

# Gussasphalt ohne Abstreuung

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 79

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

# Gussasphalt ohne Abstreuung

von

Oliver Ripke

Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Mit Unterstützung  
der Referate S1 und F3 der BAST  
und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Straßenbau Heft S 79**

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die Berichte der BAST zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/benutzung.php?la=de>

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 1100.3511000**  
Gussasphalt ohne Abstreuerung

### **Herausgeber**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0  
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

### **Redaktion**

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

### **Druck und Verlag**

Fachverlag nw in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9323  
ISBN 978-3-95606-009-0

Bergisch Gladbach, April 2013

## Kurzfassung – Abstract

### Gussasphalt ohne Abstreuerung

Bedingt durch die wachsende Problematik des Verkehrslärms ist die akustische Optimierung von Asphaltdeckschichten seit über 20 Jahren eine wichtige Aufgabenstellung in der Asphalttechnologie. Nach einem ersten Forschungsschwerpunkt auf offenporige Asphalte wurde anschließend der Fokus auf dichte Deckschichten gerichtet.

Eine dieser neueren Konzepte ist die Bauweise Gussasphalt ohne Abstreuerung, auch als Gussasphalt mit offenporiger Struktur bezeichnet. Als Abkürzung wird derzeit PMA (Porous Mastic Asphalt) verwendet. Die Grundidee dieser Bauweise besteht darin, die untere Zone der Deckschicht möglichst dicht, d. h. ähnlich einem Gussasphalt, auszubilden, während sich an der Oberfläche eine offene Textur einstellt, die gemeinsam mit dem kleinen Größtkorn gute akustische Eigenschaften zeigt. Erreicht wird dies durch eine spezielle Zusammensetzung des Mischguts mit einem großen Anteil grober Gesteinskörnungen, feiner Gesteinskörnungen, die auf 1 mm begrenzt sind, und einem abgesenkten Fülleranteil. Diese reduzierte Mörtelmenge führt zur gewünschten definierten Ausfüllung des Korngerüsts.

Zur Überprüfung dieser These bieten sich Analysen mit Röntgen-Computertomografie an, die erlauben, die wahre Hohlraumverteilung in Probekörpern zu ermitteln. Die bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin durchgeführten Messungen zeigen das grundsätzliche Funktionieren der Bauweise. Bei genauer lokaler Betrachtung jedoch können größere Schwankungen detektiert werden, die bis zum Verlassen des Konzeptes führen können. Durchgehende Hohlraumstrukturen bis zur Unterlage sind dabei möglich, die sich auch auf die Oberflächengestalt auswirken. Die bautechnischen Ursachen sind noch nicht näher geklärt. Infrage kommen alle am komplexen Prozess Asphaltbau beteiligten Parameter, die generell, auch beim herkömmlichen Einbau von Walzasphalt, zu Schwankungen führen.

Die Messung der Oberflächeneigenschaften Griffigkeit, Ebenheit und Schallemission ergab ein insgesamt homogenes Verhalten des betrachteten Streckenabschnitts. Die Ermittlung des Schallpegels nach statistischer Vorbeifahrt zeigte für Pkw bei

120 km/h eine Minderung gegenüber dem Referenzpegel von 3 dB (A). Das Optimierungsziel – dichte Asphaltdeckschicht mit guten akustischen Eigenschaften – wurde erreicht.

In der Erprobung der noch jungen Bauweise PMA stellt der betrachtete Abschnitt auf der BAB A 4 aufgrund seiner Länge und Verkehrsbelastung einen wichtigen Meilenstein dar, der sich bis zum jetzigen Zeitpunkt insgesamt vielversprechend verhielt. Vor einer Aufnahme als Regelbauweise in die ZTV Asphalt-StB müssen Fragestellungen in den Themenfeldern Laborverfahren, Mischgutkonzeption bzw. Einbauhomogenität und Dauerhaftigkeit beantwortet werden.

Für die Themenfelder sind bereits weitergehende Forschungsaktivitäten in Bearbeitung, die bis Anfang 2014 Ergebnisse erwarten lassen. Die Frage der Dauerhaftigkeit wird die Zeit selbst beantworten.

### Mastic asphalt without sanding

The worsening problem caused by the increase in traffic noise has resulted in the acoustic optimization of asphalt pavements being an important task to tackle in the asphalt technology field for more than 20 years. After the initial research focus had been placed on porous asphalt, the focus was subsequently switched to dense pavements.

One of these more modern concepts is the mastic asphalt without sanding construction method, also referred to as mastic asphalt with an open pores structure. The current abbreviation for this is PMA (Porous Mastic Asphalt). The basic idea behind this construction method is the forming of the bottom zone of the pavement being designed as dense as possible, i.e. similar to a mastic asphalt design with an open structure becoming apparent on the surface which, together with the small largest grain, displays good acoustic properties. This is achieved by a special composition of the mixture with a large proportion of coarse rock grains, fine rock grains that are restricted to 1 mm and a reduced proportion of filler. This reduced amount of mortar provides the desired defined filling for the granular structure.

Analyses using X-Ray computer tomography which enable the actual pores distribution in the test specimen to be determined are suitable for the validation of this theory. The measurements that were carried out by the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) in Berlin prove that the construction method functions basically. When taking a closer look however, one can detect large fluctuations which could give reason to dispense with the concept.

Continuous cavity space structures which extend down to the substrate are hereby possible and can even have an effect on the surface design. The structural causes for this have not been clarified in detail. These fluctuations could be caused by any of the parameters which play a part in the complex asphalt installation process which generally play a part, including in the conventional installation of rolled asphalt.

The measuring of the surface properties grip, evenness and acoustic emission resulted in the determination that the stretch of road that was being considered had a homogenous behaviour. The determination of the noise level on the basis of a statistical passing by traffic showed a reduction of 120 km/h for cars when compared with the reference level of dB (A). The optimisation target – a dense pavement with good acoustic properties – has been achieved.

When it comes to testing the PMA construction method which is still a recent one, the section being considered on the A4 motorway can be considered to be an important milestone due to its length and traffic loads, it proving itself to be very promising all in all. Before it can be included in the Additional Technical Regulations for Asphalt-Road Construction (ZTV Asphalt-StB) as a standard construction method, questions need to be answered in advance on the subjects laboratory procedures, mixture conception or installation homogeneity and durability.

Advanced research activities are being worked on in these subjects and results are expected by the beginning of 2014. The question as to the durability can only be answered in the course of time.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Untersuchungsstrecke</b>	
	<b>BAB A 4 Köln-Klettenberg</b> .....	8
2.1	Streckendaten .....	8
2.2	Mischgutzusammensetzung .....	8
2.3	Einbautechnik .....	9
<b>3</b>	<b>CT-Untersuchungen</b> .....	9
3.1	Methodik .....	9
3.2	Gewinnung von Probekörpern .....	10
3.3	Auswertung .....	10
3.3.1	Allgemeines .....	10
3.3.2	Hohlraumgehalt .....	10
3.3.3	Vertikale Hohlraumverteilung .....	11
3.3.4	Charakterisierung der Hohlraumqualität .....	12
3.3.5	Charakterisierung der Oberflächen- struktur .....	13
<b>4</b>	<b>Oberflächeneigenschaften</b> .....	14
4.1	Griffigkeit .....	14
4.2	Längsebenheit .....	14
4.3	Lärmemission .....	15
<b>5</b>	<b>Weiterführende Aktivitäten</b> .....	17
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> ...	17



## 1 Einleitung

Bedingt durch die wachsende Problematik des Verkehrslärms ist die akustische Optimierung von Asphaltdeckschichten seit über 20 Jahren eine wichtige Aufgabenstellung in der Asphalttechnologie. Nach einem ersten Forschungsschwerpunkt auf offenporige Asphalte wurde anschließend der Fokus auf die auf den Bundesautobahnen langjährig bewährte Bauweise Gussasphalt (GA) gelegt. Vor etwa fünf Jahren kam die akustische Optimierung von dichten Deckschichten wie Splittmastixasphalt (SMA) und anderen neuen Konzepten hinzu.

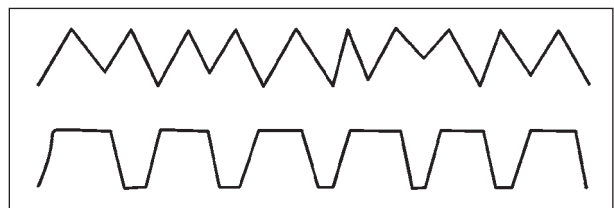
Gussasphalt zeigt gegenüber Walzasphalten eine Reihe von Vorteilen: Zu nennen ist zum einen die Dichtigkeit der fertigen Schicht, die verhindert, dass Wasser in die darunterliegenden hohlraumreichen Binderschichten eindringen kann, zum anderen die hohe Griffigkeit und Standfestigkeit. Dies führt insgesamt zu einer sehr dauerhaften Bauweise.

