Von der Industrie- und Handelskammer Braunschweig öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Pflasterdecken und Plattenbeläge

Dipl.-Ing.
Andreas Heiko Metzing

Kreuzstraße 15
38300 Wolfenbüttel

Telefon +49-5331-93 55 92
Telefax +49-5331-93 57 03
Mobil +49-177 5333 522

a.h.metzing@pflasterdecke.com
www.fugensonde.de
www.pflasterdecke.com

Andreas Heiko Metzing I **Kreuzstraße 15** I **38300 Wolfenbüttel**

Stadt Bersenbrück
Markt 6

49593 Bersenbrück

Ihre Nachricht vom	Ihr Zeichen	Mein Zeichen	Datum
			29.10.2018

0335 2018, Erstattung eines Sachverständigengutachtens zu einer gebundenen Pflasterdecke aus Betonsteinen im Angebotsstreifen in der „Bramscher Straße" in Bersenbrück

ENTWURF

Das Gutachten vom 29.10.2018

Exemplar 0 von insgesamt 3 Exemplaren

Das Gutachten darf nicht ungekürzt an Dritte weitergegeben werden. Jede Vervielfältigung, auch von Auszügen, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung.

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Angaben 3
1.1 Auftrag 3
1.2 Arbeitsunterlagen 3
1.3 Ortsbesichtigung 3
2. Feststellungen und Folgerungen 4
2.1 Allgemeines zur Baumaßnahme 4
2.2 Feststellungen vor Ort....5
2.2.1 Regelwerke 28
2.3 Beantwortung des Auftrages 31

Anlagenverzeichnis

- Anlage A – Bericht Nr. 18413-E/1 jkü vom 22.10.2018 der Ingenieurgesellschaft geo-log mbH, Braunschweig
- Anlage B – Kostenschätzung für Mängelbeseitigung

  Anlage B1: Variante 1 Sanierung gebundene Pflasterdecke: Kostenschätzung für die Mängelbeseitigung

  Anlage B2: Variante 2 Sanierung Asphaltbelag: Kostenschätzung für die Mängelbeseitigung

ENTWURF

1. Allgemeine Angaben

1.1 Auftrag

Die Stadt Bersenbrück hat mich mit Schreiben vom 01.10.2018 beauftragt, ein Gutachten zu einer gebundenen Pflasterdecke aus Betonsteinen im Angebotsstreifen in der „Bramscher Straße" in Bersenbrück zu erarbeiten.

Folgende Sachverhalte sind im Rahmen dieses Gutachtens zu klären:

1. Was ist die Schadensursache für die aufgetretenen Mängel?
2. Die festgestellten Schadensursachen sind aufzugliedern in Planung und Bauausführung.
3. Welche Möglichkeiten der Sanierung gibt es und welche Kosten entstehen hierfür?

1.2 Arbeitsunterlagen

Folgende Arbeitsunterlagen wurden von mir erstellt. Diese sind im Einzelnen:

- Bericht Nr. 18413-E/1 jkü vom 22.10.2018 der Ingenieurgesellschaft geo-log mbH, Braunschweig , als Anlage A des Gutachtens
- Kostenschätzung für Mängelbeseitigung , als Anlage B des Gutachtens

Weitere Arbeitsunterlagen standen mir zur Verfügung:

- Auszug aus dem Leistungsverzeichnis, Projekt:6612-3016-07 Sanierung Bramscher Str. 3. BA, hier Titel 1.8 Oberflächenarbeiten
- Lagepläne Umgestaltung „Bramscher Str." 2., 3. und 4 Bauabschnitt
- Regelquerschnitt Schnitt B-B der „Bramscher Str."
- Regelwerke und Literatur gemäß Ziffer 2.2.1 Gutachtens
- Ortsbesichtigung am 10.10.2018

1.3 Ortsbesichtigung

Eine Ortsbesichtigung bei trockener Witterung fand am 10.10.2018 statt. Außer mir waren folgende Personen anwesend:

▪ Frau Müller-Wiegmann, Stadt Bersenbrück, zeitweise	Auftraggeber
▪ Herr Wesselkämper, Stadt Bersenbrück, zeitweise	Auftratggeber
▪ Herr Stender, Ingenieurgesellschaft geo-log mbH	Als Hilfskraft des SV

ENTWURF

2. Feststellungen und Folgerungen

2.1 Allgemeines zur Baumaßnahme

Der betroffene Angebotsstreifen in gebundener Bauweise (bestehend aus Dränbetontragschicht, Mörtelbettung, Betonpflastersteinen und gebundener Verfugung) befindet sich in der „Bramscher Str." in der Stadt Bersenbrück.

Im Rahmen der Realisierung der Maßnahme wurde eine gebundene Pflasterdecke aus Betonsteinen hergestellt. Die gebundene Pflasterdecke soll aus Betonsteinen (Länge = 29,7 cm, Breite= 14,8 cm, Höhe= 10 cm) mit einer 3 cm dicken gebundenen Mörtelbettung mit Haftverbund und einer zweistufigen Fugenverfüllung bestehen. Als Tragschicht wurde eine Dränbetontragschicht hergestellt. Die gebundene Pflasterdecke soll gemäß Planung einen frostsicheren Aufbau von 48 cm gemäß RStO 01 besitzen. In der nachstehenden Tabelle 1 ist der Aufbau für den Angebotsstreifen dargestellt.

Tabelle 1: Darstellung der unterschiedlichen Aufbauten

Schichtbezeichnung	Dicke
Betonstein	10 [cm]
Mörtelbettung mit Haftverbund	3 [cm]
Dränbetontragschicht	20 [cm]
Schottertragschicht	15 [cm]
Gesamtaufbau	**48 [cm]**

ENTWURF

Bewegungsfugen sind gemäß vorliegendem Leistungsverzeichnis anzuordnen. Die Abstände bzw. die Größe der herzustellenden Bewegungsfugenfelder ist mir nicht bekannt. Die Bewegungsfugen sollen gemäß Leistungsverzeichnis bis Unterkante Mörtelbettung bis auf die Oberkante der Dränbetontragschicht geführt werden. Verwendet soll ein s.g. „Kautschukplatte" bis ca. 3-4 cm unterhalb der fertigen Oberfläche. Die oberen ca. 3 bis 4 cm sollen mittels Rundschnur und anschließendem Fugenverguss geschlossen werden.

2.2 Feststellungen vor Ort

Ortstermin am 10.10.2018

Insgesamt wurden 11 Bohrkerne entnommen und 2 Probegrabungen erstellt. Die Dokumentationen und Feststellungen bei den jeweiligen Bohrkernentnahmestellen sind auf den folgenden Seiten aus den jeweiligen Kenndatenblättern zu den einzelnen Bohrkernentnahmestellen zu entnehmen (Seite 11 bis 28 des Gutachtens). Auf diesen Kenndatenblättern ist die Lage sowie der Zustand der einzelnen Bohrkernentnahmestellen und Probeschürfen dargestellt.
Beim Ortstermin habe ich den Zustand der „Bramscher Str." und den gepflasterten Bereich der „Quakenbrücker Str." in Augenschein genommen. Dabei ist aufgefallen, dass im Bereich intakter Straßenabschnitte keine Verformungen in der gebundenen Pflasterdecke zu verzeichnen waren. Verformungen in der Asphaltdeckschicht, die ggf. auf eine nicht hinreichende Tragfähigkeit des Oberbaues und/oder des Unterbaues hinweisen, wurden nicht festgestellt.
Auffällig ist, dass die drei Übergänge (gebundene Pflasterdecke auf gesamter Fahrbahnbreite) der gebundenen Pflasterdecke aus Betonsteinen zwischen der Einmündung „An der Bleiche" und der „Schulstraße" visuell keine sichtbaren Schäden aufweisen, siehe Abbildung 1. Aufgrund der gesamten Fahrbahnbreite werden die Übergänge dauerhaft befahren.

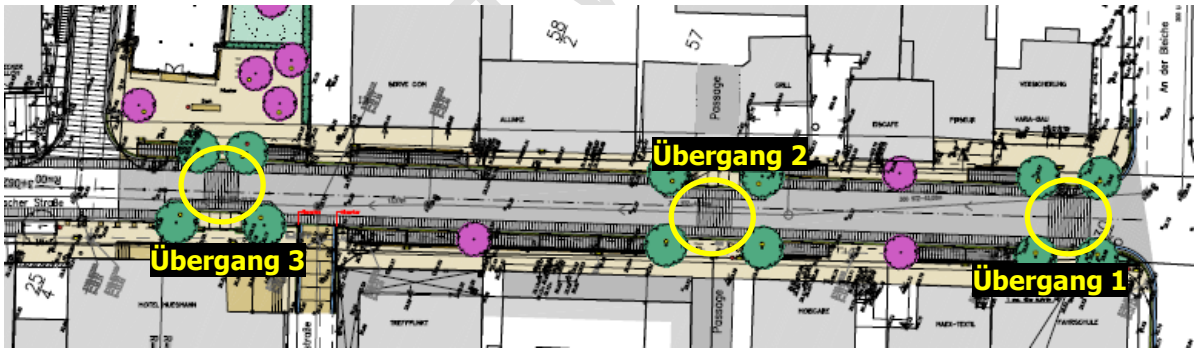


Abbildung 1: Auszug aus dem Lageplan, 3. BA, gelb sind die auf gesamter Fahrbahnbreite hergestellten Fahrbahnübergänge in gebundener Pflasterbauweise

Die Übergänge 1 bis 3 sind im Folgenden auf den DSC_0747, DSC_0756 und DSC_0764 dargestellt.

