ßenseite vor dem Landes-ministerium	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	22.02.02	nein		

Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
52	53786108	Cecilienallee	Vor Haus-nummer 6	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	04.03.02	nein		
53	53786000	Cecilienallee	Vor Haus-nummer 6	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	04.03.02	nein		
54	53778400	Joseph-Beuys-Ufer	Vor der Ton-halle	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	04.03.02	nein		

Lfd. Nr.	Schacht Nr.	Straße	Bemerkung	Sanierungsart	Datum	Mess-marken	Bild 1 sanierte Schachtabdeckung vom Fahrbahnrand	Bild 2 sanierte Schachtabdeckung in Fahrtrichtung
→ Fahrtrichtungen								
55	53776100	Joseph-Beuys-Ufer	Unter Hof-gartenrampe	Mit dem System STEHR saniert. Konische Schachtabdeckung	04.03.02	nein		

Ein Hauptkriterium zur Beurteilung des Erfolges einer Sanierungsmaßnahme stellt die zeitabhängige Setzung der Schachtabdeckungen dar. Für die messtechnische Erfassung dieser Größe wurden an 21 Schachtabdeckungen jeweils vier Messmarkenpaare installiert (vgl. Abbildung 79) und die Setzungen zwischen Schachtabdeckung und Schachtkonus aufgenommen und dokumentiert. Maßgebend für die Auswahl der Schachtabdeckung war die Berücksichtigung verschiedener Materialien zur Unterfütterung (Elastomerring, Gussasphalt oder Mörtel) und Lastabtragsarten (über den Schachtkonus mit Vollgussabdeckungen oder über Schachtkonus und Straßendecke über die Schachtabdeckung Budaplan®, System STEHR).

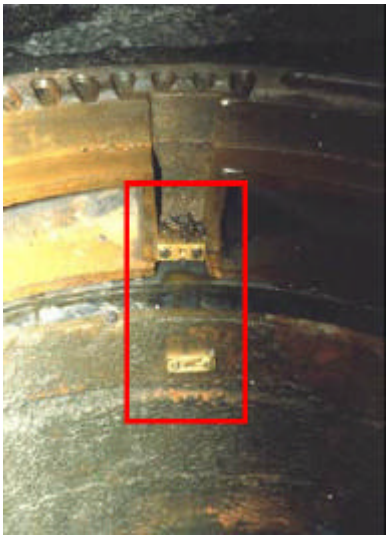


Abbildung 79: Messingmessmarken zur Ermittlung der Setzungen zwischen Schachtabdekkung und Schachtkonus

Nachfolgend sind die einzelnen Sanierungsmaßnahmen gegliedert nach der Art der Unterfütterung

- mit Elastomerringen,
- mit Gussasphalt oder
- mit plastischen bzw. fließfähigem Mörtel

beschrieben.

4.2.2 Lastübertragung mit Elastomerringen

4.2.2.1 Eingesetzte Elastomerringe

Elastomerringe eignen sich prinzipiell für die Übertragung von vertikalen Lasten zwischen Schachtabdeckung und Schachtkonus bzw. oberem Auflagering [4]. Die Ringe werden nach [30] unterschieden in die Typen A bis C mit den Stärken 5, 10 und 20 mm sowie einer keilförmigen Ausführung D mit 5 bzw. 15 mm Stärke (s. Abbildung 80). Sie eignen sich sowohl für den Höhenausgleich als auch zur Anpassung der Längs- und Querneigung der Schachtabdeckung an die Fahrbahnoberfläche. Die IRHD-Härteklasse nach DIN EN 681-1 [49] wird mit 70 angegeben [50].

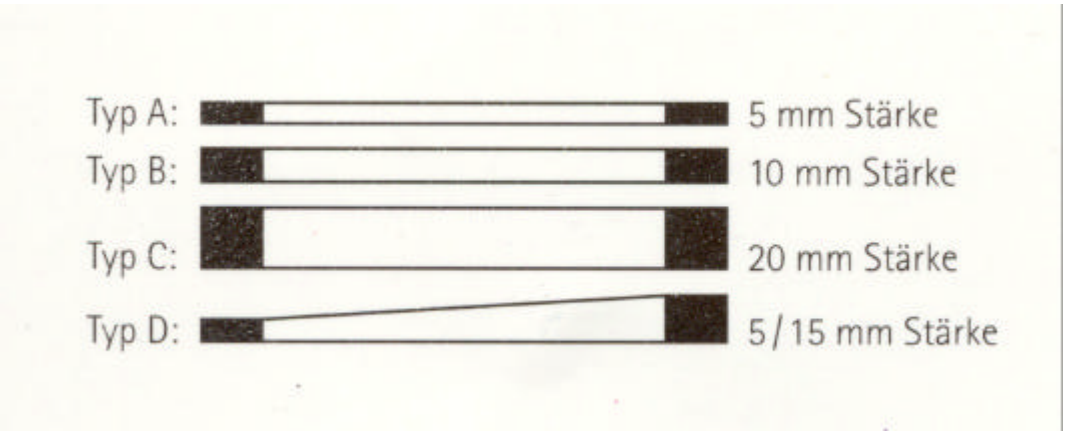


Abbildung 80: Schachtausgleichs- und Lastübertragungsringe aus Elastomer-Typen A bis D [30]

Im Rahmen der hier dargestellten Untersuchung wurden Elastomerringe an acht Schachtabdeckungen zwischen der gemauerten oberen Steinlage der Einsteigschächte und der Schachtabdeckung eingebaut (s. Abbildung 81).

Neben der Handhabbarkeit beim Einbau wurde insbesondere das Setzungverhalten aufgrund der vertikalen Auflasten messtechnisch beobachtet.

4.2.2.2 Einbau Elastomerring

Die Elastomerringe werden einzeln, übereinandergestapelt oder auch im Wechsel mit Betonauflageringen unterhalb der Schachtabdeckung eingebaut. Für die richtige Auswahl des Aufbaus wird zunächst der Abstand zwischen Straßenoberfläche und freigelegtem Schachtkonus ausgemessen. Aus der Differenz zwischen diesem Messwert und der Höhe der Schachtabdek-

kung (für Standardschachtabdeckungen 16 cm) ergibt sich die durch Elastomerringe und Auflageringe zu überbrückende Höhe.

Schon beim Einbau der Elastomerringe oberhalb des gemauerten Schachtkonus konnten Hohlräume zwischen dem Ringen und der oberen, nicht exakt eben gemauerten Steinlage erkannt werden (s. Abbildung 81).

a) *Elastomerringe zwischen Schachtabdekkung und gemauertem Schachtkonus*

b) *Hohlraum zwischen Elastomerring und oberer Steinlage*

Abbildung 81: Unterfütterung einer Schachtabdeckung mit Elastomerringen

4.2.2.3 Setzungsmessungen am Elastomerring

Aufgrund des visko-elastischen Werkstoffverhaltens der elastomeren Lastübertragungsringe kann beim Einsatz unterhalb von Schachtabdeckungen mit Setzungen gerechnet werden. Das Werkstoffverhalten wurde in [50] durch Bestimmung des Druckverformungsrests sowie des Spannungsrelaxationswertes charakterisiert. Die Spannungsrelaxation nach DIN 53537 [51] beschreibt die zeitliche Abnahme der Spannung in einem Probekörper unter konstanter Verformung und konstanter Temperatur. Für die Prüfung des Druckverformungsrests in Anleh-

nung an DIN ISO 815 [52] wird mittels Druckplatten am Probekörper eine konstante Druckverformung eingestellt und durch eine Verschraubung aufrechterhalten. Nach Ablauf einer Beanspruchungsdauer von 24 Stunden sowie einer Erholungszeit von 30 Sek bzw. 30 Minuten wird die Restverformung gemessen. In Tabelle 8 sind Werte aus der Ermittlung des Druckverformungsrestes für die hier verwendeten Elastomerringe zusammengestellt.

Tabelle 8: Druckverformungsrest einer nicht vorbelasteten Elastomerprobe, aus [50]

Materialdicke vor der Prüfung [mm]	25 % Stauchung [1] [mm]	Materialdicke nach der Prüfung [2] [mm]	Druck-verformungsrest [%]
9,77	2,455	9,63	6
9,82		9,66	7
9,89		9,74	6

[1] Berechnet aus dem Medianwert der Materialdicke vor der Prüfung (Spalte 1)

[2] Die Messung erfolgte nach 30 Minuten Entspannungszeit

An den acht mit elastomeren Auflageringen sanierten und mit Messmarken versehenen Schachtabdeckungen, wurde an einer Abdeckung eine maximale Setzung von 4,2 mm festgestellt (siehe Abbildung 82). Die Setzungen an den weiteren 7 mit Elastomerringen sanierten Schachtabdeckungen lagen zwischen 0 und 2 mm.

Die Setzungen in Höhe von 4,2 mm wurden an einer Schachtabdeckung gemessen, bei der der Elastomerring auf einer ungleichmäßigen, nicht ebenen Oberfläche der obersten Mauerwerkschicht aufliegt und so keine vollflächige Auflage gewährleistet ist. (s. Abbildung 81). Die Setzungen traten nicht gleichmäßig an allen 4 Messpunkten auf. Die stärksten Setzungen mit 4,2 mm wurden am Messpunkt 1 gemessen. Dieser Bereich der Schachtabdeckung wird vom überrollenden Verkehr zuerst überfahren. Die geringsten Setzungen konnten am Messpunkt 4, dem zuletzt überfahrenen Bereich der Schachtabdeckung festgestellt werden. Die Messpunkte 2 und 4 setzten sich beide um 2 mm (vgl. Abbildung 82). Die Schachtabdeckung kippt gegen die Fahrtrichtung. Dieses Phänomen kann auf zwei Arten erklärt werden. Zum einen ist es möglich, dass die Schachtabdeckung nur einseitig auf dem Elastomerring auflag. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass die obere Steinlage durch die einseitige Belastung nachgegeben hat.

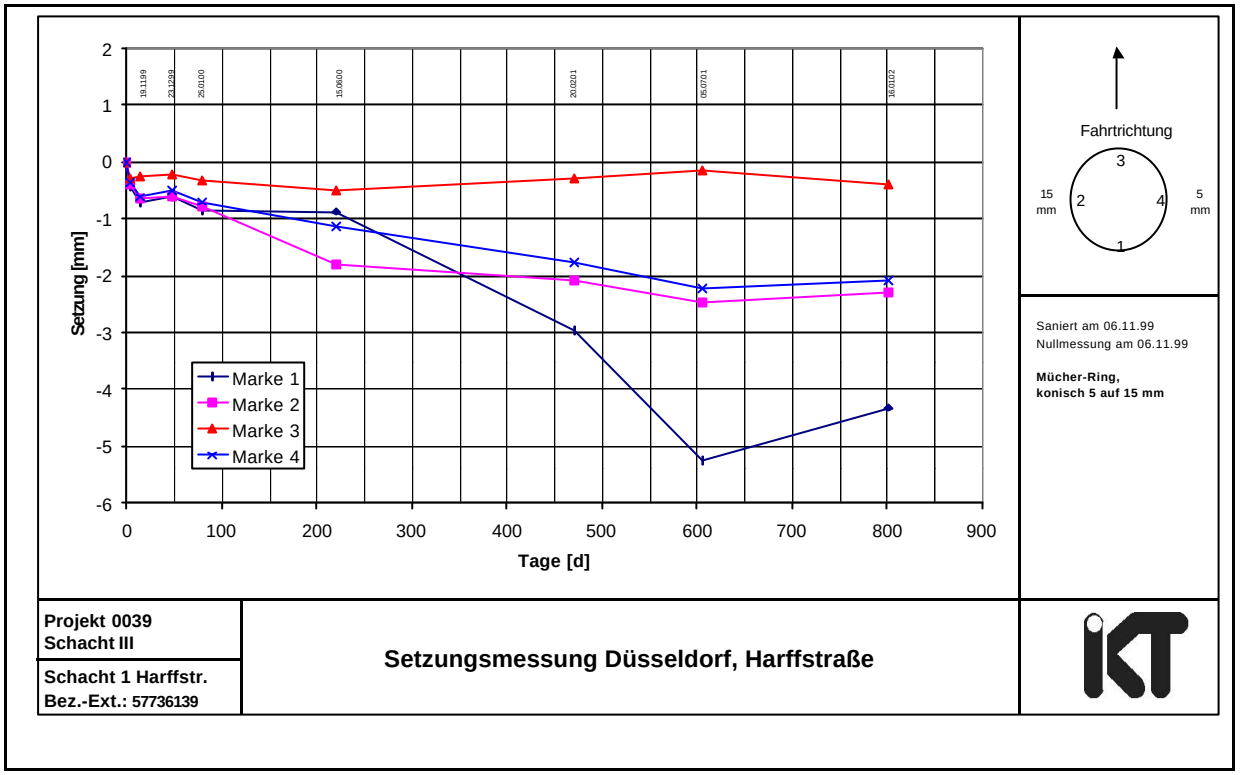


Abbildung 82: Ergebnis der Setzungsmessungen an einer mit Elastomerring sanierten Schachtabdeckung (Mauerwerkschacht)

Die maximalen und minimalen Setzungen an den acht mit Elastomerringen sanierten Schachtabdeckungen sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Die mittlere maximale Setzung betrug 1,7 mm. Die mittlere minimale Setzung 0,2 mm. Auffallend sind auch hier die unterschiedlichen Setzungsmaße im Bereich einzelner Schachtabdeckungen. Für die gemessene Hebung der Schachtabdeckung über dem Schacht 57737121 konnte keine Erklärung gefunden werden.

Tabelle 9 Unterfütterung mit Elastomerringen: Maximale und minimale Setzungen

Lfd. Nr.	Schacht-Nr.	Sanierung mit Elastomerring (Typ nach Abbildung 80)	Setzungen (negativ) maximal minimal
1	57736139	1 x Typ D	max: - 4,2 mm min: - 0,4 mm
2	57736129	1 x Typ D, 1 x Typ C	max: - 1,7 mm min: - 0,4 mm
3	57736118(I)	2 x Typ C	max: - 1,1 mm min: - 0,7 mm
4	57736118(II)	2 x Typ C	max: - 1,4 mm min: + 0,1 mm
5	57736134	1 x Typ A	max: - 1,7 mm min: - 0,1 mm
6	56742120	1 x Typ D	max: - 1,1 mm min: - 0,6 mm
7	56742124	1 x Typ C	max: - 2,2 mm min: + 0,1 mm
8	57737121	1 x Typ A, 1 x Typ C	max: + 0,1 mm min: + 0,4 mm
Mittlere Setzungen			*max: - 1,7 mm* *min: - 0,2 mm*

4.2.2.4 Beurteilung der Unterfütterung mit Elastomerring

An den Versuchsschächten wurden Setzungen bis zu 4,2 mm gemessen. Durch die unebene Mauerwerksreihe unterhalb der Elastomerringe konnte eine vollflächige Auflage der Ringe ohne weiteres nicht realisiert werden. Im Extremfall lag der Ring an nur drei Punkten auf.