Die zentrale bautechnische Fragestellung bei der lärmtechnischen Optimierung von GA zielt auf die Gestaltung und Ausführung der Oberfläche ab. Beim maschinellen Einbau von GA mit einer Bohle entsteht ein „Mörtelspiegel“, der zur Sicherstellung der Griffigkeit aufgeraut werden muss. Dazu wird bei herkömmlichem gewalztem GA grobe Gesteinskörnung 2/5 mm, bei älteren Strecken sogar 5/8 mm, aufgestreut und mit Hilfe von Gummirad- und Glattmantelwalzen eingedrückt. Dieses Walzen ist notwendig, um zum einen große Mengen in die Oberflächen einarbeiten zu können, zum anderen um entstandene Kanülen zu schließen, die durch eingeschlossenes verdampfendes Wasser entstehen können. Diese Bauweise stellt im Prinzip die Referenz (Korrekturwert  $D_{StrO} = 0$  dB (A)) der „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 1990 (RLS-90)“ dar. Sie wird dort als „nicht geriffelt“ bezeichnet und ist mit einem mittleren Pegel von 85,2 dB (A) belegt. Die Verwendung von relativ groben Gesteinskörnungen als Abstreumaterial und ein unruhiges Oberflächenbild durch den Walzeneinsatz ermöglichen hier keine Minderung des Pegels.

Die Schallemission von GA kann durch den Verzicht auf den Walzeneinsatz und die Verwendung

von kleineren Gesteinskörnungen 2/3 mm oder 2/4 mm als Abstreumaterial verbessert werden. Nach einer größeren Zahl von Erprobungsstrecken konnte die Bauweise „Lärmarmen Gussasphalt“ im September 2010 mit einem Korrekturwert  $D_{StrO} = -2$  dB (A) in die Tabelle 4 der RLS-90 aufgenommen werden.<sup>1</sup> Diese Gussasphaltvariante stellt hohe Ansprüche an die Bauausführung. So ist ein Einbau auf trockener Unterlage zwingende Voraussetzung für die Vermeidung von Blasen und Kanülen. Zudem müssen hohe Anforderungen an das Abstreumaterial gestellt werden. Gesteinskörnungen mit möglichst kubisch geformten Körnern, wenig Unterkorn und mit großen Anteilen an der oberen Grenze der Lieferkörnung sind zu bevorzugen. Zur optimalen Einbindung des Abstreumaterials in den Mörtelspiegel des Gussasphalts ist dieses leicht mit Bitumen zu umhüllen und direkt nach Verlassen der Mischanlage in heißem Zustand zum Einbau zu transportieren. Das Abstreuen selbst erfolgt mit einer Menge von etwa 12 kg/m<sup>2</sup> und deutlichem Überschuss, sodass hier vor der Verkehrsfreigabe große Mengen losen Materials wieder entfernt werden müssen.

Mit der Bauweise „Lärmarmen Gussasphalt“ steht eine Asphaltdeckschicht zur Verfügung, die es mit sorgfältiger Bauausführung erlaubt, GA weiterhin mit einem definierten Maß an Lärminderung einsetzen zu können. Eine weitere Optimierung der lärmindernden Wirkung über das oben genannte Maß hinaus erscheint schwierig. Dies ist vor allem in dem konvexen Texturtyp von GA begründet, der durch die Methodik „Abstreuen mit Überschuss“ entsteht. Hierbei werden die Gesteinskörnungen ungeordnet in den Mörtelspiegel eingebunden, im Gegensatz dazu Walzasphalt, bei dem die oberste Lage grober Gesteinskörnungen durch den Verdichtungsvorgang derart ausgerichtet wird, dass jeweils eine platte Seite der Körner nach oben zeigt. Es entsteht der akustisch vorteilhafte konkave Texturtyp oder „Plateau mit Schluchten“ (s. Bild 1).



**Bild 1:** Grundtypen der Textur einer Straßenoberfläche, oben: Gussasphalt (konvexe Form), unten: Walzasphalt (konkave Form – Plateaus mit Schluchten)

<sup>1</sup> Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau 22/2010. StB 13/7144.2/02-01/1261717. Bonn, 04.09.2010



Zur weiteren Verbesserung der akustischen Eigenschaften von GA müsste der Texturtyp in Richtung konkave Form verändert werden, was nur durch einen Verzicht auf die Abstreuerung möglich erscheint. Eine griffige, verkehrssichere Textur müsste durch eine Beschichtung, Auftrag einer Verschleißschicht, oder durch das Mischgut selbst sichergestellt werden.

Die sehr stark von der Empirie geprägte Straßenbauforschung erzielt manchmal Fortschritte durch zufällige Ereignisse. Bei einem vom Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen initiierten Versuchseinbau von GA, bei dem bewusst auf die Abstreuerung verzichtet werden sollte, stellte sich nicht der übliche Mörtelspiegel ein, sondern es kam zur Ausprägung einer Oberfläche, die Ähnlichkeiten mit offenporigen Asphalt aufwies. Die nachfolgende Analyse des auf den ersten Blick verunglückten Einbaus kam zu der Erkenntnis, dass ein derartiger GA durchaus als Asphaltdeckschicht zu verwenden ist und sie die Dichtigkeit eines GA mit den guten akustischen Eigenschaften einer konkaven offenen Textur verbinden müsste. Die neuartige Bauweise wurde mit dem Arbeitstitel Porous Mastic Asphalt (PMA) bezeichnet.

Vor der Entwicklung in Deutschland wurde in Japan an einem ähnlichen Konzept gearbeitet. Anlässlich einer dänisch-niederländischen Studienreise im Jahre 2005 wurde von den japanischen Gastgebern eine dort als „Hybrid Pavement“ bezeichnete Asphaltdeckschicht vorgestellt. Ziel ist hier die Verbesserung der mechanischen Stabilität bzw. die Reduzierung von Schäden in offenporigen Deckschichten durch Schneepflüge im schneereichen Norden.<sup>2</sup>

Die weiteren Arbeitsschritte in der deutschen Entwicklung waren die Konzeption einer Mischgutrezeptur und der Beginn der Erprobung auf einer Werkstraße. Nach einem recht zügigen ersten Einsatz auf einer Bundesautobahn, der BAB A 44 im AK Neersen, folgte die BAB A 24 bei Neuruppin, eine Untersuchungsstrecke mit mehreren Abschnitten aus dem Projekt „Leiser Straßenverkehr 2“. Im Jahre 2010 kam schließlich der hier betrachtete Abschnitt auf der BAB A 4 zur Ausführung.

<sup>2</sup> BREDAHL NIELSEN, C. et al.: Noise reducing pavements in Japan – study tour report. Danish Road Institute, Technical Note 31, ISBN electronic 87-91177-77-4, Dezember 2005

<sup>3</sup> Bundesanstalt für Straßenwesen. <http://www.bast.de>. Automatische Zählstellen 2009. Download: 31.05.2012.

Mit Erlass Az. StB27/7128.2/1/1263002 vom 06.08.2010 wurde die Bundesanstalt für Straßenwesen beauftragt, die Eigenschaften dieser Untersuchungsstrecke zu erfassen und zu prüfen, ob und wie diese Bauweise in das Straßenbau-Regelwerk aufgenommen werden kann.

## 2 Untersuchungsstrecke BAB A 4 Köln-Klettenberg

### 2.1 Streckendaten

Der betrachtete Streckenabschnitt befindet sich auf der BAB A 4 zwischen der AS Köln-Klettenberg und dem AK Köln-West (Betriebskilometer 68,1 bis 64,1) in Fahrtrichtung West bzw. Aachen. Der Abschnitt weist einen hohen Anteil des Schwerverkehrs von 11,5 % (6.331 Kfz/24 h)<sup>3</sup> auf. Auftraggeber der Baumaßnahme war der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen.

### 2.2 Mischgutzusammensetzung

Das in der Einleitung geschilderte Verhalten des Mischguts beim Einbau, d. h. die Ausprägung der offenporigen Oberfläche und das Verfüllen der unteren Deckschicht-Zone, muss durch die Zusammensetzung gesteuert werden. Die prinzipiellen Unterschiede im Gesteinskörnungsgemisch sind in Bild 2 ersichtlich. Eine mögliche Sieblinie eines PMA 5 ist hier einem MA 5 S nach TL Asphalt-StB 07 gegenübergestellt. Auffällige Merkmale sind der hohe Anteil grober Gesteinskörnungen im PMA, feine Gesteinskörnungen, die auf 1 mm begrenzt sind, und

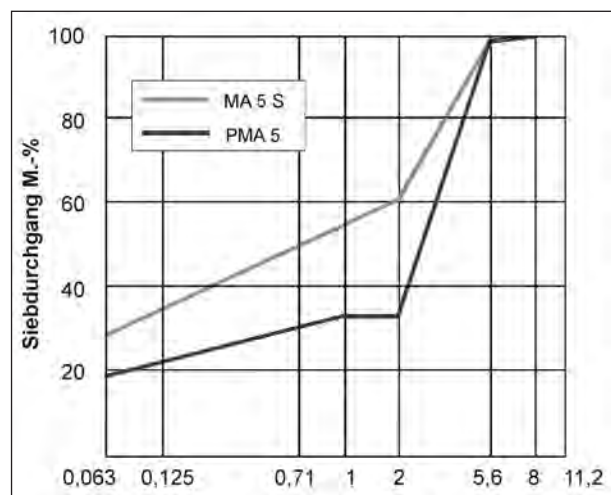


Bild 2: Prinzipielle Darstellung Gesteinskörnungsgemisch PMA 5 im Vergleich zu MA 5 S

