

Vergleichende Untersuchung zwei- schichtiger offenporiger Asphaltbauweisen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 57

The logo for the Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) is displayed in a stylized, lowercase, green font with a white outline. The letters are bold and rounded, with the 'a' and 's' having a slightly irregular, hand-drawn appearance.

Vergleichende Untersuchung zwei- schichtiger offenporiger Asphaltbauweisen

von

Oliver Ripke

unter Mitwirkung der Referate

- Fahrzeug/Fahrbahn (F3)
- Umweltschutz (V3)

- Straßenzustandserfassung und -bewertung, Messsysteme (S1)
der Bundesanstalt für Straßenwesen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 57

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 beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt F1100.3507000 des Arbeitsprogramms der Bundesanstalt für Straßenwesen:
Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offenporiger Asphaltbauweisen

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

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9323
ISBN 978-3-86509-952-5

Bergisch Gladbach, September 2009

Kurzfassung – Abstract

Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offenerporiger Asphaltbauweisen

Deckschichten aus offenerporigem Asphalt stellen eine sehr wirksame Methode dar, das Reifen-Fahrbahn-Geräusch direkt am Entstehungsort zu reduzieren. Die Entwicklung der Bauweise führte zu einer zweischichtigen Ausführung in größerer Dicke, bei der es nahelag, die zur Verfügung stehende Bauweise Kompaktasphalt auch für diese Asphalt-schichten zu nutzen.

Im Zuge der Grunderneuerung der BAB A 30 kam im Bereich der Stadt Osnabrück eine Deckschicht aus ZWOPA zum Einsatz. Durch die Aufteilung in 4 Bauabschnitte konnte die Bauweise heiß auf kalt, also der herkömmliche schichtenweise Einbau, mit der Variante im Kompakteinbau in jeweils zwei Bauabschnitten verglichen werden. Die Mischgutkonzeption wurde beibehalten. In einem Teilabschnitt wurde eine Variante mit gummimodifiziertem Bitumen erprobt.

Jeder Bauabschnitt wurde von der BAST wie auch von einer umfangreichen Kontrollprüfung begleitet. Zusätzlich wurden Messungen der Schallemission und der Griffigkeit durchgeführt. Bei der Auswertung der Untersuchungen zeigte sich, dass beide Bauweisen mit Startschwierigkeiten bei ihrem ersten Bauabschnitt zu kämpfen hatten. So kam es 2004 zu sehr hohen Verdichtungsgraden bzw. geringen Hohlraumgehalten in der unteren Schicht, die auf eine Überverdichtung hindeuteten, während 2005 die obere Schicht das gegenteilige Verhalten aufwies, d. h. hohe Hohlraumgehalte und sehr geringe Verdichtungsgrade. Hier wurde die Schicht zu dünn ausgeführt, was Verdichtungsprobleme mit sich brachte. Die jeweiligen Folgeabschnitte 2006 bzw. 2007 konnten die Anforderungen überwiegend erfüllen. Eine Zielsicherheit ist hier noch nicht gegeben.

Die Variante mit gummimodifiziertem Bitumen im Bauabschnitt 2007 zeigte wieder das Erscheinungsbild des Bauabschnitts 2004, wurde aber auch sehr spät im Jahr eingebaut. Trotz dieser Überverdichtung zeigte dieser letzte Teilabschnitt die Stärken des Kompakteinbaus durch Nutzung der Wärmekapazität eines relativ dicken Asphaltpakets zur Verdichtung.

Die Auswertung der Lärm-messungen zeigte keine eindeutigen Vorteile der einen oder der anderen Bauweise. Insgesamt wurden die Bauabschnitte, vor allem 2004, mit zu großer Einbaudicke ausgeführt, was die maximale Schallabsorption zu eher niedrigen Frequenzen hin verschob und damit eine hohe Wirksamkeit bei der Reduzierung von Lkw-Pegeln brachte. Die Reduktion der Pkw-Pegel lag jedoch im üblichen Bereich einschichtiger OPA, brachte hier also keine Verbesserung. Bei der Schallabsorption deuten sich Vorteile bei der Verwendung gummimodifizierter Bitumen an.

Die Erprobungsstrecke ist die nächsten Jahre weiter zu beobachten, um Aussagen über das erhoffte bessere Langzeitverhalten von ZWOPA zu bekommen. Zwischenzeitlich hat die Bauweise OPA eine Weiterentwicklung in Form neuer Bauvarianten erfahren, die es später bei Bildung eines Gesamturteils zu berücksichtigen gilt. Parallel dazu muss außerdem das Verhalten anderer Erprobungsstrecken mit ZWOPA beobachtet werden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass bei sorgfältiger Bauausführung, z. B. unter Einbeziehung der Ergebnisse eines Probefelds, mit beiden Bauweisen anforderungsgerechte Deckschichten aus ZWOPA hergestellt werden können. Deutet sich im Bauablauf ein Einbau in der späten Jahreszeit an, so ist der Kompaktbauweise der Vorzug zu geben. Bei niedrigen Temperaturen ist der Einbau der dünnen sehr auskühlungsempfindlichen oberen Schicht mit herkömmlicher Technik nicht mehr möglich.

Comparative investigation of double layered pored asphalt construction methods

Open pored asphalt upper layers provide a very effective method for the reducing of the tyre road noise directly at the source. The development of this construction method resulted in a double layered design with greater thickness, where it was obvious to utilize the available compact method of construction for asphalt, also for these asphalt layers.

In the course of the renewal of the BAB A 30, a cover layer made from ZWOPA was applied in the

area near the city of Osnabrück. By dividing the road into 4 construction sections, the construction method "hot in cold", i.e. the conventional method of construction, could be compared with the variant compact installation in two respective construction sections. The mixture composition was retained. In a part segment, a variant with rubber modified bitumen was tested.

Each construction segment was not only accompanied by BAST, but also subject to an extensive audit. Additionally, acoustic emission and skid resistance measurements were carried out. The analysis of the investigations showed that both construction methods had initial difficulties in their first construction segments. In 2004, this resulted in very high degrees of compacting, or low cavity content in the lower layer, which indicates over compacting, contrary to 2005 when the upper layer showed an opposite behavior, i.e. high cavity content and very low degree of compacting. Here the layer had been installed too thinly which resulted in compacting problems. The following respective segments in 2006 and 2007 met most requirements. Reliability in the achievement of goals is not given here yet.

The rubber modified bitumen variant in the construction segment 2007 again had the appearance of the construction segment 2004; however, it has been installed very late in the year. Despite the over compacting, the last part segment showed the strengths of compact installation by utilization of the effective heat capacity of relatively thick asphalt for compacting.

The analysis of the noise measurements showed no clear advantages of one or the other construction method. Overall, the construction segments, especially in 2004, were carried out with a too large layer thickness, which shifted the maximum sound absorption to rather lower frequencies and thus resulted in a high efficiency in the reduction of heavy goods vehicles levels. Reduction in passenger car levels however, was in the normal range of single layered OPA and therefore showed no improvement. Advantages are indicated in the use of rubber modified bitumen for noise absorption.

The monitoring of the test tracks must be continued in the next years, in order to gain statements on the anticipated improved long term behavior of ZWOPA. In the interim, the construction method

OPA has undergone further development in the form of new construction variants, which will need to be taken into account in the future overall evaluation. Parallel to this, the behavior of other test tracks with ZWOPA also needs to be monitored.

Inhalt

Vorbemerkung	7
1 Einführung	7
2 Zweischichtige offenporige Asphaltdeckschichten	7
2.1 Verlauf der Entwicklung	7
2.2 Labortechnische Besonderheiten	8
3 Erprobungsstrecke BAB A 30, Osnabrück	9
3.1 Lage der Strecke	9
3.2 Aufbau	9
3.3 Erprobungsvarianten	9
3.4 Erprobung gummimodifiziertes Bitumen	10
3.5 Einbau	10
3.5.1 Bauabschnitt 2006 im konventionellen Einbau „heiß auf kalt“	10
3.5.2 Bauabschnitt 2007 im Kompakteinbau	12
3.6 Asphalttechnologische Werte	15
3.6.1 Bauabschnitte 2006 und 2007	15
3.6.2 Vergleich mit den Ergebnissen der Kontrollprüfung und den Bauabschnitten 2004 und 2005	17
3.7 Lärmtechnische Untersuchung	18
3.7.1 CPX	18
3.7.2 SPB	22
3.7.3 Absorption	23
3.8 Griffigkeit	23
4 Fazit	24
5 Zusammenfassung und Ausblick ...	25
6 Literatur	26

Vorbemerkung

Der Titel dieses Berichts lautet: „Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offenporiger Asphaltbauweisen“. Oftmals wird auch der Begriff zweilagig verwendet. Die bautechnisch richtige Bezeichnung für diese Deckschichten ist jedoch zweischichtiger offenporiger Asphalt, da mit Lage in der Straßenbautechnik „der in einem Arbeitsgang aus Boden, Baustoffen oder Baustoffgemisch gleicher Zusammensetzung hergestellte Teil einer Schicht“ [FGSV 2003] bezeichnet wird. Dies ist hier nicht der Fall, sondern die verwendeten Mischgutsorten unterscheiden sich im Größtkorn.

Für die nachfolgend verwendete Nomenklatur wurde das bis Ende 2007 gültige Regelwerk im Asphaltstraßenbau zugrunde gelegt.

1 Einführung

Dem Schutz der Bevölkerung vor Verkehrslärm kommt in der Bundesrepublik Deutschland wachsende Bedeutung zu. Neben aktiven Schallschutzmaßnahmen in Form von Wänden oder Wällen muss auch die Straßenoberfläche einen Beitrag leisten. Asphaltstraßen mit einer Deckschicht aus offenporigem Asphalt (OPA) stellen eine sehr effektive Möglichkeit dar, das Reifen-Fahrbahngeräusch direkt an der Quelle zu reduzieren.

Die systematische Erprobung von OPA begann im Jahre 1986 auf 13 über das Bundesgebiet verteilten Strecken und es zeigte sich schnell das zentrale Problem dieser Bauweise. Schmutz dringt in die Hohlräume ein und lagert sich über die Jahre hin ab. Ein Teil des Schmutzes wird zwar durch die Sogwirkung des überrollenden Verkehrs aus den Poren gesaugt, ein Teil verbleibt jedoch in der Schicht, womit sie mit der Zeit ihre lärmindernde Wirkung verliert. Durch Änderung der Mischgutzusammensetzung konnte der Hohlraumgehalt kontinuierlich vergrößert werden, sodass mit 22 Vol.-% in der fertigen Schicht eine ausreichende lärmtechnische Wirksamkeit erreicht werden konnte. Die Nutzungsdauer war weiterhin begrenzt.

Ende der 1990er Jahre erfolgte eine weitere erfolgversprechende Weiterentwicklung in Form einer dickeren, zweischichtigen Ausführung der Deckschicht. Hierbei wird eine dünne feinkörnige obere Schicht mit einer gröberen und dickeren unteren

Schicht verbunden, die größere zugängliche Hohlräume aufweist.

Der vorliegende Bericht setzt die Untersuchungen der im Projekt „Zweischichtiger offenporiger Asphalt in Kompaktbauweise“ begonnenen Arbeiten fort [RIPKE 2007]. Die zwischen 2004 und 2007 erfolgte grundhafte Erneuerung der Bundesautobahn A 30 südlich von Osnabrück mit offenporigem Asphalt bot die Chance, unterschiedliche Einbauvarianten einem direkten Vergleich zu unterziehen. Der konventionelle schichtweise Einbau „heiß auf kalt“ kann einem Einbau in Kompaktbauweise in einem Arbeitsgang gegenübergestellt werden.

2 Zweischichtige offenporige Asphaltdeckschichten

2.1 Verlauf der Entwicklung

Im europäischen Ausland (Italien, Niederlande) kam es ab 1990 zur Erprobung zweischichtiger offenporiger Asphaltdeckschichten (ZWOPA) [RIPKE 2007]. Diese Entwicklung war Anlass für die erste Erprobungsstrecke auf der BAB A 3 bei Siegburg im Jahre 1998, die als Startpunkt einer Reihe von Baumaßnahmen mit dieser Deckschichtart gesehen werden kann. Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der bis 2008 ausgeführten Strecken.