Die Ringe ließen sich auf der Baustelle ohne Probleme einbauen. Für eine erste Abschätzung der erforderlichen Anzahl und Höhe der einzubauenden Elastomerringe wird von der Straßenoberkante auf den freigelegten Schachtkonus an drei Punkten heruntergemessen. Aus den gemessenen Werte minus Rahmenhöhe (überlicherweise 16 cm) wird die zu überbrückende Höhendifferenz ermittelt. Die Elastomerringe werden entsprechend ausgewählt und übereinander gestapelt und anschließend die Schachtabdeckung aufgesetzt sowie der verbleibende

Hohlraum mit Gussasphalt verfüllt. Eine thermische Zerstörung der Elastomerringe bei der Verwendung von Gussaspahlt konnte augenscheinlich nicht beobachtet werden.

Voraussetzungen für den Einsatz der Elastomerringe ist eine ebene Auflagerfläche für die vollflächige Übertragung der vertikalen Lasten sowie eine kraftschlüssige Einbindung in den Straßenkörper zur Übertragung der horizontalen Lasten.

4.2.3 Lastübertragung mit Gussasphalt

4.2.3.1 Gewählte Einbauform

Gussasphalt kann als Deckschicht auf Straßen und Wegen aller Art sowie auf anderen Verkehrsflächen eingebaut werden. Die üblichen Schichtdicken betragen zwischen 2 und 4 cm. Gussasphalt wird mit einer Temperatur zwischen 200°C und 250°C eingebaut. Neben der Anwendung als Deckschicht auf Straßen und Wegen lässt sich Gussasphalt auch als Unterfütterung unterhalb der Schachtabdeckung einsetzen. In Abbildung 83 ist der prinzipielle Aufbau nach der Sanierung dargestellt. Sowohl die Unterfütterung als auch die Einbindung wird dabei in einem Arbeitsgang mit dem flüssigen Gussasphalt hergestellt (siehe Abschnitt 4.2.3.2), indem der Spalt zum Schachtinneren mit einer Schalung aus Metall verschlossen und der Gussaspahlt von außen eingefüllt wird.

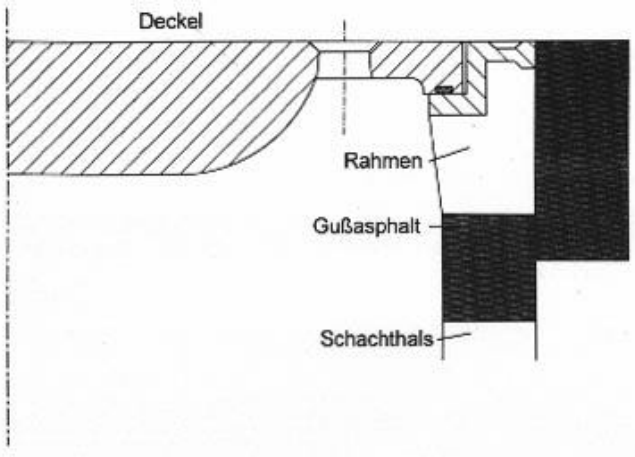


Abbildung 83: Prinzipskizze für die Ausführung der Unterfütterung und Einbindung einer Schachtabdeckung mit Gussasphalt [4]

4.2.3.2 Einbau Gussasphalt

Für den Einbau der Schachtabdeckung mit einer Unterfütterung aus Gussasphalt müssen Hilfsgeräte eingesetzt werden, die einer Gussasphalttemperatur von bis zu 250°C standhalten. Das gilt insbesondere für die einzusetzenden Schalungen. Daneben werden Hilfsmittel zur Anpassung der Höhe der Schachtabdeckung an die Straßenoberkante verwendet, so kann z.B. ein Auflager aus drei Steinen dazu dienen, den Rahmen in der angestrebten Höhe über der Oberkante des Schachtaufbaus abstützen (siehe Abbildung 84). Bei dieser häufig praktizierte Methode ist eine exakte Ausrichtung des Schachtrahmens allerdings nur schwer möglich. Darüber hinaus besteht die Gefahr von Lastkonzentrationen im späteren Betriebszustand.

Abbildung 84: Höhenangleich mit Kanalklinkern

Abbildung 85: Höhenangleich mit Nivellierrahmen

Demgegenüber kann die Lage des Rahmens mit dem in Abbildung 85 abgebildeten Nivellierrahmen [53] über drei höhenverstellbare Füße millimetergenau an das Straßenniveau angepasst werden. Der Nivellierrahmen hält den Schachtrahmen so lange auf der eingestellten Höhe, bis die eingebrachte Unterfütterung, hier in Form von Gussasphalt, eine ausreichende Festigkeit erreicht hat.

Nach Justieren der Schachtabdeckung wurde sowohl die Fläche zwischen Schachtrahmen und Schachtkonus, zur Unterfütterung und kraftschlüssigem Anschluss, als auch die Fläche zwischen Schachtrahmen und Fräskante, zur seitlichen Einbindung, in einem Arbeitsgang mit Gussasphalt verfüllt. Der Gussasphalt wird von außen eimerweise eingefüllt und bis 4 cm unter OK Fahrbahndecke aufgefüllt. Die letzte, 4 cm dicke Deckchicht wird in einem separa-

ten Arbeitsgang, nach dem Erhärten der einbindenden Schicht, aufgefüllt (siehe Abbildung 89) und zur Verbesserung der Oberflächenhaftung mit Split abgestreut.

Schalungen verhindern das Herausfließen des Gussasphaltes in den Schacht. Sie dichten den Ringraum zwischen der Unterseite der Schachtabdeckung und der obersten Lage des Schachtkonus zur Schachtinnenseite ab. Da für die Sanierung mit Gussasphalt keine eigenen Schalungen verfügbar waren, wurden versuchsweise zwei unterschiedliche Varianten getestet. Zum einen handelte es sich um einen Selbstbau der bauausführenden Firma und zum anderen um eine Metallschalung, die für den Einsatz von Fließmörteln konzipiert ist. In Abbildung 86 wird die im Selbstbau entstandene Schalung an der Schachtinnenseite eingesetzt. Das gebogenen und beschichtete Blech wird mit der Verstellschraube an den Schachtdurchmesser angepasst (Fa. Niermann, Düsseldorf). Abbildung 87 zeigt die für Mörtelverfüllungen konzipierte Schalung nach Einbringen des Gussasphalts (Fa. Beck, Bad Rappenau). Um ein dichtes Anliegen unterhalb des Ringraumes zu gewährleisten, ist bei dieser Schalung eine Dichtungslippe aus elastischem Kunststoffmaterial (Moosgummi), bündig zur Unterkante, an der Schalungsaußenseite angebracht. Das Anpassen an den Schachtdurchmesser erfolgte auch hier mit einer Verstellschraube. In allen Anwendungsfällen wurden keine Schäden am Stahlblech oder an dem Dichtungselement aus Moosgummi durch das Einbringen von heißem Gussasphalt beobachtet.

Bei großflächigen Schäden rings um die Schachtabdeckung wurde vor dem Ausbau der beschädigten Schachtabdeckung mit einer Straßenfräse der schadhafte Bereich bis zu einer Tiefe von 4 cm aufgefräst (siehe Abbildung 88) und anschließend ebenfalls mit Gussasphalt verfüllt. Die Schnittstelle zwischen Sanierungsstelle und Straße wurde damit vom Rand des Schachtrahmens weiter nach außen verlagert.

Abbildung 86: Einbau einer Metallschalung vor dem Einfüllen von Gussasphalt

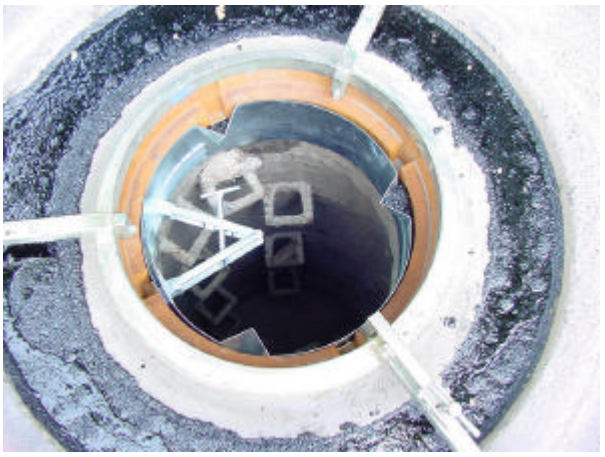


Abbildung 87: Metallschalung im Gussasphalt

Abbildung 88: Fräsen der Asphaltoberfläche im Umfeld der Schachtabdekkung mit einer Straßenfräse

Abbildung 89: Einbringen der oberen 4 cm dicken Gussasphaltschicht im Umfeld der Schachtabdekkung

Zum schnelleren Ausbau der Schachtabdeckungen wurde bei den weiteren Sanierungsmaßnahmen eine Schachtdeckelfräse SKF der Firma STEHR eingesetzt. Die Schachtabdeckungen wurden so in ca. 5 Minuten freigelegt und das entstehende, feinkörnige Fräsgut mit Schaufel und Besen entfernt. Sowohl senkrechte als auch konische Fräsungen sind möglich. Im Rahmen des Vorhabens wurden Schachtabdeckungen mit rechteckigem und rundem Schachtrahmen herausgefräst. Beim Ausbau von rechteckigen Schachtabdeckungen (siehe Abbildung 90) wurde die Fräse ohne konische Verbreiterungen verwendet. Zur Gewährleistung des

Lastabtrags über die konischen Schachtabdeckung wurde der verbleibende Raum mit einer Breite von ca. 10 cm sowie einer Höhe von mindestens 17 cm (Abbildung 91) vollständig mit Gussasphalt aufgefüllt. Als Folge der Verwendung eines großen Gussasphaltvolumens erhärtet der Gussasphalt langsamer aus. Der Zeitpunkt der Verkehrsfreigabe ist somit sehr stark vom Erhärtungsverlauf des Gussasphaltkörpers abhängig.

Werden die Schachtabdeckungen konisch gefräst (siehe Abbildung 92) und auch die konischen Schachtabdeckungen Budaplan®, System STEHR verwendet, reduziert sich die Schicht zwischen Schachtrahmen und alter Asphaltschicht auf ca. 4 cm. Der Gussasphalt kühlt schneller ab und härtet somit schneller aus. Die Prinzipskizzen in Abbildung 94 und Abbildung 95 zeigen die Unterschiede zwischen senkrecht und konisch herausgefräster Schachtabdeckung.

Abbildung 90: Senkrechtes Fräsen mit Schachtdeckelfräse STEHR

Abbildung 91: Verfüllen des senkrecht gefrästen Aufbruchs mit Gussasphalt

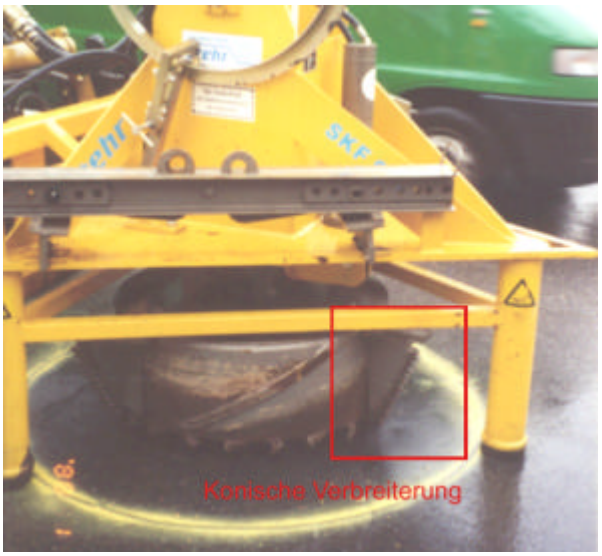


Abbildung 92: Konisches Fräsen mit der Schachtdeckelfräse STEHR

Abbildung 93: Konisch gefräster Aufbruch und konische Schachtabdekkung

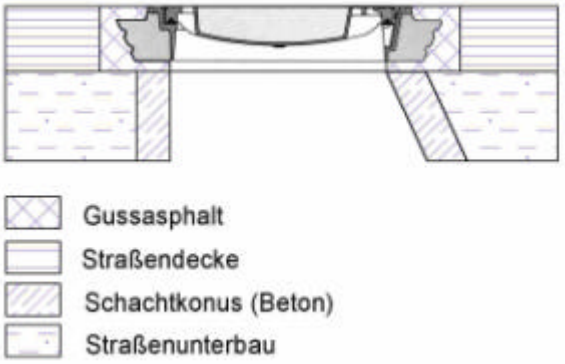


Abbildung 94: Schnittzeichnung einer senkrecht herausgefrästen Schachtabdeckung und Einbau der Schachtabdeckung Budaplan® Systems STEHR

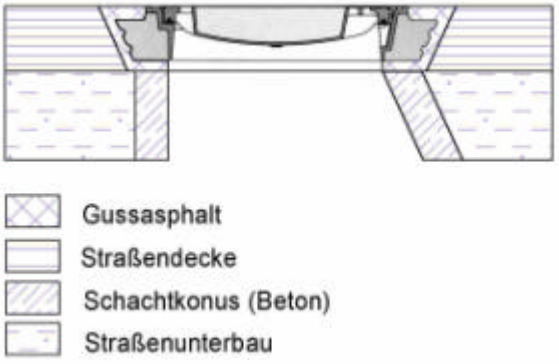


Abbildung 95: Schnittzeichnung einer konisch herausgefrästen Schachtabdeckung und Einbau der Schachtabdeckung Budaplan® Systems STEHR

4.2.3.3 Setzungsmessungen nach Sanierung mit Gussasphalt

Durch den flüssigen Einbau von Gussasphalt unterhalb der Schachtabdeckung wird eine vollflächige Auflage der Schachtabdeckung sichergestellt. Während der Langzeitmessungen an den mit Gussasphalt sanierten Schachtabdeckungen konnten keine nennenswerten Setzungen festgestellt werden (vgl. Abbildung 96).