Mischgut		PMA 5 BAB A 4	MA 5 S nach TL Asphalt
Gestein grobe Gesteinskörnung (GK)		Basanit	---
Korngrößenverteilung:			
grobe GK	[M.-%]	71,8	35 bis 45
feine GK	[M.-%]	8,7	23 bis 41
Füller	[M.-%]	19,5	24 bis 32
Bindemittelgehalt	[M.-%]	6,8	min. 7,0*
Bindemittel		Sübit VR 35** + Haftmittel	20/30; 30/45; 10/40-65; 25/55-55
Erweichungspunkt Ring und Kugel	[°C]	91,5	---
Eindringtiefe 30 Min. 40 °C	[mm]	1,8	max. 3,0
Eindringtiefe 60 Min. 40 °C	[mm]	2,0	---
Zunahme nach 30 Min. 40 °C	[mm]	0,2	max. 0,4
Dynamische Stempel Eindringtiefe	[mm]	1,8	ist anzugeben
* bezogen auf eine Gesteinsrohichte von 2,65 g/cm <sup>3</sup>			
** viskositätsverändertes Bindemittel			

Tab. 1: Zusammensetzung Mischgut BAB A 4 (Angaben gemäß Erstprüfung) im Vergleich zu MA 5 S nach TL Asphalt-StB 07

ein abgesenkter Fülleranteil. Diese reduzierte Mörtelmenge<sup>4</sup> führt zusammen mit einem viskositätsveränderten Bindemittel zur gewünschten definierten Ausfüllung des Korngerüsts. Die oberste Zone bleibt dabei ausgespart und die offenporige Oberfläche bildet sich aus. Ziel muss sein, die untere Zone nahezu hohlraumfrei, ähnlich einem GA, auszubilden.

In der Tabelle 1 ist die Zusammensetzung des Mischguts des betrachteten Abschnitts auf der BAB A 4 den Anforderungen an einen MA 5 S nach TL Asphalt-StB 07 gegenübergestellt. Wie bei viskositätsveränderten Bindemitteln üblich zeigt sich ein hoher Erweichungspunkt Ring und Kugel, der sich in geringen Eindringtiefen widerspiegelt. Verformungen des Mischguts sind so begrenzt. Im Gegensatz zu herkömmlichen GA ist jedoch in der oberen Zone der PMA-Schicht Luftzutritt möglich und somit eine Oxidation des Bindemittels. Ähnlich dem Schadensmechanismus bei offenporigem Asphalt (OPA) könnte hier nach einer Verhärtung des Bindemittels Kornausbruch einsetzen.

## 2.3 Einbautechnik

Der Einbau erfolgte im Frühjahr 2010 mit konventionellem Asphaltstraßenbaugerät, d. h. ohne die

beim klassischen GA-Einbau notwendigen Rührwerksbehälter und ohne GA-Bohle. Der eingesetzte Straßenfertiger arbeitete ohne Vibration der Glättbleche und damit nahezu ohne Vorverdichtung an der Bohle. Zur Erzielung einer guten Oberflächenebenheit wurden zwei Glattmantelwalzen eingesetzt, die keine Verdichtungsfunktion hatten.

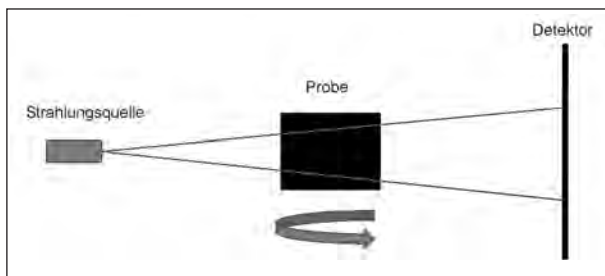
Die maximale Mischguttemperatur lag bei 200 °C, die minimale Einbautemperatur bei 180 °C und somit etwa 30 °C unter dem Niveau von GA-Einbau, aber 20 bis 30 °C über dem Niveau von Walzasphalten.

## 3 CT-Untersuchungen

### 3.1 Methodik

Zur Überprüfung der Grundidee der Bauweise PMA – obere Zone offenporig (Porous), untere Zone dicht (Mastic), dienten Röntgen-Computertomografie-Messungen. Dieses Verfahren erlaubt die präzise Darstellung und Quantifizierung der realen Hohlraumverteilung eines Probekörpers. Die in der Asphalttechnologie sonst üblichen Verfahren zur Bestimmung des Hohlraumgehalts erlauben dies nicht, sondern ergeben einen einzelnen Wert, unabhängig von der inneren Verteilung der Hohlräume. Mit der Untersuchung wurde die Bundesanstalt

<sup>4</sup> Mörtel: Bindemittel + Füller + feine Gesteinskörnungen



**Bild 3:** Prinzipdarstellung Röntgen-CT

für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, beauftragt. Die nachfolgenden Ergebnisse sind dem Abschlussbericht des zugeordneten Forschungsvorhabens entnommen.<sup>5</sup>

Bei dem eingesetzten Verfahren wird der Probekörper auf einem Drehteller gelagert und unter verschiedenen Blickwinkeln durchstrahlt. Die Durchstrahlungsbilder werden auf einem hinter dem Probekörper liegenden Flachdetektor aufgezeichnet und IT-gestützt ausgewertet (Bild 3).

### 3.2 Gewinnung von Probekörpern

Aus dem betrachteten Streckenabschnitt der BAB A 4 wurden an zwei räumlich getrennten Querschnitten jeweils fünf Bohrkerne mit einem Durchmesser von 150 mm aus dem Standstreifen entnommen. Dabei handelt es um folgende Stationierungen:

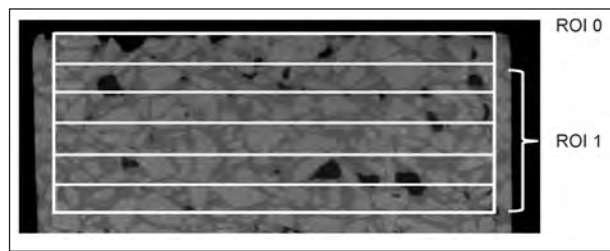
- km 65,660, Probebezeichnung M1,
- km 64,350, Probebezeichnung M2.

Nach dem Abtrennen der nicht benötigten unteren Asphaltsschichten in der BAST wurden die Proben der BAM übergeben und dort mittels Hochdruckwasserschneidens weiterbearbeitet. Dieses Verfahren beansprucht die Probe selbst im Randbereich mechanisch nur wenig und erlaubt relativ schmale Schnittbreiten. Damit konnte der Durchmesser der Proben auf 70 mm reduziert werden. Die Höhe der Asphaltdeckschicht aus PMA beträgt etwa 25 mm. Jeweils vier Proben wurden in die Auswertung einbezogen

## 3.3 Auswertung

### 3.3.1 Allgemeines

Das Verfahren reagiert grundsätzlich auf Dichteunterschiede der durchstrahlten Probe und bildet sie



**Bild 4:** Definition der horizontalen Schnitte (ROI) (Quelle: Abschlussbericht BAM)

in einem Grauwert histogramm ab. Je größer der Dichteunterschied zweier Phasen oder Stoffe ist, umso präziser können diese in der Auswertung erfasst bzw. getrennt dargestellt werden. Beim 3-Phasen-System Asphalt, bestehend aus dem Bindemittel Bitumen, dem Gestein und der Luft der Hohlräume, ist dies aufgrund der deutlichen Dichteunterschiede gut möglich. Schwierig ist beispielsweise die Trennung von Gestein und Schmutz in Hohlräumen, etwa bei OPA, da Letzterer meist, wie die Gesteinsphase, aus Partikeln mineralischen Ursprungs besteht. Die Auswertung kann hinsichtlich unterschiedlicher Fragestellungen durchgeführt werden, die in den folgenden Kapiteln dargestellt werden.

Für die Teilauswertungen werden gedachte horizontale Schnitte gleichen Abstands durch die Probekörper vorgenommen, die mit ROI (Region Of Interest) bezeichnet werden (Bild 4). Als Referenzoberfläche (ROI 0) wird hierbei eine mittlere Ebene herangezogen, die anhand von zehn manuell ausgewählten lokal höchsten Punkten gebildet wird. Der Abstand der darunterliegenden horizontalen Schnitte, zusammengefasst als ROI 1 bezeichnet, beträgt jeweils 70 dreidimensionale Bildpunkte (Voxel). Bei der möglichen Auflösung der Auswertesoftware entspricht dies 4,34 mm. Damit ergeben sich 6 horizontale Bereiche, ROI 0 oben, und ROI 1-1 bis 1-5 darunterliegend.

### 3.3.2 Hohlraumgehalt

In Tabelle 2 sind die lokalen Hohlraumgehalte der Schnitte ROI 0 (Oberfläche) und ROI 1 (Schnitte unterhalb der Oberfläche) dargestellt.

