

# Lärmindernder Splittmastixasphalt

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 68

**bast**



# Lärmindernder Splittmastixasphalt

von

Oliver Ripke

unter Mitwirkung der Referate

- Umweltschutz (V3)
- Straßenzustandserfassung und -bewertung,  
Messsysteme (S1)

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Straßenbau Heft S 68**

**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 **Forschung kompakt** berichtet.  
Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben;  
Interessenten wenden sich bitte an die  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

#### **Impressum**

Bericht zum Forschungsprojekt  
AP F1100.3505001: Lärmindernder Splittmastixasphalt

#### **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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9323  
ISBN 978-3-86918-106-6

Bergisch Gladbach, März 2011

## Kurzfassung – Abstract

### Lärmindernder Splittmastixasphalt

Der Minderung des Verkehrslärms hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Der aktive Lärmschutz in Form von Wänden oder Wällen stößt an die Grenzen oder kann sogar nur durch den Einsatz von Einhausungen gewährleistet werden. Die Straßenoberfläche muss somit einen Beitrag zur Minderung der Verkehrsgeräusche an der Quelle leisten.

Lärmtechnisch optimierte Deckschichten lassen sich unterschiedlich konzipieren, bis hin zum sehr wirksamen Offenporigen Asphalt (OPA), der insgesamt jedoch einen relativ großen Aufwand darstellt. Für Anwendungsfälle, die nicht der hohen Wirksamkeit von OPA bedürfen, wurde Splittmastixasphalt (SMA) ab 2005 einer lärmtechnischen Optimierung unterzogen. Ziel war es, den hohen Aufwand (Abdichtung, Entwässerungssysteme etc.) und die reduzierte Lebensdauer von OPA zu vermeiden. Die als SMA LA bezeichneten lärmoptimierten Asphaltdeckschichten sind hohlraumreicher konzipiert, werden auf einer leichten Abdichtung aus Bitumenemulsion eingebaut und nicht abgestumpft. Durch Verstärkung der akustisch günstigen Plateau/Täler-Oberflächenstruktur wird eine verbesserte akustische Wirksamkeit angestrebt. Eine erste Baumaßnahme wurde im Jahre 2005 auf der A 93 bei Schwandorf ausgeführt. Zum Einsatz kam SMA 0/8 LA, SMA 0/5 LA und ein herkömmlicher SMA 0/8 S. Die nach dem Einbau erfolgten Lärmmessungen ergaben für beide Varianten eine Lärminderung gegenüber der Referenzoberfläche der RLS-90, nicht geriffelter Gussasphalt, von etwa 4 dB(A) für Pkw bei 120 km/h. Es zeigte sich jedoch auch, dass keine Minderung der Schallpegel für Lkw erreicht werden konnte. Die steifen Lkw-Reifen sind relativ unempfindlich gegenüber Texturänderungen. Wiederholungsmessungen der Geräuschmission ließen eine Tendenz zur akustischen Alterung erkennen, d. h., die Pegel stiegen tendenziell an. Eine Überprüfung der Textur zeigte ein leichtes Einebnen durch den überrollenden Verkehr, der möglicherweise wichtige Anteile bei der Geräuschentstehung, wie Airpumping, ansteigen lässt. Eine abschließende Interpretation von Texturkenngrößen ist generell noch nicht möglich. Die Erstmessung der Griffigkeit direkt nach Einbau zeigte trotz eines Verzichts auf Abstumpfungsmaßnah-

men keine Auffälligkeiten, wie auch die Zustandserfassung und -bewertung im Jahre 2009 nach vier Jahren Liegezeit.

Seit 2005 wurde nach diesem Konzept eine ganze Reihe von Baumaßnahmen durchgeführt, die relativ zielsicher die gewünschte lärmindernde Wirkung zumindest für Pkw zeigten. Die angestrebte Reduzierung des Aufwandes gegenüber OPA konnte erreicht, ein Nachweis der akustischen und bautechnischen Dauerhaftigkeit muss jedoch noch erbracht werden. Die Texturanalyse des SMA 0/5 LA zeigte gute theoretische Werte, die sich bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten auf der A 93 nicht vorteilhaft auf die Schallpegel auswirkten, möglicherweise kann dieser Vorteil auf Bundesstraßen oder städtischen Straßen zur Erzielung einer guten Lärminderung genutzt werden.

### Noise reducing stone mastic asphalt

Reducing traffic noise has become increasingly important in the last few years. Active noise control in the form of walls or embankments has its limitations, or may even only be guaranteed by the use of enclosures. Therefore, the road surface needs to contribute to the reduction of traffic noise at the source.

Wearing courses, technically optimised for noise absorption can be designed in various ways, including the very effective porous asphalt (OPA), which however, requires a relatively high level of expenditure and work. For use cases where the high efficacy of OPA is not required, stone mastic asphalt (SMA) was subjected to a technical optimisation for noise absorption. The aim was to avoid the high expenditures and work required (sealing, drainage systems, etc.), and to avoid the reduced service life of OPA. The asphalt wearing courses designated as SMA LA, optimised for noise absorption, are designed with a higher void content, are rolled on a light seal of bitumen emulsion and not blinded. By reinforcing the acoustically favourable surface structure – plateaus alternating with valleys – an improved acoustic efficacy is sought. The first construction project was executed in 2005 on the A93 at Schwandorf. SMA 0 / 8, LA,

SMA 0 / 5 LA and a conventional SMA 0 / 8 S were used. The noise measurements performed after installation showed a noise reduction of approximately 4 dB(A) for passenger vehicles at a speed of 120 km/h, for both variants compared to the reference surface of RLS-90, ungrooved mastic asphalt. However, it also was detected that no reduction in the noise level of heavy-duty vehicles could be achieved. The rigid tyre trucks show a relatively low reaction to changes in texture. Repeat measurements of the noise immissions indicated a tendency for acoustic aging, meaning the levels tended to increase. An inspection of the texture showed a slight flattening caused by overrunning traffic which probably causes important components of noise generation such as air pumping to increase. A final interpretation of texture parameters is not generally possible yet. The first skid resistance measurement after installation showed no abnormalities despite the absence of skid-proofing measurements, and neither did the condition report and evaluation in 2009, after a settling time of four years.

Since 2005, a number of construction measures which produced the desired noise reduction relatively accurately, at least in the case of passenger vehicles, were performed according to this concept. The desired reduction in expenditure and work compared to OPA was achieved; however, proof of the acoustic and structural durability still needs to be provided. The texture analysis of the SMA 0 / 5 LA showed good theoretical values which did not affect the noise level favourably at high speeds on the A93; this advantage can possibly be made use of for federal main roads or municipal roads for the attainment of good noise reduction.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	<b>Anlagen</b> .....	19
<b>2</b>	<b>Lärmindernde Asphaltdeckschichten</b> .....	7	<b>Anlage 1:</b>	
2.1	Bautechnische Systematik .....	7	Texturmessung Texturmessfahrzeug (TMF)	
2.2	Konzeption lärmindernder Splittmastixasphalt .....	8	SMA 0/8 LA .....	19
2.3	Konzeption lärmindernder Asphaltdeckschichten in der Schweiz, Österreich und Dänemark .....	9	<b>Anlage 2:</b>	
			Texturmessung Texturmessfahrzeug (TMF)	
			SMA 0/8 S .....	19
<b>3</b>	<b>Erprobungsstrecke</b>		<b>Anlage 3:</b>	
	<b>A 93 Schwandorf</b> .....	10	Texturmessung Texturmessfahrzeug (TMF)	
3.1	Veranlassung und Lage der Strecke .....	10	SMA 0/5 LA .....	20
3.2	Einbaubeobachtung .....	11	<b>Anlage 4:</b>	
3.3	BAST-Untersuchung und Kontrollprüfung SMA 0/8 LA .....	11	Mischgutzusammensetzung, Kontrollprüfungsergebnisse und Geräuschmessung	
3.4	Griffigkeitsmessung nach Einbau .....	13	SMA 0/8 LA auf der B 56 bei Düren bzw. A 24 bei Neuruppin .....	21
3.5	Akustische Untersuchung .....	13		
3.6	Texturmessungen .....	14		
3.7	Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) 2009 .....	16		
<b>4</b>	<b>Weitere Erprobungsstrecken</b> .....	16		
<b>5</b>	<b>Weitere Aktivitäten</b> .....	17		
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> ....	17		
<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....	18		





## 1 Einleitung

Eine moderne Volkswirtschaft ist auf eine leistungsfähige Verkehrs-Infrastruktur angewiesen. In den Ballungsräumen zeigen sich jedoch vermehrt die negativen Auswirkungen steigender Verkehrsbelastungen und jeder Bewohner kommt fast unweigerlich mit den Lärmemissionen des Straßen-, Schienen- oder Luftverkehrs in Berührung. In der Bundesrepublik Deutschland muss zudem, als wichtiges Transitland, mit einem starken Anstieg der Verkehrsleistung im Straßenverkehr gerechnet werden. Neuere Studien prognostizieren einen Anstieg der Verkehrsleistung im motorisierten Individualverkehr bis 2025 um 16 % und für den Straßengüterfernverkehr um 84 % [1]. Dieser Anstieg führt zu einer Zunahme der Lärmemission. Bei deren Minderung muss, neben dem aktiven Lärmschutz mit Wänden oder Wällen, auch die Straßenoberfläche einen Beitrag leisten.

Grundlage für die akustische Einstufung von Straßenoberflächen stellen die Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen aus dem Jahre 1990 (RLS-90) dar. Das darin enthaltene Verfahren berechnet den Beurteilungspegel, der die Grenzwerte des Immissionsschutzgesetzes nicht überschreiten darf, z. B. nachts 49 dB(A) in reinen Wohngebieten. Bestandteil des Beurteilungspegels ist eine Korrektur für die Straßenoberfläche, die mit  $D_{StrO}$  bezeichnet wird. Als Referenzoberfläche mit  $D_{StrO} = 0$  dB(A) wird nicht geriffelter Gussasphalt betrachtet. Im vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung herausgegebenen Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 14 von 1991 wird einer Reihe von Asphaltbauweisen eine Lärminderung von mindestens  $D_{StrO} = -2$  dB(A) zuerkannt, die nur außerorts bei Geschwindigkeiten  $> 60$  km/h gelten:

- Splitt-Mastix-Asphalt, Asphaltbeton  $D_{StrO} = -2$ ,
- Offenporiger Asphalt 0/11  $D_{StrO} = -4$ ,
- Offenporiger Asphalt 0/8  $D_{StrO} = -5$ .

