IKT - Institut für
Unterirdische Infrastruktur

Entwicklung eines Elastomerrings zur Sanierung von Schachtabdeckungen

Endbericht Juli 2002

Ersteller:

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Auftraggeber:

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

Endbericht zu den Untersuchungen über die

Entwicklung eines Elastomerrings zur Sanierung von Schachtabdeckungen

Auftraggeber

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

Technische Betriebe Schwelm
Wiedenhaufe 11
58332 Schwelm

Schacht + Trumme W. Schwarz GmbH
Brückenstraße 3-5
22926 Ahrensburg

Hermann Mücher GmbH
Steinwegstraße 30 – 32
58332 Schwelm

Wissenschaftliche Leitung

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung

Dipl.-Ing. Andreas Redmann

Bearbeitungszeitraum

04.01.2001 - 31.07.2002

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Inhaltsverzeichnis

1 VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG ... 4

2 STAND DER TECHNIK ... 6

2.1 HISTORISCHER RÜCKBLICK ... 6

2.2 NORMEN- UND REGELWERK ... 9

2.3 BELASTUNGEN UND RANDBEDINGUNGEN ... 10

2.4 SCHADENSURSACHEN ... 14

2.5 SCHADENSBILDER ... 15

2.6 WERKSTOFFE UND BAUTEILE ZUR SANIERUNG SCHADHAFTER SCHACHTABDECKUNGEN ... 17

2.6.1 Schachtabdeckungen ... 17

2.6.2 Mörtel und Vergussmassen ... 18

2.6.3 Asphalt ... 20

2.6.4 Elastomere ... 21

2.7 SANIERUNGSVERFAHREN ... 22

2.7.1 Allgemeines ... 22

2.7.2 Reparaturverfahren ... 23

2.7.3 Renovierungsverfahren ... 24

2.7.4 Erneuerungsverfahren ... 25

3 UNTERSUCHUNGSPROGRAMM UND ERGEBNISSE ... 33

3.1 IN-SITU MAßNAHMEN ... 33

3.1.1 Ausgangssituation ... 33

3.1.2 Sanierungsvarianten ... 35

3.1.3 Ausgeführte Baumaßnahmen ... 49

3.1.4 Messungen und Inspektion ... 54

3.2 BELASTUNG DES SANIERUNGSSYSTEMS IM LABORVERSUCH ... 69

3.2.1 Versuchsaufbau ... 69

3.2.2 Lastannahmen ... 71

3.2.3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse ... 73

3.3 MATERIALPRÜFUNGEN AN ELASTOMEREN WERKSTOFFPROBEN ... 79

3.3.1 IRHD-Härte ... 79

3.3.2 Spannungsrelaxation ... 81

3.3.3 Druckverformungsrest ... 83

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE AUSSCHREIBUNG ... 86

5 ZUSAMMENFASSUNG ... 87

6 LITERATUR ... 90

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

1 Veranlassung und Zielstellung

Schachtbauwerke, die den Anforderungen der DIN EN 476 [1] entsprechen, zählen nach ATV-A 241 [2] zu den Bauwerken der Ortsentwässerung. Schächte sind erforderlich für die Be- und Entlüftung, Kontrolle und Reinigung der Kanäle. Sie müssen angeordnet werden bei Änderung der Richtung, des Querschnitts und des Gefälles, bei Einmündung von weiteren Kanälen sowie als Zwischenschächte in geraden Kanalstrecken. Der gegenseitige Abstand der Schächte wird von den jeweiligen Aufgaben bestimmt. Er sollte nach ATV-A 241 bei Kanälen

≤ DN 1200 50 m bis 70 m und

> DN 1200 70 m bis 100 m

nicht überschreiten. Früher wurden teilweise größere Abstände zugelassen. So werden z.B. in [3] Abstände bei nichtbegehbaren Kanälen von 60 m bis 120 m und bei begehbaren Kanälen von 150 m bis 200 m angegeben.

Bezogen auf die Gesamtlänge der öffentlichen Abwasserkanäle und unter Zugrundelegen der genannten Schachtabstände lässt sich die Gesamtzahl der Schächte in öffentlichen Verkehrsflächen der Bundesrepublik Deutschland auf ca. 10 Mio. schätzen.

Einen wesentlichen Anteil bei der Reparatur von Schächten nehmen die Regulierung und der Austausch von Schachtabdeckungen ein, da heute gegenüber früher bedeutend höhere Anforderungen an die Ebenheit der Fahrbahn gestellt werden und diese Anlagenteile in Folge des starken Straßenverkehrs erhöhten Belastungen unterliegen.

Arbeiten an Einsteigschächten sind immer mit einer nicht unerheblichen Behinderung des Straßenverkehrs und einer Gefährdung des ausführenden Personals verbunden. Die oberste Prämisse bei der Sanierung von Schachtabdeckungen stellt daher in der Regel eine möglichst kurze Bauzeit und eine schnelle anschließende Verkehrsfreigabe dar. Zur Sanierung von Schachtabdeckungen konkurrieren verschiedene Verfahren, die sich im Umfang der durchzuführenden Arbeiten und somit auch in der erforderlichen Bauzeit deutlich unterscheiden. Das Spektrum kann dabei zwischen einer Unterfütterung des Schachtrahmens mit schnellbindenden Mörtelsystemen und einer Bau- und Abbindezeit von 1 – 2 Stunden und einer kompletten Erneuerung des „Schachtkopfes“ mit einer Bau- und Abbindezeit von 1 – 3 Tagen liegen. Die entstehenden Kosten für die Maßnahmen zur Sicherung und Lenkung des Verkehrs während der Baumaßnahme können dabei in Einzelfällen die Kosten für die Sanierungsarbeiten überschreiten. Auch wenn im Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Sanierung deutliche Unterschiede zu erwarten sind, spielt bei der Wahl eines Sanierungsverfahrens der Faktor Zeit häufig die entscheidende Rolle. Darüber hinaus bleibt bei der Sanierung von Schachtabdeckungen, im Gegensatz zur Sanierung schadhafter Rohrstränge, das Schadensbild in der Regel bei der Auswahl eines Sanierungsverfahrens unberücksichtigt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 1: Behinderung des Straßenverkehrs bei Arbeiten an Einsteigschächten [4]

Erfahrungen zeigen, dass oftmals 1 bis 2 Jahre nach einer Sanierung erneut Schäden auftreten. Somit erscheinen diese Sanierungsverfahren nicht immer als geeignet, Schachtabdeckungen dauerhaft zu sanieren. Grundlegende Verbesserungen der Sanierungsverfahren mit dem Ergebnis verlängerter Nutzungsdauern können sich für die Netzbetreiber unmittelbar in Form geringerer Aufwendungen für die Instandhaltung ihrer Kanalisationsnetze auswirken.

Auf der Basis abgeschlossener Forschungsarbeiten [5] beantragte das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur in Gelsenkirchen zusammen mit der Hermann Mücher GmbH in Schwelm zum Ende des Jahres 1999 beim Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein Westfalen die finanzielle Unterstützung bei der Entwicklung eines Elastomerrings zur Sanierung von Schachtabdeckungen. Es sollte ein neues Bau- und Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen bis zur Praxisreife entwickelt werden. Grundlage bildet der Gedanke, die derzeit im Regelfall gebräuchliche Unterfütterung von Schachtabdeckungen mittels Zementmörtel und Stahlbetonauflageringen durch Elastomerringe zu ersetzen. Durch die Verwendung dieses Werkstoffes sollen die Nutzungsdauer von Schachtabdeckungen erhöht, die Kosten für ihre Instandhaltung reduziert und gleichzeitig die dynamische Belastung von Einsteigschächten durch überfahrenden Straßenverkehr reduziert werden. Den Schwerpunkt der Untersuchungen sollte die Herstellung mehrerer Prototypvarianten von Elastomerringen unterschiedlicher Werkstoffrezeptur bilden. Die Werkstoffe sollten in vergleichenden Prüfungen im Labor und im Rahmen von in-situ Untersuchungen in Stadtstraßen unter den Gesichtspunkten der Eignung und Dauerhaftigkeit geprüft werden. Da seitens der Hermann Mücher GmbH bereits frühzeitig die Entwicklung des Elastomerrings abgeschlossen wurde, konnte das nachfolgend beschriebene Forschungsvorhaben auch auf die Untersuchung einer dauerhaft elastischen Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau ausgeweitet werden. Mit „elastisch“ wird dabei die im Vergleich zu den bisher eingesetzten Mörteln höhere Dehnbarkeit und damit auch Verformbarkeit der verwendeten Bauteile und Vergussmassen bezeichnet, nicht aber das Werkstoffverhalten im Sinne der Materialwissenschaften.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

2 Stand der Technik

2.1 Historischer Rückblick

Bereits vor Beginn unserer Zeitrechnung wurde im alten Rom die Auffassung vertreten, dass eine Ableitung des Regenwassers ohne Wiederaufbereitung kostengünstiger und effizienter sei als getrennte Systeme, da das Regenwasser den Abfluss des Abwassers in den Abwasserkanälen unterstützt. Bedingt dadurch, dass bereits zur damaligen Zeit die Abwasserkanäle zumeist unter den Straßen verliefen, lagen dort auch die Revisionsschächte. Von hier aus betrachtet ist es ein logischer, wenn auch spät belegter Schritt die runden oder viereckigen Abdeckplatten mit Löchern zu versehen, damit das Regenwasser an vielen Stellen direkt einfliessen kann. In *Abbildung 2* ist eine Schachtabdeckung mit muldenförmiger Oberseite und amygdaloiden (mandelförmigen) Schlitzen dargestellt, wie Sie z.B. in Pompeji gefunden wurde. Daneben zeigt *Abbildung 3* eine künstlerisch gestaltete Schachtabdeckung in Gestalt der Maske eines Flussgottes. Bei dieser in Rom entdeckten Schachtabdeckung bildet der Mund den Einlauf für das Regenwasser [6].

Abbildung 2: Schachtabdeckung mit muldenförmiger Oberseite und amygdaloiden (mandelförmigen) Schlitzen [6]

Abbildung 3: Künstlerisch gestaltete Schachtabdeckung in der Gestalt der Maske eines Flussgottes [6]

Die Erfahrungen der Römer gingen im Mittelalter verloren. Fäkalien und Unrat wurden oftmals auf die Straße geworfen.

Ab 1840 wurde in vielen deutschen Städten damit begonnen Abwasserkanalisationen zu errichten. Hamburg ließ als erste deutsche Stadt ab 1842 ein planmäßiges „Sielnetz“ entwerfen und anlegen. Lange Zeit blieb Hamburg die einzige Stadt mit geregelter Entwässerung. Erst 25 Jahre später begannen die Arbeiten an der Kanalisation in der Freien Reichsstadt Frankfurt. Wenig später entstanden Kanalisationen in Stettin und in Danzig. Es folgten 1873 Berlin, 1877 Breslau und 1881 München [7]. Um die Jahrhundertwende wurden Abdeckungen von Einsteigschächten wie folgt beschrieben.

„Die Abdeckung ist mit einem Ringe offener Schlitze von 40 mm Breite versehen, die Auflageflächen des Deckels auf dem gusseisernen Rahmen sind gehobelt. Das Gewicht der Abdekkung samt Rahmen und der Verkleidung mit Eichenholzklötzen, sowie einschließlich des inneren, 3 mm starken Schmutzbleches beträgt 250 kg. Diese Schachtdeckel eignen sich für alle Straßen mit Lastwagenverkehr; die Holzverkleidung bezweckt die Milderung der von den Rädern der Wagen ausgehenden Stöße. Diese schweren Abdeckungen werden auch mit geringerer Rahmenhöhe hergestellt, wodurch sie entsprechend leichter werden und doch noch für schwerstes Fuhrwerk genügen. Die quadratische Form des Rahmens empfiehlt sich deshalb,

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

weil damit ein guter Anschluss an die Pflasterreihen zu erreichen ist; dagegen ist für die eigentlichen, beweglichen Deckel die Kreisform gewählt, weil diese niemals durch die Öffnung in den Schacht fallen können“ [8].

Eine runde „Scharnier-Schachtabdeckung“ ohne Lüftung sowie eine rechteckige „durchbrochene Abdeckung für Sichtschächte“ ist in *Abbildung 4* zu sehen. Bei der durchbrochenen Abdekkung dämpft eine Füllung aus Asphalt, Zement oder Holz zwischen den Rippen des Deckels die Aufnahme der Fuhrwerkstöße [8].

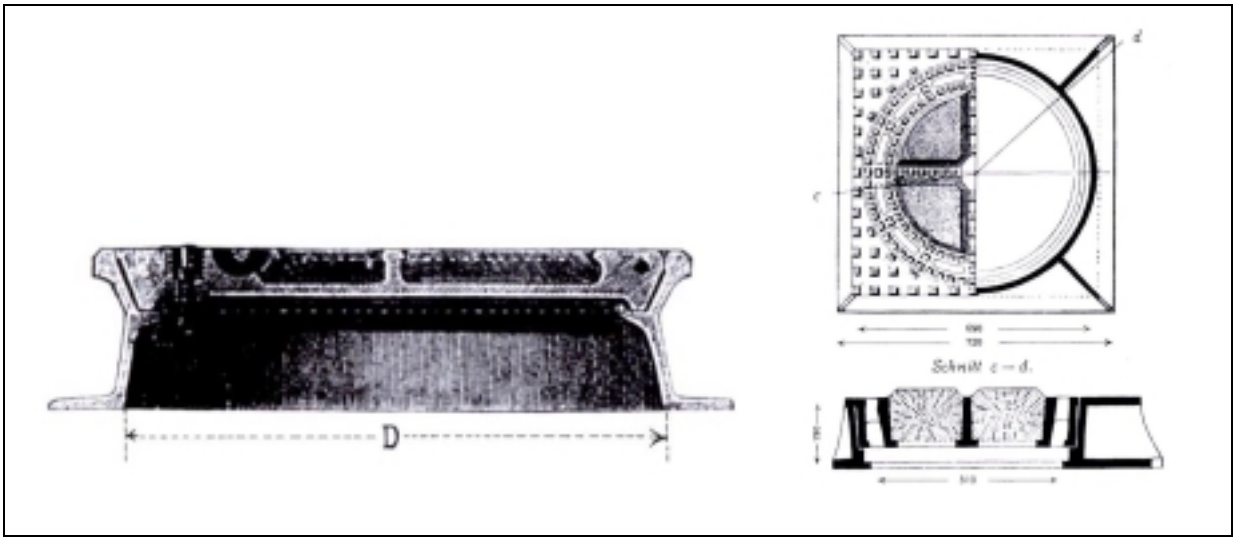


Abbildung 4: Darstellung einer runden „Scharnier-Schachtabdeckung“ ohne Lüftung sowie einer rechteckigen „durchbrochenen Abdeckung für Sichtschächte“ nach [8]

Der fortschrittliche Gedanke, die durch den überrollenden Verkehr auf das Schachtbauwerk wirkenden Belastungen durch „elastische“ Einlagen in den Schachtdeckeln zu dämpfen, wurde auch in späteren Jahren verfolgt. In den *Abbildungen 5 bis 8* sind Auszüge aus dem Angebot der Eisenwerke Gelsenkirchen AG aus der Zeit um 1950 dargestellt [9]. Gezeigt werden Schachtabdeckungen aus Gusseisen mit Füllungen aus Beton, Asphalt und Holz sowie eine Schachtabdeckung aus Vollguss.

Die folgenden Jahre sind geprägt durch die Verwendung von Schachtabdeckungen aus Metall in Verbindung mit Beton. Neuentwicklungen von Schachtabdeckungen, die sich z.B. durch das Material oder ihre spezifische Bauform unterscheiden, sind erst seit wenigen Jahren zu beobachten (*siehe Abschnitt 2.6.1*).

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

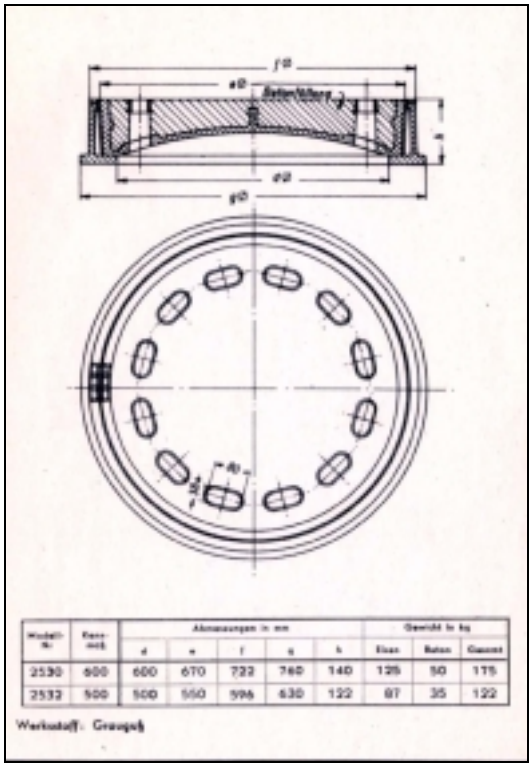


Abbildung 5: Schachtabdeckung für Fahrbahnen aus Grauguss mit Betonfüllung [9]

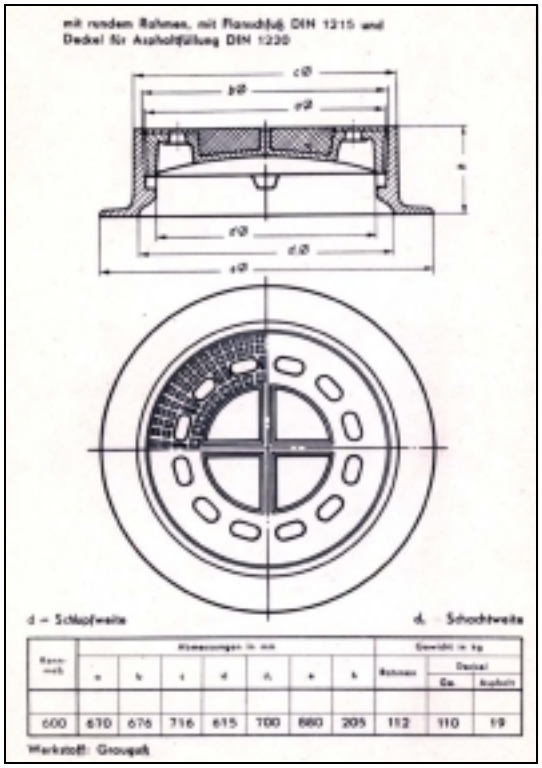


Abbildung 6: Schachtabdeckung für Fahrbahnen aus Grauguss mit Asphaltfüllung [9]

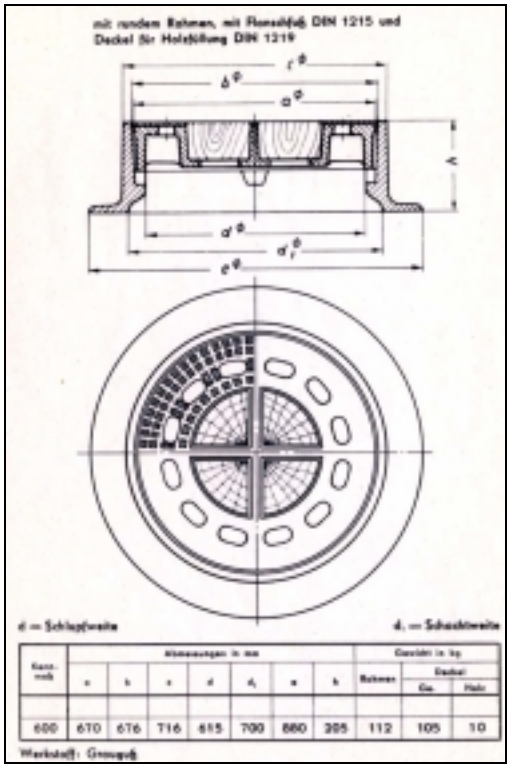


Abbildung 7: Schachtabdeckung für Fahrbahnen aus Grauguss mit Holzfüllung [9]

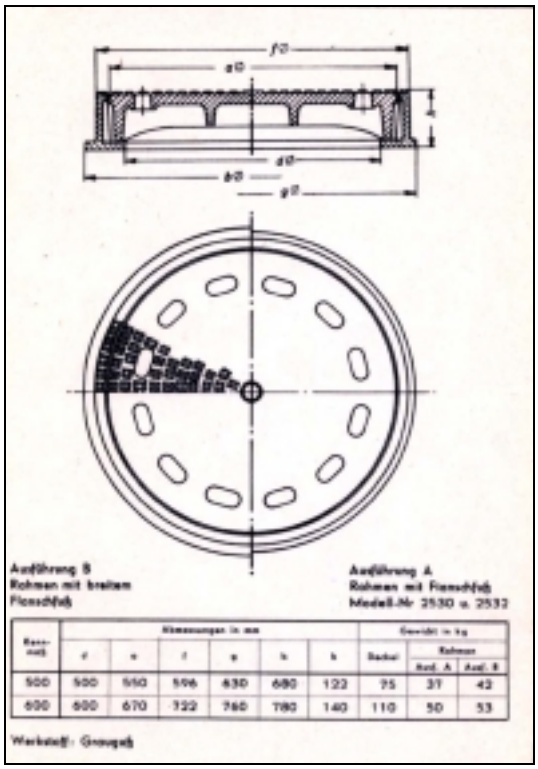


Abbildung 8: Schachtabdeckung für Fahrbahnen aus Grauguss [9]

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

2.2 Normen- und Regelwerk

Die europäische Norm DIN EN 752 (vgl. [10]) „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ gilt für Entwässerungssysteme, welche hauptsächlich als Freispiegelsysteme betrieben werden. Sie gilt von dem Punkt an, an dem das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßenablauf fließt, bis zu dem Punkt, an dem das Abwasser in eine Behandlungsanlage oder einen Vorfluter eingeleitet wird. Die grundsätzlichen Anforderungen an den Betrieb von Entwässerungssystemen sind nach [10]:

a) Verstopfungsfreier Betrieb;

b) Begrenzung der Überflutungshäufigkeit auf die vorgeschriebenen Werte;

c) Schutz von Gesundheit und Leben der Öffentlichkeit;

d) Die Überlastungshäufigkeiten sollten auf die vorgeschriebenen Werte begrenzt werden;

e) Schutz von Gesundheit und Leben des Betriebspersonals;

f) Schutz der Vorfluter vor Verschmutzung im Rahmen festgelegter Grenzen;

g) Ausschluss der Gefährdung von bestehenden, angrenzenden Bauten und Ver- und Entsorgungseinrichtungen durch Abwasserkanäle und –leitungen;

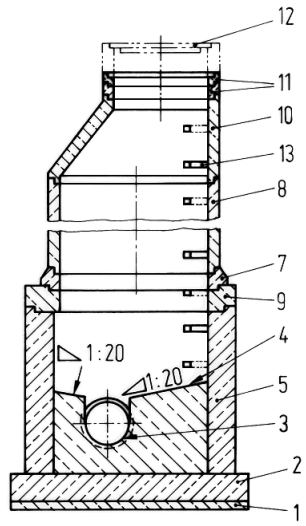
h) Erreichung der geforderten Nutzungsdauer und Erhaltung des baulichen Bestandes;

i) Wasserdichtheit der Abwasserkanäle und –leitungen entsprechend den Prüfungsanforderungen;

j) Vermeidung von Geruchsbelästigungen und Giftigkeiten;

k) Sicherung der geeigneten Zugänglichkeit für Unterhaltungszwecke.

Diese Anforderungen gelten für das gesamte Entwässerungssystem, einschließlich der Regenentlastungsbauwerke und Pumpanlagen, und für die Kläranlagen sowie für die Auswirkungen ihrer Einleitungen auf die Vorfluter. Nach dem Arbeitsblatt ATV-A 241 [2] werden Einsteigschächte den Bauwerken in Entwässerungsanlagen zugeordnet. Entsprechend DIN 19549 [11] ist die Schachtabdeckung Bestandteil eines Schachtes für erdverlegte Abwasserkanäle und –leitungen (siehe *Abbildung 9*).



1. Sauberkeitsschicht
2. Sohlplatte
3. Gerinne
4. Auftritt
5. Schachtunterteil
6. Muffe mit Gelenkstück
7. Fussauflagering
8. Schachtring
9. Übergangsplatte
10. Schachthals
11. Auflagering
12. Schachtabdeckung
13. Steighilfe

Abbildung 9: Darstellung der Bestandteile eines Schachtes für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen [11]

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

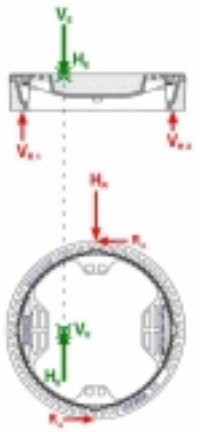
2.3 Belastungen und Randbedingungen

Die Wahl eines angepassten Sanierungssystems, d.h. die Klärung der Frage, ob die zu sanierende Schachtabdeckung repariert, renoviert oder erneuert wird, bedarf verschiedener Informationen, so z.B. allgemeinen Randbedingungen und Angaben zum baulichen Zustand bzw. zum Schadensbild der zu sanierenden Schachtabdeckung. Daneben können Informationen zur „Sanierungsgeschichte“ der Schachtabdeckung die Auswahl eines geeigneten Sanierungssystems unterstützen.

Die Dauerhaftigkeit einer Sanierung wird von der Belastung, der die Schachtabdeckung ausgesetzt ist, beeinflusst. Auf den Schachtdeckel wirken zwei Lastresultierende ein, die sich in Grösse und Richtung unterscheiden. Diese 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 in der Regel eine Nut-Feder-Konstruktion, d.h. eine Nut im Rahmen und eine Feder im Deckel, angewendet.

Abhängig von der Art der eingesetzten Schachtabdeckung bzw. des Sanierungssystems werden die einwirkenden Belastungen direkt über den Schachtkonus in den Schachtkörper, in die umgebende Fahrbahndecke oder über Fundamentplatten in den Untergrund abgeleitet.

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 [38]). Die Schachtabdeckung nimmt die Verkehrslasten auf und leitet die vertikale Lastkomponente in den Schachtkonus. Die horizontalen Lasten werden im wesentlichen durch die Einbindung in den Straßenkörper aufgenommen. Diese Einbindung wird z.B. mit Asphaltbeton, Gussasphalt oder Formsteinen mit bituminösem Verguss ausgeführt. *Abbildung 10* zeigt eine schematische Darstellung der eingeleiteten Verkehrslasten und der 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 10: Schematische Darstellung der eingeleiteten Kräfte und der resultierenden Auflagerreaktionen

In den letzten Jahren werden alternativ Schachtabdeckungen angeboten, bei denen die Verkehrslasten nicht in den Schachtkonus weitergeleitet, sondern von der umgebende Fahrbahn-

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

decke aufgenommen werden. Diese Schachtabdeckungen werden zusammen mit dem noch heißen Asphalt eingewalzt und „schwimmen“ selbstnivellierend in der Asphaltdecke.

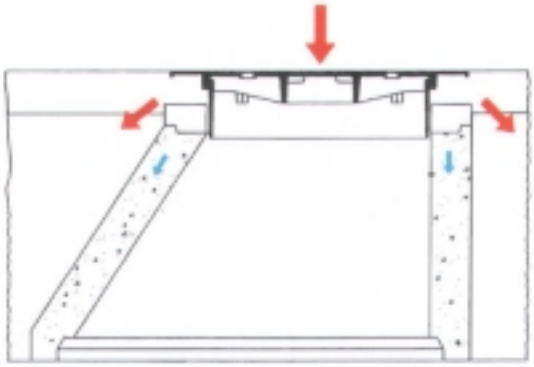
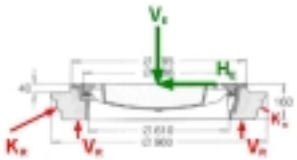


Abbildung 11: Lastableitung bei einer selbsnivellierenden Schachtabdeckung

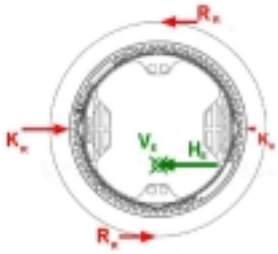
Ein kombinierter Lastabtrag über den bestehenden Schacht und die umgebende Fahrbahndekke wird z.B. mit der Schachtabdeckung *Budaplan*®, System Stehr, realisiert. Sie liegt auf dem Schachtkonus auf, wobei eine konische Verbreiterung aus Beton zusätzlich für einen Lastabtrag in die Fahrbahndecke sorgt. Durch die konischen Form soll sich die Schachtabdeckung bei einer Setzung im Straßenoberbau verspannen.