Im Zuge der Entwicklung der Einbautechnologie zur Herstellung kompakter Asphaltbefestigungen, also des zeitgleichen oder kurz aufeinanderfolgendem Einbaus von Deck- und Binderschicht, kam es in logischer Folge zur Anwendung auch für ZWOPA. Die bislang ausgeführten Baumaßnahmen unterscheiden sich also grundsätzlich hinsichtlich der Bauweise bzw. Einbautechnik:

- Einbau konventionell, d. h. schichtenweise in zwei Arbeitsgängen mit herkömmlichem Einbaugerät. Dabei wird in der Regel eine Tagesleistung der unteren Schicht vorgelegt und am folgenden Tag die obere Schicht eingebaut („heiß auf kalt“), in Tabelle 1 mit A bezeichnet.
- Einbau in einem Arbeitsgang mit einem sog. Kompaktmodulfertiger. Dabei wird die gesamte offenporige Schicht durch unmittelbar hintereinander angeordnete Einbaubohlen aufgebracht

Strecke	zwischen		Fahrtrichtung	Baujahr	Bauweise
A 3	TR Siegburg	AS Lohmar	Nord (Köln)	1998	A
A 1*	AS Wißkirchen	AS Bad Münstereifel	Süd (Trier)	2003	A
B 17	Stadtbereich Augsburg			2003	A
A 30 1. Abschnitt	AK Osnabrück Süd	AS Osnabrück-Hellern	West (Rheine)	2004	B
A 30 2. Abschnitt	AS Osnabrück-Hellern	AS Hasbergen-Gaste	West (Rheine)	2005	A
A 9	AK München-Nord	AK Neufahrn	Nord (Nürnberg)	2005	A
A 9	AK Neufahrn	AK München-Nord	Süd (München)	2005	A
Stadt Ingolstadt	Westliche Ringstraße			2005	A
A 30 3. Abschnitt	AS Hasbergen-Gaste	AS Osnabrück-Hellern	Ost (Bad Oeynhausen)	2006	A
A 61	AK Kerpen	AS Türnich	Süd (Koblenz)	2007	A
A 30 4. Abschnitt	AS Osnabrück-Hellern	AK Osnabrück Süd	Ost (Bad Oeynhausen)	2007	B
B 17	Stadtbereich Augsburg			2008	A
* Nur kurzer Abschnitt im Rahmen eines Forschungsprojekts					

Tab. 1: Strecken mit zweischichtigen offenporigen Deckschichten in Deutschland

und zusammen verdichtet („heiß auf heiß“), in Tabelle 1 mit B bezeichnet.

2.2 Labortechnische Besonderheiten

Grundsätzlich besteht bei offenporigen Asphalten die Notwendigkeit, die Raumdichte durch Ausmessen der Marshall-Probekörper (MPK) und Bohrkernscheiben zu bestimmen. Das Tauchwägevverfahren ist durch die großen Hohlraumgehalte nicht möglich.

Neben einer generell höheren Messunsicherheit des Ausmessverfahrens (Präzision nach DIN 1996 Teil 7 nicht bekannt) ergeben sich bei zweischichtigen offenporigen Asphaltdeckschichten weitere Probleme:

- Zur Bestimmung der Raumdichten der einzelnen fertigen Schichten müssen die Bohrkernscheiben geschnitten werden. Die Vermischungszone von Mischgut 0/8 mit 0/16 muss entfernt werden, sodass nur sehr dünne Bohrkernscheiben 0/8 verbleiben, die der Präzision der Messung nicht förderlich sind.
- Die Abdichtungsschicht muss entfernt werden, sodass auch die Bohrkernscheiben 0/16 in ihren Dicken deutlich reduziert werden.

- Zwischen den Bohrkernscheiben 0/8 und 0/16 findet beim Ausmessen eine Ungleichbehandlung statt. Die Scheiben 0/16 haben nur geschnittene Flächen (oben, unten, Mantel), während die der oberen Schicht eine nicht geschnittene Fläche (Oberfläche des Bohrkerns) haben und so die Umhüllende prinzipiell jeweils andere Volumina bestimmt. Je dünner die Bohrkernscheibe 0/8 ist, desto stärker macht sich der Einfluss der Textur beim Volumen bemerkbar. Es werden tendenziell zu große Volumina bestimmt, bei der Bohrkernscheibe 0/16 mit ihren geschnittenen Flächen tendenziell ein zu kleines.
- Das sehr grobkörnige Mischgut 0/16 führt zu einem MPK mit einer sehr offenen Oberfläche mit großen Vertiefungen. Das Ausmessverfahren bestimmt das Volumen über die Umhüllende des Körpers und bezieht in diesem Falle alle Hohlräume der Oberfläche mit ein, was beim Tauchwägevverfahren nicht der Fall ist. Das Volumen wird somit als sehr groß bestimmt, die Raumdichte über den Zusammenhang Masse/Volumen als klein. Hinzu kommt, dass sich das grobe Einkornmischgut in der Marshall-Verdichtungsform mit 101 mm Durchmesser möglicherweise verkeilt und keine praxisgerechte Lagerungsdichte erzielt wird. Das Volumen wird also auch hier als zu groß angenommen.

Diese ungünstigen Faktoren treffen bei der Bestimmung des Verdichtungsgrades der unteren Schicht 0/16 zusammen. Die tendenziell zu große Raumdichte der Bohrkernscheibe wird mit der tendenziell zu kleinen Bezugsraumdichte des MPK verglichen, sodass rechnerische Verdichtungsgrade von deutlich über 100 % die Folge sind. Meist liegen die Hohlraumgehalte immer noch über 22 Vol.-%, sodass diese Werte zumindest bauvertraglich keine Probleme bereiten.

In der oberen Schicht 0/8 dreht sich das Bild meist um. Hier wird eine tendenziell zu kleine Raumdichte der Bohrkernscheibe mit der Raumdichte des MPK verglichen, sodass hier oftmals Verdichtungsgrade unter 97 % gefunden werden. Im Falle der Baumaßnahme A 30 wurden aus diesem Grund die Anforderungen an den Verdichtungsgrad der oberen Schicht für den Bauabschnitt 2006 und 2007 labortechnisch begründet auf 95 % abgesenkt.

3 Erprobungsstrecke BAB A 30, Osnabrück

3.1 Lage der Strecke

Im Zuge der Grunderneuerung der 4-streifigen Bundesautobahn A 30 zwischen der Anschlussstelle (AS) Hasbergen-Gaste und der AS Bruchmühlen (km 66,9 bis km 103,9) wurde im Bereich der Stadt Osnabrück eine Deckschicht aus ZWOPA vorgesehen. Die Autobahn verläuft hier in unmittelbarer Nähe zur Wohnbebauung. Die Streckenlänge des OPA-Bereiches beträgt 10 km (km 66,9 bis km 76,9) und erstreckt sich von der AS Hasbergen/Gaste bis zum AK Osnabrück-Süd. Die Baumaßnahme war in 4 Bauabschnitte aufgeteilt und wurde im Zeitraum von 2004 bis 2007 ausgeführt (siehe Bild 1).

In den ersten beiden Jahren wurde die Richtungsfahrbahn Rheine grunderneuert, gefolgt von der

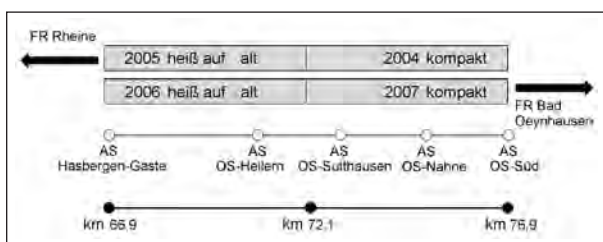


Bild 1: Erprobungsstrecke BAB A 30 Osnabrück. Aufteilung der Bauabschnitte

Gegenfahrbahn in den Jahren 2006 und 2007. Unmittelbar westlich des AK Osnabrück-Süd wurde eine Deckschicht aus Splittmastixasphalt eingebaut.

3.2 Aufbau

Der Fahrbahnaufbau wurde in Anlehnung an die RStO 01 nach Zeile 2.2 bzw. 2.3 für Bauklasse SV gewählt. Durch die große Dicke der zweischichtigen offenporigen Deckschicht von etwa 8 cm (Einbau nach Einbaugewicht) wurden die Dicken der Asphaltbinder und Asphalttragschicht um jeweils 2 cm vermindert. Als Verfestigung kam eine Asphaltfundationsschicht im Kalteinbau (Zentralmischverfahren) zur Anwendung. Dadurch konnten neben der Tragschicht auch hier Asphaltgranulat (75 M.-%) und Betonaufbruch (10 M.-%) wiederverwendet werden. Es ergibt sich folgender Aufbau:

- Ca. 8 cm ZWOPA 0/8 + 0/16, Bindemittel (polymermodifiziert) PmB 40/100-65H. Teilabschnitt 2007 mit gummi-modifiziertem Bindemittel 70/100.
- Abdichtung aus 2,5 kg/m² PmB 40/100-65H, abgestreut mit 5 – 10 kg/m² vorbitumierter grober Gesteinskörnung 8/11 mm.
- 6 cm Asphaltbinder ABi 0/16 S, Bindemittel PmB 45A bzw. PmB 25A (Bauabschnitt 2007).
- 16 cm Asphalttragschicht CS 0/22, Bindemittel 50/70 bzw. 30/45 (Bauabschnitt 2007).
- 25 cm Asphaltfundationsschicht 0/32.

3.3 Erprobungsvarianten

Der Schwerpunkt der Erprobung lag bei dieser Strecke in einem Vergleich der Bauweisen konventionell und kompakt (vgl. Kapitel 2.1). Die Mischgut-zusammensetzung der Deckschichten wurde daher über alle 4 Einbaujahre gleich gehalten und nur 2007 kam es zu einer zusätzlichen Erprobung einer Bindemittelvariante mit Gummimodifizierung. Die Tabelle 2 zeigt eine Übersicht.

Es erfolgten eine Ausschreibung (60 kg/m² für OPA 0/8 und 100 kg/m² für OPA 0/16) und Abrechnung der einzelnen Schichten nach Einbaumenge. Dies führte durch die Verwendung der relativ leichten Gesteinskörnung Quarzporphyr (Rohdichte ~ 2,65 g/cm³) zu einer Schichtdicke über den gewünsch-

Bauabschnitt	Kilometrierung	Bindemittel	Bauweise
2004	76,9 bis 72,1	PmB 40/100-65H	kompakt
2005	72,1 bis 66,9	PmB 40/100-65H	konventionell
2006	66,9 bis 72,1	PmB 40/100-65H	konventionell
2007	72,1 bis 76,9	PmB 40/100-65H	kompakt
	74,1 bis 75,5	gummimodifiziert	

Tab. 2: Erprobungsvarianten

ten 8 cm. Aus diesem Grund wurde für die Bauabschnitte 2005 und 2006 das Einbaugewicht auf 50 kg/m² für OPA 0/8 und 90 kg/m² für OPA 0/16 abgesenkt. Die Schichtdicke reduzierte sich dadurch in etwa auf die gewünschte Dicke. Für den Bauabschnitt 2007 wurde wiederum eine Variation mit 60 kg/m² für OPA 0/8 und 80 kg/m² für OPA 0/16 durchgeführt. Dadurch verbesserte sich die Einbaufähigkeit der oberen Schicht.

3.4 Erprobung gummimodifiziertes Bitumen

Der BAST und einigen Straßenbauverwaltungen der Länder liegen Erfahrungen beim Einsatz von gummimodifizierten Bitumen in OPA vor. Die ausgeführten Strecken zeigen eine gute lärmtechnische Wirksamkeit und Nutzungsdauer. Bei der Vorbereitung des Bauabschnitts 2007 kam der Wunsch auf, diese Bindemittelvariante auch auf der A 30 zu erproben. Bei dem zur Anwendung gelangten Bindemittelsystem handelt es sich um ein vorproduziertes Granulat, das bei der Mischgutherstellung unmittelbar dem Mischer zugegeben wird. Der sonst übliche zeitkritische Transport zur Mischanlage, oder die Herstellung des gummimodifizierten Bitumens an der Mischanlage, kann entfallen. Im Zuge der Granulatproduktion wird auch die zur Herstellung von gummimodifiziertem Bitumen notwendige Verweildauer des Gummis im heißen Bitumen vorweggenommen. Bei diesem Prozess gehen Teile des Gummis in Lösung bzw. quellen auf.