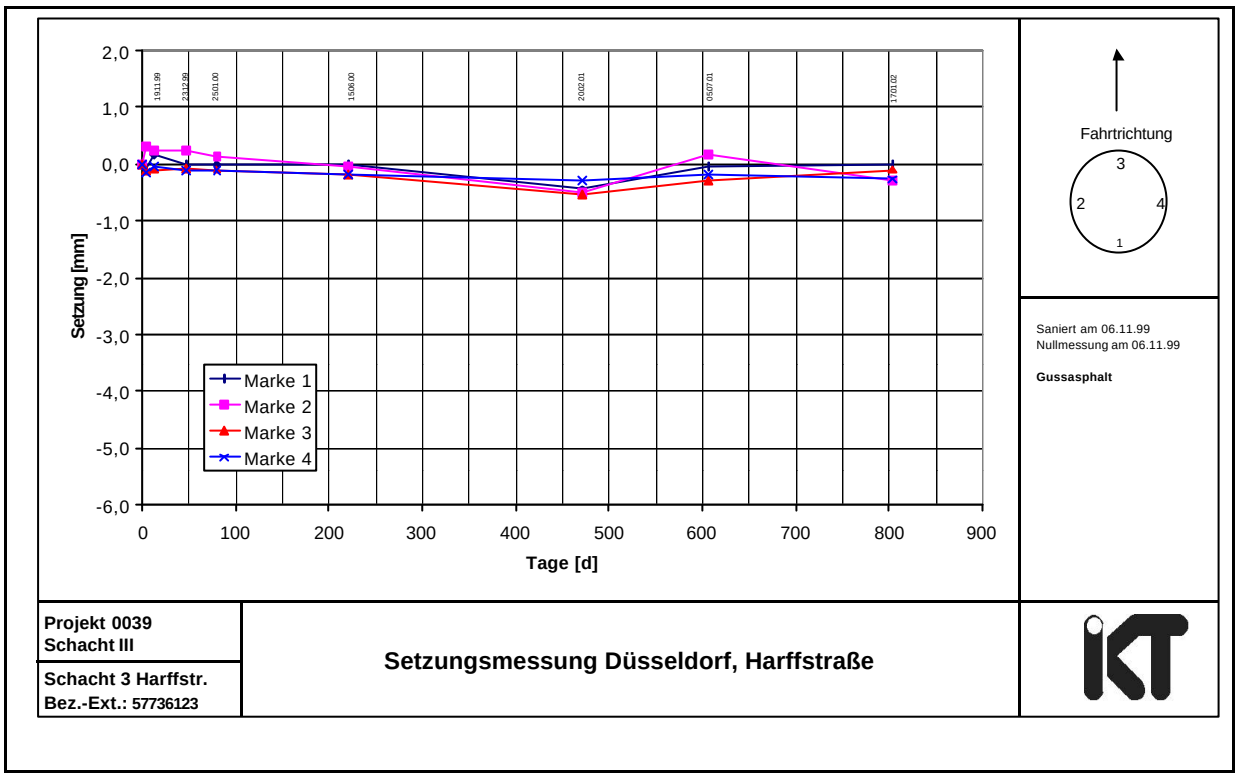


Abbildung 96: Beispiel für ein Ergebnis der Setzungsmessungen an einer mit Gussasphalt sanierten Schachtabdeckung (Mauerwerkschacht)

Die maximalen und minimalen Setzungen an den fünf mit Gussasphalt sanierten und mit Messmarken versehenen Schachtabdeckungen sind in Tabelle 10 zusammengestellt. Die Schachtabdeckungen der Schächte 1 bis 4 wurden mit einer senkrechten Fräse ausgebaut und anschließend sowohl die Unterfütterung als auch die Einbindung mit Gussasphalt hergestellt. Die Schachtabdeckung des Schachtes 5 (57736123) wurde manuell mit einem Pressluftha mmer ausgebaut. Zur Unterfütterung und Einbindung wurde auch hier mit Gussasphalt verfüllt. Die mittlere maximale Setzung betrug 0,5 mm, die mittlere minimale Setzung 0,0 mm.

Tabelle 10 Unterfütterung mit Gussasphalt: Maximale und minimale Setzungen

Lfd. Nr.	Schacht-Nr.	Unterfütterung und Einbindung mit Gussasphalt	Setzungen (negativ) maximal minimal
1	58735141	senkrecht gefräst	max: - 0,5 mm min: ± 0,0 mm
2	58735144	senkrecht gefräst	max: - 0,7 mm min: + 0,1 mm
3	58733111	senkrecht gefräst	max: - 0,2 mm min: + 0,1 mm
4	57728153	senkrecht gefräst	max: - 0,7 mm min: - 0,5 mm
5	57736123	Ausbau mit Presslufthammer	max: - 0,5 mm min: + 0,3 mm
Mittlere Setzungen			max: - 0,5 mm min: ± 0,0 mm

4.2.3.4 Beurteilung der Unterfütterung mit Gussasphalt

Im Rahmen der begleiteten Sanierungsmaßnahmen zeigte sich, dass Gussasphalt grundsätzlich sowohl zur Unterfütterung der Schachtabdeckung als auch zur Einbindung der Schachtabdeckung in die Straßenoberfläche eingesetzt werden kann, wenn geeignete Hilfsmittel wie Schalungen und Nivellierrahmen zur Verfügung stehen und angewendet werden.

Gussasphalt wird bereits in Einbauqualität auf der Baustelle angeliefert, so dass Fehler beim Anmischen vor Ort nicht mehr möglich sind. Als Nachteil ist der hohe Geräteaufwand für die Bereitstellung des Gussasphaltes anzusehen. So ist der Gussasphalt bei einem speziellen Mischwerk abzuholen und in besonderen Gussasphaltkochern zu transportieren (Einbautemperatur: 200 - 250°C). In der Folge kann diese Art der Unterfütterung derzeit lediglich von Firmen angeboten werden, die aus ihrer Tätigkeit im Straßenbau über einen geeigneten Kocher verfügen.

4.2.4 Lastübertragung mit Abdeckplatten AP-M

4.2.4.1 Anwendungsbereich

Im Verlauf des Forschungsvorhabens wurde in Düsseldorf auch eine Baumaßnahme durchgeführt, bei der für zwei nebeneinander liegende Schachtabdeckungen die Abdeckplatte AP-M [9] zur Lastverteilung eingesetzt wurde (siehe Abbildung 97). Dabei wurde bei der vorliegenden Anwendung der Schachtkonus durch die Abdeckplatten ersetzt und die vertikalen Verkehrslasten zusätzlich über die Schottertragschicht in den Baugrund abgeleitet.

Die Abdeckplatten AP-M kommen üblicherweise bei Schächten zur Anwendung, wenn infolge niedriger Bauhöhe die Anordnung eines Schachthalses nicht möglich ist [9].

Abbildung 97 Einsatz von Abdeckplatten AP-M als Auflager für Schachtabdeckungen

4.2.4.2 Einbau der Abdeckplatte AP-M

Um den Einbau der Abdeckplatten vorzubereiten, wurde die Straße im Umfeld der Schachtabdeckungen großflächig mit einem Presslufthammer aufgebrochen. Diese Arbeiten dauerten aufgrund der Festigkeit sowie der Größe der aufzubrechenden Asphaltschicht ca. 2 h (siehe Abbildung 98 und Abbildung 99). Anschließend wurden die Ausgleichsplatten AP-M mit Steinen als Abstandstandhaltern auf die Schottertragschicht aufgelegt. Die Lage der Schachtabdeckungen wurden in einem Fall mittels elastomerer Auflageringe und im zweiten Fall mit

plastischem Mörtel an den Verlauf der Straßenoberkante angepasst (siehe Abbildung 100). Abschließend wurden der Hohlraum unterhalb der Abdeckplatte sowie der seitliche Spalt mit Gussasphalt vergossen (siehe Abbildung 101).

Abbildung 98: Aufbruch der Schachtabdekkungen mit dem Presslufthammer

Abbildung 99: Freigelegte Schachtkörper

Abbildung 100: Eingebaute Abdeckplatten mit aufgelegten Schachtabdekkungen

Abbildung 101: Einbindung der Abdeckplatte sowie der Schachtabdeckungen mit Gussasphalt

4.2.4.3 Beurteilung der Sanierung mit Ausgleichsplatte AP-M

Im vorliegenden Fall kamen Ausgleichsplatten zum Einsatz, weil die äußere und innere Zustandserfassung auf einen sehr schlechten Zustand des Mauerwerks unterhalb der Schachtabdeckung schließen ließ. So waren die Mörtelfugen des gemauerten Schachtes ausgewaschen und eine Sanierung mit Lastabtrag über den Schachtkonus anscheinend nicht mehr möglich (s. Abbildung 102).

Im Laufe der Baumaßnahme stellte sich jedoch heraus, dass nur die innenliegenden Steinreihen ausgewaschen waren. Der aus zwei Steinreihen gemauerte Schacht wies nach der äußeren Inaugenscheinnahme eine gute Substanz auf. Der Einsatz anderer Sanierungsverfahren mit geringerem Aufwand wäre an dieser Stelle ebenfalls zielführend gewesen.

Abbildung 102: Schachtkopf mit ausgewaschenen Mörtelfugen

Im vorliegenden Fall konnten die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Die erste Einschätzung des Schadensausmaßes war falsch. Der beschriebene Schaden hatte nicht das zunächst angenommene Ausmaß. Der Einsatz der Abdeckplatte AP-M wäre nicht notwendig gewesen.
- Für die Sanierung von zwei Schachtabdeckungen wurden insgesamt fünf Stunden benötigt. Allein der Ausbau der Schachtabdeckung mit dem Presslufthammer dauerte zwei Stunden. Dieser Zeitaufwand wurde vom Auftraggeber, der Stadt Düsseldorf, wie auch von der ausführenden Baufirma, als zu aufwendig und zu teuer angesehen.
- Der Gussasphalt wurde mit sehr großer Schichtdicke eingebaut. Unmittelbar an der Schachtabdeckung war diese Schicht mindestens 16 cm dick. Die daraus resutltierende

langsam Erhärtung des Gussasphalts verzögerte die Verkehrsfreigabe. Gussasphalt sollte aus diesem Grund mit einer Schichtdicke von 4 cm (vgl. [20]) eingebaut werden.

4.2.5 Lastübertragung mit Mörtel

4.2.5.1 Eingesetzte Mörtel und Herstellung

Zum Aufsetzen der Schachtringe bzw. zum Ausbessern des Mauerwerks werden sog. kellengerechte Mörtel, d.h. plastische Mörtel ohne Fließeigenschaften, verwendet (s. Abbildung 103). Für die Unterfütterung der Schachtabdeckung können neben plastischen Mörteln auch Fließmörtel eingesetzt werden. Im Rahmen des Vorhabens wurden beide Mörtelarten eingesetzt. Diese wurden als Sackware als sogenannte Trockenmörtel auf die Baustelle transportiert und vor Ort angemischt. Im ungünstigsten Fall geschieht dies von Hand unter weitgehend unkontrollierten Bedingungen (s. Abbildung 104), so dass die seitens des Herstellers definierten Wasserzugabemengen kaum oder gar nicht eingehalten werden.

Abbildung 103: Plastischer Mörtel als Unterfütterung der Schachtabdeckung

Abbildung 104: Anmischen eines Schachtregulierungsmörtels von Hand

Sowohl der Erhärtungsverlauf als auch die Dauerhaftigkeit eines Mörtels hängen sehr stark von den lokalen Randbedingungen der Mörtelherstellung ab. Um dennoch die Sanierungsfälle

miteinander vergleichen zu können, wurden besondere Maßnahmen ergriffen. So wurde der Sanierungsmörtel stets von der selben entsprechend eingewiesenen Person unter Begleitung des IKT und des Mörtelherstellers vor Ort angemischt (Abbildung 105) und die Entnahme des Mörtels zur Probekörperherstellung überwacht. Die Inhaltsstoffe wurden für sämtliche Mischungen zunächst abgewogen und anschließend mit einem elektrisch betriebenen Rührwerk gemischt.

Abbildung 105: Anmischen des Mörtels mit einem elektrischen Rührer

4.2.5.2 Einbau Mörtel

Die komplette Sanierung einer schadhaften Schachtabdeckung mit Mörteleinsatz, vom Ausbau mittels Fräsen bis zur Herstellung der obersten Gussasphaltschicht, ist in Abbildung 106 bis Abbildung 115 am Beispiel des Einbaus einer Schachtabdeckung Budaplan®, System STEHR dokumentiert.

Nach dem Aufbruch der Schachtabdeckung mit der Kanaldeckelfräse (s. Abbildung 106) wird das Fräsgut und der alte Schachtrahmen entfernt (s. Abbildung 107, Abbildung 108 und Abbildung 109). Die Öffnung zum Schacht wird dabei mit einer Absperrplatte verschlossen, um eine Verschmutzung des Schachtbodens zu verhindern. Im nächsten Schritt wird die Schachtabdeckung mit dem Nivellierrahmen millimetergenau ausgerichtet (s. Abbildung 110 und Abbildung 111), eine Schalung eingebaut und der Ringraum mit Mörtel vergossen (s. Abbildung 112, Abbildung 113 und Abbildung 114) Der Anschluss an die Deckschicht wird im letzten Schritt mit Gussasphalt ausgeführt (s. Abbildung 115).

Abbildung 106: Konisches Aufräsen der Schachtabdeckung

Abbildung 107: Freigefräste Schachtabdekkung mit körnigem Fräsgut

Abbildung 108: Ausbau des Fräsguts; Schutz des Kanals durch eine Schachtabsperrplatte

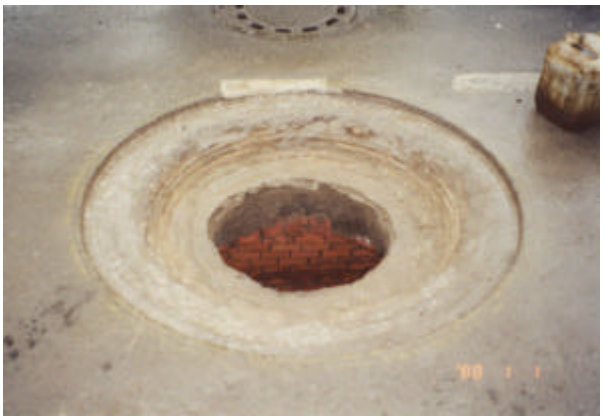


Abbildung 109: Freigefräster und gesäuberte Schachtkopf

Abbildung 110: Aufsetzen der Schachtabdekkung, System STEHR

Abbildung 111: Millimetergenaue Ausrichtung der Schachtabdeckung

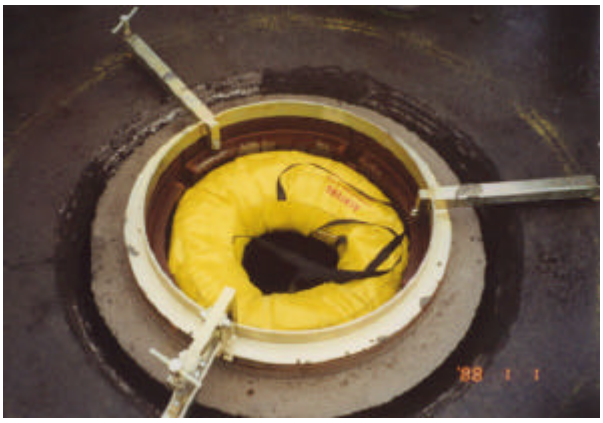


Abbildung 112: Einsetzen der Schlauchschalung vor dem Verguss

Abbildung 113: Einfüllen des Schachtregulierungsmörtels in den Ringraum

Abbildung 114: Schachtabdeckung mit verfülltem Ringraum

Abbildung 115: Schachtabdeckung nach Einbringen der Gussasphaltdeckschicht

4.2.5.3 Setzungsmessungen an der Mörtelfuge

Bei allen unter Einsatz von Mörtel sanierten Schadensfällen wurden Standardschachtabdekkungen, d.h. Schachtabdeckungen nach DIN 19584-1 [39], direkt auf den Schachtkonus mit einer Mörtelfuge aufgesetzt. Auflageringe AR-V nach DIN 4034 Teil 1 [9] wurden nicht verwendet. Die Schächte wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren beobachtet. In Abbildung 116 sind beispielhaft die Ergebnisse einer Setzungsmessung an einem mit Mörtel sanierten Schacht dargestellt. An diesem Schacht beträgt die maximale Setzung 0,5 mm. Die letzte Messung ergab an einem Schacht eine maximale Setzung in Höhe von 0,9 mm.

