

Zertifizierungsstelle nach EU-Beuproduktenverordnung (Kenn-Nr.: 1535)
Überwachungs- und Zertifizierungsstelle nach der Landesbauordnung (Kennziffer: SAC16)

Prüfungstyp	Anerkannte Prüfstelle gemäß RAP Stra 15							
	A	BB	BE	D	F	G	H	I
0 Baustoffeigenschaftenprüfungen				DD ²				
1 Eignungsprüfungen	A1						H1	I1
2 Fremdüberwachungsprüf.					F2			I2
3 Kontrollprüfungen	A3	BB3	BE3	D3	F3	G3	H3	I3
4 Schiedsuntersuchungen	A4	BB4	BE4	D4	F4	G4	H4	I4

¹nur bei Gesteinskörnungen für Baustoffgemische entspr. TL G 508-518
Anerkennung im Freistaat Sachsen für: Kaltrecycling in situ gemäß M KRK (Prüfungstypen 1, 2, 3, 4)
Kaltrecycling in plant gemäß SN TR KRK (Prüfungstypen 1, 2, 3, 4)

Auftraggeber:

BPH Baustoff-Produktions- &
Handelsgesellschaft mbH & Co. KG
Höckendorfer Straße 95
01936 Königsbrück

PRÜFBERICHT Nr.: 10 / 017 17

Dresden, 28.06.2018

Objekt / Bauvorhaben: Versuchsstrecken mit „Kaugummi-asphalt®“ in Dresden

Prüfungsauftrag: Bestandsaufnahme an ausgewählten geschädigten Verkehrsflächen in der Landeshauptstadt Dresden sowie begleitende Dokumentation des Einbaus von „Kaugummi-asphalt®“ und kontinuierliche Erfassung des Zustandes der sanierten Verkehrsflächen

Auftrag vom: 10.03.2017

Bearbeitungszeitraum: 07.03.2017 – 27.03.2018

Dieser Bericht umfasst einschließlich Deckblatt 16 Seiten und 4 Anlagen (Σ 66 Seiten).

Dieser Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Prüfstelle.



Prüfstellenleitung:
Dipl.-Ing. A. Otto
Dipl.-Geol. S. Martick

Leitung Zert.-Stelle:
Dr.-Ing. M. Wolf

Postanschrift:
Technische Universität Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Straßenbaulabor
01062 Dresden

Anlieferungen:
Technische Universität Dresden
Straßenbaulabor
Georg-Schumann-Str. 7A // Tür H
01187 Dresden

Kontakt:
Tel.: 03 51 / 46 33 36 67
Fax: 03 51 / 46 33 55 77

strassenbaulabor@tu-dresden.de
www.strassenbaulabor.tu-dresden.de

1. Ausgangssituation

Bei einer in Dresden durchgeführten Untersuchung mit Kaugummiasphalt® sollte die Dauerhaftigkeit des Verfüllmaterials in Abhängigkeit von der Art und Weise der Verfüllung und der Verkehrsbelastung geprüft werden.

Am 07.03.2017 wurden in Dresden auf zwei verschiedenen Verkehrsflächen (Pietzschstraße und Hainstraße) sowie am 14.03.2017 auf einer weiteren Verkehrsfläche (Werftstraße, Ecke Tauberthstraße), jeweils 4 Schlaglöcher mit Kaugummiasphalt® verfüllt. Dabei wurde jedes der vier Schlaglöcher mit einer anderen „Verfülltechnik“ (Art und Weise) saniert.

Das Straßenbaulabor der TU Dresden wurde von der Firma BPH Baustoff-Produktions- & Handelsgesellschaft mbH & Co. KG beauftragt, eine Dokumentation der ausgewählten Strecken über die Vorgehensweise beim Einbau und die Entwicklung der sanierten Stellen anzufertigen. Die Sanierung der Schadstellen sollte von einem Mitarbeiter des Straßenbaulabors begleitet werden. Zu späteren Zeitpunkten (nach 3 bis 4- wöchiger, halbjähriger und ganzjähriger Nutzung) sollte eine Nachkontrolle der verfüllten Schadstellen ebenfalls durch einen Mitarbeiter des Straßenbaulabors erfolgen.

Das gesamte Projekt wurde gefördert durch die Sächsische Aufbaubank und unterstützt durch das Straßen- und Tiefbauamt der Landeshauptstadt Dresden.

2. Versuchsstrecken

Durch die Firma BPH Baustoff-Produktions- & Handelsgesellschaft mbH & Co. KG wurden gemeinsam mit Vertretern des Straßen- und Tiefbauamtes der Landeshauptstadt Dresden drei Versuchsstrecken ausgewählt. Ein Übersichtsplan der drei untersuchten Strecken befindet sich in den Anlagen 1, 2 sowie 3.

Ziel bei der Auswahl der Straßen war es, drei unterschiedliche Versuchsstrecken zu finden, die sich in ihrer Verkehrsbelastung unterscheiden. Gesucht wurden eine Anliegerstraße, eine Hauptverkehrsstraße mit hoher Verkehrsbelastung infolge Schwerverkehr (idealerweise vierspurig) sowie des Weiteren eine Straße mit Kreuzungsbereich.

Für jede der drei Versuchsstrecken wurden vier verschiedene Arten der Verfüllung angewandt, die für alle ausgewählten Strecken gleich war. Diese wurden vom Auftraggeber vorgegeben. Beim Verfahren 1 handelt es sich um ein Verfahren, wie es vorzugsweise in der Praxis durchgeführt wird. Verfahren 2 und 3 sind vom Hersteller empfohlene Einbauverfahren. Verfahren 4 stellt eine idealisierte, mit hohem Aufwand betriebene Methode dar. Die vier Verfahren sind in der Tabelle 1 zusammengefasst dargestellt.

Verfahren 1	Verfahren 2	Verfahren 3	Verfahren 4
„praxisnahes“ Verfahren“	Empfehlung des Herstellers	Empfehlung des Herstellers	„idealisiertes“ Verfahren“
- keine Reinigung - direktes Verfüllen - Verdichtung mit Handstampfer	- Reinigung - Verdichtung mit Rüttelplatte - Abstreuen mit 0/2	- Reinigung - Verdichtung mit Handstampfer	- Aussägen - Reinigung - Verdichtung mit Rüttelplatte

Tabelle 1: Übersicht der Verfahren zur Schlaglochverfüllung

2.1 Pietzschstraße

2.1.1 Allgemeine Randbedingungen

Die Pietzschstraße ist eine Anliegerstraße und wird nur selten von Lkw befahren. Die Befahrung der Straße durch Pkw erfolgt augenscheinlich überwiegend mittig.

Die Fahrbahn wies zum Zeitpunkt der Instandhaltung vereinzelt Schlaglöcher sowie eine beginnende Spurrinnenbildung auf. In der Vergangenheit wurden mehrfach Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Neben der Nachbesserung der Fahrbahn wurden augenscheinlich Leitungen neu verlegt, was zu Aufgrabungen der Straße führte. Die Fahrbahn bestand aus einer 4 – 5 cm dicken Asphaltdeckschicht. Bei der aktuell durchgeführten Sanierung der Schadstellen fiel beim Herauslösen der losen Bestandteile Teergeruch auf. Es wird vermutet, dass sich unter der Asphaltdeckschicht eine teerhaltige Schicht auf Schotter befindet.