Die Immissionsgrenzwerte des Bundesimmissionsschutzgesetzes sind neben dem Neubau auch bei wesentlichen Änderungen von öffentlichen Straßen, wie z. B. der Erweiterung einer Autobahn von 4 auf 6 Fahrstreifen, einzuhalten. Da hier auf die bestehende Trassierung zurückgegriffen werden muss, sind meist Lärmschutzmaßnahmen in großem Umfang bis hin zur Einhausung vorzusehen. Eine lärmindernde

Straßenoberfläche kann dazu beitragen, den Aufwand zu mindern.

## 2 Lärmindernde Asphalt-deckschichten

### 2.1 Bautechnische Systematik

Die Asphaltbauweise ist im deutschen Straßennetz dominierend, womit ihrer lärmtechnischen Optimierung eine große Bedeutung zukommt. Die Bauweise lässt sich in die Hauptkategorien Gussasphalt und Walzasphalt einteilen (Bild 1). Letzterer ist in Bezug auf das gesamte Straßennetz die klassische Asphaltbauweise, während Gussasphalt (GA) bei genauer Betrachtung eine Sonderbauweise für Brücken, Sonderflächen und die Bundesautobahnen darstellt. GA war beim Ausbau des bundesdeutschen Autobahnnetzes in den 1960er und 1970er Jahren Standarddeckschicht, was sich jedoch, regional unterschiedlich, 1984 nach Einführung von Splittmastixasphalt (SMA) in das deutsche Regelwerk zugunsten dieser Deckschicht wandelte. In den Überholfahrstreifen sind die Originaloberflächen aus „geriffeltem“ Gussasphalt, d. h. unter Einsatz von Riffelwalzen entstandene Oberflächen, z. T. noch erhalten. Diese sehr laute Straßenoberfläche ist in den RLS-90, mit einem Korrekturwert  $D_{StrO}$  von +2 dB(A) beaufschlagt.

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

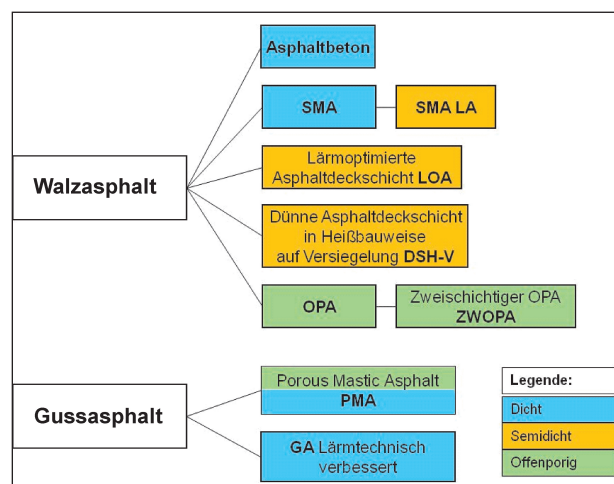


Bild 1: Systematik lärmindernde Asphaltbauweisen

der Griffigkeit aufgeraut werden muss. Dazu wird bei herkömmlichem GA ein grobe Gesteinskörnung 2/5 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. Der Walzeneinsatz hinterlässt jedoch eine unruhige, akustisch ungünstige Oberfläche. Diese Bauweise wird als „nicht geriffelt“ bezeichnet und ist die Referenzbauweise der RLS-90. Die lärmtechnische Optimierung wird durch einen Einsatz von Abstreumaterial mit kleinerem Größtkorn (2/3 oder 2/4 mm) und einen Verzicht auf einen Walzeneinsatz erreicht.

Die Walzasphalte lassen sich weiter aufgliedern in dichte und offenporige Bauweisen (OPA). Als dicht können Asphaltbeton und SMA bezeichnet werden. Die weltweit verbreitete Deckschicht aus Asphaltbeton (neue Abkürzung im Regelwerk: AC D für „Asphalt Concrete“ mit Zusatz D für Deckschicht) findet im hochbelasteten Fernstraßennetz nur noch bis Bauklasse II Verwendung und ist daher etwas aus dem Fokus der Straßenbauforschung geraten. Im übrigen Straßennetz hat sie nach wie vor große Bedeutung. Asphaltbeton 0/8 stellt zudem die Fahrbahnoberfläche für Prüfstrecken zur Geräuschmessung an Straßenfahrzeugen nach ISO 10844 dar [2]. Offenporige Deckschichten können auch in einer dickeren Variante zweischichtig ausgeführt werden (ZWOPA).

Als Sonderform entstanden in den letzten Jahren (ab ca. 2005) hohlraumreichere Konzeptionen, die als „semidicht“ bezeichnet werden können. Hierunter fallen die Bauweisen lärmoptimierte Asphaltdeckschicht (LOA) und SMA lärmarm (SMA LA), der im Folgenden näher betrachtet wird.

## 2.2 Konzeption lärmindernder Splittmastixasphalt

Dichte Walzasphalte, also Splitt-Mastix-Asphalt und Asphaltbeton, haben tendenziell eine lärmtechnisch günstige Oberflächengestalt. Darauf deuten die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Sperenberg“ hin [3]. Hier stellen sich die gewünschten konkaven Oberflächen mit hohen Gestaltfaktoren ein. Unter dem Gestaltfaktor versteht man den Tragflächenanteil im horizontalen Schnitt bei halber Profiltiefe (Bild 2). Es bilden sich also bei konkaven

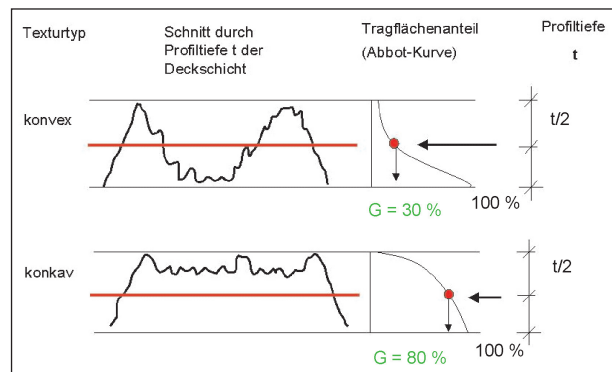


Bild 2: Gestaltfaktor G

Texturen mehrere nebeneinander angeordnete Plateaus aus groben Gesteinskörnungen, die von Vertiefungen unterbrochen werden.

Die lärmtechnische Optimierung von Walzasphalten gestaltet sich schwierig, da durch den Walzeneinsatz die Oberfläche beim Einbau weitgehend festgelegt ist. In den letzten Jahren, etwa ab 2005, wird versucht, die Mischgutzusammensetzung, hier vor allem die Sieblinie von SMA, derart zu modifizieren, dass in der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von über 10 Vol.-% verbleibt. Es bildet sich zwar keine vollständig zusammenhängende Hohlraumstruktur, jedoch ein ausgeprägteres Plateauschluchten-System, da zudem auf Abstumpfungsmaßnahmen verzichtet wird. Die Deckschicht SMA LA wird auf einer Abdichtung aus Bitumenemulsion eingebaut, da bei den angestrebten Hohlraumgehalten von einer Wasserdurchlässigkeit ausgegangen werden muss.

Derartige Mischgutzusammensetzungen sollen in ihrer akustischen Wirkung eine Lücke füllen, die zwischen herkömmlichen SMA und OPA besteht. Es werden Pegelminderungen von ca. 4 dB(A) gegenüber der Referenzoberfläche der RLS-90 erwartet. Somit wären sie wirksamer als SMA, aber nicht so aufwändig in Bau und Betrieb wie OPA und besser für einen Einsatz innerorts geeignet. Zudem wird mit einer langjährigen Nutzungsdauer sowohl akustisch wie bautechnisch gerechnet, da die Verschmutzungsproblematik von OPA vermieden werden dürfte.

Die Tabelle 1 zeigt die Anforderungen an das Mischgut für SMA 0/5 LA und SMA 0/8 LA, wie sie ab 2005 bei Strecken im Amtsbereich der Autobahndirektion Nordbayern zur Anwendung kamen. Zum Vergleich sind die Anforderungen an einen SMA 0/8 S nach ZTV Asphalt-StB 01 aufgeführt. Es ist ersichtlich, dass beim Konzept SMA LA ein

		SMA 0/5 LA	SMA 0/8 LA	SMA 0/8 S
Mineralstoffe Edelsplitt, Edelbrechsand, Gesteinsmehl				
Kornanteil < 0,09 [M.-%]		7-10	6-9	10-13
Kornanteil > 2 [M.-%]		70-80	80-85	73-80
Kornanteil > 5 [M.-%]		< 15	70-80	55-70
Kornanteil > 8 [M.-%]		0	< 10	< 10
Bindemittel Bindemittelsorte/-art Bindemittelgehalt [M.-%]		PmB H ≥ 7,0	PmB H ≥ 6,5	PmB 45 A ≥ 7,0
Stabilisierende Zusätze Gehalt im Mischgut [M.-%]		Zellulosefaser, > 0,15	Zellulosefaser, > 0,3	Zellulosefaser, > 0,3
Mischgut Marshall-Probekörper Hohlraumgehalt [Vol.-%] Raumdichtebestimmung mittels Verdichtungstemperatur [°C]		8-10 Tauchwägung 135 ±5 °C	9-11 Tauchwägung 135 ±5 °C	3,0-4,0 Tauchwägung 145 ±5
Schicht Einbaudicke [cm] Hohlraumgehalt [Vol.-%] Verdichtungsgrad [%]		1,5-2,5 10-15 ≥ 96	2,5-3,0 10-15 ≥ 97	3,0-4,0 ≤ 6,0 ≥ 97

Tab. 1: Zusammensetzung Asphaltmischgut SMA LA (Stand 2005)

höherer Anteil grober Gesteinskörnungen vor allem der Kornklasse 5/8 gefordert wird, die Sieblinie also in Richtung eines OPA tendiert. Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit wird versucht, möglichst dicke Bindemittelfilme aus hochwertigem Bitumen zu erzeugen, was sich in der Verwendung von höher polymermodifiziertem Bindemittel mit einem Mindestgehalt von 6,5 M.-% ausdrückt.

