

Erprobung eines modifiziert zusammengesetzten Offenporigen Asphalt

FGSV 1/2017

Forschungsstelle: Deutsches Asphaltinstitut, Bonn

Bearbeiter: Ripke, O. / Köse, S. / Münscher, F. / Boztepe, I.

Auftraggeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln

Abschluss: Juli 2018

1 Einleitung

Im Rahmen des Projekts sollte auf dem neuen Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal der BAST (duraBAST) in Zusammenarbeit mit der FGSV und der Bauindustrie ein modifiziert zusammengesetzter Offenporiger Asphalt (OPA) erprobt werden. Im Rahmen einer Laboruntersuchung erarbeitete ein Expertengremium des Deutschen Asphaltverbands Vorschläge für eine modifizierte Zusammensetzung des Asphaltmischguts, das die aus bautechnischer Sicht auftretenden Probleme, wie unzureichende bautechnische Nutzungsdauer und Prozesssicherheit, reduzieren soll. Diese veränderte Asphaltmischgutkonzeption mit einer bewussten Dosierung von 5 % feiner Gesteinskörnung (≤ 2 mm, im Folgenden zur sprachlichen Vereinfachung als "Sand" bezeichnet) sollte auf dem duraBAST einer Praxiserprobung unterzogen werden. Zwei verschiedene Asphaltmischgutzusammensetzungen (Referenz nach Regelwerk und Modifikation) mit einem Größtkorn von 8 mm kommen unter industriellen Bedingungen in jeweils zwei Schichtdicken zur Ausführung.

Ziel des Projekts war es, die zielsichere Herstellung (Sandzugabe) und das Verhalten beim Einbau des optimierten Asphaltmischguts zu prüfen und die sich dabei ergebenden Eigenschaften der eingebauten fertigen Schicht zu erfassen und zu analysieren.

2 Erprobung auf dem duraBAST

Für die Erprobung der zwei Asphaltmischgutkonzepte wurden zwei Einbaubahnen von 100 m Länge und 3,9 m Breite auf dem duraBAST genutzt. Durch Variation der Dicke konnten insgesamt vier Erprobungsabschnitte von je 50 m Länge eingebaut werden.

2.1 Untersuchungsprogramm

Bei der Konzeption des Untersuchungsprogramms wurde versucht, neben Bestimmung der asphalttechnologischen Kennwerte die Leistungsfähigkeit der fertigen Schicht hinsichtlich Dauerhaftigkeit und Lärminderungswirkung einzuschätzen. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Kennwerte Asphaltmischgut (Bindemittelgehalt, EP RuK, Korngrößenverteilung, Hohlraumgehalt),
- Kennwerte fertige Schicht (Hohlraumgehalt, Verdichtungsgrad),
- Oberflächenverschleißprüfung VPM/DSD nach DIN/TS 12697-50,

- Kornverlust nach TP Asphalt-StB, Teil 17 ("Cantabro-Test"),
- 3-D-Textur mit dem Verfahren der Streiflichtprojektion,
- Schallabsorptionsgrad im Labor (Kundt'sches Rohr) nach DIN EN ISO 10534-2, Nahfeldpegel (CPX) nach DIN EN ISO 11819-2.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Asphaltmischgut

Es zeigt sich, dass die Asphaltmischgutrezepturen sehr gut eingehalten wurden. Sowohl das Gesteinskörnungsgemisch als auch der Bindemittelgehalt weichen nur geringfügig von den Vorgaben der Erstprüfungen ab und liegen deutlich innerhalb der Toleranzen der ZTV Asphalt-StB 07/13.

Abweichungen von den Werten der jeweiligen EP zeigen sich beim Hohlraumgehalt. Hier sind Unterschiede zwischen den Labormischungen und den Asphaltmischgutproben ersichtlich. Bei letzterem wurden deutlich höhere Raumdichten der Marshall-Probekörper (MPK) festgestellt, was sich direkt auf den Hohlraumgehalt in Form von niedrigeren Werten auswirkt. Unter Berücksichtigung der Toleranzen nach ZTV Asphalt-StB 07/13, Abschnitt 4.1, wären hier Werte von mindestens 21,0 Vol.-% tolerierbar, was die Variante ohne Sandzugabe erfüllt. Die Variante mit Sandzugabe ist erwartungsgemäß mit ca. 20 Vol.-% deutlich dichter.

3.2 Fertige Schicht

Aus der fertiggestellten Schicht wurden je Erprobungsabschnitt zwei Ausbaustücke in Form von Bohrkernen entnommen. Zur Bestimmung der volumetrischen Kennwerte wurden die offenporige Asphaltdeckschicht abgetrennt und die Raumdichten der Bohrkernscheiben gemäß TP Asphalt-StB, Teil 6, Verfahren D (Raumdichte durch Ausmessen) bestimmt.