Der Vergleich der einzelnen Mittelwerte zeigt einen deutlichen Unterschied der beiden Probe-Entnah-

<sup>5</sup> Forschungsvorhaben FE 89.0258/2011. Abschlussbericht vom 28.03.2012. Autoren: RECKNAGEL, Ch., STAUDE, A.

mestellen. Die Proben aus M2 sind deutlich hohlraumreicher, sowohl im Bereich der Oberfläche wie auch in der unteren Zone der Deckschicht. Die Proben aus M1 zeigen hingegen das bei der Bauweise PMA gewünschte Verhalten: eine offenporige Ober-

fläche (mittlerer Hohlraumgehalt 20,5 Vol.-%) und unterhalb eine dichte Schicht mit einem mittleren Hohlraumgehalt von 2,8 Vol.-%.

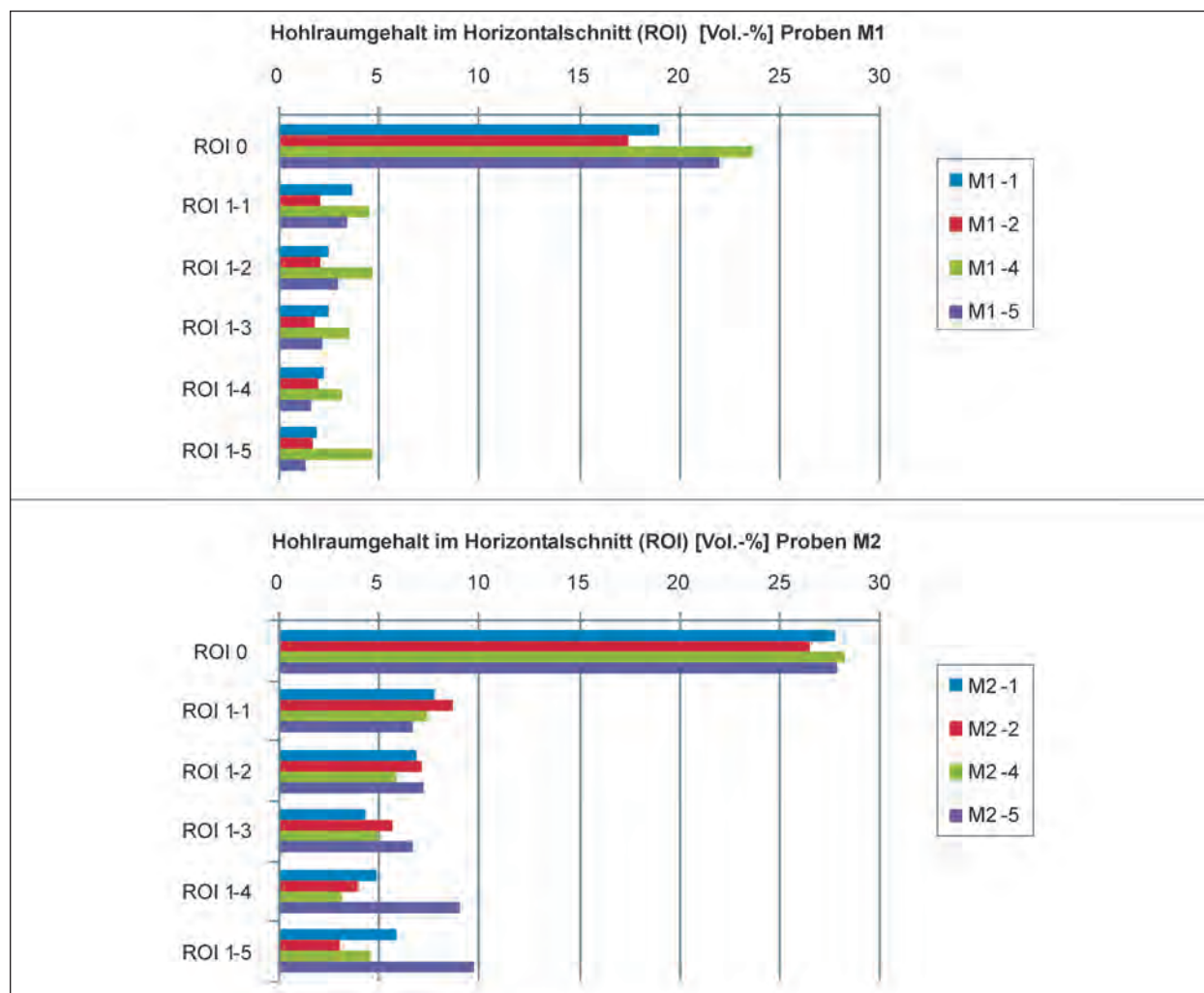
### 3.3.3 Vertikale Hohlraumverteilung

Wie in Bild 4 dargestellt, ist die Zone ROI 1 wiederum in fünf Einzelschnitte aufgeteilt. Zusammen mit dem Oberflächenschnitt ROI 0 können somit die jeweiligen Hohlraumgehalte in einem Diagramm aufgetragen werden, sodass sich eine vertikale Hohlraumverteilung ergibt und die Mittelwerte aus Tabelle 2 aufgelöst werden können.

Die Proben M1 erreichen schon im ersten Horizontalschnitt ROI 1-1 mit im Mittel 3,4 Vol.-% fast den Mittelwert des gesamten Bereichs ROI 1 von 2,8 Vol.-%. Die Proben aus M2 gehen hier, allerdings von einem höheren Niveau an der Oberfläche, nur auf einen Wert von im Mittel 7,7 Vol.-% zurück (s. Bild 5). Auch in den darunterliegenden Schnitten

Probe	Lokaler Hohlraumgehalt ROI 0 [Vol.-%]		Lokaler Hohlraumgehalt ROI 1 [Vol.-%]	
M1-1	19,0	Mittelwert <b>20,5 ±2,8</b>	2,6	Mittelwert <b>2,8 ±0,9</b>
M1-2	17,4		2,0	
M1-4	23,7		4,1	
M1-5	22,0		2,3	
M2-1	27,7		5,9	
M2-2	26,5	5,7		
M2-4	28,2	5,2		
M2-5	27,8	7,9		

**Tab. 2:** Lokale Hohlraumgehalte an der Oberfläche (ROI 0) und im inneren Bereich (ROI 1)



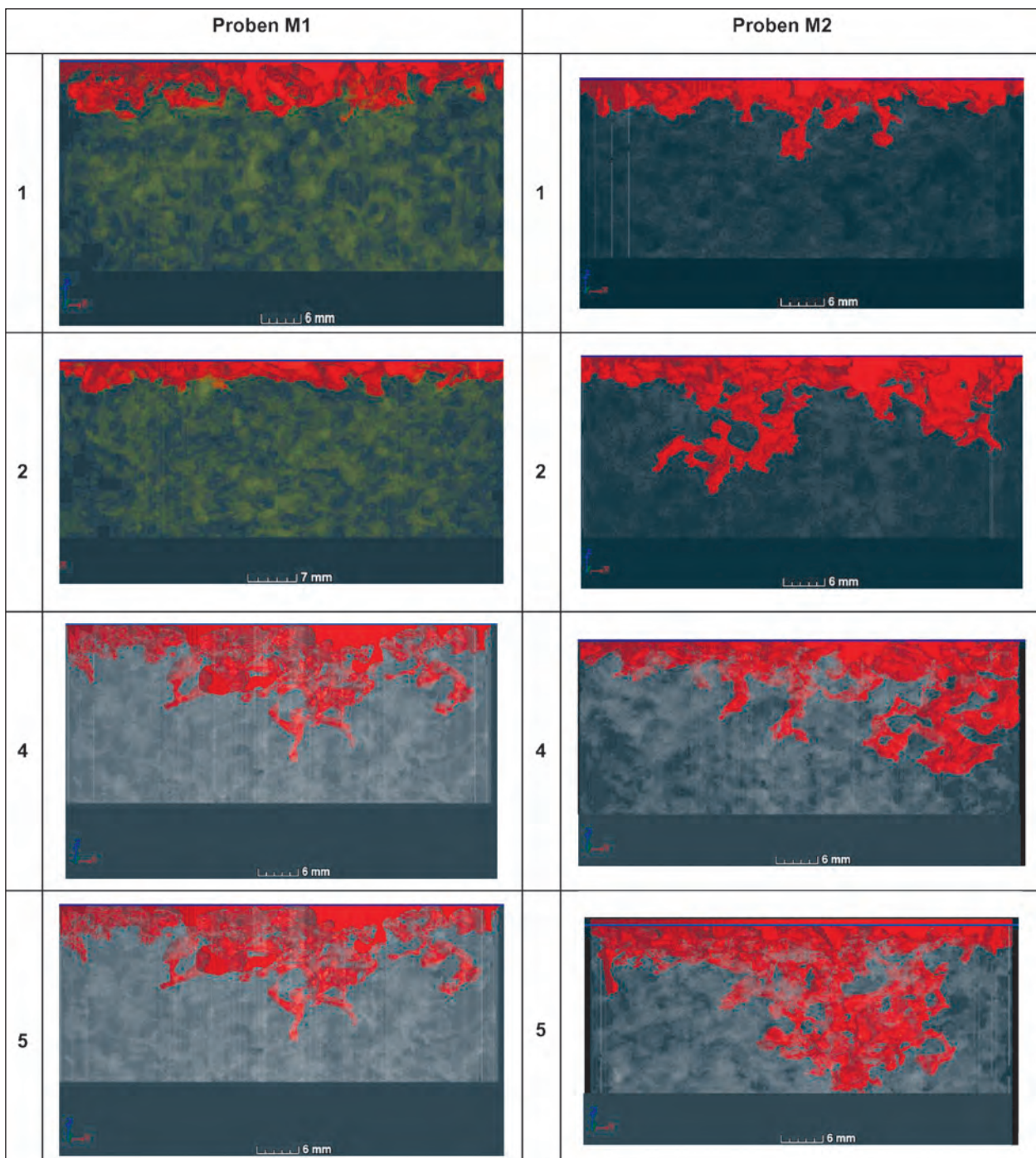
**Bild 5:** Vertikale Hohlraumverteilung der Proben aus Entnahme-Stelle M1 (oben) und M2 (unten)