Die Schichten werden etwas dünner als herkömmliche Walzasphalte ausgeführt. Dies führt zu den gewünschten Einspareffekten der tendenziell teuren Deckschicht, vermeidet aber die Probleme klassischer Dünner Schichten im Heißeinbau (DSH), wie schnelle Auskühlung, schlechte Verdichtung und damit begrenzte Haltbarkeit. Beim SMA LA werden übliche Verdichtungsgrade von ≥ 97 % gefordert und in der Regel erreicht.

### 2.3 Konzeption lärmindernder Asphaltdeckschichten in der Schweiz, Österreich und Dänemark

Die Reduzierung von Reifen/Fahrbahn-Geräuschen an der Quelle durch den Einsatz lärmindernder Deckschichten ist in allen dicht besiedelten Ländern Europas eine Aufgabenstellung, die zahl-

reiche Forschungsaktivitäten auslöst. Exemplarisch an den Ländern Schweiz, Österreich und Dänemark werden Entwicklungen gezeigt, die denen in Deutschland relativ ähnlich sind. Zusätzlich erwähnt seien die Niederlande mit einem stärkeren Fokus auf OPA und Frankreich, wo zahlreiche Entwicklungen großer Straßenbauunternehmen das Angebot an lärmindernden Oberflächen ergänzen.

#### Schweiz

In der Schweiz sind aktuell langfristige Forschungsaktivitäten für lärmindernde Innerortsstraßen erkennbar. Hier werden in einer konzentrierten Aktion landesweit Erprobungsabschnitte in dem mehrjährigen Untersuchungsprogramm „Lärmarme Straßenbeläge innerorts“ integriert. Auftraggeber ist das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), zusammen mit dem Bundesamt für Strassen (ASTRA). Im Jahr 2004 wurden verschiedene Belagstypen ausgeführt, darunter OPA, ZWOPA und dünne hohlraumreiche Deckschichten. Wie erwartet zeigen die OPA die beste lärmtechnische Wirksamkeit. Auch hohlraumreiche dichte Deckschichten erreichten gute Anfangsminderungen, verloren diese jedoch z. T. schon nach einem Jahr, was durch Texturmessungen erklärt werden konnte. Sie zeigten eine abnehmende mittlere Profiltiefe (MPD) [4]. Inse-

samt legt das Schweizer Programm einen Schwerpunkt auf die Ermittlung dauerhaft lärmtechnisch wirksamer Deckschichten. Dies wird erfüllt, wenn sie für den Mischverkehr eine Anfangslärminderung von mindestens -3 dB(A) gegenüber dem Modell STL 86+ aufweisen und über ihre Nutzungsdauer mindestens -1 dB(A) Lärminderung beibehalten. Dies entspricht, bezogen auf die Referenzoberfläche der RLS-90, einer Lärminderung in Deutschland von -5 bzw. -3 dB(A) [5]. Empfohlen werden so genannte Rauasphalte (Macrorugueux) AC MR 4 oder AC MR 8 nach Schweizer Norm SN 640431-1b-NA (Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 1: Asphaltbeton), wobei nach einer normierten und nicht normierten Lösung unterschieden wird. Letztere weist einen erhöhten Hohlraumgehalt von 10 bis 14 Vol.-% in der fertigen Schicht auf, während die normierte Lösung 6 bis 10 Vol.-% erreicht. Die Asphaltart AC MR wird zwar als Asphaltbeton bezeichnet, die Sieblinien zeigen aber, mit maximalen Anteilen grober Gesteinskörnungen von bis zu 80 %, eine SMA-ähnliche Konzeption, was in Verbindung mit relativ geringen Bindemittelgehalten ( $\geq 5,8$  M.-% bei AC MR 8 [5]) zu den o. g. hohen Hohlraumgehalten führt. Verglichen mit SMA LA sind die Zusammensetzungen etwas ärmer an groben Gesteinskörnungen und Bindemittel, der Weg hin zu Deckschichten mit großen Rautiefen und Plateaustruktur ist aber vergleichbar.

### Österreich

Lärmmindernd konzipierte SMA finden auch in Österreich Anwendung. Sie werden als LSMA oder als SMA S3 nach den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, RVS 01.02.12 „Asphalttechnik“ (Januar 2007), bezeichnet. Verglichen mit der deutschen Zusammensetzung ist der Hohlraumgehalt am MPK von etwa 10 Vol.-% ähnlich, die Sieblinien sind etwas stetiger gestuft, dafür ist die Rezeptur bindemittelärmer (5,6 M.-% Mindestbindemittelgehalt für SMA 11 S3), [6; 7]). Zu Asphaltbeton wird ein Minderungspotenzial von 3 bis 4 dB(A) gesehen [6].

### Dänemark

In Dänemark wurden, nach z. T. recht umfangreichen Versuchen zu ein- und zweischichtigen OPA, Untersuchungen mit SMA-ähnlichen Konzepten im EU-Projekt SILENCE durchgeführt [8]. Das Projekt SILENCE wurde von 2005 bis 2008 von

einem sehr großen Forschungskonsortium aus 42 Partnern bearbeitet und hatte die Aufgabe, nahezu alle auftretenden Fragestellungen zu Verkehrslärm in besiedelten Gebieten zu beleuchten. Hierzu zählte auch die Optimierung bzw. Neukonzeption von lärmindernden Asphaltdeckschichten. Von den dänischen Partnern wurden 8 verschiedene, relativ feinkörnige Asphaltarten mit einem Größtkorn von 4 oder 6 mm konzipiert und einem Praxistest unterzogen. Eine Auswahl wurde auch im Prüfstand Fahrzeug-Fahrbahn (PFF) der BASt getestet. Das Ergebnis ergab, dass hohlraumreiche Zusammensetzungen (ca. 12 Vol.-%) zu niedrigen Schallpegeln führten. Gegenüber einer mitgetesteten Referenzoberfläche aus AC 11 konnten bei 50 km/h Pegelminderungen von über 4 dB(A) erzielt werden.

## 3 Erprobungsstrecke A 93 Schwandorf

### 3.1 Veranlassung und Lage der Strecke

Die im Kapitel 2.2 dargelegten Überlegungen bezüglich einer dichten lärmindernden Straßenoberfläche in Form des SMA LA sollten auf einer Erprobungsstrecke in die Praxis umgesetzt werden. Bei der Auswahl der Strecke musste berücksichtigt werden, dass unbeeinflusste Geräuschmessungen möglich waren, was eine Lage im Einschnitt, Lärmschutzwände und -wälle und Steigungen ausschloss. Zudem musste eine passende Streckenlänge gefunden werden, da jeder der geplanten Erprobungsabschnitte eine Tageleistung aufweisen sollte. Dazu wählte die Autobahndirektion Nordbayern die A 93 bei Schwandorf als Erprobungsstrecke und entwickelte mit externer Beratung eine Leistungsbeschreibung als Grundlage der Ausschreibung.

Die Strecke befindet sich zwischen den Anschlussstellen Schwandorf-Süd und Schwandorf-Mitte in Fahrtrichtung Nord. Die Strecken- bzw. Baulänge von 3,9 km ließ eine sinnvolle Aufteilung in zwei Erprobungsabschnitte aus SMA 0/5 LA bzw. SMA 0/8 LA und einen Referenzabschnitt aus SMA 0/8 S zu. Die genaue Lage und Betriebskilometrierung sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Die Ausschreibungsunterlagen wurden im Herbst 2004 vorbereitet und im Februar 2005 veröffent-

Erprobungsabschnitt	SMA 0/5 LA	SMA 0/8 LA	SMA 0/8 S
Länge [m]	760	1.400	1.500
von Betriebskilometer	166,400	165,400	164,000
bis Betriebskilometer	165,400	164,000	162,500

Tab. 2: Einteilung Erprobungsstrecke A 93 Schwandorf

licht. Die Vergabe erfolgte im April 2005. Der Einbau selbst erfolgte im Mai/Juni 2005.

### 3.2 Einbaubeobachtung

Von der BAST wurde eine Einbaubeobachtung des Erprobungsabschnittes SMA 0/8 LA am 02.06.2005 durchgeführt. Bei der Begehung der Strecke fiel die inhomogene Oberfläche des Asphaltbinders 0/22 auf (s. Bild 3). Diese Mischgutsorte neigt generell zur Entmischung an allen Stellen des Einbauprozesses, an denen sich Schüttkegel ausbilden können (Beladung, Transport, Mischgutschüssel, Schneckenkasten). Das Resultat sind Anreicherungen mit sehr groben Gesteinskörnungen an der Oberfläche, die äußerst ungünstig für ein gleichmäßiges Versiegeln der Binderoberfläche mit Bitumenemulsion sind. An diesen Stellen ändert sich schlagartig die Textur, sodass hier größere Emulsionsmengen aufgespritzt werden müssten, was in der Praxis nicht durchführbar ist. Die Binderoberfläche bleibt an diesen Stellen partiell schlecht versiegelt und bildet die Grundlage für spätere Schadensstellen. Diese Problematik wurde bei nachfolgenden Baumaßnahmen aufgegriffen und der ABi 0/22 S durch einen ABi 0/16 S ersetzt. Dieses Mischgut neigt weniger zur Entmischung und bildet generell eine Oberfläche mit geringerer Rautiefe, was einer definierten Versiegelung entgegenkommt.