Das verwendete Granulat besteht zu etwa 2/3 aus Bitumen 70/100 und zu 1/3 aus Gummi, sodass der Bitumenanteil bei der Eignungsprüfung berücksichtigt werden muss. Generell ist die Bestimmung des Bindemittelgehalts im Rahmen der Kontrollprüfung ein kritischer Punkt bei der Verwendung gummimodifizierter Bindemittel. Bei der Extraktion verbleibt nur ein Teil des dem Bindemittel zugesetzten Gum-

mis im Bitumen-Lösemittelgemisch, ein anderer Teil verbleibt im Gesteinskörnungsgemisch. Insgesamt ist der ermittelte Bindemittelgehalt also prinzipiell niedriger und ohne eine vorherige Festlegung einer bauvertraglichen Regelung sind Schwierigkeiten vorprogrammiert. Die Regelung der Baumaßnahme A 30 sah vor, im Rahmen der Eignungsprüfung einen Korrekturwert zwischen verwendeter und rückgewonnener Bindemittelmenge zu ermitteln und diesen Zuschlag bei der Kontrollprüfung anzuwenden. Hilfreich ist die Absicherung des Korrekturwerts durch Untersuchungen des in der Mischanlage produzierten Mischguts, z. B. bei Ausführung eines Probefelds.

Bei der Kontrollprüfung ist außerdem zu beachten, dass die Bestimmung des Erweichungspunkts Ring und Kugel (EP RuK) am rückgewonnenen Bindemittel zu abweichenden Ergebnissen führt. Das Entfernen des ungelösten Gummis bei der Extraktion führt zu einem Absinken des EP RuK. Üblicherweise wird, bedingt durch den Herstell- und Rückgewinnungsprozess, ein höherer Wert gefunden.

3.5 Einbau

3.5.1 Bauabschnitt 2006 im konventionellen Einbau „heiß auf kalt“

Der Einbau erfolgte vom 15.09.2006 bis 21.09.2006 mit gestaffelt fahrenden Fertignern in zwei Einbau-bahnen entgegen der Fahrtrichtung, d. h. von Ost nach West, unter Beobachtung der BAST (Bild 2).

Die durchschnittlichen Lufttemperaturen der 6 Einbautage betragen 14 bis 20 °C. Der Wind wehte schwach. Wie in Kapitel 2.1 erwähnt, kam es hierbei zum wechselweisen Einbau der unteren bzw. oberen Schicht mit jeweils einer Tagesleistung. Die dabei aufgezeichneten Temperaturen sind in Tabellen 3 und 4 zusammengefasst. Je Einbautag und Fertigerbahn wurden ca. 50 Messungen der Mischguttemperatur an der Verteilerschnecke der Einbaubohle mittels Infrarot-Thermometers durchgeführt.

Es ist ersichtlich, dass die Mischguttemperaturen im oberen Bereich lagen. Nach [FGSV 1998] sollte die Temperatur beim Verlassen des Mixers maximal 160 °C betragen. Die neu gefasste ZTV Asphalt-StB 07, Tabelle 5, lässt für offenporigen Asphalt 170 °C zu. Die in den Tabellen 3 und 4 aufgeführten Werte stellen Messungen an der Bohle dar,



Bild 2: Bauabschnitt 2006; Einbau untere Schicht OPA 0/16 am 15.09.2006

Einbaudatum untere Schicht OPA 0/16	Mittlere Lufttemperatur [°C]	Mischguttemperatur (Schnecke Einbaubohle)			
		Fertigerbahn links (Stand- bzw. Hauptfahrstreifen)		Fertigerbahn rechts	
		Mittel [°C]	Std.abw. [°C]	Mittel [°C]	Std.abw. [°C]
15.09.2006	19,0	159	6,3	163	5,9
18.09.2006	16,5	160	6,9	167	7,4
20.09.2006	14,5	158	5,1	166	7,7

Tab. 3: Mischguttemperaturen Bauabschnitt 2006 untere Schicht OPA 0/16

Einbaudatum untere Schicht OPA 0/8	Mittlere Lufttemperatur [°C]	Mischguttemperatur (Schnecke Einbaubohle)			
		Fertigerbahn links (Stand- bzw. Hauptfahrstreifen)		Fertigerbahn rechts	
		Mittel [°C]	Std.abw. [°C]	Mittel [°C]	Std.abw. [°C]
16.09.2006	20,5	162	9,5	166	4,6
19.09.2006	16,0	166	6,1	169	6,3
21.09.2006	17,5	165	6,4	174	6,4

Tab. 4: Mischguttemperaturen Bauabschnitt 2006 obere Schicht OPA 0/8

also nach dem Transport und Abladevorgang. Es muss davon ausgegangen werden, dass beim Verlassen des Mischers die o. g. Grenzwerte überschritten wurden. Insgesamt waren die Temperaturen recht gleichmäßig, jedoch ca. 10 K zu hoch.

Im Zuge des Einbaus wurden folgende Beobachtungen gemacht:

- Die Mischgutanlieferung war sehr gleichmäßig, sodass die Grundlage für einen gleichmäßigen Einbau gegeben war. Probleme mit der Maschinenteknik machten dies z. T. wieder zunichte. Der Ausfall eines Fertigers am 15.09.2006 konnte nur durch den Einsatz eines Ersatzgeräts mit schmalerer Vario-Einbaubohle aufgefangen werden, wodurch ein Aufweitungsbereich (Mittelstreifenüberfahrt) nur in drei Einbaubahnen hergestellt werden konnte. Der Fertiger musste dazu zeitaufwändig zurücksetzen.
- Beim Einbau der oberen Schicht entstanden durch Sonneneinstrahlung in unbeschatteten Bereichen Temperaturen der Unterlage OPA

0/16 von über 40 °C. In Kombination mit den durch die Fahrt warmen Reifen der Mischgut-Transporter wurden Körner aus dem OPA 0/16 gerissen (Bild 3, links).

- Die hohe Klebkraft des Bindemittels führte zu einer großen Klebrigkeit der Oberfläche, was dazu führte, dass die unmittelbar nach Abschluss des Walzvorgangs vorgesehenen Arbeiten mit der Markierungsfolie (Dauermarkierung Typ II) problematisch waren. Die Verlegehinweise des Produkts sehen eine Mindesttemperatur der Oberfläche von 40 °C vor, bei der jedoch noch die Gefahr bestand, mit den Schuhen der Arbeiter Körner aus der oberen Schicht zu reißen.
- Überfüllte Mischgutkübel der Fertiger stellten ein öfter auftretendes Problem dar (Bild 3, rechts). Wird das übergelaufene Mischgut nicht sofort entfernt, kühlt es bis zum Eintreffen der Einbaubohle aus. Je nach Menge des Mischguts kann diese Stelle durch das heiße Mischgut in der Einbaubohle nicht mehr vollständig erwärmt und



Bild 3: Einbau Bauabschnitt 2006; Details

damit verdichtet werden. Ebenheits- und Dauerhaftigkeitsprobleme sind die Folge. Die Verwendung eines Übergabefertigers hätte dieses Problem etwas abschwächen können, da das Mischgut in diesen Geräten schnell aus dem Kübel transportiert wird. Ein Herunterfallen von Mischgut ist aber auch hier möglich und kann nicht komplett ausgeschlossen werden.

3.5.2 Bauabschnitt 2007 im Kompakteinbau

Probefeld

Durch die für alle Beteiligten ungewohnte Handhabung des gummimodifizierten Bindemittels wurde bei diesem Bauabschnitt eine Probestrecke von 1.200 m Länge auf der L 94 bei Melle ausgeschrieben. Für jede Variante (PmB bzw. Gummimodifizierung) waren etwa 600 m vorgesehen. Die Ausführenden konnten so die Mischgutherstellung und den Ablauf, vor allem den Walzeneinsatz, überprüfen und so Folgerungen für den nachfolgenden Einbau auf der A 30 ziehen.

Der Einbau fand am 19.06.2007 bei sehr guten äußeren Bedingungen statt (siehe Bild 4). Die Mischgutherstellung stellte sich als insgesamt unproblematisch dar. An den Einbaubohlen wurden Mischguttemperaturen von etwa 165 °C für den OPA 0/16 und etwa 145 °C für den OPA 0/8 gemessen. Zur Verdichtung kamen eine 4-t- und zwei 8-t-Walzen zum Einsatz.

Die Anlieferung des Mischguts verlief durch die räumliche Nähe zum Mischwerk ohne Probleme und konnte so mit Hilfe eines Beschickers in den jeweiligen Mischgutkübel des Kompaktmodulfertigers transferiert werden. Dabei fiel auf, dass der die un-

tere Schicht versorgende Mischgutkübel sich nicht gleichmäßig entleerte. Das Mischgut rutschte von der vorderen Kante langsamer in den Trichter als von den Seiten, die zudem im oberen Bereich hydraulisch nach innen bewegt werden können. Es bildete sich eine Art Mischgutkranz (siehe Bild 4 rechts) und eine ungleichmäßige Auskühlung des Mischguts war die Folge. Diese Beobachtung wurde schon beim Einbau 2004 gemacht.

Die Diskussion der Ergebnisse nach Abschluss der Kontrollprüfung zog das Fazit, dass die Ausführung beider Bindemittel-Varianten prinzipiell möglich ist. Unterschiede zwischen Kontrollprüfung und Eigenüberwachung lagen bei den Raumdichten der Bohrkerne vor, was auf Unterschiede bei der Durchführung der Raumdichtebestimmung zurückgeführt wurde. Insgesamt lag eine Überverdichtung beider Schichten vor. Für den Abschnitt mit dem gummimodifizierten Bitumen stellten sich zudem die in Kapitel 3.4 geschilderten Probleme bei der Bestimmung des Bindemittelgehalts und der Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels ein. Hier waren Anforderungen an den EP RuK und die elastische Rückstellung nicht eingehalten. Letztere ist jedoch für diese Art von Modifizierung generell fragwürdig, da die Gummimodifizierung nicht mit einer Polymermodifizierung gleichzusetzen ist.

Bei nachfolgenden Besprechungen wurden aufgrund der vorliegenden Erfahrungen einige vertragliche Anforderungen angepasst und die Laborhandhabung bei der Ermittlung der Raumdichte abgestimmt, um eine gute Vergleichbarkeit zu erhalten. Die Anforderungen an den EP RuK am rückgewonnenen Bindemittel wurden von 55° auf 50° abge-



Bild 4: Bauabschnitt 2007; Einbau Probestrecke L 94 bei Melle am 19.06.2007

senkt und der Zuschlag für das ungelöste Gummi im BM-Gehalt für beide Mischgutsorten (0/8 und 0/16) einheitlich auf 30 % festgelegt.

Das Probefeld brachte, wie schon im Bauabschnitt 2006, wichtige Erkenntnisse für den Bauablauf und die bauvertragliche Handhabung der Bauweise ZWOPA, insbesondere für die ungewohnte Variante mit dem gummimodifizierten Bitumen. Bei zukünftigen Baumaßnahmen sollte dieser „erste Versuch“ auf jeden Fall ermöglicht werden.

Einbau Bauschnitt 2007 auf der A 30

Im Stadtbereich Osnabrück hat die A 30 die Funktion einer Stadtautobahn bzw. Ortsumgehung. Um diese Funktion nicht unnötig einzuschränken, kam jeweils nur eine kurzfristige Sperrung der drei in diesem Abschnitt liegenden Anschlussstellen in Frage, was eine Aufteilung dieses Bauabschnitts in drei Unterabschnitte erforderte (Tabelle 5).

Der Einbau der Teilabschnitte 2007-2 GM und 2007-3 wurde von der BASt beobachtet. Der Einbau wurde grundsätzlich mit zwei Kompaktmodulfertigern durchgeführt. Im Bereich der Anschlussstellen wurde im Bereich der Verbindungsrampen die untere Schicht mit einem herkömmlichen Fertiger vorab eingebaut, daran beim Kompakteinbau kalt angeschlossen und wiederum mit einem herkömmlichen Fertiger die obere OPA-Schicht heiß an heiß eingebaut. Zur Verdichtung wurden zwei 4-Tonnen-Walzen unmittelbar hinter den Fertigern eingesetzt, gefolgt von drei 9-Tonnen-Walzen in weiterem Abstand (Bild 5, rechts).