ROI 1-2 bis 1-5 sinken die Werte nur bei Einzelwerten unter 5 Vol.-%. Insgesamt bestätigen sich die Feststellungen des Kapitels 3.3.2, dass die Proben aus Entnahme-Stelle M2 über die gesamte Proben-Höhe deutlich hohlraumreicher sind. Interessant ist die Einzelprobe M1-5. Sie zeigt, über die Höhe betrachtet, die deutlichste Abnahme an Hohlräumen.

### 3.3.4 Charakterisierung der Hohlraumqualität

Die große Stärke dieses Untersuchungsverfahrens besteht in der Möglichkeit, den Hohlraumgehalt nicht nur quantitativ zu ermitteln, sondern auch visuell die Struktur der Hohlräume darzustellen. Damit kann gezeigt werden, ob Hohlräume verbunden sind oder nur lokal in der Probe verteilt vorliegen.

In Bild 6 ist der nach außen, d. h. hier nach oben kommunizierende Hohlraum jeder Einzelprobe dargestellt.



**Bild 6:** Nach außen „kommunizierender“ Hohlraum Proben M1 und M2 (Quelle: Abschlussbericht BAM)

gestellt (rote Einfärbung). Die in den vorangehenden Abschnitten getroffene Feststellung, dass die Proben M2 deutlich hohlraumreicher sind, kann hier visuell nachvollzogen werden. Interessant ist die Tatsache, dass bei Probe M2-5 (Bild rechts unten) die Hohlräume bis zur Unterlage (Binderschicht) reichen. Das angestrebte PMA-Konzept konnte hier nicht mehr eingehalten werden.

Das Verfahren stellt die Zahlenwerte des Hohlraumgehalts aus Kapitel 3.3.2 optisch gut dar. Die Probe mit den kleinsten Hohlräumen, M1-2, zeigt auch die geringsten nach oben kommunizierenden Hohlräume.

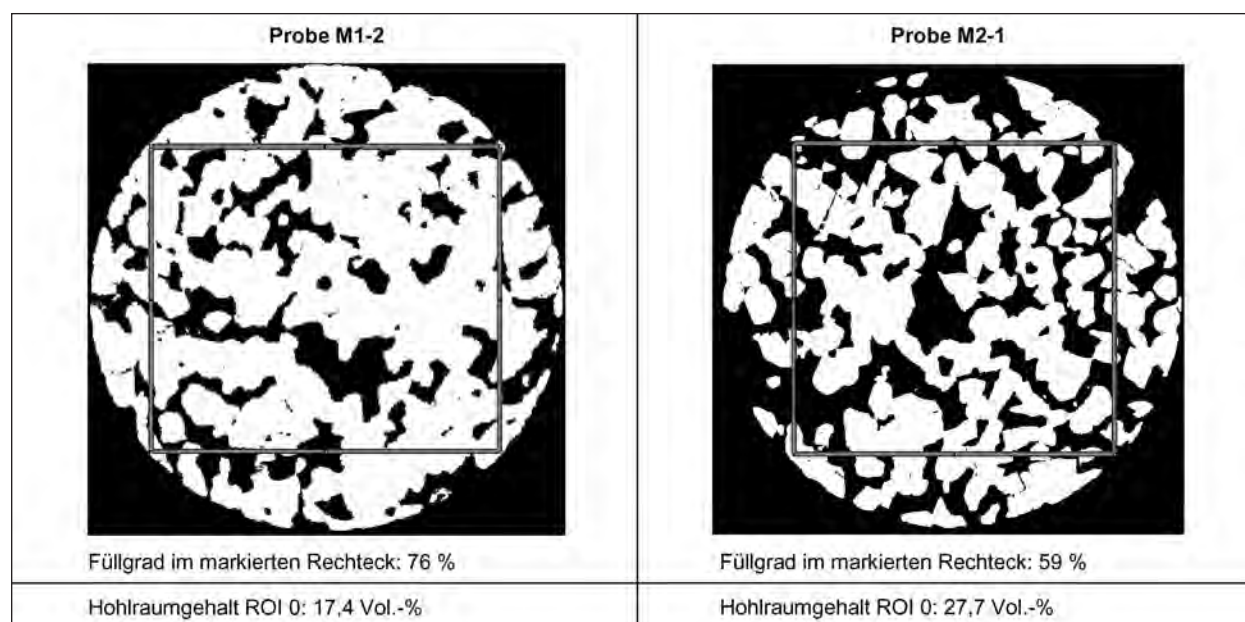
Insgesamt weist die Darstellung auf eine Grundproblematik der Bauweise PMA hin. Sowohl in M1 wie auch M2 kommt es zu deutlichen Unterschieden der Einzelproben, was auf eine gewisse Inhomogenität des Einbaus hinweist, obwohl die Proben räumlich eng aneinander liegend entnommen wurden. Als Ursache für diese Homogenitäten kommen alle Einbauparameter infrage, die das definierte Ausfüllen des Korngerüsts behindern. Zu nennen sind Schwankungen in der Mischgutzusammensetzung, Mischguttemperatur, Transport des Mischguts im Kratzband des Straßenfertigers, Querverteilung in den Schneckenkästen der Bohle und eventuell auch Fertiger-Stillstände. Hinzu kommt die noch nicht näher geklärte Frage, ob es nicht beim Transport des Mischguts in herkömmlichen Muldenkippern zur Ausprägung von lokalen Entmischungen (Ablaufen des Mörtels) und zu Tem-

peraturverlusten kommt, welche die gewünschte Hohlraumverteilung über die Schichtdicke behindern.

Parallel zu dieser Untersuchung wurden Proben aus den Entnahme-Stellen M1 und M2 im Projektverbund „Leiser Straßenverkehr 3“ (vgl. Kapitel 5) von dem Projektpartner, Ingenieurgesellschaft für Zuschlag- und Baustofftechnologie (ZuB), asphalttechnologisch untersucht. Dabei zeigt sich für die Proben M2 ein um 1,3 M.-% geringerer Gehalt an feinen Gesteinskörnungen, der ursächlich für die hohlraumreichere Verfüllung dieser Proben sein kann.

### 3.3.5 Charakterisierung der Oberflächenstruktur

Die Horizontalschnitte lassen sich auch für eine Darstellung bzw. Auswertung der Textur nutzen. In diesem Falle wird eine Ebene 1 mm unterhalb der für die vorangegangenen Auswertungen benutzten Bezugsebene verwendet. In den Durchmesser der Proben wurde ein Quadrat einbeschrieben und in dessen Fläche der Materialanteil bestimmt. Dieser Wert wird als Füllgrad bezeichnet. Die grafische Darstellung von zwei exemplarischen Teilproben mit Angabe des Füllgrades und des Hohlraumgehalts im Oberflächenschnitt ROI 0 ist in Bild 7 ersichtlich. Die Auswahl der Proben M1-2 und M2-1 erfolgte anhand der höchsten und niedrigsten Füllgrade.



**Bild 7:** Charakterisierung der Oberflächenstruktur (Quelle: Abschlussbericht BAM)

Der Füllgrad der Proben korreliert relativ gut mit dem Hohlraumgehalt ROI 0. Es stellt sich ein Bestimmtheitsmaß  $R^2$  von 0,85 ein (Bild 8).

Bei dieser Teilauswertung der CT-Untersuchungen stellt sich automatisch die Frage nach der Relevanz für die Schalltechnik. Die Feststellungen verleiten zu der Vermutung, dass die detektierten Unterschiede in den Proben zu einer akustischen Inhomogenität der Strecke führen. Eine direkte Zuordnung ist nicht möglich, da die gewonnenen Proben nicht in den Rollspuren gewonnen wurden. Trotzdem ist davon auszugehen, dass auch in den Fahrstreifen schwankende Hohlraumgehalte anzutreffen sind. Generell müssen die Ergebnisse der CT-Untersuchung dahingehend relativiert werden, dass hier, bei einer Streckenlänge von 4 km, nur eine punktuelle Betrachtung an zwei Stellen erfolgen konnte. Hinzu kommt, dass auch beim herkömmlichen Einbau von Walzasphalt größere lokale Streuungen auftreten, die durch punk-

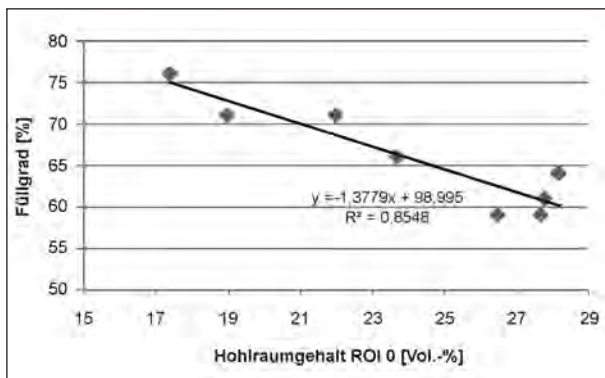


Bild 8: Korrelation Hohlraumgehalt ROI 0 und Füllgrad

tuelle Kontrollprüfungen in der Regel nicht detektiert werden.