Der Einbau erfolgte entgegen der Fahrriichtung mit 3 gestaffelt fahrenden Straßenfertigern. Die Mischguttemperaturen an der Schnecke der Einbaubohle lagen bei etwa 160 °C, im Mischgutschüssel in der Regel bei 175 °C, einzelne Werte erreichten 185 °C. Die zulässige Spanne der ZTV Asphalt-StB 01 beträgt für SMA 150 °C bis 180 °C. Das verwendete hochviskose PmB 40/100-65 H ist in diesem Regelwerk jedoch nicht enthalten.



Bild 3: Inhomogene Oberfläche ABi 0/22



Bild 4: Aufgewickelte Abdichtung aus Bitumenemulsion

Beim weiteren Einbau kam es durch Sonneneinstrahlung zum Aufheizen der Unterlage, sodass die Abdichtung aus sehr klebefähiger Bitumenemulsion U 60 K C2 nach TL PmOB an den Reifen der Mischguttransporter anhaftete und zum Teil abgezogen wurde (s. Bild 4). Zur Abhilfe bietet sich hier an, einen dünnen Wasserfilm als Trenn- und Kühlmittel aufzubringen.

### 3.3 BAST-Untersuchung und Kontrollprüfung SMA 0/8 LA

Im Rahmen der Einbaubeobachtung des SMA 0/8 LA wurde eine Mischgutprobe bei km 164+750 für die BAST-Untersuchung entnommen. Für die Kontrollprüfung wurden noch an zwei weiteren Stellen (km 164+250 und km 165+250) Proben entnommen. Die Untersuchung der BAST-Probe ergab eine

gute Übereinstimmung mit der Kontrollprüfung (s. Tabelle 3).

Insgesamt betrachtet lagen Abweichungen von der Eignungsprüfung im Grobkornanteil 5/8 und im Bindemittelgehalt vor. Der zur Erzielung eines ausreichend hohen Hohlraumgehalts wichtige Anteil der größten Kornklasse lag bis zu 5 M.-% unter den geforderten 70 %, der Bindemittelgehalt bis zu 0,3 M.-% unter den geforderten 6,5 M.-%. Unter Berücksichtigung der Toleranzen

der ZTV Asphalt-StB 01 waren die Werte jedoch nicht zu beanstanden. Der Gehalt an groben Gesteinskörnungen insgesamt wurde eingehalten.

Der in der fertigen Schicht erzielte Hohlraumgehalt lag mit etwa 11 Vol.-% an der unteren Grenze der aus akustischen Gründen gewünschten Spanne von 10 bis 15 Vol.-%. Die Verdichtungsgrade erreichten 100 %. Die Schichtdicke von 3,0 cm wurde gut eingehalten.

Streckenbezeichnung Mischgutart Probeentnahmestelle Datum Probenahme	A 93 Schwandorf MA 0/8 LA				
	164 + 750	164 + 750	164 + 250	165 + 250	
	02.06.2005	02.06.2005	02.06.2005	02.06.2005	
<b>Siebanalyse</b>					
11,2-16 mm	M.-%	0,0	0,0	0,0	0,0
8-11,2 mm	M.-%	1,4	1,6	2,0	1,8
5-8 mm	M.-%	67,5	64,1	64,8	66,8
2-5 mm	M.-%	14,6	17,3	17,3	13,5
0,71-2 mm	M.-%	3,6	4,0	3,6	3,7
0,25-0,71 mm	M.-%	2,3	2,6	2,5	2,9
0,09-0,25 mm	M.-%	2,3	2,6	2,7	3,1
Füller < 0,09 mm	M.-%	8,2	7,8	7,1	8,2
Sand 0,09-2 mm	M.-%	8,2	9,2	8,8	9,7
Splitt > 2 mm	M.-%	83,5	83,0	84,1	82,1
<b>Bindemittel</b>					
PmB 40/100-65 H					
lösliches Bindemittel	M.-%	5,95	6,01	6,06	6,20
Zuschlag für unlösliches	M.-%	0,21	0,20	0,19	0,21
Bindemittelgehalt	M.-%	6,2	6,2	6,3	6,4
EP Ring und Kugel	°C	72,0	72,4	70,0	76,8
Duktilität bei 25 °C	cm	26	20	15	12
Elastische Rückstellung	%	73	75	61	60
<b>Probekörper</b>					
Rohdichte	g/cm <sup>3</sup>	2,434	2,448	2,446	2,44
Raumdichte (Tauchwägeverfahren)	g/cm <sup>3</sup>	2,174	2,188	2,169	2,19
Raumdichte (Ausmessverfahren)	g/cm <sup>3</sup>	2,087	---	---	---
Hohlraumgehalt (Tauchwägeverfahren)	Vol.-%	10,7	10,6	11,3	10,20
Hohlraumgehalt (Ausmessverfahren)	Vol.-%	14,3	---	---	---
<b>Bohrkern</b>					
Dicke	cm	---	3,1	3,0	3,2
Raumdichte	g/cm <sup>3</sup>	---	2,160	2,162	2,179
Hohlraumgehalt	Vol.-%	---	11,6	11,6	10,9
Verdichtungsgrad	%	---	98,7	99,7	99,5

Tab. 3: BAsT-Untersuchung (rot) und Kontrollprüfung (blau) SMA 0/8 LA

Die Kontrollprüfung des SMA 0/5 LA ergab bei der Mischgutuntersuchung keine Beanstandungen, an zwei Bohrkernen wurde jedoch der Mindesthohlraumgehalt von 10 Vol.-% geringfügig unterschritten.

### 3.4 Griffigkeitsmessung nach Einbau

Am 15.09.2005 wurde durch das Referat S1 der BASt eine Griffigkeitsmessung mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM) bei 80 km/h im ersten FS durchgeführt. Die grafische Auswertung ist in Bild 5 ersichtlich.

Die Auswertung der einzelnen Kapitel ergab folgende mittleren  $\mu_{SKM}$ -Werte:

- SMA 0/8 S:  $\mu_{SKM} = 0,53$ ,
- SMA 0/8 LA:  $\mu_{SKM} = 0,62$ ,
- SMA 0/5 LA:  $\mu_{SKM} = 0,64$ .

Trotz eines Verzichts auf Abstumpfungsmaßnahmen erreichten beide LA-Varianten höhere Werte als der herkömmliche SMA. Ähnlich einer SKM-Messung auf OPA stellt sich bei der erhöhten Rautiefe (vgl. Kapitel 3.6) der LA-Deckschichten kein dicker Wasserfilm ein, sodass hier nur auf einer angefeuchteten Unterlage gemessen wird. Das Griffigkeitsverhalten dieser semi-dichten oder gar offenporigen Schichten definiert sich überwiegend über die Mikrorauheit der verwendeten Gesteinskörnungen. Zur Sicherstellung einer dauerhaften Griffigkeit ist hierbei auch der PSV-Wert von großer Bedeutung, der eine Einschätzung der Polierbarkeit einer Gesteinskörnung erlaubt. Für den in der Baumaßnahme in allen Abschnitten verwendeten Granit wurde in der Kontrollprüfung ein PSV-Wert der Kornklasse 5/8 von 52 ermittelt.

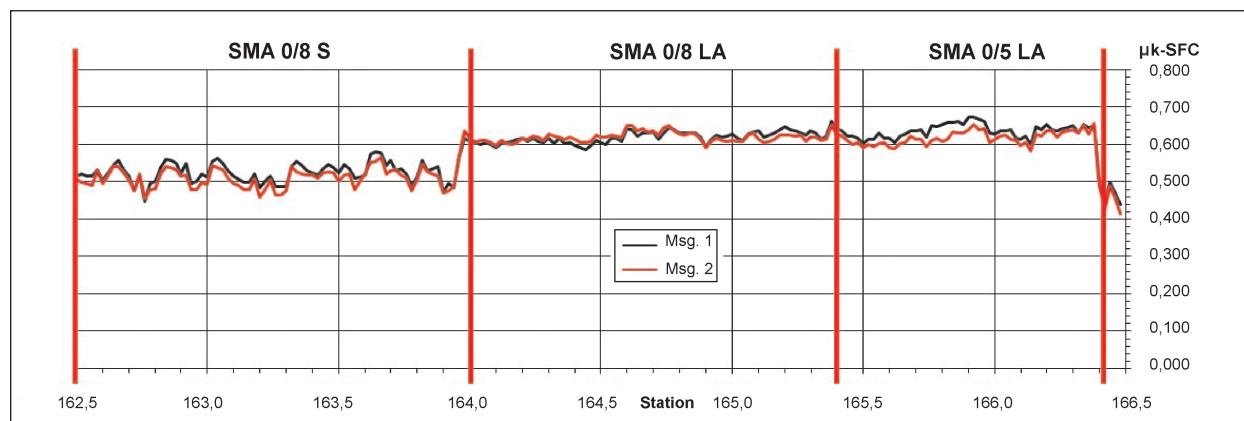


Bild 5: Griffigkeitsmessung (BASt) SKM bei 80 km/h

### 3.5 Akustische Untersuchung

Vom Referat V3 der BASt wurden die akustischen Eigenschaften der Erprobungsstrecke mit Hilfe der Methode der Statistischen Vorbeifahrt (SPB) ermittelt. Nach der Erstmessung im September 2005 wurden in den Folgejahren drei Wiederholungsmessungen durchgeführt. Die Werte sind in Tabelle 4 und Bild 6 ersichtlich.

