

## Einfluss von Aufgrabungen auf die Dauerhaftigkeit des Straßenoberbaus

FGSV 1/2016

Forschungsstelle: Fachhochschule Münster, Fachbereich Bauingenieurwesen Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. H.-H. Weßelborg)

Bearbeiter: Weßelborg, H.-H. / Gierse, M.

Auftraggeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

Abschluss: Oktober 2018

### 1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Fachhochschule Münster wurde von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beauftragt, einen möglichen Einfluss von Aufgrabungen auf die Dauerhaftigkeit des Straßenoberbaus zu bestimmen. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollte deshalb untersucht werden, inwieweit sich eine Aufgrabung auf den baulichen Zustand einer Straße auswirkt. Dabei wurde zunächst der direkte Einfluss auf die Qualität und den Zustand beziehungsweise Zustandswert der Straße betrachtet. Darüber hinaus wurden mögliche Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit respektive Änderungen der Nutzungsdauer behandelt. Auf Basis dieser Fragestellungen wurde ein Untersuchungsprogramm entwickelt und bearbeitet, um die Einflüsse sowohl qualitativ, durch die Feststellung von möglichen Schadensbildern, als auch quantitativ, wie zum Beispiel den Einflussbereich von möglichen Folgeschäden nach einer Aufgrabung, zu ermitteln.

#### 1.1 Technische und bauvertragliche Anforderungen an Aufgrabungen

Aufgrund ihrer Besonderheit sind die bauvertraglichen Regelungen für Aufgrabungen in den "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen" (ZTV A-StB) [1] zusammengefasst. Ergänzend beziehungsweise als Ersatz hierzu haben einige Kommunen eigene Regelungen für Aufgrabungen, die örtliche Besonderheiten berücksichtigen. Beispiele hierfür sind die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Straßenbauarbeiten in Hamburg" (ZTV/St-Hmb.09) [2] und die "Technischen Vorschriften für das Wiederherstellen des Straßenoberbaus nach Aufgrabungen" (TV A-MS) der Stadt Münster [3].

### 2 Untersuchungen zum Einfluss von Aufgrabungen auf die Dauerhaftigkeit

Frühere Forschungsvorhaben beziehungsweise Gutachten [4,5,6,7] zeigten, dass durch Aufgrabungen ein Einfluss auf die Nutzungsdauer der Fahrbahnen gegeben ist. Dies hat Mehrkosten aufgrund Instandsetzungs- beziehungsweise Erneuerungsmaßnahmen zur Folge. Je eher die Aufgrabung nach dem Neubau des Straßenabschnitts hergestellt wird, desto größer sind die genannten Kosten. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden im Zeitraum November 2016 bis Juni 2018 in Münster aktuelle Untersuchungen an Aufgrabungen durchgeführt. Die hierzu benötigte Auswahl geeigneter Aufgrabungen erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt der Stadt Münster. Des

Weiteren stellte dieses dem Forschungsnehmer zur Bearbeitung benötigte Unterlagen, wie zum Beispiel Georadar- und Tragfähigkeitsmessungen, zur Verfügung. An 23 Aufgrabungsflächen wurden die möglichen Einflüsse auf die Dauerhaftigkeit des Straßenoberbaus untersucht. Die jüngste Aufgrabung wurde ein Jahr und die älteste 17 Jahre vor Beginn des Forschungsvorhabens hergestellt.

Gegenüber den früheren Forschungsvorhaben unterscheidet sich das aktuelle in der Vereinigung der Ergebnisse der nachfolgend genannten Untersuchungen:

- Nutzung mehrerer messtechnischer Zustandserfassungen und -bewertungen (ZEB),
- Durchführung einer visuellen ZEB,
- Befahrung der Aufgrabungen mittels Georadar,
- Bohrkernuntersuchungen,
- Tragfähigkeitsmessungen mit dem Falling Weight Deflectometer (FWD).

Bei den früheren Forschungsvorhaben wurden diese Untersuchungen entweder nicht in diesem Umfang durchgeführt [4,6,7] beziehungsweise in voneinander unabhängigen Methoden untersucht [5].