Zum Zeitpunkt der Instandhaltung mittels Kaugummiasphalt® regnete es. Die Lufttemperatur betrug zur Einbauzeit ca. 4°C. Die Dokumentation des Einbaus kann der Anlage 1 entnommen werden.

2.1.2 Versuchsstellen

2.1.2.1 Versuchsstelle 1 – Verfahren 1

Die erste Versuchsstelle ist ein sich im Scheitelpunkt der Straße befindendes Schlagloch. Die Unterseite des Schlaglochs bestand teilweise aus Asphalt sowie Schotter. Die Abmessung und die Lage des Loches sind in Anlage 1, Abb. 1.1 zu finden. Das Schlagloch wurde durch Auskehren mit einem Besen von „stehendem“ Wasser befreit (Restfeuchte war vorhanden). Anschließend wurden ca. 10-12 kg Kaugummiasphalt® eingebaut. Dies erfolgte durch händisches Einfüllen und Verdichten mit einem Handstampfer. Die Dauer der Instandhaltung betrug zirka 5 Minuten.

2.1.2.2 Versuchsstelle 2 – Verfahren 2

Bei der Versuchsstelle 2 ist zu beachten, dass nur ein Teil des Schlagloches zur Betrachtung herangezogen wird. Der Referenzbereich für die Studie ist in Anlage 1, Abb.1.4 erkenntlich.

Die zweite Versuchsstelle wurde wie Versuchsstelle 1 ausgekehrt, um das Wasser zu entfernen. Zusätzlich wurde die Schadstelle vorab mit einem Meißel bearbeitet, damit lockere Teile des Straßenbelages gelöst werden. Der Untergrund bestand teilweise aus Asphalt sowie Schotter.

Aufgrund der Stufenbildung im Schlagloch erfolgte die Reparatur dieser Versuchsstelle durch einen zweilagigen Einbau. Dabei wurde die erste Lage eingefüllt und mit einem Handstampfer verdichtet. Anschließend wurde die zweite Lage eingebaut und mit einer Rüttelplatte (Gewicht ca. 80 kg) verdichtet. Hier wurde von außen nach innen verdichtet. Abschließend wurde das verfüllte Schlagloch mit einer feinen gebrochenen Gesteinskörnung 0/2 mm (Granodiorit) abgestreut. Die Mischgutmenge von insgesamt 30 kg wurde in ca. 15 - 20 Minuten eingebaut.

2.1.2.3 Versuchsstelle 3 – Verfahren 3

Die dritte Versuchsstelle wurde ebenfalls ausgekehrt, um das Wasser zu entfernen. Des Weiteren wurde die Stelle mit einem Meißel bearbeitet, um lockere Teile des Straßenbelages zu lösen. Der Lochboden bestand aus Schotter und grenzt an eine vorab ausgebeserte Schadstelle (Abmessung und Lage siehe Anlage 1, Abb.1.7).

Die Versuchsstelle wurde verfüllt und mit einem Handstampfer verdichtet. Die Einbaumenge von ca. 7 kg wurde in knapp 10 Minuten eingebaut.

2.1.2.4 Versuchsstelle 4 – Verfahren 4

Die vierte Versuchsstelle (Anlage 1, Abb. 1.9 bis Abb. 1.13) wurde zunächst ausgesägt und danach ausgekehrt, um einen sauberen Anschluss zum angrenzenden Straßenbelag zu schaffen. Unter dem Schlagloch befand sich Schotter.

Die Versuchsstelle wurde mit ca. 56 kg Kaugummiasphalt® verfüllt und anschließend mit der Rüttelplatte vom Rand nach innen verdichtet. Die komplette Sanierung dauerte zirka 30 min.

2.2 Hainstraße

2.2.1 Allgemeine Randbedingungen

Die Hainstraße ist eine Hauptverkehrsstraße mit 2 Fahrstreifen je Fahrtrichtung und wurde aufgrund des hohen Anteils an Fahrzeugen des Schwerverkehrs ausgewählt. Sie weist Schlaglöcher im Fahrbahnbereich sowie am Fahrbahnrand auf. Außerdem wies sie auf beiden Fahrstreifen Spurrinnen auf. Es wurden in der Vergangenheit mehrfach Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Wasser konnte auf dieser Straße nur ungenügend abfließen, da es zu wenig Seitenabläufe gab und das erforderliche Gefälle nicht vorhanden ist. Das Wasser wird teilweise am Straßenrand aufgestaut. Die Fahrbahn bestand aus einer Asphaltdeckschicht mit einer Dicke von ca. 3 cm. Darunter waren verschieden dünne Asphalt-schichten vorhanden.

Zum Zeitpunkt des Einbaus regnete es, die Lufttemperatur betrug ca. 4 °C.

2.2.2 Versuchsstellen

2.2.2.1 Versuchsstelle 5 – Verfahren 1

Die fünfte Versuchsstelle befindet sich im zweiten Fahrstreifen der Hainstraße in Fahrtrichtung Bahnhof Dresden-Neustadt und wurde mit dem Verfahren 1 saniert. Die Abmessungen und die Lage des Schlagloches sind in Anlage 2, Abb.2.1 zu finden.

Das Schlagloch wurde von Wasser befreit, indem es ausgekehrt wurde (das Schlagloch war dennoch feucht). Danach wurden etwa 7-10 kg Kaugummiasphalt® in das Schlagloch gegeben und mit einem Handstampfer verdichtet. Die Reparaturzeit betrug ca. 5 min.

2.2.2.2 Versuchsstelle 6 – Verfahren 2

Die Schadstelle wurde im Vorfeld bereits mindestens einmal saniert. Am Rand des Schlaglochs war ein Riss vorhanden (Abmessung in Anlage 2, Abb. 2.3). Unter dem Schlagloch befand sich Schotter.

Die sechste Versuchsstelle wurde ausgekehrt, um das Wasser zu entfernen. Darüber hinaus erfolgte die Bearbeitung mit einem Meißel, um lockere Bestandteile zu lösen. Der Kaugummiasphalt® wurde aufgrund der Tiefe des Schlaglochs an dieser Versuchsstelle in 2 Lagen eingebaut. Dabei wurde die erste Lage mit einem Handstampfer verdichtet. Anschließend wurde das Schlagloch vorbereitet, indem die Ränder noch einmal mit dem Meißel bearbeitet und loses Material beseitigt wurde. Danach wurde das Schlagloch weiter verfüllt und das Mischgut von außen nach innen mit einer Rüttelplatte (Gewicht ca. 80 kg) verdichtet. Abschließend wurde das verfüllte Schlagloch mit einer feinen Gesteinskörnung 0/2 (Granodiorit) abgestreut.* Die Mischgutmenge von 50 kg wurde in ca. 20 min eingebaut.

*) Anmerkung: Die feine Gesteinskörnung 0/2 war bereits nach 1 h Nutzungsdauer vollständig entfernt (vermutlich infolge der Beanspruchung durch Regen und Verkehr).