Der Referenzwert der RLS-90 („nicht geriffelter Gussasphalt“) beträgt 85,2 dB(A), sodass von beiden SMA LA eine Lärminderung von knapp

Datum Messung	SMA 0/5 LA		SMA 0/8 LA		SMA 0/8 S	
	Pkw 120 km/h	Lkw 88 km/h	Pkw 120 km/h	Lkw 88 km/h	Pkw 120 km/h	Lkw 88 km/h
09/2005	81,5	---	81,3	---	83,9	---
10/2006	80,7	---	80,6	---	83,0	---
09/2007	83,1	88,4	81,9	87,5	83,6	88,7
04/2008	82,3	89*	83,0	88,5*	84,0	89*

\* Wert bei 88 km/h aus Messdiagramm ermittelt

Tab. 4: SPB-Messungen 2005 bis 2008. Pkw bei 120 km/h. Lkw bei 88 km/h

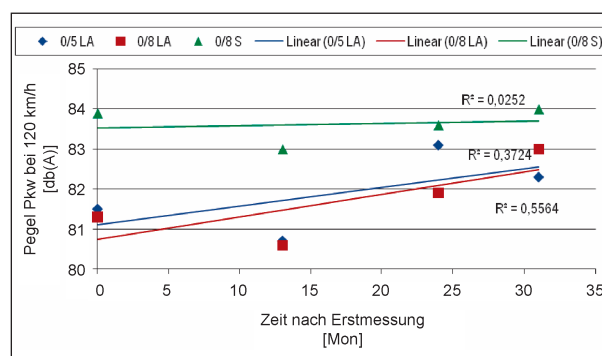


Bild 6: Zeitlicher Verlauf SPB-Messungen Pkw bei 120 km/h

4 dB(A) erreicht wurde. Der herkömmliche SMA 0/8 S erreicht nicht den ihm zugewiesenen  $D_{\text{StrO}}$ -Wert von -2 dB(A). In diesem Abschnitt ergab die Texturmessung deutliche Amplituden bei größeren Wellenlängen, die für die Geräuschenstehung relevant sind (vgl. Kapitel 3.6).

Der Lkw-Vorbeifahrtpegel der Referenzoberfläche beträgt nach [9] 89,4 dB(A). Ein Vergleich mit den Werten der Tabelle 4 zeigt, dass beide SMA LA auf dem Niveau des SMA 0/8 S liegen und alle drei Abschnitte praktisch keine Lärminderung gegenüber der Referenzoberfläche zeigen. Leichte Vorteile für den SMA 0/8 LA sind erkennbar. Lkw-Reifen haben einen steiferen Aufbau und sind generell relativ unempfindlich gegenüber Texturänderungen. Dies konnte bereits in [3] nachgewiesen werden.

Wichtige Aufgabenstellung bei der Entwicklung des SMA LA war ein deutlich reduzierter Aufwand gegenüber OPA. Dies schließt die akustische Dauerhaftigkeit ein. Bei Betrachtung der Zeitreihe der SPM-Messungen zeigt sich jedoch für die SMA-LA-Varianten ein Anstieg der Pegel über die Jahre. Die linearen Regressionen zeigen zwar nur schwache Bestimmtheitsmaße, ein gewisser Trend ist jedoch erkennbar.

Untersuchungen im Ausland stützen den Trend zur akustischen Alterung. Die im Kapitel 2.3 erwähnten Konzeptionen in Dänemark wurden langjährigen Geräuschemessungen unterzogen und es zeigten sich für die dort als „Thin open pavements“ bezeichneten Deckschichten deutliche Anstiege der Pegel von ca. 0,8 dB(A) im Jahr [10]. Dort wurden Pegelanstiege sowohl im hoch- wie auch niederfrequenten Bereich gefunden, was darauf schließen lässt, das Air-Pumping-Geräusche und Reifenschwingungen zugleich ansteigen. Auch im niederländischen Lärmforschungsprogramm IPG wurden ähnliche Konzepte („Thin layers“) untersucht. Hier handelte es sich um 11 unter Firmennamen vertriebene Deckschichten. Fünf Produkte zeigten nach einem Jahr Rückgänge der Pegelminde- rung von bis zu 1 dB(A) [11]. Die im europäischen Umfeld öfter anzutreffende Bezeichnung „Thin Layer“ für dünne Schicht sollte nicht mit den in Deutschland üblichen „Dünnen Asphaltdeckschichten in Heißbauweise“(DSH) gleichgesetzt werden. In den europäischen Asphaltnormen werden Asphaltdeckschichten mit einer Dicke von 20 bis 30 mm als „Very Thin Layers“ bezeichnet und in einem eigenen Normenteil (Teil 2) der Normenserie EN 13108 als „Asphaltmischgut“ behandelt.

### 3.6 Texturmessungen

Vom zuständigen Referat der BASt wurde am 15.11.2005 eine Texturmessung der Erprobungsstrecke durchgeführt. Zum Einsatz kam dabei das schnell fahrende Texturmessfahrzeug TMF. Dieses optische Mess-System dient der zweidimensionalen Messung von Oberflächentexturen im Bereich der Makro- und Megarauheit. Das TMF-Mess-System arbeitet nach dem Triangulationsprinzip. Die von den Lasern auf die Fahrbahnoberfläche projizierten Laserlichtpunkte beschreiben beim Abfahren der Messstrecke eine Profilkurve, welche die Textur wiedergibt. Die vertikale Auflösung beträgt 0.01 mm, die Messgeschwindigkeit maximal 85 km/h<sup>1</sup>.

Eine wichtige Auswertung derartiger Messungen ist die Berechnung des Wellenlängenspektrums eines Texturprofils definierter Länge (hier 4 m), bei dem nach Fourier-Transformation die Amplituden der einzelnen Wellenlängen dargestellt werden. Für akustische Betrachtungen beschränkt man sich hier üblicherweise auf den Bereich von 5 bis 500 mm. In Bild 7 ist für alle drei Abschnitte der A 93 jeweils ein repräsentatives Wellenlängenspektrum aufgetragen.

Beide LA Varianten zeigen das typische Spektrum eines Walzasphalts mit ansteigenden Amplituden bis zu einem ausgeprägten lokalen Maximum im Bereich des doppelten Größtkorns und danach kleiner werdende Amplituden. Beim Vergleich fällt die ungünstige Textur des SMA 0/8 S auf. Liegt das erste lokale Maximum noch in üblichen Bereichen bei 16 mm, so zeigt das Wellenlängenspektrum deutliche Amplituden in der Megatextur (50 bis 500 mm) mit dem Maximum bei 500 mm. Derartige Amplitudenanteile sind als ungünstig für die Geräuschenstehung zu bewerten [12].

Bei der Auswertung der Messung wird eine Vielzahl von zusätzlichen Kenngrößen ausgegeben, deren Einfluss auf die Reifen/Fahrbahn-Geräusche in ihrer Gesamtheit noch nicht abschließend erforscht ist. Für einzelne Parameter ist jedoch bereits ein begrenzter Bewertungshintergrund vorhanden. Diese Werte werden in den Auswerteprotokollen ausgegeben (Anlage 1 bis Anlage 3).

<sup>1</sup> Auszug Gerätebeschreibung BASt



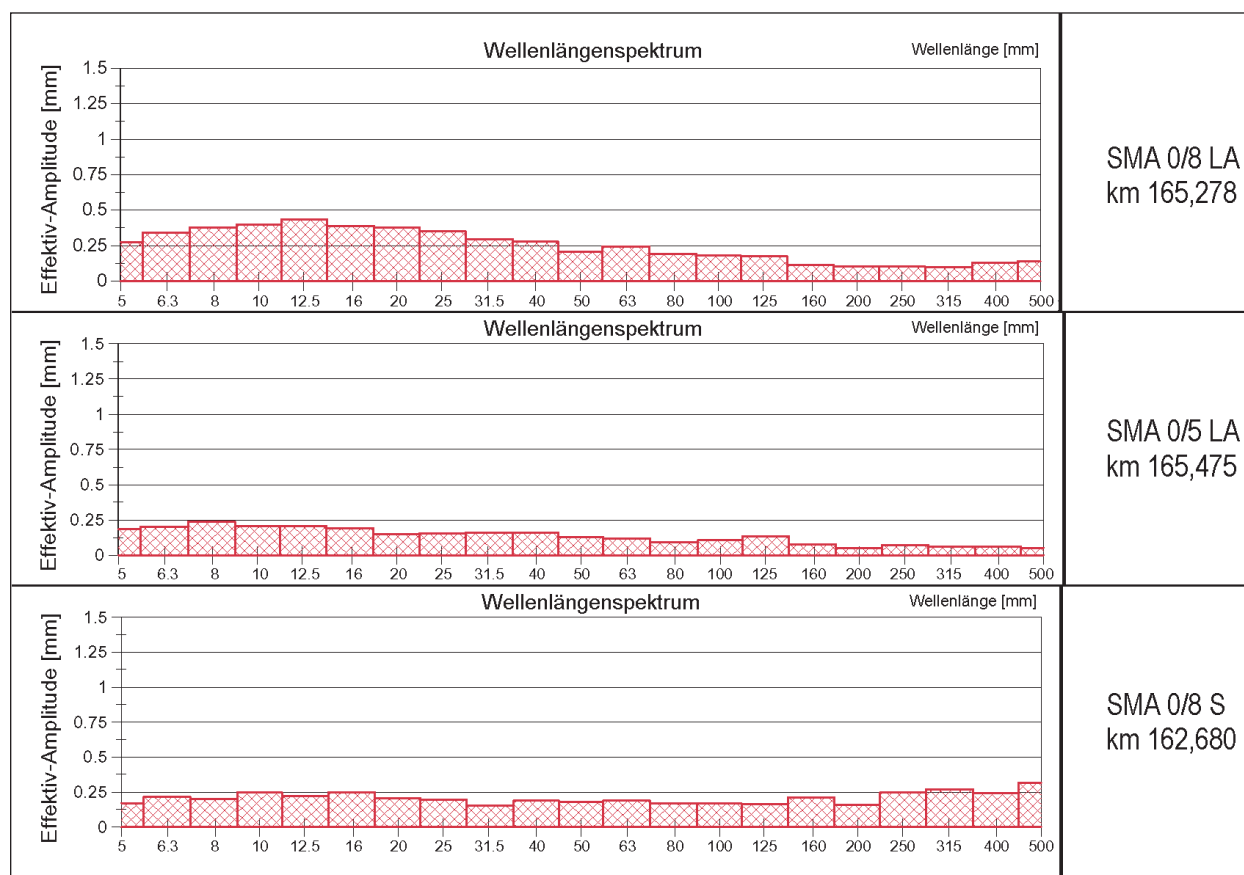


Bild 7: Wellenlängenspektren. Texturmessung November 2005 mit Texturmessfahrzeug TMF. Auswertelänge 4 m.