Die Deckschicht des Abschnitts 2007-3 von km 75,5 bis km 76,2 wurde im Spätsommer 2007 mit-

Bezeichnung	Kilometrierung Teilabschnitt	Anschlussstelle bei km	Name der Anschlussstelle	Zum Einsatz kommende BM-Variante	Einbaudatum
2007-1	72,1 bis 74,1	73,1	Osnabrück-Sutthausen	PmB-H	21./22.09.2007
2007-2 GM	74,1 bis 75,5	74,8	Osnabrück-Nahne	Gummimod.	15./16.11.2007
2007-3	75,5 bis 76,2 (76,2 bis 76,9 in SMA)	76,7	Kreuz Osnabrück-Süd	PmB-H	05.09.2007

Tab. 5: Aufteilung Bauschnitt 2007

tels einer Tagesleistung fertig gestellt. Während des Einbaus wurden stichprobenartig die Mischguttemperaturen gemessen. An den Einbaubohlen wurden Mischguttemperaturen von etwa 160 °C für den OPA 0/16 und etwa 145 °C für den OPA 0/8 gemessen. Ähnlich dem Probefeld auf der L 94 und dem Einbau im Jahre 2004 zeigten sich hier Unterschiede in der Temperatur des OPA 0/8 gegenüber dem OPA 0/16. Beim Bauabschnitt 2006 (heiß auf kalt) wurde dies in dieser Form nicht beobachtet. Erklärungen können in der geringeren Wärmekapazität (größere Oberfläche) des OPA 0/8 liegen, der beim doch insgesamt aufwändigen Transport vom Lkw über den Beschicker bis zum Kübel des Kompaktmodulfertigers mehr Temperatur verliert als der OPA 0/16.

Die wechselnden Einbaubreiten des Abschnitts machten einen zeitaufwändigen Umbau der Einbaubohlen notwendig. Der Stillstand betrug etwa 30 min. Neben diesem „programmierten“ Stillstand kann es jedoch auch zu Stillständen aufgrund der bei diesem Bauverfahren nicht ganz einfachen Mischguthandhabung. Die Steuerung der Versorgung der Fertiger mit Mischgut erfolgt über ein Ampelsystem des Beschickers. Je nach benötigtem



Bild 5: Einbau Bauabschnitt 2007; Teilabschnitt 2007-3 am 05.09.2007



Bild 6: Einbau Bauabschnitt 2007; Details

Mischgut schaltet er eine Signalanlage auf Rot oder Grün. Die Farben sind der oberen oder unteren Schicht zugeordnet und der passende Lkw übergibt sein Mischgut dem Beschicker, der wiederum den zugeordneten Mischgutkübel des Fertigers füllt. Durch die wechselweise Beschickung der Mischgutkübel müssen die Puffer ausgenützt werden, um die Transport-Lkw zu entleeren. Dies kann zu sehr vollen Kübeln führen, die nicht weiter gefüllt werden können, sodass der Beschicker sein Mischgut dem anderen Fertiger übergeben muss (siehe Bild 5, links), da sonst im anderen Extrem Mischgutmangel im anderen Kübel herrscht. Überfüllung im oberen Kübel kann zudem dazu führen, dass Mischgut über die Begrenzungen in den unteren Kübel rutscht und so zu einer Vermischung führt. Bei übervollem unterem Kübel kann Mischgut auf die Straße fallen. Wird das Material nicht entfernt, erzeugt das abgekühlte Mischgut Unebenheiten in der fertigen Schicht (Bild 6, links). Wiederum wurde beobachtet, dass die Mischgutkübel sich nicht gleichmäßig entleerten und an der oberen Begren-

zung des Kübels einen Kranz aus Mischgut bildeten (Bild 6, rechts, siehe auch Bild 4).

Mit dem Einbau des Teilabschnitts 2007-2 GM wurde die grundlegende Erneuerung der A 30 in diesem Bereich abgeschlossen. Da der Bauablauf keine frühere Ausführung zuließ, erfolgte der Einbau erst am 15. und 16. November 2007 bei zwar trockener Witterung und schwachen Winden, jedoch der Jahreszeit entsprechend bei niedrigen Tageshöchsttemperaturen von 5 bis 6 °C (Bild 7, links). Ein Einbau heiß auf kalt hätte zu diesem Zeitpunkt nicht mehr ausgeführt werden können. Eine Verdichtung des generell auskühlungsempfindlichen offenporigen Mischguts, vor allem in der dünnen oberen Schicht, wäre zielsicher nicht mehr möglich gewesen.

Der Geräteinsatz beim Einbau entsprach dem der anderen Teilabschnitte. Wie im Bauabschnitt 2007-3 ergaben Messungen der Mischguttemperatur Werte von ca. 160 °C für den OPA 0/16 und 150 °C für den OPA 0/8. Problematisch waren die



Bild 7: Einbau Bauabschnitt 2007-3 GM. Rechts: Unebenheiten durch Fertigerstillstand

langen Stillstände von bis zu 30 min im Bereich der AS Osnabrück-Nahne. Die durch die Stillstände entstandenen Unebenheiten („Anfahr buckel“) sind bei Streiflicht sichtbar (Bild 7, rechts). Sie entstehen durch das Aufschwimmen der Einbaubohle auf das abgekühlte und damit tragfähigere Mischgut.

3.6 Asphalttechnologische Werte

3.6.1 Bauabschnitte 2006 und 2007

Bei den beobachteten Bauabschnitten wurden Mischgutproben und Bohrkern an definierten Stationen entnommen und im Labor der BAST untersucht. Die Ergebnisse der Sieb- und Bindemittelanalyse ist für das Mischgut OPA 0/8 in Tabelle 6 und für OPA 0/16 in der Tabelle 6: Asphalttechnologische Werte OPA 0/8. Bauabschnitte 2006 und 2007. Mittelwerte, zusammenfassend dargestellt.

Beim Vergleich der Werte untereinander und mit den Sollwerten ist ersichtlich, dass nur geringe Abweichungen im Gesteinskörnungsgemisch vorlagen. Die Bindemittelgehalte wurden beim OPA 0/8 eingehalten, beim OPA 0/16 kam es zu Abweichungen nach unten. Für den Bauabschnitt 2007-2 GM wurden zum löslichen Gehalt an Bindemittel, wie im Vorfeld festgelegt (vgl. Kapitel 3.5.2), 30 % für Unlösliches und Gummilösliches addiert.

Die Erweichungspunkte Ring und Kugel des rückgewonnenen polymermodifizierten Bindemittels erreichten im Bauabschnitt 2006 nicht die Vorgaben von ≥ 65 °C.

Im Mischgut mit gummimodifiziertem Bitumen wurden keine Faserstoffe als stabilisierender Zusatz zugegeben.

Aufgrund der im Kapitel 2.2 geschilderten Probleme bei der Laborhandhabung zweischichtiger offenporiger Deckschichten wurde die Bestimmung des Hohlraumgehalts in der Laboruntersuchung der BAST abgeändert und ein Gesamthohlraum der Deckschicht bestimmt. Dazu wurde bei allen Bohrkernen an der Unterseite einheitlich 1 cm abgetrennt, um die aufgestiegene Abdichtung zu entfernen. Unterschiede in der Höhe der aufgestiegenen Abdichtung wurden nicht berücksichtigt, um Subjektivität bei der Wahl der Dicke der abzutrennenden Schicht auszuschließen. Im nächsten Arbeitsgang kam das Ausmessverfahren zur Bestimmung des Volumens zum Einsatz. Anschließend wurde die Rohdichte der Gesamtschicht aus Mischgut des Bohrkerns ermittelt und damit der Gesamthohlraumgehalt berechnet.

Es zeigt sich, dass im konventionell eingebauten Bauabschnitt 2006 ein Hohlraumgehalt von 24 Vol.-% erreicht wurde, während im Bauabschnitt 2007 mit Kompakteinbau die geforderten 22 Vol.-% nicht oder nur knapp erreicht wurden (Tabelle 8). Erwähnt werden muss, dass im Bauabschnitt 2007 die Untersuchung an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 100 mm durchgeführt wurde, was zu tendenziell kleineren Volumina führt, da der Einfluss der geschliffenen Mantelfläche sich stärker bemerkbar macht. Die Raumdichten steigen damit an, was zu kleineren Hohlraumgehalten führt. Außerdem war die Probenanzahl geringer.

Nachteilig an der geänderten Hohlraumgehaltsbestimmung ist, dass kein Verdichtungsgrad bestimmt werden kann, da keine Bezugsraumdichte zur Verfügung steht. Üblicherweise wird schichtenweise der Verdichtungsgrad mit Hilfe der Raumdichte der Marshall-Probekörper bestimmt. Hierbei kommt es zu

OPA 0/8		Soll	Bauabschnitt 2006	Bauabschnitt 2007-2 GM	Bauabschnitt 2007-3
Entnahmestation			67,7/68,2/69,0/ 69,5/70,9/71,5	74,4/74,7	75,7
Siebanalyse (Durchgang)					
11,2 – 16 mm	M.-%		100,0	100,0	100,1
8 – 11,2 mm	M.-%		92,2	92,8	91,4
5 – 8 mm	M.-%		11,4	11,5	9,7
2 – 5 mm	M.-%		7,9	7,4	6,8
0,71 – 2 mm	M.-%		7,1	6,1	6,4
0,25 – 0,71 mm	M.-%		6,6	5,6	6,2
0,09 – 0,25 mm	M.-%		6,1	4,8	5,8
Füller < 0,09 mm	M.-%	4 – 6	6,1	4,8	5,8
Feine GK 0,09 – 2 mm	M.-%		1,8	2,5	1,0
Grobe GK > 2 mm	M.-%	≥ 90	92,1	92,7	93,2
Bindemittel					
Bindemittelgehalt	M.-%	≥ 6,5	6,7	7,6 ¹⁾	6,6
EP Ring und Kugel PmB-H	°C	≥ 65	63,0	---	66,3
EP Ring und Kugel Gummi	°C	50 – 64	---	51,6	---
1) Mit Zuschlag für Unlösliches und Gummiunlösliches von 30 %					

Tab. 6: Asphalttechnologische Werte OPA 0/8; Bauabschnitte 2006 und 2007; Mittelwerte

OPA 0/16		Soll	Bauabschnitt 2006	Bauabschnitt 2007-2 GM	Bauabschnitt 2007-3
Entnahmestation			67,7/68,2/69,0/ 69,5/70,9/71,5	74,4/74,7	75,7
Siebanalyse (Durchgang)					
22,4 – 31,5 mm	M.-%		100,0	100,0	100,00
16 – 22,4 mm	M.-%		94,1	96,0	92,9
11,2 – 16 mm	M.-%		17,4	20,0	20,1
8 – 11,2 mm	M.-%		8,2	7,6	7,7
5 – 8 mm	M.-%		6,6	6,4	6,4
2 – 5 mm	M.-%		6,0	5,7	5,7
0,71 – 2 mm	M.-%		5,5	5,1	5,4
0,25 – 0,71 mm	M.-%		5,2	4,8	5,1
0,09 – 0,25 mm	M.-%		4,7	4,1	4,7
Füller < 0,09 mm	M.-%	4 – 6	4,7	4,1	4,7
Feine GK 0,09 – 2 mm	M.-%		1,2	1,6	1,0
Grobe GK > 2 mm	M.-%	≥ 90	94,1	94,3	94,3
Bindemittel					
Bindemittelgehalt	M.-%	≥ 5,8	5,7	5,5 ¹⁾	5,2
EP Ring und Kugel PmB-H	°C	≥ 65	62,7	---	64,0
EP Ring und Kugel Gummi	°C	50 – 64	---	51,8	---
1) Mit Zuschlag für Unlösliches und Gummiunlösliches von 30 %					

Tab. 7: Asphalttechnologische Werte OPA 0/16; Bauabschnitte 2006 und 2007; Mittelwerte