2.2.2.3 Versuchsstelle 7 – Verfahren 3

Bei der Versuchsstelle 7 ist zu beachten, dass nur ein bestimmter Teil zur Studie herangezogen wird. Der Referenzbereich für die Studie ist in Anlage 2, Abb. 2.9 und Abb. 2.10 erkenntlich. Das Schlagloch wurde nach augenscheinlicher Beurteilung bereits mindestens einmal saniert. Darüber hinaus grenzte es an ebenfalls bereits sanierte Stellen (Abmessung und Lage befindet sich in Anlage 2, Abb.2.9). Der Lochboden bestand aus Schotter. Das Schlagloch wurde zunächst ausgekehrt, um das Wasser zu entfernen. Anschließend erfolgte die Bearbeitung mit einem Meißel, um lockere Bestandteile zu lösen.

Die Schadstelle wurde verfüllt und mit einem Handstampfer verdichtet. Die Einbaumenge von ca. 38 kg wurde in knapp 20 min eingebaut.

In unmittelbarer Nähe zur Schadstelle befand sich ein Straßenablauf. Das vorhandene Wasser konnte jedoch nicht dahin abfließen, da die Straße vor der Entwässerungseinrichtung abgesenkt ist (siehe Anlage 2, Abb. 2.11) und somit kein ausreichendes Gefälle zum Straßenablauf vorhanden war.

2.2.2.4 Versuchsstelle 8 – Verfahren 4

Unterhalb dieses Schlaglochs befand sich eine hydraulisch gebundene Tragschicht. Der Bereich des Schlagloches wurde nach augenscheinlicher Beurteilung bereits mehrfach erneuert. Um die Versuchsstelle herum befanden sich weitere Schlaglöcher. In unmittelbarer Nähe zu dieser Versuchsstelle war ein Straßenablauf vorhanden. Bei Regenwetter befindet sich diese Versuchsstelle generell unter Wasser, da die Entwässerung nicht ordnungsgemäß funktioniert (siehe Anlage 2, Abb. 2.18 – Abb. 2.21).

Der Einbau des Kaugummiasphaltes® fand unter Regen und dadurch bei immer wieder nachlaufendem Wasser statt. Binnen weniger Sekunden nach Fertigstellung befanden sich Teile der Schadstelle erneut unter Wasser.

Die Schadstelle wurde zunächst ausgesägt und ausgekehrt. Anschließend wurde der Kaugummiasphalt® in 2 Lagen eingebaut. Für die erste Lage wurden ca. 40 kg eingebracht und mit einer Rüttelplatte verdichtet. Abschließend wurden weitere 45 kg Mischgut für die zweite Lage eingebracht und ebenfalls mit einer Rüttelplatte verdichtet. Die Menge von insgesamt etwa 85 kg Mischgut wurde in ca. 40 min eingebaut.

2.3 Werftstraße / Einmündung Tauberthstraße

2.3.1 Allgemeine Randbedingungen

Als dritte Versuchsstrecke wurde die Werftstraße / Einmündung Tauberthstraße ausgewählt. Die Fahrbahn wies in diesem Bereich vereinzelt Schlaglöcher sowie bereits großflächig sanierte Stellen (Flickstellen) auf. Darüber hinaus wurden vereinzelte Netzrisse detektiert. Die Befahrung dieses Bereiches erfolgt sowohl durch Pkw, als auch durch Lkw Verkehr. Des Weiteren liegen die Versuchsstellen im Kreuzungsbereich, daher ist hier mit erhöhten Beanspruchungen zu rechnen.

Zum Zeitpunkt des Einbaus war die Straße trocken. Die Lufttemperatur lag während der Schlaglochsaniegerung zwischen 4 und 8 °C.

2.3.2 Versuchsstellen

2.3.2.1 Versuchsstelle 9 – Verfahren 1

Die neunte Versuchsstelle wird beim Abbiegen von der Werftstraße in die Tauberthstraße überfahren. Der Lochboden bestand aus Asphalt und wies lockere und feste Bestandteile auf. Die Versuchsstelle befindet sich direkt an der Naht zweier angrenzender Asphaltdeckschichten im Einmündungsbereich der Werftstraße zur Tauberthstraße. Im Randbereich sind Risse zu erkennen und der Schichtenverbund zwischen Deckschicht und der darunterliegenden Schicht war im Bereich der Tauberthstraße nicht vorhanden (Deckschicht begann sich abzulösen).

Die Versuchsstelle wurde zunächst grob ausgekehrt. Nach dem Einfüllen des Kaugummiasphaltes® wurde dieser mit einem Handstampfer verdichtet. Die Mischgutmenge von ca. 13 kg wurde in 7 min eingebaut.

Die Abmessungen und die Lage des Schlaglochs können Anlage 3, Abb. 3.2 entnommen werden.

2.3.2.2 Versuchsstelle 10 – Verfahren 2

Die zehnte Versuchsstelle wird sowohl beim Abbiegen von der Werftstraße auf den nördlich gelegenen Parkplatz als auch bei Befahrung der Werftstraße überfahren (liegt im Scheitelpunkt der Straße). Der Bereich um das Schlagloch herum weist eine Vielzahl an Netzfalten auf. Im Lochboden war ein bindiger (lehmiger) Boden erkennbar.

Die Sanierung erfolgte aufgrund der Tiefe des Schlaglochs in zwei Lagen. Das Schlagloch wurde zunächst mit einem Meißel aufbereitet und danach ausgekehrt. Anschließend wurde die erste Lage Kaugummiasphalt® eingebracht und mit einem Handstampfer verdichtet. Nach dem Einfüllen der zweiten Lage wurde mit einer Rüttelplatte verdichtet und die Oberfläche des Reparaturasphaltes mit feiner Gesteinskörnung 0/2 (Granodiorit) abgestreut. Der Einbau von 30 kg Mischgut dauerte ca. 16 min.

Angaben zu den Abmessungen und zur Lage des Schlaglochs sind in Anlage 3, Abb. 3.6 enthalten.

2.3.2.3 Versuchsstelle 11 – Verfahren 3

Diese Versuchsstelle befindet sich in der Mitte der Einmündung. Der Boden des Schlagloches besteht aus Asphalt. Die Abmessungen sind Anlage 3, Abb. 3.10 zu entnehmen.

Zunächst wurde die Schadstelle durch Entfernen lockerer Bestandteile mittels Meißel vorbereitet. Danach erfolgte ein Auskehren und Ausblasen des für die Sanierung vorbereiteten Schlaglochs. Der Einbau des Reparaturasphaltes erfolgte zweilagig. Die erste Lage wurde eingebracht und mit einem Handstampfer verdichtet. Nach dem Einbringen der zweiten Lage wurde diese ebenfalls mit einem Handstampfer verdichtet. Die Zeitdauer für den Einbau von ca. 35 kg Kaugummiasphalt® betrug 17 min.