Einwirkende äußere Kräfte
(Kraftresultierende aus Lastspannungen):

H_E : Horizontal

V_E : Vertikal



Reaktionskräfte
(Kraftresultierende aus Reaktionsspannungen):

R_R : Rotation

K_R : Konus

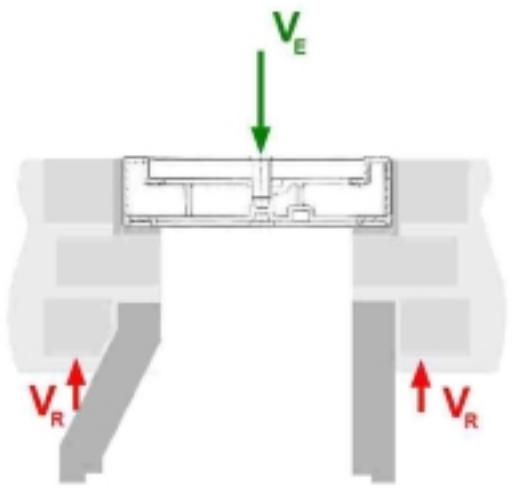
V_R : Vertikal

Abbildung 12: Lasteinleitung bei der konischen Schachtabdeckung Budaplan®, System Stehr

Eine andere Möglichkeit die Verkehrslasten abzuleiten besteht im Einsatz einer Fundamentplatte die die Schachtabdeckung und den Schachtkörper entkoppelt. Die Lasten werden dabei nicht in den Schachtkörper sondern in den umgebenden Baugrund übertragen. Die Einbindung in die Straße, zur Aufnahme der horizontalen Lasten, kann mit Formsteinen oder Asphalt ausgeführt werden.

Beispielhaft ist hier das *SSU-System* der Fa. Schacht + Trumme, Ahrensburg aufgeführt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH



Einwirkende äußere Kräfte
(Kraftresultierende aus Lastspannungen):

V_E : Vertikal

Reaktionskräfte
(Kraftresultierende aus Reaktionsspannungen):

V_R : Vertikal

Abbildung 13: Einleitung vertikaler Lasten bei dem SSU-System der Firma Schacht + Trumme, Ahrensburg

Um die zu erwartenden Belastungen auf die Schachtabdeckung in die Auswahl eines Sanierungsverfahrens einbeziehen zu können, sollten die folgenden Fragen beantwortet werden (*vergleiche Abbildung 14 bis 19*):

- Wie hoch ist die Verkehrsbelastung des betroffenen Straßenabschnittes ?
- Welcher Straßenkategorie wird der betroffene Straßenabschnitt zugeordnet ?
- Welche Höchstgeschwindigkeit darf im Bereich der Schachtabdeckung gefahren werden ?
- An welcher Position im Straßenquerschnitt liegt die zu sanierende Schachtabdeckung ?
- Welche Längsneigung besitzt der Straßenabschnitt im Bereich der zu sanierenden Schachtabdeckung ?
- Liegt die zu sanierende Schachtabdeckung in einer Kurve oder einem Kreuzungspunkt ?

Abbildung 14: Schachtabdeckung in einer Tempo 30 Zone

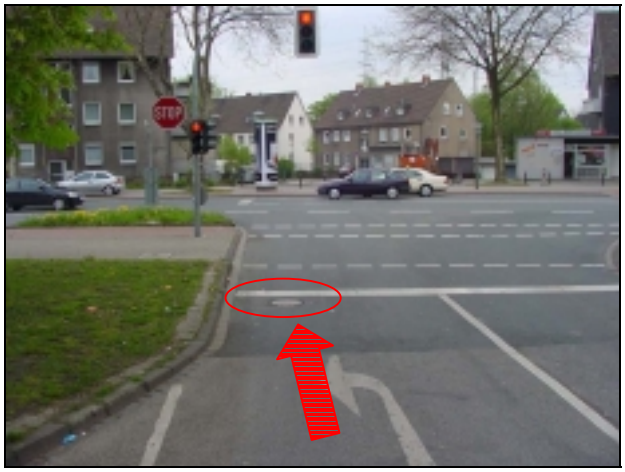


Abbildung 15: Schachtabdeckung im Brems- und Beschleunigungsbereich unmittelbar vor einer Lichtsignalanlage

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 16: Schachtabdeckung im Kreuzungsbereich zweier Straßen

Abbildung 17: Schachtabdeckung in Steigungs- bzw. Gefällestrecke

Abbildung 18: Schachtabdeckung in einer Kurve

Abbildung 19: Schachtabdeckung in einer Autobahn ohne Geschwindigkeitsbeschränkung

Um unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein sinnvolles Sanierungsverfahren für eine Schachtabdeckung auszuwählen, muss das Sanierungsverfahren auf das jeweilige Schadensbild der Schachtabdeckungen abgestimmt werden. Neben den oben dargestellten Randbedingungen sind daher die folgenden Fragen zum baulichen Zustand der zu sanierenden Schachtabdeckung zu klären:

- Aus welchem Material oder Materialkombinationen ist der zu sanierende Schacht gebaut (Mauerwerk, Beton, Kunststoff) ?
- Welche Querschnittsform hat der zu sanierende Schacht (eckig oder rund) ?
- In welchem Zustand befindet sich der Straßenoberbau im Umfeld der Schachtabdeckung ?
- In welchem Zustand befindet sich die Unterfütterung unterhalb des Schachtrahmens ?
- In welchem Zustand befinden sich die Schachtdeckel und der Schachtrahmen ?
- Wie groß ist der Höhenunterschied zwischen Schachtabdeckung und Fahrbahndecke ?

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Erfahrungen [5] zeigen, dass die Sanierung von Schachtabdeckungen häufig nicht dauerhaft ist. Ursachen hierfür können sowohl Fehler bei der Bauausführung als auch die Wahl eines für die Schachtabdeckung und das Schadensbild ungeeigneten Sanierungsverfahrens sein. Um die Wiederholung möglicher Fehler zu vermeiden, sollten vor der Auswahl eines Sanierungsverfahrens die nachstehend aufgeführten Fragestellungen geklärt werden:

- Wann und mit welchen Verfahren wurde die zu sanierende Schachtabdeckung zuletzt saniert ?
- Wie sah das Schadensbild vor der letzten Sanierung aus ?
- Wie sieht das jetzige Schadensbild aus ?

2.4 Schadensursachen

Nach DIN EN 124 [12] versteht man unter einer Schachtabdeckung den „oberen Abschluß eines Schachtes oder eines anderen Raumes, bestehend aus Rahmen und Deckel und/oder Rost“. Als Ausgleichsbereich bzw. Schachtkopf wird im allgemeinen die Gesamtheit aus Schachtabdeckung, Auflageringen und Mörtelschichten beschrieben. Die Höhe des Schachtkopfes wird auch als Regulierungshöhe bezeichnet.

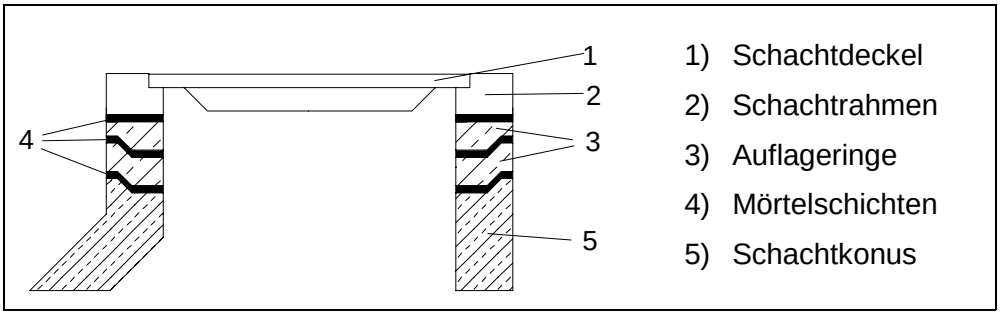


Abbildung 20: Prinzipskizze „Ausgleichsbereich“ bzw. „Schachtkopf“

Den Anlass für die Sanierung einer Schachtabdeckung liefert in der Regel ein Schaden, der eine Geräuschbelästigung oder eine Gefährdung der Verkehrsteilnehmer darstellt. Dabei können unterschiedliche von außen sichtbare Schadensbilder vorliegen, deren Ursache nicht immer unmittelbar erkennbar ist. So können z.B. Schäden im Bereich der Unterfütterung (vgl. *Abbildung 21*), Auflockerungen des Straßenunterbaus oder Setzung des gesamten Schachtes vorliegen.

Abbildung 21: Unsachgemäß hergestellte Unterfütterung zwischen Schachtkonus und Betonauflagering

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Eine häufige Ursache für Schäden an Schachtabdeckungen ist das Versagen der Mörtelfuge zwischen dem Rahmen der Schachtabdeckung und dem Schachthals bzw. gegebenenfalls den vorhandenen Auflageringen durch eine Kombination von dynamischen Belastungen aus überrollenden Fahrzeugen und chemisch/physikalischen Beanspruchungen durch [13]

- Tausalzeinwirkungen,
- Temperaturunterschiede,
- Feuchtigkeitsunterschiede,
- Frost-Tau-Wechselbeanspruchungen.

Als weitere Ursache kommen Witterungseinflüsse (Temperatur, Niederschlag) beim Einbau- bzw. Sanierungsvorgang sowie Baufehler durch

- Verwendung von Mörtelsystemen mit ungeeigneter Rezeptur,
- unsachgemäßen Umgang mit den Mörtelsystemen auf der Baustelle,
- fehlende qualitätssichernde Maßnahmen auf der Baustelle oder
- zu schnelle Verkehrsfreigabe

in Frage [5].

2.5 Schadensbilder

Die sichtbaren Schadensbilder, die durch die Kombination aus Belastungen und Umwelteinflüssen hervorgerufen werden, können sich deutlich unterscheiden. Diese Unterschiede in den Schadensbildern lassen vermuten, dass nicht ein Verfahren allein für die Sanierung aller Schäden geeignet sein kann. Nachfolgend sind mögliche sichtbare Schadensbilder von Schachtabdeckungen dargestellt.

a)

b)

Abbildung 22: Niveauunterschiede nach Erneuerung des Straßenoberbaus

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

a) b)

Abbildung 23: Setzungen im Bereich der Umpflasterung der Schachtabdeckung

a) b)

Abbildung 24: Setzungen im Bereich der Umpflasterung und der Fahrbahnoberfläche

a) b)

Abbildung 25: Starke Abnutzung der Fahrbahnoberfläche im Umfeld der Schachtabdekkung

a) b)

Abbildung 26: Setzung des Schachtes und der Umpflasterung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

a) b)

Abbildung 27: Schiefstellung der Schachtabdeckung durch ungleichmäßige Setzung der Einbindung

a) b)

Abbildung 28: Abgesackte Schachtabdeckung mit Schäden im Bereich der Einbindung

a) b)

Abbildung 29: Abgesunkene Schachtabdeckung

2.6 Werkstoffe und Bauteile zur Sanierung schadhafter Schachtabdeckungen

2.6.1 Schachtabdeckungen

Im folgenden sind Beispiele für Neuentwicklungen von Schachtabdeckungen dargestellt.

Die Saint-Gobain Guss GmbH, Saarbrücken hat einen neuen Typus Schachtabdeckungen entwickelt, der aufgrund seiner Bauform den Einbau und die Handhabung erleichtern soll. Die *VIATOP-Abdeckungen* sind vollständig aus duktilem Guss. Dieses Material ist im Gegensatz zu Grauguss nicht spröde, sondern hat durch sein erhöhtes E-Modul stahlähnliche Eigenschaften.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Somit haben die Schachtabdeckungen nach Herstellerangaben eine sehr viel höhere Widerstandsfähigkeit gegen dynamische Lasteinwirkungen. Neben der vom Hersteller erwarteten längeren Haltbarkeit und Lebensdauer zeichnen sich die Schachtabdeckungen durch einen klapperfreien, festen Sitz des Deckels im Schachtrahmen aus. Dieses wird mit Hilfe eines Elastomerrings erreicht, der durch sein besonderes Profil rutschfest in seiner Position im Schachtrahmen unterhalb des Schachtdeckels gehalten wird [14].

Die Firma ACO Drain Passavant, Rendsburg entwickelte eine Schachtabdeckung bei der, statt der üblichen Kombination von Beton und Guss, das Material Vollguss eingesetzt wurde. Das Standardgewicht der Schachtabdeckungen der Firma ACO Drain Passavant von 87 kg konnte durch die Vollgussausführung um 25% reduziert werden. Der Verzicht auf Beton sorgt nach Angaben des Herstellers zudem für eine erhöhte Frostsicherheit. Die Befestigung des Schachtdeckels im Rahmen wurde neu konstruiert. Das Resultat ist die sogenannte *Starlock®-Arretierung*, die verhindert, dass die Abdeckung beim Überfahren klappert. Auf eine dämpfende Einlage kann somit nach Angaben des Herstellers verzichtet werden [15].

Die Firma Buderus Kanalguss GmbH, Limburg hat den „*Kleeblattdeckel*“ der Klasse D 400 mit im Vergleich zu anderen Schachtabdeckungen größerer Betonfläche, breiterer Dämpfungseinlage und mehr Lüftungsfläche entwickelt. Nach Angaben des Herstellers verbessert die Verschiebung des Anteils zwischen strukturierter Gussoberfläche und Betonoberfläche zu Gunsten des Betons beim „*Kleeblattdeckel*“ das Griffigkeitsverhalten der Schachtabdeckung und damit die Sicherheit – insbesondere für Zweiradfahrer. Die Verringerung der spezifischen Flächenpressung des Schachtdeckels auf den Rahmen soll darüberhinaus das Verschleissverhalten der Schachtabdeckung verbessern. Daneben soll sich durch einen größeren Lüftungsquerschnitt der Luftaustausch im Kanalsystem erhöhen [16].

Abbildung 30: VIATOP-Schachtabdeckung geöffnet und in 90°-Position arretiert

Abbildung 31: Schachtabdeckung LW 600 mit Starlock®-Arretierung [15]

Abbildung 32: „Kleeblattdeckel“ Klasse D 400 [16]

2.6.2 Mörtel und Vergussmassen

Im folgenden sind Beispiele für Regulierungsmörtel und Vergussmassen dargestellt.

Das Angebot der Firma Denso GmbH, Leverkusen beinhaltet z.B. die Produkte *Densolastic EM* und *Densolastic VT* zur Sanierungen der Schachtabdeckung. Bei dem Produkt *Densolastic EM* handelt es sich nach Herstellerangaben um einen standfesten und dauerelastischen Kunst-

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

stoffmörtel auf Polyurethanbasis. Das Material härtet schnell aus und ist aufgrund seiner Elastizität geräusch- und schwingungsdämpfend. Der Mörtel soll für Fugen von Bauteilen verwendet werden, die hohen dynamischen und statischen Belastungen ausgesetzt sind. Das Produkt *Densolastic VT*, eine kalt verarbeitbare und selbstnivellierende Vergussmasse auf Polyurethanbasis, soll nach Angaben des Herstellers für Fugen in Asphalt- und Betonflächen verwendet werden, die treibstoffbeständig ausgebildet werden müssen [17].

Ein weiteres Produkt zur Sanierung von Schachtabdeckungen ist ein Ergelit Trockenmörtel Verguss fix 35 F der Ergelit Trockenmörtel und Feuerfest GmbH, Schwelm (siehe *Abbildung 33*). Hier handelt es sich nach Angaben des Herstellers um einen mit Stahlfasern modifizierten frühhochfesten, schrumpffreien, frost- und tausalzbeständigen Vergussmörtel zum Vergießen von Spalten größer 10 mm Höhe. Der Mörtel eignet sich nach Herstellerangaben zur Höhenregulierung von Schachtabdeckungen jeglicher Art und Bauweise. Zum Mischen des Mörtels soll ein Zwangsmischer oder Quirl verwendet werden. Der Hersteller gibt eine Mischdauer von einer Minute und einen Wasserbedarf von ca. 3,5 Liter à 25 kg Zement vor, um die angegebenen Mörteleigenschaften sicherzustellen. Diese Mischungsverhältnisse sind nur unter Einsatz der o.a. Geräte zu erreichen. Das Anmischen von Hand ist in jedem Falle unzureichend (vgl. *Abbildung 34*). Bei der Renovierung schadhafter Schachtabdeckungen wird in der Regel zum Vergießen des Mörtels eine Schlauchschalung eingesetzt (siehe *Abbildung 35*) [18].

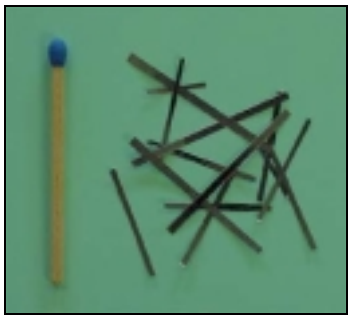


Abbildung 33: Fibraflex Fasern des Ergelit Trockenmörtels Verguss fix 35 F

Abbildung 34: Mischen eines Regulierungsmörtels auf der Baustelle mit „Kelle und Augenmaß“

Abbildung 35: Freigelegte Schachtabdeckung mit einer Schlauchschalung zum Vergießen einer Fuge zwischen Auflagerringen aus Beton

Beispiele für in Deutschland verbreitete Anbieter von Regulier- oder Vergussmörtel zur Sanierung von Schachtabdeckungen sind nachfolgend aufgelistet:

Beck GmbH, Bad Rappenau-Bonfeld	Ebralit Produktreihe
Denso GmbH, Leverkusen	Densolastic Produktreihe
Ergelit Trockenmörtel und Feuerfest GmbH, Schwerte	Ergelit Produktreihe
OMBRAN GmbH, Solingen	VGM Produktreihe
PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG, Essen	Produktreihe VB3
PCI Augsburg GmbH, Augsburg	PCI-Verguß-Fix Produktreihe
P+T Technischer Mörtel GmbH, Neuss	EuroGrout Produktreihe
MAPEI Deutschland GmbH, Bottrop	Sewament Produktreihe
MC-Bauchemie Müller GmbH, Bottrop	Konusit Produktreihe
quick-mix Trockenbaustoffe GmbH, Osnabrück	SBM und S-Fix Produkte

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Sakret Trockenbaustoffe GmbH & Co. KG, Wiesbaden	Produktreihe VG
VBT Ingenieurbüro für Verguß- und Befestigungstechnik, Hilden	Supralit Produktreihe
Wiebusch - Polymerbeton - Technik GmbH, Volkmarsen	Wipolit Produktreihe

Zur Herstellung der Einbindung des Schachtrahmens an die Fahrbahndecke können selbstklebende Bitumenfugenbänder, wie z.B. *TOK®-Band SK* der Firma Denso [17] oder Vergussmassen wie das Produkt ***Fibrescreed®*** der Firma Schacht + Trumme [19] verwendet werden. Bei diesem Material handelt es sich um eine Vergussmasse auf elastomermodifizierter Bitumenbasis, bestehend aus Polymerbitumen, Splitt, Gummigranulat sowie Stahl- und Glasfasern. Die Vergussmasse wird heiß eingebaut und sofort, ebenfalls heiß, abgesplittet. Zur Verarbeitung wird die Vergussmasse in einem permanent rührenden und hitzeregulierenden Kocher auf min. 180 °C bis max. 200 °C erhitzt, damit es zu keiner Entmischung des Stützkorns und keiner Verbrennung der Polymere kommt. Die *Fibrescreed®* Vergussmasse findet z.B. Anwendung bei der Fugenverfüllung im Beton- und Asphaltbau. Nach Angaben des Herstellers zeichnet sich das Material durch rissfüllende Eigenschaften und Standfestigkeit aus. Die Vergussmasse zeigt eine großflächige Haftung in der waagerechten und eignet sich somit neben der Fugenverfüllung im herkömmlichen Sinn auch zur Überdeckung weit verzweigter Risszonen. Das Material weist zusätzlich ein dauerhaft tolerantes Verhalten gegenüber Rissweitenänderungen auf. Nach Angaben des Herstellers bleibt die *Fibrescreed®* Vergussmasse bei Nässe griffig und behält auch bei hohen Temperaturen dauerelastische Eigenschaften. [19].

2.6.3 Asphalt

Bei der Verwendung des Baustoffes Asphalt kann u.a. unterschieden werden zwischen Gussasphalt und Asphaltbeton. Gussasphalt kann alternativ zu Mörtelsystemen zur Unterfütterung des Schachtrahmens sowie zur Wiederherstellung des Straßenoberbaus verwendet werden. Asphaltbeton stellt im allgemeinen die kostengünstigere und daher häufiger anzutreffende Möglichkeit zur Wiederherstellung des Straßenoberbaus dar.

2.6.3.1 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. Somit werden widerstandsfähige und verkehrssichere Deckschichten hergestellt. Gussasphalt ist in heißem Zustand gieß- und streichbar und bedarf beim Einbau keiner Verdichtung. Die Oberfläche wird unmittelbar nach dem Einbau des Gussasphaltes durch Aufrauhen oder Abstumpfen nachbehandelt. Gussasphalt kann als Deckschicht auf Straßen und Wegen aller Art sowie auf anderen Verkehrsflächen eingebaut werden. Gussasphalt 0/5 soll nur ausnahmsweise für Fahrbahnen verwendet werden. Er eignet sich besonders für Rad- und Gehwege. Der Transport des Gussasphaltes erfolgt in speziellen fahrbaren Kochern (siehe *Abbildung 36*) [20].

2.6.3.2 Asphaltbeton (Heisseinbau)

Asphaltbeton (Heisseinbau) besteht aus einem Mineralstoffgemisch abgestufter Körnung mit Straßenbaubitumen als Bindemittel; das Mischgut wird im heißen Zustand eingebaut und verdichtet. 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 unter Verkehr sich nur wenig verändern. Asphaltbeton kann als Deckschicht auf Straßen und Wegen aller Art sowie auf anderen Verkehrsflächen eingebaut werden [20].

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

2.6.3.3 Asphaltbeton (Warmeinbau)

Asphaltbeton (Warmeinbau) 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 den Verkehr nachverdichtet und ergeben erst dann hohlraumarme Deckschichten. Asphaltbeton (Warmeinbau) kann als Deckschicht auf Fahrbahnen der Bauklassen IV bis VI sowie auf Wegen und anderen Verkehrsflächen eingebaut werden. Die Verwendung beim Bau von Fahrbahnen sollte jedoch auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben [20].

Um das Mischgut ohne Temperaturverlust auf der gewünschten Einbautemperatur zu halten kann der Transport zur Einbaustelle z.B. mittels eines Asphalt-Thermo-Containers [21] (siehe *Abbildung 37*) erfolgen.

Abbildung 36: Gussasphaltkocher [22]

Abbildung 37: Asphalt-Thermo-Container [21]

2.6.4 Elastomere

Der Einsatz von Elastomeren im Abwasserbereich ist eng verbunden mit der Entwicklung von Dichtstoffen für Abwasserrohre. Die ersten vorgefertigten Rohre aus Beton besaßen noch keine angeformten Muffen. Ihre stumpfen Stoßflächen wurden beim Verlegen hart aneinander gestossen und die Stoßstelle mit einer 5 cm dicken Mörtelschicht, in die ein Drahtgewebe eingelegt wurde, umgeben. Dichtringe aus Gummi (Naturkautschuk) wurden bereits seit den 30er Jahren in Wasserleitungen aus Stahlbetondruckrohren verwendet. In Abwasserleitungen konnten diese Ringe nicht eingesetzt werden, da sie von den Abwässern zerstört wurden. Ab 1951 kamen plastische, kaltverarbeitbare Dichtstoffe in Form von Bändern bei Rohren mit Falzverbindungen zum Einsatz. Kitten und Spachtelmassen wurden sowohl bei Rohren mit Falz- als auch mit Muffenverbindungen eingesetzt. Der freie Spalt zwischen den Rohren musste dabei vollständig ausgefüllt werden. Diese Dichtungen lösten die damals zum Abdichten von Muffen üblichen Stemmdichtungen ab. Erst ab etwa den 60er Jahren kamen Dichtungen aus Elastomeren im Abwassersektor zur Anwendung. Inzwischen haben sie sich als Dichtmittel für Muffenverbindungen von Rohren aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton aber auch aus anderen Werkstoffen durchgesetzt. [40]

Mit einem von der Hermann Mücher GmbH, Schwelm als Prototyp hergestellten Elastomer-Auflagering konnten im Rahmen des Forschungsvorhabens „Entwicklung eines neuen Bau- und Sanierungsvorhabens für die Verbindung des Rahmens der Schachtabdeckung zum Schachthals“ [5] bereits positive Ergebnisse erzielt werden. Nach Abschluss des Forschungsvorhabens wurden die Elastomerringe als Alternative zum Mörtelbett, d.h. zwischen den Betonauflageringen und dem Schachtkonus, eingesetzt und fortlaufend weiterentwickelt. Für den Einbau stehen Ringe in unterschiedlichen Stärken zur Verfügung. Eine Neigungsanpassung oder ein Neigungsausgleich ist mit keilförmigen Ringen möglich. Der Aufbau eines Schachtkopfes mit die-

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

sen Elastomer-Auflageringen ist in *Abbildung 38* dargestellt [23]. Im Rahmen des dargestellten Forschungsvorhabens wurden Ringe mit einer Dicke von 1,0 cm ausgewählt und erprobt.

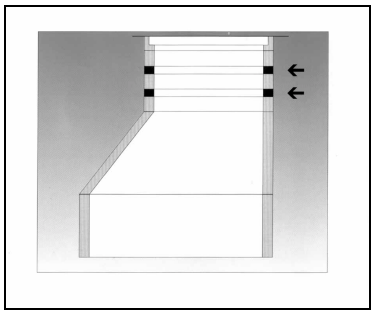


Abbildung 38: Ausgleichs- und Lastübertragungsringe aus Elastomer [23]

2.7 Sanierungsverfahren

2.7.1 Allgemeines

Für die Sanierung von Entwässerungssystemen stehen verschiedene Sanierungsverfahren zur Verfügung, die sich durch den Umfang der Maßnahme und die Einbeziehung der vorhandenen Bausubstanz unterscheiden.

Unter dem Oberbegriff ***Sanierung*** werden alle Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen zusammengefasst [10]. Unterschieden wird dabei zwischen ***Reparatur***, ***Renovierung*** und ***Erneuerung***. Die Reparatur umfasst alle Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden. Die Renovierung schließt alle Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen und -kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz ein. Die Erneuerung entspricht der Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen. Nachfolgend ist beispielhaft ein Schema zur Einteilung der Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen dargestellt.

Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen

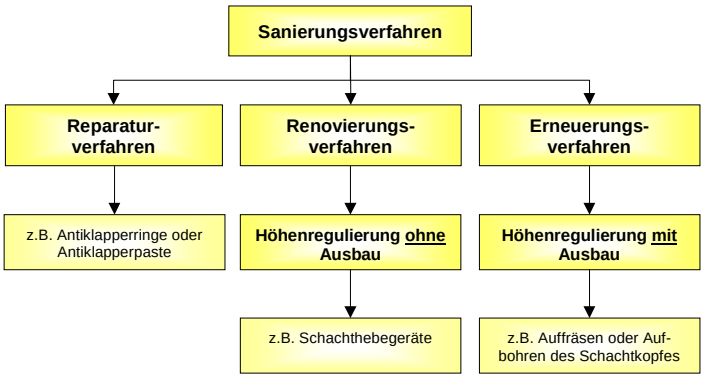


Abbildung 39: Schema zur Einteilung der Sanierungsverfahren für Schachtabdeckungen

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Werden die Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen, ähnlich der Sanierung von Abwasserkanälen und –leitungen, in Reparatur-, Renovierungs- und Erneuerungsverfahren eingeteilt, können z.B. Antiklapperpasten und –ringe den Reparaturverfahren zugeordnet werden. Als Renovierung kann die Höhenregulierung ohne Ausbau der Schachtabdeckung angesehen werden. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Schachtrahmenhebern zur Unterfütterung der Fuge unterhalb des Schachtrahmens. Die Erneuerung schließt alle Verfahren zur Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung ein. Die Erneuerungsverfahren unterscheiden sich weiterhin durch

- die Methode des Ausbaus der Schachtabdeckung (z.B. Stemmen, Fräsen oder Bohren),
- das Material zur Höhenregulierung (z.B. Mörtel / Beton, Gussasphalt, Elastomerringe oder Sonderkonstruktionen),
- die Einbindung in den Straßenoberbau (z.B. Formsteine, Asphalt oder Vergussmasse),
- die Form des Lastabtrags (z.B. Straßenoberbau, Untergrund, Schachtkörper).

Die Behebung einer Rissbildung an Deckel, Rost oder Rahmen oder von Verschleißfolgen an Rahmen und/oder Deckel, insbesondere an der Auflagefläche zwischen Deckel und Rahmen, erfolgt durch Ersatz der betreffenden Bauteile, wobei in der Regel Deckel und Rahmen zusammen ausgetauscht werden. **In allen anderen Schadensfällen ist eine Höhenregulierung der Schachtabdeckung erforderlich***.* Bei der Höhenregulierung unterscheidet man zwischen den Verfahrensvarianten ohne Ausbau und mit Ausbau der jeweiligen Schachtabdeckung.

Die Netzbetreiber sehen sich heute einem vielfältigen Angebot an Materialien und Verfahren zur Sanierung von schadhaften Schachtabdeckungen gegenüber. Die Lieferanten und Verfahrensanbieter sind zu einem hohen Anteil im Bereich kleiner und mittelständiger Unternehmen zu finden und ihre Leistungen werden häufig regional begrenzt angeboten. Nachfolgend wird ein Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zum Bau und zur Sanierung von Schachtabdeckungen gegeben. Die aufgeführten Produkte und Verfahren werden kurz beschrieben, wobei die Auflistung nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

2.7.2 Reparaturverfahren

Zu den Reparaturverfahren werden z.B. Antiklapperringe und Antiklapperpasten gezählt. Beide Verfahren werden eingesetzt, um eine vollflächige und kraftschlüssige Auflage des Schachtdeckels auf den Schachtrahmen zu schaffen. Störende Klappergeräusche infolge von Verschleißerscheinungen zwischen Schachtrahmen und Schachtdeckel sollen auf diese Weise unterbunden werden.

Abbildung 40: Antiklapperring [24]

Abbildung 41: Antiklapperpaste [25]

Eine mittels des Einsatzes einer Antiklapperpaste reparierte klappernde Schachtabdeckung ist in *Abbildung 42* dargestellt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 42: Ehemals klappernde Schachtabdeckung nach der Reparatur mit einer Antiklapperpaste

2.7.3 Renovierungsverfahren

Unter dem Begriff Renovierungsverfahren werden nachfolgend die Verfahren zur Höhenregulierung ohne Ausbau der Schachtabdeckung zusammengefasst. Sowohl die Schachtabdeckung als auch die umgebende Deck- und Tragschicht der Fahrbahn bleiben erhalten. Es erfolgt lediglich das Anheben oder Absenken des zuvor mit Hilfe mechanisch oder hydraulisch arbeitender Spezialgeräte gelösten Rahmens.

Eine Niveauerhöhung wird durch Unterfüttern des angehobenen Rahmens z.B. mit schwindarmen, schnellerhärtenden Spezialmörteln auf der Basis von Zement oder Reaktionsharzen oder mit Hilfe von Unterlegkeilen aus Polymerbeton erreicht. Bei der Sanierung nach dem Verfahren der Firma Vienna GmbH, Halbs wird z.B. der Schachtrahmen mit einem Spezial-Hebegerät ohne zu stemmen aus der Fahrbahndecke herausgehoben. Lose und zerstörte Untermörtelungen werden entfernt, die Flächen mit Pressluft gereinigt und die Fuge zwischen Abdeckung und Auflagering mit schrumpffreiem, schnellhärtendem, tausalz- und säurebeständigem *Viennalit®-Schnellvergussmörtel* vergossen. Vorhandene Fahrbahnvertiefungen sowie Längs- und Querrisse um den Schachtrahmen werden bei diesem Sanierungsverfahren mit Spezial-Bitumen angeglichen und dauerhaft abgedichtet.

Abbildung 43: Schachtrahmenheber [26]

Abbildung 44: Einsetzen einer Schlauchschalung zur Wiederherstellung einer Mörtelfuge [26]

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

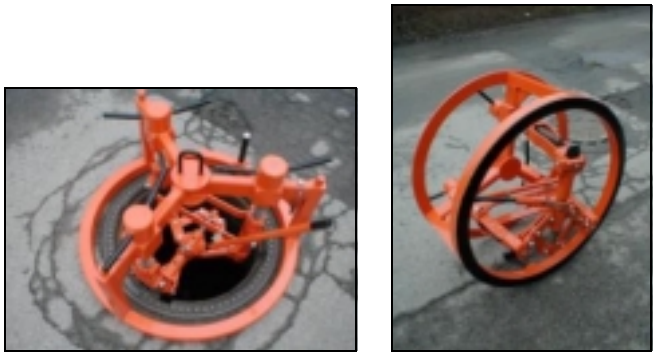


Abbildung 45: Schachtrahmenheber [18]

Abbildung 46: Schachtrahmenheber im Einsatz [24]

Weitere Anbieter von Verfahren zur Renovierung von Schachtabdeckungen und Schachthebegeräten sind z.B.: *Beck GmbH*, Bad Rappenau-Bonfeld*; HERMES Technologie GmbH & Co KG*, Schwerte; *Hans Joch Maschinenbau*, Gemmingen; *Macon Verbau GmbH*, Heinsberg; *VBT – Verguss- und Befestigungstechnik*, Hilden; *Vienna GmbH*, Halbs; Wipoton Wiebusch – Polymerbeton – Technik GmbH & Co. Kg, Volkmarsen.

2.7.4 Erneuerungsverfahren

Unter dem Begriff Erneuerungsverfahren werden nachfolgend die Verfahren zur Höhenregulierung mit Ausbau der Schachtabdeckung zusammengefasst. Eine Höhenregulierung von Schachtabdeckungen mit Ausbau erfolgt immer dann, wenn auch die umgebende Deckschicht durch Rißbildung, Deformation u.ä. beschädigt ist.

In der Regel erfolgt die Sanierung durch Ausbau der umgebenden Deck- und Tragschicht sowie der schadhaften Schachtabdeckung einschließlich eventuell vorhandener Auflageringe und anschließendem Wiedereinbau im gewünschten Niveau. Im Anschluß daran wird die umgebende Trag- und Deckschicht wieder hergestellt.

Neue Entwicklungen, wie sie auch im hier dargestellten Forschungsvorhaben untersucht wurden, zielen darauf ab, Auflageringe aus Kunststoff anstelle von Zementmörtel einzusetzen. Diese Auflageringe führen im Schacht zu einer Reduzierung der Spannungsspitzen aus dynamischer Belastung durch Straßenverkehr. Die grundsätzliche Eignung solcher Spezialringe aus Kunststoff wurde bereits nachgewiesen [5].

2.7.4.1 SSU – System

Bei dem *SSU-System* der Firma Schacht + Trumme GmbH, Ahrensburg handelt es sich um ein Verfahren zum Bau und zur Sanierung von Schachtabdeckungen bei dem mittels einer Fundamentplatte die Schachtabdeckung vom Schachtkörper entkoppelt wird. Der Lastabtrag erfolgt somit nicht über den Schachtkörper sondern über den umgebenden Boden und Straßenunterbau.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

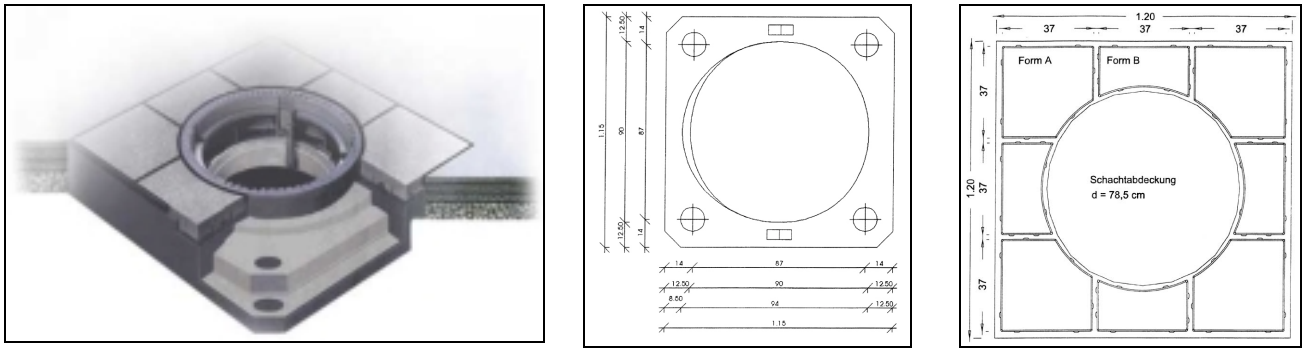


Abbildung 47: Aufbau der SSU-Systems, Darstellung der Fundamentplatte und der SSU-Strabit-Umrandungssteine [19]

Das *SSU-System* ist nach Herstellerangaben gekennzeichnet durch die ausschließliche Verwendung qualitätsgesicherten Baumaterials. Die durchzuführenden Arbeitsschritte stellen sich wie folgt dar:

- Anschneiden der bituminösen Befestigung mit einer Schnitttiefe von 14 cm Tiefe mit dem Standardmaß der Schnittfläche von 1,20 m x 1,20 m.
- Aufbrechen der angeschnittenen bituminösen Befestigung und Freilegen des Schachtkopfes bis ca. 20 cm unterhalb der Oberkante des Schachtkonus. Der Schachtkonus wird durch Verschließen der Schachtöffnung vor hereinfallendem Material und damit vor Verunreinigungen geschützt.
- Herstellung einer Betonbettung aus Beton der Güte B 25 mit einer Körnung 0/8 – 0/16 mm in einer Stärke von mindestens 10 cm in der gesamten freigelegten Fläche.
- Verlegung einer Fundamentplatte mit den Maßen 1150 x 1150 mm.
- Auflegen eines elastomeren Zwischenringes auf den Schachtkonus.
- Regulierung der Schachthöhe mit bewehrten Grundplatten der Maße 1100 x 1100 mm in Höhen von 50 mm bzw. 100 mm und Schachtauflageringen in Höhen von 30 mm, 50 mm oder 100 mm. Herstellung der Mörtelfugen mit Mörtel der Mörtelgruppe III aus Sand 0/2 mm und Zement PZ = 52,5 im Raumverhältnis 3:1 oder gegebenenfalls mit frühfestem Fugenmörtel.
- Aufsetzen einer *STM-Schachtabdeckung* der Klasse D 400 nach DIN EN 124 [12] mit einem Vollgussrahmen nach höhenmäßiger Regulierung mit Fugenmörtel oder Einlegen eines elastomeren Auflager- und Lastübertragungsringes. Bei einer Neuasphaltierung wird die Schachtabdeckung so ausgerichtet, dass ihr Niveau 3-5 mm unter der Fahrbahnoberfläche liegt. Im Falle der Sanierung schadhafter Schachtabdeckungen erfolgt die Höhenregulierung auf 0-3 mm unterhalb der Fahrbahnoberfläche.
- Inneren Schachthals im Fugenbereich mit Mörtel verstreichen.
- Herstellen des Betonbetts und Einsetzen und Ausrichten der *SSU-Strabit-Umrandungssteine* aus Beton der Güte B 25. Die Fugen mit einer Breite von 1,5 bis 2,0 cm auf eine Fugenhöhe bis auf 6,0 cm mit Beton verfüllen. Die Restfuge von 6,0 cm Höhe reinigen, trocknen und bündig mit Fugenvergussmasse *Fibrescreed®* (siehe Abschnitt 2.6.2) vergießen.
- Vor dem Einbringen der Vergussmasse werden die Fugen staubfrei gereinigt und mit Heißluft getrocknet. Die Vergussmasse wird in einem permanent rührenden und hitzeregulierenden Kocher auf min. 180 °C bis max. 200 °C erhitzt, damit es zu keiner Entmischung des Stützkorns und keiner Verbrennung der Polymere kommt. Die Einbaustärke der Vergussmasse soll auf ca. 3 cm begrenzt sein. Fugen von mehr als 3 cm Tiefe werden in mehreren

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Arbeitsgängen vergossen wobei jeder Verguss unmittelbar nach Erkalten des vorherigen Vergusses ausgeführt werden muss.

Die detaillierte Beschreibung der auszuführenden Arbeiten, die exakte Vorgabe der zu verwendenden Materialien und der ausschließliche Einbau des *SSU-Systems* durch Firmen die speziell geschult sind, sichert nach Angaben der Firma Schacht + Trumme GmbH die Qualität des Einbaus [19].

2.7.4.2 Verfahren zum Bohren und Fräsen von Schachtabdeckungen

Das Aufbohren oder Auffräsen des Schachtkopfes bietet einen Zeitvorteil gegenüber den traditionellen Ausbauverfahren. Verminderte Lärmbelästigung, kürzere Bauzeiten und dadurch beschleunigte Verkehrsfreigabe können durch Einsatz entsprechender Verfahren erzielt werden. Demgegenüber steht die zusätzliche Maschinentechnik, die auf der Baustelle vorgehalten werden muss. Nachfolgend werden Verfahren zum Aufbohren oder Auffräsen des Schachtkopfes dargestellt.

Das Stahlplattensystem *SS-01* ist eine Entwicklung der Firma Stellmach, Herford. Es handelt sich dabei um ein System zur vorläufigen Abdeckung der Schachtöffnung vor der Herstellung des Straßenoberbaus. Die Stahlplatte mit angeschlossenem teleskopierbaren Zylinder wird vor Einbau der Asphaltlage auf die Schachtöffnung gelegt. Im noch warmen Asphalt wird dann der Zylinder freigelegt und mittels eines Hakens auf die Höhe der Asphaltlage gezogen. Ein Stützring am oberen Rand des Zylinders hält diesen an der Oberfläche des noch warmem Asphalts. Bei der Überfahrt mit einer Walze und Verdichtung der Asphaltlage positioniert sich der Zylinder automatisch höhengerecht. Nach Fertigstellung der Asphaltlagen wird der Deckel des Zylinders abgenommen. Die Bohr- und Aushebetechnik der *Shark-Maschine* wird durch den Zylinder geführt und ermöglicht so nach Herstellerangaben eine zentrische Bohrung mit automatischer Aushebung des *SS-01-Systems* einschließlich des Asphaltbohrkerns in nur ca. 10 Minuten. Vorteil dieses Systems ist demnach eine 100%ige Verdichtung der Asphaltlagen im Anschlussbereich des später einzusetzenden Schachtrahmens. Dieses System ist mit LKW und Asphaltfertiger beim Asphalteinbau überfahrbar ohne das es zu Asphaltverwalzungen im Umfeld des noch einzusetzenden Schachtrahmens oder Verschiebungen des Schachtrahmens durch die Walzen kommt. Es kommt beim Einbau der Fahrbahndecke zu keinen Wartezeiten durch das Einsetzen der Schachtrahmen und es wird die sofortige Verkehrsfreigabe durch die höhengleich eingebauten und verschlossenen Zylinder ermöglicht. Durch den Einsatz der *Shark-Maschine* zur zentrischen Ausbohrung des Asphaltbohrkerns werden unsachgemäß ausgeführte unsaubere Straßenaufbrüche vermieden. Auf den nachfolgenden Bildern ist das zentrische Ausbohren einer Schachtabdeckung mit dem Stahlplattensystem *SS-01* und einer *Shark-Maschine* dargestellt [27].

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 48: Shark-Maschine zur zentrischen Ausbohrung des Asphaltbohrkerns

Abbildung 49: Zylinder mit abgenommem Deckel in der obersten Asphaltlage

Abbildung 50: Stahlplattensystem SS-01 mit verschlossenem Zylinder [27]

Abbildung 51: Stahlplattensystem SS-01 nach der zentrischen Ausbohrung

Abbildung 52: Shark-Maschine mit Asphaltbohrkern

Abbildung 53: Reinigung der Einbaustelle nach Abschluss der Arbeiten

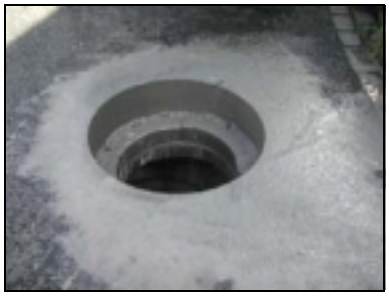


Abbildung 54: Zentrisch ausgebohrte Schachtabdeckung

Abbildung 55: Asphaltbohrkerne

Ein weiteres Verfahren zum Überbohren der Schachtabdeckung wird von der Firma HIBA, Osnabrück angeboten. Bei dem Verfahren *HIBO-01* wird über dem Schacht eine Bohrkrone angesetzt um einen sauberen Übergang zum Asphalt herzustellen. Angetrieben wird die Bohrkrone mit Hilfe einer Fremdhydraulik. Dreh- und Senkbewegungen der Krone erfolgen hydraulisch. Während des Bohrens sorgt eine Wasserführung für eine ausreichende Kühlung des Bohrgutes und die Unterbindung der Staubentwicklung. Die Bohrkrone hat einen Durchmesser von 850 mm. Bei Schächten mit einen üblichen Durchmesser von 800 mm entsteht so ein Spalt von ca. 2 bis 3 cm. Dieser Spalt wird nach dem Aufbau des Schachtkopfes mit einem Fließmörtel verfüllt. Sollte der Asphalt im Umkreis des Einsteigschachtes beschädigt sein, kann nach Angaben des Herstellers eine größere Bohrkrone eingesetzt werden [28].

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Bohrdurchmesser 0,85 m

Bohrdurchmesser 1,20 m

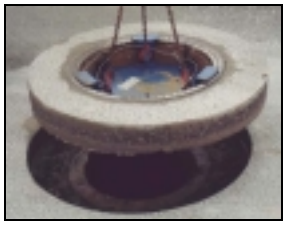


Abbildung 56: Bohrgerät HIBO-01 [28]

Ein weiteres System der Buderus Kanalguss GmbH, Limburg zur Sanierung von Schachtabdeckungen stellt die *Budaplan®-Schachtabdeckung* dar. Mit einem Spezial-Fräskopf, System Stehr [29] wird der defekte Abdeckungsrahmen ausgefräst. Dabei entsteht eine konische Rundöffnung, die Voraussetzung für den Einsatz der *Budaplan®-Schachtabdeckung* ist. Der Beton/Guss-Rahmen der Schachtabdeckung wird freischwimmend in die Fräsöffnung eingebaut und dabei millimetergenau dem Fahrbahnniveau angeglichen. Der abgesenkte Randbereich des Rahmens wird mit Asphaltmischgut verfüllt. Die rauen Seitenflächen der Fräsöffnung und Rillen im konischen Teil des *Budaplan®-Rahmens* bewirken eine Verzahnung der Abdeckung in der Fahrbahn und eine Ableitung großer Anteile der Verkehrslasten in die Fahrbahnschichten. Nachfolgend ist der Einbau einer *Budaplan®-Schachtabdeckung* mit einer konischen Kanaldeckelfräse *Stehr SKF 950* dargestellt [16] [29].

Abbildung 57: Einsatz der konischen Kanaldeckelfräse Stehr SKF 950 [29]

Abbildung 58: Konisch ausgefräste Fahrbahndecke mit aufgefrästem Randbereich

Abbildung 59: Einbau der Budaplan®-Abdeckung mit einer SJV-78 Justiervorrichtung [29]

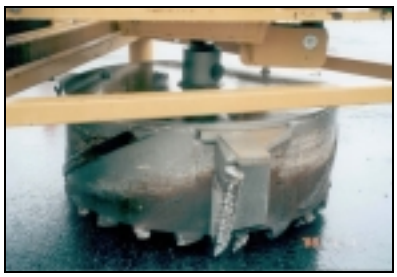


Abbildung 60: Konische Kanaldeckelfräse Stehr SKF 950 [29]

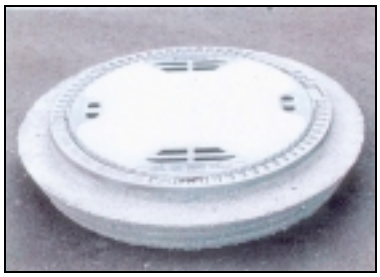


Abbildung 61: Budaplan®-Schachtabdeckung [16]

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Eine anderes System zum Ausfräsen von Schachtabdeckungen stellt der *Bohr Master BMF 201* der Firma Schölkopf MultitTec GmbH, Engstingen dar. Das Gerät kann z.B. an eine Straßenfräse oder einen Unimog angebaut werden. Der Werkzeugträger des Gerätes kann mit u.a. Schachtfrässegmenten für runde Ausfräsungen mit einem Durchmesser von 50 bis 105 cm ausgestattet werden. Mit einem Verbreiterungssegment sind Ausfräsungen mit einem Durchmesser bis 140 cm möglich. Weitere einsetzbare Werkzeuge sind Vollfräs-, Schachtrandfräs- oder Winkelfrässegmente für eine konische Ausfräsung. Nach dem Ausbau der ausgefrästen Schachtabdeckung kann der Schachtkopf mit einem beliebigen System neu aufgebaut werden. Die rauen Seitenflächen der runden oder konischen Fräsöffnung bewirken dabei eine Verzahnung des Neubaus in der vorhandenen Fahrbahn. Nachfolgend ist das Ausfräsen einer Schachtabdeckung mit dem *Bohr Master BMF 201* dargestellt [30].

Abbildung 62: Bohr Master BMF 201 an einen Unimog angebaut

Abbildung 63: Einsatz des Bohr Masters BMF 201

Abbildung 64: Werkzeugträger mit einem Schachtfrässegment für runde Ausfräsungen

Abbildung 65: Ausfräsen der Schachtabdeckung mit einem Frässpalt von 4,5 bis 5,0 cm

Abbildung 66: Detaildarstellung des Schachtfrässegments

Abbildung 67: Ausgefräste Schachtabdeckung mit einem Frässpalt von 4,5 bis 5,0 cm

Abbildung 68: Freigelegter Schachtkopf

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

2.7.4.3 Schwimmende Abdeckungen

Eine Variante zum Bau und zur Sanierung von Schachtabdeckungen stellen selbstnivellierende Abdeckungen mit einwalzbarem Rahmen für bituminöse Fahrbahnbeläge dar, die sogenannten „schwimmenden“ Abdeckungen.

Die *Budalevel®-Schachtabdeckungen* der Buderus Kanalguss GmbH, Limburg weisen einen „überdimensionierten“ oberen Kragen auf. Bei der Verlegung wird die Schachtabdeckung, nach Sicherstellung der ausreichenden Unterfütterung das Kragens, in den Fahrbahnbelag eingewalzt. Ein Betonführungsring der bei der Sanierung nach dem Ausbau der defekten Schachtabdeckung oberhalb des Schachtes auf die Schachtkrone aufgemörtelt wird, verleiht dem Rahmen seine Teleskop-Funktion. Bei Setzungsvorgängen soll der Rahmen dem sich verändernden Fahrbahnniveau folgen, ohne das Schachtbauwerk zu belasten [16].

Die Schachtabdeckungen LW 600 und LW 800 Klasse D 400 System *Bituplan®* Firma Aco Drain Passavant, Rendsburg zum Einwalzen in bituminöse Fahrbahnbeläge kann ebenfalls sowohl im Straßenneubau als auch bei Sanierungsarbeiten zum Einsatz kommen. Die Schachtabdeckung wird oberflächenbündig in den Straßenbelag eingewalzt oder gerüttelt. Die Überrollgeräusche sollen so minimiert werden. Ein zusätzlicher positiver Nebeneffekt ist nach Herstellerangaben, dass es zu keiner stoßartigen Belastung der Schachtabdeckung und des darunterliegenden Bauwerkes kommt [15].

Die Firma GAV, Boppard bietet Schachtabdeckungssysteme zum Einbau in neue, maschinell zu fertigende bzw. bereits bestehende bituminöse Fahrbahndecken. Die *Selflevel®-Abdeckungen* werden im Zuge der Herstellung der Fahrbahndecken aus bituminösem Material mit eingewalzt. Somit liegen sie plan innerhalb der Fahrbahndecke. Durch das Einwalzen der Schachtabdeckungen beim Verdichten der Fahrbahn ist nach Herstellerangaben gewährleistet, dass der Verdichtungsgrad im Umfeld des Einsteigschachtes demjenigen der übrigen Fahrbahnfläche entspricht. *Selflevel®-Abdeckungen* können nach Angaben des Herstellers in besonders beanspruchten Bereichen stark befahrener Straßen, z.B. vor Ampeln, in Kurven, in Steigungen und Gefällestrecken eingesetzt werden [31].

Die Firma Hydrotec, Wildeshausen vertreibt das „schwimmende“ Abdeckungssystem *Econ SN* für den bituminösen Straßenbau. Vorteile dieser Schachtabdeckung sind nach Herstellerangaben, dass die Abdeckung eine Einheit mit der Straße bildet und dadurch kein Absacken oder Herauswachsen des Rahmens aus der Fahrbahndecke möglich wird. Da der Rahmen der Schachtabdeckung schwimmend auf der bituminösen Fahrbahndecke liegt, wird zudem nur ein geringer Teil der vertikalen Kräfte auf den Schachtkörper übertragen [32].

Abbildung 69: Schachtabdekkung LW 600 Klasse D 400 System Bituplan® zum Einwalzen in bitumimöse Fahrbahnbeläge [15]

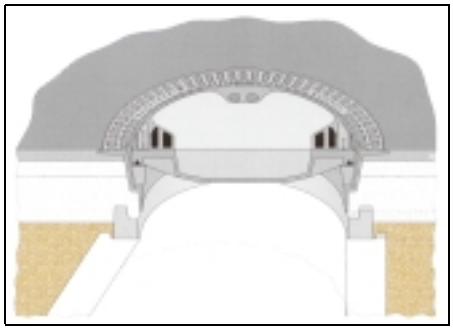


Abbildung 70: Schachtabdeckung Budalevel® mit einwalzbarem Rahmen für bitumimöse Fahrbahnbeläge [16]

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

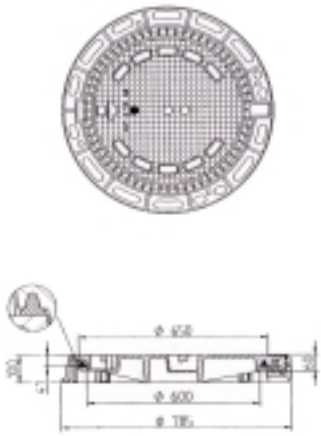


Abbildung 71: Schachtabdeckung Klasse D 400 System Selflevel® [31]

Abbildung 72: Abdeckungssystem Econ SN [32]

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3 Untersuchungsprogramm und Ergebnisse

3.1 In-situ Maßnahmen

3.1.1 Ausgangssituation

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden im Auftrag der Technischen Betriebe Schwelm in den Straßen „In der Graslake“, „Ruhrstraße“ und „ Blücherstraße“ im Schwelmer Stadtgebiet insgesamt 24 Sanierungen schadhafter Schachtabdeckungen durchgeführt. Die ausgewählten Straßenabschnitte liegen in einem Stadtbereich mit einem hohen Anteil an Gewerbeansiedlungen und damit einem entsprechend hohen Anteil an Schwerverkehr.