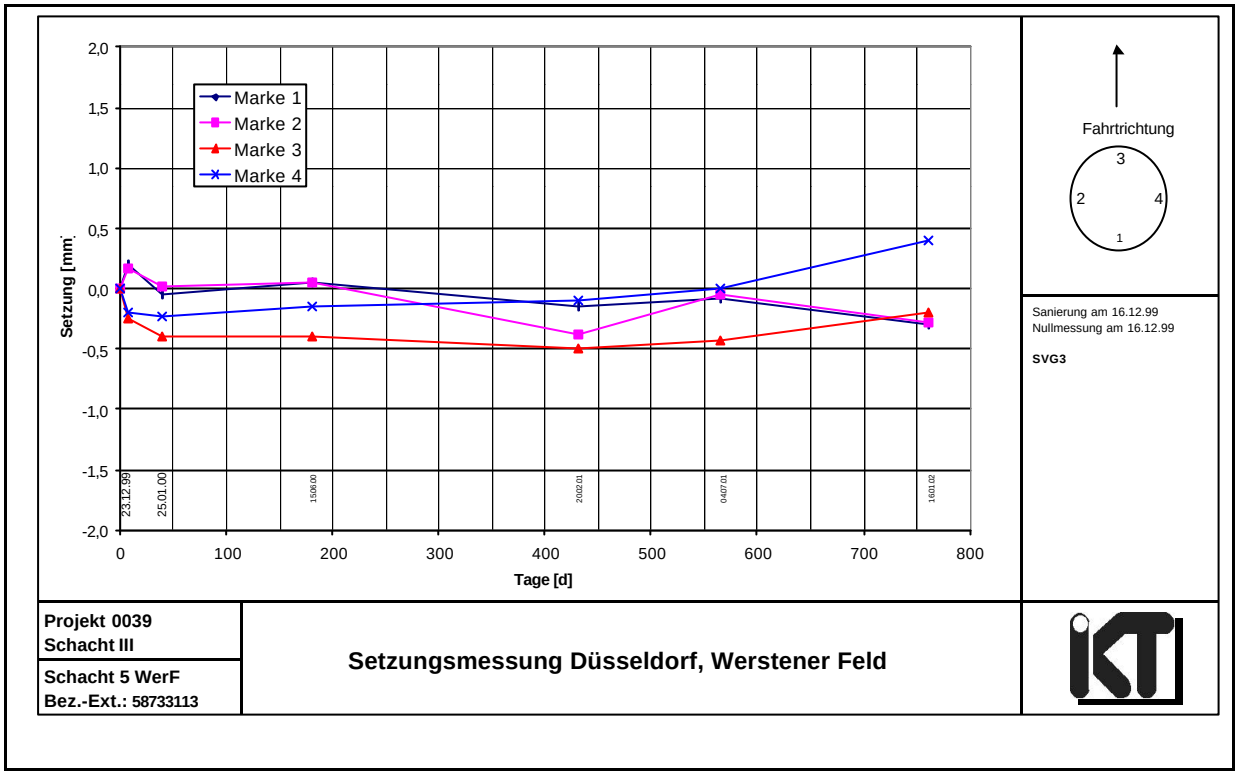


Abbildung 116: Ergebnis der Setzungsmessung an einer mit Mörtel sanierten Schachtabdekkung (Mauerwerksschacht)

Die maximalen bzw. minimalen Setzungen sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Die mittlere maximale Setzung betrug 0,5 mm. Darüber hinaus wurden an den mit Mörtel sanierten Schachtabdeckungen mittlere Hebungen in Höhe von 0,4 mm gemessen. Die maximal ermittelte Hebung hat einen Wert von 0,8 mm.

Tabelle 11 Unterfütterung mit Schachtregulierungsmörtel: Maximale und minimale Setzungen

Lfd. Nr.	Schacht-Nr.	Unterfütterung und Einbindung mit Mörtel	Setzungen (negativ) maximal minimal
1	58733117	Ausbau mit Presslufthammer Mörtel: SVG 3	max: - 0,2 mm min: + 0,3 mm
2	58733116	Ausbau mit Presslufthammer Mörtel: SVG 3	max: - 0,2 mm min: + 0,3 mm
3	58733115	Ausbau mit Presslufthammer Mörtel: SVG 1	max: -0,8 mm min: + 0,5 mm
4	58733112	Ausbau mit Presslufthammer Mörtel: SVG 1	max: - 0,2 mm min: + 0,8 mm
5	58733113	Ausbau mit Presslufthammer Mörtel: SVG 3	max: - 0,5 mm min: +0,4 mm
6	58733114	Ausbau mit Presslufthammer Mörtel: SVG 2	max: - 0,9 mm min: + 0,3 mm
Mittlere Setzungen			max: - 0,5 mm min: + 0,4 mm

4.2.5.4 Beurteilung der Unterfütterung mit Mörtel

Aus den Erfahrungen mit den o.a. Sanierungsmaßnahmen lässt sich ableiten, dass Mörtel, kellengerecht oder als Fließmörtel, bei Berücksichtigung der Vorgaben des Mörtelherstellers grundsätzlich geeignet ist die Belastungen unterhalb einer Schachtabdeckung dauerhaft abzuleiten. Dabei ist zu beachten:

- Das Wasser/Feststoff-Verhältnis ist einzuhalten. Es muss ein Messbecher auf der Baustelle vorhanden sein.
- Wenn vorgegeben, ist der Mörtel mit einem Rührwerk anzumischen. Das Rührwerk gewährleistet eine gleichmäßige Durchmischung der Komponentenvielfalt eines Schachtregulierungsmörtels.
- Bei geringen Temperaturen sind besondere Maßnahmen notwendig, um eine zuverlässige Erhärtung des Mörtels zu gewährleisten, so kann die Verwendung vorgewärmten Wassers sinnvoll sein.
- Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sollte auf die Verwendung von Mörtel verzichtet werden. Durch den Kontakt zum gefrorenen Straßenunterbau, bei der Verwen-

dung von Mörtel sowohl für die Unterfütterung als auch für die seitliche Einbindung, kommt es zu Veränderungen der Mörteleigenschaften an den Kontaktflächen. Es entsteht ein inhomogener Mörtelkörper, der äußeren Einflüssen, wie Verkehrslasten und Frost-Tausalz-Beanspruchungen, keinen ausreichenden Widerstand leisten kann. Daraus kann eine kürzere Lebensdauer der sanierten Schachtabdeckung folgen, da der Mörtelkörper prinzipiell schon vorgeschädigt ist.

5 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Die Ausschreibung und Vergabe von Arbeiten zur Sanierung von Schachtabdeckungen stellen die Verantwortlichen vor eine schwierige Aufgabe. Schachtabdeckungen liegen in der Regel im Straßenraum und finden sich in einer hohen Anzahl im Stadtgebiet (allein ca. 30.000 Schachtabdeckungen für das Stadtgebiet von Düsseldorf). Die Abstände zwischen den einzelnen Abdeckungen betragen zwischen 50 und 100 m und unterschiedliche Verkehrsbelastungen spielen eine Rolle. Zudem finden sich unterhalb von Schachtabdeckungen keine einheitlichen Schachtkörpergeometrien, auch die dort verwendeten Baustoffe können von Schacht zu Schacht voneinander abweichen. Schächte in alten Kanalisationsnetzen wurden in den meisten Fällen aus Mauerwerk hergestellt. In neueren Netzen finden sich Betonschächte und seltener auch Schächte aus Kunststoff.

In Abhängigkeit der Netzcharakteristik und unter Berücksichtigung von Kosten und Personalressourcen sind zunächst geeignete Sanierungsverfahren auszuwählen und bei Ausschreibung und Vergabe zu berücksichtigen. Dabei ist das Ziel der Sanierung die **Funktionsfähigkeit** des Schachtbauwerkes wiederherzustellen. Die Vorgaben für die Ausschreibung und Vergabe sowie die qualitätssichernden Maßnahmen leiten sich daraus ab.

5.1 *Auswahl eines Sanierungsverfahrens*

Die Funktionen von Schachtbauwerken sind u.a. nach *ATV A 241* [54] definiert. Ein Schacht gewährleistet demnach

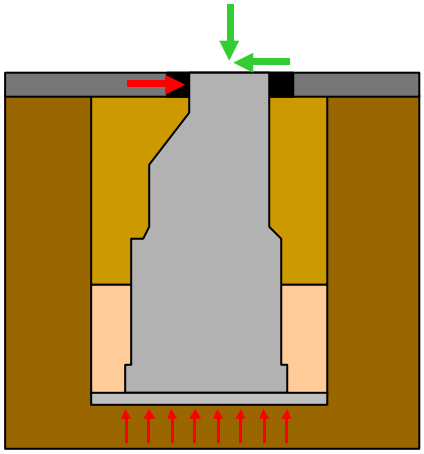
- die **Zugänglichkeit** von außen zum Entwässerungsnetz
- die **Be- und Entlüftung** des Entwässerungsnetzes
- die **Abwasserableitung**, d.h. er kann als Knotenpunkt unterschiedlicher Abwasserkanäle und als Übergabestation bei Änderung des Querschnitts oder des Gefälles dienen. Darüber hinaus können im Schacht auch Hausanschlussleitungen an das Entwässerungsnetz angebunden werden.

Mängel in diesen drei Funktionen geben allerdings nur selten Anlass für Sanierungsmaßnahmen, so z.B. bei fehlerhaften Steigeisen. Ein Sanierungsbedarf entsteht meist erst durch besondere Beanspruchungen, die z.B. aus der Lage des Schachtes (Einbauort, Tiefe des Kanals etc.) und den Betriebsbedingungen (Verkehrslasten, anaerobe Verhältnisse im Abwasser etc.) herrühren. Diese stehen in Wechselwirkungen zu den verwendeten Bauteilen und Werkstoffen. Besondere Bedeutung hat dabei die Ausbildung der Fugen und Verbindungen sowie der Schachtabdeckung. Die Wiederherstellung der in diesem Zusammenhang durch das Bauwerk zu leistenden **Unterstützungsfunktionen** stellt daher das Hauptziel der Sanierung von Schachtabdeckungen dar. Dazu gehören die

- **Tragfähigkeit**, z.B. gegenüber Verkehrslasten, Erddruck, Wasserdruck,
- **Umweltsicherheit**, z.B. gegenüber Lärm, Geruch, Dichtheit,
- **Verkehrssicherheit,** gegenüber Höhendifferenzen Abdeckung – Straße, Rutschgefahr**.**

Abbildung 117 zeigt Beispiele für Beeinträchtigungen dieser Unterstützungsfunktionen durch mangelhafte Schachtabdeckungen.

Tragfähigkeit (Zerstörter Betonkern einer BEGU-Abdeckung)



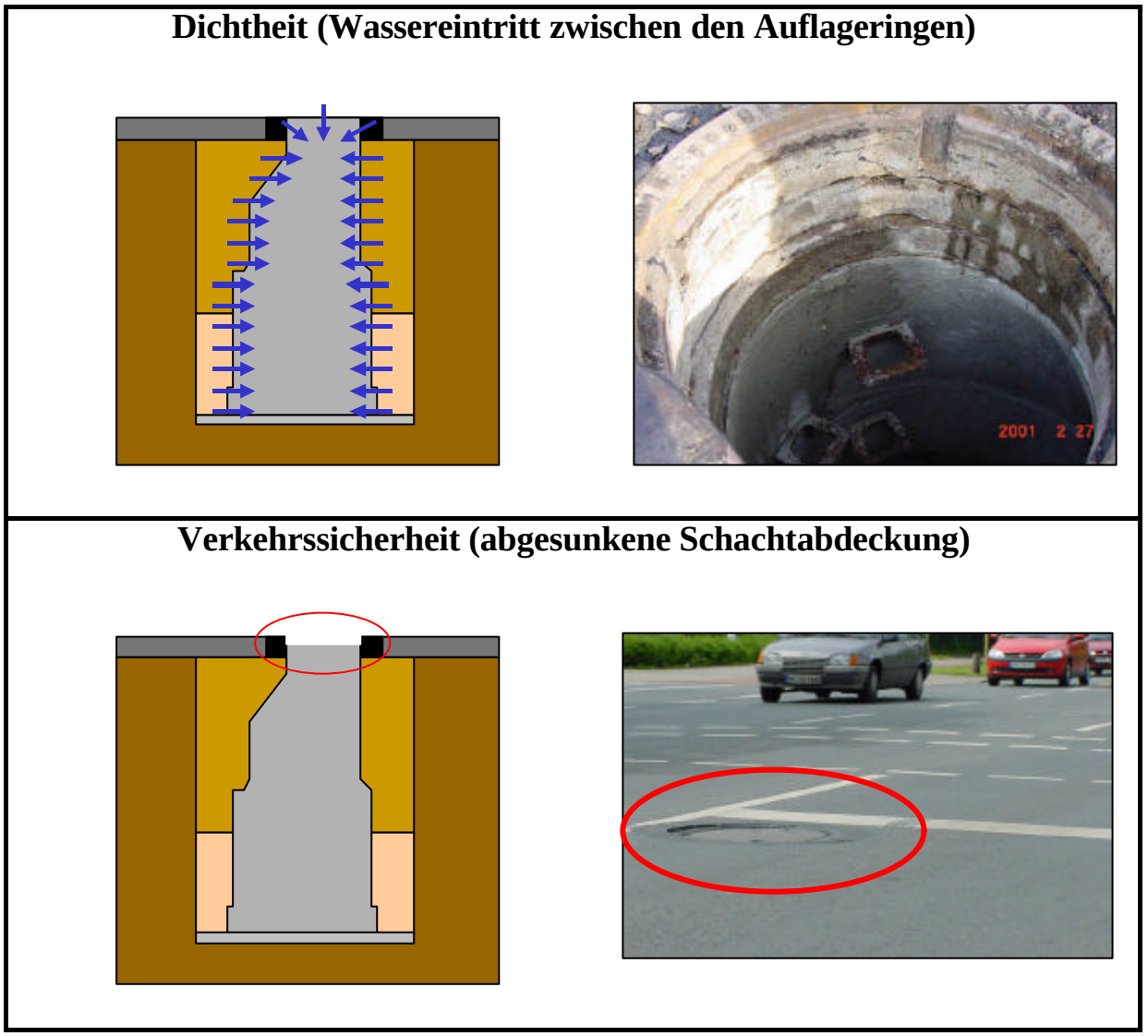


Abbildung 117: Beispiele für die Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit eines Schachtes

Die Beeinträchtigung der beiden Funktionen Tragfähigkeit und Verkehrssicherheit werden dabei am häufigsten erkannt. Die Auswahl eines Sanierungsverfahrens zur Wiederherstellung dieser Funktionen wird maßgeblich von der Art des Lastabtrags (siehe auch Kapitel 3.2.4) bestimmt. Häufig ist mit größerem baulichen Aufwand zu rechnen. Demgegenüber können Lärmbelästigungen durch klappernde Deckel mit vergleichsweise einfachen Mittel behoben werden.

