Lärmreduzierung im kommunalen Bereich

Prof. Dr.-Ing. Martin Radenberg
Lehrstuhl für Verkehrswegebau
Ruhr-Universität Bochum

DAV-Informationsveranstaltung,
Asphaltanwendungen in der Praxis,
19. November 2014 - Dortmund

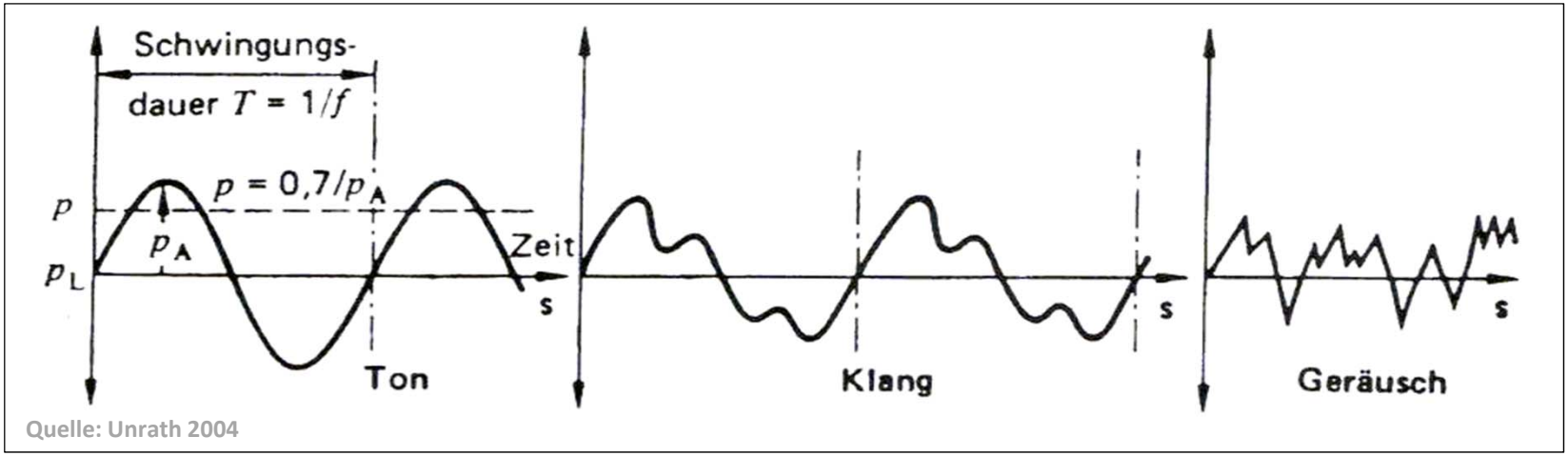
Gliederung des Vortrages

1. **Lärmquellen und Auswirkungen**
2. **Erkenntnisse und Weiterentwicklungen**
3. **Bauweisen mit Lärmminderungspotential im technischen Regelwerk**
   - **3.1 E LA D –** FGSV-Empfehlungen für AC D LOA und SMA LA
   - **3.2 AP PMA –** FGSV-Arbeitspapier für PMA
4. **Zusammenfassung und Ausblick**

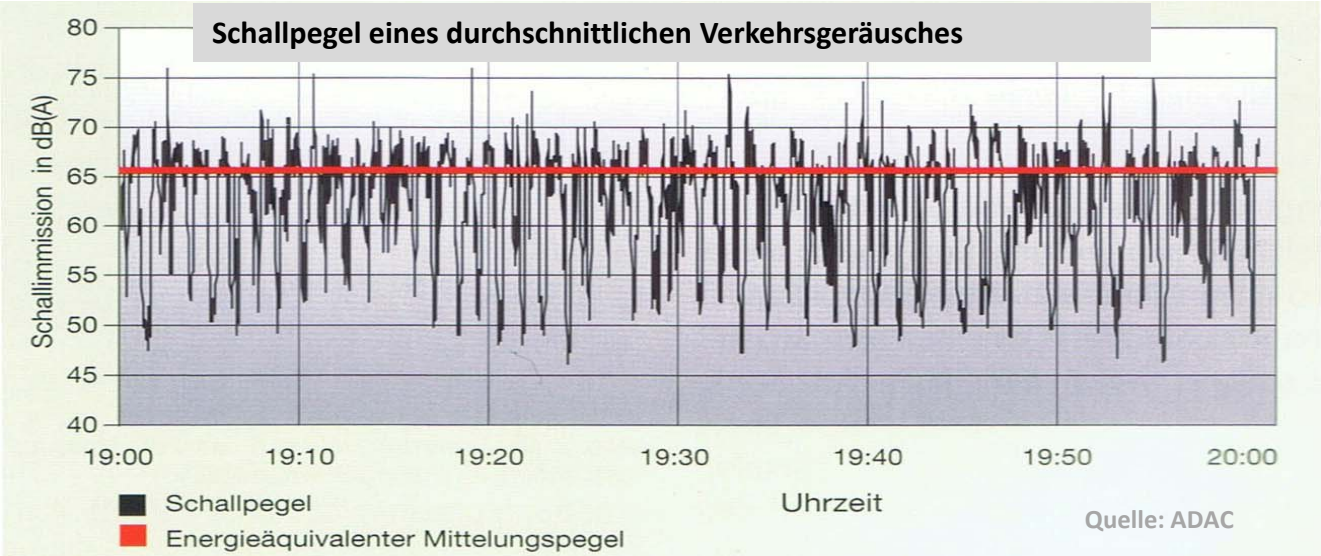
Lärmquellen, Lärmpegel und deren Auswirkungen

		dB(A)	
Schmerzgrenze	Probelauf Düsentriebwerk	120	Gehörschädigung nach kurzer Einwirkung möglich
	Rockkonzert, Presslufthammer	110	
unerträglich	Diskothek, MP3-Player (laut)	100	
	Kreissäge, Moped	90	Gehörschädigung nach längerer Einwirkung möglich
	Hochbelastete Autobahn	80	
	Hauptverkehrsstraße, Schreibmaschine(Nahfeld)	70	Erhöhtes Risiko für Herz-/Kreislauferkrangungen
laut	Radio (Zimmerlautstärke), Fenster am Meer	60	Kommunikationsstörungen
	Normale Unterhaltung	50	Lern- und Konzentrationsstörungen Schlafstörungen
	Grundbelastung (Stadtgebiet)	40	
	Ticken eines Weckers, Wohnhaus im Grünen	30	
	Leises Blätterrauschen	20	
Stille	Stille, normales Atmen	10	