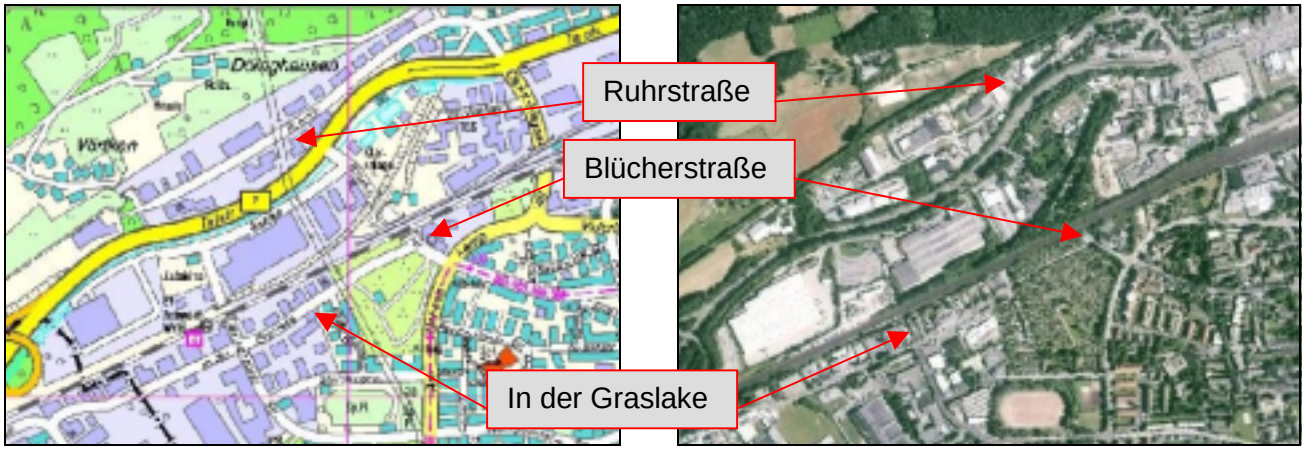


Abbildung 73: In-situ Versuche in Schwelm

Zur Sanierung wurden Schachtabdeckungen ausgewählt, bei denen

- keine Schäden an der umgebenden Fahrbahndecke festzustellen waren und somit nur der Schachtkopf erneuert werden musste;
- Schäden im Bereich der umgebenden Fahrbahndecke eine Erneuerung des Schachtkopfes und der Fahrbahndecke erforderlich machten;
- Schäden im Bereich der umgebenden Fahrbahndecke eine Erneuerung des Schachtkopfes und der Fahrbahndecke erforderlich machten und gleichzeitig eine geringe Regulierungshöhe (Höhe des Schachtkopfes) vorlag.

Nachfolgend sind verschiedene Schadensbilder der zur Sanierung ausgewählten Schachtabdeckungen dargestellt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 74: Schachtabdeckungen bei denen keine Schäden an der umgebenden Fahrbahndecke festzustellen waren

Abbildung 75: Schachtabdeckungen mit erkennbaren Schäden an der umgebenden Fahrbahndecke

Abbildung 76: Nebeneinander liegende Schachtabdeckungen mit erkennbaren Schäden an der umgebenden Fahrbahndecke

Vor der Sanierung erfolgte durch die Projektbeteiligten, Technische Betriebe Schwelm, Firma Schacht + Trumme GmbH und IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, eine Begehung der Örtlichkeit, bei der die Schadensbilder der Schachtabdeckungen aufgenommen wurden. Anschließend wurde für jede Schachtabdeckung der erforderliche Sanierungsumfang festgelegt. Die Sanierungsarbeiten wurden durch die Fa. Schacht + Trumme GmbH ausgeführt und durch das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur wissenschaftlich begleitet.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.1.2 Sanierungsvarianten

Für die Schachtabdeckungen bei denen der Straßenoberbau im Umfeld der Schachtabdeckung deutliche Schäden zeigte, wurde eine Sanierung mit Ausbau, d.h. eine Erneuerung des Schachtkopfes, durchgeführt. Aufgrund der hohen Verkehrsbelastung der betreffenden Strassenabschnitte wurde ein Sanierungssystem gewählt, bei dem der Lastabtrag nicht über den Schachtkörper, sondern über den gesamten Untergrund erfolgt. Zum Einsatz kamen verschiedene Einbauvarianten basierend auf dem SSU-System, bei denen die Schachtabdeckung statt auf einer Mörtelunterfütterung auf einem Elastomerringe aufgesetzt wurde (siehe *Abbildung 77*).

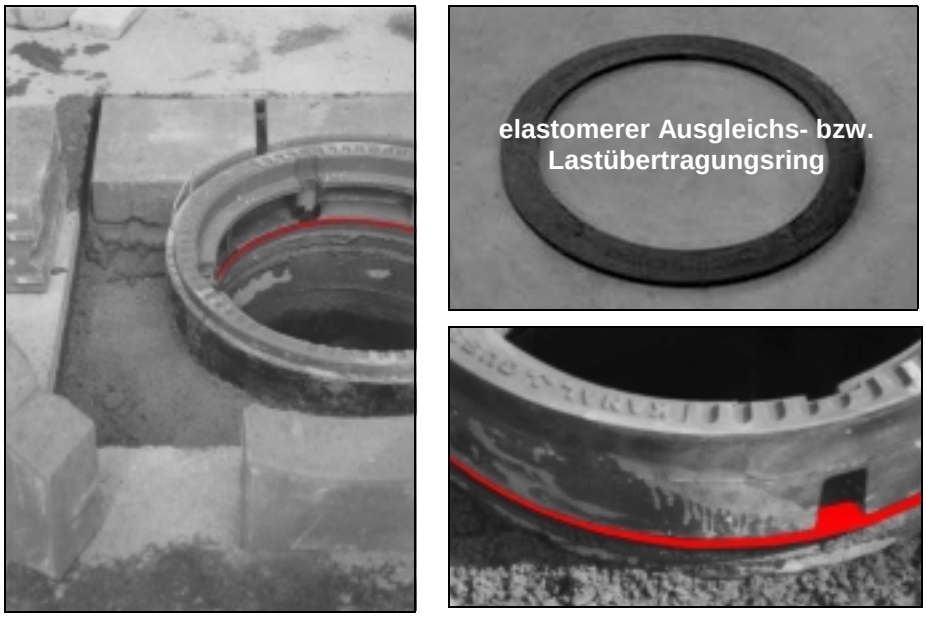


Abbildung 77: Elastomerring (rot) unter der Schachtabdeckung

Zur Wiederherstellung des Straßenoberbaus wurden entweder:

- **Umrandungssteine**,
- **Gussasphalt** oder
- **eine Kombination beider Materialien**

eingesetzt.

Der Anschluss an den Straßenoberbau wurde in allen Fällen mit **Fugenvergussmasse oder bituminösen Fugenbändern** ausgeführt. Bei der Anwendung bituminöser Fugenbänder wurde die Fahrbahndecke mit Gussasphalt wiederhergestellt.

Bei den zu sanierenden Schachtabdeckungen, bei denen der Straßenoberbau intakt war, wurde lediglich eine Höhenregulierung und eine Wiederherstellung der Einbindung in den Straßenkörper durchgeführt. Zum Einsatz kamen hier **Auflageringe aus Kunststoff**. Die Einbindung in den Straßenoberbau erfolgte mit bituminöser Vergussmasse und Gussasphalt.

In einigen Fällen konnte aufgrund der geringen vorhandenen Regulierungshöhe keine Höhenanpassung des Schachtkopfes vorgenommen werden. Hier wurden „gekürzte“ Schachtabdekkungen mit einer Rahmenhöhe von 10 cm unmittelbar auf Höhe des Schachtkonus gesetzt. In anderen Fällen wurden Schachtrahmen mit eckiger Grundplatte unmittelbar auf einen eckigen Schacht aufgebracht.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.1.2.1 Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit SSU-Strabit-Umrandungssteinen

Bei insgesamt 12 Schachtabdeckungen wurde eine Höhenregulierung mit Ausbau mit Varianten des SSU-Systems mit Fundamentplatte und Elastomerring durchgeführt, wobei die **Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit SSU-Strabit-Umrandungssteinen** erfolgte. Nachfolgend werden die durchgeführten Sanierungsarbeiten beschrieben.

Zuerst wurde die Fahrbahndecke in einem Quadrat von der Kantenlänge 1,20 m x 1,20 m um die Schachtabdeckungen herum angeschnitten. In den Schacht wurde eine Schalung eingebracht, die verhinderte, dass Aushubmaterial in den Schacht fällt. Straßenunterbau und der Schachtkopf aus Schachtabdeckung und Betonauflageringen wurden entfernt, so dass der Schachtkonus ca. 20 cm freigelegt war. Die *Abbildungen 78 bis 81* zeigen Beispiele für die durchgeführten Arbeiten.

Abbildung 78: Ausbau des Schachtkopfes bis zum Schachtkonus

Abbildung 79: Ausgekofferter Arbeitsbereich mit den Abmessungen 1,20 m x 1,20 m

Abbildung 80: Ausgekofferter Arbeitsbereich mit den Abmessungen 1,20 m x 1,20 m

Abbildung 81: Ausgekofferter Arbeitsbereich mit den Abmessungen 1,20 m x 1,20 m bei einer Schachtabdeckung mit nur geringem Höhenunterschied zwischen Schachtkonus und Fahrbahnoberkante

Zum Wiederaufbau des Schachtkopfes wurde zunächst auf eine Bettung aus Beton der Güte B 25 eine Fundamentplatte der Abmessung 1,15 m x 1,15 m mit einer mittigen runden Öffnung aufgelegt. Der Durchmesser der Öffnung ist größer als der Außendurchmesser des oberen Bereiches des Schachtkonus. Diese Fundamentplatte übernimmt dadurch, dass kein kraftschlüssiger Kontakt zum Schachtkörper entsteht, den Abtrag der vertikalen Lasten in den Untergrund. Die Oberkante der Fundamentplatte liegt höher als die Oberkante des Schachtkonus. Zwischen Einsteigschacht und Fundamentplatte ist somit eine Fuge vorhanden. Um keinen Raum zur Wasseransammlung zu bieten wurde diese Fuge anschließend mit Mörtel verstrichen. Auf die

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Fundamentplatte wird eine Grundplatte aufgesetzt, wobei der Innendurchmesser der Öffnung der Grundplatte mit dem des Einsteigschachtes übereinstimmt. Es folgen im Aufbau Schachtauflageringe und der Elastomerring. Die Fugen zwischen den Betonbauteilen werden vermörtelt. Die Randbereiche zwischen den Betonbauteilen und dem Straßenoberbau werden mit Stampfbeton gefüllt. Die *Abbildungen 82 bis 91* zeigen die durchgeführten Arbeiten.

Abbildung 82: Eingebaute Bettung aus Beton B 25 mit aufgelegter Fundamentplatte

Abbildung 83: Einbau des seitlichen Betons um die Fundamentplatte

Abbildung 84: Zur Darstellung der Verschiebesicherung der Fundamentplatte wurde diese nach dem Einbau des seitlichen Betons von der Betonbettung abgehoben

Abbildung 85: Detailabbildung der Verschiebesicherung

Abbildung 86: Betoneinbau bis auf Höhe der Fundamentplatte

Abbildung 87: Mit Beton gefüllte Verschiebesicherung im Eckbereich der Fundamentplatte

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 88: Rechteckige Auflageplatte mit einer Öffnung entsprechend der Schachtöffnung auf der Fundamentplatte aufgemörtelt

Abbildung 89: Betoneinbau bis auf Höhe der Auflageplatte

Abbildung 90: Fugenspalt zwischen Auflageplatte und Schachtkonus

Abbildung 91: Auf die Auflageplatte aufgemörtelter runder Auflagering mit aufgelegtem Elastomerring

Auf den beschriebenen höhenregulierten Aufbau des Schachtkopfes wurde nun der Rahmen der Schachtabdeckung gesetzt. In den Arbeitsbereich wurde anschließend eine Lage Beton eingebracht. Diese diente der Bettung der SSU-Strabit-Umrandungssteine, welche die sanierte Schachtabdeckung in die Fahrbahndecke einbinden. Zuvor wurde um den Schachtrahmen eine Schalung gesetzt, um zwischen Rahmen und Einbindung eine Vergussfuge auf voller Rahmenhöhe zu schaffen. Die *Abbildungen 92 und 93* zeigen die durchgeführten Arbeiten.

Abbildung 92: Auf den Elastomerring aufgesetzter Schachtrahmen aus Vollguss

Abbildung 93: Mit einer Schalung um den Schachtrahmen eingebaute Betonbettung für die SSU-Umrandungssteine

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Bei einigen Sanierungen wurde auf den Einbau einer Fundamentplatte verzichtet. Diese Anwendungsfälle stellen sich einerseits so dar, dass ein **Auflager aus Ortbeton** als Alternative zum Einsatz von Betonfertigteilen eingesetzt wurde. Andererseits wurden auch Schachtabdekkungen saniert, bei denen der geringe Höhenunterschied zwischen Konus und Fahrbahndecke einen Aufbau zur Höhenregulierung mit Fertigteilen nicht erlaubte. Die *Abbildungen 94* und *95* zeigen einen Einsteigschacht, bei dem der neue Schachtrahmen und der Elastomerring unmittelbar auf den Konus gelegt wurden. Die *Abbildungen 96 bis 101* zeigen eine Sanierung, bei der Ortbeton alternativ zum Einsatz einer Fundamentplatte verwendet wurde.

Abbildung 94: Schachtkonus mit aufgelegtem Elastomerring und aufgesetzter Schachtabdeckung

Abbildung 95: Detailaufnahme des Schachtrahmens und des untergelegten Elastomerrings

Abbildung 96: Auflageringe mit aufgelegtem Elastomerring

Abbildung 97: Detailabbildung des Elastomerrings

Abbildung 98: Arbeitsbereich mit eingebrachter Betonbettung für die SSU-Umrandungssteine

Abbildung 99: Arbeitsbereich mit Betonbettung und vorläufig entfernter Schalung um den Schachtrahmen

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

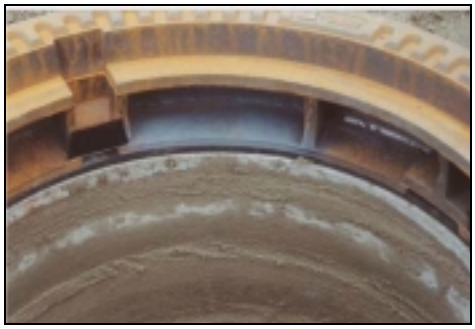


Abbildung 100: Elastomerring zwischen Schachtrahmen und Auflagering aus Beton

Abbildung 101: Elastomerring zwischen Schachtrahmen und Auflagering aus Beton, Detailansicht

Nach Setzen der Formsteine und Abbinden des Betons wurde die Schalung entfernt. Die 16 cm tiefe Fuge um den Schachtrahmen wurde in Lagen zu ca. 3 cm mit *Fibrescreed®* (siehe Abschnitt 2.6.2) Vergussmasse vergossen. Dabei war darauf zu achten, dass jede Lage vor Erkalten der vorherigen Lage eingebracht wurde. Da der Schachtrahmen auch auf dem Elastomerring auflag, war er nun allseitig elastisch eingebettet. Die Fugen zwischen den Formsteinen wurden bis auf 6 cm Tiefe mit Beton gefüllt. Die oberen 6 cm wurden in zwei Lagen mit *Fibrescreed®* Vergussmasse vergossen. Ein besonderes Augenmerk war noch auf den Anschluss an die vorhandene Fahrbahndecke zu legen. Auch diese Fuge wurde mit *Fibrescreed®* Vergussmasse vergossen. Anschließend wurde die Oberfläche der Fugen mit Split abgestreut. Die *Abbildungen 102 bis 116* zeigen die durchgeführten Arbeiten.

Abbildung 102: Setzten der SSU-Umrandungssteine

Abbildung 103: Verschiebesicherung nach Formgebung durch einen SSU-Umrandungsstein

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 104: In das Mörtelbett gesetzte SSU-Umrandungssteine mit erkennbarer Nut zur Verschiebesicherung

Abbildung 105: Zur Darstellung der späteren Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und SSU-Umrandungssteinen wurden die Steine aus dem Mörtelbett gehoben und die Schalung um den Schachtrahmen entfernt

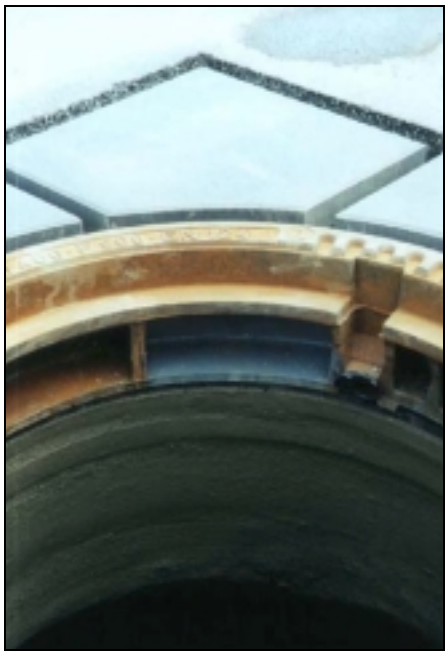


Abbildung 106: Elastomerring mit aufgesetztem Schachtrahmen und SSU-Umrandungssteine vor dem Vergießen der Fugen

Abbildung 107: Schalung um den Schachtrahmen zur späteren Herstellung einer Vergussfuge auf voller Rahmenhöhe

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

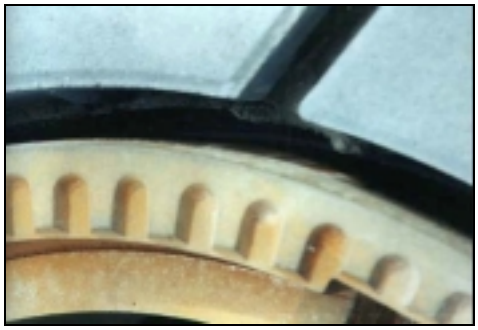


Abbildung 108: Fugenspalt um den Schachtrahmen nach Entfernen der Schalung

Abbildung 109: Verlegte SSU-Umrandungssteine vor dem Vergießen der Fugen

Abbildung 110: Lagenweiser Einbau der Fugenvergussmasse zwischen den SSU-Umrandungssteinen

Abbildung 111: Lagenweises Verfüllen der Fuge zwischen Schachtrahmen und SSU-Umrandungssteinen mit Fugenvergussmasse

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 112: Vergussfugen unmittelbar nach Einbringen der Vergussmasse

Abbildung 113: Fertiggestellte Vergussfugen im Eckbereich nach dem Abstreuen mit Splitt

Abbildung 114: Fertiggestellte Vergussfugen im Seitenbereich nach dem Abstreuen mit Splitt

Abbildung 115: Fertiggestellte Vergussfugen nach dem Abfegen des überschüssigen Splitts

Abbildung 116: Detailabbildung der Vergussfuge

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.1.2.2 Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit Gussasphalt

Bei insgesamt 9 Schachtabdeckungen wurde eine Höhenregulierung mit Varianten des SSU-Systems mit Fundamentplatte und Elastomerring durchgeführt, wobei die **Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit Gussasphalt** erfolgte. Mit Gussasphalt kann die Fahrbahndecke in einer beliebig großen Fläche im Umfeld des Schachtrahmens wiederhergestellt werden. Gussasphalt ist selbstverdichtend und eignet sich daher besonders zur Wiederherstellung der Fahrbahndecke in dem Bereich um den Einsteigschacht, in dem Straßenfertiger und schweres Verdichtungsgerät nur bedingt eingesetzt werden können. Nachfolgend werden die durchgeführten Arbeiten zur Wiederherstellung der Fahrbahndecke beschrieben. Die eigentliche Höhenregulierung der Schachtabdeckungen entsprach den in *Abschnitt 3.1.2.1* dargestellten Ausführungen.

Nach dem Aufbringen einer Betonschicht aus einem Beton der Güte B 25 wurden die letzten 15 cm bis zur Oberkante der Fahrbahndecke in drei Schichten à 5 cm aus Gussasphalt hergestellt. Um den Schachtrahmen verblieb während des Einbringens des Gussasphaltes eine Schalung. Diese so geschaffene Fuge wurde nach Fertigstellung der Asphaltarbeiten mit bituminöser Fibrescreed® Vergussmasse vergossen. Der Übergang zwischen der neu geschaffenen Asphaltfläche und der vorhandenen Fahrbahn wurde vor dem Einbau der letzten Lage des Gussasphaltes mit Holz verschalt. Nach Entfernen der Schalung wurde die Fuge mit Fibrescreed® Vergussmasse verfüllt. Der Einbau der Vergussmasse erfolgte „warm an warm“, d.h. vor dem Erkalten des Gussasphaltes, um den Verbund zwischen Vergussmasse und Asphalt zu verbessern. Anschließend wurden die Fugen und die Asphaltflächen mit Split überstreut und abgefegt. Die *Abbildungen 117 bis 122* zeigen Beispiele der durchgeführten Arbeiten.

Abbildung 117: Lagenweise Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit Gussasphalt

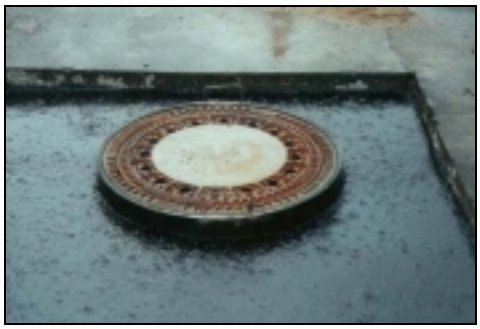


Abbildung 118: Schachtabdeckung mit Schalung um den Schachtrahmen

Abbildung 119: Herstellung der 2. Lage der Fahrbahndecke

Abbildung 120: Herstellung der 3. Lage der Fahrbahndecke

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 121: Fugenbereich nach Entfernen der Holzschalung

Abbildung 122: Herstellung der Anschlussfuge aus bituminöser Vergussmasse

3.1.2.3 Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit Kombination aus SSU-Umrandungssteinen und Gussasphalt

In drei Fällen wurde die Fahrbahndecke mit einer **Kombination aus SSU-Umrandungssteinen und Gussasphalt** wiederhergestellt. Aufgrund der sichtbaren Schäden in der Fahrbahndecke wurde diese hier in einem Quadrat von der Kantenlänge 1,80 m x 1,80 m um die Schachtabdeckungen herum angeschnitten und der Straßenoberbau ausgekoffert. Die durchgeführten Arbeiten entsprechen denen der zuvor beschriebenen Sanierungen. Die Fugen in den Übergangsbereichen der verschiedenen Materialien wurden mit Fibrescreed® Vergussmasse verfüllt. Die *Abbildungen 123 und 124 zeigen* die Wiederherstellung der Fahrbahndecke.

Abbildung 123: Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit einer Kombination aus SSU-Umrandungssteinen und Gussasphalt mit Vergussfugen in den Übergangsbereichen

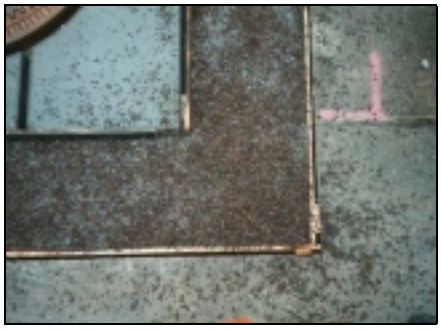


Abbildung 124: Detailabbildung der Holzschalungen zur Herstellung der Vergussfugen in den Anschlussbereichen der verschiedenen Materialien

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.1.2.4 Anbindung des Schachtrahmens mit Bitumenfugenband an die Fahrbahndecke

Bei drei der zu sanierenden Schachtabdeckungen liegen unmittelbar unter dem zu erneuernden Rahmen Schächte mit Abdeckplatten aus Beton und eckigen Einsteigöffnungen. Aufgrund des geringen Höhenunterschiedes von nur ca. 10 cm zwischen der Abdeckplatte und der Fahrbahndecke wurden hier „gekürzte“ Schachtabdeckungen mit einer eckigen Grundplatte aus Guss eingebaut. Bei diesen Sanierungen konnte kein Elastomerring unter dem Schachtrahmen angeordnet werden. Die Schachtabdeckungen wurden jedoch in das Untersuchungsprogramm aufgenommen, da hier die Verwendung von **Bitumenfugenband zum elastischen Anschluss des Schachtrahmens an die Fahrbahndecke** zum Einsatz kam. Bei dem *verwendeten TOC®-Band SK* [17] handelt es ich um ein selbstklebendes Bitumenfugenband das kaltklebend ohne Flamme am Schachtrahmen angebracht wird. Der sichere Verschluss der Fugen im Übergang zwischen Schachtrahmen und Fahrbahndecke hat unmittelbaren Einfluss auf die Qualität und Dauerhaftigkeit der Sanierung [5], da an diesen kritischen Stellen durch Witterungseinflüsse erhebliche Schäden entstehen können. Für eine einwandfreie Verbindung ist eine trockene und saubere Kante sowie ein Voranstrich des Schachtrahmens erforderlich. Zur Wiederherstellung der Fahrbahndecke wurde Gussasphalt verwendet. Die mit einer Holzschalung hergestellte Anschlussfuge zwischen Gussasphalt und vorhandener Fahrbahndecke wurde mit *Fibrescreed®* Vergussmasse verfüllt. Die gesamte neu hergestellte Fahrbahndecke wurde mit Split abgestreut. Die *Abbildungen 125 bis 130* zeigen die durchgeführten Arbeiten.

Abbildung 125: Schachtabdeckung mit angeklebtem „TOC®-Band SK“ vor dem Einbau des Gussasphaltes

Abbildung 126: Aufbau einer „gekürzten“ Schachtabdeckung auf einen eckigen Einsteigschacht und lagenweise Wiederherstellung der Fahrbahndecke mit Gussasphalt

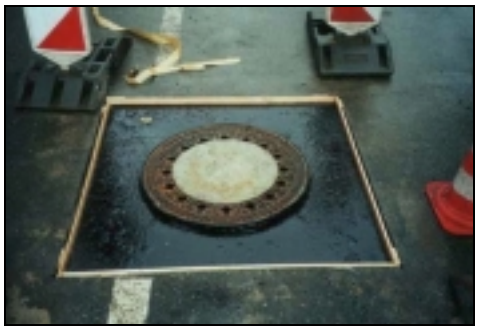


Abbildung 127: Einbau der ersten Lage des Gussasphaltes mit einer Holzschalung zur Herstellung einer Vergussfuge zum Anschluss an die vorhandene Fahrbahndecke

Abbildung 128: Detailaufnahme der Holzschalung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

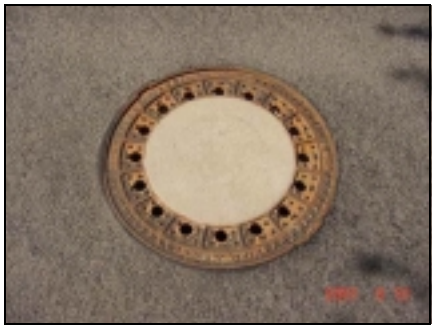


Abbildung 129: Anschluss des Schachtrahmens mit „TOC®-Band SK“ an die neu hergestellte Fahrbahndecke aus Gussasphalt

Abbildung 130: Detailabbildung des Anschlusses des Schachtrahmens mit „TOC®-Band SK“ an die neu hergestellten Fahrbahndecke aus Gussasphalt

3.1.2.5 Höhenregulierung mit Auflageringen aus Recycling-Kunststoff

Bei zwei Sanierungsfällen wurde, da hier nur Schäden am Schachtrahmen, der Einbindung und der Unterfütterung festgestellt werden konnten, lediglich der Schachtkopf erneuert. Die Fahrbahndecke wurde in einem Abstand von 10 cm um den Schachtrahmen kreisförmig aufgestemmt und der Baugrund bis zur Höhe des Schachtkonus ausgekoffert. Die vorhandenen Auflageringe aus Beton wurden gegen **Auflageringe aus Recycling-Kunststoff** mit einer Höhe von 10 cm ausgetauscht.