2.3.2.4 Versuchsstelle 12 – Verfahren 4

Das Schlagloch befand sich nahezu im Scheitelpunkt der Werftstraße und wird damit direkt überfahren. Das Schlagloch wurde einschließlich der um das Loch herum befindlichen angrenzenden Risse ausgesägt, ausgebrochen und ausgekehrt. Der Lochboden bestand aus Asphalt und war aufgrund des vorherigen Sägens feucht. Der Einbau des Kaugummiasphaltes® erfolgte in 2 Lagen. Die erste Lage von ca. 50 kg Kaugummiasphalt® wurde eingebracht und mit einer Rüttelplatte verdichtet. Danach wurden weitere 70 kg Kaugummiasphalt® eingebracht und wiederum mit einer Rüttelplatte verdichtet. Die Mischgutmenge von ca. 120 kg wurde in 40 min eingebaut.

Alle Abmessungen sind Anlage 3, Abb. 3.15 zu entnehmen.

3. Beobachtungszeitpunkte

Am 31.03.2017 wurde die erste Kontrolle nach zirka 3-wöchiger Nutzungsdauer durchgeführt. Eine zweite Kontrolle, nach ungefähr 6-monatiger Nutzung, erfolgte am 22.08.2017. Am 27.03.2018 fand die dritte und letzte Kontrolle nach 1-jähriger Nutzungsdauer statt.

3.1 Pietzschstraße

Versuchsstelle 1

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung wies selbst keine Schäden auf. Der Bereich um die Versuchsstelle hatte jedoch mehrere neue Netzkrisse (siehe Anlage 4, Abb. 4.2).

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Die sanierte Schadstelle zeigte eine leichte Setzung. Ansonsten war die Verfüllung augenscheinlich in einem guten Zustand. Um die Verfüllung haben sich weitere Netzkrisse gebildet.

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Die Versuchsstelle wurde leicht breitgefahren (siehe Anlage 4, Abb. 4.5). Die nach 6-monatiger Nutzung beobachtete Setzung hat sich weiter fortgebildet. Die ganze Versuchsstelle hat sich etwa um 10 mm gesetzt.

Versuchsstelle 2

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung zeigte im Bereich zur Fahrbahnmitte eine leichte Setzung. Weiterhin haben sich Risse um die Versuchsstelle gebildet (siehe Anlage 4, Abb. 4.8). Die Verfüllung selbst zeigte keine weiteren Veränderungen.

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Im Vergleich zur vorherigen Begehung konnten nach visueller Beurteilung keine Veränderungen festgestellt werden. Die Verfüllung war weiterhin in gutem Zustand.

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Versuchsstelle 2 weist einen Ausbruch von Kaugummiasphalt® (siehe Abb. 4.11 bis Abb. 4.12) auf. Der Ausbruch am Rand hat eine Tiefe von zirka 6 mm. Die Versuchsstelle hat sich weiter gesetzt. Die Setzung betrug um die 5 mm. Es konnte zusätzlich eine leichte Erhebung beobachtet werden, die sich vermutlich aufgrund einer Verdrückung des Kaugummiasphaltes® gebildet hat.

Versuchsstelle 3

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung war im Bereich zur Fahrbahnmitte eingesunken. Des Weiteren haben sich mehr Risse um das Loch herum gebildet (siehe Anlage 4, Abb. 4.14).

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Infolge der weiteren Ausbildung der in der Fahrbahn vorhandenen Spurrinne, setzte sich die Versuchsstelle auf das Niveau der Spurrinne bis zu einer Tiefe von 2 cm.

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Im Randbereich der Versuchsstelle zur angrenzenden sanierten Schadstelle sind keine visuellen Veränderungen erkennbar. Die anderen Randbereiche sind stellenweise ausgebrochen. Außerdem sind mehr Risse um die Versuchsstelle entstanden. Die vorhandenen Risse haben sich vergrößert (siehe Anlage 4, Abb. 4.17 bis Abb. 4.18).

Versuchsstelle 4

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Es zeigten sich Setzungen im Bereich zur Fahrbahnmitte und das Verfüllmaterial war in Fahrtrichtung vom vorhandenen Asphalt teilweise „abgerissen“ (siehe Anlage 4, Abb. 4.20). Im Bereich um das verfüllte Schlagloch herum sind weitere Risse entstanden.

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Das Verfüllmaterial war an dieser Versuchsstelle etwas verdrückt und wies im Randbereich Setzungen von fast 3 cm auf. Darüber hinaus war der am rechten Fahrbahnrand der Versuchsstelle vorhandene Asphalt herausgebrochen und stark beschädigt.

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Der nach 6-monatiger Nutzung beobachtete Ausbruch des angrenzenden Asphalttes hat sich weiter vergrößert (siehe Anlage 4, Abb. 4.24 bis Abb. 4.27). Weiterhin kann man in der Versuchsstelle einen immer tiefer werdenden Verlauf der Setzung zum Ausbruch hin erkennen. Die Setzungen befinden sich im Bereich von 0,8 cm bis 3 cm. Vor der Versuchsstelle in Fahrtrichtung haben sich mehr Risse gebildet, die an der Grenze zur Verfüllung größere Rissbreiten aufweisen.

3.2 Hainstraße

Versuchsstelle 5

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung war augenscheinlich in einem guten Zustand. Es konnte jedoch eine geringe Setzung von etwa 3 mm beobachtet werden.

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung wies eine leichte Abnutzung auf, was sich durch eine Aufräumung der Oberfläche bemerkbar machte.

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Vereinzelte haben sich um die Versuchsstelle neue Risse gebildet. Die Versuchsstelle hat sich gleichmäßig weiter bis zu 9 mm gesetzt. Der Kaltasphalt wurde stellenweise im Übergangsbereich zum Altbestand aus dem sanierten Schlagloch herausgefahren (siehe Anlage 4, Abb. 4.33).

Versuchsstelle 6**nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer**

Die Verfüllung war zur Fahrbahnmittle hin im Übergangsbereich zum Altasphalt beschädigt (siehe Anlage 4, Abb. 4.35). Die Schädigung umfasste eine Tiefe von 2-4 cm.

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Die Versuchsstelle wurde inzwischen mit Heiasphalt verfüllt, der Kaugummiasphalt® ist nicht mehr erkennbar (siehe Anlage 4, Abb. 4.36 und Abb. 4.37).

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Der zur Reparatur benutzt Heiasphalt ist aufgebrochen und in einzelne Stücke zerfallen. Dank des Aufbruchs lässt sich nun ein Teil der Versuchsstelle sehen. Es zeigte sich, dass nur ein Teil des Kaugummiasphaltes® herausgebrochen war, die komplette Schädstelle jedoch mit Heiasphalt überbaut wurde (siehe Anlage 4, Abb. 4.38 und Abb. 4.39). Der in dem Schlagloch verbliebene Kaugummiasphalt® wurde in 2 Lagen eingebaut. Der herausgebrochene Kaugummiasphalt® wurde aufgrund der geringen Tiefe des Schlagloches in diesem Bereich nur 1-lagig verbaut.

Versuchsstelle 7**nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer**

Die Verfüllung war an einer Stelle des Randbereiches ausgebrochen (siehe Anlage 4, Abb. 4.41). Die Tiefe der Schädigung betrug ca. 1-2 cm. Weitere Veränderungen konnten nicht beobachtet werden.

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Diese Versuchsstelle wurde in dem Nutzungszeitraum teilweise mit Heiasphalt verfüllt. Ein Teil vom Kaugummiasphalt® war noch vorhanden und zeigte keine Veränderungen zur vorherigen Kontrolle (siehe Anlage 4, Abb. 4.42 und Abb. 4.43).