DSC_0747: Übergang 1

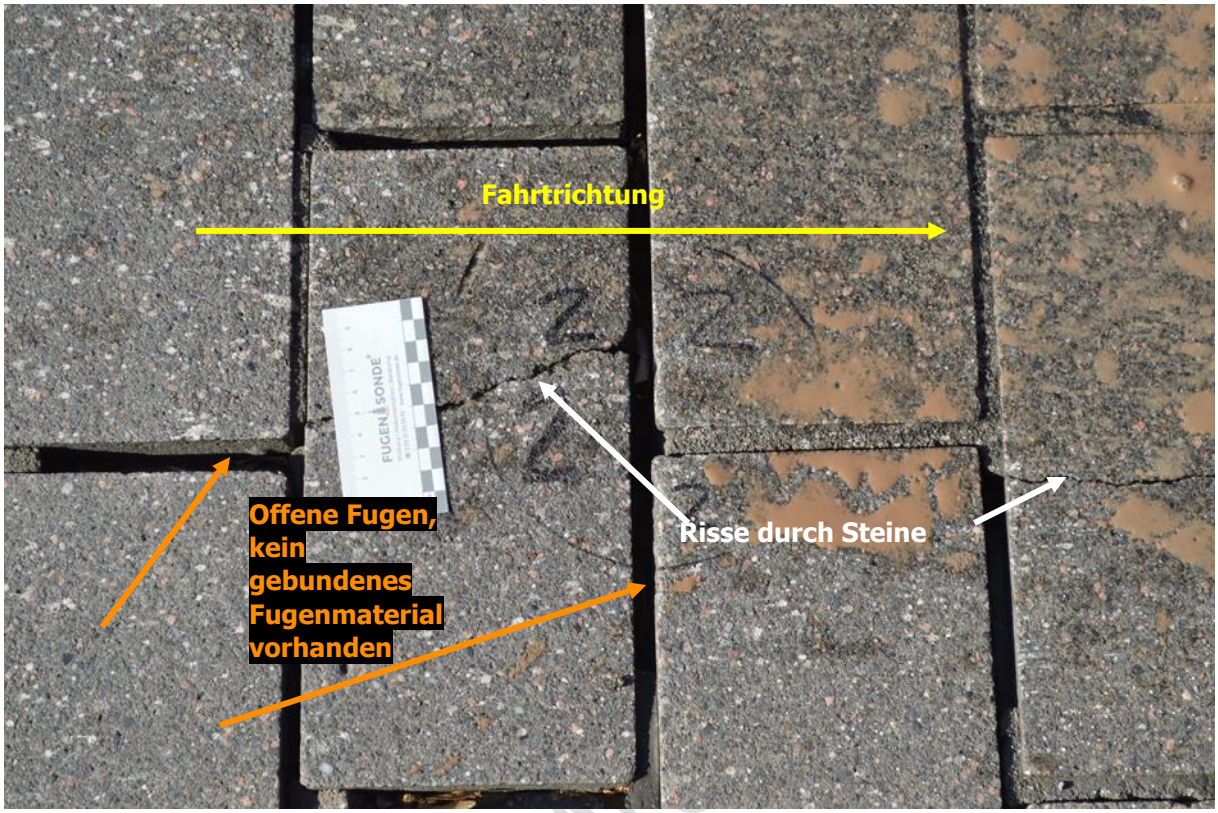
DSC_0756: Übergang 2

DSC_0764: Übergang 3

ENTWURF

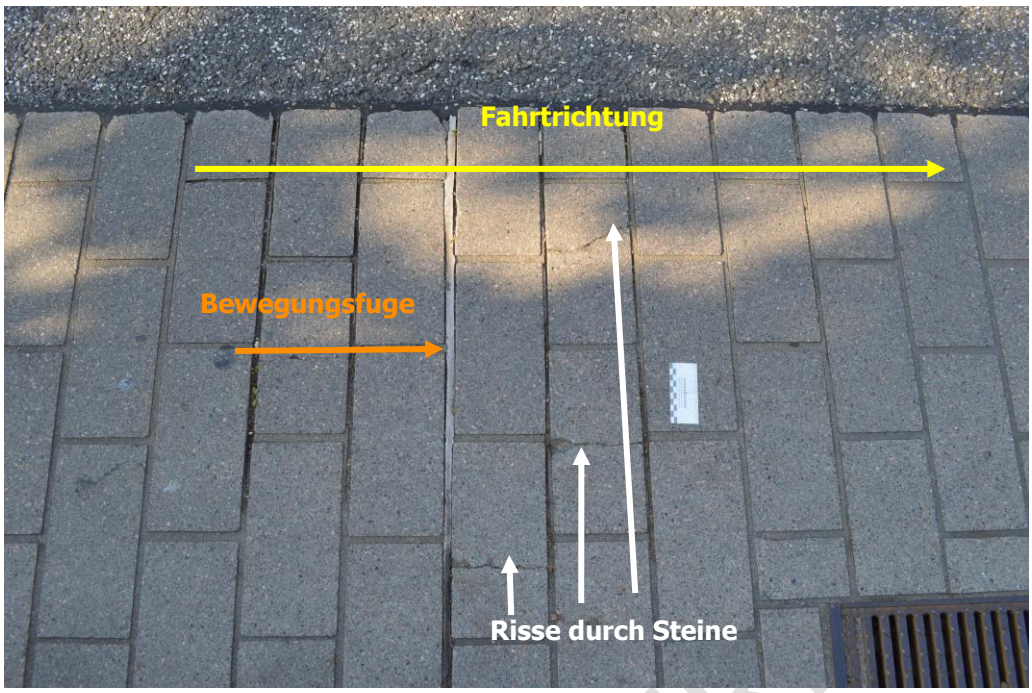
Im Wesentlichen wurden vor Ort zwei unterschiedliche Zustände schadhafter Bereich festgestellt:

1. Risse durch Pflastersteine, die quer zur Steinlänge und längs zur Fahrtrichtung vorhanden sind, wobei die Fugenfüllung visuell einen guten bzw. kompakten Eindruck macht (Bohrkernentnahmestelle 2, 5 und 8), siehe nachfolgende Fotoaufnahmen DSC_0723, DSC_0743 und DSC_745.
2. Teilgeöffnete Fugen, wobei hier an diversen Stellen Verformungen stattgefunden und/oder Steine sich gelöst haben (Bohrkernentnahmestelle 2 und 11 bzw. Probeschurf 11), siehe nachfolgende Fotoaufnahmen DSC_0723.
3. Tieferliegende Fugen sind im Bereich Ecke „Bramscher Str./An der Bleiche" im Angebotsstreifen vorhanden, siehe nachfolgende Fotoaufnahmen DSC_0750.
4. Die Längsfugen zwischen Angebotsstreifen und Fahrbahnpflasterung weisen einen visuell unterschiedliches Erscheinungsbild, vereinzelt mit Rissbildungen auf, siehe nachfolgende Fotoaufnahmen DSC_0753.

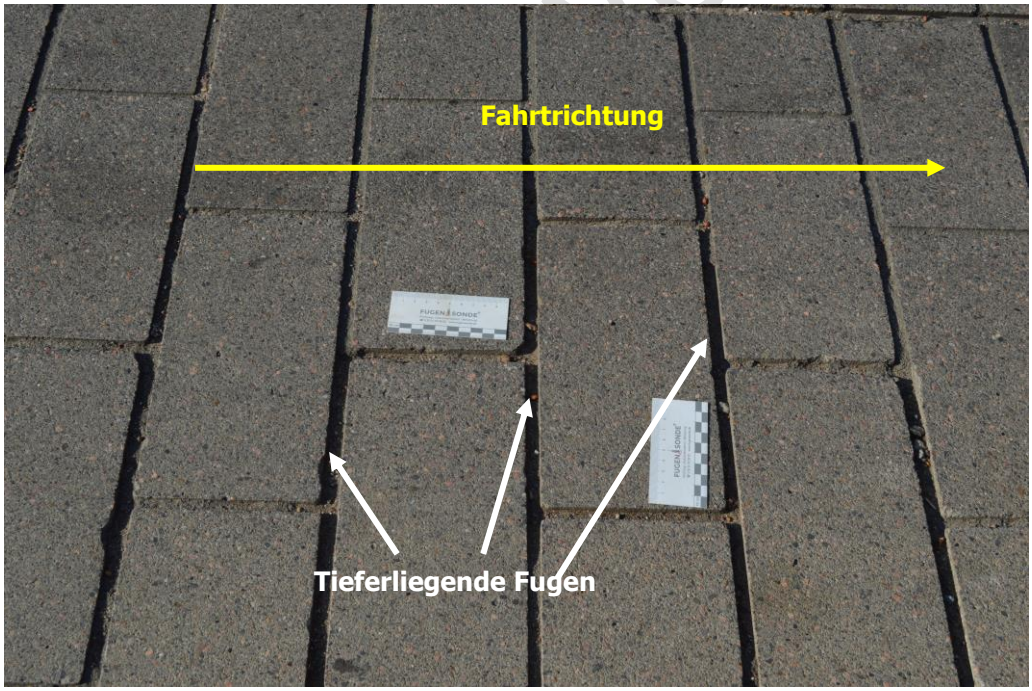


DSC_0723: Schadensbild im Bereich Bohrkern 2

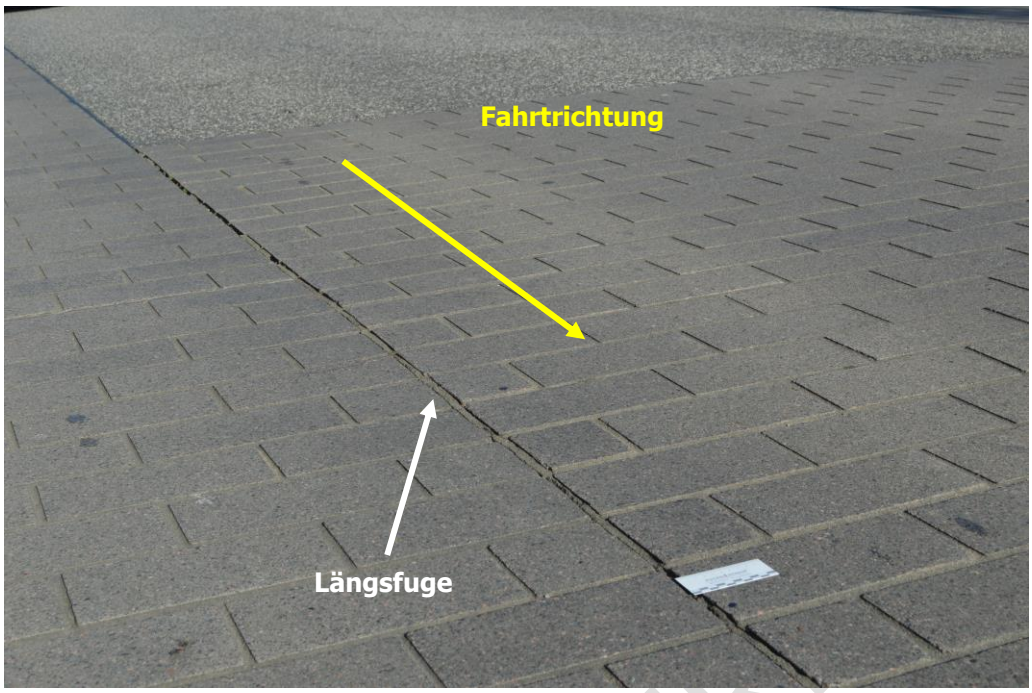
DSC_0743: Lage eines weiteren üblichen Schadensbildes



DSC_0745: Detailaufnahme von DSC_0743



DSC_0750: Tieferliegende Fugen im Angebotsstreifen gegenüber Haus Nr. 22 (Ecke „Bramscher Str./An der Bleiche")



DSC_0753: Längsfuge zwischen Angebotsstreifen und Fahrbahn vor Haus Nr. 22 (Ecke „Bramscher Str./An der Bleiche")

ENTWURF

Bohrkernnummer 1 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
1	„Bramscher Str.", Angebotsstreifen, vor Haus Nr. 3, im Bereich einer Fahrbahneinengung, belasteter Bereich	Bohrkernentnahme in einem intakten Bereich, im Umfeld der Bohrkernentnahmestelle schadhafte Bereiche vorhanden. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, siehe Fotoaufnahme DSC_0720	 DSC_0702 DSC_0704 DSC_0720