Die Ringe werden als Alternative zu den gebräuchlichen Auflageringen aus Beton eingesetzt. Sie zeigen nach Angaben des Herstellers ein elastisches Verhalten, dass mit dem von Asphalt vergleichbar ist. Für einen Auflagering mit einer Bauhöhe von 10 cm werden dabei für verschiedene Belastungen die folgenden Verformungen angegeben (*siehe Tabelle 1)* [19]:

Belastung 20 to.	Senkung 1,1 mm
Belastung 40 to.	Senkung 2,2 mm
Belastung 60 to.	Senkung 3,3 mm
Belastung 80 to.	Senkung 4,4 mm

Tabelle 1: Verformungen von Auflageringen aus Kunststoff [19]

Nach der Einschalung des Schachtrahmens, konnte der Ringraum zwischen Fahrbahnoberbau und Schachtrahmen bis wenige cm unter Fahrbahnoberkante mit Beton verfüllt werden. Nach Abbinden des Betons und Entfernen der Schalung wurde die verbleibende Fuge mit *Fibrescreed®* Vergussmasse verfüllt. Der neu hergestellte Teil der Fahrbahndecke wurde abschließend mit Split abgestreut und abgefegt. Nach Abschluss der Arbeiten sind die Schachtabdekkungen elastisch in den Fahrbahnoberbau eingebunden. Die *Abbildungen 131 bis 136* zeigen die durchgeführten Arbeiten.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 131: Auflagering aus Recycling-Kunststoff mit einer Höhe von 10 cm zwischen Rahmen und Schachtkonus eingebaut

Abbildung 132: Auflagering aus Recycling-Kunststoff

Abbildung 133: Mit Beton verfüllter Bereich um den Schachtrahmen

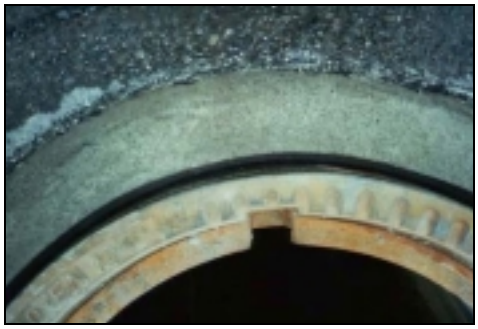


Abbildung 134: Fugenspalt nach Entfernen der Schalung

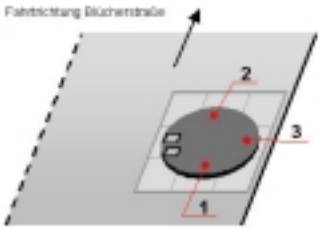
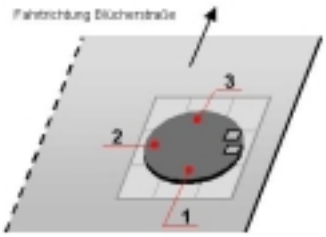
© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 135: Mit Fibrescreed® Vergussmasse verfüllte Fuge zwischen Schachtrahmen und Fahrbahndecke

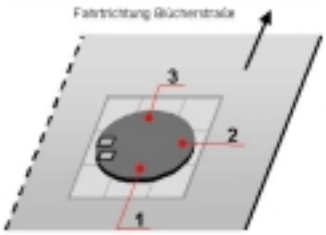
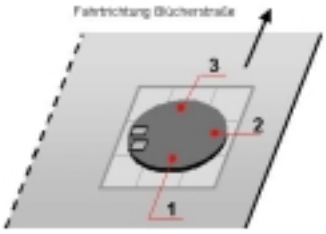
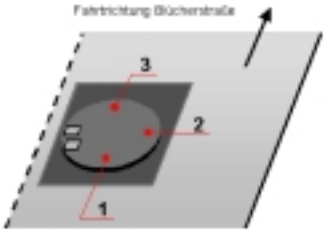
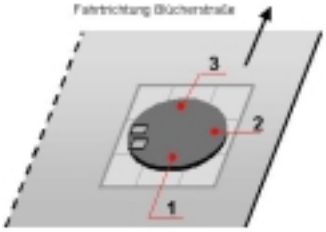
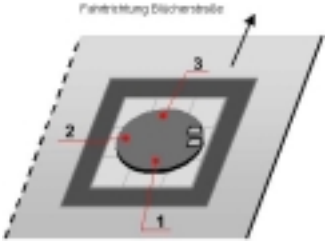
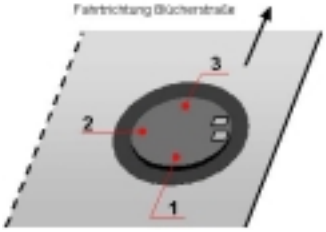
Abbildung 136: Mit Fibrescreed® Vergussmasse verfüllte Fuge zwischen Schachtrahmen und Fahrbahndecke mit Split abgestreut

3.1.3 Ausgeführte Baumaßnahmen

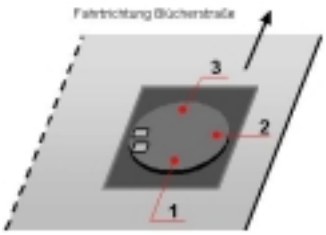
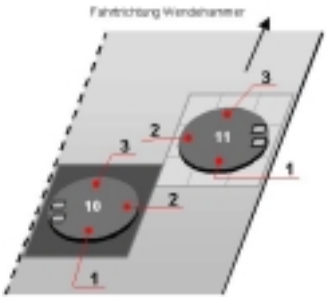
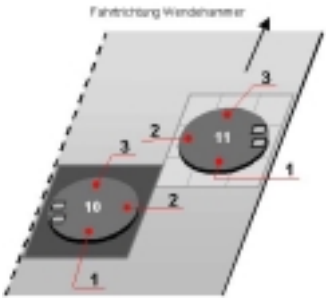
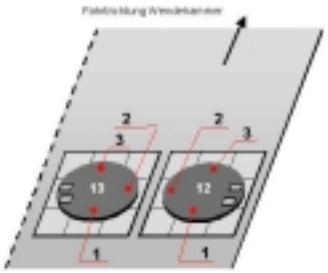
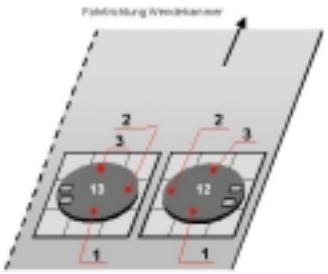
Nachfolgend wird eine Übersicht der in Schwelm im Rahmen des Forschungsvorhabens sanierten Schachtabdeckungen gegeben. Die Beschreibung der Sanierungen beinhaltet die Nummer der Sanierungsmaßnahme, die Straße, in der die Schachtabdeckung liegt, die Fläche der Fahrbahndecke, die mit der Sanierung erneuert wurde, die Art der Wiederherstellung der Fahrbahndecke, die Regulierungshöhe des Schachtkopfes sowie die Art der Unterfütterung der Schachtabdeckung. Darüber hinaus ist die Position der Messpunkte am Schachtrahmen grafisch dargestellt.

Nr.	Messpunkte / Bild	Beschreibung
01		Schacht Nr. 01 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 20 cm Elastomerring unter der Schachtabdeckung
02		Schacht Nr. 02 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 35 cm Elastomerring unter der Schachtabdeckung

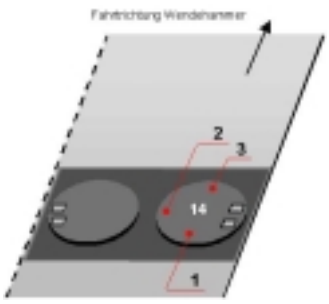
© 2002 All rights reserved by GEK mbH

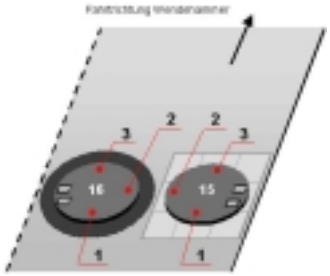
03			Schacht Nr. 03 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 32 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
04			Schacht Nr. 04 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 28 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
05			Schacht Nr. 05 / In der Graslake Einbindungsfläche 2,90 x 1,60 m Gussasphalt Regulierungshöhe 12 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
06			Schacht Nr. 06 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 3 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
07			Schacht Nr. 07 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,80 x 1,80 m SSU-Strabit-Umrandungssteine und Gussasphalt Regulierungshöhe 20 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
08			Schacht Nr. 08 / In der Graslake Seitliche Wiederherstellung mit Ver-guss Regulierungshöhe 22 cm Auflagering aus Recycling-Kunststoff, Höhe 10 cm

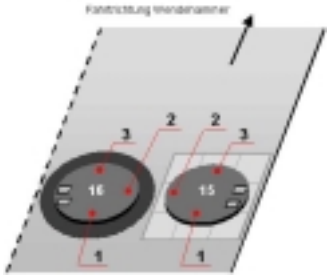
© 2002 All rights reserved by GEK mbH

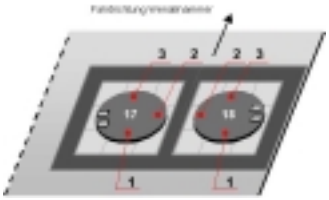
09			Schacht Nr. 09 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,80 x 1,80 m Gussasphalt Regulierungshöhe 20 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
10			Schacht Nr. 10 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 1,60 x 1,60 m Gussasphalt Regulierungshöhe 18 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
11			Schacht Nr. 11 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 22 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
12			Schacht Nr. 12 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 14 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
13			Schacht Nr. 13 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 10 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung

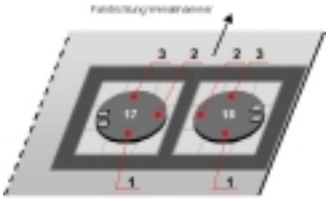
© 2002 All rights reserved by GEK mbH

14			Schacht Nr. 14 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 4,00 x 3,25 m Gussasphalt Regulierungshöhe 20 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung

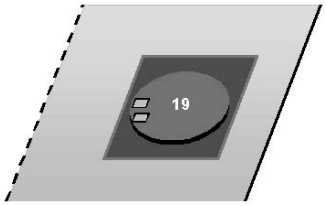
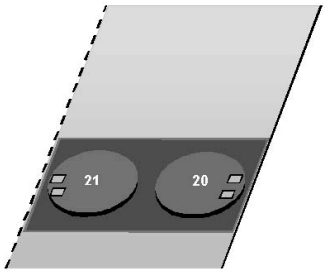
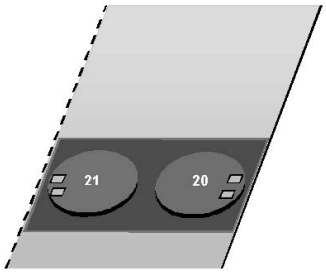
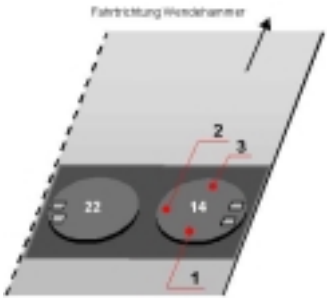
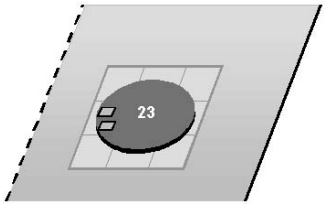
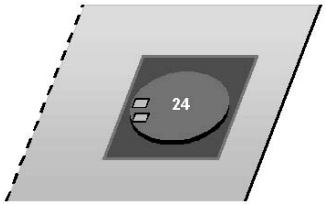
15			Schacht Nr. 15 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 28 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung

16			Schacht Nr. 16 / Ruhrstraße Seitliche Wiederherstellung mit Gus-sasphalt Regulierungshöhe 24 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung

17			Schacht Nr. 17 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 3,65 x 1,80 m SSU-Strabit-Umrandungssteine und Gussasphalt Regulierungshöhe 25 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung

18			Schacht Nr. 18 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 3,65 x 1,80 m SSU-Strabit-Umrandungssteine und Gussasphalt Regulierungshöhe 25 cm Mörtelfuge unter der Schachtabdek-kung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

19			Schacht Nr. 19 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m Gussasphalt Regulierungshöhe 16 cm eckige Schachtabdeckung
20			Schacht Nr. 20 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m Gussasphalt Regulierungshöhe 2 cm Mörtelfuge unter der Schachtabdek-kung
21			Schacht Nr. 21 / In der Graslake Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m Gussasphalt Regulierungshöhe 2 cm Mörtelfuge unter der Schachtabdek-kung
22			Schacht Nr. 22 / Ruhrstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m Gussasphalt gekürzte Schachtabdeckung
23			Schacht Nr. 23 / Blücherstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m SSU-Strabit-Umrandungssteine Regulierungshöhe 25 cm Elastomerring unter der Schachtab-deckung
24			Schacht Nr. 24 / Blücherstraße Einbindungsfläche 1,20 x 1,20 m Gussasphalt Regulierungshöhe 16 cm eckige Schachtabdeckung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.1.4 Messungen und Inspektion

Nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen wurden, um eine mögliche Höhenänderung der elastomeren Auflagerung zu bestimmen, an den Innenseiten der Schachtabdeckungen je drei Halterungen zur Installation eines Wegaufnehmers angebracht. Mit dem Schachtbauwerk verschraubte Winkel aus Aluminium bilden das Widerlager für den Wegaufnehmer. Die *Abbildungen 137 bis 142* zeigen die Installation sowie die verwendete Messtechnik.

Abbildung 137: Einbau der Halterungen für die Messtechnik

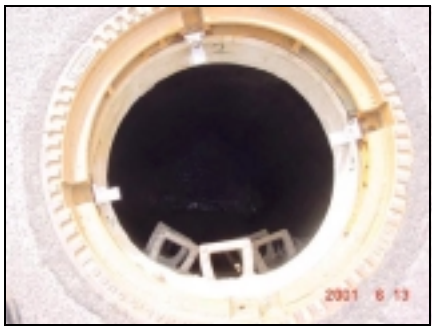


Abbildung 138: Schachtabdeckung mit drei Messpunkten für die Höhenänderung des Elastomerrings

Abbildung 139: Installierte Halterung für einen Wegaufnehmer zur Messung der Höhenänderung des Elastomerrings

Abbildung 140: Messung der Höhenänderung des Elastomerrings mittels eines kalibrierten Wegaufnehmers

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 141: Eingebauter Wegaufnehmer mit digitaler Messwertanzeige

Abbildung 142: Eingebauter Wegaufnehmer während der Messung

Die Messungen wurden mit einem kalibrierten Wegaufnehmer durchgeführt. Vor der Aufnahme eines Messwertes im Schachtbauwerk wurden je zwei Referenzwerte mit einem definierten Messweg aufgenommen. Alle Messwerte wurden für die spätere Auswertung in einem Messprotokoll festgehalten.

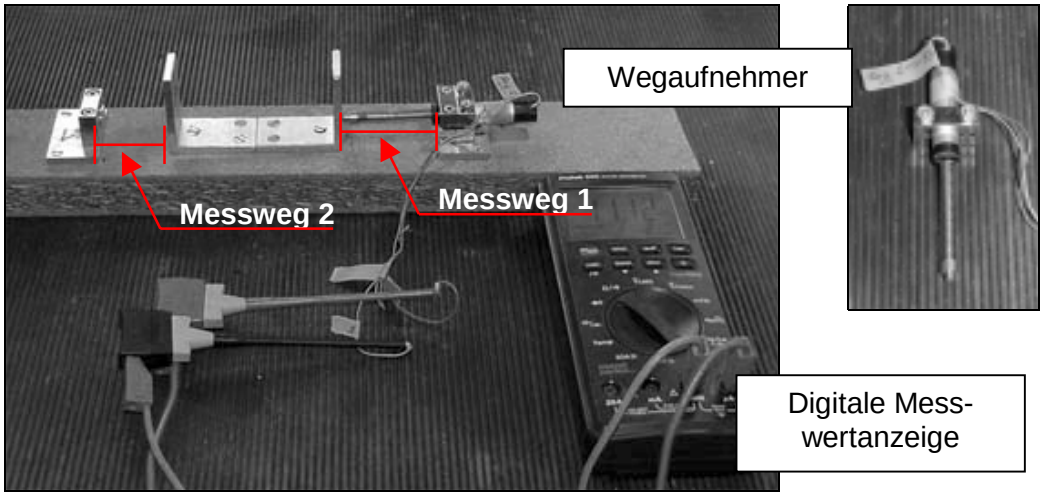


Abbildung 143: Aufnahme der Referenzwerte vor jeder Messwertaufnahme

In einem Zeitraum bis zu einem Jahr nach Durchführung der Sanierungsarbeiten wurden die Schachtabdeckungen durch das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur regelmäßig inspiziert. Die Höhenveränderung der Elastomerringe wurde wie beschrieben messtechnisch aufgenommen und der Zustand der Schachtabdeckung sowie der Einbindung in die Fahrbahn optisch untersucht. Ein besonderes Augenmerk war auf die Fuge um den Schachtrahmen zu legen, da aus anderen Forschungsvorhaben [5] bekannt ist, dass Schäden in diesem Bereich die Dauer-

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

haftigkeit der Sanierung erheblich beeinflussen können. Durch die Kombination von Witterungseinflüssen, z.B. Frost-Tau-Wechseln, und dynamischen Verkehrsbelastungen kann dann die sanierte Schachtabdeckung erneut sanierungsbedürftig werden. Die *Abbildungen 144 bis 157* zeigen beispielhaft die Elastomerringe und die Vergussfugen unterschiedlicher Schachtabdeckungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Sanierung.

Abbildung 144: Elastomerring zwischen Auflagering und Schachtrahmen ca. 2 Monate nach der Sanierung der Schachtabdeckung Nr. 10

Abbildung 145: Detaildarstellung des Elastomerrings, ca. 2 Monate nach der Sanierung der Schachtabdeckung Nr. 10

Abbildung 146: Elastomerring zwischen Auflagering und Schachtrahmen ca. 2 Monate nach Sanierung des Schachtabdeckung Nr. 02

Abbildung 147: Detailaufnahme des Elastomerrings der Schachtabdekkung Nr. 10

Abbildung 148: Elastomerring zwischen Auflagering und Schachtrahmen ca. 2 Monate nach Sanierung des Schachtabdeckung Nr. 06

Abbildung 149: Detailaufnahme des Elastomerrings der Schachtabdekkung Nr. 10

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 150: Vergussfuge zwischen SSU-Umrandungssteinen und Fahrbahn ca. 2 Monate nach Sanierung der Schachtabdeckung Nr. 01

Abbildung 151: Detailaufnahme der Vergussfuge der Schachtabdekkung Nr. 01

Abbildung 152: Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und SSU-Umrandungssteinen ca. 2 Monate nach Sanierung des Schachtabdekkung Nr. 01

Abbildung 153: Detailaufnahme der Vergussfuge zwischen SSU-Umrandungssteinen und vorhandener Fahrbahn ca. 2 Monate nach Sanierung des Schachtabdeckung Nr. 03

Abbildung 154: Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 08 mit Gussasphalt ca. 2 Monate nach der Sanierung der Schachtabdeckung

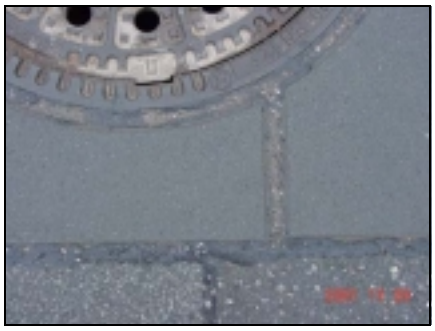


Abbildung 155: Vergussfugen ca. ½ Jahr nach Sanierung der Schachtabdeckung Nr. 03

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 156: Detailaufnahme einer Vergussfuge zwischen dem Schachtrahmen und den SSU-Umrandungssteinen ca. ½ Jahr nach Sanierung der Schachtabdekkung Nr. 03

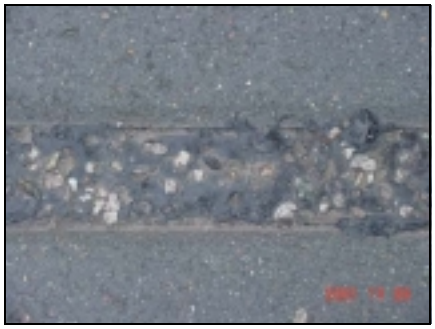


Abbildung 157: Detailaufnahme einer Vergussfuge zwischen den SSU-Umrandungssteinen ca. ½ Jahr nach Sanierung der Schachtabdeckung Nr. 03

Auf der Grundlage der durchgeführten Begehungen kann festgestellt werden, dass sich die Schachtabdeckungen ein Jahr nach der Sanierung in einem optisch einwandfreien Zustand befinden. Trotz der hohen Verkehrsbelastung in den ausgewählten Straßen sind keine auffälligen Überfahrgeräusche oder Bewegungen der Schachtabdeckungen festzustellen. Es sind keine Schäden oder offensichtliche Abnutzungsspuren der Bauteile erkennbar. Die folgenden *Abbildungen 158* bis *203* zeigen beispielhaft einige Schachtabdeckungen mehr als ein Jahr nach der Sanierung. Die Detaildarstellungen der Vergussfugen und der Einbindung lassen geringfügige oberflächliche Spuren von Verschleiss erkennen. Tiefgehende Zerstörungen der Vergussfugen oder ein Abreißen des Verbundes zwischen dem Schachtrahmen und der Vergussmasse werden nicht festgestellt. Ebenso ist es zu keinen feststellbaren Setzungen im Bereich der Einbindung aus Umrandungssteinen oder Gussasphalt gekommen. Bei allen weiteren im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sanierten Schachtabdeckungen zeigen sich vergleichbare Ergebnisse.

Abbildung 158: Schachtabdeckung Nr. 01 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 159: Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Umrandungsstein der Schachtabdeckung Nr. 01 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 160: Anschluss des Schachtrahmens an die Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 01 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 161: Detaildarstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 01 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 162: Sanierte Schachtabdeckung Nr. 02 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 163: Überprüfung der Lage der Schachtabdeckung Nr. 02 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 164: Ebene Lagen der Schachtabdeckung Nr. 03 in der Fahrbahnoberfläche ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 165: Sanierte Schachtabdeckung Nr. 03 mit Einbindung in die Fahrbahndecke ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

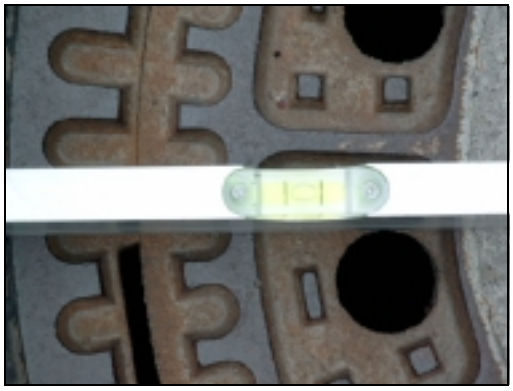


Abbildung 166: Überprüfung der horizontalen Lage der Schachtabdeckung Nr. 03 ein Jahr nach der Sanierung

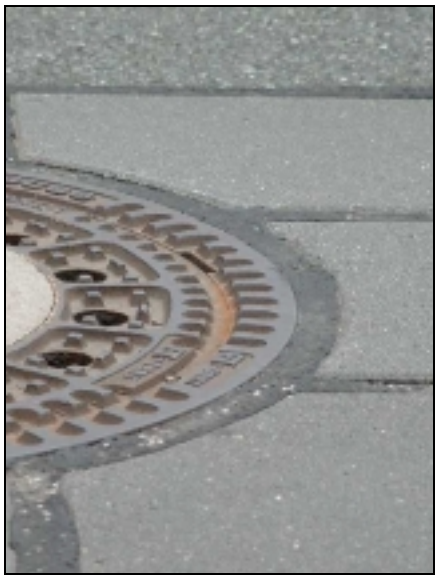


Abbildung 167: Schachtabdeckung Nr. 04 und Einbindung ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 168: Detailansicht der Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Umrandungsstein der Schachtabdeckung Nr. 04 ein Jahr nach der Sanierung

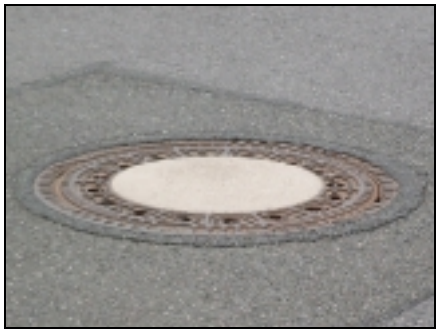


Abbildung 169: Schachtabdeckung Nr. 05 und Einbindung mit Gussasphalt ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 170: Detaildarstellung der Anschlussfuge Schachtabdekkung Nr. 05 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 171: Sanierte Schachtabdeckung Nr. 06 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 172: Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Umrandungsstein der Schachtabdeckung Nr. 06 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 173: Sanierte Schachtabdeckung Nr. 07 mit kombinierter Einbindung aus Umrandungssteinen und Gussasphalt ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 174: Plangleiche Lage der Schachtabdeckung Nr. 07 in der Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 175: Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 07 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 176: Detaildarstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 07 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 177: Kombinierter Einbindung aus Umrandungssteinen und Gussasphalt, Vergussfugen zwischen Umrandungssteinen und Gussasphalt sowie Gussasphalt und vorhandener Fahrbahn der Schachtabdeckung Nr. 07 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 178: Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 08 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 179: Detaildarstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 08 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 180: Schachtabdeckungen Nr. 10 und Nr. 11 ein Jahr nach der Sanierung

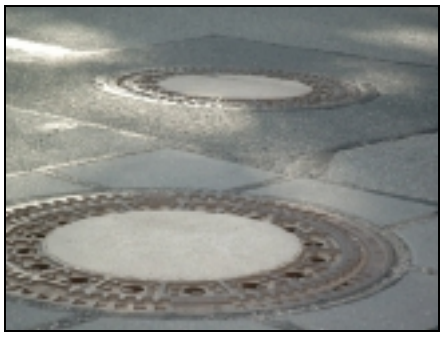


Abbildung 181: Plangleiche Lage der Schachtabdeckungen Nr. 10 und Nr. 11 in der Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 182: Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 11 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 183: Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 10 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 184: Plangleiche Lage der Schachtabdeckungen Nr. 12 und Nr. 13 in der Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 185: Schachtabdeckungen Nr. 12 und Nr. 13 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 186: Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 12 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 187: Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 12 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

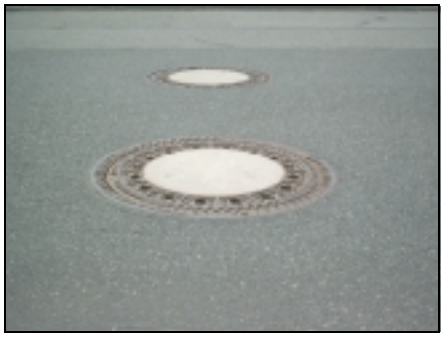


Abbildung 188: Einbindung der Schachtabdeckungen Nr. 14 und Nr. 22 in Gussasphalt ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 189: Schachtabdeckungen Nr. 14 und Nr. 22 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 190: Detaildarstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 14 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 191: Detaildarstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 22 ein Jahr nach der Sanierung

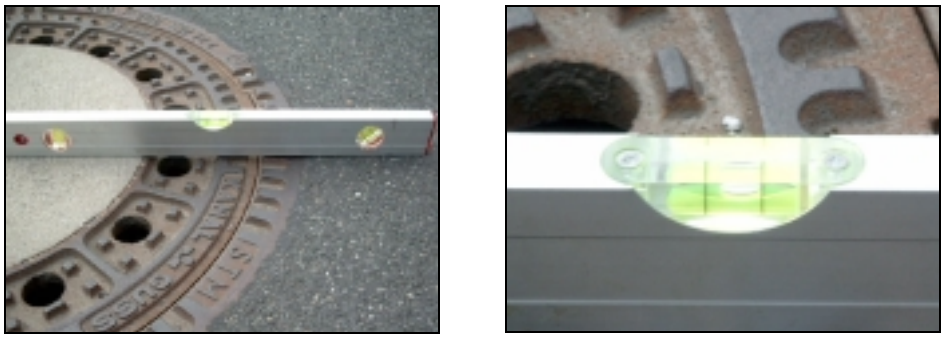


Abbildung 192: Überprüfung der Lage der Schachtabdeckung Nr. 14 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 193: Schachtabdeckungen Nr. 15 und Nr. 16 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 194: Plangleiche Lage der Schachtabdeckungen Nr. 15 und Nr. 16 in der Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 195: Vergussfuge zwischen der Einbindung der Schachtabdeckung Nr. 15 und der Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 196: Vergussfuge zwischen der Schachtabdeckung Nr. 15 und der Einbindung in die Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

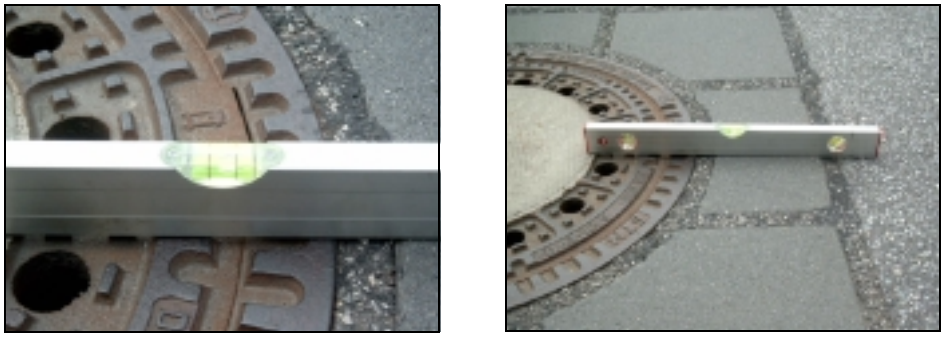


Abbildung 197: Überprüfung der Lage der Schachtabdeckung Nr. 15 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Abbildung 198: Sanierte Schachtabdeckungen Nr. 17 und Nr. 18 ein Jahr nach der Sanierung

:

Abbildung 199: Plangleiche Lage der Schachtabdeckungen Nr. 17 und Nr. 18 in der Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 200: Einbindung der Schachtabdeckungen Nr. 17 und Nr. 18 in die Fahrbahn ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 201: Detaildarstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 18 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 202: Darstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 18 ein Jahr nach der Sanierung

Abbildung 203: Darstellung der Vergussfuge der Schachtabdeckung Nr. 17 ein Jahr nach der Sanierung

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Die *Abbildung 204 bis 207* zeigen beispielhaft die Ergebnisse der Setzungsmessungen an den Schachtabdeckungen Nr. 01 bis 04 für den Zeitraum zwischen August und September 2001. Dargestellt sind die mittels eines Wegaufnehmers aufgenommenen Werte der drei Messpunkten innerhalb des Schachtes. Es ist zu erkennen, dass die gemessenen Höhenunterschiede deutlich unterhalb 0,1 mm liegen. Unter Berücksichtigung der nicht auszuschließenden Ungenauigkeit der Messung und des optischen Zustandes der Schachtabdeckungen kann festgestellt werden, dass es zu keinen nennenswerten Setzungen der Schachtabdeckungen gekommen ist. Diese Einschätzung gilt ebenfalls für die weiteren hier nicht explizit aufgeführten Schachtabdeckungen, die im Rahmen des Forschungsvorhabens saniert wurden.