Schallarten

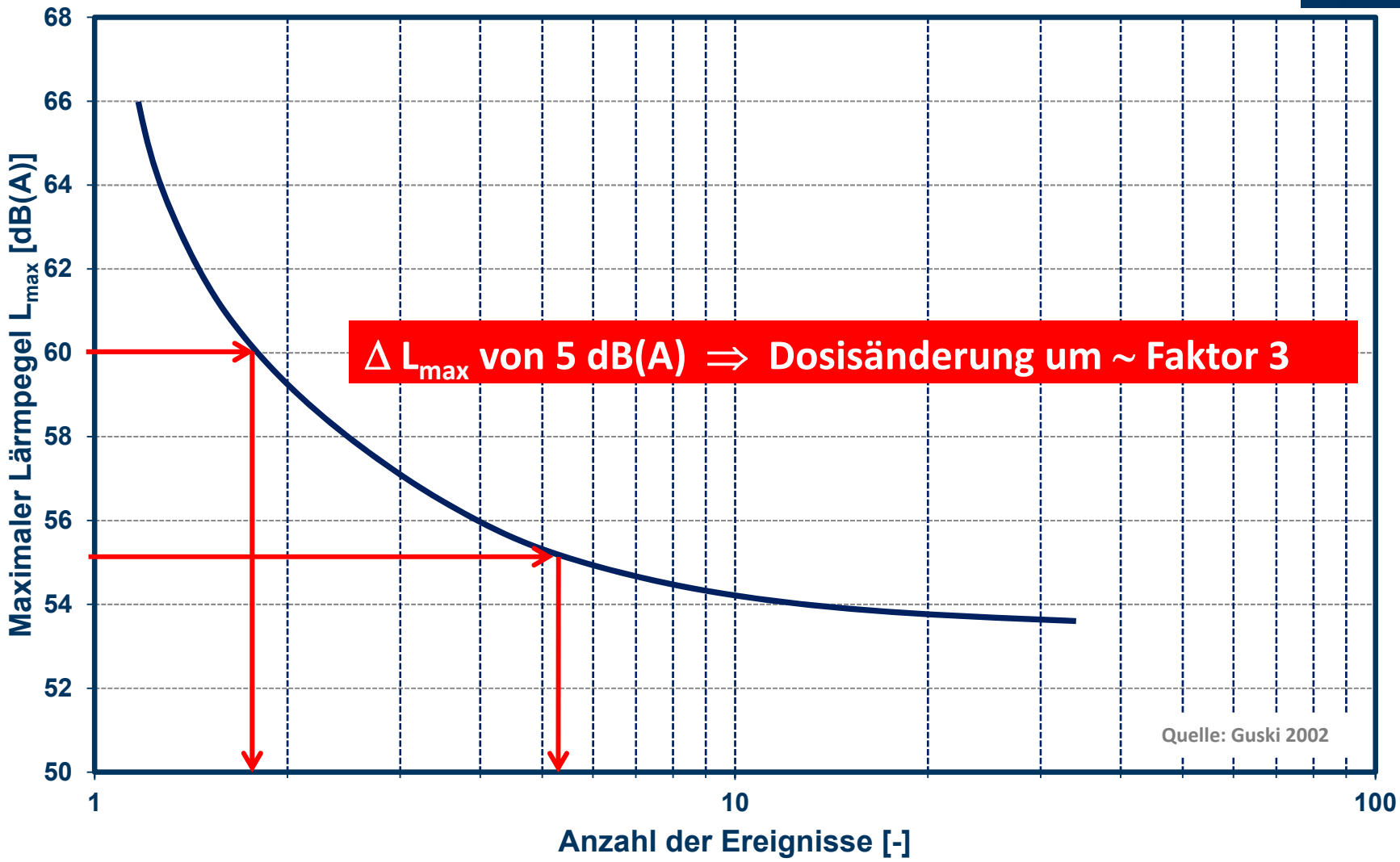


Quelle: Unrath 2004



Quelle: ADAC

Dosis-Wirkungs-Funktion für 10 % Aufwachwahrscheinlichkeit



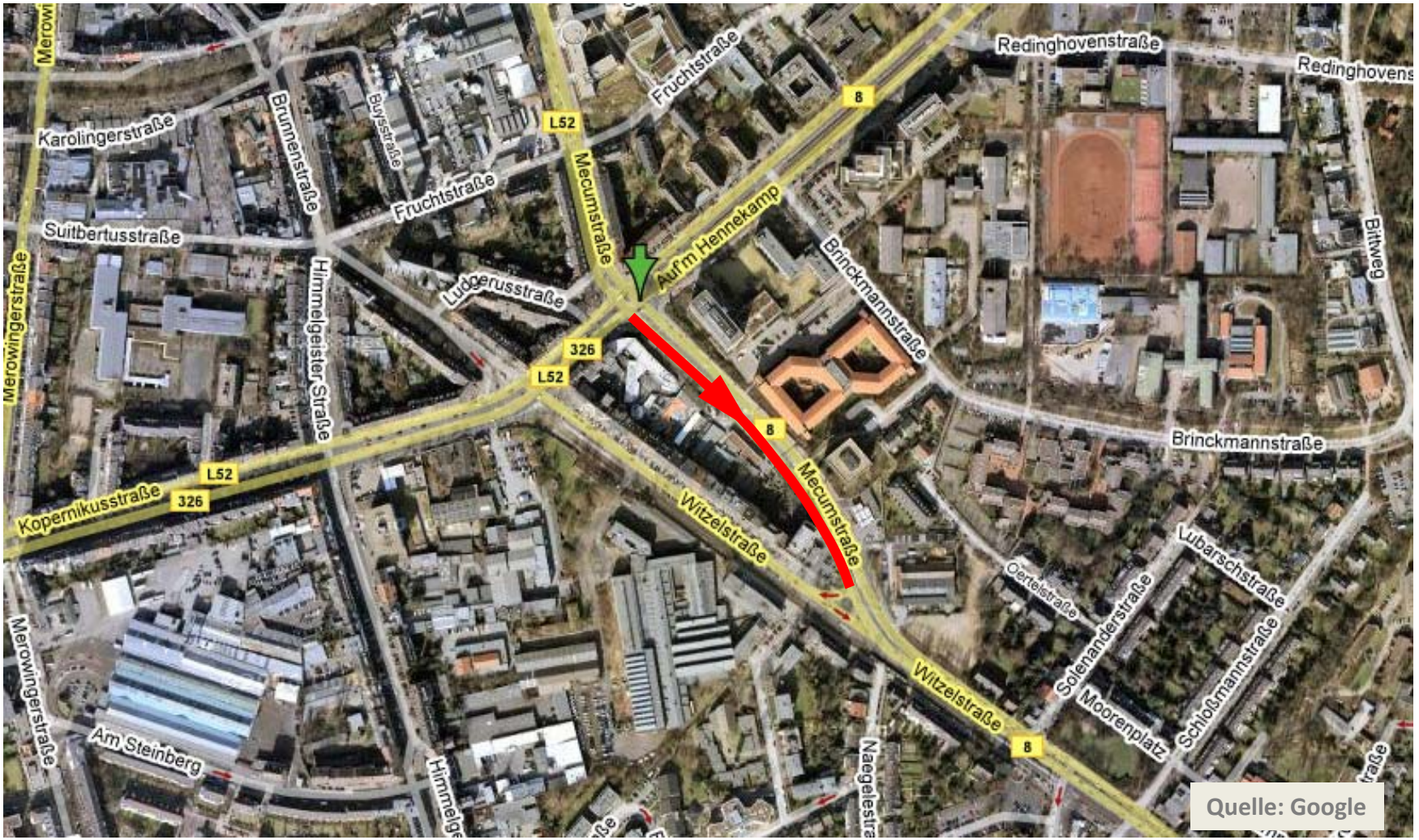
Zweckmäßige Asphaltmischgutarten und –sorten mit lärmtechnischer Wirkung

Zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]	$30 < V_{max} \leq 50$	$50 < V_{max} \leq 80$	$V_{max} > 80$
Asphaltmischgutart und –sorte **(dichte Bauweisen)**	**AC 5 D LOA PMA 5 DSH-V 5**	**AC 5 D LOA PMA 5 DSH-V 5 (DSH-V 8)**	**DSH-V 8 (PMA 5)**
Asphaltmischgutart und –sorte **(semi-dichte Bauweisen)**	**SMA 5 LA**	**SMA 5 LA (SMA 8 LA)**	**SMA 8 LA**
Asphaltmischgutart und –sorte **(offene Bauweisen)**	**(PA 5)**	**PA 8**	**PA 8 PA 8 auf PA 16**

PA und DSH-V sind bereits Regelbauweisen (TL Asphalt-StB bzw. ZTV BEA-StB)

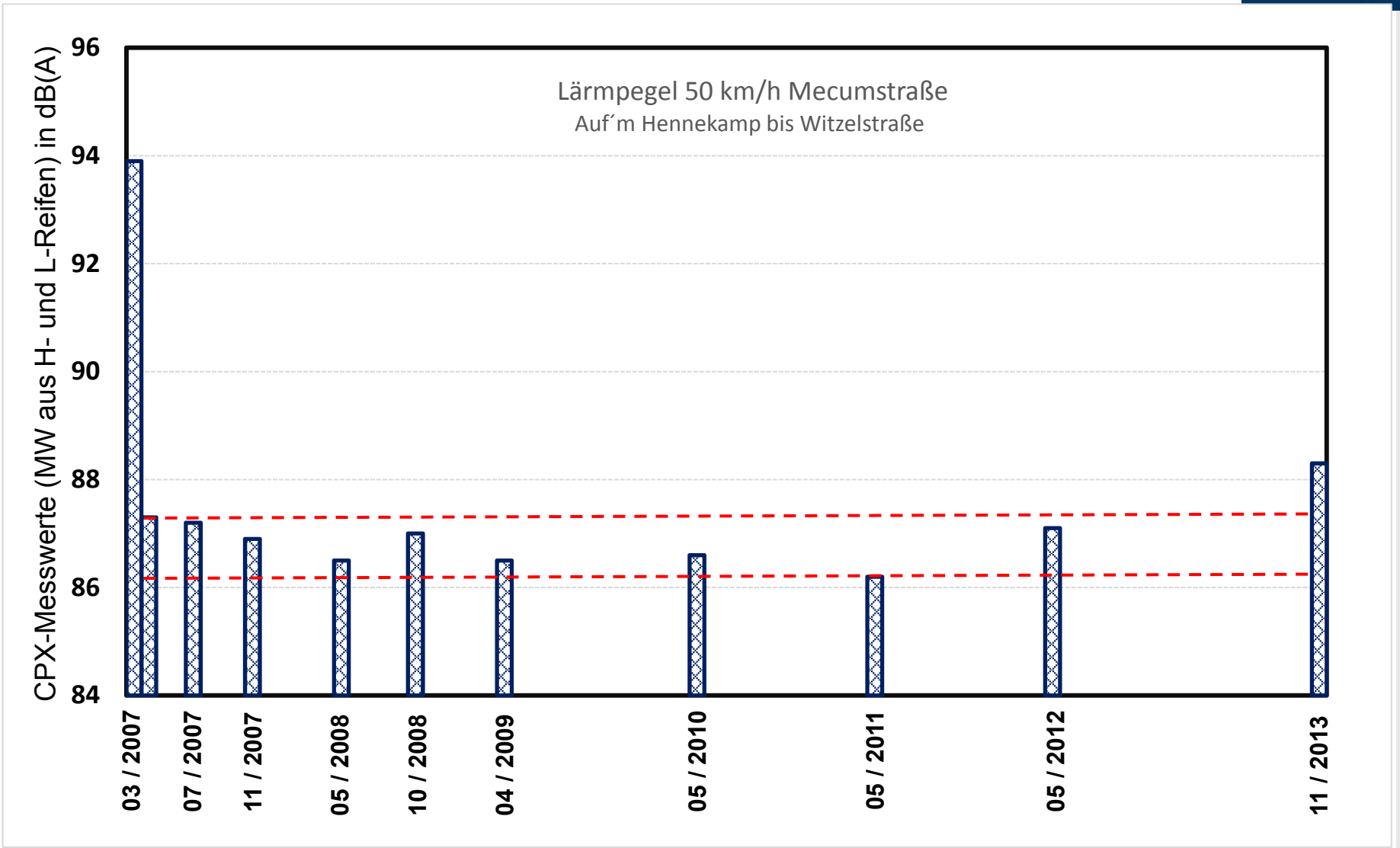
Erkenntnise: LOA – Lage der ersten Erprobungsstrecke

(Einbau: 1. April 2007)

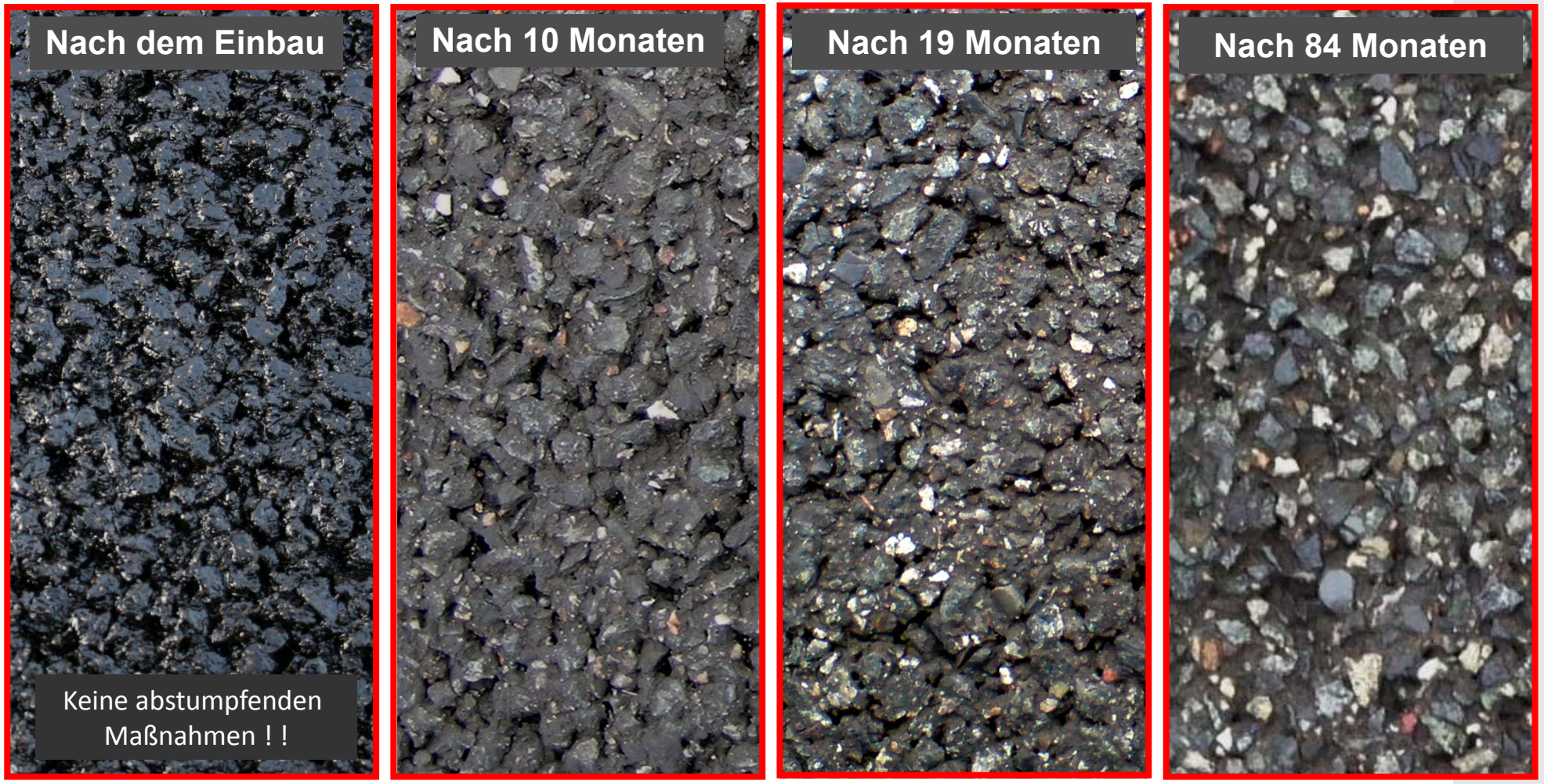


LOA – Lärmtechnische Eigenschaften

- CPX-Messergebnisse Mecumstraße (TÜV)