ENTW

Bohrkernnummer 2 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
2	„Bramscher Str.", Angebotsstreifen, vor Haus Nr. 3, im Bereich einer Fahrbahneinengung, belasteter Bereich g	Bohrkernentnahme in einem nicht intakten Bereich, Risse vorhanden. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme DSC_0739	 DSC_0721 DSC_0723 DSC_0739

ENTW

Bohrkernnummer 3 + Probeschurf 1 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
3	„Bramscher Str.", Angebotsstreifen, vor Haus Nr. 3, hinter Fahrbahneinengung, gering belasteter Bereich	Schurf 3 und Bohrkernentnahme in einem intakten Bereich. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, siehe Fotoaufnahme BK03 kern	DSC_0781 DSC_0708 03 BK kern

ENTW

Bohrkernnummer 4 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
4	„Bramscher Str."/Ecke „Schulstraße", Angebotsstreifen, gegenüber Haus Nr. 10, belasteter Bereich	**Bohrkernentnahme in Bereich einer Bewegungsfuge. Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Riss auch im Bohrkern vorhanden, siehe Fotoaufnahme Bk03 kern	 DSC_0794 DSC_0796 DSC_0797

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			04 Bk Kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 5 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
5	„Bramscher Str."/Ecke „Schulstraße", Angebotsstreifen, gegenüber Haus Nr. 10, belasteter Bereich	Bohrkernentnahme in einem nicht intakten Bereich. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme 05 Bk kern	 DSC_0794 DSC_0796 DSC_0798

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			05 Bk kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 6 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
6	„Bramscher Str."/Ecke „Schulstraße", Angebotsstreifen, gegenüber Haus Nr. 10, belasteter Bereich, jedoch nicht unmittelbar in der Fahrspur	Bohrkernentnahme in einem intakten Bereich vor der Entwässrungsrinne. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme 06 Bk kern	 DSC_0794 DSC_0796 DSC_0799

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			06 Bk kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 7 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
7	„Bramscher Str."/Ecke „Schulstraße", Angebotsstreifen, vor Haus Nr. 2 („Schulstraße"), belasteter Bereich	**Bohrkernentnahme in Bereich einer Bewegungsfuge. Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme 07 Bk kern	 DSC_0802 DSC_0804 DSC_0805

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			07 Bk kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 8 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
8	„Bramscher Str."/Ecke „Schulstraße", Angebotsstreifen, vor Haus Nr. 2 („Schulstraße"), belasteter Bereich	Bohrkernentnahme in einem nicht intakten Bereich, Risse vorhanden. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme 08 Bk kern	 DSC_0802 DSC_0804 DSC_0805

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			08 Bk kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 9 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
9	„Bramscher Str."/Ecke „Schulstraße", Angebotsstreifen, vor Haus Nr. 2 („Schulstraße"), belasteter Bereich, jedoch nicht unmittelbar in der Spur	Bohrkernentnahme in einem intakten Bereich vor der Entwässrungsrinne. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme 09 Bk kern	 DSC_0802 DSC_0804 DSC_0805

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			09 Bk kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 10 - Kenndatenblatt

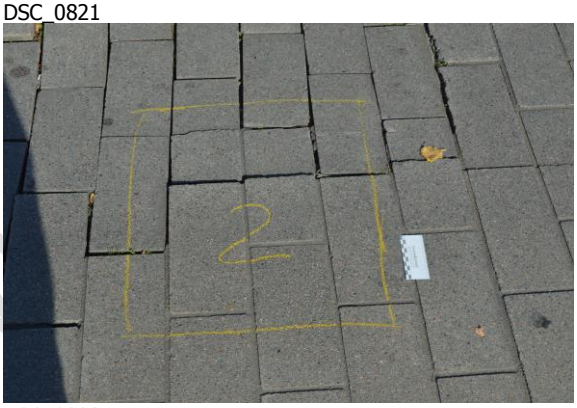
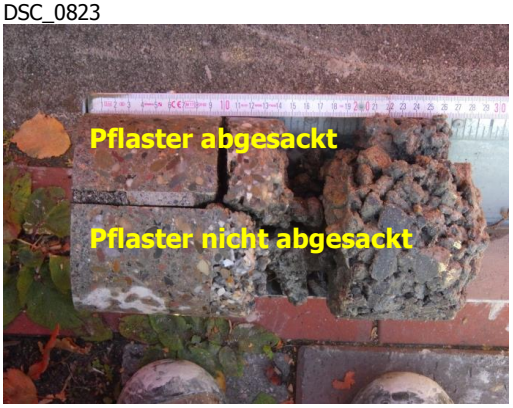
Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
10	Beginn „Bramscher Str." gesamte Breite gebundene Pflasterdecke, vor Haus Nr. 22, belasteter Bereich	Bohrkernentnahme in einem intakten Bereich vor. **Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht vorhanden, siehe Fotoaufnahme 10 Bk kern	DSC_0810 DSC_0813 DSC_0814

ENTW

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
			10 Bk kern

ENTWURF

Bohrkernnummer 11 + Probeschurf 2 - Kenndatenblatt

Bohrkern-nummer	Straßenname	Zustand	Fotoaufnahme
11	Beginn „Quakenbrücker Str." gesamte Breite gebundene Pflasterdecke, belasteter Bereich	Bohrkernentnahme in einem nicht intakten Bereich. **Kein Schichtenverbund** zwischen Pflasterstein und Mörtelbett sowie Mörtelbett und Dränbetontragschicht vorhanden, Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht gelöst, siehe Fotoaufnahme 11 Bk kern	DSC_0821  DSC_0823  11 Bk kern

ENTW

2.2.1 Regelwerke

Zur Beantwortung der Fragen sind im Jahr 2009 folgende wichtige Regelwerke und Literatur zu beachten:

1. **DIN 18318**, VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen, Ausgabe April 2006, Herausgeber: Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
2. **DIN EN 1338**, Pflastersteine aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe 2003, Herausgeber: Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
3. **ZTV E-StB 09**, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
4. **ZTV Pflaster-StB 06**, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken und Plattenbelägen, Ausgabe 2006 Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
5. **ZTV SoB-StB 04**, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004/Fassung 2007, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
6. **TL Gestein-StB 04**, Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004/Fassung 2007, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
7. **TL Pflaster StB 06**, Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen, Ausgabe 2006, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
8. **TL SoB StB 04**, Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004/Fassung 2007, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
9. **Merkblatt für den Bau von Busverkehrsflächen**, Ausgabe 2000, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
10. **Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen (MF P 1)**, Teil 1, Regelbauweise, (ungebundene Ausführung) Ausgabe 2003, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
11. **Merkblatt für Dränbetontragschichten**, Ausgabe 1996, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln

ENTWURF

12. **RStO 01** – Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
13. Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, Ausgabe 2007, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
14. Merkblatt 5-21, Gebundene Bauweise – historisches Pflaster, Ausgabe 01.2009/D, Herausgeber: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., München
15. Merkblatt Pflasterdecken und Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen, Ausgabe 2002, Herausgeber: Deutscher Naturwerksteinverband e.V., Würzburg
16. Pflaster Atlas, Planung, Konstruktion und Herstellung von Prof. Dr. Ing. Horst Mentlein, Ausgabe 2009, Herausgeber: Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln
17. Dränbeton – Aufbau, Eigenschaften und Anwendung von Gerd Drinkgern, Schriftenreihe des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie e.V., Duisburg, Ausgabe 1988
18. Schriftenreihe Spezialbeton Band 2, Nußbaum/Vißmann Faserbeton, Grahlke Porenleichtbeton, Drinkgern Dränbeton, Ausgabe 1999, Verlag Bau + Technik
19. Betonfahrbahnen, 2. Auflage, Januar 2003, Prof. Dr.-Ing. Josef Eisenmann, Prof. Dr.-Ing. Günther Leykauf, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr. techn. H.c. Herbert Kupfer, München, Ernst & Sohn Verlag, Berlin
20. Dissertation über Temperaturbedingte Beanspruchung von Betonfahrbahnen des Herrn Marc-Oliver Förster an der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie der Universität Hannover aus dem Jahr 2005
21. Institut für Werkstoffe des Bauwesens, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Werkstoffe des Bauwesens Festbeton, Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.Ch. Thienel der Bundeswehr Universität München, Frühjahrtrimester 2008

ENTWURF

Heute sind folgende ergänzende Regelwerke und Literatur zu berücksichtigen:

22. Dissertation über gebundene Pflasterbauweisen – Thermische Spannungen in Verkehrsflächenbefestigungen der gebundenen Pflasterbauweise – des Herrn Jörn Buchholz vom Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung der Universität Kassel aus dem Jahr 2010
23. Baustoffkenntnis von Scholz/Hiese/Möhring, 17. Auflage, September 2011, Werner Verlag
24. RStO 12 – Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln

25. Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen, M VV, Ausgabe 2013, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln - ersetzt Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, Ausgabe 1998
26. Merkblatt für Dränbetontragschichten, M DBT, Ausgabe 2013, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln ersetzt Merkblatt für Dränbetontragschichten, Ausgabe 1996
27. Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, M FPgeb R2, Ausgabe 2018, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln ersetzt Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, Ausgabe 2007
28. Arbeitsanleitung zur Durchführung von Prüfungen Pflasterdecken und Plattenbeläge in gebundener Ausführung, ALP Pgeb W1, Ausgabe 2018, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
29. Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen, MF P R2, Ausgabe 2015, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
30. Richtlinie Pflaster- und Plattendecken für befahrene und begangene Flächen in ungebundener und gebundener Ausführung sowie in Mischbauweisen, Ausgabe Mai 2014, Herausgeber: Deutscher Naturwerksteinverband e.V., Würzburg

Zu den gültigen Regelwerken und der Literatur sind die – ungeschriebenen – anerkannten Regeln der Technik und meine Erfahrungen aus der Praxis zu berücksichtigen.

ENTWURF

2.3 Beantwortung des Auftrages

Allgemeines

Zur Beantwortung der Fragen des Auftrages wurden die unter Ziffer 2.2 aufgeführten Bohrkerne 1 bis 11 untersucht. An Bohrkernentnahmestelle 3 = Probeschurf 3 und Bohrkernentnahmestelle 11 = Probeschurf 11 wurde weiterhin ungebundenes Tragschichtmaterial entnommen und untersucht. Die Tragfähigkeit wurde an den beiden Probeschürfen auf der Tragschicht und dem Erdplanum bestimmt. Die Ergebnisse sind im Bericht Nr. 18413-E/jkü der Ingenieurgsellschaft geo-log mbH, Braunschweig, in der Anlage B des Gutachtens dargestellt.

Insbesondere ist die gebundene Pflasterdecke aus Betonsteinen, einschl. der Dränbetontragschicht, in Augenschein zu nehmen und zu untersuchen. Auszugsweise sind Inhalte der Pos. 1.8.71. Dränbetontragschicht, 1.8.100. Pflasterstreifen und 1.8.110 Dehnungsfugen dargestellt.