Die Variante stellt sich mit Sandzugabe auch in der fertigen Schicht als dichter dar und erreicht etwa 2 Vol.-% niedrigere Hohlraumgehalte. Beim Verdichtungsgrad stellte sich, möglicherweise dem einsetzenden Regen geschuldet, in der Variante mit Sandzugabe ein geringeres Niveau ein. Hier unterschritt der dickere Abschnitt mit 5,5 cm den Mindest-Verdichtungsgrad von 97,0 %. Es deutet sich an, dass in den Abschnitten mit der größeren Schichtdicke etwas mehr Verdichtung notwendig gewesen wäre, um die Umlagerung der Gesteinskörnungen abzuschließen.

3.3 Oberflächenverschleißprüfung OVPM/DSD

Die Oberflächenverschleißprüfung (OVPM) mit dem Darmstahl Scuffing Device (DSD) nach DIN/TS 12697-50 simuliert den Lenkvorgang eines langsam rollenden Personenkraftwagens an einem warmen Tag, vergleichbar mit dem Ausparken bei langsamem Rangieren. Das Verfahren wurde in dieser Untersuchung gewählt, um ein mögliches besseres Kornhaltevermögen der Variante mit Sandzugabe zu identifizieren.

Während der Prüfung wird ein Prüfreifen (Go-Kart-Reifen) mit einer Kraft von 1 000 N auf die zu prüfende Oberfläche (26 cm x 26 cm) gedrückt. Diese wird mit einem Tisch vor und zurück bewegt und dabei um 180° oszilliert. Nach jeweils zwei dieser Doppelschubzyklen genannten Bewegung wird der Kornverlust ermittelt. Der Versuch wird üblicherweise nach zehn Zyklen beendet.

Geprüft wurden zum einen aus Walzsektorplatten gewonnene Laborprobekörper, zum anderen Ausbaustücke (Bohrkerne Ø 225 mm), die in eine Grundform mit den notwendigen Maßen 26 cm x 26 cm eingegipst waren. Die beiden Asphaltmischgutvarianten wurden nur in der Dicke 5,5 cm geprüft. Mit der Durchführung der Versuche war die Technische Universität Darmstadt beauftragt.

Beim Vergleich der Ergebnisse (Tabellen 1 und 2) fällt das unterschiedliche Messniveau zwischen den Laborprobekörpern und den Ausbaustücken auf. Generell zeigt das Prüfverfahren eine relativ große Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad der Proben¹. Dies scheint sich in den Ergebnissen der verfahrensbedingt höher verdichteten Laborplatten abzubilden. Hier wird jeweils ein Verdichtungsgrad von 100 % angestrebt, während in der fertigen Schicht nur Verdichtungsgrade von 97,9 % (ohne Sandzugabe) und 96,1 % (mit Sandzugabe) erreicht wurden.

Die Beantwortung der Frage nach dem Kornhaltevermögen, beziehungsweise der Prognose des Kornausbruchs der beiden Asphaltmischgutvarianten kann nicht abschließend beantwortet werden. Hierzu ist das Niveau zu ähnlich und die Probenzahl zu gering. Tendenziell zeigt die Variante mit Sandzugabe, zumindest bei den Laborproben, ein etwas günstigeres Verhalten mit weniger Kornverlust.

Tabelle 1: Kornverlust OVPM/DSD; Laborproben

Variante	ohne Sandzugabe		mit Sandzugabe	
Abschnitt	OZ 5,5 cm	04	OZ 5,5 cm	06
Proben-Nr. (WSV-Platte)	4206	4217	4209	4214
Gesamtkornverlust nach 10 Doppelschubzyklen [g]	97	94	74	93
Gesamtkornverlust im Mittel [g]	96		84	

3.4 Kornverlust nach TP Asphalt-StB, Teil 17 ("Cantabro-Test")

Bei diesem Prüfverfahren werden Marshall-Probekörper in der Trommel des Los-Angeles-Prüfgeräts mechanisch beansprucht und der Kornverlust PL ermittelt. Die Werte sind in Tabelle 3 und 4 dargestellt. Die Variante mit Sandzugabe zeigt ein gutes Verhalten mit einem Kornverlust von im Mittel 10 %. Doppelt so hoch ist der Wert für die Variante ohne Sand mit im Mittel 21 % Kornverlust. Die Sandzugabe scheint zu einer Erhöhung der Festigkeit des Gefüges zu führen.

Tabelle 2: Kornverlust OVPM/DSD; Ausbaustücke

Variante	ohne Sandzugabe		mit Sandzugabe	
Abschnitt	OZ 5,5 cm	04	OZ 5,5 cm	06
Proben-Nr. (Bohrkern Ø 225 mm eingegipst)	1	2	1	2
Gesamtkornverlust nach 10 Doppelschubzyklen [g]	160	143	185	154
Gesamtkornverlust im Mittel [g]	152		170	

Tabelle 3: Kornverlust nach TP Asphalt-StB, Teil 17, Variante mit Sandzugabe

	Ausgangsmasse des MPK [g]	Masse nach Beanspruchung	Kornverlust PL [%]	PL Mittel [%]
mit Sandzugabe	1001,4	897,8	10	10
	1000,7	914,0	9	
	1000,1	914,3	9	
	1001,2	902,8	10	
	1003,6	911,8	9	
	1002,0	885,2	12	

¹ Blumenfeld, T. et al.: Die Entwicklung eines Prüfverfahren zur Beurteilung des Widerstandes von Asphaltdeckschichten gegen

Schubbeanspruchungen an der Oberfläche mit der Oberflächen-Verschleiß-Prüfmaschine (OVPM). in: Straße und Autobahn, Heft 1, 2017.