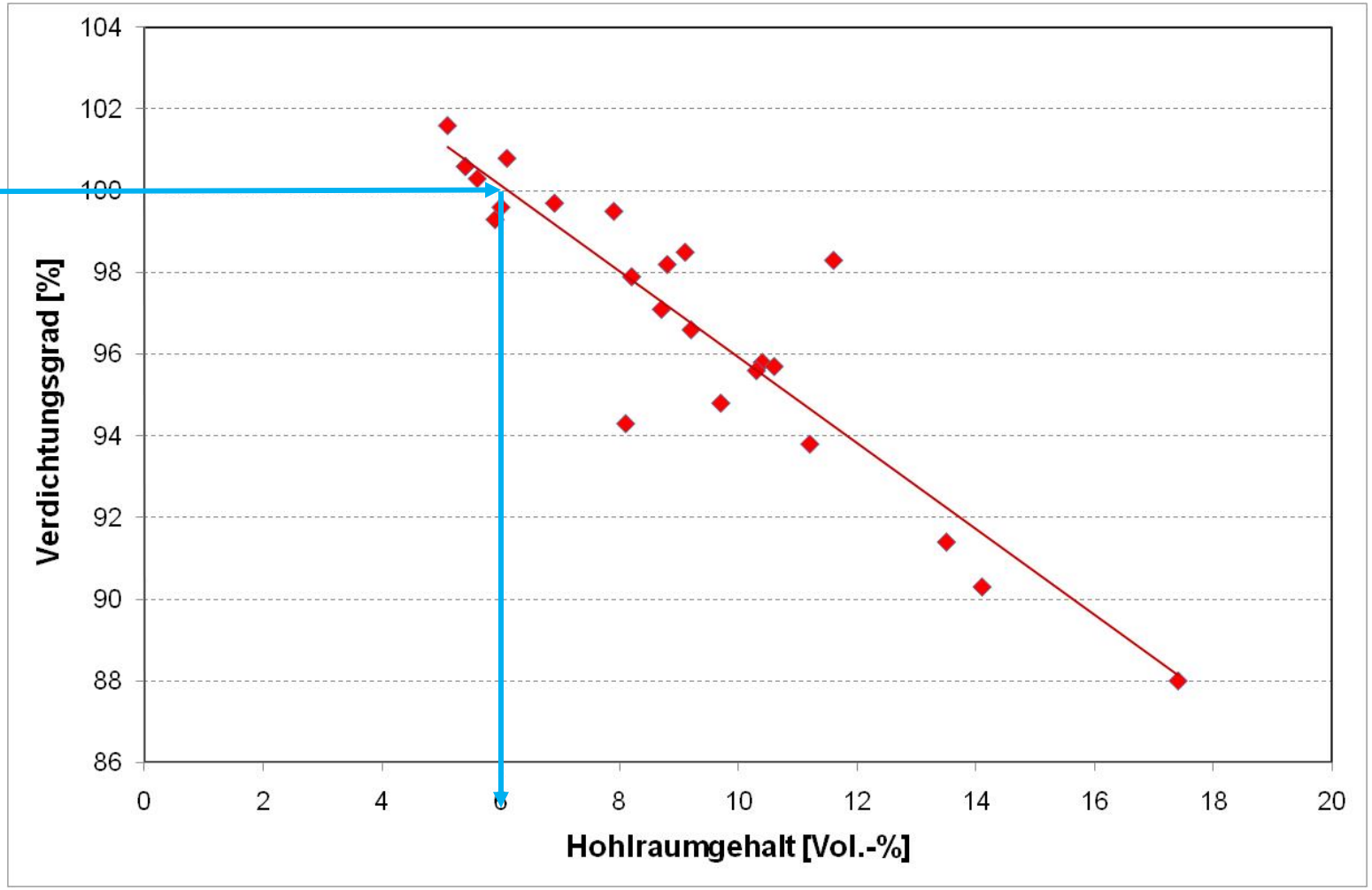


LOA – Oberflächenveränderung (Mecumstraße)



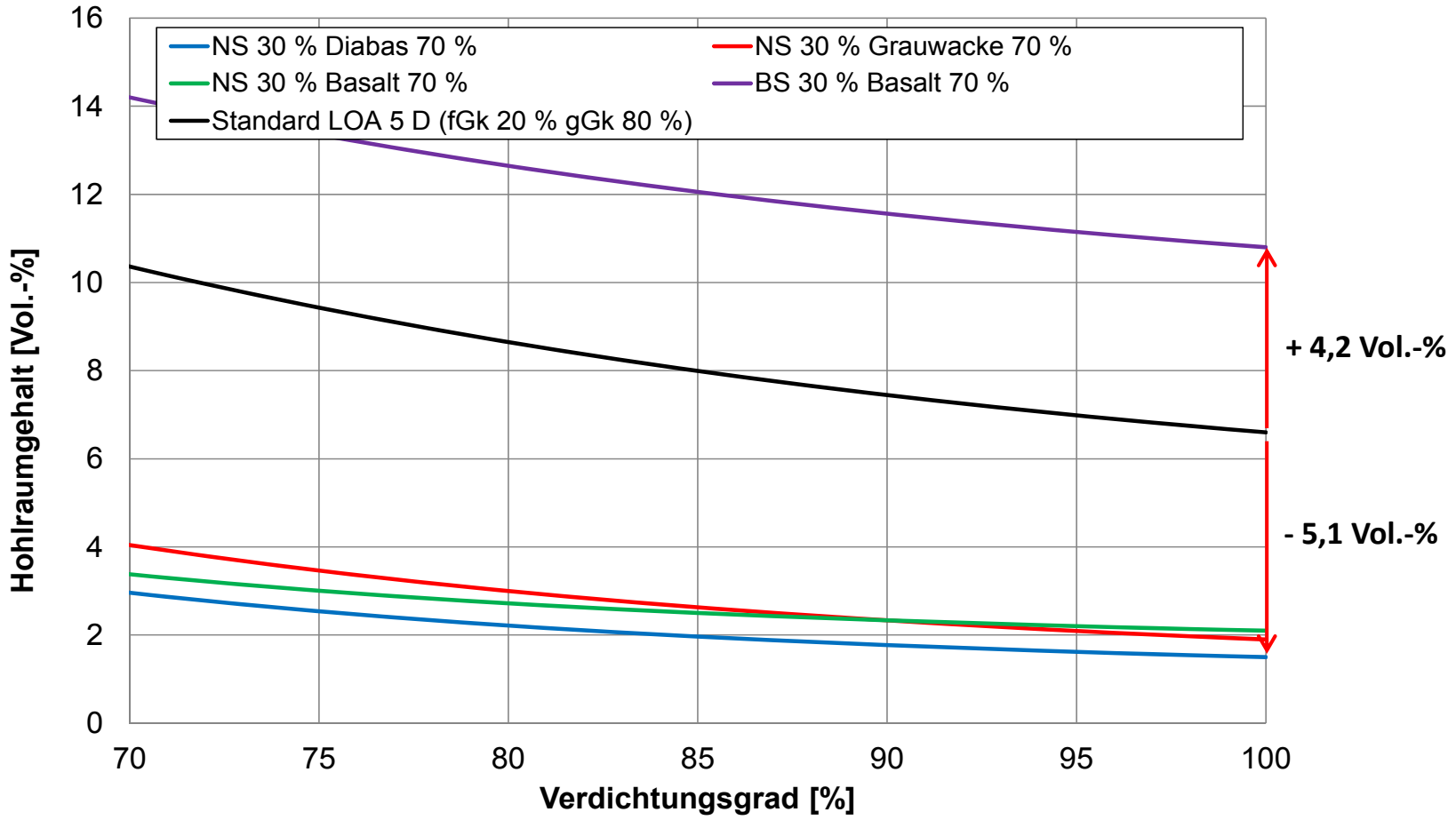
Hohlraumgehalte an der eingebauten Schicht

LOA 5 D ursprüngliche Konzepte



Optimierung - Hohlraumgehalte und Verdichtungsgrad

Einfluss von Natursand



Neues Regelwerk für LOA D und SMA LA

R 1-Veröffentlichungen: „ZTV, Richtlinie, TL und TP“
Sie haben, insbesondere wenn sie als Vertragsbestandteil vereinbart werden sollen, eine hohe Verbindlichkeit.

R 2-Veröffentlichungen: „Merkblätter und Empfehlungen“
Die FGSV empfiehlt ihre Anwendung als Stand der Technik.

W 1-Veröffentlichungen: „Hinweise“
Sie geben den aktuellen Stand des Wissens innerhalb der zuständigen FGSV-Gremien wieder.

W 2-Veröffentlichungen: „Arbeitspapiere“
Sie geben die Auffassung eines einzelnen FGSV-Gremiums wieder.

Wirkungsweise der dichten und semidichten Asphaltdeckschichten

Lärmmindernde Asphaltdeckschichten aus AC D LOA und SMA LA zeichnen sich durch eine Oberflächentextur aus, die sich durch eine konkave Gestalt („Plateaus mit Schluchten“) charakterisieren lässt. Das bedeutet, dass sich hier nebeneinander angeordnete ebene Plateaus ausbilden, die von Vertiefungen unterbrochen werden. Eine Entlüftung des Reifenprofils bei Überrollung wird somit ermöglicht und die sogenannten „Airpumping-Geräusche“ reduziert. Gleichzeitig entsteht eine ebene Aufstandsfläche, die Reifen-Schwingungen minimiert.