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Versuchsstelle 7 ist seit der zweiten Kontrolle nochmals überbaut worden und daher nicht auswertbar (siehe Anlage 4, Abb. 4.44 und Abb. 4.45).

Versuchsstelle 8

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung zeigte Setzungen zur Fahrbahnmitte hin, die ca. 1 cm tief waren. Der sonstige Zustand der Verfüllung war gut (siehe Anlage 4, Abb. 4.47).

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung wies weiterhin Setzungen auf und die Ränder zum Bordstein hin sind teilweise leicht ausgefahren. Im Bereich zur Fahrbahnmitte war ein Stein eingedrückt, der sonstige Zustand war gut. Um die Verfüllung herum waren in unmittelbarer Umgebung weitere Schlaglöcher und Ausbrüche neu verfüllt worden (siehe Anlage 4, Abb. 4.48 bis Abb. 4.50).

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Die Versuchsstelle zeigte nach 1-jähriger Nutzungsdauer eine Setzung von etwa 1,5 cm zur Fahrbahnmitte hin und wies in Richtung Bordstein eine Erhöhung auf. Das kommt vermutlich daher, dass der Verkehr meist nur über den zur Fahrbahnmitte hin gerichteten Bereich rollt und das Material von dort nach außen Richtung Bordstein gedrückt wird.

Des Weiteren weist der Bereich der Verfüllung in Richtung Fahrbahnmitte einige Risse und eine ausgebrochene Ecke auf. Der Grund dafür könnte möglicherweise die in diesem Bereich angrenzende und weggebrochene Asphaltdecke sein (siehe Anlage 4, Abb. 4.51 bis Abb. 4.55). Diese ist im Winter 2017/2018 herausgebrochen, was dann vermutlich zum Verlust der Stützkraft für das verfüllte Schlagloch führte.

3.3 Werftstraße

Versuchsstelle 9

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung zeigte keine Veränderungen (siehe Anlage 4, Abb. 4.57).

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Die Verfüllung zeigte geringfügige Setzungen, ansonsten konnten keine weiteren Veränderungen beobachtet werden (siehe Anlage 4, Abb. 4.59, Abb. 4.60).

nach ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Die Versuchsstelle 9 hat sich etwa um 4 mm gesetzt. Die Risse, welche bei der Sanierung der Schadstelle schon beobachtet werden konnten, haben sich nach 1-jähriger Nutzung um die Versuchsstelle herum verstärkt. Die Verfüllung selbst ist nach wie vor intakt und weist keine weiteren Schäden auf (siehe Anlage 4, Abb. 4.61 bis Abb. 4.64).

Versuchsstelle 10

nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer

Diese Versuchsstelle wies an einer Ecke einen geringfügigen Materialverlust auf (siehe Anlage 4, Abb. 4.66). Ansonsten konnten keine weiteren Veränderungen beobachtet werden.

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Es zeigt sich eine leichte Setzung und die Ränder sind leicht ausgefahren. Der sonstige Zustand der Versuchsstelle ist augenscheinlich unverändert (siehe Anlage 4, Abb. 4.67, Abb. 4.68).

ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Um Versuchsstelle 10 haben sich die schon während der Sanierung vorhandenen Risse deutlich verstärkt (siehe Anlage 4, Abb. 4.69, Abb. 4.70). Der Kaugummiasphalt® ist des Weiteren leicht breitgedrückt. Die Versuchsstelle weist außerdem eine Setzung bis zirka 1,6 cm auf.

Versuchsstelle 11**nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer**

Die Verfüllung zeigte keine Veränderungen (siehe Anlage 4, Abb. 4.72, Abb. 4.73).

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Es konnte keine Veränderung gegenüber der vorherigen Kontrolle festgestellt werden. Die Verfüllung war augenscheinlich in einem gutem Zustand (siehe Anlage 4, Abb. 4.74, Abb. 4.75).

ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Der Zustand der Verfüllung war nach 1-jähriger Nutzungsdauer weitestgehend intakt. Die Oberfläche wirkte jedoch leicht aufgeraut. Die schon während der Sanierung vorhandenen Risse haben sich deutlich verstärkt (siehe Anlage 4, Abb. 4.76 bis Abb. 4.78). Die eingetretenen Setzungen liegen bei zirka 7 mm.

Versuchsstelle 12**nach ca. 3-wöchiger Nutzungsdauer**

Die Verfüllung zeigte geringe Setzungen von ca. 5 mm. Weitere Veränderungen konnten nicht beobachtet werden (siehe Anlage 4, Abb. 4.80, Abb. 4.81).

nach ca. 6-monatiger Nutzungsdauer

Am rechten Rand der Verfüllung war eine geringe Setzung vorhanden. Der Zustand war ansonsten augenscheinlich gut (siehe Anlage 4, Abb. 4.82 bis Abb. 4.85).

ca. 1-jähriger Nutzungsdauer

Um diese Versuchsstelle haben sich Risse gebildet. Die Versuchsstelle ist leicht „breitgefahren“ und weist Setzungen im Bereich von 3 bis 10 mm auf (siehe Anlage 4, Abb. 4.86 bis Abb. 4.89).

6. Zusammenfassung

Im Rahmen eines einjährigen Beobachtungszeitraumes sollte die Dauerhaftigkeit des Verfüllmaterials Kaugummiasphaltes® in Abhängigkeit von der Art und Weise der Verfüllung und der Verkehrsbelastung geprüft werden. Dazu wurden drei unterschiedliche Versuchsstrecken ausgewählt, die sich in ihrer Verkehrsbelastung unterscheiden. Dafür wurden die Pietzschstraße (Anliegerstraße), die Hainstraße (Hauptverkehrsstraße) und die Werftstraße (Straße mit Kreuzungsbereich) in Dresden ausgewählt. Des Weiteren wurden vier verschiedene Arten der Verfüllung nach Vorgabe des Auftraggebers angewandt, die für alle ausgewählten Strecken gleich war. Dabei handelt es sich um ein praxisnahes Verfahren, zwei vom Hersteller des Produktes empfohlene Verfahren sowie ein idealisiertes, mit hohem Aufwand betriebenes, Verfahren.

Auf der Pietzschstraße sowie auf der Hainstraße erfolgte der Einbau bei nasser Witterung. Während der Instandhaltung der Werftstraße herrschten trockene Wetterverhältnisse.

Eine Begutachtung der sanierten Schlaglöcher erfolgte zirka 3 Wochen, 6 Monate sowie 1 Jahr nach dem Einbau des Kaugummiasphaltes®.

Nach Beendigung des 1-jährigen Beobachtungszeitraumes kann festgestellt werden, dass unabhängig von der Verfülltechnik bzw. der Verkehrsbelastung die häufigsten Schäden Setzungen, Ausbrüche (vorwiegend in den Übergangsbereichen Verfüllung / Altasphalt) sowie Risse in den angrenzenden Bereichen der Verfüllungen waren. Keine der Versuchsstellen war nach 1-jähriger Nutzungsdauer schadfrei.