## 4 Oberflächeneigenschaften

### 4.1 Griffigkeit

Auf dem Untersuchungsabschnitt wurde von der BAST eine Doppel-Messung der Griffigkeit mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM) am 12.04.2012 nach einer Liegezeit von zwei Jahren durchgeführt (Tabelle 3). Messgeschwindigkeit war, wie auf Autobahnen üblich, 80 km/h.

Der 100-m-Mittelwert liegt mit  $\mu_{SKM} = 0,57$  bzw. 0,56 über dem 1,5-Wert der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen (ZTV ZEB-StB), Ausgabe 2006“. Die Minimalwerte liegen nahe diesem Niveau, die Maximalwerte deutlich darüber. Insgesamt liegt ein gutes Griffigkeitsniveau vor.

### 4.2 Längsebenheit

Die Längsebenheit nach ZTV ZEB-StB 06 wurde am 24.01.2012 von der BAST gemessen.

Der 100-m-Mittelwert AUN (Allgemeine Unebenheit) unterschreitet mit  $0,7 \text{ cm}^3$  den 1,5-Wert der ZTV ZEB-StB 06 von  $1 \text{ cm}^3$ , sodass dem Streckenabschnitt insgesamt eine gute Längsebenheit attestiert werden kann.

Messung	100-m-Mittelwert [ $\mu_{SKM}$ ]	Minimalwert [ $\mu_{SKM}$ ]	Maximalwert [ $\mu_{SKM}$ ]	1,5-Wert* [ $\mu_{SKM}$ ]	Warnwert* [ $\mu_{SKM}$ ]	Schwellenwert* [ $\mu_{SKM}$ ]
1	0,57	0,52	0,64	0,53	0,39	0,32
2	0,56	0,50	0,62			

\* gemäß ZTV ZEB-StB 06

Tab. 3: Griffigkeitsmessung SKM bei 80 km/h; 1. Fahrstreifen

AUN 100-m-Mittelwert [ $\text{cm}^3$ ]	AUN Minimalwert [ $\text{cm}^3$ ]	AUN Maximalwert [ $\text{cm}^3$ ]	AUN 1,5-Wert* [ $\text{cm}^3$ ]	AUN Warnwert* [ $\text{cm}^3$ ]	AUN Schwellenwert* [ $\text{cm}^3$ ]
0,7	0,20	2,59	1	3	9

\* gemäß ZTV ZEB-StB 06

Tab. 4: Messung Längsebenheit; 1. Fahrstreifen

### 4.3 Lärmemission

Die lärmindernde Wirkung der Bauweise PMA ist, neben einer gegenüber dem herkömmlichen GA-Einbau vereinfachten Einbautechnik, ein zentrales Entwicklungsziel. Zur Überprüfung kommt die Messung der Lärmemission mittels der Methoden Statistische Vorbeifahrt (SPB) und Nahfeld (CPX) zur Anwendung.

Die Nahfeld-Messmethode (Close Proximity Method) nach ISO/DIS 11819-2<sup>6</sup> ist besonders geeignet, die Homogenität einer Strecke hinsichtlich der akustischen Eigenschaften zu erfassen oder Relativbetrachtungen unterschiedlicher Abschnitte oder Fahrstreifen durchzuführen.

Die Messung erfolgt mit zwei unterschiedlichen Reifen, einem Pkw-ähnlichen Reifen P1 und einem hinsichtlich des Profils, nicht von den Abmessungen, Lkw-ähnlichen Reifen H1. Die Ergebnisse werden auf den betrachteten Streckenabschnitt gemittelt

und mit Standardabweichung für jeden Reifentyp getrennt dargestellt. Die Standardabweichung ist ein Maß für die akustische und damit auch bautechnische Homogenität einer Oberfläche.

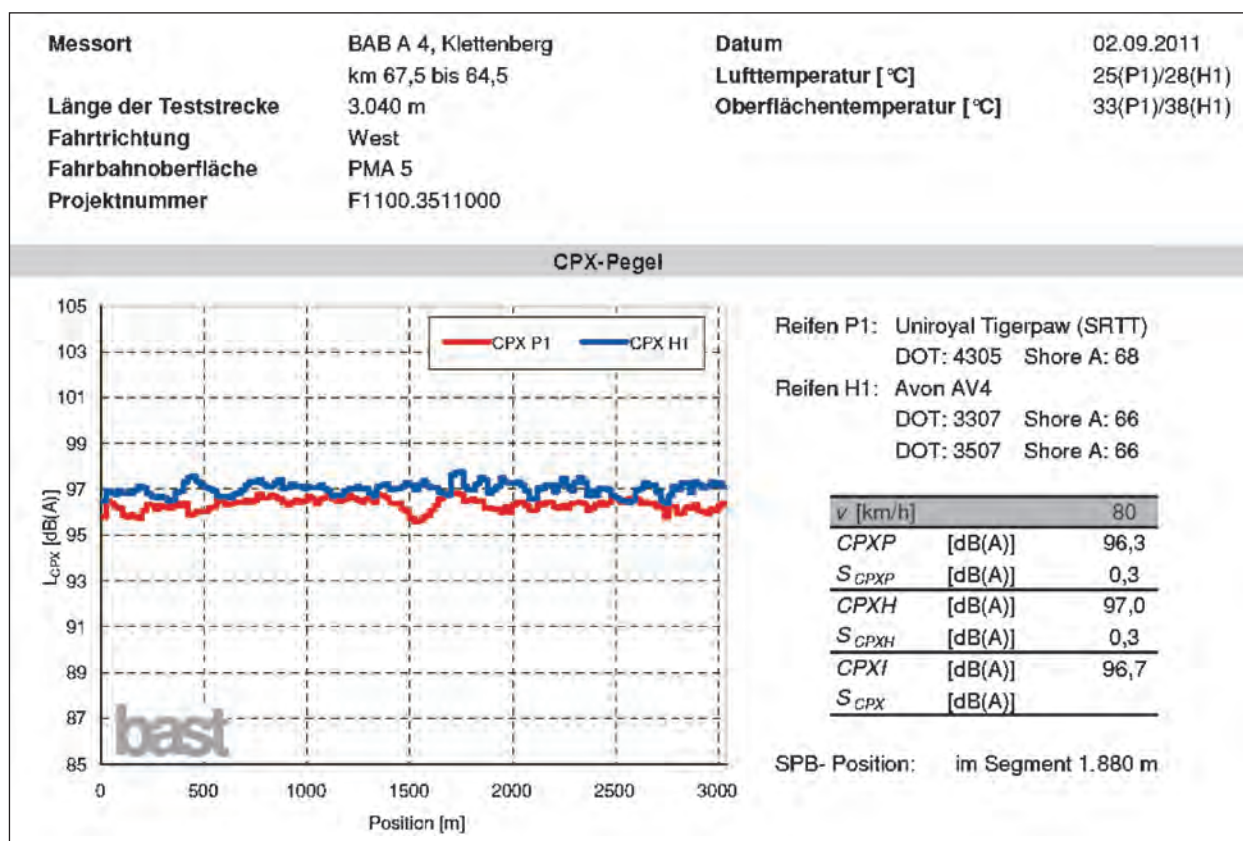
Zur Beurteilung der Messwerte ist außerdem von Bedeutung, dass der Messreifen H1 auf Unterschiede im Schallabsorptionsgrad reagiert, während der Messreifen P1 eher Unterschiede in der Textur der Oberfläche widerspiegelt.

Auf dem betrachteten Streckenabschnitt der BAB A 4 wurde am 02.09.2011 eine Messung mit dem Messanhänger CPX 2 der BASt durchgeführt

Die Analyse der Messergebnisse (Bild 9) zeigt, dass eine akustisch homogene Strecke vorliegt. Die bei beiden Reifen identische Standardabweichung von 0,3 liegt deutlich unter der kritischen Größe von 0,5. Die im Kapitel 3.3.4 geäußerte Vermutung der Inhomogenität der Strecke bestätigt sich nicht.

Deutlich schwieriger ist die Bewertung der Pegel-Mittelwerte. Die Nahfeldmethode lässt keinen absoluten Vergleich von Pegeln zu, d. h., sie können nicht auf einen Referenzwert bezogen werden.