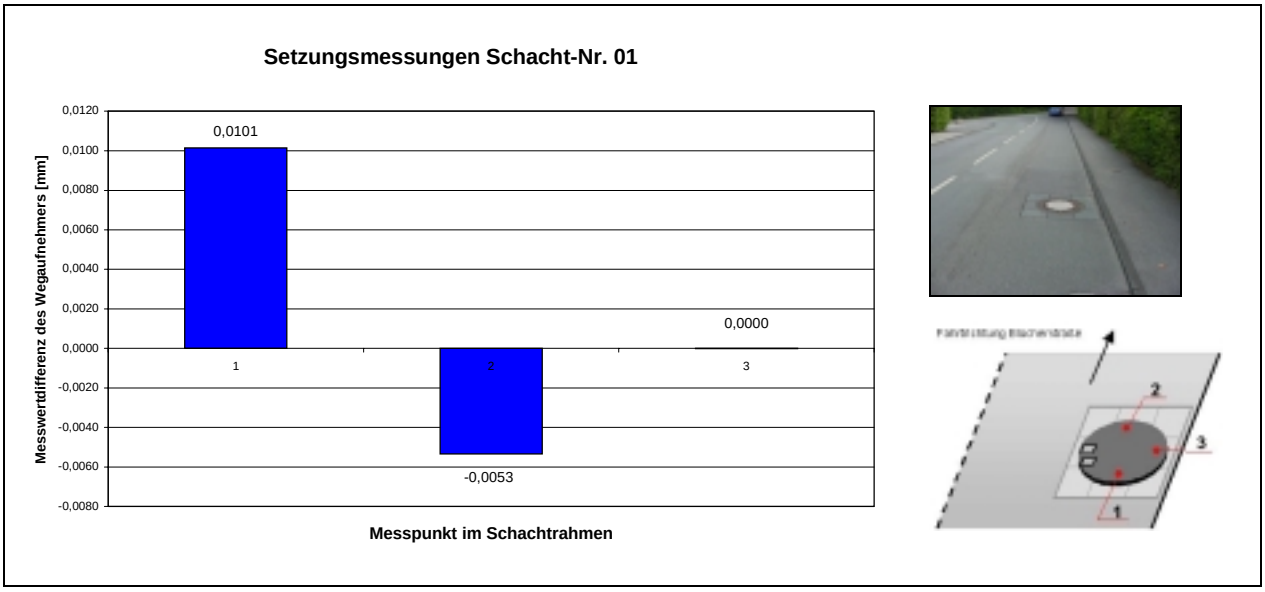


Abbildung 204: Setzungsmessung zwischen dem 28.08.2001 und dem 29.11.2001

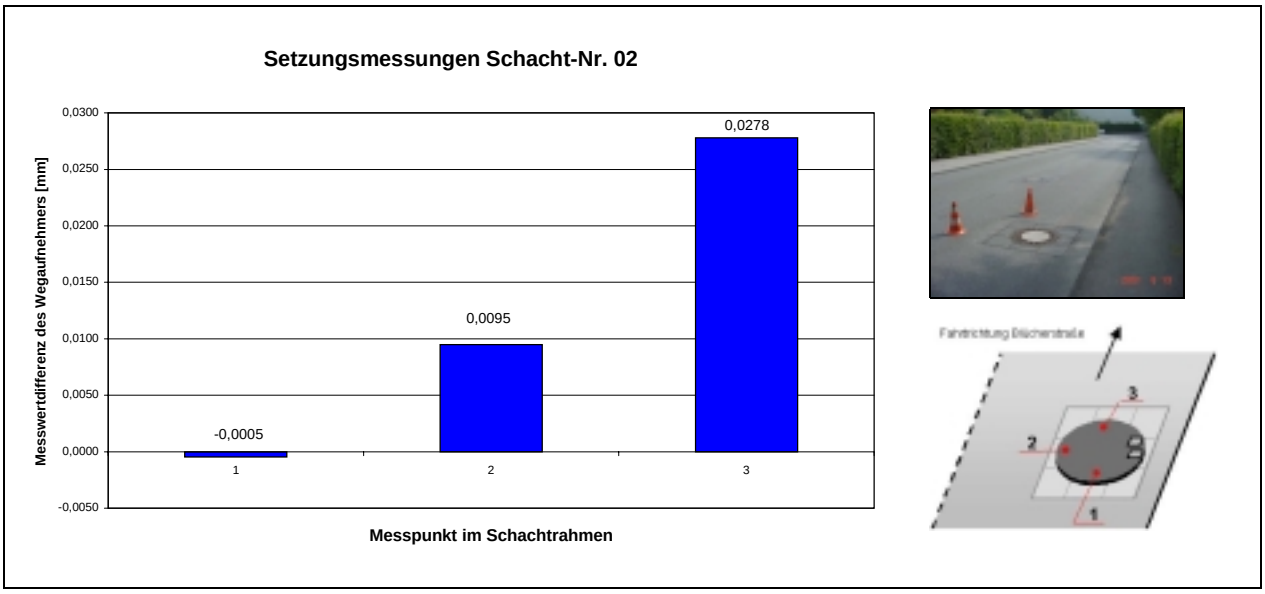


Abbildung 205: Setzungsmessung zwischen dem 28.08.2001 und dem 29.11.2001

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

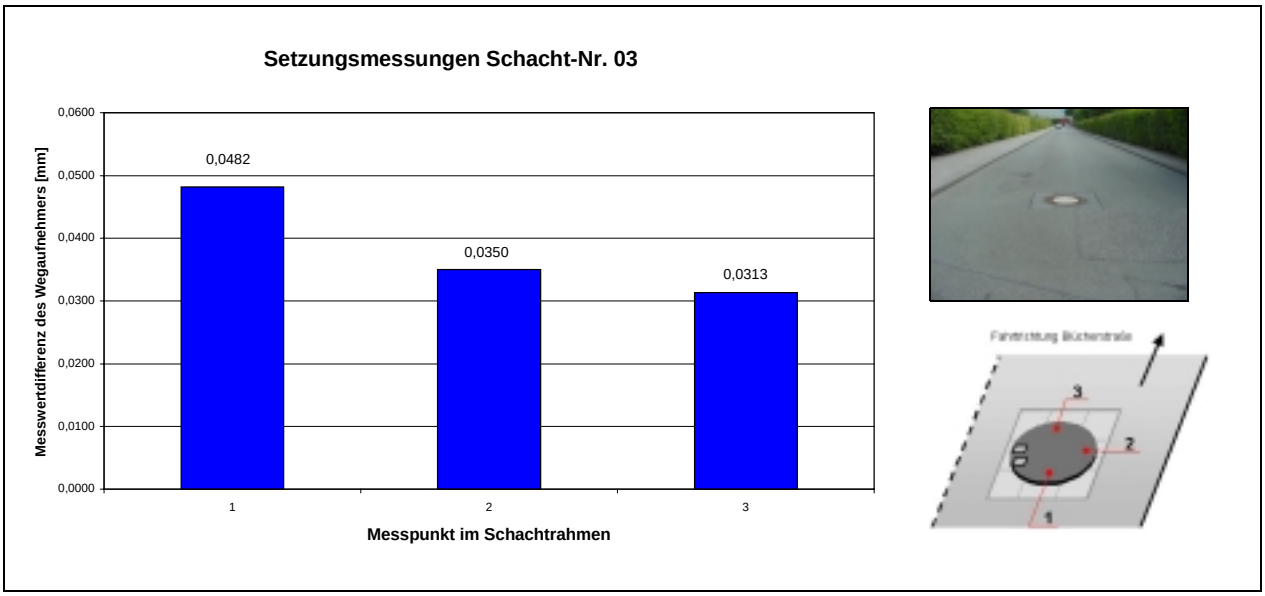


Abbildung 206: Setzungsmessung zwischen dem 28.08.2001 und dem 29.11.2001

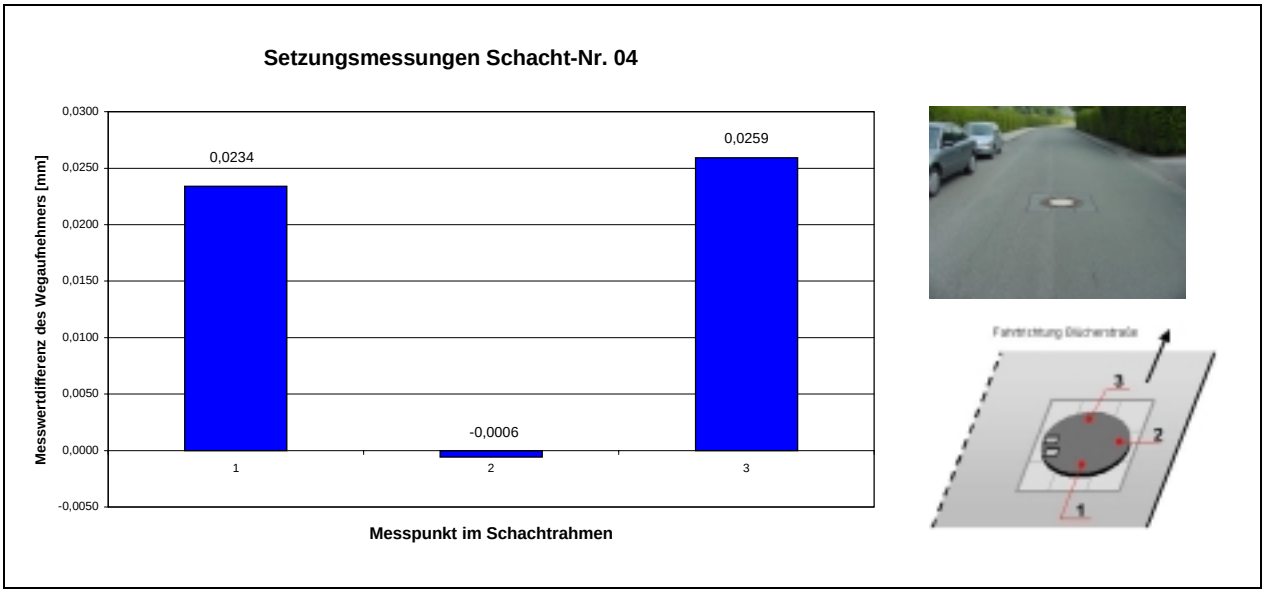


Abbildung 207: Setzungsmessung zwischen dem 28.08.2001 und dem 29.11.2001

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.2 Belastung des Sanierungssystems im Laborversuch

Zur Beurteilung der Qualität und Dauerhaftigkeit der Sanierung einer Schachtabdeckung können nicht allein einzelne Materialkomponenten betrachtet werden. Vielmehr muss neben der Qualität der verwendeten Baustoffe insbesondere die Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau und somit die bei der Sanierung zu erbringende handwerkliche Leistung einbezogen werden. Im Rahmen von Laborversuchen werden daher neben den Materialeigenschaften auch das vollständige System aus Schachtkopf und Einbindung unter zyklischen Belastungen geprüft.

3.2.1 Versuchsaufbau

Der für einen Versuch im Maßstab 1:1 gewählte Versuchsaufbau zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit der allseitigen elastischen Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen (vgl. *Abbildung 208*):

Bauteil 1:	SSU-Steine
Bauteil 2:	Schachtrahmen
Bauteil 3:	Fuge aus *Fibrescreed*®-Vergussmasse
Bauteil 4:	Elastomerer Auflagering, Höhe 10 mm
Bauteil 5:	Auflageplatte, 1100 x 1100 mm, Höhe 50 mm
Bauteil 6:	Fundamentplatte, 1150 x 1150 mm, Höhe 100 mm

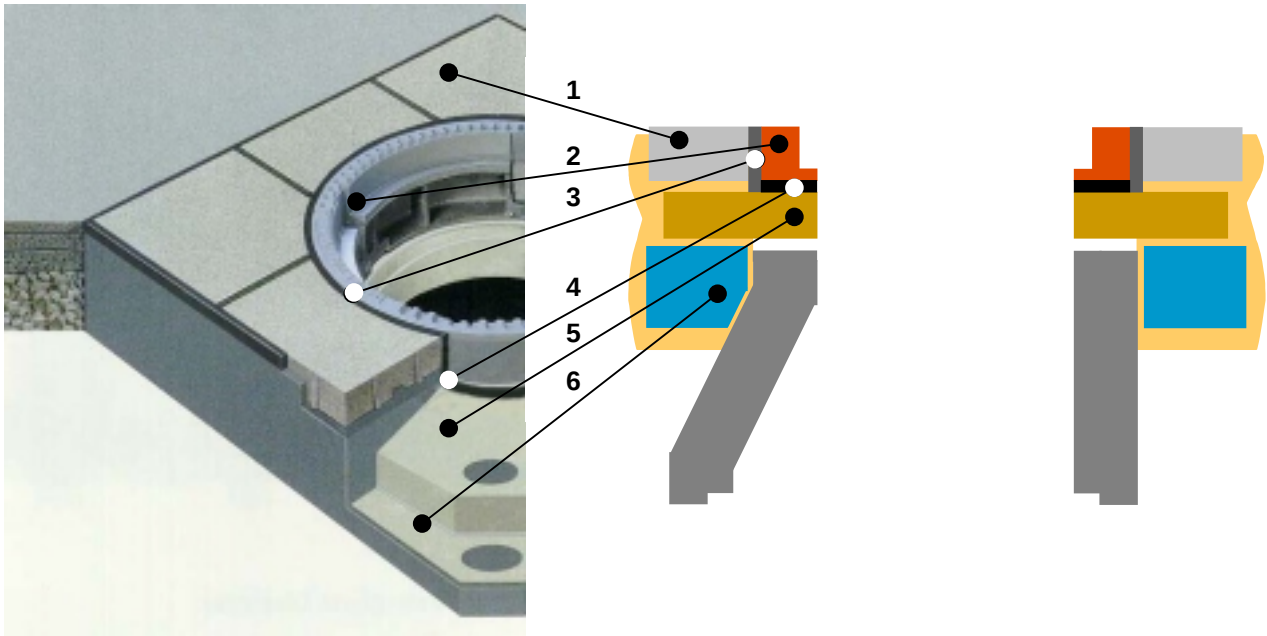


Abbildung 208: Komponenten des SSU-Systems

Der vertikale Lastabtrag erfolgt über den Schachtrahmen auf den elastomeren Auflagering und von dort über Auflageplatte und Fundamentplatte in den Untergrund. Durch die Entkopplung des Schachtkopfes vom Schachtkörper mittels der eingesetzten Fundamentplatte bleibt der Schachtkörper durch vertikale Kräfte weitgehend unbelastet. Die Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau erfolgt mittels SSU-Steinen und Fugenverguss. Die Fuge zwischen dem Schachtrahmen und der Einbindung wird auf voller Rahmenhöhe (16 cm) bis zum elastomeren Auflagering mit *Fibrescreed*®-Vergussmasse verfüllt. Zur Vorbereitung der Vergussmasse wird ein spezieller Kocher mit hydraulischem Rührwerk und temperaturgeregelten

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Propangasbrenner eingesetzt, um insbesondere ein Überhitzen der Vergussmasse zu verhindern. Als Kontaktkörper für die ausgewählte Einbindung wurde eine 0,6 m dicker Betonrahmen eingebracht. Als Untergrund wurde ein in Lagen von 30 cm eingebauter und dynamisch verdichteter Rheinsand 0/8 gewählt. Die einzelnen Einbauschritte sind in den *Abbildungen 209 bis 217* zu erkennen.

Abbildung 209: Verwendete Materialien, Fundament- und Ausgleichsplatten, Schalung für die Vergussfuge, SSU-Steine

Abbildung 210: Kocher zur Verarbeitung der Vergussmasse

Abbildung 211: Versuchsstand mit eingebautem Konus

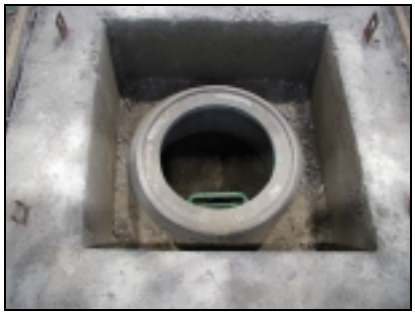


Abbildung 212: Für den Einbau des Sanierungssystems vorbereiteter Versuchsstand

Abbildung 213: Einbau des Schachtrahmen in den Versuchsstand

Abbildung 214: Detaildarstellung des elastomeren Auflageringes unterhalb des Schachtrahmens

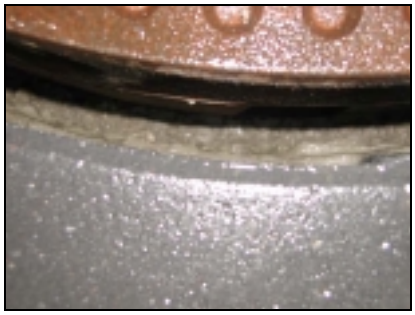


Abbildung 215: Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Einbindung auf 16 cm Rahmenhöhe

Abbildung 216: Einbindung in den Straßenoberbau mittels SSU-Steinen

Abbildung 217: Herstellen des Fugenvergusses

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Der vollständige Versuchsaufbau zur Durchführung des Laborversuchs ist in *Abbildung 218* dargestellt.

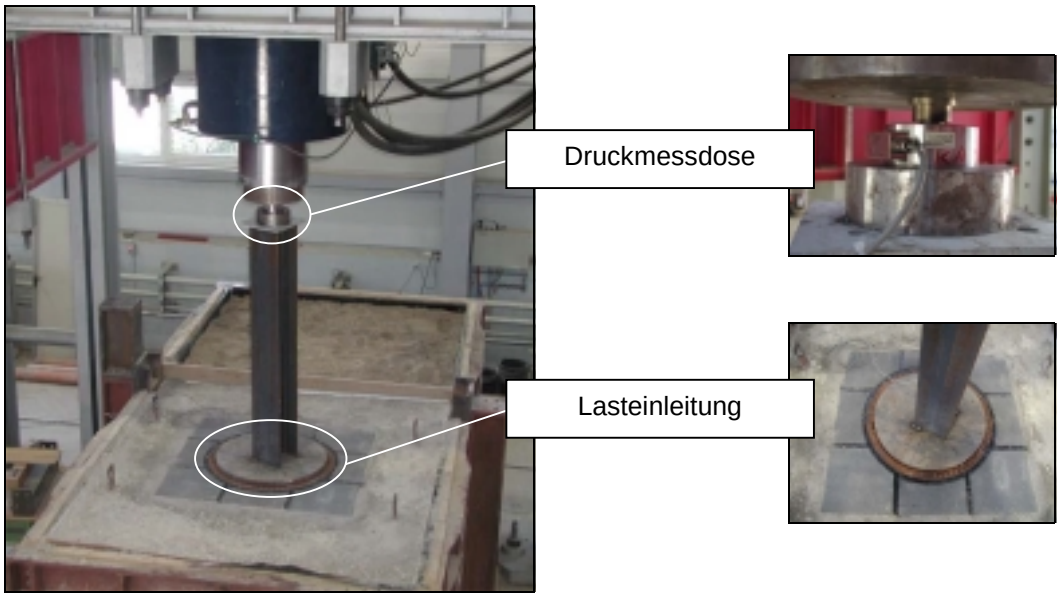


Abbildung 218: Versuchsaufbau

3.2.2 Lastannahmen

Zur Prüfung eines Aufbaus zum Ausgleich des Höhenunterschieds zwischen Schachtabdekkung und Schachtkonus können die folgenden Normen herangezogen werden:

DIN EN 124 [12]:	Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen
DIN 1072 [33]:	Straßen und Wegbrücken, Lastannahmen

Die erforderliche Tragfähigkeit einer Schachtabdeckung richtet sich nach ihrer Einbaustelle und der sich daraus ableitenden Belastungsklasse nach DIN EN 124 [12]. Der Nachweis wird durch eine statische Belastungsprüfung nach Tabelle 6, Abschnitt 8.1, der DIN EN 124 [12] erbracht. Die entsprechenden Prüfkräfte können der *Tabelle 2* entnommen werden.

Klasse	Prüfkraft [kN]
A 15	15
B 125	125
C 250	250
D 400	400
E 600	600
F 900	900

Tabelle 2: Prüfkräfte nach DIN EN 124 [12]

Ziel des Vorhabens war jedoch nicht der im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung übliche Nachweis der Tragfähigkeit für eine einmalige extreme Belastung (z.B. D 400 in Straßen-

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

fahrbahnen), sondern die Bewertung des Verhaltens unter dauerhaften betrieblichen Belastungen. Daher wurde zur Bestimmung der Prüflasten die DIN 1072 „Straßen und Wegbrücken – Lastannahmen“ [33] herangezogen.

Für die Untersuchung des Systems im Laborversuch wurde eine zyklische Belastung mit Radlasten nach DIN 1072 [33] angesetzt. Für einen Schwerlastwagen SLW 30 mit einer Gesamtlast von 300 kN (30 t) werden in der DIN 1072 [33] Radlasten von 50 kN genannt. Für einen Schwerlastwagen SLW 60 mit einer Gesamtlast von 600 kN (60 t) liegen die Radlasten nach DIN 1072 [33] bei 100 kN. Aus versuchstechnischen Gründen wurde zunächst über den Hydraulikzylinder eine statische Grund- bzw. Unterlast von 50 kN aufgebracht. Von dieser Last ausgehend wurde mit einer Frequenz von 8 Hz die Maximal- bzw. Oberlast von 100 kN als Sinusschwingung angefahren. Über eine Dauer von ca. 4 Tagen konnten so ca. 2,5 Millionen Lastwechsel realisiert werden. Die Frequenz ergab sich aus dem Achsabstand von Schwerlastwagen, der nach DIN 1072 mit 1,5 m angegeben wird und einer angenommenen Fahrgeschwindigkeit von ca. 50 km/h. Rechnerisch ergibt sich daraus eine Frequenz von 9,26 Hz. Aus versuchstechnischen Gründen wurde die Belastungsfrequenz auf 8 Hz verringert. Dies entspricht einer Überfahrgeschwindigkeit von 43,2 km/h.

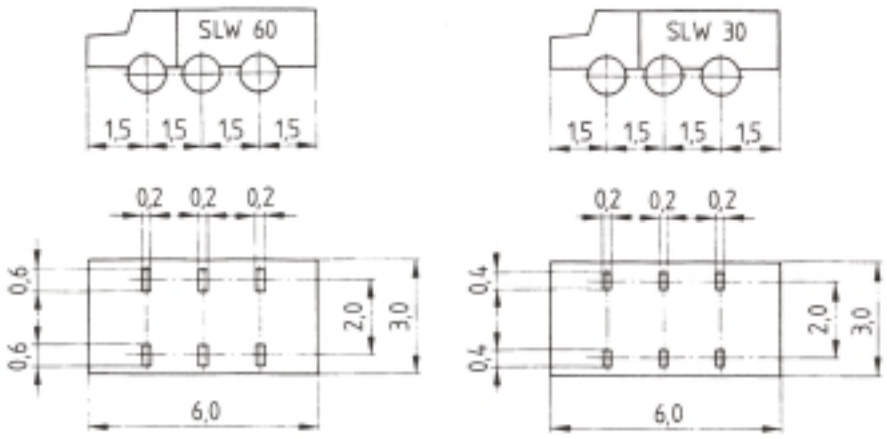
Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit der elastischen Einbindung der Schachtabdeckung wurde somit die folgende Versuchsbelastung gewählt:

Belastung im Versuch	
zyklische Belastung mit ΔF von:	50 kN
Grund- bzw. Unterlast:	50 kN
Maximal- bzw. Oberlast:	100 kN
Lastwechsel:	2,5 Mio.
Frequenz:	8 Hz

Die angesetzten 2.500.000 Lastwechsel entsprechen bei einem Fahrzeug mit 3 Achsen ≈ 830.000 Überfahrten. Für eine geforderte Nutzungsdauer von 50 Jahren (18.250 Tage) entspricht dies 45 Überfahrten pro Tag bzw. ca. 2 Überfahrten pro Stunde.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Schwerlastwagen (SLW)



Gesamtlast:	600 kN	Gesamtlast:	300 kN
Radlast:	100 kN	Radlast:	50 kN
Ersatzflächenlast:	p' = 33,3 kN/m²	Ersatzflächenlast:	p' = 16,7 kN/m²

Abbildung 219: Lastannahmen [33]

3.2.3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

In dem Laborversuch wurde zum einen geprüft, ob sich die Bauteilhöhe des Elastomerrings durch die aufgebrachte Beanspruchung verändert (siehe *Abbildung 220, links*). Zum anderen wurde untersucht, ob es zu einem Abreißen der Verbundes zwischen Fugenvergussmasse und Schachtrahmen kommt (siehe *Abbildung 220, rechts*). Umwelteinflüsse bleiben bei der Versuchsdurchführung unberücksichtigt. Auf der Grundlage der Ergebnisse eines abgeschlossenen Forschungsvorhabens des IKT- Institut für Unterirdische Infrastruktur [13] wird davon ausgegangen, dass Umwelteinflüsse erst dann zu einer Schädigung der Unterfütterung der Schachtabdeckung beitragen, wenn zuvor durch die dynamische Belastung des überrollenden Verkehrs Schäden im Bereich der Einbindung aufgetreten sind.