### 3 Untersuchungsergebnisse

Im Laufe der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass konkrete Aussagen zur Zustandsentwicklung der Aufgrabungen sowie dem Straßenabschnitt im Allgemeinen in diesem Projekt nicht wie zunächst vorgesehen möglich sind. Die Ursache hierfür ist unter anderem eine große Anzahl an Unbekannten, wie zum Beispiel der Zustand der Aufgrabungen zum Zeitpunkt der Herstellung. Auch wenn der genaue Einfluss von Aufgrabungen auf die Dauerhaftigkeit des Straßenoberbaus nicht quantifizierbar war, zeigten die durchgeführten Untersuchungen die nachfolgend dargestellten Indizien, welche Auswirkungen Aufgrabungen auf den Straßenkörper haben können.

#### 3.1 Messtechnische ZEB

Die Auswertung der in Münster im Turnus von vier Jahren durchgeführten messtechnischen ZEB-Messkampagnen zeigte, dass die Messabschnitte mit Aufgrabungen gegenüber den Referenzabschnitten ohne Aufgrabungen eine schnellere Verschlechterung des Zustands aufweisen. Aufgrund der nachfolgend beschriebenen Unsicherheiten bei der Verortung beziehungsweise Zuordnung der Messabschnitte zu den Aufgrabungen, sollte dies jedoch nur als ein erstes Indiz angesehen werden.

Bei der Auswertung der Oberflächenbilder der Messkampagne 2017 wurden Abweichungen der Stationierung der beiden Fahrbahnrichtungen von bis zu zwölf Metern festgestellt. Hierbei handelt es sich um verfahrensbedingte Ungenauigkeiten, die jedoch innerhalb der zulässigen Toleranzen der ZTV ZEB-StB [8] liegen. Für die Fragestellung (Betrachtung von Aufgrabungen) waren diese jedoch zu groß. Für die Messkampagnen, die vor 2017 durchgeführt wurden, waren die Oberflächenbilder nicht mehr

vorhanden. Da die beschriebenen Abweichungen vermutlich auch bei diesen Messkampagnen vorliegen, ist eine eindeutige Zuordnung der Aufgrabungen zu den jeweiligen Messabschnitten dieser Messkampagnen nicht möglich.

### 3.2 Visuelle ZEB

Eine durchgeführte visuelle ZEB zeigt, dass die Aufgrabungen in der Mehrzahl der Fälle in einem guten Zustand sind. Ein unzureichender Zustand wurde insbesondere aufgrund von Oberflächenschäden festgestellt. Der Anteil an Zustandswerten (ZW) oberhalb des Schwellenwerts ( $ZW \geq 4,5$ ) war bei diesem Teilwert mit 34,8 % am größten. Ursache hierfür war in allen Fällen die Verwendung eines nicht geeigneten, da zu grobkörnigen, Asphaltmischguts. Gegenüber der bestehenden Fahrbahn war der Zustandswert im Mittel jedoch um etwa 0,5 schlechter. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Zustand der Aufgrabungen durchgehend in einem schlechteren Zustand als der Bestand war. So wurde bei etwa einem Drittel der Aufgrabungen ein besserer Gesamt-Zustandswert der Aufgrabungen gegenüber dem angrenzenden Fahrbahnbereich erfasst. Bedingt durch einen schlechten Zustand des Bestands, stellten in diesen Abschnitten relativ neue und ordnungsgemäß hergestellte Aufgrabungen eine Verbesserung des Zustands dar. Eine grundsätzliche Verschlechterung des Zustands mit fortschreitendem Alter der Aufgrabungen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Vielmehr wurde eine individuelle Entwicklung des Zustands der Aufgrabungen festgestellt. Dies zeigt sich zum Beispiel darin, dass die ermittelten Einzelwerte der Untersuchungen sich teilweise deutlich von den entsprechenden Mittelwerten unterscheiden. Ursächlich hierfür sind nach Auffassung der Verfasser im Wesentlichen Ausführungsmängel in Bezug auf die Bautechnik. Hierzu gehören unter anderem die Dicke der Asphaltsschichten, die Schichtenfolge sowie die Ausbildung der Fugen und Nähte. Zusätzliche Einflussfaktoren sind unter anderem die Breite und Tiefe der Aufgrabungen, die Lage (Kreuzungs-/Randbereich) sowie die Verkehrsbeanspruchung.