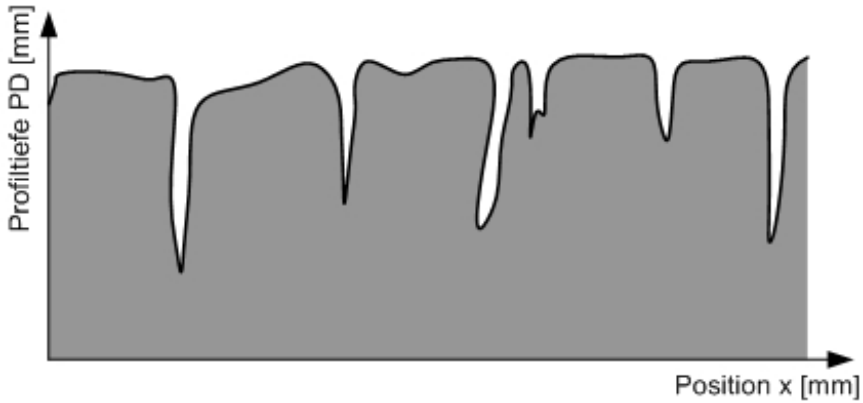
Darüber hinaus wird bei SMA LA durch die Zugänglichkeit der Hohlräume auch eine Absorption des Schalls ermöglicht, die zusätzlich zur Lärmminderung beiträgt. Nach bisherigen Erfahrungen wird eine Geräuschreduzierung vor allem bei PKW-Reifen erreicht.

LOA – Konzept und Entwicklung

Lärm-**O**ptimierte **A**sphaltdeckschicht

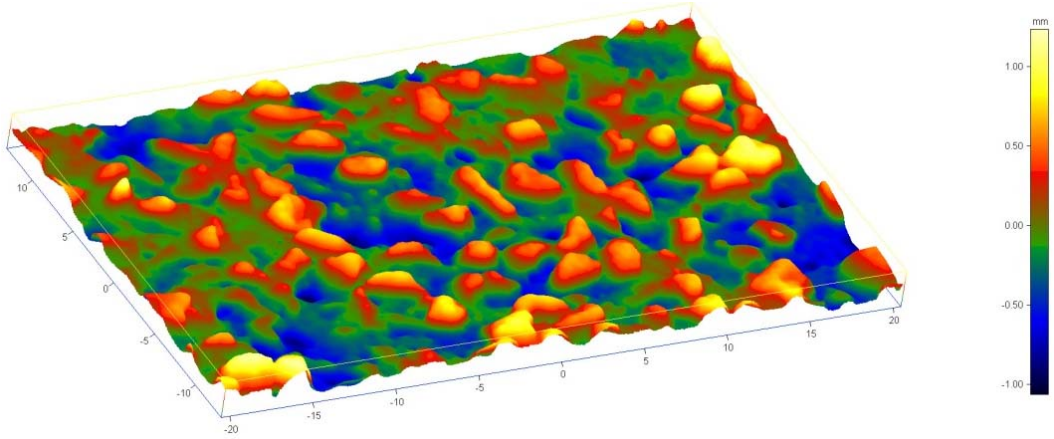
- Reduzierung des Lärms durch eine angepasste Oberflächentextur
- Standfeste und verformungsarme Mischgutzusammensetzung
- Größtkorn von 5 mm mit einem angestrebten Hohlraumgehalt von 4,0 bis 6,0 Vol.-%
- Dünnschichtiger Einbau mit einer Dicke von 2,5 cm

Konkave Oberflächentextur
„Plateaus mit Schluchten“



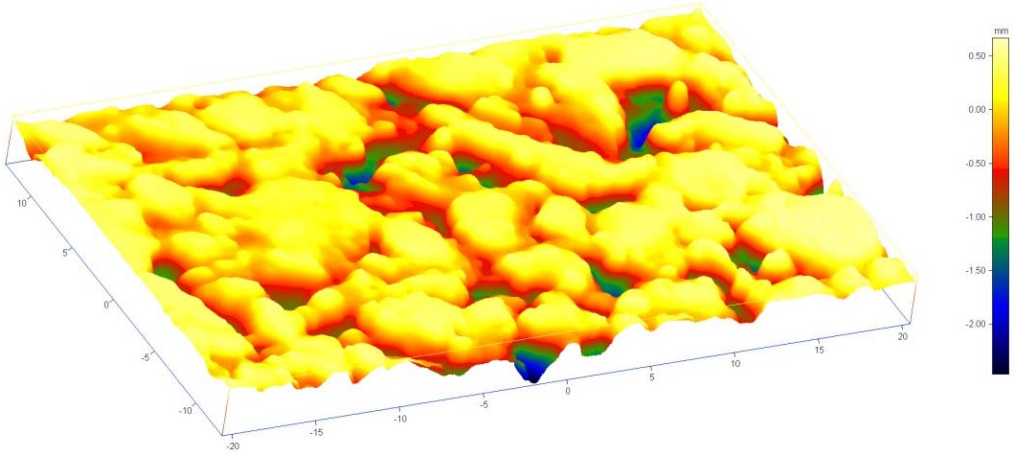
LOA – Oberflächentexturen

- Untersuchung der Oberflächentextur mittels Laser (linienhaft) oder Streifenlichtprojektion (flächenhaft)



Gussasphalt (MA 8 S)

-> Gestaltfaktor 48 %

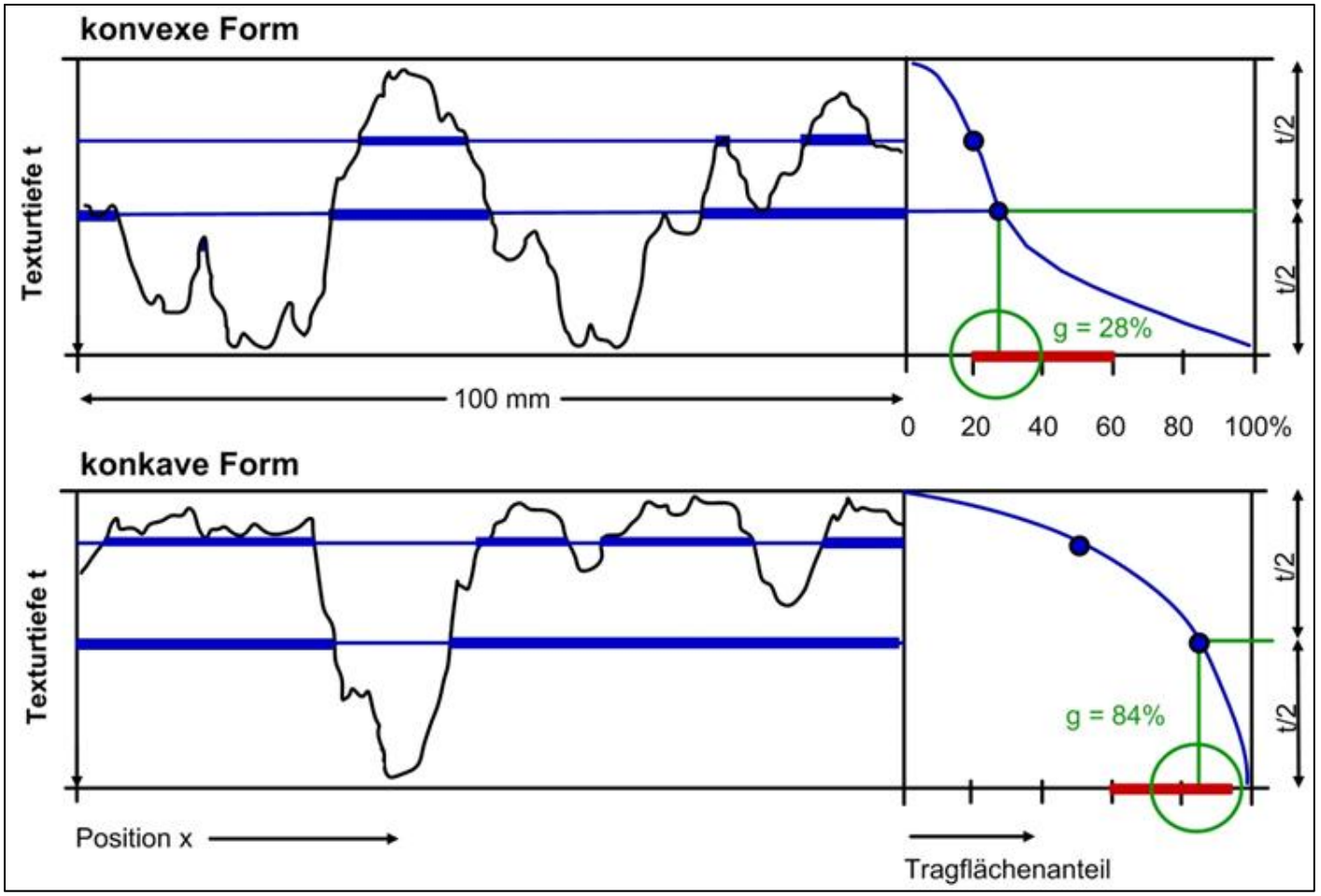


LOA 5 D (AC 5 D LOA)

-> Gestaltfaktor 84 %

LOA – Ein maßgebender Texturkennwert

- Gestaltfaktor als Maß für die Emission durch das Reifen-Fahrbahn-Geräusch



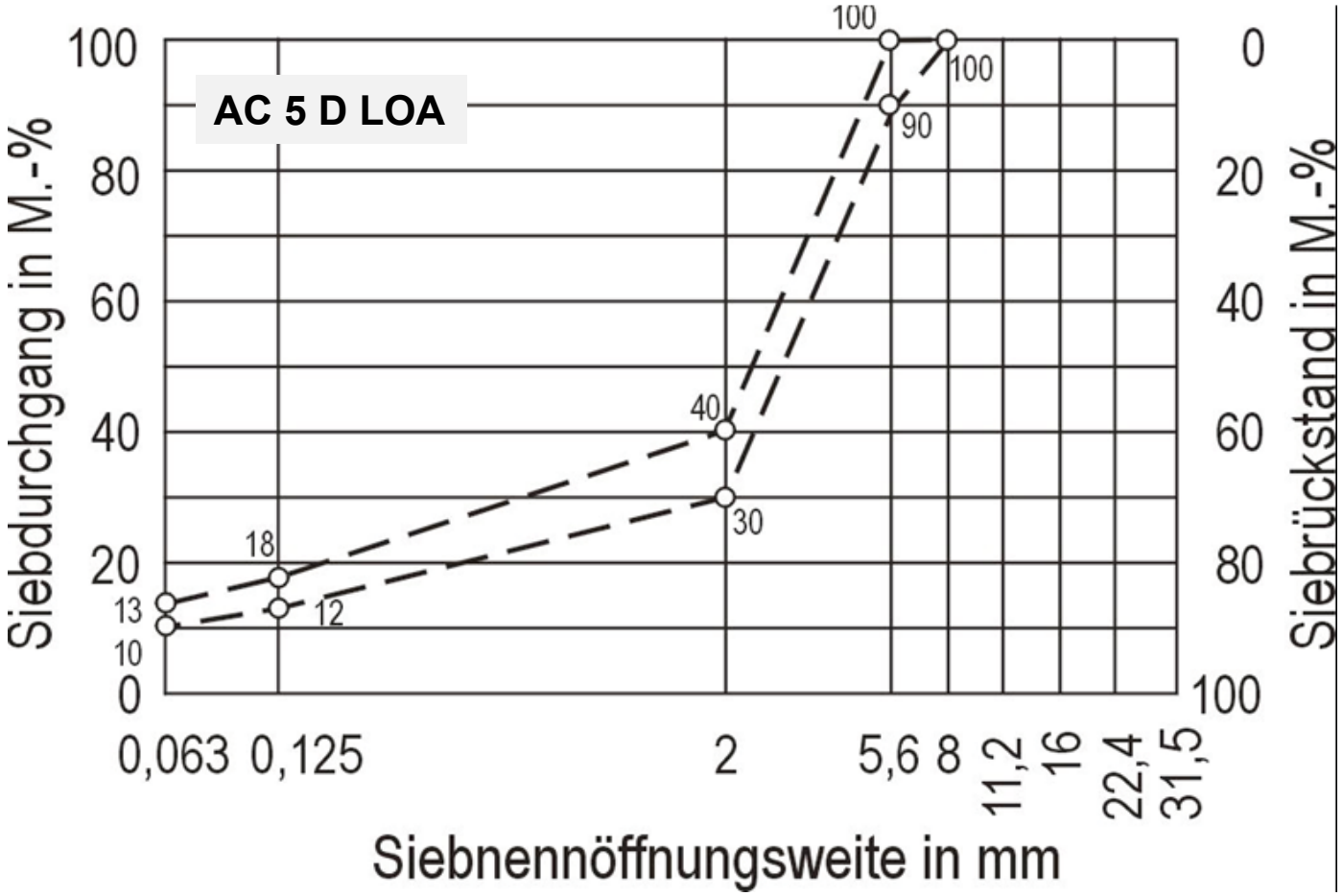
Quelle: Müller BBM

LOA – Anforderungen (E LA D)