Die Wiederherstellung einzelner Funktionen durch Sanierung ist somit mit unterschiedlichem Aufwand verbunden. DIN EN 752-2 [55] beschreibt deshalb mit dem Oberbegriff ***Sanierung*** alle Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungs-

systemen. Unterschieden wird dabei zwischen ***Reparatur***, ***Renovierung*** und ***Erneuerung***. Eine Einteilung der Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen nach diesen Kategorien kann beispielhaft Abbildung 118 entnommen werden.

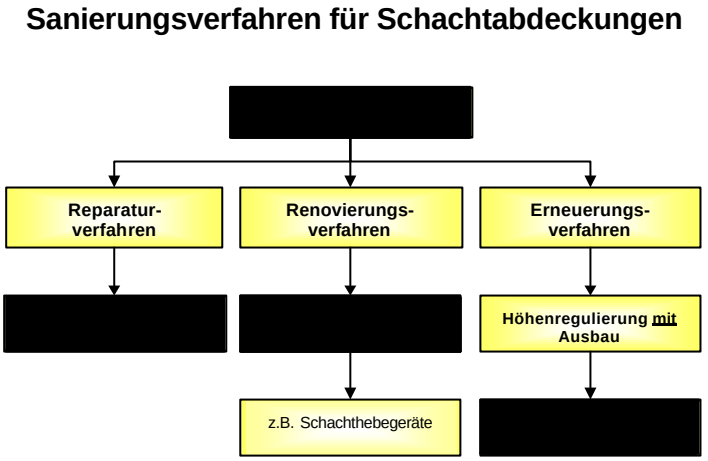
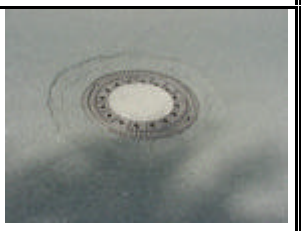


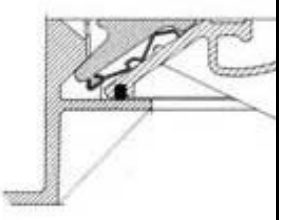
Abbildung 118: Einteilung der Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen, Beispiele [50]

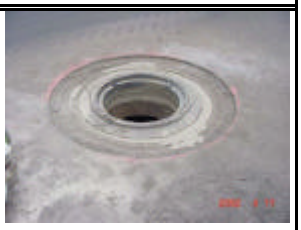
In Tabelle 12 sind die Funktionsbeeinträchtigungen den möglichen Sanierungsverfahren gegenübergestellt. In der Spalte „Mögliche Sanierung“ sind die Kategorien Reparatur, Renovierung und Erneuerung den Sanierungsmethoden erläuternd zugeordnet.

Tabelle 12 Übersicht Funktionsbeeinträchtigung –Sanierungsverfahren, Beispiele (Reparatur, Renovierung oder Erneuerung)

	Funktionen und Beeinträchtigungen		Sanierungsverfahren, Beispiele	
1	**Tragfähigkeit**			
1.1	***vertikale Tragfähigkeit***			
1.1.1	Risse in der Rahmenauflage oder in der Deckelauflage		Austausch der Schachtabdeckung (*Erneuerung*)	Ausbau
1.1.2	Betoneinlage in einer BEGU Abdeckung gebrochen		Austausch der Schachtabdeckung (*Erneuerung*)	Einbau
1.1.3	Schachtabdeckung abgesunken, Unterfütterung mit Mörtel defekt		Austausch der Schachtabdeckung unter Berücksichtigung des Lastabtrags (z.B. konische Schachtabdeckung), (*Erneuerung*)	
1.1.4	Schachtabdeckung abgesunken, nur Mörtelfuge ausgewaschen		Heben der Schachtabdeckung und Wiederherstellung der Mörtelfuge (Heben mit Schachthebegeräten nur bei Vollgussabdeckungen ohne Flansch [15]) (*Renovierung)*	
1.1.5	Schachtabdeckung abgesunken, Auflageringe defekt		Ausbau der Schachtabdeckung und defekten Auflageringe. Erneuerung unter Berücksichtigung des Lastabtrags (z.B. SSU-System), (*Erneuerung*)	

	Funktionen und Beeinträchtigungen		Sanierungsverfahren, Beispiele	
1.1.6	Schachtabdeckung abgesunken, Steine ausgebrochen		Ausbau der Schachtabdeckung sowie des geschädigten Mauerwerks. Auswahl eines geeigneten Lastabtragprinzips (z.B. Lastübertragungsplatte), (*Erneuerung*)	
1.2	***horizontale Tragfähigkeit***			
1.2.1	Einbindung in die Straße defekt und Schachtabdeckung abgesunken		Heben oder Ausbau der Schachtabdeckung. Ausgleich der Einbindung mit Kaltasphalten oder Freifräsen der Einbindung und Einbau von Gussasphalt. (*Reparatur*)	
1.2.2	kleinflächige Setzungen um die Schachtabdeckung		Ausgleich mit Kaltasphalt oder Freifräsen und Einbau von Gussasphalt oder Einbau von Formsteinen (*Reparatur*)	
1.2.3	großflächige Setzungen um die Schachtabdeckung		Ausbau der Einbindung und Ausgleich mit Gussasphalt oder Formsteinen. (*Erneuerung*)	
1.2.4	Fugenverguss verformt		Ausbau der Formsteine und Vergussmasse sowie Einbau von Formsteinen mit anderem Fugenverguss oder Einbau von Asphalt. (*Erneuerung*)	
1.2.5	Umrandungssteine verschoben		Ausbau der Formsteine und Vergussmasse sowie Einbau von Formsteinen mit anderem Fugenverguss oder Einbau von Asphalt. (*Erneuerung*)	

	Beschreibung	Bild	Beschreibung	Bild
2	**Umweltsicherheit**			
2.1	***Lärm***			
2.1.1	Klappernder Deckel im Rahmen		Austausch der Schachtabdeckung bzw. Einbau von Antiklapperringen oder Antiklapperpaste (*Reparatur*)	
2.1.2	Klappernder Rahmen auf der Unterfütterung		Austausch der Schachtabdeckung bzw. Anheben, wenn die Schachtabdeckung hierfür gebaut ist (Gusseiserne, glatte Schachtabdeckung ohne Flansch [15]) (*Renovierung*)	
2.2	***Geruch***			
2.2.1	Geruchsbelästigung		Verwendung von geruchsdichten Schachtabdeckungem (*Renovierung oder Erneuerung*)	
2.3	***Dichtheit (Exfiltration und Infiltration)***			
2.3.1	Eindringendes Oberflächenwasser		Verwendung von tagwasserdichten Schachtabdeckungen (*Renovierung oder Erneuerung*)	
2.3.2	Schmutzeintrag über die Schachtabdeckung in die Kanalisation		Verschlussstopfen, die in den Schachtdeckel eingeschlagen werden. Auch Geruchsbelästigungen kann so entgegengewirkt werden. (*Reparatur*)	

	Beschreibung	Bild	Beschreibung	Bild
2.3.3	Eindringendes Wasser im Bereich der Unterfütterung		Ausbau der Schachtabdeckung und Unterfütterung. Einbau einer dichten Unterfütterung sowie dichte Anbindung des Einbindungsbereichs an die Schachtabdeckung. (*Erneuerung*)	
2.3.4	Undichtigkeit durch Risse im Schachtkopf, Schachtkonus oder Schachtkörper z.B. durch Verkehrsbelastung		Beschichtung des Schachtes unter Berücksichtigung des Lastabtrags	
3	**Verkehrssicherheit**			
3.1	Schachtabdeckung abgesunken		Austausch der Schachtabdeckung bzw. Anheben, wenn die Schachtabdeckung hierfür gebaut ist (Gusseiserne, glatte Schachtabdeckung ohne Flansch[15])	siehe Tragfähigkeit
3.2	Schachtabdeckung herausgewachsen		Ausbau der Schachtabdeckung und Wiederherstellung des Einbindebereichs	siehe Tragfähigkeit
3.3	Umrandungssteine locker		Ausbau der Formsteine und Vergussmasse sowie Einbau von Formsteinen mit anderem Fugenverguss oder Einbau von Asphalt (*Erneuerung*)	

	Beschreibung	Bild	Beschreibung	Bild
4	**Zugänglichkeit**			
4.1	Höhe der Unterfütterung		Die Höhe der Unterfütterung darf maximal 24 cm betragen.	
5	**Abwasserableitung**			
5.1	Rückstau und Überschwemmung		Verwendung von rückstausicheren Schachtabdeckungen (*Renovierung oder Erneuerung*)	
6	**Be- und Entlüftung**			
6.1	Geruchsbelästigung aus der Kanalisation		Verschlussstopfen, die in den Schachtdeckel eingeschlagen werden (*Reparatur*)	

5.2 *Ausschreibung, Vergabe und Qualitätssicherung*

Im Zusammenhang mit der Sanierung von Kanälen wird üblicherweise vor der Ausschreibung der eigentlichen Sanierungsmaßnahme eine weitere Kanalinspektion durchgeführt. Deren Ergebnisse sind die Grundlage zur Auswahl eines im Einzelfall geeigneten Sanierungsverfahrens. Demgegenüber wird bisher nach Meldung einer schadhaften Schachtabdeckung aufgrund der vergleichsweise geringen Sanierungskosten der Einzelmaßnahme nur selten der bauliche Zustand vor Ort überprüft. In der Folge können ungeeignete Sanierungsverfahren zum Einsatz kommen, so dass sanierte Schachtabdeckung häufig bereits vor Ablauf der Gewährleistungszeit (z.B. zwei Jahre) wieder Schäden aufweisen.

Die Kosten für eine Einzelmaßnahme liegen je nach Verfahren zwischen € 200,- und € 1.000,-. Unter der Annahme, dass jährlich ca. 1% der Schachtabdeckungen saniert werden, ergeben sich beispielsweise für die ca. 30.000 Schachtabdeckungen in Düsseldorf zu erwartende Kosten zwischen € 60.000 und € 300.000 pro Jahr. Die Höhe dieser Gesamtkosten legt wiederum eine genauere Planung und Vorbereitung der Sanierungsmaßnahmen nahe. Abbildung 119 zeigt als Planungsgrundlage beispielhaft den zeitlichen Ablauf einer Sanierungsmaßnahme, beginnend von der ersten Schadensmeldung, über die Ausschreibung und Vergabe der Sanierung, bis hin zu qualitätssichernden Kontrollen und evtl. wieder auftretenden Schäden am gleichen Bauwerk.

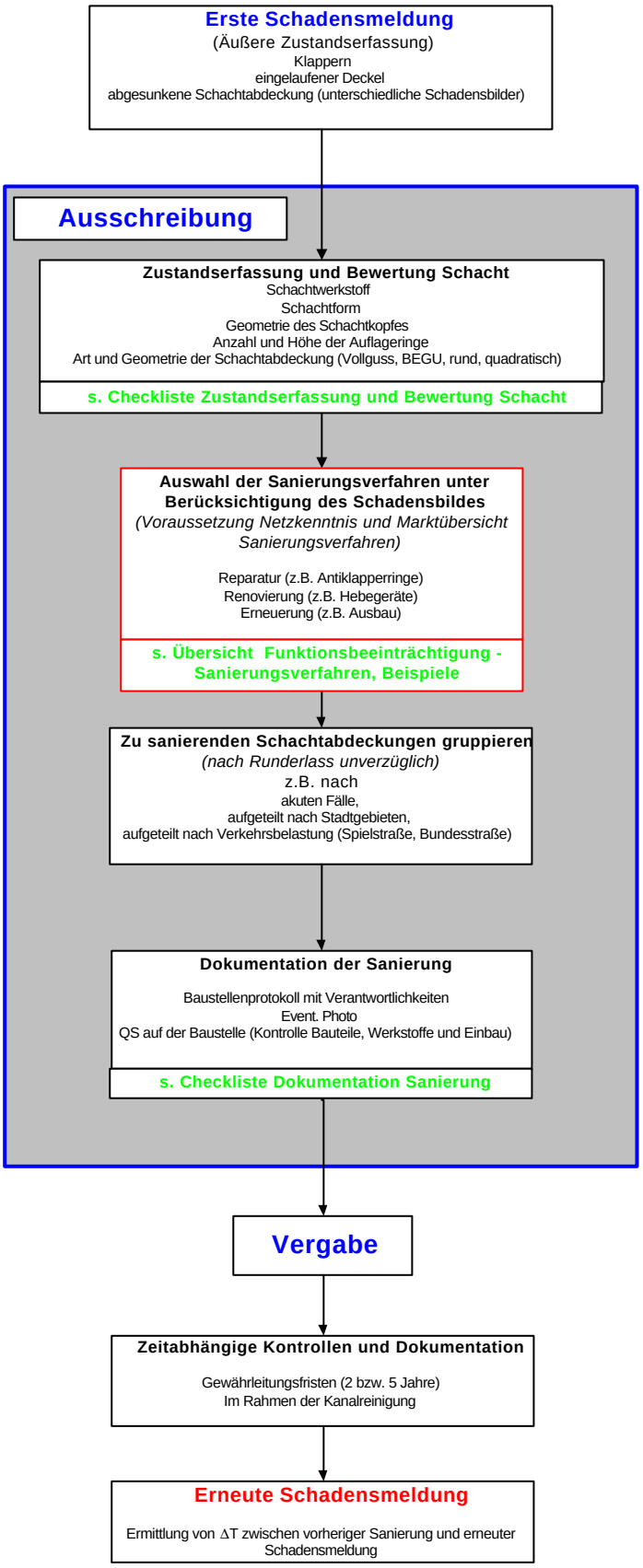


Abbildung 119: Ablaufdiagramm zur Ausschreibung und Vergabe von Sanierungen

Mit der **ersten Schadensmeldung** steht der zuständige Sachbearbeiter vor der Fragestellung: **Wer** macht **Was**, **Wie Wann** und **Wo** ?, d.h.

Wer soll die Sanierung durchführen?

Was soll saniert werden?

Wie soll saniert werden?

Wann soll saniert werden?

Wo soll saniert werden?

Die erste Schadensmeldung umfasst in den meisten Fällen allerdings nur eine grobe Zustandsbeschreibung. So wird z.B. auf klappernde Deckel, Höhenunterschiede zwischen Schachtdeckel und Schachtrahmen bzw. abgesunkene Schachtabdeckungen hingewiesen. Eventuell werden noch Angaben über den Zustand der Einbindung der Schachtabdeckung gemacht.