OPA 0/8		Soll	Bauabschnitt 2006	Bauabschnitt 2007-2 GM	Bauabschnitt 2007-3
Entnahmestation			67,7/68,2/69,0/ 69,5/70,9/71,5	74,4/74,7	75,7
Dicke 1)	cm		7,0	7,0	7,5
Rohdichte	g/cm ³		2,405	2,410	2,401
Raumdichte	g/cm ³		1,828	1,871 ²⁾	1,871 ²⁾
Hohlraumgehalt	Vol.-%	≥ 22	24,0	22,4	19,9

1) Abdichtung in einer Dicke von 1 cm entfernt.
2) Bestimmung an Bohrkernen Ø 100 mm

Tab. 8: Hohlraumgehalt Bauabschnitt 2006 bis 2007; Bestimmung am gesamten Bohrkern

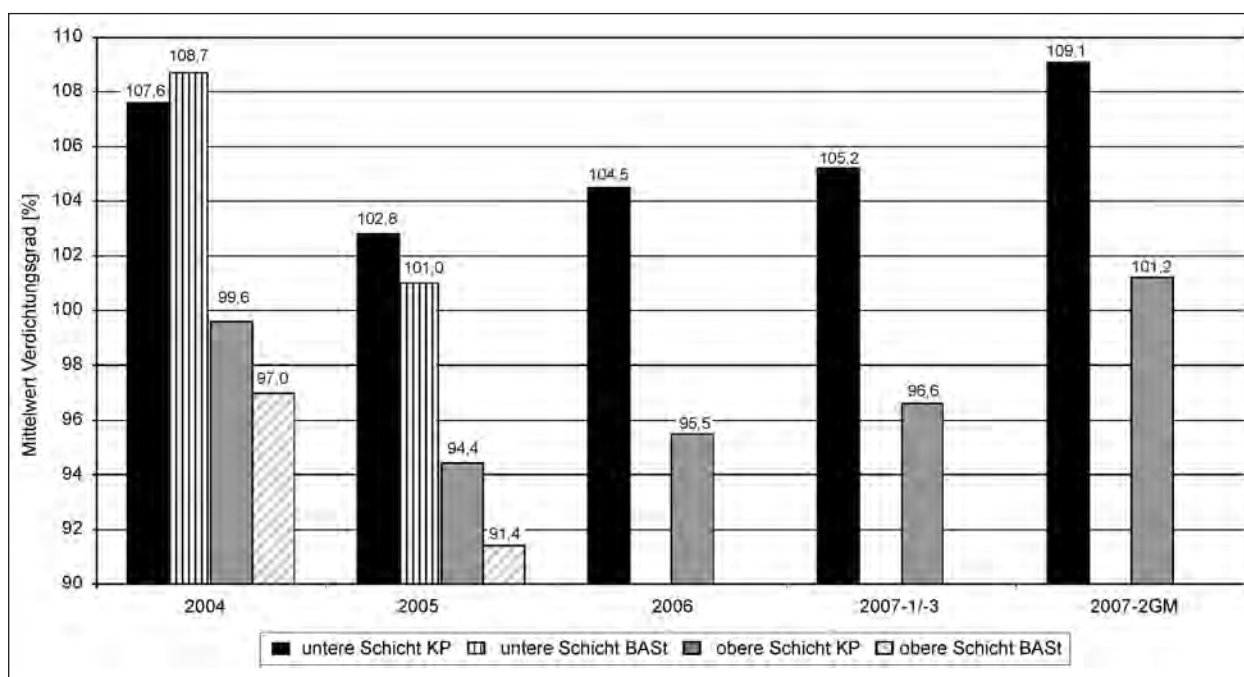


Bild 8: Mittelwert Verdichtungsgrad. Kontrollprüfung (KP) und Untersuchung der BAST aller Bauabschnitte
Quelle Daten Kontrollprüfung: [NLStBV 2008]

den im Kapitel 2.2 aufgeführten Problemen, sodass die gewonnenen Werte sich bei ZWOPA den wahren Volumenverhältnissen nur annähern können.

Insgesamt scheint sich jedoch der Trend abzuzeichnen, dass im Kompakteinbau ein etwas höheres Verdichtungs-niveau vorliegt, was zu niedrigeren Hohlraumgehalten gegenüber dem Einbau heiß auf kalt führt. Dieses Verhalten wurde ähnlich bei den Bauabschnitten 2004 und 2005 beobachtet.

3.6.2 Vergleich mit den Ergebnissen der Kontrollprüfung und den Bauabschnitten 2004 und 2005

Die Ergebnisse der Kontrollprüfung für den Verdichtungsgrad und den Hohlraumgehalt wurden den Werten der BAST-Untersuchung gegenüberge-

stellt (siehe Bild 8 und 9). Durch die grundsätzlichen Schwierigkeiten bei der Laborhandhabung dieser Schichten und die sehr viel größere Probenzahl der Kontrollprüfung (Proben in Abständen von 200 m) sind die Werte nur im Niveau übereinstimmend.

Von besonderem Interesse ist der Vergleich der Hohlraumgehalte der Einzelschichten aus der Kontrollprüfung mit dem Hohlraumgehalt für die Gesamtschicht, wie sie von der BAST für die Bauabschnitte 2006 und 2007 bestimmt wurden. Geht man davon aus, dass der Hohlraumgehalt der unteren Schicht durch das Ausmessverfahren relativ präzise zu ermitteln ist, so stellt dieser eine gute Basis zur Einschätzung des Gesamtniveaus dar. Wie aus Bild 9 ersichtlich ist, spiegelt der Gesamthohlraum die kritischen Hohlraumverhältnisse des

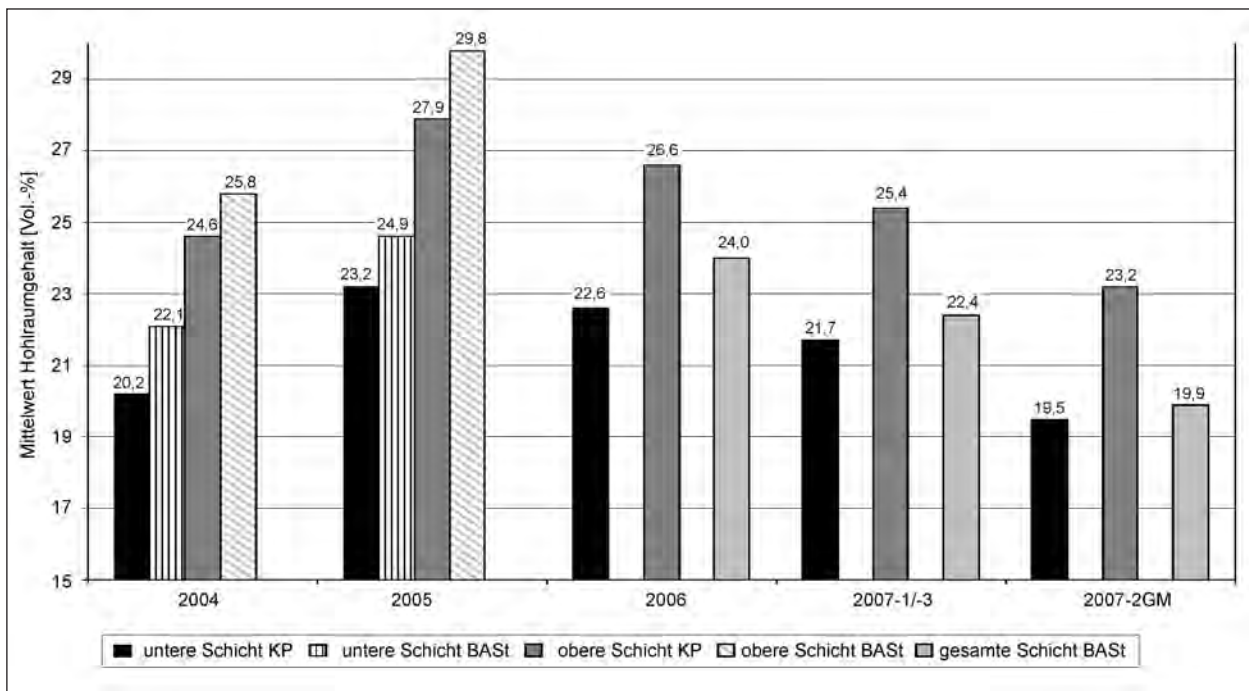


Bild 9: Mittelwert Hohlraumgehalt. Kontrollprüfung (KP) und Untersuchung der BAST aller Bauabschnitte
Quelle Daten Kontrollprüfung: [NLStBV 2008]

Bauabschnitts 2007-2 GM gut wider, ebenso wie die im gewünschten Bereich liegenden Werte der Bauabschnitte 2006 und 2007-3. Die Bestimmung des Hohlraumgehalts der gesamten Schicht scheint ein gangbarer Weg zur Erzielung realitätsnaher Werte zu sein.

Aus den Kontrollprüfungen und der Untersuchung der BAST kann der grundsätzliche Trend der jeweiligen Bauabschnitte abgelesen werden:

2004 (Kompakteinbau)

Zu hohes Verdichtungs niveau.

2005 (Einbau heiß auf kalt)

Obere Schicht zu dünn und in Verbindung mit dem offeneren und damit auskühlungsempfindlichen Mischgut problematisch in der Verdichtung. Nach [NLStBV 2008] sind in Anschluss- und Randbereichen erste Kornausbrüche erkennbar. Bei Tagesansätzen wird die Problematik des Einbaus dünner Schichten durch evtl. noch nicht vollständig aufgeheizte Einbaubohlen verstärkt.

2006 (Einbau heiß auf kalt)

Anforderungswerte erreicht. Leichte Unterverdichtung der oberen Schicht.

2007 (Kompakteinbau, PmB)

Deutliche Verbesserung gegenüber 2004. Anforderungswerte erreicht. Gegenüber dem Bauabschnitt 2006 bessere Verdichtung der oberen Schicht.

2007 (Kompakteinbau, gummimodifiziert)

Zu hohe Verdichtung beider Schichten (evtl. „Angstverdichtung“ durch niedrige Außentemperaturen).

3.7 Lärmtechnische Untersuchung

3.7.1 CPX

Die Nahfeldmessmethode (Close Proximity Method) nach ISO/CD 11819-2 [ISO 2000] ist besonders geeignet, die Homogenität einer Strecke hinsichtlich der akustischen Eigenschaften zu erfassen oder Relativbetrachtungen unterschiedlicher Abschnitte oder Fahrstreifen durchzuführen.

Im Rahmen der sog. Survey-Methode erfolgt die Messung, im Gegensatz zu den sonst verwendeten 4 Reifen, mit 2 unterschiedlichen Reifen, einem Pkw-ähnlichen Reifen A und einem hinsichtlich des Profils, nicht von den Abmessungen, Lkw-ähnlichen Reifen D. 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 D auf Unterschiede im Schallabsorptionsgrad reagiert, während der

Bauabschnitt der A 30	Kilometrierung Messung	Datum Messung	Pegel CPX Survey 80 km/h			
			CPX _{PKW} [dB(A)]	Standard-abw.	CPX _{LKW} [km/h]	Standard-abw.
2004	76,0 bis 72,5	09/2008	94,3	0,4	96,9	0,3
2005	70,5 bis 67,5	06/2007	93,7	0,7	93,7	0,5
	72,0 bis 67,5	09/2008	94,4	0,6	95,0	0,4
2006	67,5 bis 70,5	06/2007	93,4	0,3	93,9	0,3
	67,5 bis 72,0	09/2008	93,6	0,5	94,6	0,3
2007-1	72,5 bis 74,0	09/2008	93,1	0,3	94,6	0,3
2007-2 GM	74,5 bis 75,5	09/2008	93,6	0,3	94,1	0,2
2007-3	75,6 bis 76,2	09/2008	92,8	0,4	94,5	0,5

Tab. 9: Nahfeldmessung (CPX) mit dem BAST-Messanhänger

Messreifen A eher Unterschiede in der Textur der Oberfläche widerspiegelt [WEIßENBERGER 2006].

Bei der Analyse der zusätzlich dargestellten Terz-Spektren der Pegel ist zu beachten, dass die Frequenzbereiche bis etwa 1.000 Hz der mechanischen Anregung aus der Textur und damit Reifenschwingungen zuzurechnen ist [BECKENBAUER 2001].