1.8.70. **Dränbetontragschicht (DBT) herstellen**
wasserdurchlässige Dränbetontragschicht (DBT)
entsprechend dem Merkblatt für Dränbetontragschichten (
DBT),FGSV 827 im Zentralmischverfahren herstellen.
Einbau in Fahrbahnflächen in einer Lage
unterhalb der Pflasterbettung
einschließlich Schalung
Einbaudicke: 20 cm
Zusammensetzung:
Sand 0/1 oder 0/2 mm 10 Gew.-% des Zuschlags
Splitt 8/22 bzw. 8/32 mm 90 Gew.-% des Zuschlags
Zement CEM I 32,5 R 8 bis12 Gew.-% des Zuschlags
Wasser 3 bis 6 Gew. -% des Zuschlags und Zement
Die Zusammensetzung ist durch Eignungsprüfung zu
ermitteln.
Die Eignungsprüfung und die Eigenüberwachungsprüfung
ist den AG unaufgefordert zu übergeben.
Der Einbau erfolgt überwiegend in Streifen von ca. 1,10
bis 1,50 m Breite.
Die Betonfläche ist alle 8 m gradlinig zu kerben.

1.8.100. **Pflasterstreifen, geschliffen, ca. 1,10 m Breite**
Pflasterstreifen in einer Breite von ca. 1,10 m in
Geraden und Kurven, auf einer Betontragschicht in 3 bis
5 cm Bettungsmörtel ZB-N Konzentrat vergütet, 60 - 70
N/mm²
Haftbrücke ZB-N Konzentrat vergütet
Unterer Fugenverguss ZB-N Konzentrat vergütet,
60 - 70 N/mm²
Oberer Fugenverguss PS 2001- D Epoxidharz
Pflasterfugenmörtel (2K) selbstverdichtend
entsprechend den Verarbeitungsrichtlinien des
Herstellers setzen.
Fugenbreite 10 mm.
Die Betontragschicht wird gesondert vergütet.

1.8.110. Dehnungsfuge im Pflasterstreifen

Dehnungsfugen, in Einzelllängen von ca. 1,10 m bzw. 5,00 m im Pflasterstreifen und an den Querungen einbauen. Fuge bestehend aus Kautschukplatten ZB-Hydro-flex in 10 mm Dicke von Unterkante Mörtelbett bis Oberkante Pflaster einbauen. Kautschukplatte ca. 3-4 cm von oben perforiert zur Aufnahme des Fugenvergusses. Nach dem Vergießen der Pflasterfugen den oberen Streifen entnehmen die Flanken entsprechend den Herstellerangaben vorbereiten. Rundschnur aus Polyethylen einlegen und den restlichen Fugenraum entsprechend den Herstellerangaben mit ZB-Fugendicht A40 verschließen.

Dehnungsfuge:
Hersteller: PSB GmbH
Hannekenpatt 22
33039 Nieheim-Entrup
Tel. 05274/99893
oder gleichwertig

ENTWURF

Einleitend sei erwähnt, dass die gebundene Pflasterdecke wie die Asphaltdecke gemäß RStO 01 [12] gemäß vorliegendem Regelquerschnitt in Bauklasse III eingestuft wurde.

Tabelle 2 stellt die Bauklassen dar, die mit einer Pflasterdecke realisiert werden können.

Tabelle 2: Tabelle 1 der RStO [12]: Bemessungsrelevante Beanspruchung und zugeordnete Bauklassen, leicht modifiziert

Bauklassen Bemessungsrelevante Beanspruchung B in Mio. äquivalenter 10-t-Achsen						
SV	I	II	III	IV	V	VI
> 32	> 10 bis 32	> 3 bis 10	> 0,8 bis 3	> 0,3 bis 0,8	> 0,1 bis 0,3	bis 0,1

Pflasterdecken dürfen gemäß RStO 01 [12] ausschließlich für Bauklasse III bis VI realisiert werden.

Die Herstellung einer Pflasterdecke für Bauklasse SV, I und II entspricht nicht der RStO 01 [12].

Zu 1. Was ist die Schadensursache für die aufgetretenen Mängel?

Zur Beurteilung der Druckfestigkeit des Bettungsmörtels und der Dränbetontragschicht bzw. des Verbundes zwischen Pflasterstein und Fugenmörtel sowie Pflasterstein und Bettungsmörtel wurden die entnommenen Bohrkerne untersucht. Die Festlegung der einzelnen Prüfungen an dem jeweiligen Bohrkern erfolgte einerseits an der Möglichkeit durchzuführender Prüfungen[1] an dem jeweiligen Bohrkern sowie der Notwendigkeit einiger Prüfungen. Die durchgeführten Prüfungen an den am 10.10.2018 entnommenen Bohrkernen und Proben sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Darstellung der einzelnen Untersuchungen an den Bohrkernen (X = durchgeführte Prüfung, - = keine Prüfung durchgeführt)

Bohrkern Nr.	**HFS=** Haftzugfestigkeit Fugenmörtel/ Pflasterstein	**HBS=** Haftzugfestigkeit Bettungsbeton/ Pflasterstein	**HBT=** Haftzugfestigkeit Bettungsbeton/ Tragschicht	**DB=** Druckfestigkeit Bettungsbeton	**DS=** Druckfestigkeit Pflasterstein	**DT=** Druckfestigkeit Tragschicht
1.	X	-	-	X	-	X
2.	X	-	-	X	-	X
3.	X	-	-	X	-	X
4.	X	-	-	X	-	Prüfung nicht möglich, Probe gerissen
5.	X	-	-	X	-	X
6.	X	-	-	X	-	X
7.	X	-	-	X	-	Prüfung nicht möglich, Probe gerissen
8.	X	-	-	X	-	X
9.	X	-	-	X	-	X
10.	X	-	-	X	-	X
11.	X	-	-	X	-	-
PS 3	2X	2X	-	-	-	-
PS 11	2X	2X	-	-	-	-
Summe	15	4		11		8

ENTWURF

<u>Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel/Betonstein</u>

[1] Beispiel: HBS = Haftzugfestigkeit Bettungsbeton/Pflasterstein konnte nur an den Bohrkernen geprüft werden, bei denen noch ein Schichtenverbund vorhanden war. Schichtenverbund war nur bei Probeschurf 1 und 2 sowie Bohrkern 10 vorhanden.

Probenvorbereitung

Der Bohrkern D = 150 mm wurde so zersägt, dass mind. eine Scheibe von einer Dicke des Betonpflastersteines von ca. 25 mm über dem Fugenmörtel verblieb. Ermittlung der Haftzugfestigkeit nach DIN EN 1542 bzw. DIN EN 1015-12. Der Betonstein und der Fugenmörtel wurden mit einer Bohrkrone (Innendurchmesser D = 50 mm) im Nassbohrverfahren überbohrt. Die Ringnuttiefe im anderen Betonstein betrug ca. 15 mm. Der Prüfstempel mit einer Materialdicke von 25 mm, wurde auf den Naturstein mit der dünneren Scheibe mit dem Kleber MC-Quicksolid aufgeklebt. Die Ermittlung der Abreißfestigkeit wurde mit einem Haftzugprüfgerät des Types F10-D-Easy mit einer konstanten Laststeigerung von 100 N/s ermittelt. Die Werte der Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel und Pflasterstein sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

ENTWURF

Eine Prüfung war bei Bohrkern 10 nicht möglich, da der vorliegende Bohrkern für die Prüfung der Druckfestigkeit für Bettung

Tabelle 4: Darstellung der Prüfergebnisse der Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel und Betonstein

Bohrkern-Nr.	Betonstein	Haftzugfestigkeit N/mm²		Bemerkungen
		SOLL	IST	
1	2	3	4	5
1	X	**0,8**[2]	**1,96**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
2	X	**0,8**[2]	**0,99**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
3	X	**0,8**[2]	**2,11**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
4	X	**0,8**[2]	**0,86**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
5	X	**0,8**[2]	**0,24**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
6	X	**0,8**[2]	**2,26**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
7	X	**0,8**[2]	**0,31**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
8	X	**0,8**[2]	**0,62**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
9	X	**0,8**[2]	**2,15**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
10	X	**0,8**[2]	**2,11**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
11	X	**0,8**[2]	**0,18**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
PS 3/1	X	**0,8**[2]	**2,55**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
PS 3/2	X	**0,8**[2]	**1,84**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
PS 11/1	X	**0,8**[2]	**1,44**	100% Kohäsionsbruch, Abbruch mittig der Fuge
PS 11/2	X	**0,8**[2]	**0,22**	100% Adhäsionsbruch Betonstein/Fuge
Mittelwert			**1,32**	

Die Durchführung der Prüfungen erfolgte bei der Baustoffprüfstelle Dreiländereck GmbH in Haiger.

ENTWURF

und Dränbetontragschicht verwandt wurde.

[2] Die Haftzugfestigkeit hat gemäß dem Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, Ziffer 4.8 Festigkeiten am fertigen Bauwerk > 0,8 N/mm² zu betragen. Vertragliche Anforderungen gehen aus dem mir vorliegenden Leistungsverzeichnis nicht hervor.

Haftzugfestigkeit zwischen Betonstein/Bettung

Probenvorbereitung:

Der Prüfstempel wurde auf dem Pflasterstein aufgeklebt. Die Scheibe des Pflastersteines war ca. 15 mm dick. Die Ringnuttiefe in der Bettung betrug ca. 8 mm. Sonst wie bei Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel/Betonstein

Tabelle 5: Darstellung der Prüfergebnisse der Haftzugfestigkeit zwischen Bettung und Natursteinplatte

Bohrkern-Nr. bzw. Probe	**Betonstein**	**Haftzugfestigkeit N/mm²**		**Bemerkungen**
		SOLL	**IST**	
1	**2**	**3**	**4**	**5**
PS 3/1	X	**0,8²**	**1,55**	100 % Adhäsionsbruch Stein/Bettung
PS 3/2	X	**0,8²**	**1,73**	100 % Adhäsionsbruch Stein/Bettung
PS 11/1	X	**0,8²**	**2,00**	50 % „Kohäsionsbruch" Bettung, 50 % Stein
PS 11/2	X	**0,8²**	**2,26**	100 % Adhäsionsbruch Stein/Bettung
Mittelwert			**1,88**	

Druckfestigkeit Bettungsmörtel und Dränbetontragschicht

Probenvorbereitung:

Die Brucherkennung wurde an der Prüfmaschine auf die geringste mögliche Einstellung gebracht. Dies gilt auch für die Lastzunahme. Prüfung nach DIN 1048 Teil 5 bzw. DIN EN 12390-3. Die Prüfung erfolgte an herauspräparierten Bohrkernen D = 150 mm, in der Dicke der entnommenen Proben. Die Proben wurden beidseitig zur Schaffung einer ebenen Prüffläche mit Tonerdeschmelzzement beglichen. Die Einschränkung für das Abgleichverfahren nach DIN EN 12390-3 Anhang A mit Tonerdeschmelzzement wurde im Prüfwert berücksichtigt.
Die Ergebnisse der Druckfestigkeit des Bettungsmörtels sind in der Tabelle 6 und der Dränbetontragschicht in der Tabelle 6 dargestellt.