Bezeichnung	Einheit	AC 5 D LOA
Baustoffe		
Gesteinskörnungen (Lieferkörnung)		
Anteil gebrochener Kornoberflächen		$C_{100/0}$; $C_{95/1}$; $C_{90/1}$
Widerstand gegen Zertrümmerung		SZ_{18} / LA_{20}
Widerstand gegen Polieren		$PSV_{angegeben}$(51)
Mindestanteil fGk mit Ecs < 30	%	100
Bindemittel, Art und Sorte[1)]		25/55-55 (40/100-65)
Zusammensetzung Asphaltmischgut		
Gesteinskörnungsgemisch		
Siebdurchgang bei		
8 mm	M.-%	100
5 mm	M.-%.	90 bis 100
2 mm	M.-%	30 bis 40
0,125 mm	M.-%	12 bis 18
0,063 mm	M.-%	10 bis 13
Bindemittelvolumen	Vol.-%	ist anzugeben[2)] 12,5 bis 14,0
Mindest-Bindemittelgehalt[1)]		$B_{min5,8}$
Asphaltmischgut		
minimaler Hohlraumgehalt MPK[3)]	Vol.-%	$V_{min\ 4,0}$
maximaler Hohlraumgehalt MPK[3)]	Vol.-%	$V_{max\ 6,0}$ 5,0
maximaler Hohlraumausfüllungsgrad	%	ist anzugeben[4)]
maximale proportionale Spurrinnentiefe		$PRD_{Luft3,0}$
Mittlere Texturtiefe MTD	mm	ist anzugeben
Asphaltschicht		
Dicke	cm	2,0 bis 2,5
Hohlraumgehalt	Vol.-%	4,0 bis 9,0 ≤ 8,0
Verdichtungsgrad	%	≥ 97
Ebenheit (4 m–Messstrecke)	mm	≤ 3

1) Faktor α analog den TL Asphalt-StB 07/13, Abschnitt 3.1.
2) Erfahrungswerte liegen bei ≥ 12,5 %
3) Raumdichtebestimmung nach TP Asphalt-StB, Teil 6, Verfahren B
4) Erfahrungswerte liegen im Bereich zwischen 65 und 75 %

LOA – Sieblinienbereich (grafisch) (E LA D)



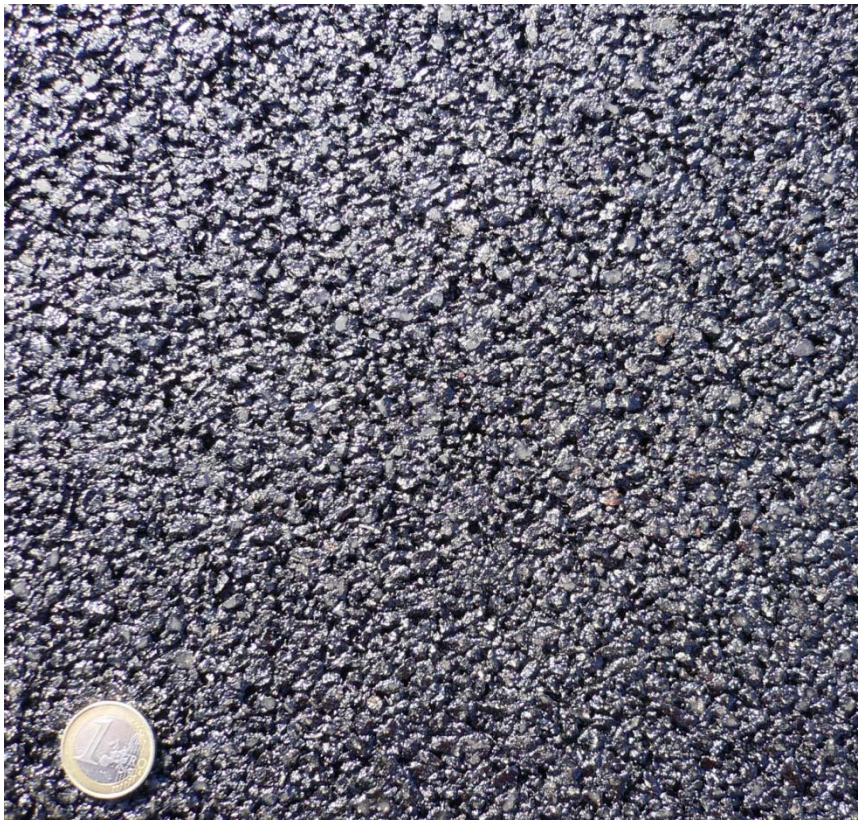
Historie der Erprobungsstrecken mit SMA LA

Splittmastixasphalt Lärmarm (SMA LA)

- Erste Erfahrungen als SMA 0/11 LA in Österreich seit ca. 1997
- BAB A 93 Schwandorf ca. 33.000 m², Mai 2005
- BAB A 3 Nürnberg ca. 65.000 m², September 2005
- Mittlerweile in vielen Bundesländern erprobt

Oberflächentexturen der Deckschichten aus SMA LA

SMA 5 LA

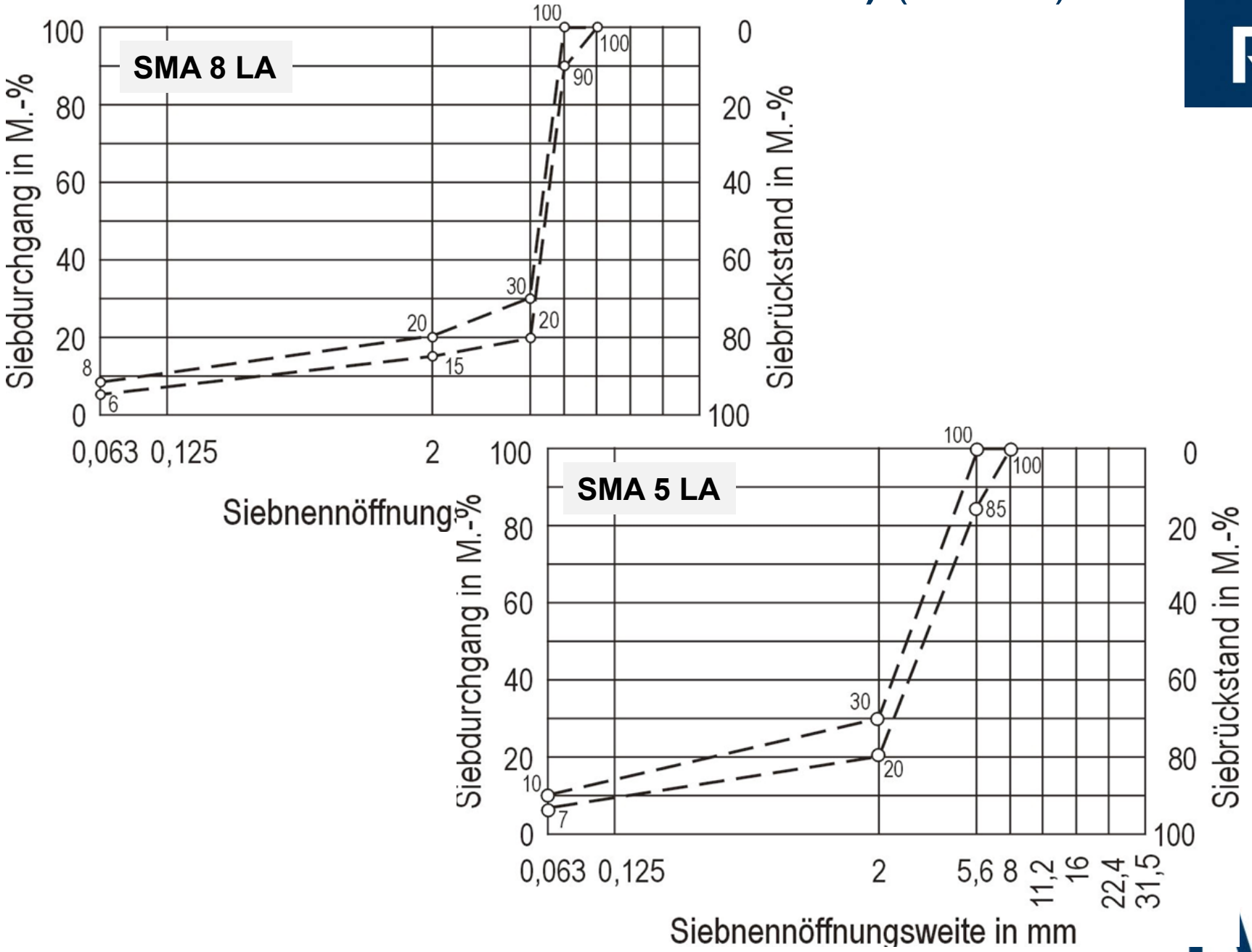


SMA 8 LA

SMA LA – Anforderungen (Entwurf E LA D)