Zunächst bietet sich somit eine Identifizierung des Schachtes im Netz sowie eine **Zustandserfassung und Bewertung** an. Dies betrifft z.B. Straßenlage, Schachtnummer, Baujahr, bereits erfolgte Sanierungsmaßnahmen und ggf. Sanierungsdaten, Schachthöhe und Verkehrsbelastung. Ebenso müssen Daten über die Schachtwerkstoffe, die Schachtgeometrie, die Bauhöhe im Ausgleichsbereich und vor allem über die momentan eingebaute Schachtabdeckung vorliegen. Die im Anhang beigefügte Checkliste „Zustandserfassung und Bewertung Schacht“ kann hierfür als Anhalt dienen. Die Zustandserfassung des Altbestandes kann auch als Leistung an sachkundige Dritte, z.B. Ingenieurbüros, Inspektions- und Reinigungsunternehmen, vergeben werden, allerdings sollte auch der verantwortliche Sachbearbeiter mit den Bedingungen vor Ort vertraut sein.

Die aufgenommenen Zustandsdaten und Schadensbilder werden hinsichtlich möglicher Beeinträchtigungen der oben genannten Funktionen bewertet. Diese Bewertung dient als Grundlage für die **Auswahl der Sanierungsverfahren** Ziel ist die kostengünstige und dauerhafte Sanierung aller möglichen Schäden an den Schachtabdeckungen eines Kanalnetzes unter Berücksichtigung des Schadenbildes und der einwirkenden Belastungen. Ein Hauptauswahlkriterium stellt die Wiederherstellung der Funktion Tragfähigkeit dar, die durch die Lastabtragsart der Schachtabdeckung und die Belastung durch den Verkehr bestimmt wird. So scheint beispielsweise die Verwendung eines entkoppelten Lastabtragssystems in einer Spiel-

straße ohne starke LKW-Belastung bei gleichzeitig tragfähigen Schacht hinsichtlich der damit verbundenen Kosten nicht mehr angemessen.

Durch die Auswahl unterschiedlicher Sanierungsverfahren kann sich das Problem ergeben, dass keine Sanierungsfirma zu finden ist, die alle erforderlichen Sanierungsverfahren anbietet, oder dass der Anbieter von aufwendigen Verfahren nicht kurzfristig für dringende Sanierungsfälle zur Verfügung steht. Eine **Gruppierung der Schadensfälle** scheint dann sinnvoll. Für die Planung der Sanierungsmaßnahmen empfiehlt sich z.B. die Gruppierung nach

- Dringlichkeit,
- Ortsteilen bzw. Netzen,
- Sanierungsverfahren,
- Bautrupps.

Eine Kombination der drei genannten Gruppierungsmöglichkeiten ist möglich und wird durch die Kanalnetzbetreiber bereits praktiziert. So werden beispielsweise klappernde Schachtabdeckungen mit Hilfe von Reparaturverfahren (Antiklapperringe oder Antiklapperpaste) sofort saniert. Je nach Größe des Kanalnetzes werden diese Aufgaben von unterschiedlichen Bautrupps, z.B. aufgeteilt nach Ortsteilen, abgearbeitet. Darüberhinaus kann von der Gruppierung der Sanierungsmaßnahmen die Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens abhängen. Lange Fahrzeiten mit großen Geräten erhöhen beispielsweise die Kosten der Einzelsanierung und können aufwendige Sanierungsverfahren unrentabel machen.

Ein Mittel zur Qualitätssicherung der Baumaßnahme ist neben Baustellenbesuchen die **Dokumentation der Sanierungsmaßnahmen** in Form eines Protokolls (Beispiel s. Abbildung 120), das gleichzeitig als Abrechnungsgrundlage dienen kann. Neben den allgemeinen Angaben zum Schacht, die aus der Zustandserfassung einfließen, gehören hierzu vor allem die Dokumentation der Sanierungsverantwortlichkeiten und der Sanierungsart. Aus dem Protokoll sollte klar zu erkennen sein, wer die Arbeiten wo und wie ausgeführt hat. Die Lastklasse der eingebauten Schachtabdeckung, die besonderen Eigenschaften (normal, tagwasserdichte, rückstausichere - oder geruchsdichte Ausführung) sowie die Rahmenform (standard, selbstnivellierend oder konisch) sind aufzuführen. Anzahl und Höhe der eingesetzten Auflageringe AR-V nach DIN 4034–1 [9] und die Art der Bettung sind zu dokumentieren. Beim Einsatz von Schachtregulierungsmörteln sollten die Bezeichnung des Mörtels, die Menge, Chargen-

Nr. und Schichtdicke angegeben werden. Weiterhin können beispielsweise die Art der Aufbrucharbeiten, mit Pressluftgeräten, Fräsen oder Bohrern, dokumentiert werden. In wieweit Mauerwerksschichten oder Teile des Schachtkonus entfernt wurden ist zu belegen. Abschließend gehört auch die Art der Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenkörper in das Baustellenprotokoll.

Allgemeines

Stadt:		**PLZ:**		**Straße:**	
Schacht-Nr.:				**Datum:**	
Ausführende Firma:			**Sanierungsverantwortlicher**		
Anschrift:			Name:		
			Unterschrift:		
Wetter					
Temperatur (ca.):			Niederschlag:		
			❑		trocken
			❑		Regen
			❑		Schnee

Sanierungsarbeiten

1) Werkstoffe

a) Schachtabdeckung					
Lastklasse:	D 400	❑		Höhe [mm]:	
	C 250	❑		Ø [mm]:	
	B 125	❑		Material:	
Eigenschaften:	❑	Normal			
	❑	Tagwasserdicht			
	❑	Rückstausicher			
	❑	Geruchsdicht			
Form:	❑	Standard			
	❑	Selbstnivellierend			
	❑	Konische Abdeckung			
b) Schachtausgleichsring AR-V nach DIN 4034 – 1					
Höhe 6 cm (Stückzahl):					
Höhe 8 cm (Stückzahl):					
Höhe 10 cm (Stückzahl):					
c) Schachtregulierungsmörtel					
Hersteller:		Bezeich-nung:			
Menge [kg]:		Chargen-Nr.:		Schichtdicke [cm]	

2) Aufbrucharbeiten

Fräsung:				
konisch	❑	**Durchmesser der Fräskrone:**		
abgefräster Randbereich	❑	530 mm		❑
senkrecht	❑	820 mm		❑
		930 mm		❑
		1030 mm		❑
Mauerwerksschichten entfernt:		❑	Stück	

3) Verfüllung (Aufbau)

Einbindung mit Gussasphalt		**Einbindung mit Schachtregulierungsmörtel**	
❑	Menge 1 (konisch)	❑	Menge 1 (konisch)
❑	Menge 2 (abgefräster Randbereich)	❑	Menge 2 (abgefräster Randbereich)
❑	Menge 3 (senkrecht gefräst)	❑	Menge 3 (senkrecht gefräst)

Abbildung 120: Protokoll zur Dokumentation der Sanierung von Schachtabdeckungen am Beispiel des Sanierungssystem STEHR

Zusammenfassend bestimmen die Arbeitsschritte

- Zustandserfassung und Bewertung des Bauwerks Schacht,
- Auswahl der Sanierungsverfahren unter Berücksichtigung des Schadensbildes,
- Gruppierung der zu sanierenden Schachtabdeckungen und
- Dokumentation der Sanierung

die Ausschreibung von Maßnahmen zur Sanierung von Schachtabdeckungen. Je nach Netzbeschaffenheit und Personalstruktur des Auftraggebers können diese vier Aufgaben durch eigenes Personal oder durch Fremdfirmen wahrgenommen werden und bestimmen somit die Art und den Umfang der Ausschreibung und der **Vergabe**.

Zeitabhängige Kontrollen der sanierten Schachtabdeckungen sollten im nächsten Schritt im Rahmen der Gewährleistungsabnahme erfolgen. Durch einen Soll-Ist-Vergleich auf der Grundlage der Baustellendokumentation kann beurteilt werden, ob die gewählte Sanierungsart den Belastungen standgehalten hat. Wird festgestellt, dass erneut Schäden an der Schachtabdeckung auftreten, kann nach den in Abbildung 121 dargestellten Schritten vorgegangen werden. Das dort dargestellte Ablaufdiagramm ist in weiten Teilen identisch mit dem Ablaufdiagramm in Abbildung 119. Das Vorgehen wird aber bei einer erneuten Schadensmeldung durch den Arbeitsschritt **Ursachenforschung** ergänzt.

Als Ursache einer nicht erfolgreichen Sanierung kommt eine unsachgemäße Anwendung des Sanierungsverfahrens sowie die Anwendung eines nicht geeigneten Sanierungsverfahrens in Frage. Als Entscheidungsgrundlage dient das Baustellenprotokoll der vorangegangenen Sanierung. Bei unsachgemäßer Anwendung eines Sanierungsverfahrens greift in der Regel die Gewährleistungsfrist. Bei der Anwendung eines nicht schadensangepassten Sanierungsverfahrens ist für die folgende Sanierung ein angepasstes Verfahren zu wählen. Ist kein Schaden nach Ablauf der Gewährleistungsfrist erkennbar, so kann davon ausgegangen werden, dass ein schadensangepasstes Bauverfahren in guter Qualität ausgeführt wurde.

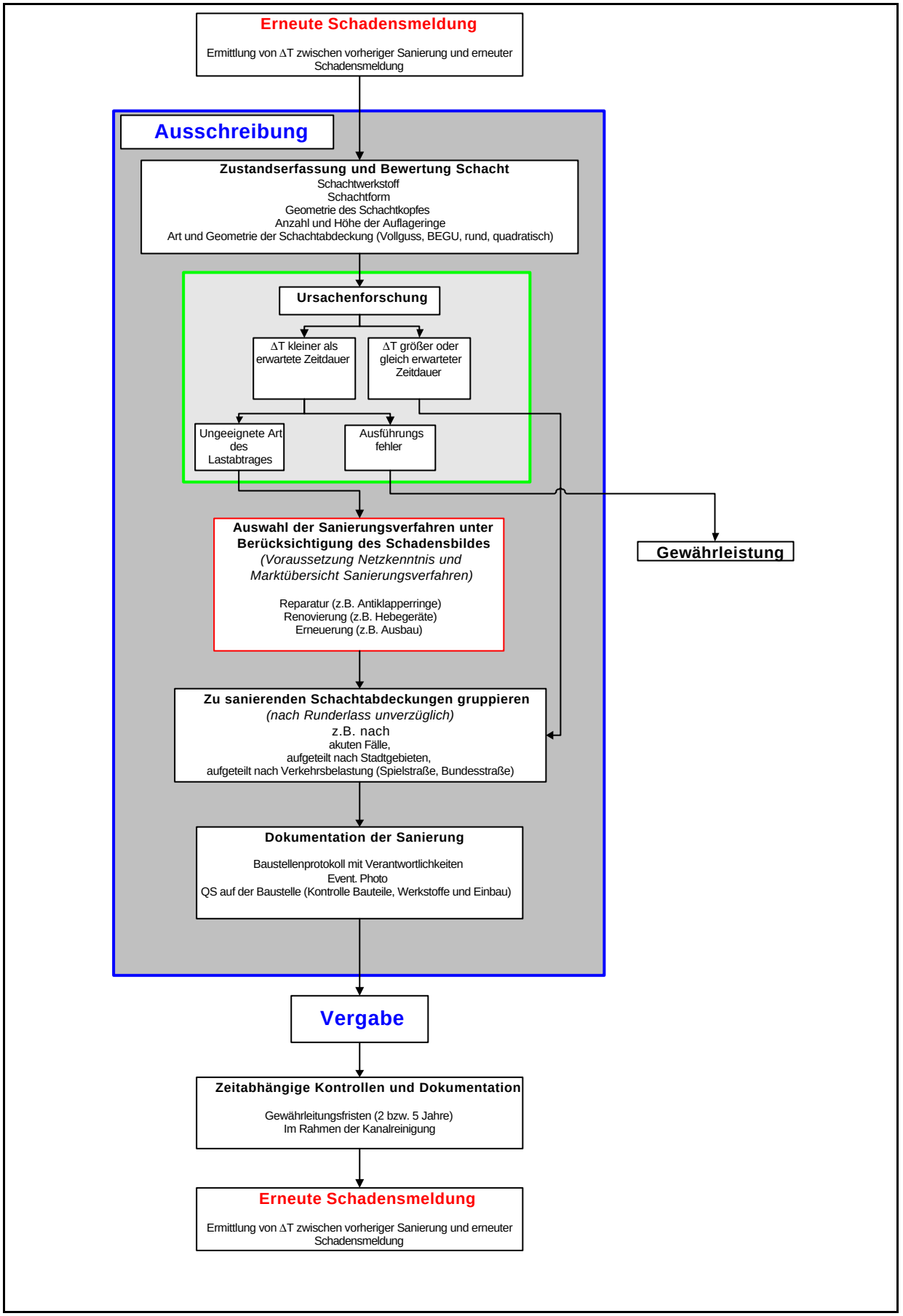


*Abbildung 121: Ablaufdiagramm zur **erneuten** Ausschreibung und Vergabe von Sanierungen*

6 Zusammenfassung

Hintergrund

Mit Inkrafttreten der „Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem“ (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SüwVKan [1]) am 1. Januar 1996 wurden die Kanalnetzbetreiber in Nordrhein-Westfalen gesetzlich verpflichtet, den baulichen und betrieblichen Zustand ihres Kanalnetzes sowie der zugehörigen Bauwerke der Ortsentwässerung bis spätestens zum 31.12.2005 erstmalig vollständig zu erfassen. In Abhängigkeit des Inspektionsergebnisses sind entsprechende Betriebs- und Unterhaltungsmaßnahmen durchzuführen, die in dem Runderlass [2] des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen des Landes Nordrhein-Westfalen vom 03.01.1995 vorgegeben werden. Der Anlage des Runderlasses kann entnommen werden, dass bei Schäden an Kanaldeckeln, Schmutzfängern und Steigeisen diese unverzüglich ausgewechselt oder instandgesetzt werden müssen.

Erfahrungen einer Vielzahl von Kanalnetzbetreibern in NRW zeigen, dass oftmals innerhalb weniger Jahre nach erfolgter Sanierung bereits erneut Schäden an Schachtabdeckungen auftreten. Es besteht Unsicherheit, welche Sanierungsverfahren geeignet sind, Schachtabdeckungen dauerhaft zu sanieren. Bereits 1995 beauftragte daher das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen mit der Durchführung von Laborversuchen im Maßstab 1:1 zur Simulation der über die Lebensdauer auf die Schachtabdekkung einwirkenden Verkehrslasten (vgl. [3]). Im Ergebnis zeigte sich, dass Verkehrslasten allein nicht Ursache des Versagens der Sanierungssysteme sein können.