ENTWURF

Tabelle 6: Darstellung der Prüfergebnisse der Druckfestigkeit der Bettung

Bohr-kern Nr.	Durch-messer in mm	Betonstein	Bruchlast in KN	Zylinder-Druck-festigkeit (N/mm²)	Umrechnung auf Würfel-Druckfestigkeit und Trockenlagerung[3] N/mm²		Fotoaufnahmen[4] und Bemerkungen (Ausmagerung[5] der Mantelfläche der Bohrkerne)
					SOLL	IST	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	143	N	465,32	**29,0**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
2.[6]	143	N	90,08	**37,7**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
3.	143	N	340,28	**21,2**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
4.[6]	143	N	115,31	**11,4**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
5.	143	N	290,33	**18,1**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
6.	143	N	275,41	**17,1**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
7.[6]	143	N	245,51	**24,2**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
8.	143	N	375,50	**23,4**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
9.	143	N	345,02	**21,5**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
10.	143	N	660,22	**41,1**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
11.	143	N	370,11	**23,1**	**60**	-	Nahezu nicht ausgemagert
Mittelwert				**24,3**			

ENTWURF

[3] Die gemessenen Druckfestigkeiten am Zylinder müssten noch umgerechnet werden, da gemäß DIN EN 206 die Druckfestigkeit von Beton mit 150 mm Kantenlänge nach Wasserlagerung anzugeben und von Würfeldruckfestigkeiten ausgegangen wird. Demzufolge beträgt die Umrechnung von Trockenlagerung auf Wasserlagerung (bei entnommenen Bauwerksbeton geht man von einer Trockenlagerung aus) 92% der Zylinderdruckfestigkeit. Die Umrechnung auf die Würfelfestigkeit müsste 90% der Zylinderdruckfestigkeit (umgerechneter Wert auf Wasserlagerung) sein. Die Umrechnung erfolgt hier nicht, da für die Beurteilung der Druckfestigkeit der eingebaute Bettungsmörtel und demzufolge die Gebrauchstauglichkeit bewertet wird. Dies wird u.a. durch bestätigt; gemäß Baustoffkenntnis [23], Ziffer 6.13.2 Druckfestigkeit am Bauwerk, Absatz a), gilt: *Bei der zerstörenden Prüfung werden Bohrkerne von 100 bzw. 150 mm Durchmesser nass herausgebohrt. Die Festigkeiten von luftgelagerten Bohrkernen mit 100 und 150 mm Durchmesser dürfen der Würfeldruckfestigkeit eines bis zur Prüfung wassergelagerten Würfels mit 150 mm Kantenlänge gleichgesetzt werden. Dabei sollen Höhe und Durchmesser gleich sein.* Der hier beschriebene Sachverhalt gilt auch für die Probekörperhöhe. Aufgrund der geringen Höhe der Probekörper werden größere Druckfestigkeiten erzielt als bei größerer Höhe.

[4] Sämtliche Proben sind auf den Kenndatenblättern in diesem Gutachten sichtbar.

[5] Mit der Ausmagerung sind die Substanzverluste der Mörtelbettung gemeint, welche beim Nassbohrvorgang entstanden sind, d.h. bei vorhandenen Substanzverlusten war nicht die vollständige Querschnittsfläche der Bohrkerne prüfbar.

[6] Teilabschnitt eines Bohrkerns.

Tabelle 7: Darstellung der Prüfergebnisse der Druckfestigkeit der Dränbetontragschicht

Bohr-kern Nr.	Durch-messer in mm	Betonstein	Bruchlast in KN	Zylinder-Druck-festigkeit (N/mm^2)	Umrechnung auf Würfel-Druckfestigkeit und Trockenlagerung[3] N/mm^2 SOLL	IST	Fotoaufnahmen[4] und Bemerkungen (Ausmagerung[5] der Mantelfläche der Bohrkerne)
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	143	X	340,16	**21,2**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
2.	143	X	90,08	**5,6**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
3.	143	X	180,17	**11,2**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
5.	143	X	150,32	**9,3**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
6.	143	X	50,31	**3,1**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
8.	143	X	105,22	**6,5**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
9.	143	X	120,18	**7,5**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
10.	143	X	340,27	**21,2**	**6**	-	Nahezu nicht ausgemagert
Mittelwert				**10,7**			

In Tabelle 8 sind die Anforderungen an die Druckfestigkeit vom Bettungsmörtel und der Haftzugfestigkeit verschiedener Regelwerke dargestellt.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Druckfestigkeiten von Bettungsmörtel, Haftzugfestigkeiten zwischen Bettungsmörtel und Steinunterseite sowie zwischen Bettungsmörtel und Steinseitenfläche der derzeit gültigen Regelwerke

Material bzw. Schicht	**Merkblatt DNV [15]**	**RiLi (neu seit 2014) [30]**	**FGSV Arbeitspapier [13]**	**FGSV M FPgeb (neu seit 2018) [27]**	**WTA Merkblatt [14]**
	grundsätzlich	**grundsätzlich**	**Am Bauwerk**	**Am Bauwerk**	**Am Bauwerk**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Druckfestigkeit Bettungsmörtel	VBK 5 bis 7 i.M. ≥ 8 N/mm², jeder Einzelwert ≥ 6 N/mm² im eingebauten Zustand am Bohrkern		Ziffer 4.8, i.M. 25 N/mm², je Einzelwert mindestens 20 N/mm²	Jeder Einzelwert mindestens 17 N/mm²	Tabelle 6, BKL V/VI ≥ 20 N/mm² BKL III/VI ≥ 25 N/mm² BKL III (hohe Beanspruchungen) ≥ 30 N/mm²
Haftzugfestigkeit bei Bettungsmörtel/Stein unterseite	-	> 0,4 N/mm² (nur mit Haftbrücke erreichbar)	Ziffer 4.8, Mindestens 0,8 N/mm²	Mindestens 0,6 N/mm²	Tabelle 6, ≥ 0,8 bzw. 0,6 N/mm² Bettungsmörtel/Steinunterseite mit bzw. ohne Haftbrücke
Haftzugfestigkeit bei Fugenmörtel/Steinseitenfläche	Ziffer 3.6.3.4 > 1 N/mm²		Ziffer 4.8, Mindestens 0,8 N/mm²	Mindestens 0,6 N/mm²	Tabelle 8, ≥ 1,5 N/mm² bzw. ≥ 0,8 N/mm² bei Steinen mit dichtem Gefüge

ENTWURF

In der folgenden Tabelle 9 sind die Anforderungen an Bewegungsfugen verschiedener Regelwerke dargestellt.

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Anforderungen an Bewegungsfugen der derzeit gültigen Regelwerke.

Bewegungs-fugen	**DIN 18318 [1]**	**DNV Merkblatt [15]**	**RiLi (neu seit 2014) [30]**	**FGSV Arbeitspapier [13]**	**FGSV M FPgeb (neu seit 2018) [27]**	**WTA Merkblatt [14]**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Abstand	Bei Rinnen maximal 12 m, bei befahrenen Rinnen 4 bis 6 m	Feldgröße maximal 25 bis 27 m²	Feldgröße bei Platten ca. 20 bis 25 m² Feldgröße bei Klein- und Großpflaster ca. 50 bis 60 m²	4 bis 6 m in Längs- und Querrichtung	Übliche Abstände liegen zwischen 4 und 10 m	Je nach Gesteinsart, Elementgröße und Art der Fugenfüllung 5 bis 7 m
Ausführung	Keine	Keine	Bei Verkehrsbelastung mit Stützköper im unteren Fugenbereich, Mindestfugenbreite 10 mm	Je nach Verkehrsbelastung mit Stahlwinkel	Beispielhafte Ausführungen mit Bewegungsfugen-scheibe	Beispielhafte Ausführungen ohne Stahlwinkel
Sonstige Anforderungen	keine	keine	keine	An Einbauten und Gebäuden	An Einbauten und Gebäuden	0,75 m vor und hinter Straßenabläufen, Einbauten und Gebäude

ENTWURF

Druckfestigkeit Bettungsmörtel und Dränbetontragschicht

Für die Werte der Druckfestigkeit sind folgende Komponenten maßgebend bzw. haben folgende Komponenten Einfluss:

1. Gemäß Auftrags-Leistungsverzeichnis Pos. 1.8.100 hat die Druckfestigkeit des Bettungsmörtels 60 bis 70 N/mm² zu betragen. Die Dränbetontragschicht muss eine Druckfestigkeit von i.M. 8 N/mm² besitzen, wobei kein Einzelwert kleiner 6 N/mm² sein darf (Pos. 1.8.70 unter Berücksichtigung Merkblatt DBT [11]).
2. Grundsätzlich wird in dem Arbeitspapier Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung [13] eine Druckfestigkeit im eingebauten Zustand von 20 N/mm² gefordert. Es sei darauf hingewiesen, dass die Prüfung der Festigkeit des Bettungsmörtels im eingebauten Zustand unter Berücksichtigung normgerechter Prüfung (d.h. DIN EN 12390 Teil 3) Prüfung an Probekörper an Festbeton, davon auszugehen ist, dass die Probekörperherstellung unter Berücksichtigung der Durchführung einer Bohrung DN 150 mm zu einer Gefügestörung führen kann bzw. führt. Dieser Sachverhalt wurde bereits im Merkblatt Dränbeton [17] beschrieben. Gemäß [17] Dränbeton, Aufbau, Eigenschaften und Anwendung, Ziffer 1.3 Eigenschaften des Dränbetons gilt: *… Nur bei höheren Festigkeiten ist das Ziehen von Bohrkernen möglich, da sonst durch Störungen im Mikrogefüge starke Festigkeitsminderungen auftreten, die das Ergebnis verfälschen.* Eine Angabe, wie hoch eine entsprechende Verfälschung sein kann, wird nicht gemacht. Die Werte bei der Bettung variieren zwischen 11,4 und 41,1 N/mm² und bei der Dränbetontragschicht zwischen 3,1 und 21,2 N/mm². Die vertraglich vereinbarte Druckfestigkeit wird nicht bei allen Proben erreicht.
3. Die Herstellung einer gebundenen Pflasterdecke erfolgt durch einzelnes Versetzen der Steine, d.h. der Bettungsmörtel wird auf die Dränbetontragschicht aufgebracht und die Steine werden nach dem Tauchen in eine Haftbrücke in den Bettungsmörtel versetzt. Inwiefern der Bettungsmörtel eine Verdichtung erhält, hängt ausschließlich von der Arbeitskraft ab, die die Steine mit einem entsprechenden Hammer in die Bettung treibt. Es muss festgehalten werden, dass die Verdichtung der Mörtelbettung davon abhängt, ob eine Arbeitskraft einmal, zweimal, dreimal oder gar 4 x oder 5 x auf die Steine schlägt, aus welcher Fallhöhe und mit welchem Hammer (Gewicht) dies geschieht.
4. Die Druckfestigkeit hängt unter anderem von dem geprüften Probekörper ab. Die Norm Prüfung (DIN EN 12390 Teil 3) fordert die Prüfung an einem Zylinder DN 150 mm mit einer Höhe von 300 mm. Sofern der Verhältniswert H/D = 2/1 bei der Prüfung abweicht, so ist eine Minderung bzw. eine Erhöhung der Druckfestigkeit zu erwarten. Aus der Abbildung 2 ist ersichtlich, wenn

ENTWURF

der Verhältniswert H/D ≤ 1 ist, so ist von einer Druckfestigkeitserhöhung im Rahmen des Prüfvorganges auszugehen. Nähere Erläuterungen siehe Tabelle 6 und Tabelle 7. Es wurden die tatsächlichen Druckfestigkeiten bestimmt, um die Gebrauchstauglichkeit zu bewerten.