<sup>6</sup> ISO/DIS 11819-2: Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method; Entwurf



**Bild 9:** Geräuschemission mit der Nahfeldmethode (CPX)



Möglich sind vergleichende Betrachtungen unterschiedlicher Abschnitte einer Strecke und, unter der Voraussetzung gleicher Messausrüstung (Reifen, Anhänger), der Vergleich unterschiedlicher Strecken gleichen Typs. Dies erfolgt nachfolgend mit dem Vergleich der BAB A 4 mit einem ebenfalls 2010 gebauten PMA auf der BAB A 30 zwischen der AS Lotte und dem AK Lotte/Osnabrück (Tabelle 5).

Beim Vergleich der Mittelwerte fällt auf, dass das Niveau des Reifens H1 in den drei Abschnitten praktisch identisch ist, dies jedoch nicht für den Reifen P1 gilt, der auf der BAB A 4 etwas lauter ist. Mit der unterstellten Textur-Sensitivität dieses Reifens stellen sich beim Vergleich der Terz-Spektren der BAB A 4 und der BAB A 30 etwa 2 dB (A) höhere Terzpegel bis 1.600 Hz ein, was auf eine höhere mechanische Anregung des Reifens hindeutet. Die im Kapitel 3.3.5 festgestellten Schwankungen der Oberflächengestalt könnten sich hier auswirken. Insgesamt sollten die Unterschiede, die weniger als 1 dB (A) im mittleren Pegel betragen, nicht überbewertet werden.

Einen absoluten Vergleich von Lärmmessungen lässt die Methode SPB zu. Die mit diesem Mess-

verfahren ermittelten Pegel können mit dem Referenzwert (Korrekturwert  $D_{\text{StrO}} = 0$  dB (A)) der RLS-90 verglichen werden. Von der BAST wurde am 18.09.2010 eine Messung bei km 65,625 durchgeführt. Die Messergebnisse sind in Tabelle 6 enthalten und werden anderen Asphaltdeckschichten mit einem Größtkorn von 5 mm gegenübergestellt.

Der Vergleich zeigt, dass die Pegelminderung des PMA auf der BAB A 4 mit einem lärmmindernden SMA 0/5 auf der BAB A 93 bei Schwandorf verglichen werden kann. Verglichen mit dem Referenzpegel erreichen beide Deckschichten den Wert von -3 dB (A).

Nicht ganz so deutlich ist die Pegelminderung bei Lkw. Hier werden nur etwa -1,5 dB (A) erreicht. Dieses Verhalten ist auf allen nicht offenporigen Asphaltdeckschichten zu beobachten. Die im Vergleich zum Pkw deutlich steiferen Lkw-Reifen reagieren relativ unempfindlich auf Texturänderungen oder, präziser, auf eine Textur mit feinem Größtkorn. Dies ist auch auf der Vergleichsstrecke BAB A 13 aus GA 0/5 + 2/4 zu beobachten, etwas besser der SMA 0/5 LA der BAB A 93.

Strecke	Mittelwert Reifen P1 [dB (A)]	Standard- abweichung	Mittelwert Reifen H1 [dB (A)]	Standard- abweichung
BAB A 4 Köln-Klettenberg, FR Aachen	96,3	0,3	97,0	0,3
BAB A 30 Lotte, km 65,9 bis 62,5, FR West	95,5	0,2	96,8	0,3
BAB A 30 Lotte, km 62,5 bis 65,9, FR Ost	95,6	0,4	96,8	0,4

Tab. 5: Vergleich der Mittelwerte CPX BAB A 4 und BAB A 30; Messgeschwindigkeit 80 km/h

Strecke	Datum Messung	Pegel Pkw $v_{\text{ref}} = 120$ km/h [dB (A)]	Pegel Lkw $v_{\text{ref}} = 80$ km/h [dB (A)]
PMA 5 BAB A 4, Köln-Klettenberg, km 65,625, FR Aachen Einbau 2010	09/2010	82,2	87,8
GA 0/5 Abstreuerung 2/4 BAB A 13, Berlin-Mittenwalde, km 5,260, FR Süd Einbau 2005	07/2007	83,2	87,5
SMA 0/5 LA BAB A 93, Schwandorf, km 165,708, FR Nord Einbau 2005	09/2005	81,5	---
	04/2008	82,3	86,4
Referenzpegel der RLS-90 nicht geriffelter GA (Referenzwert von 1998)		85,2	89,2

Tab. 6: Geräuschemission mit der Methode Statistische Vorbeifahrt (SPB)

## 5 Weiterführende Aktivitäten

Die Bauweise PMA ging nach Beginn der Versuche im Jahr 2009 sehr schnell in eine Erprobungsphase über. Das insgesamt große Interesse an diesem Konzept führte zu einer größeren Zahl von Aktivitäten, die der Entwicklung der Bauweise in Richtung Regelbauweise nach ZTV Asphalt-StB dienen sollen. Zu nennen sind:

- Verbundforschungsprojekt „Leiser Straßenverkehr 3“:

Im Rahmen des größeren interdisziplinären Forschungsprojekts wird auch PMA in einem der Teilprojekte näher betrachtet. Ziel ist zum einen die Erhöhung der Ausführungssicherheit durch Optimierung der Mischgutzusammensetzung, zum anderen die Entwicklung eines Laborverfahrens zur Herstellung von praxisrelevanten Probekörpern bei der Mischgutkonzeption. Weder die beim herkömmlichen GA üblichen Probewürfel noch die bei Walzasphalten üblichen Marshall-Probekörper bilden die speziellen Bedingungen des PMA geeignet ab.

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):

Im FGSV-Arbeitskreis 7.3.2 „Gussasphalt“ gründete sich eine Untergruppe zur Erarbeitung eines W1-Regelwerks, das den aktuellen Stand des Wissens darstellen und erste Hinweise für Ausschreibende geben soll.

- Kompakteinbau von PMA:

Durch die Verwendung eines herkömmlichen Straßenfertigers ist PMA grundsätzlich für die Ausführung als kompakte Asphaltbefestigung geeignet. Da PMA keiner Verdichtung bedarf, muss auch die Binderschicht in dieser Bauweise ausgeführt werden. Die Verdichtung eines Gesamtpakets ist nicht möglich. In der Binderschicht kommt allerdings PMA-Mischgut mit einem Größtkorn von 16 mm zum Einsatz. Auf der BAB A 111 bei Berlin (Erprobungsstrecke des Landes Brandenburg im Projekt „Prozesssicherer Automatisierter Straßenbau“ (PAST)) wurde diese Ausführungsvariante auf einem kurzen Teilabschnitt im Herbst 2011 umgesetzt.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Grundidee der noch jungen Bauweise PMA besteht darin, die untere Zone der Deckschicht möglichst dicht, d. h. ähnlich einem Gussasphalt, auszubilden, während sich an der Oberfläche eine offene Textur einstellt, die gemeinsam mit dem kleinen Größtkorn gute akustische Eigenschaften zeigt. Erreicht wird dies durch eine spezielle Zusammensetzung des Mischguts mit einem großen Anteil grober Gesteinskörnungen, feine Gesteinskörnungen, die auf 1 mm begrenzt sind, und einem abgesenkten Fülleranteil. Diese reduzierte Mörtelmenge führt zur gewünschten definierten Ausfüllung des Korngerüsts.

Zur Überprüfung dieser These bieten sich Analysen mit Röntgen-Computertomografie an, die erlauben, die wahre Hohlraumverteilung in Probekörpern zu ermitteln. Die bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin durchgeführten Messungen zeigen das grundsätzliche Funktionieren der Bauweise. Bei genauer lokaler Betrachtung jedoch können größere Schwankungen detektiert werden, die bis zum Verlassen des Konzeptes führen können. Durchgehende Hohlraumstrukturen bis zur Binderschicht sind dabei möglich, die sich auch auf die Oberflächengestalt auswirken. Die bautechnischen Ursachen sind noch nicht näher geklärt. Infrage kommen alle am komplexen Prozess Asphalteinbau beteiligten Parameter, die generell, auch beim herkömmlichen Einbau von Walzasphalt, zu Schwankungen führen.

Die Messung der Oberflächeneigenschaften Griffigkeit, Ebenheit und Schallemission ergab ein insgesamt homogenes Verhalten des betrachteten Streckenabschnitts. Die Ermittlung des Schallpegels nach statistischer Vorbeifahrt zeigte für Pkw bei 120 km/h eine Minderung gegenüber dem Referenzpegel von 3 dB (A). Das Optimierungsziel – dichte Asphaltdeckschicht mit guten akustischen Eigenschaften – wurde erreicht.

In der Erprobung der noch jungen Bauweise PMA stellt der betrachtete Abschnitt auf der BAB A 4 aufgrund seiner Länge und Verkehrsbelastung einen wichtigen Meilenstein dar, der sich bis zum jetzigen Zeitpunkt insgesamt vielversprechend verhielt. Vor einer Aufnahme als Regelbauweise in die ZTV Asphalt-StB müssen Fragestellungen in den nachfolgend benannten Themenfeldern A bis C beantwortet werden:

## A) Laborverfahren:

Gelingt eine reproduzierbare Herstellung von Labor-Probekörpern, sodass eine zielsichere Mischgut-Zusammensetzung ermöglicht wird?