Die Erprobungsstrecke wurde im September 2008 auf ihrer vollen Länge in beiden Fahrtrichtungen mit dem Messanhänger der BAST befahren. Im Vorjahr 2007 konnte wegen Baustellenverkehrsführungen nur der Bauabschnitt 2005 und 2006 befahren werden.

Die Analyse der Messwerte (Tabelle 9) vom September 2008 zeigt folgendes Bild:

- Die Pegel CPX_{PKW} liegen in einer Bandbreite von ca. 1,5 dB(A). Der höhere Wert des Bauabschnitts 2004 kann auf die längere Liegedauer zurückzuführen sein.
- Die Homogenität der Abschnitte ist mit Ausnahme des Bauabschnitts 2005 mit Standardabweichungen $\leq 0,5$ als gut zu bezeichnen. Unter Berücksichtigung der z. T. sehr kurzen Teilabschnitte ist der Bauabschnitt 2007 als sehr homogen zu bezeichnen.
- Im Bauabschnitt 2005 ist gegenüber der Messung aus dem Juni 2007 ein Anstieg der Pegel um 0,7 dB(A) (CPX_{PKW}) und 1,3 dB(A) für (CPX_{LKW}) zu verzeichnen. Der Bauabschnitt 2006 zeigt hier geringere Anstiege.
- Die Gummimodifizierung im Teilabschnitt 2007-2 zeigt beim Pegel für CPX_{LKW} einen tendenziell

besseren Wert gegenüber den beiden Abschnitten mit polymermodifiziertem Bindemittel.

- Der Pegel CPX_{LKW} im Bauabschnitt 2004 liegt 2 bis 3 dB(A) über dem der anderen Abschnitte.

Für eine weitere Analyse ist es hilfreich, neben den Pegeln auch eine Frequenzanalyse mit Hilfe der Terz-Spektren durchzuführen. Sie sind in Bild 10 für alle Bauabschnitte dargestellt. Der Vergleich zeigt:

- Der Bauabschnitt 2004 zeigt bis zu 6 dB(A) höhere Einzelpegel CPX_{LKW} bei 800 bis 1.250 Hz.
- Die Verläufe der Spektren der Bauabschnitte 2005, 2006, 2007-1 und 2007-3 zeigen gute Übereinstimmung im Verlauf, sodass hier Unterschiede in der Bauweise (konventionell bzw. kompakt) nicht erkennbar sind.
- Der Bauabschnitt 2007-2 GM zeigt geringere Pegel bei 800 bis 1.250 Hz, jedoch einen etwa 3 dB(A) höheren Pegel bei 500 Hz sowohl im CPX_{LKW}, als auch CPX_{PKW}. Dies deutet auf texturindizierte Reifenschwingungen hin, die im Gesamtpegel durch ein besseres Absorptionsverhalten ausgeglichen werden. Dies könnte durch den Verzicht auf Faserstoffe als stabilisierenden Zusatz begründet sein, was die Zugänglichkeit der Hohlräume erhöht.

Insgesamt ist zu beobachten, dass alle Bauabschnitte ähnliche Werte für den Pegel CPX_{PKW} zeigen. Dies deutet auf eine insgesamt gelungene Textur hin. Leichte Einschränkungen bestehen im Bauabschnitt 2005 mit einer größeren Standardabweichung und damit schlechteren Homogenität der Strecke. In [RIPKE 2007] wurde auf die durch die geringen Einbaudicken der oberen Schicht beding-

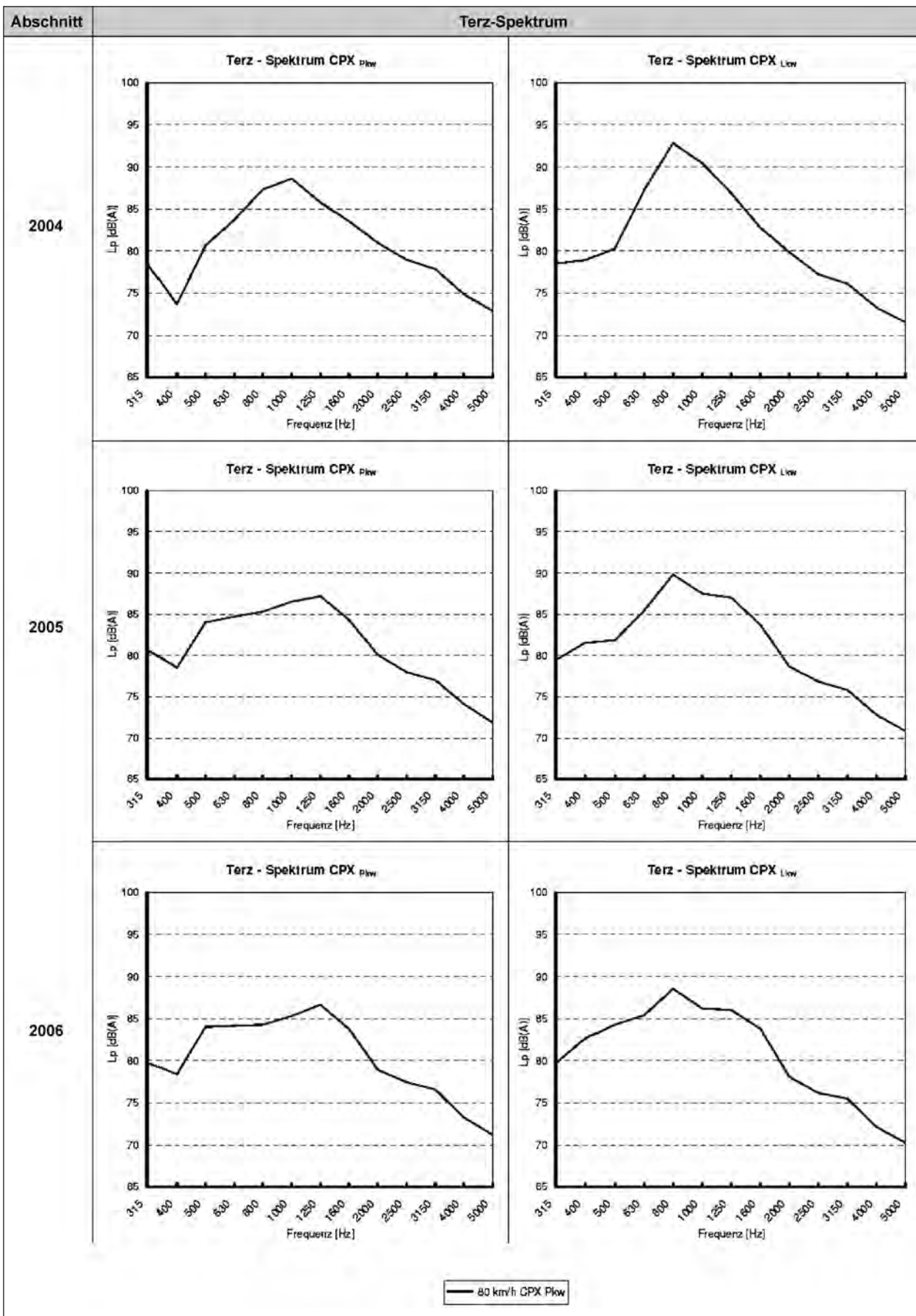


Bild 10: Terz-Spektren der Nahfeldmessung bei 80 km/h im September 2008

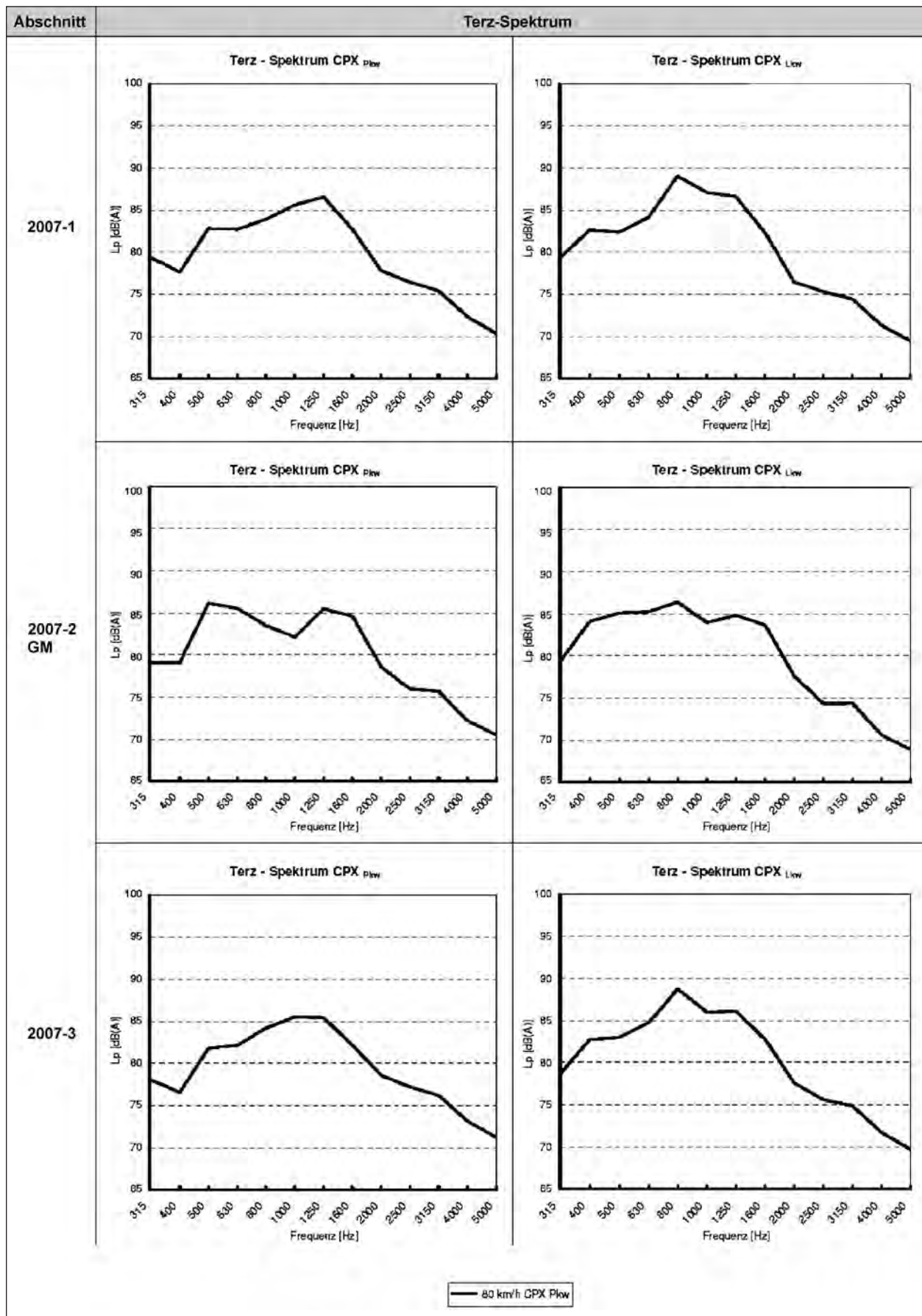


Bild 10: Fortsetzung

te inhomogene Texturausprägung eingegangen. Bei den älteren Bauabschnitten 2004 und 2005 ist ein leichter Abstieg der Pegel durch die Liegezeit von 4 bzw. 3 Jahren erkennbar.

Der hohe Pegel CPX_{Lkw} des Bauabschnitts 2004 deutet auf ein ungünstiges Absorptionsverhalten der Deckschicht hin. Ursächlich kann die sehr große Schichtdicke von bis zu 10 cm sein, die das Absorptionsmaximum zu tiefen Frequenzen von ca. 500 Hz verschiebt und im Bereich 800 bis 1.250 Hz keine wirkungsvolle Absorption zulässt. Hinzukommen der in diesem Bauabschnitt sehr hohe Verdichtungsgrad der unteren Schicht von etwa 108 % [RIPKE 2007] und damit verbunden ein Hohlraumgehalt von 22 Vol.-% in der BAST-Untersuchung und 20 Vol.-% in der Kontrollprüfung, sodass der Absorptionsgrad in seiner Höhe begrenzt blieb (siehe auch Kapitel 3.7.3).