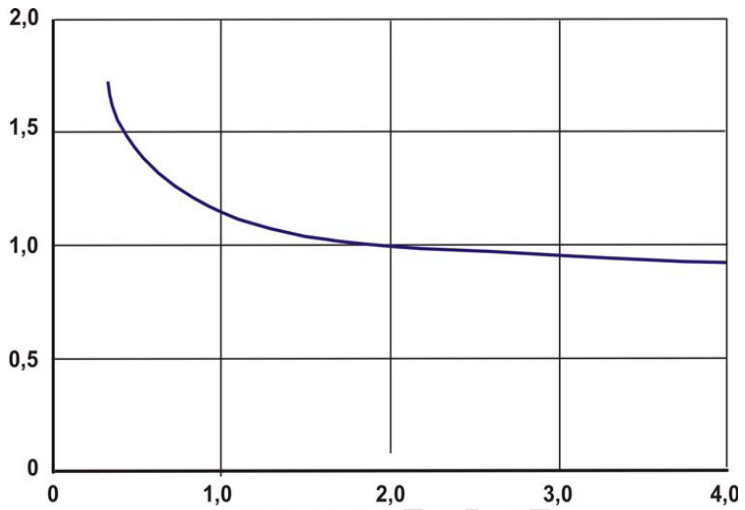


Bild 41: Verhältniswert der Druckfestigkeit verschiedener schlanker Zylinder

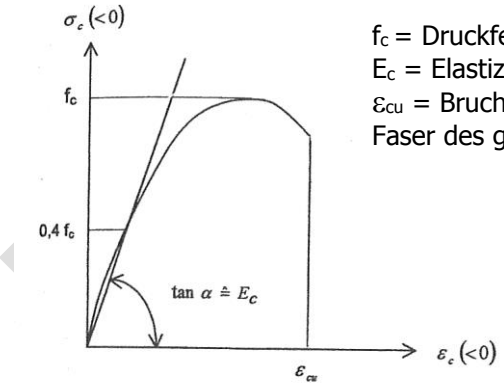
Abbildung 2: Darstellung des Verhältniswertes verschieden schlanker Zylinder nach [21]

5. Hinsichtlich der Druckfestigkeitsbeurteilung für die Gebrauchstauglichkeit ist von entscheidender Bedeutung, dass der Bettungsmörtel an der Oberfläche nicht „freiliegt", sondern sich unterhalb der Pflastersteine befindet. Demzufolge handelt es sich bei dem eingebauten Bettungsmörtel und Dränbeton nicht um eine im Gebrauchszustand einaxiale oder z. B. im Bereich einer Brücke um eine zweiaxiale Beanspruchung, sondern der Bettungsmörtel bzw. Dränbeton ist dreiaxial eingespannt. Die Dissertation [20] stellt dar, dass dreiaxiale Druckfestigkeiten bis zu 6 mal höher sein können als einaxiale Druckfestigkeiten. Aus diesem Grund hat die Erfahrung gezeigt, dass Grobkornmörtel der Körnung 4/8 mm mit einer angegebenen Druckfestigkeit im Merkblatt [15] von ca. 8 bis 12 N/mm² als ausreichend angesehen wird, auch wenn gemäß Arbeitspapier [13] i.M. die Druckfestigkeit ≥ 25 N/mm² und kein Einzelwert < 20 N/mm² betragen und WTA Merkblatt [14] die Druckfestigkeit bei Bauklasse V und VI ≥ 20 N/mm² aufweisen sollte. Unter Beachtung dieses Sachverhaltes, der aus meiner Sicht nicht berücksichtigten zwangsläufigen Reduzierung der Druckfestigkeit durch die Probenahme und Probenvorbereitung und der konservativen Annahme einer Druckfestigkeitssteigerung (wie oben erwähnt dreiaxiale Druckfestigkeit besitzt einen bis zum 6 fachen höheren Wert der Druckfestigkeit im Vergleich zur einaxialen Druckfestigkeit) im Gebrauchszustand nur um das Doppelte aufgrund der

ENTWURF

dreiaxialen Druckfestigkeit, können die Druckfestigkeiten im Gebrauchszustand mindestens 2 bis 3 fach höher liegen gegenüber der tatsächlich vorhandenen Druckfestigkeit.

6. Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit muss berücksichtigt werden, dass ab einer bestimmten Beanspruchung eine Zerstörung des Mörtel- bzw. Dränbetongefüges einsetzt. Nach Baustoffkenntnis [23], Ziffer 6.6. Eigenschaften des Festbetons, 6.6.4 Spannungs-Dehnungs-Linie, b), zweiter Absatz gilt: *Beton wird als viskoelastischer Stoff bezeichnet. Kennzeichnend dafür ist seine von Anfang an gekrümmte σ-ε-Linie: Auch bei geringen äußeren Lasten federt der Beton nach Entlastung nicht mehr auf seine Ausgangslänge zurück, sondern weist bleibende Verformungen auf. Mit zunehmender Belastung wachsen diese bleibenden Verformungen immer stärker an. Die Ursache für die bleibenden Verformungen kann vereinfacht durch die Zunahme der Mikrorisse angegeben werden. Bei Spannungen in einer Größe von etwa 40% der Druckfestigkeit wachsen die Mikrorisse als erstes in der Kontaktzone zwischen Zementstein und groben Zuschlägen. Die Häufigkeit und Länge der Mikrorisse nehmen mit steigenden Spannungen zu.*



f_c = Druckfestigkeit des Betons
E_c = Elastizitätsmodul des Betons
ε_{cu} = Bruchstauchung in der äußeren Faser des gedrückten Betons

Abbildung 3: Abbildung 6.8 Schematische Darstellung einer Spannungs-Dehnungs-Linie für Beton nach Baustoffkenntnis [22]

7. Weiterhin sei angemerkt, dass der betroffene Angebotsstreifen sowie die vollständig gepflasterten Fahrbahnübergänge in den überwiegenden Bereichen mit geringer Belastung beaufschlagt werden. Grundsätzlich kann bei einem zulässigen Gesamtgewicht von ≤ 40 t und einer Radlast von 5 t und eine Reifenaufstandsfläche von 20 cm x 20 cm = 400 cm² angenommen werden. Unter Berücksichtigung einer Lastabtragung unter 45° kann von folgender idealisierter Flächenlast auf der Bettungsschicht ausgegangen werden:
   Hier ist grundsätzlich von Punktlasten von 50 KN auszugehen. Dies entspricht einer vertikalen Punktlast bei idealisierter statischer Last von 1,25 N/mm². Davon ausgehend, dass eine

Lastausbreitung unter 45 ° stattfindet ist auf der Bettungsschicht bei einer idealisierten Berechnung in Anlehnung an Betonfahrbahnen [19], Ziffer 2.3.3.2 eine Last von
bei einer vorliegenden Betonsteindicke von 10 cm
Radlast: 5 t = 50 KN = 50.000 N

- Fläche: (20 cm + 2 x 10 cm) x (20 cm + 2 x 10 cm) = 1.600 cm² = 160.000 mm².
- Flächenlast: 50.000 N / 160.000 mm² = 0,3125 N/mm²

vorhanden.

8. Hinsichtlich der dynamischen Belastung sei angemerkt, dass diese bei der Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit der gebundenen Pflasterdecke zu berücksichtigen ist. Gemäß Betonfahrbahnen [19], Ziffer 2.4 Radlastschwankung, 5. Absatz gilt: *Die quasi-statische Lastverteilung bei einer Bogenfahrt sowie Überladung und die Auswirkung der dynamischen Radlastschwankung kann bei der Bemessung der Betondecke durch einen Zuschlag erfasst werden. Bei stark belasteten Straßen wird hierfür 1,3 bis 1,5 und bei weniger stark belasteten Straßen 1,2 empfohlen.*

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit auf der Bettungsschicht

10 cm dicker Pflasterstein

- Radlast: 5 t = 50 KN = 50.000 N
- Fläche: (20 cm + 2 x 10 cm) x (20 cm + 2 x 10 cm) = 1.600 cm² = 160.000 mm².
- Statische Flächenlast: 50.000 N / 160.000 mm² = **0,31 N/mm²**
- Zuschlag von 1,5 für dynamische Belastung gemäß Betonfahrbahnen [20] für stark belastete Straßen: 1,50 x 0,31 N/mm² = **0,465 N/mm²**
- Geringster Wert der Druckfestigkeit bei Bohrkern 4: **11,4 N/mm²**
- Entstehung von statischen Verformungen bei 0,4 x f_c der Druckfestigkeit des Betons gemäß Baustoffkenntnis [23][7] bei einaxialer Einspannung, deshalb Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit, bei der Schäden in Form von Mikrorissen entstehen können: 40% x 11,4 N/mm² = **4,56 N/mm²**

ENTWURF

[7] Nach Baustoffkenntnis [23], Ziffer 6.6. Eigenschaften des Festbetons, 6.6.4 Spannungs-Dehnungs-Linie, b), zweiter Absatz gilt: *Beton wird als viskoelastischer Stoff bezeichnet. Kennzeichnend dafür ist seine von Anfang an gekrümmte σ-ε-Linie: Auch bei geringen äußeren Lasten federt der Beton nach Entlastung nicht mehr auf seine Ausgangslänge zurück, sondern weist bleibende Verformungen auf. Mit zunehmender Belastung wachsen diese bleibenden Verformungen immer stärker an. Die Ursache für die bleibenden Verformungen kann vereinfacht durch die Zunahme der Mikrorisse angegeben werden. Bei Spannungen in einer Größe von etwa 40% der Druckfestigkeit wachsen die Mikrorisse als erstes in der Kontaktzone zwischen Zementstein und groben Zuschlägen. Die Häufigkeit und Länge der Mikrorisse nehmen mit steigenden Spannungen zu.*

- Bei der Annahme einer Druckfestigkeitserhöhung um 100% aufgrund dreiaxialer Einspannung[8] ergibt eine vorhandene Druckfestigkeit von 4,56 N/mm² x 2 = **9,12 N/mm²**

⇒ Sicherheit gegenüber der Entstehung von Mikrorissen vorhanden (bei Annahme Druckfestigkeit 9,12/0,465 sowie 4,56 N/mm²/0,465 N/mm² > 1) vorhanden.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit auf der Dränbetontragschicht

10 cm dicker Pflasterstein

- Radlast: 5 t = 50 KN = 50.000 N
- Fläche: (20 cm + 2 x 13 cm) x (20 cm + 2 x 13 cm) = 2.116 cm² = 211.600 mm².
- Statische Flächenlast: 50.000 N / 211.600 mm² = **0,23 N/mm²**
- Zuschlag von 1,5 für dynamische Belastung gemäß Betonfahrbahnen [20] für stark belastete Straßen: 1,50 x 0,23 N/mm² = **0,345 N/mm²**
- Geringster Wert der Druckfestigkeit bei Bohrkern 6: **3,1 N/mm²**
- Entstehung von statischen Verformungen bei 0,4 x f_c der Druckfestigkeit des Betons gemäß Baustoffkenntnis [23][7] bei einaxialer Einspannung, deshalb Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit, bei der Schäden in Form von Mikrorissen entstehen können: 40% x 3,1 N/mm² = **1,24 N/mm²**
- Bei der Annahme einer Druckfestigkeitserhöhung um 100% aufgrund dreiaxialer Einspannung[8] ergibt eine vorhandene Druckfestigkeit von 1,24 N/mm² x 2 = **2,48 N/mm²**

⇒ Sicherheit gegenüber der Entstehung von Mikrorissen vorhanden (bei Annahme Druckfestigkeit 2,48/0,345 sowie 1,24 N/mm²/0,345 N/mm² > 1) vorhanden.