### 3.3 Georadarmessungen

Ziel der Georadarmessungen war die Feststellung der Ausbreitung von Auflockerungen und Gefügestörungen. Trotz eines vergleichsweise großen Aufwands einer zweifachen Messung (400 MHz und 1,6 GHz) mit handgeführten Antennen konnten hierzu keine verlässlichen Aussagen getroffen werden. Der Einsatz von schnellfahrenden Messfahrzeugen (Roadscan) stellte sich aufgrund der kleinflächigen Abschnitte als ungeeignet heraus. Die Dicke des Asphaltoberbaus war sowohl für die Aufgrabungen als auch für die bestehende Fahrbahn erkennbar. Die einzelnen Schichtwechsel des Asphaltoberbaus waren hingegen nicht immer sichtbar [9]. Bei einem Großteil der Aufgrabungen wurden die Anforderungen an die Einbaudicke des Asphaltoberbaus eingehalten. Die Durchführung der Georadarmessungen war mit einem großen zeitlichen Aufwand verbunden und erforderte ein großes Fachwissen. Deshalb wird empfohlen, im Rahmen von Kontrollprüfungen auf Georadarmessungen zu verzichten. Die Einbaudicken können ebenso gut an Bohrkernen, die bei einem Einsatz des Georadars zur Kalibrierung ebenso notwendig sind, kontrolliert werden.

### 3.4 Bohrkernuntersuchungen

Zur Beurteilung der Einbauqualität wurden an den Bohrkernen der Aufgrabungsflächen für die einzelnen Schichten der Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt bestimmt.

Die Anforderungen an den Verdichtungsgrad wurden mit Ausnahme der Asphalttragdeckschichten bei allen Asphaltsschichten hierbei immer erfüllt. Bei den unteren Asphalttragschichten, die in den letzten fünf Jahren eingebaut wurden, war dies jedoch teilweise nur unter Berücksichtigung des geforderten Mindestverdichtungsgrads von 95,0 % (Handeinbau) der ZTV Asphalt-StB [10] möglich. Obwohl die Verdichtungsgrade der unteren Asphalttragschichten aufgrund der Sonderregelung für den Handeinbau auch bei den jüngeren Aufgrabungen zulässig sind, könnte dies ein Hinweis auf eine Verschlechterung der Einbauqualität in der Praxis sein. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine Beeinflussung der Ergebnisse durch eine Alterung des Bitumens nicht ausgeschlossen werden kann beziehungsweise sollte.

Die ermittelten Hohlraumgehalte sind sowohl bei den Bohrkernen als auch bei den Marshall-Probekörpern oftmals unzureichend, da diese den Anforderungswert überschreiten. Bei den Asphaltdeckschichten und Asphaltbinderschichten ist dies in etwa 25-30 % der Fall. Die Hohlraumgehalte der Asphalttragschichten sind sogar bei mehr als 50 % der Marshall-Probekörper oberhalb des Anforderungswerts. Bei den Asphalttragdeckschichten wurden durchgehend zu hohe Hohlraumgehalte ermittelt.

### 3.5 Tragfähigkeitsmessungen (FWD)

Für eine Beurteilung der Tragfähigkeit wurden an zehn Aufgrabungen Tragfähigkeitsmessungen mittels FWD durchgeführt. Es wurde die Tragfähigkeit des Untergrunds sowie des Gesamtsystems (Untergrund und Oberbau) bewertet [11].