## B) Mischgutkonzeption und Einbauhomogenität:

Gelingt ein zielsicheres Einstellen der oberen offenporigen Schichtzone? Können hier Schwankungen minimiert werden?

## C) Dauerhaftigkeit:

Ist die obere Schichtzone trotz der verwendeten harten Bindemittel auf Dauer stabil? Tritt aufgrund einer möglichen Bindemittelverhärtung Kornausbruch ein?

Für die Themenfelder A und B sind bereits weitergehende Forschungsaktivitäten in Bearbeitung, die bis Anfang 2014 Ergebnisse erwarten lassen. Die Frage der Dauerhaftigkeit wird die Zeit selbst beantworten.

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Straßenbau“

### 2001

S 22: 3. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Nutzen der systematischen Straßenerhaltung  
€ 19,50

S 23: Prüfen von Gesteinskörnungen für das Bauwesen  
Ballmann, Collins, Delalande, Mishellany,  
v. d. Elshout, Sym € 10,50

### 2002

S 24: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Konsolidationsverfahren -  
Teil 1: Vergleichende Betrachtung von Konsolidationsverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund  
Teil 2: Erfahrungsberichte über ausgeführte Straßenbauprojekte auf wenig tragfähigem Untergrund unter Verwendung von Konsolidationsverfahren  
Koch € 17,50

S 25: 37. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
€ 16,50

### 2003

S 26: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Aufgeständerte Gründungspolster  
Rogner, Stelter € 14,00

S 27: Neue Methoden für die Mustergleichheitsprüfung von Markierungsstoffen – Neuentwicklung im Rahmen der Einführung der ZTV-M 02  
Killing, Hirsch, Boubaker, Krotmann € 11,50

S 28: Rechtsfragen der Bundesauftragsverwaltung bei Bundesfernstraßen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 25./26. September 2000 in Saarbrücken € 13,00

S 29: Nichtverkehrliche Straßennutzung – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 24./25. September 2001 in Saarbrücken € 13,50

### 2004

S 30: 4. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Workshop Straßenerhaltung mit System –  
€ 19,50

S 31: Arbeitsanleitung für den Einsatz des Georadars zur Gewinnung von Bestandsdaten des Fahrbahnaufbaues  
Golkowski € 13,50

S 32: Straßenbaufinanzierung und -verwaltung in neuen Formen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 23. und 24. September 2002 in Saarbrücken € 13,50

S 33: 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
€ 17,50

S 34: Untersuchungen zum Einsatz von EPS-Hartschaumstoffen beim Bau von Straßendämmen  
Hillmann, Koch, Wolf € 14,00

### 2005

S 35: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund – Bodenersatzverfahren  
Grundhoff, Kahl € 17,50

S 36: Umsetzung und Vollzug von EG-Richtlinien im Straßenrecht – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 22. und 23. September 2003 in Saarbrücken € 13,50

S 37: Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“  
Projektgruppe „Leiser Straßenverkehr“ € 16,50

### 2006

S 38: Beschleunigung und Verzögerung im Straßenbau – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen am 27./28. September 2004 in Saarbrücken € 16,50

S 39: Optimierung des Triaxialversuchs zur Bewertung des Verformungswiderstandes von Asphalt  
Renken, Büchler € 16,00

S 40: 39. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
€ 17,50

S 41: Chemische Veränderungen von Geotextilien unter Bodenkontakt – Untersuchungen von ausgegrabenen Proben  
Schröder € 13,50

S 42: Veränderung von PmB nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren – Veränderungen der Eigenschaften von polymer-modifizierten Bitumen nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren und nach Rückgewinnung aus Asphalt  
Wörner, Metz € 17,50

S 43: Eignung frostempfindlicher Böden für die Behandlung mit Kalk  
Krajewski, Kuhl € 14,00

S 44: 30 Jahre Erfahrungen mit Straßen auf wenig tragfähigem Untergrund  
Bürger, Blossfeld, Blume, Hillmann € 21,50

### 2007

S 45: Stoffmodelle zur Voraussage des Verformungswiderstandes und Ermüdungsverhaltens von Asphaltbefestigungen  
Leutner, Lorenzl, Schmoeckel, Donath, Bald, Grätz, Riedl, Möller, Oeser, Wellner, Werkmeister, Leykauf, Simon € 21,00 -

S 46: Analyse vorliegender messtechnischer Zustandsdaten und Erweiterung der Bewertungsparameter für Innerortsstraßen  
Steinauer, Ueckermann, Maerschalk € 21,00

S 47: Rahmenbedingungen für DSR-Messungen an Bitumen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Hase, Oelkers € 24,50

S 48: Verdichtbarkeit von Asphaltmischgut unter Einsatz des Walzsektor-Verdichtungsgerätes  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Wörner, Bönisch, Schmalz, Bösel € 15,50

### 2008

S 49: Zweischichtiger offenporiger Asphalt in Kompaktbauweise  
Ripke € 12,50

S 50: Finanzierung des Fernstraßenbaus – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitsausschusses "Straßenrecht" der FGSV am 25./26. September 2006 in Tecklenburg-Leeden  
€ 15,50

S 51: Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Straßenmarkierungsfolien  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Killing, Hirsch € 14,50

S 52: Statistische Analyse der Bitumenqualität aufgrund von Erhebungen in den Jahren 2000 bis 2005  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Hirsch € 16,00

S 53: Straßenrecht und Föderalismus – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 24./25. September 2007 in Bonn € 15,50

S 54: Entwicklung langlebiger dünner Deckschichten aus Beton  
Silwa, Roßbach, Wenzl € 12,50

S 55: Dicke Betondecke auf Schichten ohne Bindemittel (SoB/STSüB)  
Leykauf, Birmann, Weller € 13,50

## 2009

S 56: Vergangenheit und Zukunft der deutschen Straßenverwaltung – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 22./23. September 2008 in Bonn € 14,00

S 57: Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offener Asphaltbauweisen  
Ripke € 13,50

S 58: Entwicklung und Untersuchung von langlebigen Deckschichten aus Asphalt  
Ludwig € 15,50

S 59: Bestimmung des adhäsiven Potentials von Bitumen und Gesteinsoberflächen mit Hilfe der Kontaktwinkelmessmethode  
Hirsch, Friemel-Göttlich € 16,00

## 2010

S 60: Die Zukunftsfähigkeit der Planfeststellung – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 21./22. September 2009 in Bonn € 15,50

S 61: Modell zur straßenbautechnischen Analyse der durch den Schwerverkehr induzierten Beanspruchung des BAB-Netzes  
Wolf, Fielenbach € 16,50

S 62: 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 18,50

S 63: Vergleichsuntersuchungen zum Frosthebungsversuch an kalkbehandelten Böden, RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten  
Blume € 16,00

S 64: Griffigkeitsprognose an offenerporigen Asphalten (OPA)  
Teil 1: Bestandsaufnahme an vorhandenen Strecken  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden. -  
Rohleder, Kunz, Wasser, Pullwitt, Müller, Ripke, Zöller, Pöppel-Decker € 23,00 -

S 65: Untersuchungen von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus  
Freudenstein, Birmann € 14,00

## 2011

S 66: Qualitätssicherung von Waschbetonoberflächen  
Breitenbücher, Youn € 14,50

S 67: Weiterentwicklung der automatisierten Merkmalerkennung im Rahmen des TP3  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden. -  
Rohleder, Kunz, Wasser, Pullwitt, Müller, Canzler, Winkler € 16,50 -

S 68: Lärmindernder Splittmastixasphalt  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de> heruntergeladen werden.  
Ripke

S 69: Untersuchung der Messunsicherheit und der Klassifizierungsfähigkeit von Straßenbelägen  
Müller, Wasser, Germann, Kley € 14,50

S 70: Erprobungsstrecke mit Tragschichten ohne Bindemittel aus ziegelreichen RC-Baustoffen  
Dieser Bericht liegt außerdem in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de> heruntergeladen werden.  
Jansen, Kurz € 16,00

S 71: Enteignung für den Straßenbau – Verfahrensvereinheitlichung – Privatisierung,  
Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 20./21. September 2010 in Bonn € 15,00

S 72: Griffigkeitsprognose an offenerporigen Asphalten - Teil 2: Neue Baumaßnahmen  
Jansen, Pöppel-Decker € 15,00

S 73: Längsebenheitsauswerteverfahren "Bewertetes Längsprofil" – Weiterentwicklung der Längsebenheitsbewertung der Zustandserfassung und -bewertung  
Maerschalk, Ueckermann, Heller € 18,50

## 2012

S 74: Verbundprojekt "Leiser Straßenverkehr 2" – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche  
Projektgruppe "Leiser Straßenverkehr 2" € 30,50

S 75: Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die Zunahme von Extremwetterereignissen  
Krauter, Kumerics, Feuerbach, Lauterbach € 15,50

S 76: 42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 18,50

S 77: Netzplanung – Netzbildung – Netzbereinigung  
Durner € 16,50

S 78: Untersuchung des Einflusses der Grobtextur auf Messergebnisse mit dem SKM-Verfahren  
Bürckert, Gauterin, Unrau € 16,50

## 2013

S 79: Gussasphalt ohne Abstreuerung  
Ripke € 9,00

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Fachverlag nw  
in der Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7  
D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.