Die geprüften Druckfestigkeiten lassen auf eine hinreichende Gebrauchstauglichkeit schließen.

ENTWURF

[8] Die Dissertation [20] stellt dar, dass dreiaxiale Druckfestigkeiten bis zu 6 mal höher sein können als einaxiale Druckfestigkeiten. Unter Beachtung dieses Sachverhaltes, ist aus meiner Sicht eine konservative Annahme einer

Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel und Betonstein

Gemäß dem Arbeitspapier [13], Ziffer 2 Baugrundsätze, 2.1 Allgemeines, 6. Absatz, gilt: *In gebundenen Pflasterdecken und Plattenbelägen sind Haarrissbildungen und somit das Eindringen von Wasser unvermeidbar.*

Gemäß dem Arbeitspapier [13], Ziffer 4.5 Bewegungsfugen, gilt: *Bewegungsfugen sollten in gebundenen Pflasterdecken und Plattenbelägen sowie in Entwässerungsrinnen im Abstand von 4 bis 6 m in Längs- und Querrichtung ausgeführt werden. Weiterhin sollten Bewegungsfugen an festen Einbauten vorgesehen werden. Durch diese Bewegungsfugen lassen sich Risse reduzieren.*

Gemäß dem WTA Merkblatt [14], Ziffer 1.3.6 Bewegungsfugen, 3. Absatz, gilt: *Zur Verringerung von Spannungsrissen ist die Pflasterdecke durch Anordnung von Bewegungsfugen in Felder aufzuteilen. Entstehen in der Örtlichkeit Verengungen (z.B. durch Feldeinschnürung oder Einbauten), sollte an der engsten Stelle zusätzlich eine Bewegungsfuge angeordnet werden. Die Einteilung in Felder kann jedoch das Entstehen von Spannungsrissen nicht grundsätzlich verhindern.*

Gemäß dem WTA Merkblatt [14], Ziffer 1.3.7 Temperaturspannungen, 4. Absatz, gilt: *Bei der gebundenen Bauweise sind Risse infolge Temperaturschwankungen unvermeidbar und die dadurch hervorgerufenen Risse sind für sich allein betrachtet kein technischer Mangel.*

Gemäß dem DNV Merkblatt [15], Ziffer 3.6.3.5 Zugspannungen, gilt: *Die Pflasterdecke kann keine Zugspannungen übernehmen. Bei gebundenen Pflasterdecken sind Risse infolge Temperaturschwankungen unvermeidlich. Eine Pflasterung, die im Hochsommer ausgeführt wird, bekommt größere Zugspannungen als eine Arbeitsausführung im Frühling oder Herbst.*

Gemäß dem DNV Merkblatt [15], Ziffer 3.6.3.6 Feldeinteilung, gilt: *Die Pflasterdecke ist in gleichmäßige Felder aufzuteilen. Entstehen in der Örtlichkeit Verengungen, muss bei der engsten Stelle eine Dehnungsfuge angeordnet werden. Die Felder dürfen nicht größer als 25 bis 27 m² sein. Die max. Länge einer Seite soll 7 m nicht übersteigen. Auch die Einteilung in Felder kann Spannungsrisse nicht sicher ausschließen.*

ENTWURF

Druckfestigkeitssteigerung (wie oben erwähnt bis zum 6 fachen der einaxialen Druckfestigkeit) im Gebrauchszustand nur um das Doppelte aufgrund der dreiaxialen Druckfestigkeit gerechtfertigt.

Gemäß dem Arbeitspapier [13] und WTA Merkblatt [14] hat die Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel und Pflasterstein ≥ 0,8 N/mm² zu betragen. Die durchgeführten Prüfungen gem. Tabelle 4 dieses Gutachtens haben gezeigt, dass die Haftzugfestigkeiten zwischen 0,22 N/mm² und 2,26 N/mm² variieren. Im Mittel wird eine Haftzugfestigkeit von 1,32 N/mm² erreicht.
Die Haftzugfestigkeit zwischen Fugenmörtel und Pflasterstein ist von großer Bedeutung, da diese bei dem vorhandenen Belag maßgebend für die Gebrauchstauglichkeit ist. Begründet ist es dadurch, dass insbesondere durch Temperaturerniedrigung gegenüber der Nullspannungstemperatur Zugspannungen im Pflasterbelag auftreten, die durch Pflasterstein, Mörtelbettung und Fugenmörtel aufgenommen werden müssen. Sofern die aufnehmbare Zugspannung geringer ist, als die tatsächliche Zugspannung, können auch bei Vorhandensein von Bewegungsfugenfeldern Risse entstehen. Die Gefahr von Rissbildung steigt insbesondere bei Dauerzugbeanspruchung, d.h. insbesondere im Winter bei langanhaltender Kälte. Auch wenn die Haftzugfestigkeiten von ≥ 0,8 N/mm² vereinzelt nicht eingehalten werden, kann von einem ausreichenden Verbund zwischen Fugenmörtel und Betonstein ausgegangen werden.

Angemerkt sei, dass die Anlage der Bewegungsfugenfelder grundsätzlich als positiv zu bewerten ist. Die Abstände sind zum Teil mit 12 m sehr groß. Hier sind bereits definierte Bereiche vorhanden, in denen Längenänderungen in Form von Verkürzungen im Winter bei Temperaturerniedrigung und Verlängerung bei Temperaturerwärmung im Sommer zugelassen werden. Aufgrund der gewählten Bewegungsfugenabstände sowie des zum Großteil fehlenden Schichtenverbundes, kann ein zusätzliches Reißen innerhalb dieser Bewegungsfugenfelder nicht ausgeschlossen werden. Auf diesen Sachverhalt weisen das Arbeitspapier [13], das WTA Merkblatt [14] sowie das DNV Merkblatt [15] (Zitate siehe oben) explizit hin.

ENTWURF

Haftzugfestigkeit zwischen Bettungsmörtel und Pflasterstein

Gemäß dem Arbeitspapier [13] und WTA Merkblatt [14] ist am fertigen Bauwerk eine Haftzugfestigkeit von ≥ 0,8 N/mm^2 zu erreichen.

Die durchgeführten Prüfungen gem. Tabelle 5 im Bereich der probeschürfe 3 und 11 dieses Gutachtens haben gezeigt, dass die Haftzugfestigkeiten zwischen 1,55 N/mm^2 und 2,26 N/mm^2 variieren. Im Mittel wird an vier Proben eine Haftzugfestigkeit von 1,88 N/mm^2 erreicht. Die entnommenen Bohrkerne 1 bis 9 und 11 haben an keiner Stelle einen Schichtenverbund zwischen Bettungsmörtel und Pflasterstein und Bettungsmörtel und Dränbetontragschicht zum Vorschein gebracht. Lediglich Bohrkern 10 konnte in einem Stück entnommen werden.

Der Schichtenverbund zwischen Bettungsmörtel und Pflasterstein ist insofern von Bedeutung, da dadurch die aufnehmbaren Spannungen aus Verkehr und durch Temperaturänderung sicher aufgenommen und abgetragen werden können.

Aussagen zur Wölbung der Pflasterdecke innerhalb der Bewegungsfugenfelder bei Temperaturerhöhung werden hier nicht gemacht.

ENTWURF

Unter Berücksichtigung der vorhandenen Beanspruchung, der Beobachtungen im Rahmen des Ortstermines sowie der durchgeführten Untersuchungen kann die Schadensursache wie folgt erklärt werden:

- **In nicht schadhaften Bereichen der gebundenen Pflasterdecke einerseits und der Fahrbahn, bestehend aus einer Asphaltdecke, anderseits sind kaum Verformungen erkennbar. Das vorgefundene Erscheinungsbild mit Rißbildungen und Absackungen ist ein klassisches Phänomen einer gebundenen Konstruktion. Dies lässt darauf schließen, dass eine fehlende Tragfähigkeit des ungebundenen Oberbaues und/oder Unterbaus als Schadensursache als nachrangig einzustufen ist.**
- **Die untersuchten Schottertragschichten bei Probeschurf 3 und 11 weisen einen zu hohen Feinanteil mit 15,9 und 9,7 M.-% auf. Der zulässige Feinanteil von 7 M.-% wird deutlich überschritten.**
- **Die Tragfähigkeit der Schottertragschicht von ≥ 120 MN/m² ist bei Probeschurf 3 mit 80 MN/m² nicht erreicht und bei Probeschurf 11 mit 120 MN/m² erreicht. Die geringe Tragfähigkeit kann ggf. eine Auswirkung des Wasserzutritts bei Öffnung des Probeschurfes 3 in Verbindung mit dem hohen Feinanteil der Tragschicht.**
- **Risse in der Dränbetontragschicht wurden bei Bohrkernentnahmestelle 2, 5 und 8 nicht festgestellt.**

Bei allen Bohrkernentnahmestellen konnten Proben entnommen werden, wobei nicht an jedem Bohrkern Prüfungen vorgenommen werden konnten. Die Ergebnisse werden nachstehend dargestellt:

- **Während des Ortstermines wurde in der „Bramscher Str." ausschließlich eine Pkw-Verkehrsbelastung ausgemacht. Lkw's wurden während der gesamten Zeit nicht gesichtet. Nach mir vorliegenden Informationen wird die „Bramscher Str." primär durch Pkw-Verkehr als auch vereinzelt durch s.g. Sprinter und Anlieferfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 t belastet. Die „Bramscher Str." wird nicht von Sattelzügen und Bussen frequentiert.**
- **Die geprüfte Druckfestigkeit des Bettungsbetons variiert zwischen 11,4 und 41,4 N/mm². Die im Leistungsverzeichnis Pos. 1.8.100 angegeben Druckfestigkeit von 60 bis 70 N/mm² wird an keine Stelle erreicht, wobei die Prüfungen an einem Ausbaustück durchgeführt worden sind und somit die Druckfestigkeit im eingebauten Zustand simulieren. Nähere Erläuterungen siehe „Druckfestigkeit bettungsmörtel und Dränbetontragschicht" in diesem Gutachten.**