3.7.2 SPB

Bei allen vier Bauabschnitten wurden Messungen des Pegels nach statistischer Vorbeifahrt durchgeführt. Die Auswertung erfolgte für Pkw bei 120 km/h, für Lkw bei 88 km/h. Aufgrund der Baustellenverkehrsführungen war die Höchstgeschwindigkeit bei der Messung des Bauabschnitts 2005 auf 100 km/h beschränkt, sodass die Auswertung für diese Geschwindigkeit erfolgte. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurde die Wiederholungsmessung nach einem Jahr auf 100 km/h mit Hilfe der Regression umgerechnet (siehe Tabelle 10).

Es zeigt sich, dass die Geräuschpegel für Pkw der vier Bauabschnitte bei der Erstmessung gut im Rahmen der Messtoleranz bei etwa 77 dB(A) lagen

und somit keine Unterschiede aufwiesen. Die Messtoleranz beträgt nach [ULLRICH 1998] $\pm 1,4$ dB(A). Sie zeigen somit eine Reduzierung des Pegels gegenüber der Referenzoberfläche „nicht geriffelter Gussasphalt“ (Pegel: 85,2 dB(A)) von ca. 8 dB(A) und damit im Bereich einschichtiger OPA.

Eine sehr starke Reduzierung erfolgte bei den Geräuschpegeln für Lkw. Die Pegel lagen hier bei 81 bis 82 dB(A) und somit etwa 5 dB(A) niedriger als „nicht geriffelter Gussasphalt“ mit einem Referenzpegel von 87,4 dB(A) [ULLRICH 2002]. Gegenüber einschichtigem OPA 0/8 konnte eine Verbesserung von etwa 3 dB(A) erzielt werden. Sie zeigen üblicherweise einen Lkw-Geräuschpegel von etwa 85 dB(A) [ULLRICH 2002]. Durch ihre große Dicke zeigen ZWOPA eine hohe Effektivität zur Reduzierung von Lkw-Pegeln. Das Absorptionsmaximum liegt bei tieferen, für Lkw-Pegel maßgebenden Frequenzen (s. a. Kapitel 3.7.3). Gestützt werden kann diese Aussage durch Vergleichsmessungen der BAST im Jahre 2007 auf der A 9 bei Garching (siehe Tabelle 1). Zwei Jahre nach Einbau wurden hier Lkw-Pegel von etwa 82 dB(A) ermittelt. Bei der Erstmessung des Bayerischen Landesamts für Umwelt im Jahre 2005 ergab die Auswertung für 88-km/h-Lkw-Pegel 80 bis 82 dB(A) [GAIL 2006].

Im Bauabschnitt 2007 konnten durch die Lage der Strecke im Einschnitt und z. T. aktiven Lärmschutz (Wände, Wälle) und eine ungünstige Fahrstreifenaufteilung keine Messungen der statistischen Vorbeifahrt durchgeführt werden. Die Einschätzung der akustischen Wirksamkeit dieses Abschnitts mit seinen 3 Teilabschnitten erfolgt mit Hilfe der CPX-Messung (vgl. Kapitel 3.7.1). Es zeigt sich, dass das

Bauabschnitt der A 30	Kilometrierung [km]	Datum Messung	Pegel statistische Vorbeifahrt Pkw		Pegel statistische Vorbeifahrt Lkw 88 km/h [dB(A)]
			Pegel [dB(A)]	Geschwindigkeit [km/h]	
2004	73,990	11/2004	77,0	120	81,4
	72,450	11/2004	77,5	120	---
2005	70,260	05/2006	75,2	100	---
	70,350	08/2007	75,8	100	---
			78,2	120	81,8
2006	70,400	08/2007	77,3	120	81,0
2007*	---	---	---	---	---

* Abschnitt nicht für SPB-Messungen geeignet

Tab. 10: Geräuschpegel statistische Vorbeifahrt Pkw und Lkw

Niveau der anderen Bauabschnitte erreicht wurde. Aufgrund der CPX-Pegel lassen sich keine deutlichen Vorteile der Gummimodifizierung ableiten. Die Analyse der Terz-Spektren zeigt jedoch ein besseres Absorptionsverhalten (siehe Kapitel 3.7.1).

3.7.3 Absorption

Die Möglichkeit zur Schallabsorption ist, neben der Möglichkeit zur Entlüftung des Reifen-Profiles, der Hauptgrund für die hohe Effektivität von OPA zur Reduktion von Reifen-Fahrbahn-Geräuschen. Je nach Dicke einer OPA-Schicht kommt es zur Ausprägung eines Absorptionsmaximums bei einer bestimmten Frequenz der Schallwellen. Bei einschichtigen OPA liegt dieses Maximum bei etwa 1.000 Hz, bei dickeren zweischichtigen OPA verschiebt es sich hin zu tieferen Frequenzen von etwa 600 Hz, ergänzt von lokalen Maxima bei höheren Frequenzen. Um alle im Verkehrskollektiv vorkommenden Schallpegel (tieffrequente Lkw-Pegel, höherfrequente Pkw-Pegel) wirksam mindern zu können, wird eine möglichst breitbandige Absorption angestrebt.

Aus jedem Bauabschnitt der A 30 wurden Proben mit 100 mm Durchmesser aus Bohrkernen gewonnen und im Kundt'schen Rohr der BAST vermessen. Vom Bauabschnitt 2004 standen Bohrkern aus Probefeldern zur Verfügung, die die Einbauvarianten „heiß auf heiß“ und „heiß auf kalt“ abbildeten.

Der Vergleich der Messwerte zeigt kein eindeutiges Bild. Generell fällt die tiefe Frequenz der maximalen Absorption auf, die der großen Einbaudicke geschuldet ist. Die Absorptionsgrade sind insgesamt zu gering. Der Absorptionsgrad sollte sich im Bereich 0,6 bis 1,0 bewegen [WEIßENBERGER 2006]. Im Bauabschnitt 2007 scheint eine Verbesserung eingetreten zu sein, sodass hier der Absorptionsgrad den für ZWOPA zu erwartenden Bereich von etwa 0,8 erreicht. Der Teilabschnitt mit gummimodifiziertem Bitumen zeigt auch hier leichte Vorteile. Im Bericht [WEIßENBERGER 2006] wurde eine Reihe von einschichtigen OPA mit Liegedauern z. T. über 10 Jahren betrachtet und neben anderen Kenngrößen der Absorptionsgrad bestimmt. Die gemessenen Werte reichten von 0,1 für die ältesten verschmutzten, bis 0,8 für neue Strecken.

3.8 Griffigkeit

Die Griffigkeit aller Bauabschnitte wurde mit dem Messverfahren SKM nach den Technischen Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau (Teil: TP Griff-StB (SKM)) bei 80 km/h erfasst. Durchgängige Messungen aller Abschnitte waren wegen der Baustellenverkehrsführungen erstmals im Jahr 2008 möglich.

Bauabschnitt	Probenbezeichnung	Entnahmestelle [km]	Absorptionsgrad α_{\max} [-]	Mittelwert [-]	Frequenz der maximalen Absorption f_{\max} [Hz]
2004	heiß/heiß	Probefeld	0,74	---	450
	heiß/kalt	Probefeld	0,63	---	420
2005	A30-5	70,218	0,50	0,61	504
	A30-6	70,218	0,72		728
2006	P1A	71,500	0,45	0,48	546
	P1B	71,500	0,50		614
	P6A	67,700	0,52	0,57	642
	P6B	67,700	0,61		568
2007-2 GM	A30-C	74,700	0,65	0,70	544
	A30-D	74,700	0,75		498
2007-3	A30-A	75,700	0,55	0,65	622
	A30-B	75,700	0,75		588

Tab. 11: Absorptionsgrad

Bauabschnitt	Kilometrierung	Mittelwert μ k-SFC 1. Fahrstreifen				
		Messdatum				
		10.2004	04.2005	01.2007	03.2007	06.2008
2004	72,1 bis 76,9	0,59	0,65	---	---	0,60
2005	66,9 bis 72,1	---	---	0,67		0,64
2006	66,9 bis 72,1	---	---	---	0,68	0,63
2007-1	72,1 bis 74,1	---	---	---	---	0,61
2007-2 GM	74,1 bis 75,5	---	---	---	---	0,60
2007-3	75,5 bis 76,2 (76,2 bis 76,9 in SMA)	---	---	---	---	0,60

Tab. 12: Griffigkeitsmessungen mit dem Verfahren SKM

Die Tabelle 12 zeigt die Mittelwerte der jeweiligen Abschnitte. Bei Betrachtung der Gesamtstrecke ergibt sich bei der letzten Messung im Juni 2008 ein μ k-SFC von mindestens 0,60 und die ermittelte Griffigkeit liegt damit auf hohem Niveau. Der Grenzwert bei Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche beträgt im Vergleich dazu $\mu = 0,43$ bei 80 km/h.

Bei Betrachtung der einzelnen Bauabschnitte fällt auf, dass die Abschnitte 2005 und 2006 im Einbau heiß auf kalt etwas besser abschneiden als die Bauabschnitte im Kompakteinbau. Der Kompakteinbau 2007 zeigt nach einer Liegezeit von etwa einem halben Jahr mit einem μ k-SFC von ca. 0,60 in allen drei Teilabschnitten eher geringe Werte. Die Bauabschnitte 2004 und 2006 ergaben nach dieser Liegezeit Werte von 0,65 bzw. 0,68. Möglicherweise ist im Abschnitt 2007 noch ein Bindemittelfilm an der Oberfläche vorhanden. Der Teilabschnitt mit gummimodifiziertem Bitumen zeigt keine Abweichungen zu den anderen im Jahre 2007 gebauten Teilabschnitten.

Generell muss erwähnt werden, dass bei allen mechanisierten Messmethoden, bei denen die Fahrbahn angenast wird, offene porige Deckschichten relativ gut abschneiden, da der Wasserfilm zum Teil abgeführt wird. Die Griffigkeit nach Entfernen des Bindemittelfilms wird fast ausschließlich durch das Verhalten der gröſsten Körnung (fehlende Sandfraktion) bestimmt. Von großer Bedeutung ist hier der Widerstand gegen Polieren. An einer Probe der in der oberen Schicht verwendeten groben Gesteinskörnung 5/8 aus Quarzporphyr wurde von der BAST der sehr hohe Polierwert $PSV_{5/8}$ von 59 ermittelt. In den neuen TL Asphalt-StB 07 [FGSV 2007] wird für offene porigen Asphalt (PA) die Ver-

wendung von Gesteinskörnungen mit der Kategorie $PSV_{\text{angegeben}}(54)$ gefordert.

4 Fazit

Die Analysen der Messdaten und die beim Einbau der 4 Bauabschnitte gesammelten bautechnischen Erfahrungen wurden zusammengefasst und in Form von Vor- und Nachteilen der jeweiligen Bauweise in Tabelle 13 aufgelistet.

Damit lassen sich folgende Voraussetzungen zur Ausführung ableiten:

Einbau heiß auf kalt

Voraussetzungen:

- Einbau in günstiger Jahreszeit,
- sorgfältige Wahl der Dicke der oberen Schicht,
- Probefeld,
- sorgfältige Wahl eines Walz/Verdichtungsschemas für die obere Schicht.

Einbau kompakt

Voraussetzungen:

- ausreichende Anzahl von Mischanlagen in der näheren Umgebung der Baumaßnahme,
- Probefeld,
- sorgfältige Wahl eines Walz/Verdichtungsschemas.

	Einbau heiß auf kalt	Einbau kompakt
Nachteile	Obere dünne Schicht auskühlungsempfindlich und damit problematisch in der Kornumlagerung/Verdichtung	Aufwändige Mischgutlogistik. Gleichzeitiger Einsatz mehrerer Mischanlagen nötig
	Beim Befahren der unteren Schicht können bei hohen Außentemperaturen Körner aus der Schicht gerissen werden	Aufwändige Maschinenteknik bzw. Einsatz von Spezialmaschinen Überverdichtung möglich
Vorteile	Einsatz herkömmlicher Baumaschinen	Durch Einbau eines relativ dicken Asphaltpakets ist trotz des auskühlungsempfindlichen Mischguts ein Einbau bei niedrigen Temperaturen möglich
	Übliche Mischgutlogistik	Zeitgewinn durch Einbau in einem Arbeitsgang

Tab. 13: Bautechnischer Vergleich der Bauweisen heiß auf kalt und kompakt

Generell muss beim Vergleich der Bauweisen angemerkt werden, dass zwischen dem jeweiligen ersten Bauabschnitt und dem Folgeabschnitt eine deutliche Verbesserung im Erreichen der Anforderungen sichtbar war. Mit beiden Bauweisen konnten Deckschichten erstellt werden, welche die Anforderungen im Großen und Ganzen erfüllten.