Abbildung 220: Untersuchungsschwerpunkte

Der im Laborversuch beanspruchte Elastomerring wurde einer Materialuntersuchung hinsichtlich IRHD-Härte, Spannungsrelaxation und Druckverformungsrest unterzogen. Die Ergebnisse

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

dieser Prüfungen wurden mit den Ergebnissen entsprechender Prüfungen an einem fabrikneuen Elastomerring verglichen (s. Abschnitt 3.3).

Nach 850.000 Lastwechseln (entspricht ca. $^{1}/_{3}$ der Belastungsperiode) wurde der Versuch unterbrochen und der Zustand der Vergussfuge um den Schachtrahmen optisch kontrolliert. Dabei konnte kein Reißen der Vergussfuge oder des Verbundes zwischen Vergussmasse und Schachtrahmen festgestellt werden. Nach der Inaugenscheinnahme wurde der Versuch fortgesetzt. *Abbildung 221* zeigt den Zustand der Vergussfuge nach 850.000 Lastwechseln.

Abbildung 221: Darstellung der Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Einbindung nach 850.000 Lastwechseln

Nach 1.6 Mio. Lastwechseln (entspricht ca. $^{2}/_{3}$ der Belastungsperiode) wurde der Versuch erneut unterbrochen und der Zustand der Vergussfuge um den Schachtrahmen wiederum optisch kontrolliert. Dabei konnte ebenfalls kein Reißen der Vergussfuge oder des Verbundes zwischen Vergussmasse und Schachtrahmen festgestellt werden. Nach der Inaugenscheinnahme wurde der Versuch erneut fortgesetzt. Die *Abbildung 222* zeigt den Zustand der Vergussfuge nach 1.6 Mio. Lastwechseln.

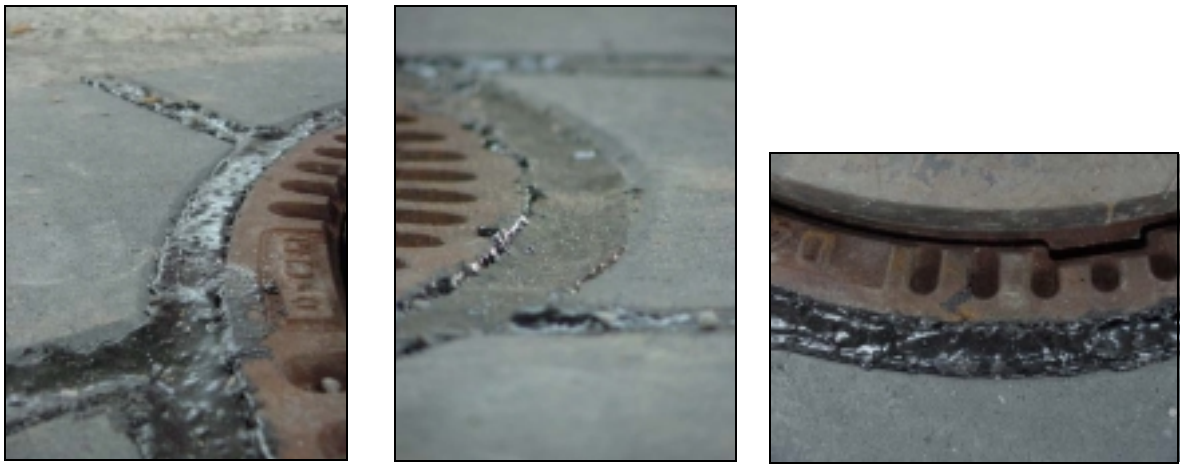


Abbildung 222: Darstellung der Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Einbindung nach 1.6 Mio. Lastwechseln

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Nach 2.5 Mio. Lastwechseln wurde der Versuch beendet. Der Zustand der Vergussfuge um den Schachtrahmen wurde wiederum optisch kontrolliert. Dabei konnte kein Reißen der Vergussfuge oder des Verbundes zwischen Vergussmasse und Schachtrahmen festgestellt werden. Nach der Inaugenscheinnahme wurde der Schachtrahmen ausgebaut. Die *Abbildungen 223 und 224* zeigen den Zustand der Vergussfuge sowie des Elastomerrings nach Beendigung des Versuchs.

Abbildung 223: Darstellung der Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Einbindung nach Beendigung des Versuchs

Abbildung 224: Darstellung des Elastomerrings nach Beendigung des Versuchs

Die *Abbildung 225* zeigt den Betonring der bei der Versuchsdurchführung das Auflager für den Elastomerring darstellt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

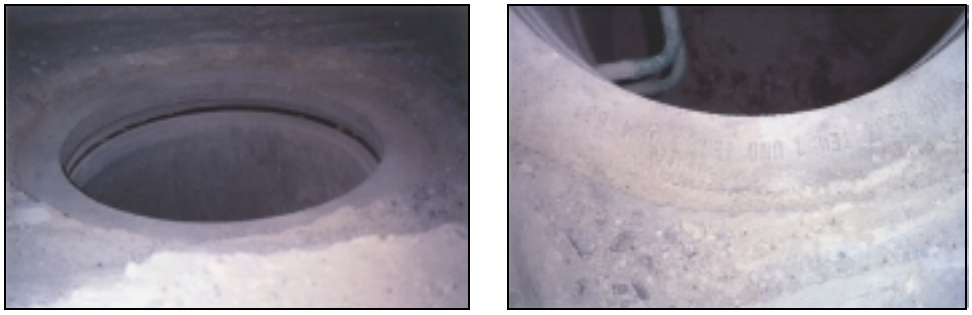


Abbildung 225: Auflagering nach Beendigung des Versuchs

Um den Zustand der Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Einbindung begutachten zu können wurde der Schachtrahmen mit der anhaftenden Vergussmasse aus dem Versuchsstand ausgebaut. Die *Abbildungen 226 und 227* zeigen die Vergussfuge während bzw. nach dem Ausbau.

Abbildung 226: Vergussfuge zwischen Schachtrahmen und Einbindung nach Beendigung des Versuchs

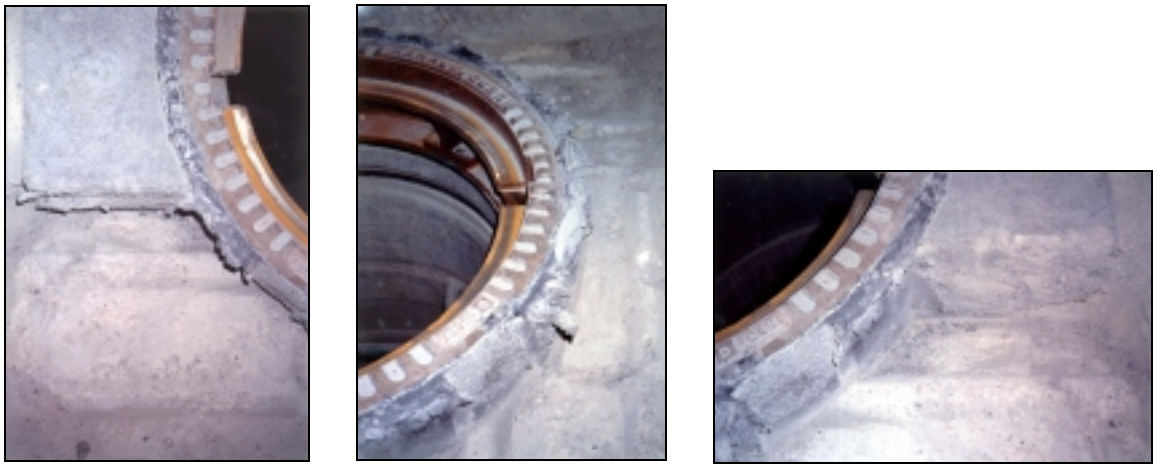


Abbildung 227: Detaildarstellung der freigelegten Vergussfuge

Zur Beurteilung des Verbundes zwischen Vergussfuge und Schachtrahmen wurde nach dem Ausbau die an den Schachtrahmen anhaftende Vergussmasse bereichsweise entfernt. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Vergussmasse in dem untersuchten Bereich vollflächig an dem Schachtrahmen anliegt. Eine Trennung des Verbundes zwischen Schachtrahmen und

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Vergussmasse wurde nicht festgestellt. Die *Abbildungen 228 bis 230* zeigen die bereichsweise entfernte Vergussmasse.

Abbildung 228: Ausgebauter Schachtrahmen mit bereichsweise entfernter Vergussmasse

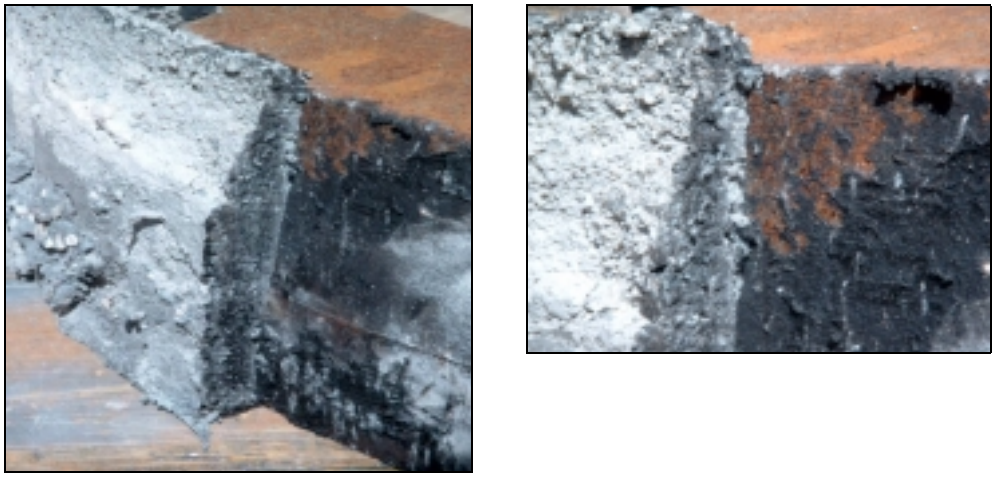


Abbildung 229: Darstellung des Übergangs zwischen Schachtrahmen und Vergussmasse

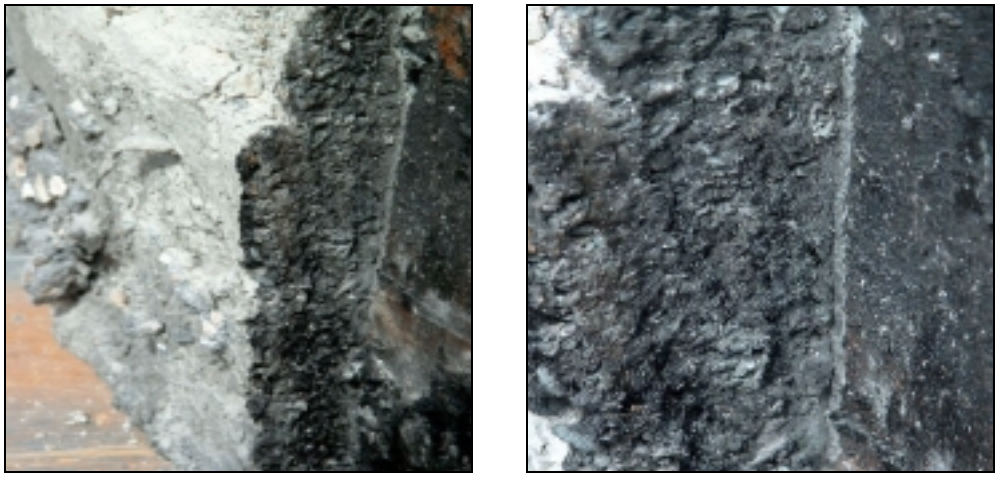


Abbildung 230: Detaildarstellung des Übergangsbereiches

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Auf die Durchführung von Haftzugprüfungen wurde an dieser Stelle verzichtet, da bei der Vorbereitung der entsprechenden Probekörper kein ausreichender Verbund zwischen Prüfstempel und der bituminösen Vergussmasse zu erreichen war.

Der Schachtrahmen soll vollständig elastisch in den Straßenoberbau eingebunden werden. Dazu ist es erforderlich, dass zwischen dem Elastomerring unter dem Schachtrahmen und der Vergussmasse eine Verbindung entsteht. Die *Abbildung 231* stellt den Übergang zwischen Vergussmasse und Elastomerring schematisch dar. Nach dem Ausbau und dem Entfernen des Elastomerrings war der Übergang zwischen Vergussmasse und Elastomerring über den kompletten Umfang des Schachtrahmens deutlich erkennbar. Somit hat eine allseitige, vollflächige elastische Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau vorgelegen. Die *Abbildung 232* zeigt die Unterseite des Schachtrahmens mit den Übergang zwischen Vergussmasse und Elastomerring nachdem der Elastomerring entfernt wurde.

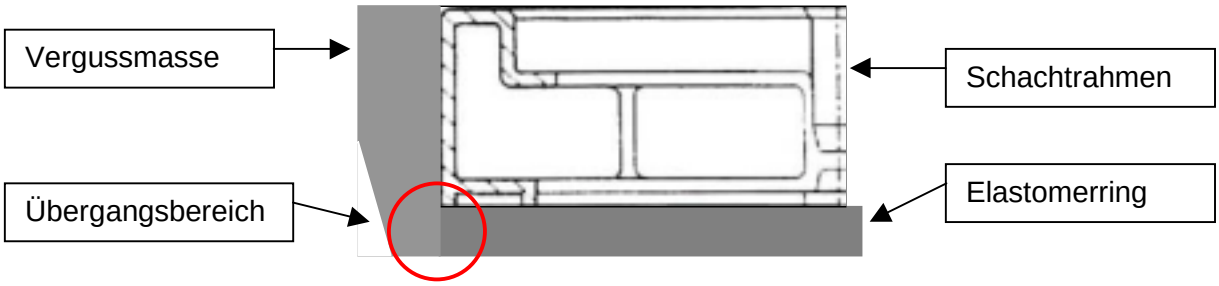


Abbildung 231: Schematische Darstellung des Übergangsbereiches zwischen Vergussmasse und Elastomerring

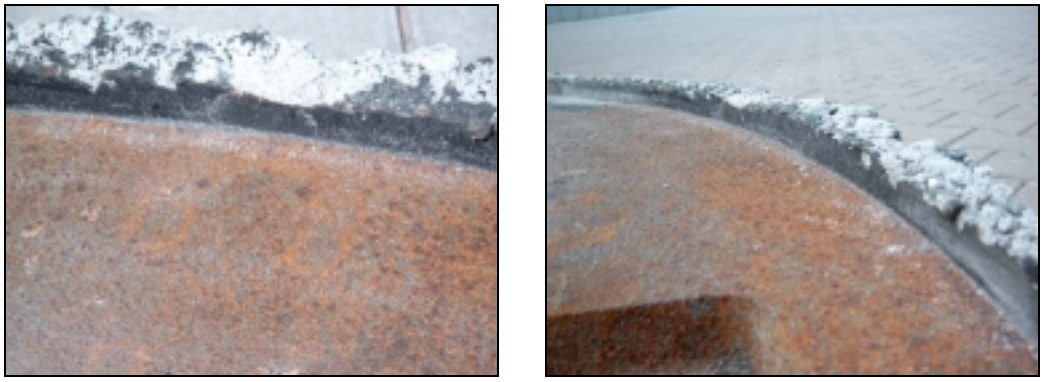


Abbildung 232: Unterseite des Schachtrahmens mit Überganges zwischen der äußeren Vergussmasse nach Entfernen des Elastomerrings

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Schachtabdeckung während und nach der Versuchsdurchführung in einem optisch einwandfreien Zustand befand. Es waren keine die Funktionsfähigkeit beeinträchtigenden Schädigungen des Systems erkennbar, so dass nach [13] auch unter Frost- und Tausalzeinflüssen grundsätzlich keine Schädigungen zu erwarten sind. Sowohl das Fugenmaterial als auch das Verbundverhalten zwischen Rahmen und Fugenmaterial waren mängelfrei. Auch die eingesetzten Betonbauteile wiesen keine Schädigungen auf.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

3.3 Materialprüfungen an elastomeren Werkstoffproben

Um den im Laborversuch und in-situ erfolgreich eingesetzten Elastomerring in seinen Werkstoffeigenschaften zu charakterisieren, wurden die nachfolgend dargestellten Versuche durchgeführt. Nach Abschluss der Laborversuche nach *Abschnitt 3.2* wurden aus dem eingesetzten Sanierungssystem Proben des Elastomerrings entnommen. Diese wurden einer Prüfung der grundsätzlichen Werkstoffeigenschaften (IRHD-Härte, Spannungsrelaxation, Druckverformungsrest) unterzogen und die Ergebnisse mit denen der Prüfung eines neuwertigen Elastomerrings aus gleicher Produktion verglichen.

3.3.1 IRHD-Härte

Die nach DIN 53519-1 [34] durchgeführte Prüfung dient zur Bestimmung der IRHD-Härte (IRHD = International Rubber Hardness Degree) bei Weichgummis. Bei hochelastischen Werkstoffen entspricht das Messergebnis etwa der Shore-Härte A.

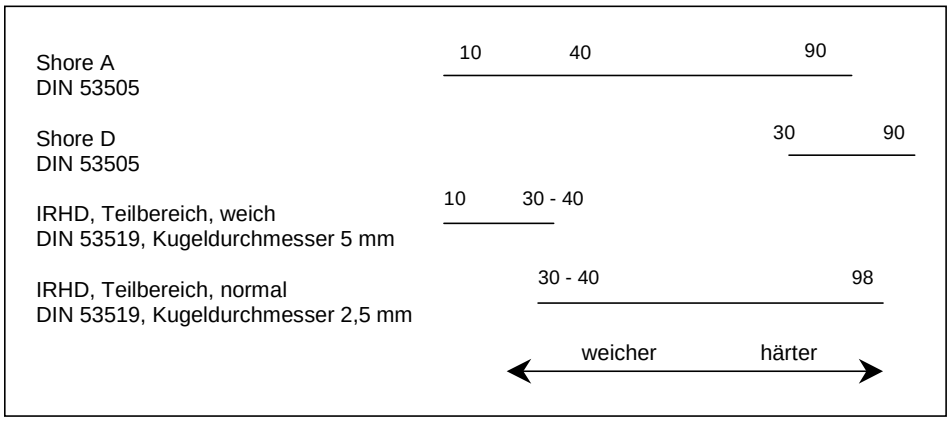


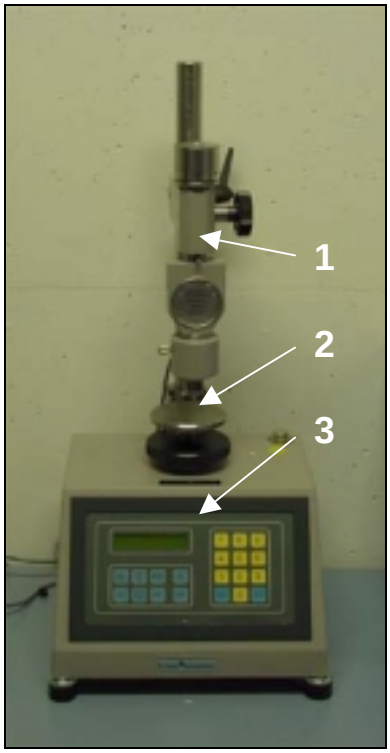
Abbildung 233: Qualitativer Überblick über die Anwendungsgrenzen der verschiedenen Härteprüfungen (zur Umrechnung nicht geeignet) [34]

Die IRHD-Skala ist so gewählt, dass der Härtegrad 0 einem Material mit dem statischen Elastizitätsmodul (kurz: E-Modul) 0, der Härtegrad 100 einem E-Modul von ∞ entspricht.

Abbildung 234: Bestimmung der IRHD-Härte

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Zur Durchführung der IRHD-Härtemessung legt man den Prüfkörper auf einen höhenverstellbaren Auflagetisch. Dieser wird durch eine Höhenverstellung gegen den Kugelkopf gepresst, bis die digitale Messanzeige den Wert 100 angibt. Danach drückt man über eine Stange mit vordefiniertem Gewicht den Kugelkopf auf den Prüfkörper. Die aus der Eindringtiefe des Kugelkopfes abgeleitete IRHD-Härte wird nun über die Messanzeige angegeben. Die Messung für jede Einzelprüfung dauert 30 Sekunden.



Messung der IRHD-Härte

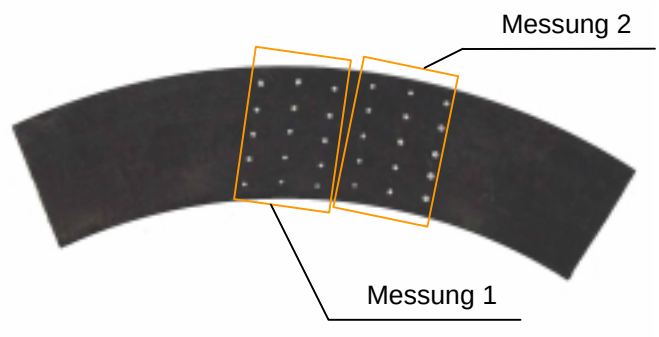
1 Druckstange mit Kugelkopf

2 Auflagetisch

3 Digitale Messanzeige

Abbildung 235: Prüfeinrichtung zur Bestimmung der IRHD-Härte

Zur Feststellung der IRHD-Härte des neuwertigen Elastomerrings wurden zwei Messungen an je 15 Messpunkten mit einem Messraster von 1,5 x 1,5 cm durchgeführt. Der maßgebende Mittelwert wurde zu 72,5 bzw. 69,4 ermittelt.

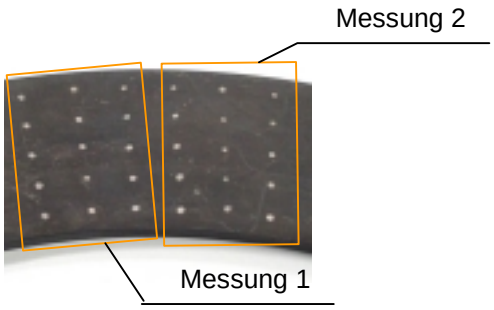


Messung 1			Messung 2		
74,9	75,2	75,2	74,7	72,3	71,4
73,0	73,3	73,9	74,6	72,7	69,3
70,5	71,4	70,8	72,1	70,2	68,5
74,9	70,5	68,5	70,9	66,9	65,6
72,9	73,3	69,5	68,3	62,0	61,5

Abbildung 236: Probekörper zur Bestimmung der IRHD-Härte und Messergebnisse

Die IRHD-Härte des im Laborversuch vorbelasteten Elastomerrings (*vgl. Abschnitt 3.2*) wurde ebenfalls durch zwei Messungen an je 15 Messpunkten mit einem Messraster von 1,5 x 1,5 cm bestimmt. Der maßgebende Mittelwert ergab sich zu 66,3 bzw. 66,9.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH



Messung 1			Messung 2		
60,0	65,3	67,8	67,8	66,9	65,8
68,3	66,2	68,9	68,9	66,9	66,6
67,5	64,8	66,6	66,8	66,0	64,4
70,0	66,1	68,2	67,2	65,7	65,8
69,0	66,6	68,6	67,0	65,1	63,9

Abbildung 237: IRHD-Härte nach der Versuchsdurchführung

Der Vergleich zeigt, dass die Härte des Elastomerrings nach 2,5 Mio. Beanspruchungen mit der Belastung eines Schwerlastfahrzeuges SLW 60 (vgl. *Abbildung 219*) im Vergleich zum fabrikneuen Material um 8,6 % abgenommen hat. Wird die Härte-Klassifizierung für Dichtungen aus Elastomeren nach DIN EN 681-1 [41] herangezogen, zeigt sich, dass sowohl vor als auch nach der Versuchsdurchführung das Material der Härteklasse 70 zugerechnet werden kann. Durch die Belastung ist es somit zu keiner grundlegenden Veränderung der Materialeigenschaften gekommen.