Die Versuchsstellen 1, 5 und 9, wurden mit dem Verfahren 1 („praxisnah“: ohne Reinigung, Verdichtung mit Handstampfer) saniert. Zeitlich wurden diese am schnellsten verfüllt (5 bis 7 min). Des Weiteren wiesen diese Schlaglöcher mit Abstand die geringsten Abmessungen auf, was sich auch anhand der Einbaumenge des Kaugummiasphaltes® niederschlägt (zirka 7 bis 13 kg). Auf Grund der geringen Tiefe der Löcher erfolgte ein 1-lagiger Einbau. Bei allen drei Stellen waren nach 6 Monaten Setzungen durch Nachverdichtung zu beobachten, was eventuell durch eine leichte Überhöhung während des Einbaus verhindert werden kann. Zudem waren nach 1-jähriger Nutzungsdauer leichte Ausbrüche im Übergangsbereich Verfüllung / Altbestand sowie Risse im Altbestand zu verzeichnen.

Die sanierten Schlaglöcher, hergestellt mit dem Verfahren 2 (Reinigung, Verdichtung mit Rüttelplatte, Abstreuen), wurden zweilagig eingebaut. Die Einbauzeit betrug zwischen 15 und 20 Minuten. Es wurde zwischen 30 und 50 kg Kaugummiasphalt® verbaut. Im Bereich der Pietzschstraße (Anliegerstraße) und der Werftstraße (Straße mit Kreuzungsbereich) sind nach 1-jähriger Beobachtungszeit für dieses Verfahren 2 die geringsten Schäden aufgetreten. Dies waren zum einen Setzungen (bis 16 mm an der Versuchsstelle 10), zum anderen leichte Ausbrüche im Randbereich der Verfüllung / Altbestand. Auf der Hainstraße (Hauptstraße) wurde innerhalb einer 6-monatigen Nutzungsdauer das Schlagloch erneut mit Heißmischgut saniert.

Die mit dem Verfahren 3 (Reinigung, Verdichtung mit Handstampfer) sanierten Schlaglöcher wurden einlagig (Pietzschstraße, Hainstraße) sowie zweilagig (Werftstraße) hergestellt. Die Einbauzeit dauerte zwischen 10 Minuten (Pietzschstraße) und 20 Minuten (Hainstraße). Es wurden dabei 7 kg (Pietzschstraße) und 38 kg (Hainstraße) Kaugummiasphalt® eingebaut. Auf der Pietzschstraße und Werftstraße konnten nach 1-jähriger Nutzungsdauer wiederum Setzungen und z.T. Ausbrüche im Übergangsbereich der Verfüllung / Altbestand detektiert werden. Des Weiteren haben sich Risse um die Verfüllung herum augenscheinlich verstärkt. Das auf der Hainstraße (Hauptstraße) mit Kaugummiasphalt® verfüllte Schlagloch wurde innerhalb einer 6-monatigen Nutzungsdauer erneut mit Heißmischgut saniert.

Mit dem Verfahren 4 (Sägen, Reinigen, Verdichtung mit Rüttelplatte) wurden die Versuchsstellen 4, 8 und 12 saniert. Dieses Verfahren hat den größten Zeitaufwand, zwischen 30 und 40 Minuten, beansprucht. Dabei wurden mit Ausnahme auf der Pietzschstraße 2 Lagen Kaugummiasphalt® eingebaut. Die Einbaumenge betrug 56 kg (Pietzschstraße), 85 kg (Hainstraße) und 120 kg (Werftstraße). Nach einer 6-monatigen Nutzungsdauer konnten an allen Versuchsstellen Setzungen beobachtet werden. Auf der Pietzschstraße konnte zudem im Grenzbereich zur Verfüllung beginnender Ausbruch im Altasphalt detektiert werden. Nach 1-jähriger Nutzungsdauer zeigten sich mit Ausnahme im Bereich der Werftstraße an den sanierten Schlaglöchern leichte Ausbrüche z.T. in den Eckbereichen (Hainstraße) sowie im Übergangsbereich Verfüllung / Altbestand (Pietzschstraße). Setzungen bis 10 mm konnten im Bereich der Werftstraße beobachtet werden.

7. Fazit

Nach einem Jahr Nutzungsdauer scheint der verwendete Kaugummiasphalt® weitestgehend intakt zu sein. Es konnten nahezu keine Schädigungen an dem Verfüllmaterial selbst beobachtet werden.

Unabhängig von der Verfülltechnik und der Verkehrsbelastung sind die Schädigungen der Fahrbahnoberfläche in den z.T. unmittelbar benachbarten Bereichen der sanierten Schlaglöcher weiter vorangeschritten, die nicht auf das Verfüllmaterial zurückgeführt werden können. Das Verfüllen von Schlaglöchern stellt als Instandhaltungsverfahren eine bauliche Maßnahme kleineren umfanges zur Substanzerhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen dar. Die weitere Befahrbarkeit der Straße soll damit gewährleistet werden. Die Ursachen für die aufgetretenen Schäden werden damit jedoch nicht beseitigt.

Bei einer Sanierung von Schlaglöchern mit Kaugummiasphalt® wird empfohlen, das Verfüllmaterial mit einer leichten Überhöhung einzubauen, um die späteren Setzungen, welche bei allen Versuchsstellen beobachtet werden konnten, zu berücksichtigen. Bei Verfahren 1 bis 3 sollten die Randbereiche ebenfalls mit mehr Material beaufschlagt werden, um vorzeitige Ausbrüche im Übergangsbereich Verfüllung / Altbestand möglichst zu vermeiden.

Die am besten geeignete Methode scheint das Verfahren 4 (Sägen, Reinigen, Verdichtung mit Rüttelplatte) zu sein, da durch das Aussägen des Schlagloches „saubere“ Anschlüsse zum Bestand hergestellt werden. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass mit diesem Verfahren die flächenmäßig größten Schadstellen saniert wurden.



Susann Martick
Projektbearbeiterin



Andreas Otto
Prüfstellenleiter



Anlagenverzeichnis

	Anzahl Seiten
Anlage 1: Lageplan und Fotodokumentation Einbau - Pietzschstraße	8
Anlage 2: Lageplan und Fotodokumentation Einbau - Hainstraße	12
Anlage 3: Lageplan und Fotodokumentation Einbau – Werftstraße	12
Anlage 4: Versuchsstelle 1 bis 12 - Einbau bis nach 1 jähriger Nutzungsdauer	17

Anlage 1



Lageplan, Pietzschstraße, Stand: 15.09.2017

<https://www.google.de/maps/@51.0384889,13.6815,229a,35y,10.16h,12.18t/data=!3m1!1e3>



Abb.1.1: **Versuchsstelle 1:** Schlagloch mit einer Lochtiefe von 2-4 cm



Abb.1.2: **Versuchsstelle 1:** Verdichtung mit Handstampfer



Abb.1.3: **Versuchsstelle 2:** Schlagloch gesamt



Abb.1.4: **Versuchsstelle 2:** Unter Beobachtung nur der vermaßte Bereich des Schlagloches; Lochtiefe von 6,5 cm (Mitte) und 1 cm (Rand)