Bezeichnung	Einheit	SMA 8 LA	SMA 5 LA
Baustoffe			
Gesteinskörnungen (Lieferkörnung)			
Anteil gebrochener Kornoberflächen		$C_{100/0}$; $C_{95/1}$; $C_{90/1}$	$C_{100/0}$; $C_{95/1}$; $C_{90/1}$
Widerstand gegen Zertrümmerung		SZ_{18} / LA_{20}	SZ_{18} / LA_{20}
Widerstand gegen Polieren		$PSV_{angegeben}$(51)	$PSV_{angegeben}$(51)
Mindestanteil von Lieferkörnungen 0/2 mit E_{CS}35		100	100
Bindemittel, Art und Sorte[1)]		40/100-65 45/80-50 (25/55-55)	40/100-65 45/80-50 (25/55-55)
Zusammensetzung Asphaltmischgut			
Gesteinskörnungsgemisch			
Siebdurchgang bei			
11,2 mm	M.-%	100	
8 mm	M.-%	90 bis 100	100
5,6 mm	M.-%	20 bis 30	85 bis 100
2 mm	M.-%	15 bis 20	20 bis 30
0,063 mm	M.-%	6 bis 8	7 bis 10
Bindemittelgehalt	M.-%	6,6	7,0
Bindemittelvolumen	Vol.-%	Ist anzugeben	Ist anzugeben
Bindemittelträger	M.-%	≥ 0,30	≥ 0,15
Asphaltmischgut			
minimaler Hohlraumgehalt MPK	Vol.-%	9,0	9,0
maximaler Hohlraumgehalt MPK	Vol.-%	11,0	11,0
maximaler Hohlraumausfüllungsgrad	%	ist anzugeben	ist anzugeben
proportionale Spurrinnentiefe	mm	ist anzugeben	ist anzugeben
Asphaltschicht			
Dicke	cm	2,5 bis 4,0	2,0 bis 3,0
Hohlraumgehalt	Vol.-%	9,0 bis 14,0	9,0 bis 14,0
Verdichtungsgrad	%	≥ 97	≥ 97
Ebenheit (4 m–Messstrecke)	mm	≤ 3	≤ 3

SMA LA – Sieblinienbereiche (grafisch) (E LA D)



AP PMA – FGSV-W 2-Dokument

Arbeitspapier für die Ausführung von Asphaltschichten aus PMA

AP PMA

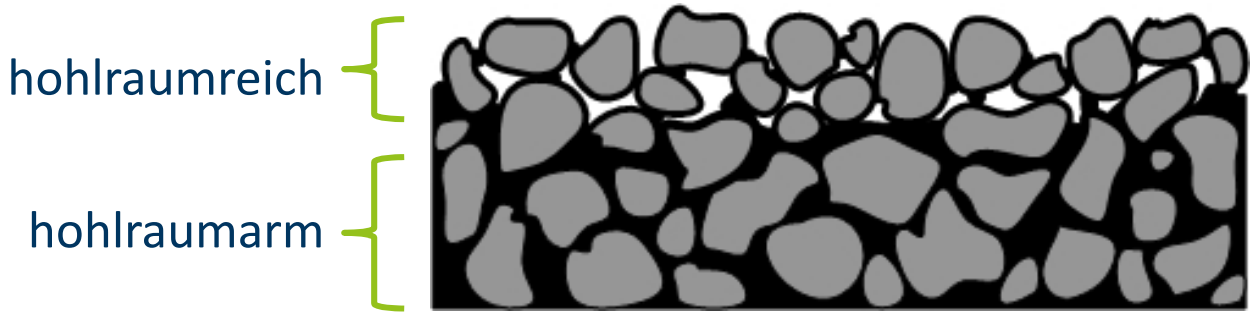
Zuständig für die Erstellung:
Bearbeitergruppe aus dem AK 7.3.2 Gussasphalt

Ausgabe 201? (vermutlich Frühjahr 2015)

PMA – Konzept und Entwicklung

Porous **M**astic **A**sphalt = „offenporiger Gussasphalt“

- Ursprüngliches Konzept: Kombination der Vorteile offenporiger und dichter Deckschichtkonzepte → lärmarm und dauerhaft
- Niedrigviskoser, bindemittelreicher Mörtel sinkt nach unten hin ab
  - Zugängliche Hohlräume in der oberen Schicht
  - Dichte Struktur in der unteren Schicht
  - „selbstverdichtend“ durch absinkenden Mörtel



PMA – Geräuschminderung

- Geräuschmindernde Wirkung sollte ursprünglich auch durch kommunizierende Hohlräume im Oberflächenbereich erreicht werden (vergleichbar mit offenporigem Asphalt)

- Messungen des Strömungswider-standes zeigten jedoch, dass die Oberfläche i.a. keine kommuni-zierenden Hohlräume aufweist

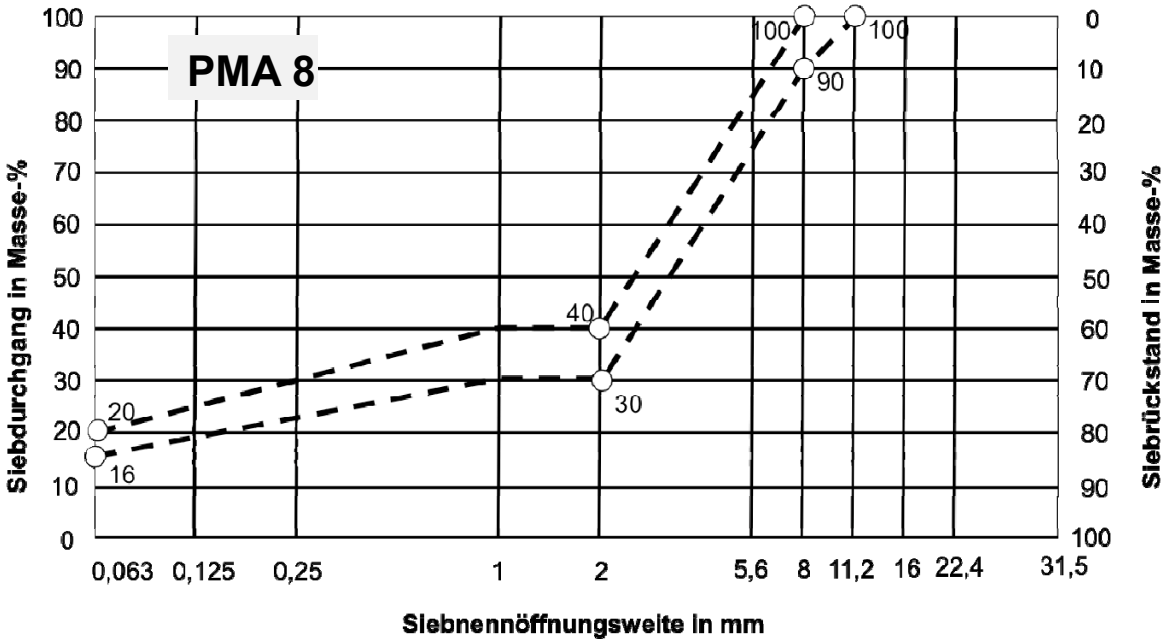
- Akustische Wirkung wird - wie beim AC 5 D LOA - nur über die Oberflächentextur erreicht

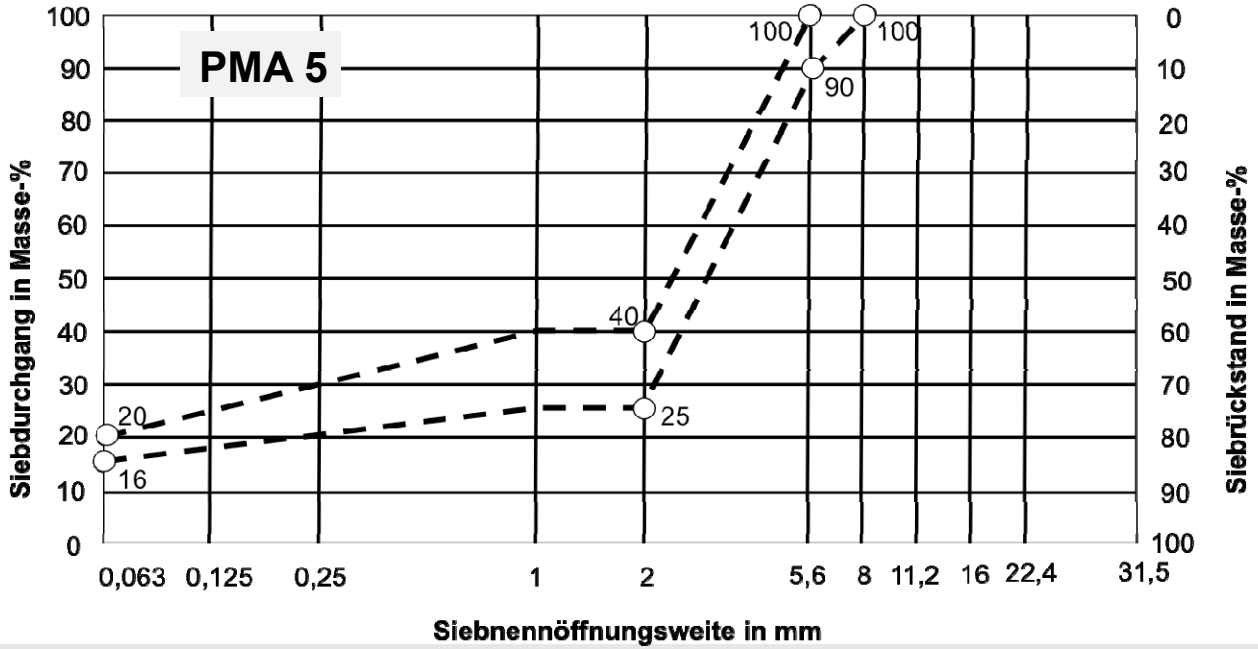
PMA – AP-Entwurf: Empfehlungen zur Zusammensetzung

Bezeichnung	Einheit	PMA 8	PMA 5
Baustoffe			
Gesteinskörnungen (Lieferkörnung)			
Anteil gebrochener Kornoberflächen		$C_{100/0}$; $C_{95/1}$; $C_{90/1}$	$C_{100/0}$; $C_{95/1}$; $C_{90/1}$
Widerstand gegen Zertrümmerung		SZ_{18} / LA_{20}	SZ_{18} / LA_{20}
Widerstand gegen Polieren		$PSV_{angegeben}$ (51)	$PSV_{angegeben}$ (51)
Kornform von groben Gesteinskörnungen		SI_{15} / FI_{15}	FI_{15}
Fließkoeffizient E_{CS}	sec.	≤ 30	≤ 30
Bindemittel, Art und Sorte (Gebrauchsfertige, viskositätsveränderte Bindemittel oder Bindemittel mit viskositätsverändernden Zusätzen)		30/45 25/55-55 A	30/45 25/55-55 A
Zusammensetzung Asphaltmischgut			
Gesteinskörnungsgemisch			
Siebdurchgang bei			
16 mm	M.-%		
11,2 mm	M.-%	100	
8 mm	M.-%	90 bis 100	100
5,6 mm	M.-%		90 bis 100
1 mm	M.-%	30 bis 40	25 bis 40
0,063 mm	M.-%	16 bis 20	16 bis 20
Mindest-Bindemittelgehalt	M.-%	6,7	6,9
Asphaltmischgut			
Hohlraumgehalt am mod. MPK_{20} [1)]	Vol-%	ist anzugeben	ist anzugeben 5,0 bis 6,0
proportionale Spurrinnentiefe [2)]	%	ist anzugeben	ist anzugeben

1) mod. MPK_{20}, modifizierter Marshall-Probekörper, Abschnitt 9.1
2) zur Erfahrungssammlung