Neben diesem bautechnischen Fazit zeichnete sich kein Vorteil der einen oder anderen Bauweise bei der akustischen Untersuchung ab. Mit beiden Bauweisen konnten hohe Lärminderungen vor allem für Lkw erzielt werden. Vorteile deuten sich bei der Variante mit gummimodifiziertem Bindemittel bei der Schallabsorption an. Generell ist jedoch die Einbaudicke, vor allem im Bauabschnitt 2004, zu groß, sodass das Absorptionsmaximum zu sehr tiefen Frequenzen hin verschoben ist.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Deckschichten aus offenporigem Asphalt stellen eine sehr wirksame Methode dar, das Reifen-Fahrbahn-Geräusch direkt am Entstehungsort zu reduzieren. Die Entwicklung der Bauweise führte zu einer zweischichtigen Ausführung in größerer Dicke, bei der es nahelag, die zur Verfügung stehende Bauweise Kompaktasphalt auch für diese Asphaltsschichten zu nutzen.

Im Zuge der Grunderneuerung der BAB A 30 kam im Bereich der Stadt Osnabrück eine Deckschicht aus ZWOPA zum Einsatz. Durch die Aufteilung in 4 Bauabschnitte konnte die Bauweise heiß auf kalt, also der herkömmliche schichtenweise Einbau, mit der Variante im Kompakteinbau in jeweils zwei Bauabschnitten verglichen werden.

Die Bauausführung erfolgte über den Zeitraum von 4 Jahren und begann 2004 mit einem Einbau kompakt, gefolgt von zwei Bauabschnitten heiß auf kalt und dem Abschluss 2007 mit einem erneuten Kompakteinbau. Dieser Abschnitt war in drei Unterabschnitten aufgeteilt, wovon einer zur Erprobung einer Variante mit gummimodifiziertem Bitumen genutzt wurde. Die Mischgutkonzeption wurde ansonsten beibehalten. Änderungen ergaben sich bei der Dicke der ausgeführten Schichten, die indirekt über das Einbaugewicht reduziert bzw. gesteuert wurden.

Jeder Bauabschnitt wurde von der BAST wie auch von einer umfangreichen Kontrollprüfung begleitet. Zusätzlich wurden Messungen der Schallemission und der Griffigkeit durchgeführt. Bei der Auswertung der Untersuchungen zeigte sich, dass beide Bauweisen mit Startschwierigkeiten bei ihrem ersten Bauabschnitt zu kämpfen hatten. So kam es 2004 zu sehr hohen Verdichtungsgraden bzw. geringen Hohlraumgehalten in der unteren Schicht, die auf eine Überverdichtung hindeuteten, während 2005 die obere Schicht das gegenteilige Verhalten aufwies, d. h. hohe Hohlraumgehalte und sehr geringe Verdichtungsgrade. Hier wurde die Schicht zu dünn ausgeführt, was Verdichtungsprobleme mit sich brachte. Die jeweiligen Folgeabschnitte 2006 bzw. 2007 konnten die Anforderungen überwiegend erfüllen. Eine Zielsicherheit ist hier noch nicht gegeben.

Die Variante mit gummimodifiziertem Bitumen im Bauabschnitt 2007 zeigte wieder das Erscheinungsbild des Bauabschnitts 2004 mit sehr hohen Verdichtungsgraden in der unteren Schicht, wurde aber auch sehr spät im Jahr eingebaut. Trotz dieser Überverdichtung zeigte dieser letzte Teilabschnitt die Stärken des Kompakteinbaus durch Nutzung der Wärmekapazität eines relativ dicken Asphaltpakets zur Verdichtung.

Die Auswertung der Lärmmessungen zeigte keine eindeutigen Vorteile der einen oder der anderen Bauweise. Insgesamt wurden die Bauabschnitte, vor allem 2004, mit zu großer Einbaudicke ausgeführt, was die maximale Schallabsorption zu eher niedrigen Frequenzen hin verschob und damit eine hohe Wirksamkeit bei der Reduzierung von Lkw-Pegeln brachte. Die Reduktion der Pkw-Pegel lag jedoch im üblichen Bereich einschichtiger OPA, brachte hier also keine Verbesserung. Bei der Schallabsorption deuten sich Vorteile bei der Verwendung gummi-modifizierter Bitumen an.

Die Bestimmung des Hohlraumgehalts an Bohrkerne der gesamten Schicht scheint ein gangbarer Weg zur Erzielung realitätsnaher Werte zu sein und sollte in zukünftigen Regelwerken berücksichtigt werden.

Die Griffigkeitsmessung mit dem Verfahren SKM ergab die für offenporige Deckschichten üblichen Werte von ca. 0,60. Die Nachprüfung des Polierwertes der verwendeten groben Gesteinskörnungen ergab sehr hohe Werte, sodass die Dauerhaftigkeit der Griffigkeit gegeben sein müsste.

Die Erprobungsstrecke ist die nächsten Jahre weiter zu beobachten, um Aussagen über das erhoffte bessere Langzeitverhalten von ZWOPA zu bekommen. Zwischenzeitlich hat die Bauweise OPA eine Weiterentwicklung in Form neuer Bauvarianten erfahren, die es später bei Bildung eines Gesamturteils zu berücksichtigen gilt. Zu nennen ist z. B. der Einbau von einschichtigem OPA auf einer Abdichtung aus Gussasphalt, wodurch die volle Schichtdicke akustisch wirksam wird, da keine Abdichtung in den OPA aufsteigt. Parallel dazu muss außerdem das Verhalten anderer Erprobungsstrecken mit ZWOPA, z. B. die A 9 bei Garching, beobachtet werden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass bei sorgfältiger Bauausführung, z. B. unter Einbeziehung der Ergebnisse eines Probefelds, mit beiden Bauweisen anforderungsgerechte Deckschichten aus ZWOPA hergestellt werden können. Deutet sich im Bauablauf ein Einbau in der späten Jahreszeit an, so ist der Kompaktbauweise der Vorzug zu geben. Bei niedrigen Temperaturen ist der Einbau der dünnen sehr auskühlungsempfindlichen oberen Schicht mit herkömmlicher Technik nicht mehr möglich.

6 Literatur

- BECKENBAUER, Th. et al.: Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch. Schlussbericht zu FE-Nr. 03293/1995/MRB. Planegg, Juni 2001
- FGSV: Merkblatt für den Bau offenporiger Asphaltdeckschichten. Ausgabe 1998. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln, 1998
- FGSV: Begriffsbestimmungen. Teil: Straßenbau-technik. Ausgabe 2003. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln, 2003
- FGSV: Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, TL Asphalt-StB 07, Ausgabe 2007. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln, 2007
- GAIL, H.: Schalltechnische Untersuchung an der BAB A 9 bei Eching/Garching vor und nach dem Einbau eines zweischichtigen offenporigen Asphalts. Messbericht Bayerisches Landesamt für Umwelt, Juni 2006. Download unter: http://www.lfu.bayern.de/laerm/forschung_und_projekte/opa/projektbeschreibung/index.htm
- ISO/CD 11819-2: Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method. 13.12.2000
- Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV 2008). Vermerk mit Anlagen zur Besprechung am 16.01.2008
- RIPKE, O.: Zweischichtiger offenporiger Asphalt in Kompaktbauweise. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft S 49, Bergisch Gladbach, Februar 2007
- ULLRICH, S.: Messung der Geräuschemission einer Straße – Messunsicherheiten, Messtoleranzen. Mitteilungen der BASt, in: Straße + Autobahn, Heft 11/1998, S. 622-624
- ULLRICH, S., de VEER, H.: Der Einfluss der Straßenoberfläche auf die Geräusch-Emission mehrachsiger Lkw – Offenporiger Asphalt auf Autobahn-Fahrbahnen. Unveröffentlichter Bericht der BASt, Bergisch Gladbach, Juli 2002

WEIßENBERGER, W., et al.: Schlussbericht „Weiterentwicklung offenporiger Asphalte“. Forschungsprojekt im Auftrag des Freistaates Bayern. Bearbeitung durch Fa. Müller-BBM, Plannegg. November 2006. Download unter: http://www.lfu.bayern.de/laerm/forschung_und_projekte/opa/projektbeschreibung/index.htm

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Straßenbau“

1993

- S 1: Verwitterungsbeständigkeit von Recycling-Baustoffen
Guth kostenlos
- S 2: Eignung von Grubenbergen als Baustoff für Tragschichten ohne Bindemittel
Guth kostenlos
- S 3: Altlastenerfassung durch geophysikalische Methoden
Faust kostenlos
- S 4: EPS-Hartschaum als Baustoff für Straßen
Bull-Wasser kostenlos
- S 5: Baubegleitende Messungen B 73n
Heinisch, Blume kostenlos
- S 6: Eignung überdeckter Fugen mit Querkraftübertragung
Fleisch, Bartz kostenlos

1994

- S 7: 33. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau
€ 14,00

1995

- S 8: Anleitung Qualitätsmanagementplan Asphalttragschichten
Freund, Stöckner € 12,50
- S 9: Meßwert- und rechnergestütztes Management der Straßenerhaltung – Niederschrift und Referate des Erfahrungsaustausches am 16. und 17. Mai 1995 in Berlin
€ 13,00
- S 10: 34. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau
€ 14,00

1996

- S 11: Der Einfluß der Textur auf Reifen/Fahrbahngeräusch und Rollwiderstand – Untersuchungen im Prüfstand Fahrzeug/Fahrbahn
Ullrich, Glaeser, Sander, Chudalla, Hasskelo, Löffler, Sievert € 15,00
- S 12: Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen – Projektgruppe „Lärmindernde Straßendecken“
€ 10,00
- S 13: Qualität von mineralischen Straßenbaustoffen
Tabbert € 16,50

1997

- S 14: 35. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau
€ 16,50
- S 15: Anforderungen an Fugenfüllsysteme aus Temperaturdehnungen
Eisenmann, Lechner € 12,50
- S 16: Sicherheitswirksamkeit ausgewählter Straßenbaumaßnahmen im Lande Brandenburg
Schnüll, Handke, Seitz € 22,00

1998

- S 17: Restnutzungsdauer von Asphalttschichten – Prüfung der Grundlagen zu ihrer Berechnung
Wolf, Schickl € 13,00

- S 18: 2. Erfahrungsaustausch über rechnergestütztes Straßenerhaltungsmanagement
€ 14,50

- S 19: Einfluß der Bruchflächigkeit von Edelsplitten auf die Standfestigkeit von Asphalten
Teil 1: Literaturlauswertung
Beckedahl, Nöslcr, Straube
Teil 2: Einfluß des Rundkornanteils auf die Scherfestigkeit von Gesteinskörnungen
Diel € 16,50

1999

- S 20: 36. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau
€ 14,00
- S 21: Walzbeton: Ergebnisse aus neuester Forschung und langjähriger Praxis – Kompendium
Birmann, Burger, Weingart, Westermann
Teil 1: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (1)
Schmidt, Bohlmann, Vogel, Westermann
Teil 2: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (2)
Weingart, Dreßler
Teil 3: Messungen an einer Versuchsstrecke mit Walzbeton-Tragschicht an der B54 bei Stein-Neukirch
Eisenmann, Birmann
Teil 4: Temperaturdehnung, Schichtenverbund, vertikaler Dichteverlauf und Ebenheit von Walzbeton
Burger € 17,00

2000

- 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

2001

- 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

2002

- 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

2003

- 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 Fahrbahnaufbaus
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

2004

- 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

2005

- 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

2006

- 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 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 heruntergeladen werden.
Wörner, Bönisch, Schmalz, Bösel € 15,50

2007

- 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 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 heruntergeladen werden.
Hirsch € 16,00

2008

- 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/STSuB)
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 offenporiger Asphaltbauweisen
Ripke € 13,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.