Abb.1.5: **Versuchsstelle 2:** Verfüllung und Verdichtung abgeschlossen



Abb.1.6: **Versuchsstelle 2:** Abstreuerung mit gebrochener feiner Gesteinskörnung 0/2



Abb.1.7: **Versuchsstelle 3:** Tiefe des Schlagloches 4,5 cm



Abb.1.8: **Versuchsstelle 3:** Nach Verdichtung



Abb.1.9: **Versuchsstelle 4**



Abb.1.10: **Versuchsstelle 4**: Während des Sägens



Abb.1.11: **Versuchsstelle 4:** Tiefe von 5,5 - 6,5 cm



Abb.1.12: **Versuchsstelle 4:** Nach Verdichtung



Abb.1.13: Gesamtübersicht der Versuchsstellen 2, 3 und 4

Anlage 2



Hainstraße, Stand: 15.09.2017

<https://www.google.de/maps/@51.0623492,13.7389654,107m/data=!3m1!1e3>

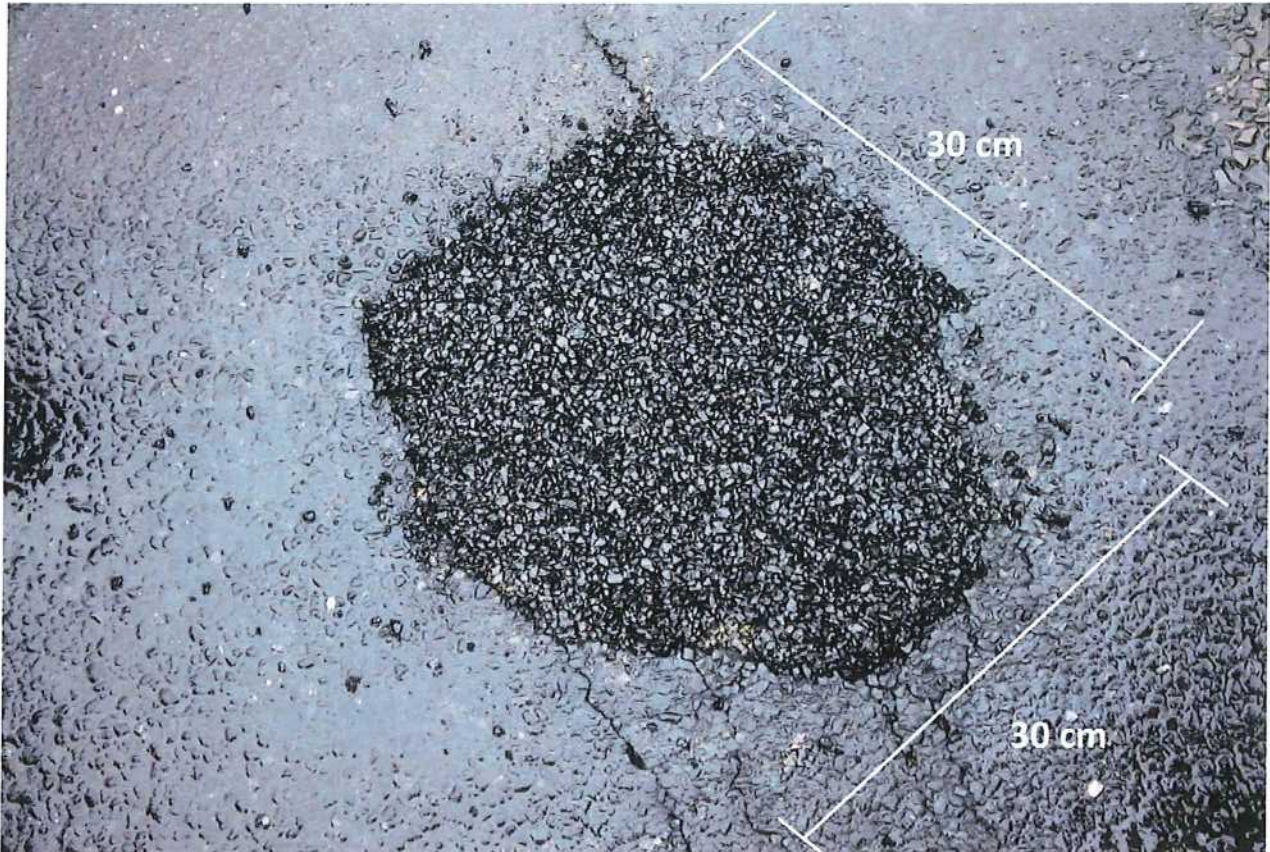


Abb. 2.1: **Versuchsstelle 5**: Schlaglochtiefe von 3,5 – 4 cm, nach Verdichtung



Abb. 2.2: **Versuchsstelle 5**



Abb. 2.3: **Versuchsstelle 6:** Vor dem Vorbereiten des Schlagloches (Tiefe ca. 10 cm)



Abb. 2.4: **Versuchsstelle 6:** Nach dem Vorbereiten



Abb. 2.5: **Versuchsstelle 6:** Vor dem Abstreuen



Abb. 2.6: **Versuchsstelle 6:** Nach dem Abstreuen



Abb. 2.7: **Versuchsstelle 6:** Nach ca. einer Stunde, der Brechsand ist schon abgefahren



Abb. 2.8: **Versuchsstelle 7:** Mit einer Tiefe von 4 cm und einer Markierung für den Referenzbereich



Abb. 2.9: **Versuchsstelle 7:** Mit einer Markierung für den Referenzbereich



Abb. 2.10: **Versuchsstelle 7**: Nach dem Verdichten mit Blick zur Straßenentwässerung



Abb. 2.11: **Versuchsstelle 7:** Nach dem Verdichten



Abb. 2.12: **Versuchsstelle 7:** Nach etwa einer Stunde (Wasser steht in einem kleinen Loch)



Abb. 2.13: **Versuchsstelle 8:** Vor dem Aussägen



Abb. 2.14: **Versuchsstelle 8:** Nach dem Aussägen, fehlender Schichtenverbund erkennbar



Abb. 2.15: **Versuchsstelle 8**: Mit einer Tiefe von 5,5 – 7,5 cm, vor dem Aufbereiten



Abb. 2.16: **Versuchsstelle 8**: Vor der Verfüllung mit Kaugummi-asphalt®



Abb. 2.17: **Versuchsstelle 8:** Nach der Verdichtung (Wasser strömt über Versuchsstelle)



Abb. 2.18: **Versuchsstelle 8:** Nach der Verdichtung



Abb. 2.19: Versuchsstelle 8



Abb. 2.20: Gegenüber von Versuchsstelle 8 „steht das Wasser“

Anlage 3



Werftstraße, Stand: 15.09.2017

<https://www.google.de/maps/@51.0693989,13.6910099,54m/data=!3m1!1e3>



Abb. 3.1: Werftstraße / Einmündung Tauberthstraße



Abb. 3.2: **Versuchsstelle 9:** Mit einer Schlaglochtiefe von 5 cm



Abb. 3.3: **Versuchsstelle 9:** Während des Verfüllens mit dem Handstampfer



Abb. 3.4: **Versuchsstelle 9:** Nach dem Verdichten



Abb. 3.5: **Versuchsstelle 10:** Vor dem Aufbereiten



Abb. 3.6: **Versuchsstelle 10:** mit einer Schlaglochtefe von 5 – 7 cm



Abb. 3.7: **Versuchsstelle 10:** Vor dem Abstreuen mit Brechsand



Abb. 3.8: **Versuchsstelle 10:** Nach dem Abstreuen mit Brechsand, oberhalb ist ein weiteres mit Kaugummiasphalt® saniertes Schlagloch zu sehen