Die Tragfähigkeit des Untergrunds war an allen zehn untersuchten Aufgrabungen ausreichend. Bei knapp der Hälfte der Messungen wurden dynamische Verformungsmodul von über 200 MN/m<sup>2</sup> ermittelt. Der dynamische Mindest-Verformungsmodul auf dem Planum von 90 MN/m<sup>2</sup> [11] wurde durchgehend überschritten.

Die gemessene Tragfähigkeit des Gesamtsystems (Untergrund und Oberbau) entsprach fast durchgehend einer Belastungsklasse < Bk0,3. Die Ergebnisse sind widersprüchlich zu der sehr guten Tragfähigkeit des Untergrunds sowie zu den übrigen Messergebnissen (Schichtdicken und Verdichtungsgrad). Aufgrund der Widersprüche wurden die Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessung für die weitere Auswertung nicht berücksichtigt. Die Ursachen für diese Widersprüche konnten nicht abschließend erfasst werden. Eine mögliche Erklärung könnte allerdings die geringe Aufgrabungsbreite von teilweise unter 1,50 m sein. Bedingt durch die Anordnung der Geofone mit einem Abstand von bis zu 1,80 m vom Lastzentrum hatte dies zur Folge, dass diese oftmals außerhalb der Aufgrabung auf der bestehenden Fahrbahn lagen.

### 3.6 Eignung der Messverfahren zur Kontrolle der Qualität von Aufgrabungen

Während der Projektbearbeitung wurde festgestellt, dass die derzeit gängigen Verfahren zum Teil für die spezielle Fragestellung (Aufgrabungen) ungeeignet sind beziehungsweise Schwachstellen aufweisen. Dies trifft insbesondere auf die messtechnische ZEB und die Tragfähigkeitsmessungen zu. Die visuelle ZEB sowie die Bohrkernuntersuchungen stellten sich hingegen als geeignete Bewertungsverfahren für Aufgrabungen heraus. Die Vor- und Nachteile der Messverfahren wurden dokumentiert.

### 4 Bewertungsmatrix

Für die Beurteilung des Ist-Zustands der Aufgrabungen wurde eine Bewertungsmatrix entwickelt. Diese stellt einen ersten Ansatz dar, der trotz der vielen Unbekannten und für die spezielle Fragestellung vorhandenen Schwachstellen der gängigen Messverfahren versucht, eine Gesamtbeurteilung des Zustands einzelner Aufgrabungen darzustellen. Hierbei werden neben den Zustandswerten der messtechnischen und visuellen ZEB auch die Ergebnisse der Schichtdickenbestimmung sowie die der Bohrkernuntersuchungen über Malus-Punkte berücksichtigt. Analog zu der Vorgehensweise der EMI [12] wird der Zustand der Aufgrabungen mit einer Gesamtbewertung zwischen 1,00 und 5,00 bewertet. Eine 1,00 stellt hierbei einen sehr guten und eine 5,00 einen mangelhaften Zustand dar.

Die Bewertungsmatrix liefert für die Aufgrabungen dieser Untersuchung plausible Ergebnisse. Inwieweit diese auf andere Kommunen übertragen werden können, sollte im Rahmen zukünftiger Forschungsvorhaben überprüft werden. Die Verwendung der Bewertungsmatrix als Grundlage für eine flächendeckende ZEB für Aufgrabungen wird nicht empfohlen. Der Mehrwert einer speziellen ZEB für Aufgrabungen gegenüber der "klassischen ZEB", bei der die Aufgrabungen miterfasst werden, wird als zu gering angesehen. Stattdessen sollte auf eine ordnungsgemäße Herstellung geachtet werden.