In den Jahren 1998 und 1999 wurden daher unterschiedliche Sanierungsverfahren hinsichtlich ihrer Beständigkeit unter chemisch/physikalischen Beanspruchungen untersucht und die dabei auftretenden Versagensmechanismen beschrieben [4]. Als wesentliche Ursache für Schäden an Schachtabdeckungen wurde das Versagen der Mörtelfuge zwischen dem Rahmen der Schachtabdeckung und dem Schachtkonus bzw. den Auflageringen in Folge der Wechselwirkung aus dynamischen Verkehrslasten und chemisch-physikalischen Beanspruchungen erkannt. Darüber hinaus wurde deutlich, dass einige der eingesetzten Mörtelsysteme die Anfor-

derungen unter Praxisbedingungen, z.B. kurze Aushärtezeiten bei hoher Produktqualität, nicht erfüllten. Auch wurde eine unsachgemäße Handhabung auf der Baustelle beobachtet.

Mit den Ergebnissen des hier beschriebenen Forschungsvorhabens wird diesen Schwachstellen bei der Instandhaltung von Schachtabdeckungen begegnet. Dies betrifft insbesondere die Entwicklung von Eignungsprüfungen für Sanierungsverfahren und qualitätssichernde Maßnahmen für Ausschreibung, Vergabe und Ausführung sowie die Erprobung neuer bzw. modifizierter Sanierungsverfahren.

Schadensbilder

Anlass für die Sanierung von Schachtabdeckungen sind in der Regel Schäden, die eine Geräuschbelästigung oder eine Gefährdung der Verkehrsteilnehmer mit sich bringen. Dazu gehören:

- Schäden in Form von Rissbildung am Schachtrahmen oder am Schachtdeckel,
- Verschleiß des Schachtrahmens und/oder des Schachtdeckels insbesondere an der Auflagerfläche zwischen Deckel und Rahmen,
- Niveauunterschiede nach Erneuerung des Straßenoberbaus,
- Schäden an der Einbindung in den Straßenoberbau ohne Lageabweichung der Schachtabdeckung,
- Schäden des Straßenoberbaus im Umfeld der Schachteinbindung,
- Setzungen der Schachtabdeckung sowie der Einbindung in den Straßenoberbau,
- Setzungen der Schachtabdeckung, ohne das Schäden im Bereich des Straßenoberbaus vorliegen,
- unzureichende bzw. aufgelöste Unterfütterung an Schachtabdeckungen.

Die o.a. Schadensbilder sind nicht allein auf ein Versagen der Schachtabdeckung zurückzuführen, unter der nach DIN EN 124 [7] lediglich der „obere Abschluss eines Schachtes oder eines anderen Raumes, bestehend aus Rahmen und Deckel und/oder Rost ..“ verstanden wird. Die Schadensursachen stehen meist in Zusammenhang mit der konstruktiven Ausbildung des gesamten Schachtkopfes, bestehend aus Auflageringen, Mörtelfugen, Schachtrahmen und Schachtdeckel (vgl. Abbildung 14), einschließlich Einbindung in den Straßenoberbau. Somit bezieht auch die Maßnahme „Sanierung der Schachtabdeckung“ stets den gesamten Schachtkopf mit ein.

Bauteile und Werkstoffe

Die auf die Schachtabdeckung einwirkenden Lasten werden durch den Straßenoberbau und/oder den im Erdreich eingebauten **Schachtkörper** abgetragen. Der Schachtkörper kann aus Fertigteilen (z.B. Beton, PE-HD, GFK, Polymerbeton) bestehen oder örtlich hergestellt werden (Mauerwerk, Ortbeton). Schächte aus Mauerwerk werden im Neubau nur noch selten ausgeführt, sind aber häufig noch in alten Kanalisationsnetzen zu finden. In Abhängigkeit der eingesetzten Schachtkörper können sich die Anforderungen an den Einbau der verwendeten Schachtabdeckungen stark voneinander unterscheiden.

Mörtel werden sowohl beim Neubau als auch der Sanierung von Schachtabdeckungen eingesetzt, so z.B. als Verbindung zwischen den Auflageringen bzw. Auflagering und Schachtabdeckung (vgl. Abbildung 19) sowie zur Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau.

Schachtabdeckungen werden im Rahmen von Neubau- und Sanierungsarbeiten üblicherweise unter Verwendung von **Asphalt** in den Straßenoberbau eingebunden. Bei Asphalt handelt sich um ein Gemisch aus Bitumen und Zuschlagstoffen, das im Straßenoberbau in unterschiedlichen Zusammensetzungen zum Einsatz kommt. Bei der Sanierung von Schachtabdeckungen werden im wesentlichen Asphaltbeton im Heiß- oder Warmeinbau, Gussasphalt oder Kalt- bzw. Reparaturasphalt eingesetzt.

Schachtabdeckungen bilden das Bindeglied zwischen Schachtbauwerk und Fahrbahnoberfläche und müssen daher Verkehrslasten aufnehmen, die entweder über den Schachtkonus und/oder den Straßenoberbau abgeleitet werden. Die Höhe dieser Lasten hängt vom Einsatzort ab. So werden Schachtabdeckungen grundsätzlich auf Autobahnen durch höhere Geschwindigkeiten und eine größere Zahl von Überfahrten stärker belastet als Schachtabdekkungen in verkehrsberuhigten Bereichen.

Lastabtrag

Auf den Schachtdeckel wirken zwei Lastarten ein, die sich in Größe und Richtung unterscheiden. Das sind zum einen vertikale Lasten (V_E), z.B. aus dem Eigengewicht der Fahrzeuge, und zum anderen horizontale Lasten (H_E) aus Brems- oder Beschleunigungsvorgängen. Diese Lasten müssen sicher und klapperfrei in den Rahmen abgeleitet werden. So dürfen auch dynamische Beanspruchungen aus Straßenverkehr nicht zu einem „Herausspringen“ des Deckels aus dem Rahmen führen. Darüber hinaus müssen bei exzentrisch einwirkenden Horizontallasten eine Drehbewegung des Deckels verhindert und die entstehenden Momente über den Rahmen abgeleitet werden. Der Ausbildung der Kontaktfläche zwischen Deckel und Rahmen (Deckelauflage) kommt eine besondere Bedeutung zu. Durch den Schachtrahmen wird die eingetragene Last weiter abgeleitet über

- den Schachtkonus,
- die umgebende Straßendecke,
- eine vom Schachtkonus entkoppelte Betonplatte oder
- sowohl den Schachtkonus als auch die umgebende Straßendecke.

Mörtelentwicklung

Es wurden unterschiedliche Mörtelvarianten zur Sanierung von Schachtabdeckungen untersucht. Die Entwicklung und Prüfung der Mörtel erfolgte in enger Abstimmung mit dem Hersteller, der MC-Bauchemie Müller GmbH & Co., Essen. Als Fazit kann festgehalten werden, dass die bei der Sanierung von Schachtabdeckungen eingesetzten Mörtel

- nach 1 bis 2h eine Frühfestigkeit von ca. 10 N/mm² erreicht haben sollten.
- eine 28-Tage Druckfestigkeit von mindestens 45 N/mm² erreichen sollten, um analog zu den Schachtbauwerken aus Beton (vgl. [40]) die dynamischen Lasten infolge der Verkehrsbelastung dauerhaft aufnehmen zu können.
- hinsichtlich eines möglichen Abfalls der Biegezugfestigkeit während der Erhärtungsphase zu überprüfen sind. Ein Abfallen der Festigkeitswerte während der Erhärtung sollte vermieden werden.
- hinsichtlich ihrer Festigkeitsentwicklung auf die Anforderungen an den Frost-Tausalz-Widerstand abgestimmt sein müssen. Kurze Erhärtungsdauern, wie sie auf Baustellen

meist erwünscht sind, können unverhältnismäßige Nachteile bei dem Frost-Tausalz-Widerstand mit sich bringen.

- unter praxisnahen Bedingungen auf ihren Frost-Tausalz-Widerstand zu prüfen sind. Zur Prüfung mit den grundsätzlich geeignet erscheinenden CDF- und CIF-Verfahren müssen allerdings zunächst noch die Prüfkörpergeometrie und die Probenkörperherstellung hinterfragt und verbessert werden.
- stets auf das jeweilige Sanierungsverfahren abgestimmt sein müssen. Dies gilt vor allem dann, wenn ein besonders fließfähiger Mörtel erforderlich ist, um z.B. die Schachtabdeckung allseitig an den umgebenden Straßenkörper anzuschließen.

Sanierungsmaßnahmen

Im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen an Schachtabdeckungen von gemauerten Schächten im Entwässerungsnetz der Stadtentwässerung Düsseldorf wurden die im Labor getesteten Mörtel sowie verschiedene Verfahren zum Ausbau sowie weitere Möglichkeiten zur Unterfütterung von Schachtabdeckungen in der Praxis erprobt und die Qualität der erbrachten Leistung auch über Langzeitmessungen verfolgt.

Alle untersuchten Sanierungsmaßnahmen fanden an stark befahrenen, asphaltierten Straßen statt. Die Einbindung der Schachtabdeckung in die Straßenoberfläche wurde mit Gussasphalt ausgeführt, einer nach [3] besonders dauerhaften Ausführungsvariante, die keiner Nachverdichtung bedarf und Kräfte infolge von Brems- und Beschleunigungsvorgängen nach der Aushärtung in horizontaler Richtung ableitet.

Im speziellen wurden folgende Bauverfahren, Unterfütterungen und Bauteile eingesetzt:

- Bauverfahren: Ausbau mit dem Presslufthammer oder Kanaldeckelfräse (Fa. STEHR), Einsatz einer Straßenfräse zum Angleich der Straße an die Schachtabdeckung
- Unterfütterung: Elastomerringe, Gussasphalt und Mörtel
- Bauteile: Vollgussschachtabdeckungen, Schachtabdeckungen System STEHR, Abdeckplatten AP-M nach DIN 4034-2
- Hilfsmittel: Justierrahmen für Schachtabdeckungen, Dichtungsband TOK der Firma DS-Dichtungstechnik

An den mit **Elastomerringen** sanierten Schachtabdeckungen wurden Setzungen bis zu 4,2 mm gemessen. Durch die meist unebene Mauerwerksreihe unterhalb der Elastomerringe

konnte eine vollflächige Auflage der Ringe ohne weiteres nicht realisiert werden. Im Extremfall lag der Ring an nur drei Punkten auf.

Gussasphalt konnte im Rahmen des Vorhabens grundsätzlich sowohl zur Unterfütterung der Schachtabdeckung als auch zur Einbindung der Schachtabdeckung in die Straßenoberfläche eingesetzt werden, wenn geeignete Hilfsmittel wie Schalungen und Nivellierrahmen zur Verfügung standen und auch angewendet wurden. Auf der Baustelle wird Gussasphalt bereits in Einbauqualität angeliefert, so dass Fehler beim Anmischen vor Ort nicht mehr möglich sind. Als Nachteil ist der hohe Geräteaufwand für die Bereitstellung des Gussasphaltes anzusehen. So ist der Gussasphalt bei einem speziellen Mischwerk abzuholen und in besonderen Gussasphaltkochern zu transportieren (Einbautemperatur: 200 – 250°C). In der Folge kann diese Art der Unterfütterung derzeit lediglich von Firmen angeboten werden, die aus ihrer Tätigkeit im Straßenbau über einen geeigneten Kocher verfügen.

Mörtel, kellengerecht oder als Fließmörtel, scheint nach den vorliegenden Erfahrungen bei Einhaltung der Vorgaben des Mörtelherstellers grundsätzlich geeignet, die Belastungen unterhalb einer Schachtabdeckung dauerhaft abzuleiten. Dabei ist allerdings zu beachten:

- Das Wasser/Feststoff-Verhältnis ist einzuhalten. Es muss in jedem Fall ein Messbecher auf der Baustelle vorhanden sein.
- Wenn vorgegeben, ist der Mörtel mit einem Rührwerk anzumischen. Das Rührwerk gewährleistet eine gleichmäßige Durchmischung der Komponentenvielfalt eines Schachtregulierungsmörtels.
- Bei geringen Temperaturen sind besondere Maßnahmen notwendig, um eine zuverlässige Erhärtung des Mörtels sicherzustellen, so kann die Verwendung vorgewärmten Wassers sinnvoll sein.
- Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sollte auf die Verwendung von Mörtel verzichtet werden. Durch den Kontakt zum gefrorenen Straßenunterbau, bei der Verwendung von Mörtel sowohl für die Unterfütterung als auch für die seitliche Einbindung, kommt es zu Veränderungen der Mörteleigenschaften an den Kontaktflächen. Es entsteht ein inhomogener Mörtelkörper, der äußeren Einflüssen, wie Verkehrslasten und Frost-Tausalz-Beanspruchungen, keinen ausreichenden Widerstand leisten kann. Daraus kann eine kürzere Lebensdauer der sanierten Schachtabdeckung folgen, da der Mörtelkörper prinzipiell schon vorgeschädigt ist.

Ausschreibung , Vergabe und Qualitätssicherung

Die Ausschreibung und Vergabe von Arbeiten zur Sanierung von Schachtabdeckungen stellen die Verantwortlichen vor eine schwierige Aufgabe. Schachtabdeckungen liegen in der Regel im Straßenraum und finden sich in einer hohen Anzahl im Stadtgebiet (allein ca. 30.000 Schachtabdeckungen für das Stadtgebiet von Düsseldorf). Die Abstände zwischen den einzelnen Abdeckungen betragen zwischen 50 und 100 m und unterschiedliche Verkehrsbelastungen spielen eine Rolle. Zudem finden sich unterhalb von Schachtabdeckungen keine einheitlichen Schachtkörpergeometrien - auch die dort verwendeten Baustoffe können von Schacht zu Schacht voneinander abweichen.

In Abhängigkeit der Netzcharakteristik und unter Berücksichtigung von Kosten und Personalressourcen sind zunächst geeignete Sanierungsverfahren auszuwählen und bei Ausschreibung und Vergabe zu berücksichtigen. Dabei ist das Ziel der Sanierung die **Funktionsfähigkeit** des Schachtbauwerkes wiederherzustellen. Die Vorgaben für die Ausschreibung und Vergabe sowie die qualitätssichernden Maßnahmen leiten sich daraus ab.

Als Hauptfunktionen von Schachtbauwerken sind nach *ATV A 241* [54] die **Zugänglichkeit** zum Entwässerungsnetz, dessen **Be- und Entlüftung** sowie Funktionen der **Abwasserableitung**, z.B. als Übergabestation, zu nennen. Anlass für eine Sanierung von Schachtabdeckungen ist allerdings meist die Beeinträchtigung von **Unterstützungsfunktionen**, die eine Gewähr der o.a. Hauptfunktionen erst möglich machen. Dazu gehören die

- **Tragfähigkeit**, z.B. gegenüber Verkehrslasten, Erddruck, Wasserdruck,
- **Umweltsicherheit**, z.B. gegenüber Lärm, Geruch, Dichtheit,
- **Verkehrssicherheit,** gegenüber Höhendifferenzen Abdeckung – Straße, Rutschgefahr**.**

In Abhängigkeit vom Schadensbild werden diese Unterstützungsfunktionen in unterschiedlicher Weise beeinträchtigt. In der Praxis werden Mängel in der Tragfähigkeit und Verkehrssicherheit am häufigsten erkannt.