Eine der Basiskenngrößen bei Texturbetrachtungen ist die mittlere Texturtiefe (MTD). Dieser Wert wird bei Anwendung des volumetrischen Verfahrens („Sandfleckverfahren“) ermittelt. Wird anstelle dieses relativ groben Verfahrens ein präziseres Profilmesssystem verwendet, so kann aus der mittleren Profiltiefe (MPD) über eine Transformationsgleichung wiederum eine Texturtiefe, die so genannte geschätzte Texturtiefe (ETD), ermittelt werden.

Zur weiteren Analyse werden die Kennwerte Gestaltfaktor  $g$  (s. Kapitel 2.2), Wellenlänge  $W_{\max}$  aus dem Wellenlängenspektrum mit maximaler Amplitude  $A_{\max}$  und die durch die Multiplikation von  $g$  mit  $W_{\max}$  erhaltene Gestaltlänge  $gL$  der Messung entnommen. Nach [3] sollte  $g$  über 70 % betragen,  $gL$  sich zwischen 400 und 700 mm einstellen und  $A_{\max}$  kleiner 0,200 mm sein. Zum Vergleich der Erprobungsabschnitte sind diese Werte in Tabelle 5 enthalten.

Wichtig erscheint die Aussage, dass die angestrebte Texturoptimierung beim SMA LA durch die Texturkenngrößen MPD und ETD nachgewiesen werden kann. Sie liegen beim SMA 0/8 LA deutlich höher als beim SMA 0/8 S. Der SMA 0/5 LA ist hier

Erprobungsabschnitt		SMA 0/8 LA	SMA 0/8 S	SMA 0/5 LA
MPD	[mm]	1,12	0,71	0,60
ETD	[mm]	1,10	0,77	0,68
Gestaltfaktor $g$	[%]	86,3	82,2	83,1
$W_{\max}$	[mm]	12,5	500	8,0
$A_{\max}$	[mm]	0,434	0,317	0,237
Gestaltlänge $gL$	[mm]	1.079	41.086	665

Tab. 5: Texturkenngrößen. Messung TMF November 2005

für Vergleichsbetrachtungen durch das kleinere Größtkorn nicht geeignet. Letzterer hält jedoch die o. g. 700 mm als obere Grenze für die optimale Gestaltlänge  $gL$  ein, während dies für gröbere Mischgutsorten generell schwierig zu erreichen ist. Auch die maximale Amplitude  $A_{\max}$  liegt beim SMA 0/5 LA näher am optimalen Bereich, der somit insgesamt die günstigeren Texturkenngrößen aufweist.

Im Kapitel 3.5 wurde auf die akustische Alterung der SMA LA eingegangen. Zur Identifizierung von Einflussgrößen wurden Bohrkerne im unbelasteten Standstreifen und in der echten Rollspur des SMA 0/8 LA und SMA 0/5 LA gezogen und die Oberflächen mit dem Texturmessgerät T3D der BAST gemessen. Hierbei handelt es sich um ein 3-dimensionales Mess-System, das nach dem Prinzip der Streifenprojektion arbeitet. Ein Mikroskopprojektor projiziert die optischen Streifen unter einem bestimmten Triangulationswinkel auf die Oberfläche des Messobjektes und eine Digitalkamera nimmt ein Bild auf. Dann wird das Höhenbild aus der Lage der Streifen und dem Grauwert einzelner Bildpunkte errechnet. Als Mess- und Berechnungsergebnisse dienen eine 3D-Oberflächengrafik, ein Rauheits- und Welligkeitsprofil, eine Materialanteilskurve und mehrere Rauheitskenngrößen für die Linien-, Stern- und Oberflächenrauheit<sup>2</sup>.

Die Messungen dienen zur Überprüfung der These, dass in den Rollspuren ein Glätten der Textur stattfindet und es damit zu einer Änderung der für die Geräuschenstehung wichtigen Parameter kommt. Wird eine Oberfläche zu sehr geglättet, kommt es zum Anstieg der Air-Pumping-Geräusche und zum Anstieg der Pegel bei höheren Geschwindigkeiten, obwohl evtl. die Reifenschwingungen reduziert werden.

Die ermittelten Texturkenngrößen sind in Tabelle 6 aufgeführt. Nur beim SMA 0/8 LA zeigen sich deutlichere Unterschiede zwischen Rollspur und Standstreifen. Die Kenngrößen MPD, ETD und  $A_{\max}$  sind hier in der Rollspur niedriger, tendenziell hat also das Einebnen der Textur stattgefunden. Beim SMA 0/5 LA stützt nur die Abnahme der maximalen Amplitude  $A_{\max}$  diese Aussage, die anderen Texturkenngrößen stiegen sogar eher an. Ein direkter Vergleich mit den im November 2005 mit dem TMF ermittelten Werten ist nur begrenzt möglich, da unterschiedliche Mess-Systeme verwendet wurden.

Insgesamt ist die Interpretation der Texturkenngrößen hinsichtlich akustischer Fragestellungen eher schwierig und nicht in allen Aspekten schlüssig. Der grundsätzliche Weg bei der Texturoptimierung von SMA konnte aber bestätigt werden. Insgesamt zeigt die Variante SMA 0/5 LA die günstigeren Texturkenngrößen.

Erprobungsabschnitt		SMA 0/8 LA		SMA 0/5 LA	
		Rollspur	Standstreifen	Rollspur	Standstreifen
MPD	[mm]	1,022	1,359	0,658	0,585
ETD	[mm]	1,018	1,287	0,727	0,669
Gestaltfaktor g	[%]	82	77	83	79
$A_{\max}$	[mm]	0,214	0,349	0,125	0,139
Gestaltlänge gL	[mm]	665	625	518	494

Tab. 6: Vergleich Texturkenngrößen rechte Rollspur und Standstreifen. Messung an Bohrkerne mit dem Mess-System T3Dk. Mai 2010

### 3.7 Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) 2009

Auf den Bundeautobahnen wurden 2009 in Bayern die Zustandserfassung und -bewertung durchgeführt. Die Zustandsprofile wurden ausgewertet. Beide SMA-LA-Abschnitte erreichten in der Gesamtbewertung über den gesamten Verlauf die Zustandsklasse „besser als 1,5-Wert“, sowohl im Gebrauchs-, Substanz- und Gesamtwert. Der SMA 0/8 S erreichte in nur etwa der Hälfte der Einzelabschnitte diese Klasse (Hauptfahrstreifen). Hier wirkten sich schlechtere Zustandsklassen in den Einzelbewertungen „Unebenheit“ und „Griffigkeit“ aus. Der Überholfahrstreifen zeigte ein deutlich besseres Verhalten.

## 4 Weitere Erprobungsstrecken

Das auf der A 93 im Jahre 2005 begonnene Konzept des SMA LA wurde in den Folgejahren auf einer ganzen Reihe weiterer Strecken umgesetzt. Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, sind hier die A 73 bei Erlangen, die A 3 nördlich von Nürnberg, die A 661 bei Dreieich in Hessen, die B 10/27 in Stuttgart und weitere Anwendungen in Ortsdurchfahren zu nennen. Zusätzliche Impulse bekam diese lärmoptimierte Asphaltdeckschicht durch die EU-Umgebungslärmrichtlinie und das Konjunkturpaket II, das eine ganze Reihe von Maßnahmen innerorts ermöglichte, z. B. in München oder Regensburg.

Exemplarisch sind hier zwei weitere Strecken näher betrachtet, bei denen die BAST stärker beteiligt war (Daten s. Anlage 4):

<sup>2</sup> Auszug Gerätebeschreibung BAST

- B 56 südlich von Düren  
Eine kleine 2007 ausgeführte Baumaßnahme mit 2.100 m<sup>2</sup>, die zur Erneuerung eines Erprobungsabschnitts auf dieser im Projekt „Leiser Verkehr 1“ genutzten Strecke diente. Die Ausschreibung sah einen SMA 0/8 LA ähnlich der A 93 vor. Die Hohlraumgehalte der fertigen Schicht erreichten mit ca. 8 Vol.-% nicht den geforderten Mindestwert von 10 Vol.-%. Die Geräuschmessungen nach der Methode der Statistischen Vorbeifahrt ergaben trotzdem eine Lärminderung von etwa -2 dB(A) gegenüber dem dort als Referenz dienenden SMA 0/8 S. Die Wiederholungsmessung nach einem Jahr betätigte den Wert und blieb unverändert. Diese Baumaßnahme zeigte, dass das Konzept auch für kürzere Streckenabschnitte auf Bundesstraßen mit niedrigerer Geschwindigkeit geeignet ist.
- A 24 bei Neuruppin  
Bei dieser Strecke handelt es sich um eine 2009 ausgeführte Erprobungsstrecke, bei der die Erkenntnisse des Verbundforschungsprojekts „Leiser Straßenverkehr 2“ vor allem zu OPA in die Praxis umgesetzt wurden. Die Länge der Strecke erlaubte auch die Erprobung anderer lärmoptimierter Asphaltdeckschichten wie SMA 8 LA<sup>3</sup>, der auf einer Länge von 800 m in Fahrtrichtung Berlin eingebaut wurde. Die Ausschreibung sah leicht angehobene Hohlraumgehalte am Marshall-Probekörper von 10 bis 12 Vol.-% vor, wie sie auch schon bei Baumaßnahmen angewendet wurden, die der A 93 folgten. Die Geräuschmessungen ergaben gegenüber der Referenzoberfläche eine Lärminderung von über 5 dB(A). Die Relativbetrachtung der einzelnen Erprobungsabschnitte mit der Methode CPX (Anhänger) ergab eine Lärminderung gegenüber dem Referenzabschnitt auf der A 24 aus SMA 11 S von ca. 4 dB(A).