PMA – AP-Entwurf: Sieblinienbereiche

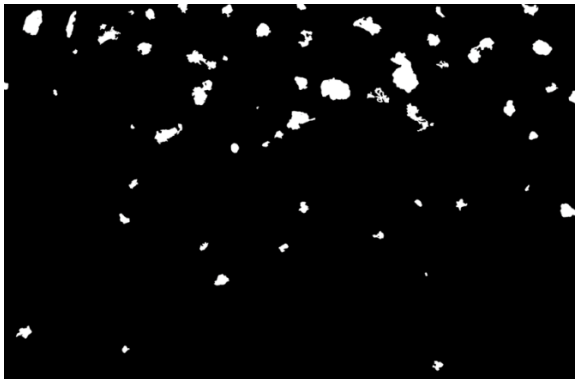


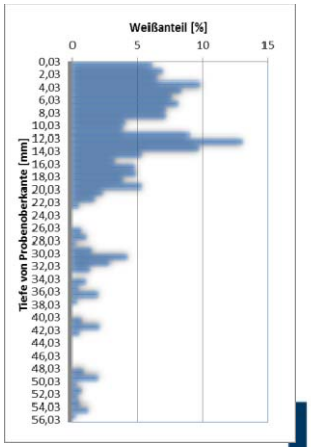


PMA – Erstprüfung/Laborverfahren

Probenherstellung: Modifizierter Marshall-Probekörper (20 Schläge von einer Seite)

- Vorwärmen der Teilprobe auf etwa 180 °C im Wärmeschrank
- Vorwärmen der Formen und des Fallhammers auf etwa 150 °C
- Temperieren der Teilprobe unter ständigem Umrühren auf einer Heizplatte bis zur Verdichtungstemperatur von 180 °C (± 5 °C)
- Herstellung von mod. MPK unter **einseitiger** Verdichtung und mit **20 Schlägen**
- Nach Abschluss der Verdichtung unverzügliches Entfernen der Trenneinlage (Filterpapier)
- Lagerung des mod. MPK auf der **„geschlagenen“** Seite auf dem Abkühlblech bis zur vollständigen Abkühlung

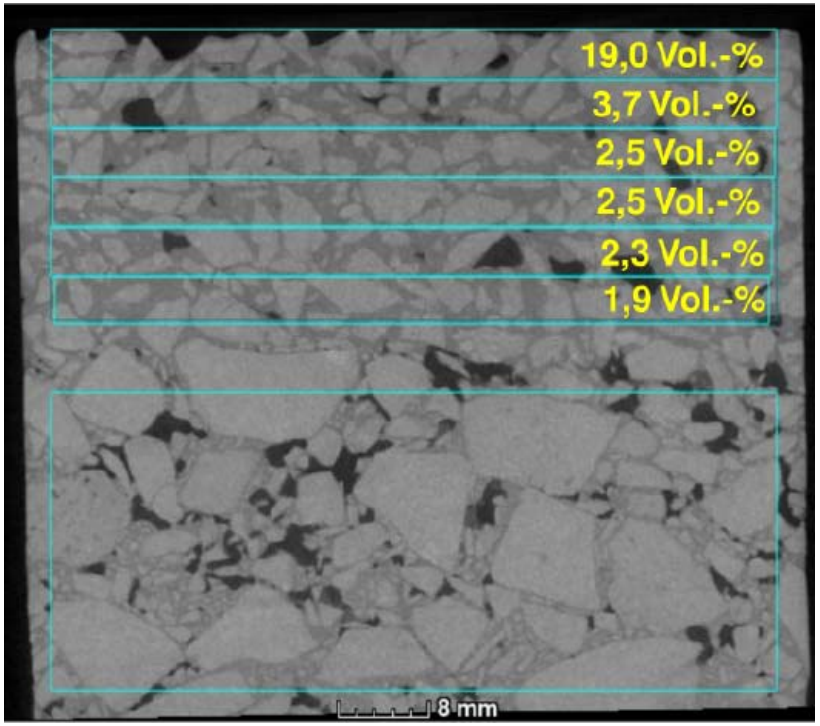


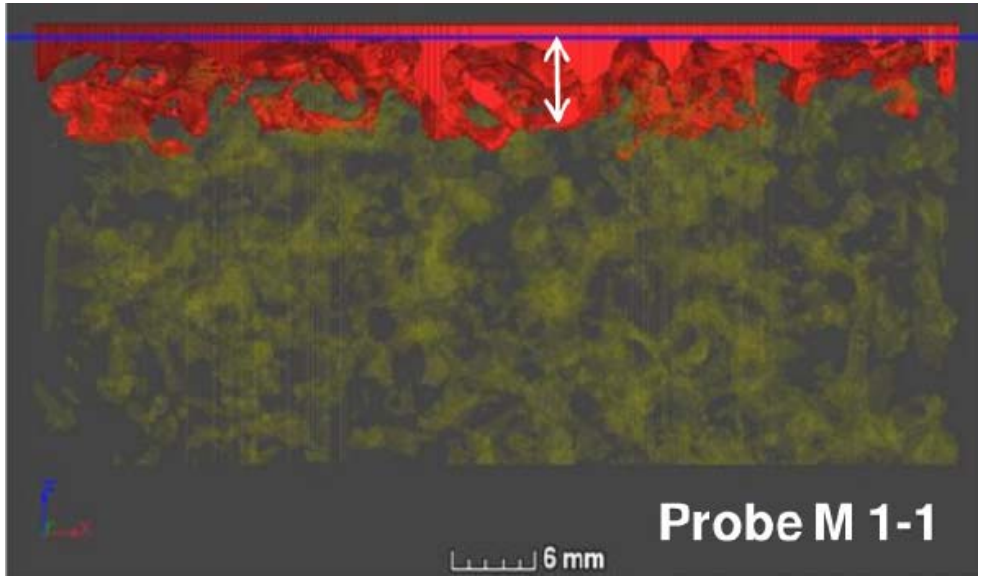


PMA – Quantifizierung und Differenzierung der Hohlräume

CT-Messungen an Bohrkernen

mittlerer Hohlraum DS: 5,3 Vol.-%





mittlerer Hohlraum BS: 4,8 Vol.-%

PMA – Erstprüfung/Laborverfahren

Probenherstellung: Herstellung von Asphaltplatten mittels Walzsegmentverdichter

Phase I: Simulation der Verdichtungsarbeit der Einbaubohle

- Angestrebter Verdichtungsgrad ca. 85 % (Bezugsraumdichte? → aus MPK)
- Mischguttemperatur ca. 190 °C, Walzsegment 70 °C und Schlitten 40 °C
- In ca. 15 Walzübergängen auf angestrebte Höhe verdichten

Phase II: Simulation der Verdichtungsarbeit der Walzen

- Mischguttemperatur ca. 90 °C, Walzsegment 70 °C und Schlitten 40 °C
- 15 Walzübergänge mit 5 KN

PMA – Erprobungsstrecke A553

- Erprobungsstrecke A 553 bei Brühl zwischen AK Bliesheim und AS Brühl-Süd
- Einbaubeginn 2012
- Umsetzung vieler verschiedener Mischgutkonzepte, z.B. Verwendung von Zusatzstoffen wie Faserstoffe und Gummigranulat
- Teilweise Einbau mit Shuttle-Buggy

Bisheriges Fazit:

- Gummimodifizierte PMA-Varianten waren nicht zufriedenstellend
- Die „Referenzvariante“ (Sübit VR 35) zeigte das gleichmäßigste Oberflächenbild
- Laborverhalten (MPK-Bild) ist teilweise abweichend zum Praxisverhalten

PMA – Laufende Forschung am LVW

- Untersuchungen zum Fließverhalten des Mörtels mit dem Straßen-Teer-Viskosimeter
- Randbedingungen:

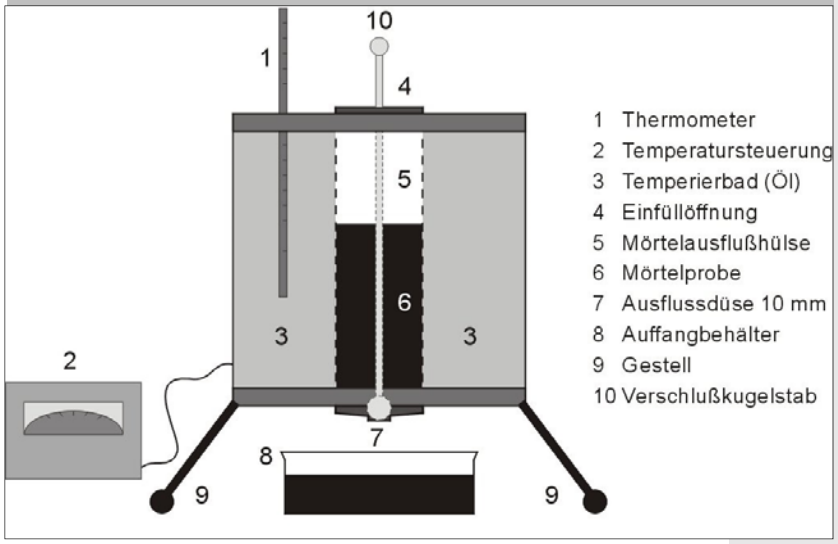
  Öl-Bad: 190 °C
  Bitumen-Füller-Sand-Gemisch: 180 °C

  Gemisch (50 cm³ ca. 125 g)
  10 Minuten in der Hülse gelagert zur Temperierung

  Bitumenanteil konstant 20 M.-%
  Füller-Sand-Anteil variiert: 80/20, 70/30, 60/40