Härteklasse	40	50	60	70	80	90
Härtebereich IRHD	36 bis 45	46 bis 55	56 bis 65	66 bis 75	76 bis 85	86 bis 95

Tabelle 3: Härte-Klassifizierung nach DIN EN 681-1 [41]

3.3.2 Spannungsrelaxation

Die Spannungsrelaxation SR beschreibt nach DIN 53537 [35] die zeitliche Abnahme der Spannung in einem Probekörper unter konstanter Verformung und konstanter Temperatur. Sie lässt Rückschlüsse auf das visko-elastische Verhalten des Werkstoffes zu und wird über die Beziehung

$$SR = \frac{Kraft_{(30\,Min)} - Kraft_{(7Tage)}}{Kraft_{(30\,Min)}} \cdot 100$$

bestimmt (vgl. *Abbildung 238*). Zu Beginn der Prüfung werden die Probekörper um 25 Prozent ihrer Ausgangsdicke (siehe *Abbildung 239*) verformt. Nach 30 Minuten wird die hierzu notwendigen $Kräfte_{(30\ Min)}$ gemessen (siehe *Abbildung 240*). Nach 168 Stunden bzw. 7 Tagen werden die Proben vollständig entlastet und über 30 Minuten eine selbständige Rückverformung ermöglicht (Verfahren A nach DIN 53537 [25]). Anschließend werden die Prüfkörper wieder um 25 % ihrer Ausgangsdicke verformt und die hierzu notwendigen $Kräfte_{(7\ Tage)}$ gemessen. Die Spannungsrelaxation SR wird gemäß DIN 53537 [35] mit dem gemessenen Medianwert ermittelt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

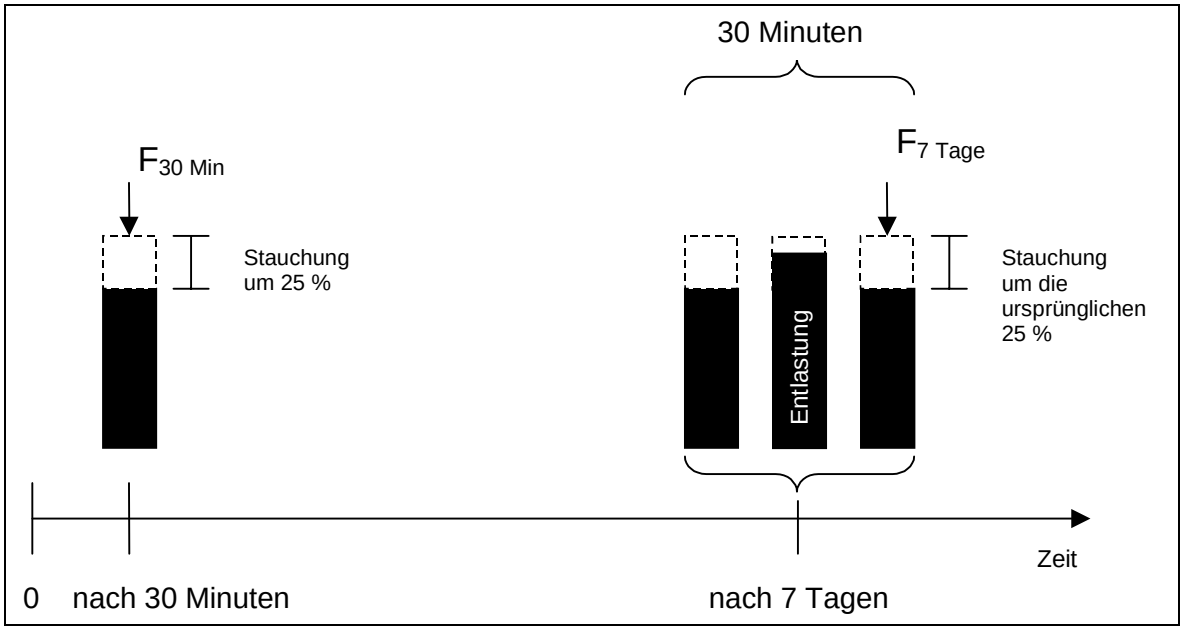
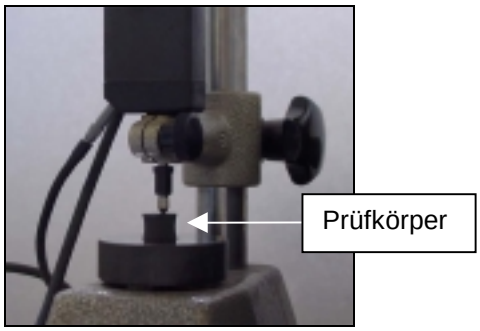


Abbildung 238: Zeitlicher Verlauf der Spannungsrelaxationsprüfung nach [35]



Messung der Materialstärke

Digitale Messwertausgabe

Abbildung 239: Bestimmung der Materialdicke

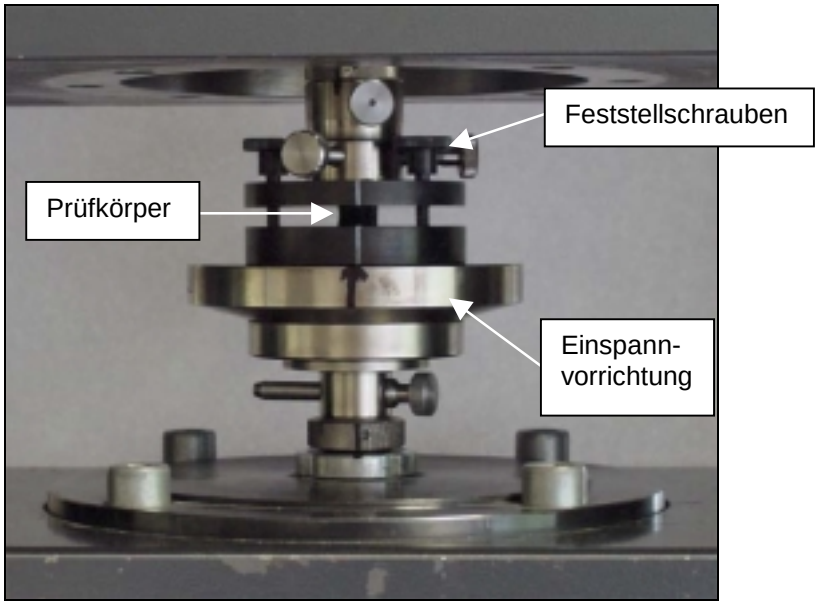


Abbildung 240: Bestimmung der Spannungsrelaxation

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Für die Proben aus dem neuwertigen Elastomerring betrugen die Druckkräfte, gemessen 30 Minuten nach Verformung der Probekörper, $F_{1(30\ Min)}$ = 325,78 N, $F_{2(30\ Min)}$ = 309,06 N und $F_{3(30\ Min)}$ = 321,97 N. Die Druckkräfte nach einer vorgegebenen Beanspruchungsdauer von 7 Tagen lagen bei $F_{1(7\ Tage)}$ = 252,74 N, $F_{2(7\ Tage)}$ = 267,89 N und $F_{3(7\ Tage)}$ = 284,38 N. Die Spannungsrelaxation für den Medianwert berechnet sich somit zu:

$$SR = \frac{321{,}97 - 267{,}89}{321{,}97} \cdot 100 = 17\ \%$$

Für die im Laborversuch nach *Abschnitt 3.2* vorbelasteten Proben betrugen die Druckkräft, gemessen 30 Minuten nach Verformung der Probekörper, $F_{1(30\ Min)}$ =219,59 N, $F_{2(30\ Min)}$ = 212,07 N und $F_{3(30\ Min)}$ = 232,78 N. Die Druckkräfte nach einer vorgegebenen Beanspruchungsdauer von 7 Tagen lagen bei $F_{1(7\ Tage)}$ = 196,39 N, $F_{2(7\ Tage)}$ = 192,16 N und $F_{3(7\ Tage)}$ = 203,19 N. Die Spannungsrelaxation für den Medianwert berechnet sich somit zu:

$$SR = \frac{219{,}59 - 196{,}39}{219{,}59} \cdot 100 = 11\ \%$$

Das Ergebnis der Prüfung der Spannungsrelaxation zeigt, dass eine geringfügige Veränderung der Relaxationsfähigkeit nach zyklischer Belastung zu erwarten ist.

3.3.3 Druckverformungsrest

Elastomere sind aus Makromolekülen aufgebaute Polymere, die durch Querverbindungen dreidimensional weitmaschig vernetzt sind. Diese Vernetzung der einzelnen Polymerketten (Vulkanisation) führt zu den gummielastischen Eigenschaften dieser Werkstoffe. Der Druckverformungsrest wird somit vom Vernetzungsgrad der Elastomere bestimmt.

Die Bestimmung des Druckverformungsrestes wurde in Anlehnung an die DIN ISO 815 [36] durchgeführt. Diese Prüfung wird für Elastomere im Härtebereich von 10 bis 95 IRHD angewendet. Bestimmt werden dabei die elastischen Eigenschaften von drei Einzelproben nach längerer Druckbeanspruchung. Zur Prüfung wird mittels Druckplatten an den Probekörpern eine konstante Druckverformung eingestellt und durch eine Verschraubung aufrechterhalten. Bei dem hier vorliegenden Härtebereich liegt die aufzubringende Verformung bei 25 % der ursprünglichen Materialdicke der Prüfkörper (vgl. *Tabelle 4*).

IRHD-Härte	10-80	80-89	90-95
Aufzubringende Verformung	25 %	15 %	10 %

Tabelle 4: Abhängigkeit der aufzubringenden Verformung von der IRHD Härteklasse [35]

Die Beanspruchungsdauer, d.h. der Zeitraum über den die Druckverformung aufrechterhalten bleibt, beträgt 24 Stunden. Nach Ablauf dieser Beanspruchungsdauer werden die Verschraubungen gelöst. Die Werte des Druckverformungrestes werden dann nach einer Erholungszeit von 30 Sekunden bzw. 30 Minuten gemessen. In der folgenden *Abbildung 241* sind die Druckplatten und die Probekörper dargestellt.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

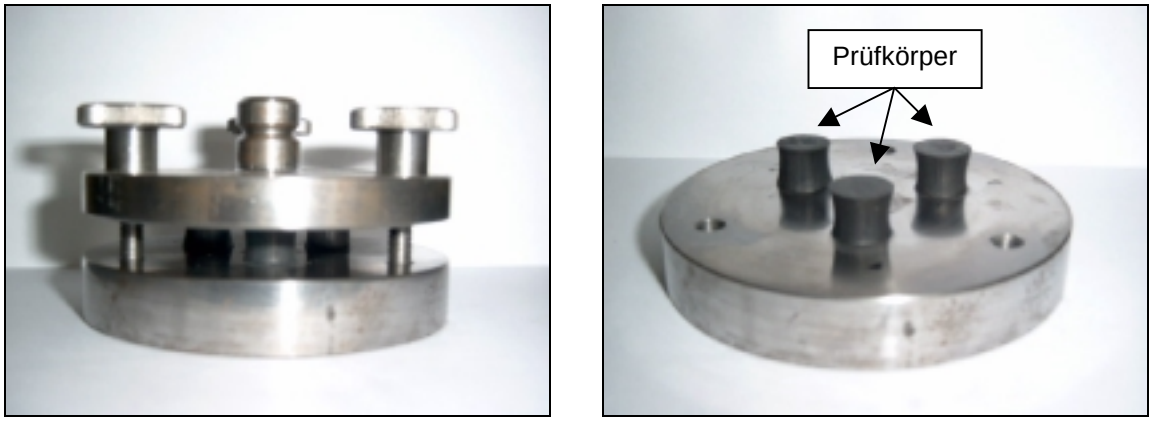


Abbildung 241: Druckplatten und Prüfkörper zur Bestimmung des Druckverformungsrestes in Anlehnung an DIN ISO 815 [36]

In Anlehnung an DIN ISO 815 [36] berechnet sich der Druckverformungsrest C, ausgedrückt in % der Anfangsverformung, nach der folgenden Formel:

$$C = \frac{h_0 - h_1}{h_0 - h_s} \cdot 100$$

mit:

h_o ursprüngliche Dicke des Prüfkörpers [mm]
h_1 Dicke des Prüfkörpers nach der Erholung [mm]
h_s Dicke der gestauchten Prüfkörper(Median) [mm]

Die Ermittlung des Druckverformungsrestes ergibt für eine nicht vorbelastete Probe die in *Tabelle 5* dargestellten Werte. Der Mittelwert des Druckverformungsrestes berechnet sich zu 6 % der Anfangsverformung.

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

Tabelle 5: Druckverformungsrest einer nicht vorbelasteten Probe

Die Prüfung des Druckverformungsrestes an den im Laborversuch vorbelasteten Proben führte zu den in *Tabelle 6* dargestellten Ergebnissen. Der Mittelwert des Druckverformungsrestes berechnet sich in diesem Fall zu 4 % der Anfangsverformung.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Materialdicke vor der Prüfung [mm]	25 % Stauchung [1)] [mm]	Materialdicke nach der Prüfung [2)] [mm]	Druck-verformungsrest [%]
9,95	2,478	9,84	4
9,92		9,81	4
9,91		9,81	4

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

[2)] Die Messung erfolgte nach 30 Minuten Entspannungszeit

Tabelle 6: Druckverformungsrest einer mit 2,5 Mio. Lastwechseln beanspruchten Probe

Für die untersuchten Elastomerringe existieren heute im Norm- und Regelwerk noch keine Angaben über den maximal zulässigen Druckverformungsrest. Entsprechende Angaben für elastomere Dichtungen in der Kanalisation finden sich in DIN EN 681 [41]. Dort beträgt der maximal zulässige Druckverformungsrest bei einer IRHD-Härteklasse 70 im 72 Stunden-Versuch 15 %. Verglichen hiermit, insbesondere da bei dem Elastomerring eine Abnahme des Druckverformungsrestes nach Belastung festgestellt werden konnte, scheint die gemessene Veränderung nicht signifikant.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

4 Schlussfolgerungen für die Ausschreibung

Bei den öffentlichen Ausschreibungen ist gemäß VOB/A [37] zunächst die Eignung der Bieter zu prüfen. Dabei sind anhand der vorgelegten Nachweise die Angebote der Bieter so auszuwählen, dass deren Eignung die für die Erfüllung der vertraglichen Verpflichtungen notwendige Sicherheit bietet. Die erforderliche ***Fachkunde, Leistungsfähigkeit*** und ***Zuverlässigkeit*** ist ebenso nachzuweisen, wie ***ausreichende technische und wirtschaftliche Mittel***. In die engere Wahl kommen demnach nur solche Angebote, die unter Berücksichtigung rationellen Baubetriebs und sparsamer Wirtschaftsführung eine einwandfreie Ausführung einschließlich Gewährleistung erwarten lassen. Unter diesen Angeboten soll der Zuschlag auf das Angebot erteilt werden, das unter Berücksichtigung aller Gesichtspunkte, wie z.B. Preis, Ausführungsfrist, Betriebs- und Folgekosten, Gestaltung, Rentabilität oder technischer Wert, als das wirtschaftlichste erscheint***. Der niedrigste Angebotspreis allein ist nicht entscheidend***.

Die Vorgehensweise bei der Ausschreibung kann somit die Wahl der Materialien und Verfahren erheblich beeinflussen. Werden spezielle Bauverfahren, Baumaterialien und Qualitätsstandards gefordert, so kann dies die Zahl der ausführenden Firmen bedeutsam einschränken. Auch nimmt der Einfluss des Auftraggebers auf die Qualität der zu erbringenden Leistung zu, je detaillierter diese in der Ausschreibung formuliert wird.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Grundlagen zur Auswahl von Sanierungsverfahren, zur Materialauswahl sowie zur sicheren technische Ausführung von Schachtsanierungen erarbeitet. Dabei wurde insbesondere die technische Lösung einer sog. elastischen Einbindung der Schachtabdeckung sowohl in-situ als auch im Labor untersucht. Damit die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen auch Eingang in die Baupraxis finden können, werden im folgenden Hinweise zur Ausschreibung und Vergabe aufgeführt, die bei der Vorbereitung von Sanierungsmaßnahmen an Schachtabdeckungen und der Erstellung des Ausschreibungstextes bzw. einer ZTV berücksichtigt werden können:

- Schadhafte Auflageringe oder schadhaftes Mauerwerk ist zu entfernen.
- Schäden an der Fahrbahndecke im Umfeld der Schachtabdeckung sind zu sanieren. Gelokkerte Bereiche in der Fahrbahndecke sind aufzunehmen und zu erneuern.
- Die schadhafte Schachtabdeckung soll ausgebohrt, ausgefräst oder ausgestemmt werden. Vor dem Stemmen ist die Fahrbahndecke für einen sauberen Übergang anzuschneiden.
- Die Anschlüsse zwischen Schachtrahmen, Einbindung und Fahrbahndecke sind mit bituminösem Fugenband, Vergussmasse oder gleichwertigem Material herzustellen. Die Anschlussbereiche müssen vor dem Einbau der entsprechenden Materialien sauber und trokken sein.
- Die erneuerte Fahrbahndecke muss ein dichtes Gefüge aufweisen. Dieses ist durch die Verwendung selbstverdichtender Materialien oder den lagenweisen verdichteten Einbau des Materials zu erreichen.
- Vergussmassen und Gussasphalt sind nach dem Einbau mit Splitt abzustreuen, um eine griffige Fahrbahnoberfläche zu erhalten.
- Schachtrahmen aus Vollguss erlauben eine spätere Höhenregulierung (Renovierung) der Schachtabdeckung.
- Für die Verkehrsfreigabe ist die Abbindezeit der am langsamsten aushärtenden Komponente maßgebend.
- Soll die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersuchte allseitige elastische Einbindung des Schachtrahmens zum Einsatz kommen, ist dies in der Ausschreibung zu fordern.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

5 Zusammenfassung

Die Netzbetreiber geben jährlich Millionenbeträge für die Sanierung schadhafter Schachtabdekkungen aus. Allerdings ist die Ausführung der Sanierungsmaßnahmen oftmals wenig erfolgreich. Innerhalb weniger Jahre treten erneut Schäden auf, so dass die Sanierung wiederholt werden muss. Die Ursache hierfür findet sich häufig in der mangelnden Eignung des Sanierungsverfahrens, der Verwendung ungeeigneter Werkstoffe, in fehlerhaften Einbauanleitungen, nicht ausreichend qualifiziertem Personal und fehlender Kontrolle auf der Baustelle. Ein weiterer Grund muss darin vermutet werden, dass Schachtabdeckungen in vielen Fällen die Schnittstelle zwischen dem Straßenbau und der Abwasserentsorgung darstellen und die Zuständigkeit verteilt ist. So ist der Kanalnetzbetreiber häufig für die Sanierung der Schachtabdeckung und das Straßenbauamt für die Wiederherstellung der Fahrbahndecke verantwortlich. Straßenbaufirmen bieten daher z.T. auch die Ausführung von Sanierungsleistungen als „Nebenleistung“ ohne Berücksichtigung des dafür erforderlichen besonderen Aufwandes an. Die Sanierung einer Schachtabdeckung stellt demgegenüber eine eigenständige technische Leistung dar. Dabei spielt nicht nur das Zusammenwirken von Schachtabdeckung, Auflagerringen, Reguliermörtel und Fahrbahnbelag eine besondere Rolle. Auch fordert der Einbau besondere vor Ort zu erbringende handwerkliche Leistungen, so z.B. beim Ausbau der Schachtabdeckung, beim Wiederaufbau des Schachtkopfes und bei der Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau.

Für die Reparatur, Renovierung oder Erneuerung von Schachtabdeckungen stehen eine Vielzahl von Verfahren und Materialien zur Verfügung. Deren Einsatz hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie z.B. der Belastung der Schachtabdeckung, der Schadensursache und dem Schadensbild. Die Netzbetreiber stehen nun vor dem Problem im jeweiligen Anwendungsfall ein geeignetes Verfahren und ein qualifiziertes Unternehmen für die Bauausführung auszuwählen. Häufig erfolgt die Vergabe der Bauleistungen durch eine öffentlichen Ausschreibung, wobei als Entscheidungskriterium im wesentlichen der Angebotspreis herangezogen wird. Qualitative Aspekte der Bauausführung und die besondere Belastungssituation von Schachtabdeckungen im Straßenraum werden i.d.R. nicht berücksichtigt.

Ziel des dargestellten Forschungsvorhabens war vor diesem Hintergrund die Entwicklung eines neuen Bau- und Sanierungsverfahrens für Schachtabdeckungen bis zur Praxisreife. Grundlage bildet der Gedanke, die derzeit im Regelfall gebräuchliche Unterfütterung von Schachtabdekkungen mittels Zementmörtel durch einen Elastomerring zu ersetzen. Durch die Verwendung dieses Werkstoffes sollen die Nutzungsdauer von Schachtabdeckungen erhöht, die Kosten für ihre Instandhaltung reduziert und gleichzeitig die dynamische Belastung von Einsteigschächten durch überfahrenden Straßenverkehr reduziert werden. Darüber hinaus wurde auch die Möglichkeit einer dauerhaft elastischen Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau untersucht. Als „elastisch“ wurde dabei die im Vergleich zu den bisher eingesetzten Mörteln höhere Dehnbarkeit und damit auch Verformbarkeit der verwendeten Bauteile und Vergussmassen bezeichnet.

Die Auswahl und damit auch die Entwicklung eines Sanierungssystems muss die auf eine Schachtabdeckung einwirkenden Lasten berücksichtigen. Auf den Schachtdeckel wirken zwei Lastarten ein, die sich in Größe und Richtung unterscheiden. Dies 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 in der Regel eine Nut-Feder-Konstruktion, d.h. eine Nut im Rahmen und eine Feder im Deckel, eingesetzt. Abhängig von der Art der verwendeten Schachtabdeckung bzw. des Sanierungssystems sind verschiedene Konstruktionen zur Ableitung der einwirkenden Lasten möglich.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

Als Standardfall kann das Ableiten der Vertikallasten von der Schachtabdeckung über den Schachtkonus in den Schachtuntergrund bezeichnet werden. So ist auch nur diese Ausführung in den bestehenden Normen berücksichtigt (z.B. DIN 4034 [42]). Horizontale Lasten werden im wesentlichen durch die Einbindung in den Straßenkörper aufgenommen. Diese Einbindung wird z.B. mit Asphaltbeton, Gussasphalt oder Formsteinen mit bituminösem Verguss ausgeführt.

Demgegenüber ist eine Entkopplung der Lasteinleitung vom Schachtkörper z.B. durch den Einsatz einer sog. „schwimmenden“ Abdeckung möglich, bei der die einwirkende Last direkt in die umgebende Fahrbahndecke eingeleitet wird. Ein anderer Weg, Vertikallasten ohne Mitwirkung des Schachtkörpers abzuleiten, besteht im Einsatz einer Fundamentplatte. Die Lasten werden dabei unter der Straßendecke über die Fundamentplatte in den umgebenden Baugrund eingetragen. Die Einbindung in die Straße nimmt die horizontalen Lasten auf und kann sowohl mit Formsteinen als auch Asphalt ausgeführt werden (vgl. *SSU-System* der Fa. Schacht + Trumme, *Abbildung 13*).

Für die Auswahl der im Rahmen des Forschungsvorhabens betrachteten Sanierungsverfahren waren die bei den In-situ-Untersuchungen erkannten Schadensbilder maßgebend. In der Regel wurde der komplette „Schachtkopf“ sowie die Fahrbahndecke erneuert. In Einzelfällen wurde lediglich der Schachtrahmen ausgewechselt. In allen Fällen wurde ein Verfahren zur allseitigen elastischen Einbindung der Schachtabdeckung in den Straßenoberbau eingesetzt. Dieses wurde ergänzend auch in Laborversuchen getestet.

Im Laborversuch wurde die Dauerhaftigkeit der allseitigen elastischen Einbindung der Schachtabdeckung unter einer zyklischen Belastung untersucht. Insbesondere das Verhalten des Elastomerrings sowie des Verbundes zwischen Schachtrahmen und Einbindung wurden dabei betrachtet.

Das Ergebnis des Versuches zeigt, dass der Verbund zwischen Schachtrahmen und Einbindung durch eine mechanische Beanspruchung mit 2,5 Mio. Lastwechsel in der Größe eines SLW 60 nicht zerstört wurde. Es bestand weiterhin ein dichtes Gefüge, welches das Eindringen von Oberflächenwasser nicht erwarten lässt. Die begleitenden Materialuntersuchungen zeigen, dass die elastischen Eigenschaften des Elastomerrings auch nach der Beanspruchung weitgehend erhalten bleiben. Auch der Betonauflagering unterhalb des Elastomerrings zeigte nach Abschluss des Laborversuches weder sichtbare Risse, Abplatzungen oder andere Schäden.

Bei den Laboruntersuchungen blieb der Einfluss von Umweltbedingungen wie Frost-Tauwechsel oder Tausalzangriff unberücksichtigt. Vielmehr sollte der Einfluss der Belastung durch den überrollenden Verkehr unabhängig von diesen Umwelteinflüssen untersucht werden. Frühere Untersuchungen [13] lassen davon ausgehen, dass sich Umwelteinflüsse erst dann negativ auf den Zustand der Unterfütterung auswirken, wenn durch Verkehrsbelastungen eine Schädigung der Einbindung auftritt. Einflüsse wie Frost, Tausalz, Feuchtigkeit oder Sonneneinstrahlung auf die Dauerhaftigkeit der sanierten Schachtabdeckung sollten bei diesem Forschungsvorhaben durch in-situ Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Dabei kann festgestellt werden, dass die sanierten Schachtabdeckungen im Bereich der Einbindung und der Unterfütterung ein Jahr nach der Sanierung keine sichtbaren Schäden aufweisen.

Als Ergebnis des Forschungsvorhabens muss weiterhin festgehalten werden, dass die Verwendung eines Elastomerrings oder spezieller Fugenvergussmassen nur dann sinnvoll ist, wenn die Sanierungsarbeiten fach- und sachgerecht ausgeführt werden. Die ausschreibende Stelle hat hier die Möglichkeit, ein komplettes Sanierungssystem auszuschreiben oder Bauverfahren, Bauteile und Werkstoffe in der Ausschreibung zu spezifizieren. Weitergehende Angaben zur Ausschreibung der Sanierung von Schachtabdeckungen finden sich in [38].

Abschließend kann festgestellt werden, dass die dauerhafte Sanierung einer Schachtabdekkung die Aufnahme des Schadensbildes, die Wahl eines geeigneten Sanierungssystems, die fachgerechte Ausschreibung, die Vergabe an eine ausführende Firma mit entsprechender Qualifikation, die Verwendung von güteüberwachten Bauteilen und Werkstoffen sowie die Bauüberwachung und -abnahme durch den Auftraggeber verlangt. Der Elastomerring sowie die „elasti-

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

sche Einbindung“ können dabei die Grundlage für eine dauerhaft sanierte Schachtabdeckung bilden. Der handwerklichen Ausführung der Sanierungsmaßnahme kommt aber weiterhin eine zentrale Bedeutung zu.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

6 Literatur

[1] DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme (08.97).

[2] Arbeitsblatt der Abwassertechnischen Vereinigung ATV – A 241: Bauwerke in Entwässerungsanlagen (03.94).

[3] Braubach, A.: Wasserversorgung und Entwässerung der Städte, Lehrbuch des Tiefbaus. 3. – 8. Aufl, II. Band, Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1925.

[4] Im Untergrund von München, Landeshauptstadt München, Baureferat, Stadtentwässerungswerke, München 2001.

[5] Entwicklung eines neuen Bau- und Sanierungsverfahrens für die Verbindung des Rahmens der Schachtabdeckung zum Schachthals, Abschlussbericht IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Juni 1998.

[6] Tölle-Kastenbein, R.: Antike Wasserkultur, Verlag C.H. Beck, München 1990.

[7] Sickert, E. Geschichte der Abwasserentsorgung, Kanalisationen im Wandel der Zeit, Korrespondenz Abwasser 1998 (45) Nr.2.

[8] König, F.: Anlage und Ausführung von Städte-Kanalisationen, Verlag von Otto Wiegand, Leipzig 1902.

[9] Firmeninformationen der Eisenwerke Gelsenkirchen AG.

[10] DIN EN 752-2: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Anforderungen (09.96).

[11] DIN 19549: Schächte für erdverlegte Abwasserkanäle und –leitungen (02.89) Ersetzt durch DIN EN 476.

[12] DIN EN 124: Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung (08.94).

[13] Sanierung Schadhafter Schachtabdeckungen, Abschlussbericht IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur 1995 (unveröffentlicht).

[14] Firmeninformationen Saint Gobain Guss GmbH, Saarbrücken.

[15] Firmeninformationen ACO drain passavant, Rendsburg.

[16] Firmeninformationen Buderus Kanalguss GmbH, Limburg.

[17] Firmeninformationen Denso GmbH, Leverkusen.

[18] Firmeninformationen Rainer Hermes Technologie GmbH & Co. KG, Schwerte.

[19] Firmeninformationen Schacht + Trumme GmbH, Ahrensburg.

[20] ZTV Asphalt – StB 94 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt, Bundesministerium für Verkehr, Oktober 1994.

[21] Firmeninformationen ATC Asphalt-Thermo-Container GmbH, Hessisch Lichtenau.

[22] Firmeninformation Benninghoven GmbH & Co. KG, Mülheim / Mosel.

[23] Firmeninformationen Herrmann Mücher GmbH, Schwelm.

[24] Firmeninformationen Vienna GmbH, Halbs.

© 2002 All rights reserved by GEK mbH

[25] Firmeninformationen Beck GmbH, Bad Rappenau.

[26] Firmeninformationen Joch Maschinenbau, Gemmingen.

[27] Firmeninformationen Stellmach Tief- und Straßenbau GmbH, Herford.

[28] Firmeninformationen HIBA, Osnabrück.

[29] Firmeninformationen STEHR Baumaschinen GmbH, Schwalmtal.

[30] Firmeninformationen Schölkopf MultitTec GmbH, Engstingen.

[31] Firmeninformationen GAV GmbH, Boppard.

[32] Firmeninformationen Hydrotec Entwässerungstechnik GmbH, Wildeshausen.

[33] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen (12.85).

[34] DIN 53519-1: Prüfung von Elastomeren; Bestimmung der Kugeldruckhärte von Weichgummi, Internationaler Gummihärtegrad (IRHD), Härteprüfung an Normproben (05.72).

[35] DIN 53537: Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung der Spannungsrelaxation unter Druck (09.85).

[36] DIN ISO 815, Bestimmung des Druckverformungsrestes bei Umgebungs-, erhöhten oder niedrigen Temperaturen (03.00).

[37] Verdingungsordnung für Bauleistungen VOB Teil A, hrsg. DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. 2000.

[38] Eignungsprüfungen von Verfahren zur Sanierung von Schachtabdeckungen, Abschlussbericht IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, (Entwurf) Juli 2002.

[40] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.

[41] DIN 681-1: Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung, Teil 1: Vulkanisiertes Gummi (12.98).

[42] DIN 4034: Schächte aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen (10.90).

© 2002 All rights reserved by GEK mbH