### 5 Fazit

Auch wenn der Einfluss von Aufgrabungen auf die Dauerhaftigkeit des Straßenoberbaus im Detail nicht quantifizierbar war, zeigten die durchgeführten Untersuchungen, dass insbesondere bei mangelhaft hergestellten Aufgrabungen ein Einfluss auf den Zustandswert und daraus folgend auf die Dauerhaftigkeit des Straßenoberbaus gegeben ist. Deshalb sollte von allen Beteiligten (Versorgungsunternehmen, Straßenbaulastträger, Bauunternehmen (Leitungsbau und Straßenbauunternehmen)) zwingend auf eine ordnungsgemäße Herstellung (Schichtfolge, Schichtdicken, Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt) gemäß dem Regelwerk der FGSV geachtet werden. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Beachtung der Anforderungen und Festlegungen in den ZTV A-StB [1] für die Dauerhaftigkeit von Aufgrabungen von wesentlicher Bedeutung ist. Aus Sicht des Straßenbaulastträgers ist in diesem Zusammenhang der Aufbau eines Kontrollprüfungssystems zweckmäßig. Werden hierbei schwere Mängel festgestellt, so sollte eine Aufforderung zur Mangelbeseitigung erfolgen.

Das Ziel dieser Maßnahmen ist es, die negative Entwicklung der Dauerhaftigkeit von Aufgrabungen auf ein Minimum zu reduzieren. Durch regelmäßige Kontrollgänge und gegebenenfalls anschließende Reaktion kann dieser Einfluss noch weiter minimiert werden. Des Weiteren zeigen die Untersuchungen, dass durch eine zielgerichtete Bauüberwachung ein zusätzlicher Beitrag zur Vermeidung von Mängeln geleistet werden kann.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB 12). Ausgabe 2012, FGSV Verlag, Köln, 2012.
- [2] Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI) (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Straßenbauarbeiten in Hamburg (ZTV/St-Hmb.09). Ausgabe 2009, Fassung 11/17, Hamburg, 2017.
- [3] Stadt Münster-Tiefbauamt (Hrsg.): Technische Vorschriften für das Wiederherstellen des Straßenoberbaus nach Aufgrabungen (TV A – MS). 2. Korrigierte Auflage November 2002, Münster, 2002.
- [4] Schmuck, A. / Maerschalk, G.: Auswirkungen örtlich begrenzt auftretender Mängel der Straßenbefestigung auf die Notwendigkeit rechtzeitiger Erhaltungsmaßnahmen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (FSS), Heft 555, Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg, 1988.
- [5] Staubli, R. / Dreyer, J. / Herlyn, A.: Wechselwirkung zwischen Aufgrabungen, Zustand und Alterungsverhalten im kommunalen Strassennetz – Entwicklung eines nachhaltigen Aufgrabungsmanagements. Forschungsprojekt VSS 2009/704 auf Antrag des Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich, 2014
- [6] Bühler, B. / Becker, P. von: Gutachten. Folgewirkung von Straßenschäden durch Aufbrüche. Teil 1. Gutachten im Auftrag des Amtes für Straßen und Verkehrstechnik der Stadt Köln, TÜH Technische Überwachung Hessen GmbH, Bauwesen und Erhaltungsmanagement, Darmstadt, 1996.
- [7] Krause, G.: Gutachten. Folgewirkung von Straßenschäden durch Aufbrüche. Teil II. Gutachten im Auftrag des Amtes für Straßen und Verkehrstechnik der Stadt Köln, Ingenieurbüro SEP Maerschalk, München, 1998.
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen (ZTV ZEB-StB). Ausgabe 2006, korrigierter und geänderter Nachdruck 2018, FGSV Verlag, Köln, 2007.
- [9] Gogolin, D. / Winkelmann, S.: Gutachten Nr.: 17-1786-01. Untersuchung von Aufbrüchen an verschiedenen Straßen in Münster. Georadaruntersuchung und Probenahmen. Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH, Dortmund, 2018.

- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 07/13). Ausgabe 2007/Fassung 2013, FGSV Verlag, Köln, 2014.
- [11] Gogolin, D.: Bericht Nr.: 17-1786-02. Untersuchung von Aufbrüchen an verschiedenen Straßen in Münster. Tragfähigkeitsmessungen mittels FWD. Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH, Dortmund, 2018.
- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.): Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen (E EMI 2012). Ausgabe 2012, FGSV Verlag, Köln, 2012.