ENTWURF

- **Die geprüfte Druckfestigkeit des Bettungsbetons variiert zwischen 3,1 und 21,2 N/mm². Im Leistungsverzeichnis Pos. 1.8.70 ist keine Druckfestigkeit angegeben. Gemäß dem Merkblatt DBT [11] hat die Druckfestigkeit i.M. 8 N/mm², wobei kein Einzelwert kleiner 6 N/mm² betragen darf. Es sind 3 zusammenhängende Probekörper (D=150 mm, h= 125 mm) zu prüfen.**
- **Die Prüfungen der Haftzugfestigkeit haben ergeben, dass im Wesentlichen sehr gute Werte zwischen Fugenmörtel und Pflasterstein vorliegen.**
- **An allen – mit Ausnahme von Bohrkern 10 – ist kein Schichtenverbund zwischen Pflasterstein und Bettung sowie zwischen Bettung und Dränbetontragschicht vorhanden.**
- **Die bei allen Bohrkernen sichtbare zweistufige Fugenfüllung (oben Epoxidharzfugenmörtel, unten zementöser Fugenmörtel) hat keinen signifikanten Einfluss auf den entstandenen Schaden., auch wenn sich die obere Verfugung bei der Probenvorbereitung gelöst hat.**

Unter Berücksichtigung der v.g. Details ergibt sich folgende Schadensursache:
Das aufgetretene Erscheinungsbild begründet sich im Bereich der gebundenen Pflasterdecke und Dränbetontragschicht wie nachstehend beschrieben:

- **Die Risse und Schäden finden sich primär in Fahrtrichtung und im spurfahrenden Bereich der gebundenen Pflasterdecken wieder, siehe Fotoaufnahme DSC_0758. Es kann davon ausgegangen werden, dass minimale Bewegungen in der gebundenen Tragschicht und der Bettung die Rissbildungen verursacht haben. Dies begründet sich auf der einen Seite damit, dass beispielsweise bei nicht intakten Bohrkernen 2 und 5 gelöste Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht zu verzeichnen waren. Dieser Sachverhalt war auch bei Bohrkern 6 zu verzeichnen, der nicht unmittelbar in der Spur liegt und oberflächlich intakt erschien. Lose Gesteinskörner erzeugen eine Nachgiebigkeit, die bereits mechanische Risse entstehen lassen.**

ENTWURF

DSC_0785: Typischer Verkehr auf der „Bramscher Str.", Belastung des Angebotsstriefens

Der Bettungsmörtel wurde nach visueller Beurteilung eine Mischung aus Sand und grober Gesteinskörner verwendet. Derartige Bettungsmörtel sind grundsätzlich für verkehrsbelastete Flächen nachteilig. Die Verdichtung des Bettungsmörtels wird ausschließlich durch die Energie und Anzahl der Hammerschläge durchgeführt. Sind somit Bereiche im Querschnitt des Bettungsmörtels vorhanden, die keine optimale Kornabstufung aufweisen, kann es zu Nachverdichtungerscheinungen kommen, die Verformungen und demnach Risse erzeugen. In Abbildung 4 ist ein Einkornbeton schematisch dargestellt. Hier ist ersichtlich, dass einerseits Hohlräume vorhanden sind und andererseits Korn auf Korn steht und auch bei geringer Verdichtung ein kaum vorhandenes Nachverdichtungspotential vorhanden ist, vgl. dreiaxiale Druckfestigkeit.

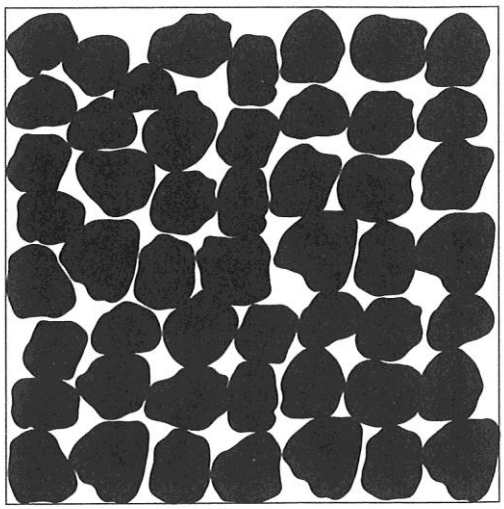


Bild 1.1: Haufwerksporiger Einkornbeton für die Entwässerung

Abbildung 4: Schematische Darstellung von Einkornbeton aus Schriftenreihe Spezialbeton Band 2 [18]

- **Durch Risse kann Feuchtigkeit eindringen und aufgrund zu geringer Hohlräume zu einer Entfestigung des Mörtelgefüges einerseits und zu einer erhöhten Frostbeanspruchungen andererseits kommen.**
- **Der nicht vorhandene Verbund begünstigt das Entstehen der vorhandenen Schäden. Ggf. wurde keine Haftbrücke verwendet oder diese wurde fehlerhaft eingebaut.**
- **Aufgrund des vorhandenen Rissbildes in Verbindung mit den sehr guten Ergebnisse der durchgeführten Haftzugfestigkeitsprüfungen wird eine primäre Schadensentstehung aufgrund thermischer Beanspruchung als untergeordnet angesehen.**
- **Im Bereich von Bewegungsfugen sind zum Teil Risse und Verformungen vorhanden. Diese können sich dadurch begründen, dass insbesondere im unmittelbaren Umfeld der Bewegungsfugen die Steinsetzer mit besonderer Vorsicht arbeiten und beim Versetzen der Steine der Bettungsmörtel eine geringere Verdichtung erfährt, was ein erhöhtes Nachverdichtungspotential erzeugt.**
- **Die entnommenen Proben im Bereich der Bewegungsfugen zeigen eine horizontale Beanspruchung bzw. Beschädigung der Dehnscheibe, was auf den fehlenden**

Schichtenverbund zwischen Pflasterstein und Mörtelbettung sowie eine horizontale Bewegung der „Pflastersteine mit Verfugung" zurückzuführen ist, siehe Fotoaufnahme DSC_0817.

DSC_0817: beanspruchte bzw. beschädigte Bewegungsfuge in der Schichtgrenze Pflastersteine/Mörtelbettung

- **Ein zusätzliches Schadenspotential aufgrund fehlender Einfassung zum Asphalt wurde nicht festgestellt.**

Zu 2. Die festgestellten Schadensursachen sind aufzugliedern in Planung und Bauausführung.

Dem Grunde nach muss festgehalten werden, dass bei einer sachgerechten Bauausführung die vorhandenen Schäden nicht aufgetreten wären, siehe hierzu auch die schadlose Übergänge in Abbildung 1 und auf den Fotoaufnahmen DSC_0747, DSC_0756 und DSC_0764. Die Schäden sind primär auf eine nicht sachgerechte Bauausführung zurückzuführen.
Die hohen Druckfestigkeiten der Bettung sind – wie im Spannungsnachweis ersichtlich – nicht erforderlich. Die fehlende Wasserdurchlässigkeit des Bettungsmörtels (aufgrund des visuell dichten Gefüges) hat das Voranschreiten des Schadensbildes nach Rissentstehung begünstigt. Dieser Sachverhalt ist nicht als primäre Schadensursache anzusehen. Die vorgesehene Planung, ohne das Vorsehen einer Einfassung zum Asphalt und der fehlenden Wasserdurchlässigkeit ist nicht als primäre Schadensursache anzusehen.

ENTWURF

Zu 3. Welche Möglichkeiten der Sanierung gibt es und welche Kosten entstehen hierfür?

Variante 1 – Teilbereiche in gebundene Pflasterbauweise

Es ist festzuhalten, dass Teilbereiche der gebundenen Bauausführung visuell in einem intakten Zustand sind, siehe hierzu bespielhaft die Übergänge 1, 2 und 3 in Abbildung 1. Sofern die Vorstellung besteht, den Angebotsstreifen in gebundener Bauweise bestehen zu lassen, gibt die die Möglichkeit, eine punktuelle Sanierung vorzunehmen. Hierzu müssen diverse kleine Teilflächen herausgeschnitten und fachgerecht wieder hergestellt werden. Da die Herstellung einer gebundenen Pflasterdecke ein hohes Fachwissen der Beteiligten erfordert, ist eine lückenlose Bauüberwachung einer derartigen Bauausführung von großer Bedeutung. Um die vorhandenen Asphaltschichten nicht zu unterhöhlen, sollten ausschließlich die Pflastersteine und die Mörtelbettung ausgebaut werden. Anschließend ist zu überprüfen, ob insbesondere die Gesteinskörnung der Dränbetontragschicht fest in die Zementmatrix eingebunden ist oder ob sich lose Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht befinden. Sollten sich lose Gesteinskörner an der Oberfläche der Dränbetontragschicht befinden, so ist die zu entfernen. Die Dränbetontragschicht ist auf jeden Fall zu säubern und möglich

Höhendifferenzen mit einem Grobkornmörtel auszugleichen. Als Bettungsmörtel ist ein s.g. Grobkornmörtel zu verwenden, wobei jeder Pflasterstein vor dem Versetzen vollflächig mit einer Haftbrücke zu beaufschlagen ist. Bewegungsfugen sollten im Abstand von max. 5 m realisiert werden.

Die Kosten für eine punktuelle Sanierung belaufen sich gemäß Anlage B1 auf ca. 145.000,00 €.

Variante 2 – Gesamter Abschnitt in Asphaltbauweise

Eine weitere Variante wäre, den kompletten Angebotsstreifen mit einer Asphaltbefestigung zu versehen. Hinsichtlich der Dränbetontragschicht ist die gleiche Vorgehensweise wie bei der gebundenen Pflasterdecke zu wählen. Unter Berücksichtigung s.g. Kerben kann dann nach dem Ausbau der gebundenen Pflasterdecke (Stein und Bettung) eine Asphalttragschicht, Asphaltbidnerschicht und eine Asphaltdeckschicht eingebracht werden.

Die Kosten für eine vollständige Sanierung in Asphaltbauweise belaufen sich gemäß Anlage B2 auf ca. 136.000,00 €.

ENTWURF

Bei Einholung von mehreren Angeboten können die Angebotspreise für die Variante 1 und 2 um ± 30% zu meiner Kostenkalkulation schwanken.
Bei Ausführung der Mängelbeseitigungsarbeiten können Gegebenheiten zutage treten, z.B. defekte Kabel oder Rohrleitungen, die zum Ortstermin noch nicht oder möglicherweise nur mit erhöhtem Aufwand zu erkennen waren. Hierdurch können sich die Kosten zu den Mängelbeseitigungskosten ebenfalls ändern.

3. Zusammenfassung

Wolfenbüttel, den 29.10.2018

Dipl.-Ing. Andreas Heiko Metzing

ENTWURF