- Variation des Sandes, Füllers und des Bindemittels
- Variation der Temperatur

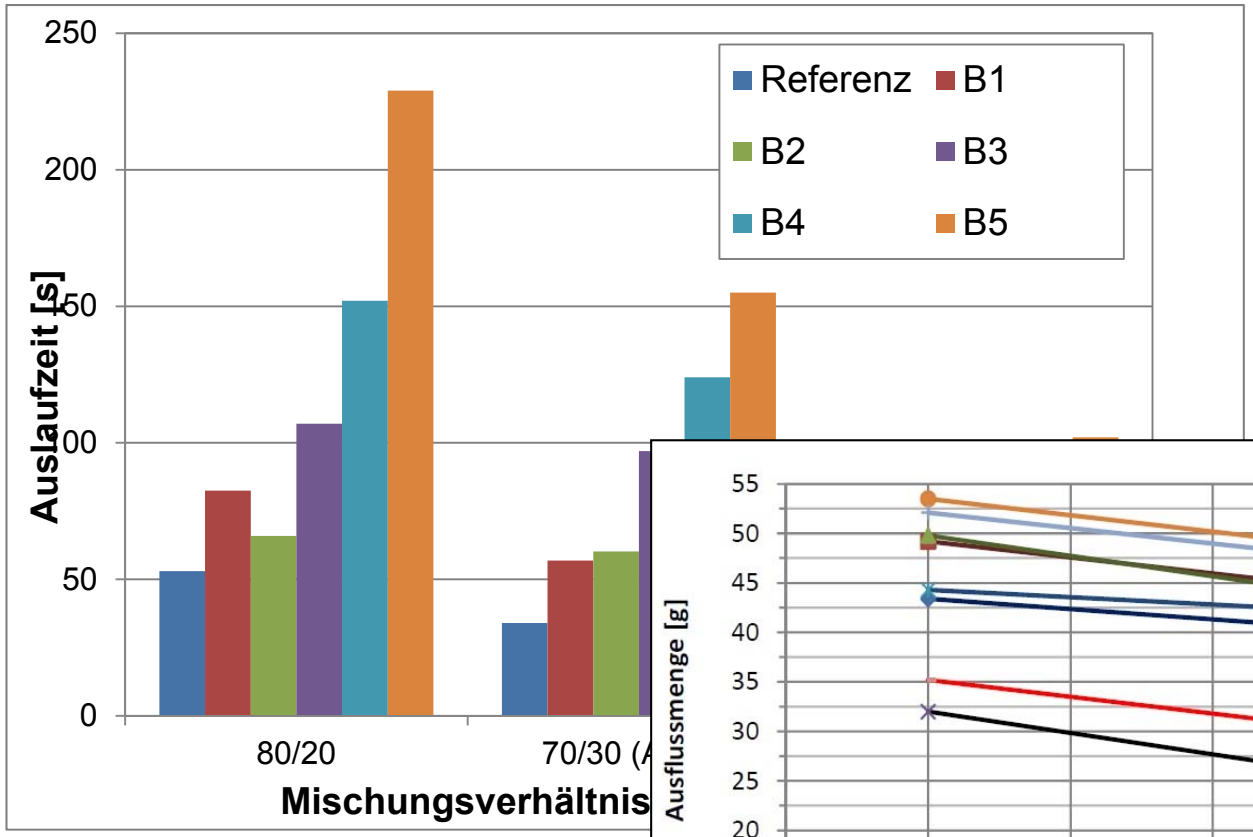
Straßen-Teer-Viskosimeter

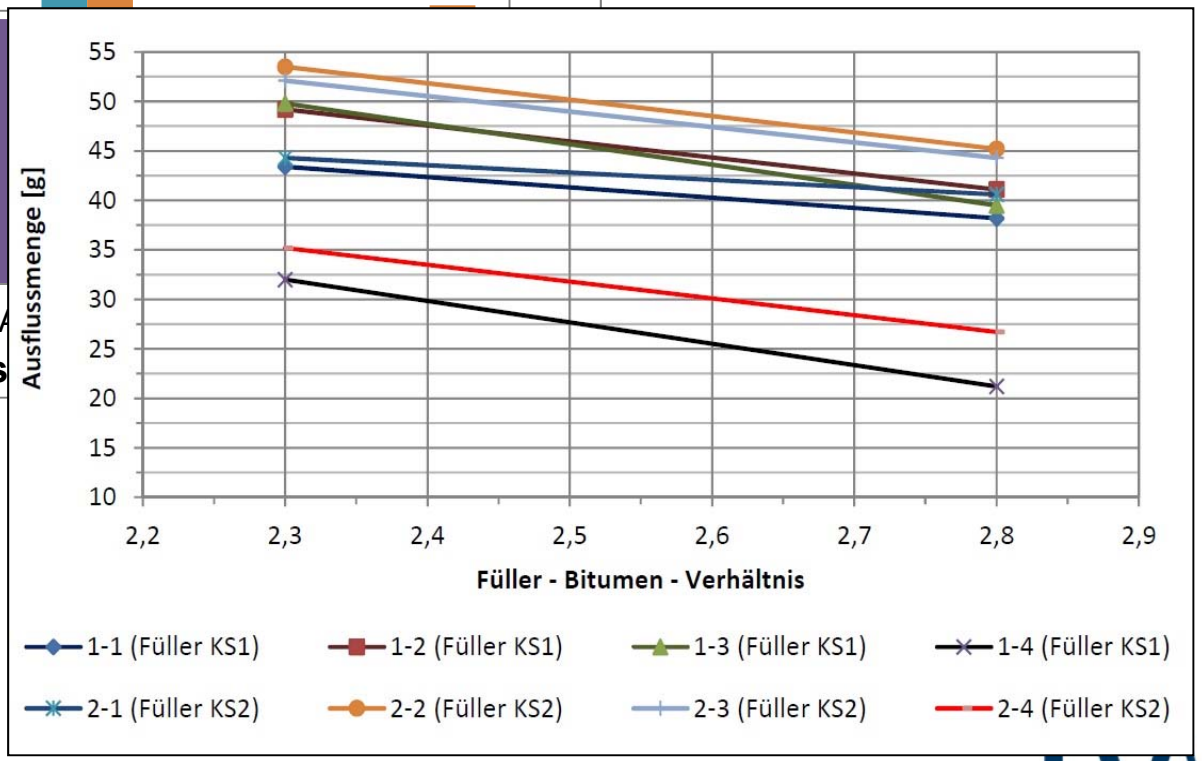


Quelle: infraTest

PMA – Laufende Forschung am LVW

Mörtelviskositäten





PMA – Geplante Forschung der FGSV

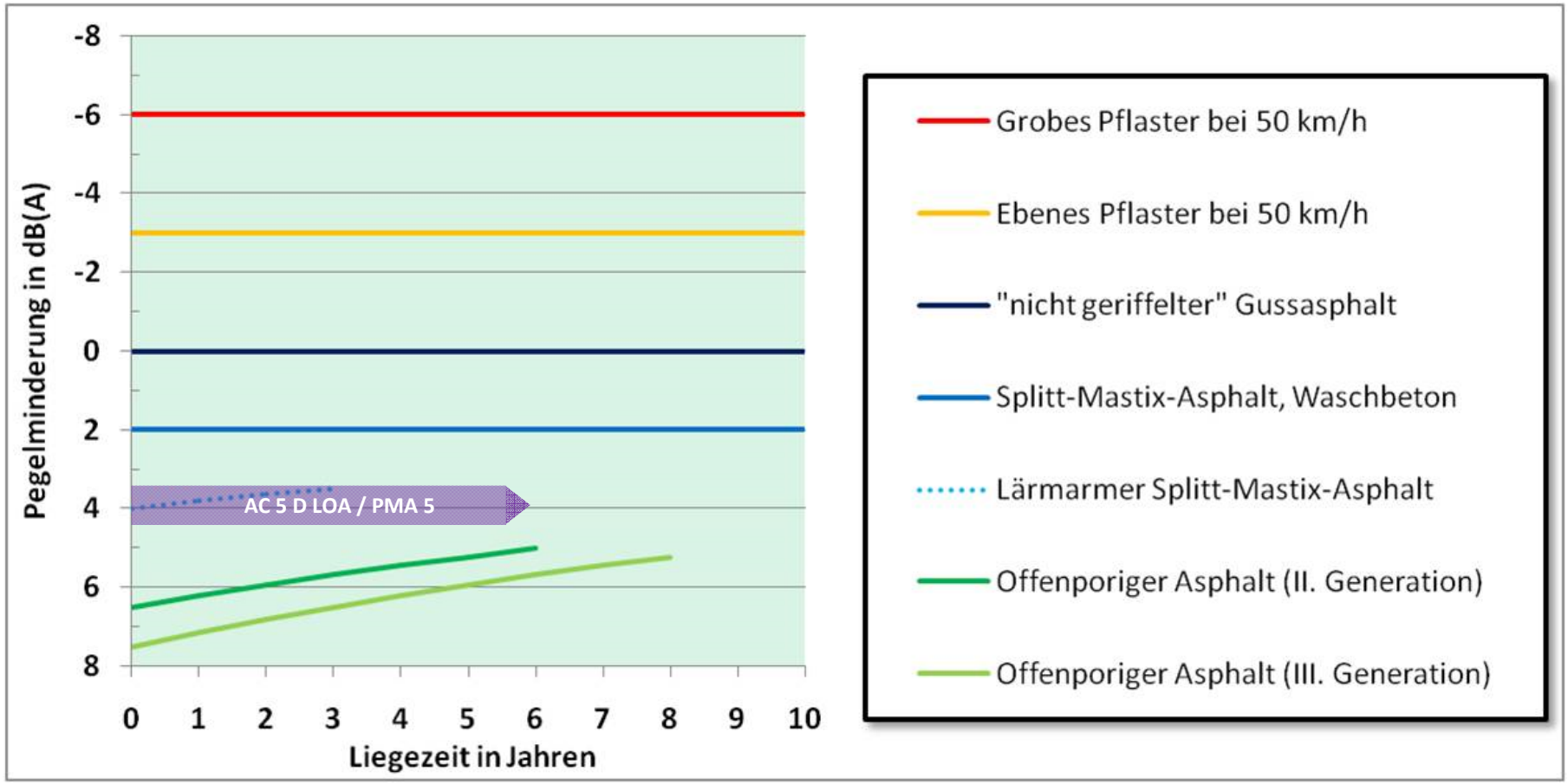
Prozesssicherheit bei den Erstprüfungen

FA-Nr.: 07.0280

Entwicklung einer Prüfsystematik für Porous Mastix Asphalt (PMA)

(wird in Kürze ausgeschrieben)

Lärmtechnischer Vergleich verschiedener Deckenbauweisen



Zusammenfassung und Ausblick

- Für die „neuen“ lärmtechnisch optimierten Bauweisen gibt es nun bzw. wird es in Kürze technische Regelwerke der FGSV geben.
- Der dünnschichtige Einbau verlangt grundsätzlich ein optimales Einbaumanagement (Temperatur/Verdichtung) und eine hohe Genauigkeit bei der Konzeptumsetzung:
  - ✓ Die Temperatur bei Anlieferung auf der Baustelle ist zu erfassen. (mind. 150 °C)
  - ✓ Die Umgebungs-/Oberflächentemperatur (>10°C) ist zu berücksichtigen. (NV-Bitumen nicht immer zielführend)
  - ✓ Der Einbau bei allgemein schlechten Witterungsverhältnissen (Niederschlag, Wind, etc.) ist kritisch zu hinterfragen.
  - ✓ Zu lange Standzeiten beim Einbau sind zu vermeiden.
  - ✓ Optimale Walzenlogistik ist zwingend erforderlich.

Zusammenfassung und Ausblick

- Die „neuen“ Asphalte AC D LOA, SMA LA und PMA bieten ein Potential zur aktiven Reduzierung des PKW-Lärms.
  Ein Korrekturwert D_{StrO} ist mittelfristig anzustreben, möglicherweise gibt die neue RLS hierzu Vorgaben.
- Der dünnschichtige Einbau verlangt noch mehr als üblich eine hohe Genauigkeit bei der Umsetzung des Mischgutkonzeptes.
- Die Entwicklung der Erprobungsstrecken wird weiterhin beobachtet (lärmtechnisch/bautechnisch).
- Es besteht teilweise noch Forschungsbedarf zur Optimierung der Mischgutzusammensetzung und des Einbaus.

Fazit

In Zukunft