Diese beiden Strecken, aber auch andere hier nicht näher betrachtete zeigen, dass Lärminderungen im Neuzustand gegenüber herkömmlichen SMA von mindestens 2 dB(A) relativ zielsicher erreicht werden können.

## 5 Weitere Aktivitäten

Die Bauweise SMA LA hat relativ schnell Resonanz und Verbreitung in der Fachwelt gefunden. Dies führte zur Einrichtung einer Gruppe von Fachleuten innerhalb des FGSV-Arbeitskreises AK 7.3.3 „Innovationen“. Die Gruppe betreut die Bauweise intensiv durch Zusammenstellung von Daten, Betreuung einer Diplomarbeit, Vergabe kleinerer unterstützender Laboruntersuchungen und durch Vorbereitung von Stellungnahmen bzw. Arbeitspapieren des Arbeitskreises.

Für die Anwendung innerorts wurde von der BAST eine Messkampagne gestartet, welche die Ermittlung von DStrO-Werten für die neueren lärmindernden Asphaltdeckschichten zum Ziel hat.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die lärmtechnische Optimierung von SMA wurde im Jahre 2005 mit einer ersten Baumaßnahme auf der A 93 bei Schwandorf begonnen. Zum Einsatz kamen die als SMA 0/8 LA und SMA 0/5 LA bezeichneten optimierten Varianten und ein herkömmlicher SMA 0/8 S. Die nach dem Einbau erfolgten Lärmmessungen ergaben eine Lärminderung gegenüber der Referenzoberfläche der RLS-90, nicht geriffelter Gussasphalt, von etwa 4 dB(A) für Pkw bei 120 km/h. Es zeigte sich jedoch auch, dass keine Minderung der Schallpegel für Lkw erreicht werden konnte. Die steifen Lkw-Reifen sind relativ unempfindlich gegenüber Texturänderungen. Wiederholungsmessungen der Geräuschimmission ließen die Tendenz zur akustischen Alterung erkennen, d. h., die Pegel stiegen tendenziell an. Eine Überprüfung der Textur zeigte ein leichtes Einebnen durch den überrollenden Verkehr, der möglicherweise wichtige Anteile bei der Geräuschenstehung, wie Airpumping, ansteigen lässt. Eine abschließende Interpretation von Texturkenngrößen ist generell noch nicht möglich. Die Erstmessung der Griffigkeit direkt nach Einbau zeigte trotz eines Verzichts auf Abstumpfungsmaßnahmen keine Auffälligkeiten, wie auch die Zustandserfassung und -bewertung im Jahre 2009 nach vier Jahren Liegezeit.

Seit 2005 wurde nach diesem Konzept eine ganze Reihe von Baumaßnahmen durchgeführt, die relativ zielsicher die gewünschte lärmindernde Wir-

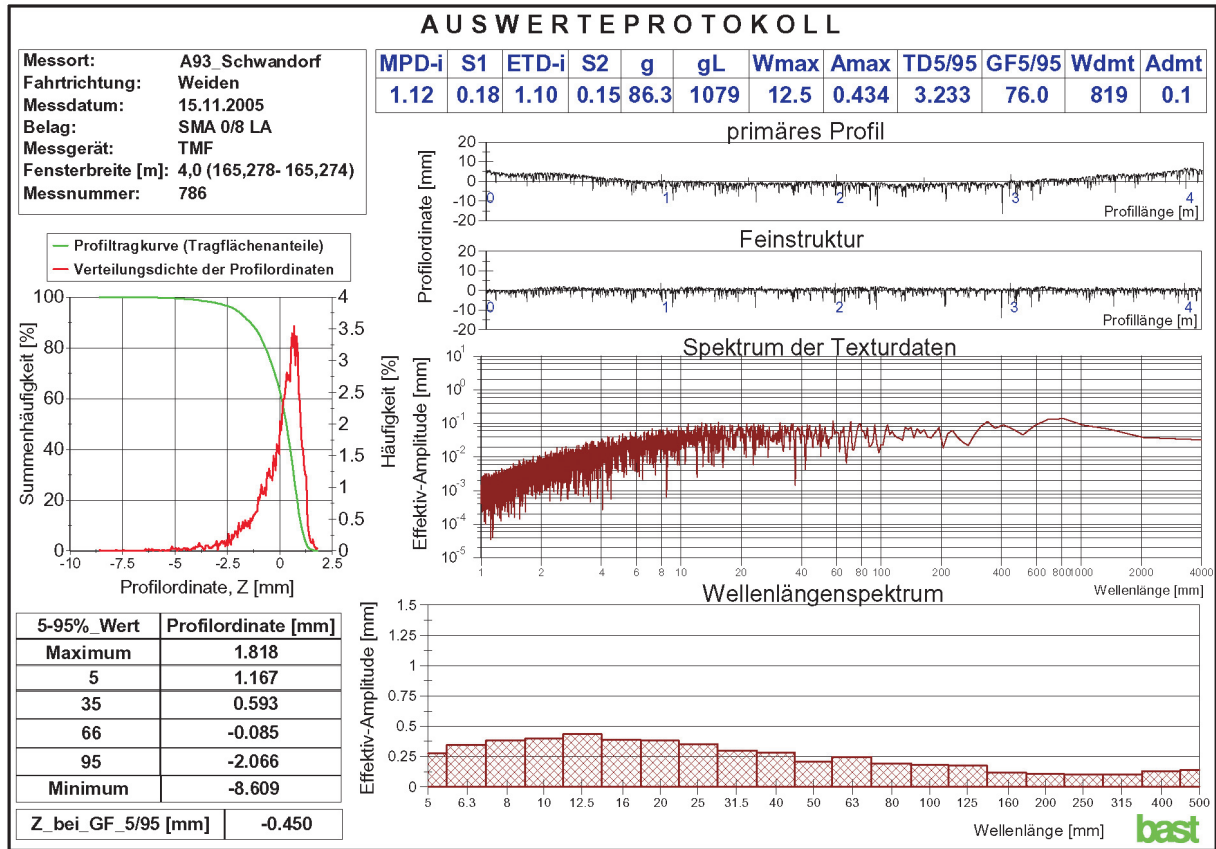
<sup>3</sup> Aktuelle Bezeichnung für SMA 0/8 LA in Anlehnung an die TL Asphalt-StB 07

kung zumindest für Pkw zeigten. Die angestrebte Reduzierung des Aufwandes gegenüber OPA konnte erreicht werden, ein Nachweis der akustischen und bautechnischen Dauerhaftigkeit muss jedoch noch erbracht werden. Die Texturanalyse des SMA 0/5 LA zeigte gute theoretische Werte, die sich bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten auf der A 93 nicht vorteilhaft auf die Schallpegel auswirkten, möglicherweise kann dieser Vorteil auf Bundesstraßen oder städtischen Straßen zur Erzielung einer guten Lärminderung genutzt werden.