Abb. 3.9: **Versuchsstelle 10:** Nach dem Abstreuen mit Brechsand



Abb. 3.10: **Versuchsstelle 11:** Vor dem Einbau mit einer Tiefe von 11 cm



Abb. 3.11: **Versuchsstelle 11:** nach dem Einbau der 1. Lage Kaugummi-asphalt®



Abb. 3.12: **Versuchsstelle 11:** Nach dem Einbau der 2. Lage Kaugummiasphalt®



Abb. 3.13: **Versuchsstelle 12:** Vor dem Sägen



Abb. 3.14: **Versuchsstelle 12:** Während des Sägens



Abb. 3.15: **Versuchsstelle 12:** Mit einer Tiefe von 7-10 cm



Abb. 3.16: **Versuchsstelle 12:** Nach dem Einbau der 1.Lage



Abb. 3.17: **Versuchsstelle 12:** Während des Verdichtens der 1. Lage mit der Rüttelplatte



Abb. 3.18: **Versuchsstelle 12:** Während des Verdichtens der 2. Lage



Abb. 3.19: **Versuchsstelle 12:** Nach der Verdichtung



Abb. 3.20: Werftstraße im Bereich der Einmündung Tauberthstraße

Anlage 4

Versuchsstelle 1



Abb. 4.1: nach dem Einbau



Abb. 4.2: während der ersten Kontrolle

Stand zur zweiten Kontrolle. Im rechten unteren Bild lässt sich eine kleine Setzung sehen.



Abb. 4.3: während der zweiten Kontrolle
(geringe Setzung erkennbar)



Abb. 4.4: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.5: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.6: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 2



Abb. 4.7: nach dem Einbau



Abb. 4.8: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.9: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.10: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.11: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.12: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 3



Abb. 4.13: nach dem Einbau



Abb. 4.14: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.15: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.16: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.17: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.18: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 4



Abb. 4.19: nach dem Einbau

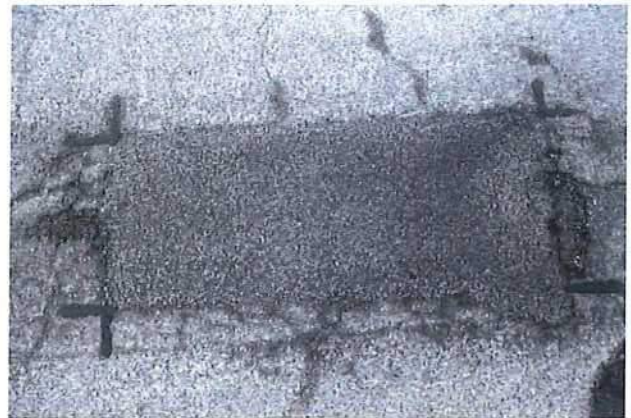


Abb. 4.20: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.21: während der zweiten Kontrolle
(Ausbruch neben Verfüllung)



Abb. 4.22: während der zweiten Kontrolle
(Ausbruch neben Verfüllung)



Abb. 4.23: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.24: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.25: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.26: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.27: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 5



Abb. 4.28: nach dem Einbau



Abb. 4.29: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.30: während der zweiten Kontrolle
(geringe Setzung erkennbar)



Abb. 4.31: während der zweiten Kontrolle
(geringe Setzung erkennbar)



Abb. 4.32: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.33: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 6



Abb. 4.34: nach dem Einbau



Abb. 4.35: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.36: während der zweiten Kontrolle
(Versuchsstelle überbaut)



Abb. 4.37: während der zweiten Kontrolle
(Versuchsstelle überbaut)



Abb. 4.38: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.39: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 7



Abb. 4.40: nach dem Einbau



Abb. 4.41: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.42: während der zweiten Kontrolle
(Versuchsstelle tlw. überbaut)



Abb. 4.43: während der zweiten Kontrolle
(Versuchsstelle tlw. überbaut)



Abb. 4.44: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.45: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 8



Abb. 4.46: nach dem Einbau



Abb. 4.47: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.48: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.49: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.50: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.51: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.52: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.53: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.54: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.55: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 9



Abb. 4.56: nach dem Einbau



Abb. 4.57: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.58: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.59: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.60: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.61: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.62: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.63: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.64: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 10



Abb. 4.65: nach dem Einbau



Abb. 4.66: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.67: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.68: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.69: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.70: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 11



Abb. 4.71: nach dem Einbau

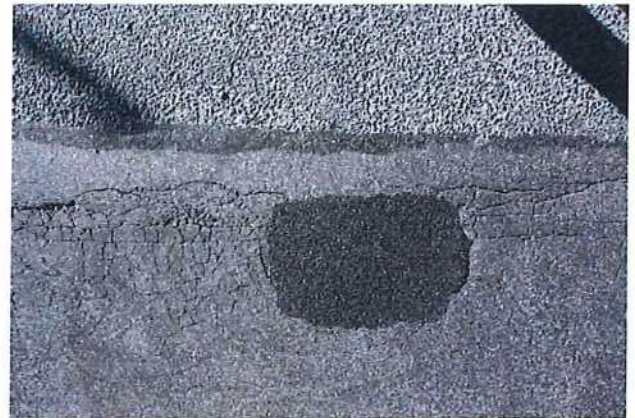


Abb. 4.72: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.73: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.74: während der zweiten Kontrolle
(keine Unterschiede erkennbar)



Abb. 4.75: während der zweiten Kontrolle
(keine Unterschiede erkennbar)

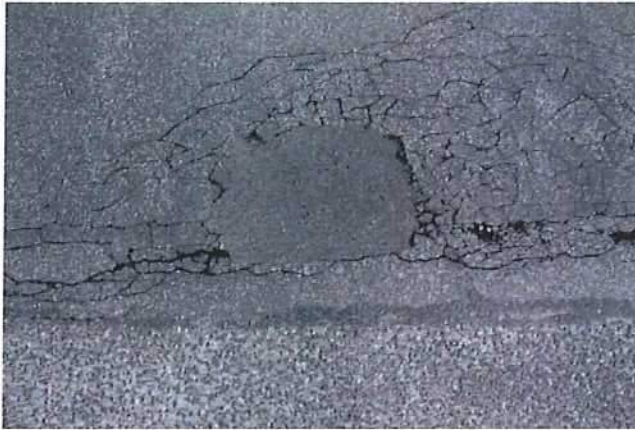


Abb. 4.76: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.77: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.78: während der dritten Kontrolle

Versuchsstelle 12



Abb. 4.79: nach dem Einbau



Abb. 4.80: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.81: während der ersten Kontrolle



Abb. 4.82: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.83: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.84: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.85: während der zweiten Kontrolle



Abb. 4.86: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.87: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.88: während der dritten Kontrolle



Abb. 4.89: während der dritten Kontrolle