Die Wiederherstellung einzelner Funktionen durch Sanierung ist mit unterschiedlichem Aufwand verbunden. Dabei kann zwischen Verfahren zur ***Reparatur***, ***Renovierung*** und ***Erneuerung*** unterschieden werden (s. Abbildung 118). Die Funktionsbeeinträchtigungen können dementsprechend den möglichen Sanierungsverfahren gegenübergestellt werden (s. Tabelle 12).

Bisher wird nach Meldung einer schadhaften Schachtabdeckung aufgrund der vergleichsweise geringen Sanierungskosten der Einzelmaßnahme nur selten der bauliche Zustand vor Ort überprüft. In der Folge können ungeeignete Sanierungsverfahren zum Einsatz kommen, so dass sanierte Schachtabdeckung häufig bereits vor Ablauf der Gewährleistungszeit (z.B. zwei Jahre) wieder Schäden aufweisen. Die Höhe der Gesamtkosten legt allerdings eine genauere Planung und Vorbereitung der Sanierungsmaßnahmen nahe. Abbildung 119 zeigt als Planungsgrundlage beispielhaft den zeitlichen Ablauf einer Sanierungsmaßnahme, beginnend von der ersten Schadensmeldung, über die Ausschreibung und Vergabe der Sanierung, bis hin zu qualitätssichernden Kontrollen und evtl. wieder auftretenden Schäden am gleichen Bauwerk.

Hervorzuheben ist, dass eine erste Schadensmeldung in den meisten Fällen nur eine grobe Zustandsbeschreibung umfasst. So wird z.B. auf klappernde Deckel, Höhenunterschiede zwischen Schachtdeckel und Schachtrahmen bzw. abgesunkene Schachtabdeckungen hingewiesen. Eventuell werden noch Angaben über den Zustand der Einbindung der Schachtabdekkung gemacht. Daher bietet sich zunächst eine Identifizierung des Schachtes im Netz sowie eine **Zustandserfassung und Bewertung** an. Dies betrifft z.B. Straßenlage, Schachtnummer, Baujahr, bereits erfolgte Sanierungsmaßnahmen und ggf. Sanierungsdaten, Schachthöhe und Verkehrsbelastung. Ebenso müssen Daten über die Schachtwerkstoffe, die Schachtgeometrie, die Bauhöhe im Ausgleichsbereich und vor allem über die momentan eingebaute Schachtabdeckung vorliegen.

Die Zustandsbewertung dient als Grundlage für die **Auswahl der Sanierungsverfahren**. Ziel ist die kostengünstige und dauerhafte Sanierung aller möglichen Schäden an den Schachtabdeckungen eines Kanalnetzes unter Berücksichtigung des Schadenbildes und der einwirkenden Belastungen. Ein Hauptauswahlkriterium stellt die Wiederherstellung der Funktion Tragfähigkeit dar, die wesentlich von der Lastabtragsart der Schachtabdeckung und der Belastung durch den Verkehr abhängt.

Bei der Auswahl der Sanierungsverfahren ist zu beachten, dass möglicherweise keine Sanierungsfirma zu finden ist, die alle erforderlichen Sanierungsverfahren anbietet, oder dass der Anbieter von aufwendigen Verfahren nicht kurzfristig für dringende Sanierungsfälle zur Verfügung steht. Eine **Gruppierung der Maßnahmen**, z.B. nach Dringlichkeit und Sanierungsverfahren, scheint daher sinnvoll.

Ein Mittel zur **Qualitätssicherung** der Baumaßnahme ist neben Baustellenbesuchen die Dokumentation der Sanierungsmaßnahmen. **Zeitabhängige Kontrollen** der sanierten Schachtabdeckungen sollten im Rahmen der Gewährleistungsabnahme erfolgen. Wird festgestellt, dass erneut Schäden an der Schachtabdeckung auftreten, ist das Vorgehen durch eine **Ursachenforschung** zu ergänzen.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Sanierung schadhafter Schachtabdeckungen vielfältige Anforderungen an die Netzbetreiber stellen. Hierzu gehört bereits die Zustandsbewertung unter baulichen Aspekten. Gegenwärtig werden die Schachtbauwerke meist vor dem Hintergrund der aktuellen betrieblichen Anforderungen betrachtet. Auch die Vielfalt der angebotenen Sanierungsverfahren sowie die Spezialisierung der Firmen fordert für die Auswahl geeigneter Verfahren besondere Sachkenntnis. Nur so kann eine Vielzahl geringwertiger Einzelmaßnahmen mit vertretbaren Gesamtkosten realisiert werden. Die Weiterentwicklung der Schnittstelle zwischen Straßenbau und Stadtentwässerung stellt darüber hinaus eine organisatorische Herausforderung für jeden Netzbetreiber dar.

Literatur

[1] Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitung von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal - SüwV Kan). - Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 49 (Nr. 10): S. 64- 67; Düsseldorf 1995.

[2] Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen - RdErl. d. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen v. 03. Januar1995 - Bekanntmachung im Ministerialblatt für das Land NRW – Nr. 14 vom 10. Februar 1995.

[3] Stein D.; Falk, C.; Liebscher, M.: Sanierung schadhafter Schachtabdeckungen. IKT Institut für Unterirdische Infrastruktur. Abschlussbericht, November 1995 (unveröffentlicht).

[4] Stein D.; Falk, C.: Einsteigschächte für Abwasserkanäle, Entwicklung eines neuen Bau- und Sanierungsverfahrens für die Verbindung des Rahmens der Schachtabdekkung zum Schachthals. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur. Abschlussbericht, Juni 1998 (unveröffentlicht).

[5] Entwurf DIN 4034-100: Schächte aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen; Teil 100: Schächte für erdverlegte Abwasserkanäle und –leitungen. Juli 1999.

[6] Berger, C.; Lohaus, J.; Wittner, A.; Schäfer, R.: Zustand der Kanalisation in Deutschland, Ergebnisse der ATV-DVWK-Umfrage 2001. ATV, 2001.

[7] DIN EN 124: Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung; Deutsche Fassung EN 124. August 1994.

[8] Bosseler B.; Homann D.; Kaltenhäuser G.: Bundesweite Umfrage zur Sanierung von Schachtbauwerken im Bereich der Abwassertechnik mittels Beschichtungsverfahren. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur. Juli 2001.

[9] DIN 4034–1: Schächte aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen; Schächte für erdverlegte Abwasserkanäle und –leitungen; Maße, Technische Lieferbedingungen. September 1993.

[10] DIN 4034–2: Schächte aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen; Schächte für Brunnen- und Sickeranlagen; Maße, Technische Lieferbedingungen. Oktober 1990.

[11] König, F.: Anlage und Ausführung von Städte-Kanalisation. Verlag von Otto Wigand, Leipzig 1902.

[12] DIN 4034-10: Schächte aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen – Teil 10. Schachtunterteile aus Mauerwerk für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; Anforderungen und Prüfungen, Ausgabe:1995-10.

[13] DIN 19537–3: Rohre und Formstücke aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) für Abwasserkanäle und –leitungen; Fertigschächte; Maße, Technische Lieferbedingungen. November 1990.

[14] Firmeninformation ALPHACAN Omniplast GmbH, 35627 Ehringshausen.

[15] Firmeninformation BUDERUS Kanalguss GmbH, 65556 Limburg. Gesamtkatalog 2002.

[16] DIN 1053-1: Mauerwerk - Teil 1: Berechnung und Ausführung. November 1996.

[17] Zement-Merkblatt Betontechnik: Mauermörtel. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Bauberatung Zement.

[18] DAfStb-Richtlinie, Teil 1 bis Teil 4: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie), Oktober 2001.

[19] Franke L., Oly M., Witt S.: Richtlinie für die Prüfung von Mörteln für den Einsatz im Sielbau. Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau 8/2001; S. 23 bis 27.

[20] ZTV Asphalt – StB 94: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau. Ausgabe 1994.

[21] Firmeninformation VIALIT-Asphalt GmbH. & Co. KG, A-5280 Braunau/Inn.

[22] Firmeninformation HYDROTEC Technologies GmbH & Co. KG, 27793 Wildeshausen.

[23] Firmeninformation FASZL Kunststoff-Industrie Ges.m.b.H., A-8072 Fernitz.

[24] Firmeninformation UPONOR Abwassertechnik GmbH, 49685 Emstek.

[25] Firmeninformation WAVIN GmbH, 49767 Twist.

[26] Firmeninformation ACO Drain Passavant GmbH, 24782 Büdelsdorf.

[27] Firmeninformation GAV GmbH, 56154 Boppard.

[28] Firmeninformation SAINT-GOBAIN-GUSSROHR GmbH & Co. KG, 66130 Saarbrücken.

[29] Firmeninformation HAWLE Armaturen GmbH, 83395 Freilassing.

[30] Firmeninformation SCHACHT + TRUMME, W. Schwarz GmbH, 22956 Ahrensburg.

[31] Firmeninformation Dipl.-Ing. P.G. STELLMACH Tief- und Straßenbau, 32052 Herford.

[32] Firmeninformation BECK GmbH, 74906 Bad Rappenau-Bonfeld.

[33] Firmeninformation WIEBUSCH-Polymerbeton-Technik GmbH & Co. KG, 34471 Volkmarsen.

[34] Firmeninformation, STEHR Baumaschinen GmbH, 36318 Schwalmtal.

[35] Franke L., Oly M., Pinsler F.: Püfrichtlinie für Mörtel im Sielbau. TIS 4/97, S. 19 – 23.

[36] ÖNORM B 3303: Betonprüfung, 01. März 1983

[37] DIN 18555-2: Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln - Frischmörtel mit dichten Zuschlägen; Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehalts. September 1982.

[38] DIN 50014: Normalklimate, Klimate und ihre technische Anwendung. Juli 1985.

[39] DIN 19584-1: Schachtabdeckungen für Einsteigschächte - Klasse D 400 – Teil 1: Zusammenstellung. November 1996.

[40] DIN 4281: Beton für werksmäßig hergestellt Entwässerungsgegenstände; Herstellung, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung. August 1998.

[41] DIN 18555-3: Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel; Bestimmung der Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Rohdichte. September 1982.

[42] DIN EN 196-1: Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit; Deutsche Fassung EN 196-1. Mai 1995.

[43] DIN 52450: Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern. August 1985.

[44] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 422: Prüfung von Beton, Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zur DIN 1048, Beuth Verlag GmbH. Ausgabe 1991.

[45] Riechers H.-J.: Ein neues Modell zur Beschreibung der Festigkeitsentwicklung von Mauermörtel in der Fuge. 1. Auflage Aachen: Verlag Mainz, 2000.

[46] Setzer, M.J.; Auberg, R.: CIF-Test – Prüfverfahren des Frostwiderstands von Beton. Betonwerk und Fertigteil-Technik. April 1998.

[47] Auberg, R.: Zuverlässige Prüfung des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands von Beton mit dem CDF- und CIF-Test. Mitteilungen aus dem Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft, Heft 6. Juli 1998.

[48] ÖNORM B 4200-100: Beton – Herstellung, Verwendung und Gütenachweis, 1. Juli 1996

[49] DIN EN 681-1: Elastomer-Dichtungen - Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung - Teil 1: Vulkanisierter Gummi; Deutsche Fassung EN 681-1. Dezember 1998.

[50] Bosseler, B.; Redmann, A.: Entwicklung eines Elastomerrings zur Sanierung von Schachtabdeckungen. IKT Institut für Unterirdische Infrastruktur. Abschlussbericht Juli 2002.

[51] DIN 53537: Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung der Spannungs-relaxation unter Druck. September 1985.

[52] DIN ISO 815: Elastomere - Bestimmung des Druckverformungsrestes bei Umgebungs-, erhöhten oder niedrigen Temperaturen (ISO 815:1991 + ISO 815:1991/Cor.1:1993). März 2000.

[53] Firmeninformation, Hans JOCH Maschinenbau, 75050 Gemmingen.

[54] ATV A 241: Bauwerke in Entwässerungsanlagen. März 1994.

[55] DIN EN 752-2: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Anforderungen. September 1996.

Anhang:

Checkliste – Zustandserfassung und Bewertung Schacht:

Checkliste - Zustandserfassung und Bewertung Schacht

Allgemeine Angaben

Straße		Verkehrsbelastung	QTV_{24h} =
Schacht-Nr.		Lage in der Straße	
Baujahr			
Saniert ?		Sanierungsdatum	
Schachthöhe			

Schachtboden

Werkstoff

Mauerwerk	
Beton	
Steinzeug	
PE-HD	
GfK	

Zustand

keine Schäden	
Verformungen	
Rissbildung	

Gerinneausbildung

Einmündungen	

Schachtkörper

Werkstoff

Mauerwerk	
Beton	
Steinzeug	
PE-HD	
GfK	

Zustand

keine Schäden	
Verformungen	
Rissbildung	
Werkstoffzustand	
Mörtelzustand	
Anzahl Steigeisen	

Schachtform/Schachtinnenmaße

rund	
rechteckig	
polygon	
sonstige	

Maße

Durchmesser [m]			
Breite a [m]		Höhe h [m]	
Breite a [m]		Höhe h [m]	

Schachtkonus

Werkstoff

Mauerwerk	
Beton	
Steinzeug	
PE-HD	
GfK	

Zustand

keine Schäden	
Verformungen	
Rissbildung	
Werkstoffzustand	
Mörtelzustand	

Lasteinleitung über

Schachtkonus	
Abdeckplatte (z.B. AP-M)	
Lastübertragungsplatte	

Konusform/Innenmaß Auflagefläche

rund	
rechteckig	

Maße

Durchmesser [m]	
Breite a [m]	
Länge b [m]	

Bauhöhe Ausgleichsbereich (Auflageringe)

Bauhöhe [cm]	

Schachtabdeckung

Bauhöhe Schachtabdeckung

h [cm]	

Werkstoff

Beton/Guss	
Gusseisen	

Hochziehbar	

Lastabtrag

Standard	
Selbstnivellierend	
Konisch	

Ausführung

geruchsdicht	
tagwasserdicht	
rückstausicher	
aufklappbar	

Zustand Schachtabdeckung

Schachtabdeckung

keine Schäden	
abgesunken	
herausgewachsen	
Deckel klappert	

Deckel

keine Schäden	
Betoneinlage ausgebrochen	
Deckelauflage eingelaufen	
Deckel gebrochen	

Einbindung in die Straßendecke

keine Schäden	
Krater von 2 cm um die Abdeckung	
Krater über 2 cm um die Abdeckung	

Rahmen

keine Schäden	
Rahmenauflage eingelaufen	
Betonrahmen gerissen	
Gussrahmen gerissen	

Bemerkungen:

Bewertung

Funktionsbeeinträchtigung		Ursache
Tragfähigkeit		
	vertikal	
	horizontal	
Umwelt		
	Lärm	
	Geruch	
	Dichtheit	
Arbeitssicherheit		
Verkehrssicherheit		
Hydraulik		