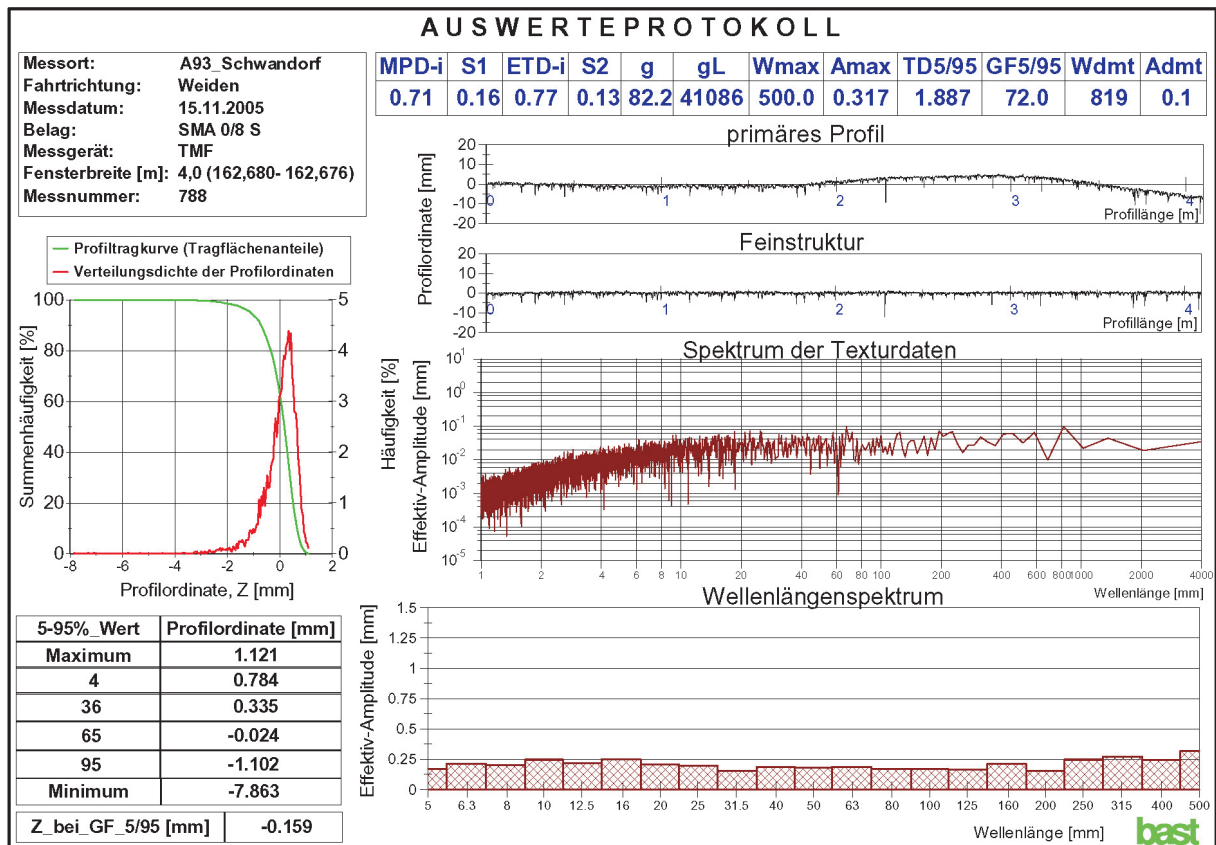
## 7 Literatur

- [1] Studie „Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025“, ITP/BVU, München/Freiburg, November 2007
- [2] DIN ISO 10844 Akustik – Anforderungen an Prüfstrecken zur Geräuschmessung an Straßenfahrzeugen (ISO 10844:1994), Ausgabe 1997-05
- [3] BECKENBAUER et al.: Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 847, Hrsg. BMVBW
- [4] ANGST, Ch. et al.: Strassenbeläge innerorts. Jahresbericht 2009. Herausgeber: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern, 2010
- [5] Workshop „Lärmarme Straßenbeläge innerorts“ 4. März 2010, BAST, Bergisch Gladbach. Vortrag: Lärmarme Strassenbeläge in der Schweiz
- [6] HABERL, J.: Einsatzmöglichkeiten von lärmindernden Fahrbahndeckschichttypen zur Reduzierung von Straßenverkehrslärm – Stand der Technik. Vortrag Oberösterreichische Umweltanwaltschaft, Linz, 05.02.2008. Download am 22.07.2010 [http://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-3DCFCFBEE1841E85/Vortrag\\_Haberl.pdf](http://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-3DCFCFBEE1841E85/Vortrag_Haberl.pdf)
- [7] HABERL, J., LITZKA, J.: Versuchsstrecke lärmindernde Straßendecken A 12. BMVIT Projekt Straßenforschung Nr. 3.316. Vortrags-Handout
- [8] RIPKE, O., BENDTSEN, H., THOMSEN, S.: Final report and developed techniques and materials for innovative surfaces. Deliverable F.MS4, Work Package F.2, February 2008
- [9] ULLRICH, S.: Der Einfluss der Straßenoberfläche auf die Geräusch-Emission mehrachsiger Lkw – Gussasphalt auf Autobahn-Fahrbahnen. Bericht zu AP-Nr. 96661/V3, BAST, Bergisch Gladbach, Juli 2002 (unveröffentlicht)
- [10] BENDTSEN, H., LU, Q., KOHLER, E.: Acoustic aging of asphalt pavements. Danish Road Institute, Report 171, Kopenhagen/Dänemark, Juni 2009
- [11] MORGAN, P. A.: IPG Scientific Strategy Document, End report. Rijkswaterstaat, Delft, März 2008
- [12] KÖLLMANN, A., STEVEN, H., HABERKORN, U.: Ausprägung von Mega- und Makrotextur auf Fahrbahnoberflächen. Schlussbericht zum Projekt FE 04.175 G95A. Herzogenrath, Februar 1999

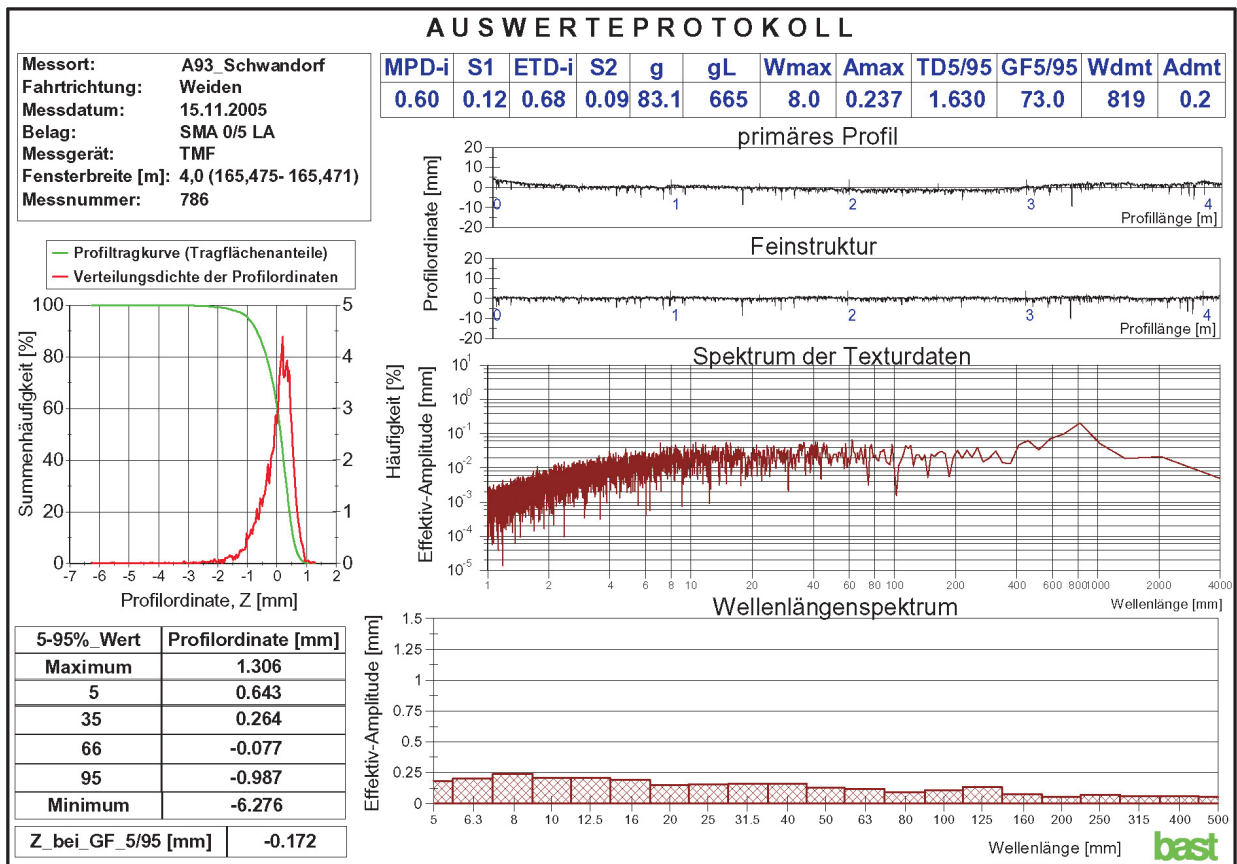
Anlagen



Anlage 1: Texturmessung Texturmessfahrzeug (TMF) SMA 0/8 LA



Anlage 2: Texturmessung Texturmessfahrzeug (TMF) SMA 0/8 S



Anlage 3: Texturmessung Texturmessfahrzeug (TMF) SMA 0/5 LA

Baumaßnahme	B56			A24		
Mischgutsorte	SMA 0/8 LA			SMA 8 LA		
	Ausschreibung	Eignungsprüfung	Prüfung-BAST	Ausschreibung	Eignungsnachweis	Kontrollprüfung
Gesteinsart		Basalt			Granodiorit	
Kategorie PSV	53	55				
Kornanteil < 0,09 bzw. 0,063 mm [M.-%]	6 - 9	6,3	9,3	6 - 9	8,1	7,0 – 9,7
Kornanteil > 0,09; < 2,0 mm [M.-%]		10,6	10,9		8,5	7,2 – 10,6
Kornanteil > 2,0 mm [M.-%]	80 - 85	83,1	79,9	80 - 85	83,4	81,5 – 84,3
Kornanteil > 5,0 mm [M.-%]	70 - 80	72,2	69,2	70 - 80	74,0	61,1 – 66,2
Kornanteil > 8,0 mm [M.-%]	≤ 10	5,9	3,6	≤ 10	2,4	
Rohdichte Gesteinskörnungsgemisch					2,725	
Bindemittelart/-sorte	PmB 40/100-65H	SüBit 40/100-65		PmB 40/100-65A	PmB 40/100-65A	
Bindemittelgehalt [M.-%]	≥ 6,5	6,6	6,4	6,3	6,3	6,0 – 6,2
EP RuK [°C]		65	65	65	69,2	
EP RuK Extraktion Mischgut [°C]					73,6	64,2 – 66,0
Stabilisierende Zusätze [M.-%]	0,3	0,3		0,3	0,3	
Hohlraumausfüllungsgrad [%]					53,7	
Schichtdicke [cm]	3,0			3,0		2,5 – 2,8
Hohlraumgehalt MPK* [Vol.-%]	9 - 11	9,5		10 - 12	11,9	8,2- 10,8
Hohlraumgehalt BK* [Vol.-%]	10 – 15		7,8 – 8,7			≥ 10
Verdichtungsgrad [%]	≥ 97		98,4 – 99,7			93,6; ≥ 97
* Tauchwägung						
Schallpegel Methode <b>SPB Pkw</b>						
Messung 16.10.2007; 80 km/h [dB(A)]		74,8			---	
Messung 21.04.2008; 80 km/h [dB(A)]		74,8			---	
Messung 22.04.2010; 120 km/h [dB(A)]		---			79,7	
Schallpegel Methode <b>SPB Lkw</b>						
Messung 22.04.2010; 80 km/h [dB(A)]		---			85,0	
Schallpegel Methode <b>CPX</b> 80 km/h						
Messung 19.04.2010 Reifen P1 [dB(A)]		---			93,0	
Messung 19.04.2010 Reifen H1 [dB(A)]		---			93,9	

**Anlage 4: Mischgutzusammensetzung, Kontrollprüfungsergebnisse und Geräuschmessung SMA 0/8 LA auf der B56 bei Düren bzw. A24 bei Neuruppin**

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Straßenbau“

### 2000

S 20: 36. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
€ 14,00

S 21: Walzbeton: Ergebnisse aus neuester Forschung und lang-jähriger 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

### 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 1 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, Lorenz, 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/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

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 offenporigen 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

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

## 2011

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.  
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

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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.