Tabelle 4: Kornverlust nach TP Asphalt-StB, Teil 17, Variante ohne Sandzugabe

	Ausgangsmasse des MPK [g]	Masse nach Beanspruchung [g]	Kornverlust PL [%]	PL Mittel [%]
ohne Sandzugabe	1012,6	788,0	22	21
	1006,4	676,5	31	
	999,7	772,2	23	
	958,7	838,3	13	
	1024,9	875,9	15	

3.5 Oberflächentextur

Die Messung der Oberflächentextur stellt bei lärmindernden Asphaltdeckschichten eine wichtige Kenngröße zur Einschätzung der Wirksamkeit vor allem dichter oder semi-dichter Oberflächen dar. Bei OPA wird der Textureinfluss von der Schallabsorption überlagert, das heißt, sie ist die dominierende Kenngröße zur Reduzierung der Reifen/Fahrbahn-Geräusche.

Zum Vergleich der hier in diesem Projekt verwendeten Varianten wurde die Oberflächentextur dennoch in das Untersuchungsprogramm aufgenommen, um mögliche Veränderungen in der Struktur der Oberfläche durch die Sandzugabe erkennen zu können.

Zur Messung der Oberflächentextur wird üblicherweise ein linienhaft arbeitendes Messsystem verwendet, das mittels Triangulationslasertechnik die Oberfläche abtastet und die Rauigkeitswellenlängen und -Tiefen bestimmt. Bei dieser hier vorliegenden Untersuchung wurde ein Messsystem gewählt, das die Oberfläche dreidimensional abtastet und somit Veränderungen in der Struktur, neben den Texturkenngrößen, auch bildlich darstellt.

Die grundlegende Funktionsweise der Streifenprojektion besteht darin, dass geometrische Lichtstreifenmuster auf die untersuchende Oberfläche projiziert werden und die dabei entstehende optische Verzerrung der Lichtstreifen exakt bestimmt wird. Aus dieser Verzerrung wird als Ergebnis das Höhenbild des Messobjekts errechnet².

Für die Messung wurde das System T3DM-k der BAST eingesetzt, das ein Messfeld von 40 x 50 mm² aufweist. In jedem Erprobungsabschnitt wurden drei Messungen in der Radspur durchgeführt, insgesamt also 12 Messungen.

In Tabelle 5 sind ausgewählte Kenngrößen der Oberflächentextur dargestellt:

- MPD: Mittlere Profiltiefe (Mean Profile Depth)
- ETD: Geschätzte Texturtiefe (Estimated Texture Depth): Kann mit einer mit dem Sandfleckverfahren volumetrisch bestimmten Texturtiefe verglichen werden.

² Müller, I.: Untersuchung der Messunsicherheit und der Klassifizierungsfähigkeit von Straßenbelägen. Berichte der

OPA zeigt hier hohe Werte außerhalb des akustisch günstigen Wertebereichs von 0,4 bis 0,8 mm.

- A_{max} : Maximale Amplitude des Wellenlängenspektrums: Sie tritt bei den hier aufgeführten Messstellen überwiegend bei einer Wellenlänge von 16 und 25 mm auf.
- g Gestaltfaktor: Tragflächenanteil der Tragflächenkurve nach Abbot bei halber Profiltiefe. Walzasphalte, und somit auch OPA, haben konkave Texturen mit mehreren nebeneinander angeordneten Plateaus aus groben Gesteinskörnungen, die von Vertiefungen unterbrochen werden. Die Werte liegen meist um 80 %.

Tabelle 5: Ausgewählte Kenngrößen der Oberflächentextur (Mittelwert aus drei Messungen je Abschnitt)

	Abschnitt	MPD	ETD	A_{max}	g
ohne Sandzugabe	OZ 03	1,350	1,280	0,302	81,4
	OZ 04	1,176	1,141	0,290	82,9
mit Sandzugabe	OZ 05	1,506	1,405	0,394	83,2
	OZ 06	1,322	1,257	0,331	82,9

Alle Werte liegen auf einem Niveau, das für ein Asphaltmischgut PA 8 erwartet werden kann. Es zeigen sich kleinere Unterschiede zwischen den Varianten in den Texturtiefen MPD und ETD, aber auch der maximalen Amplitude A_{max} . Die Varianten mit Sandzugabe zeigen etwas größere Werte, was Unterschiede in der Kornumlagerung andeutet und in der etwas schlechteren Verdichtung der beiden Abschnitte begründet sein kann. Leichte Unterschiede liegen auch bei den Schichtdicken vor. Die dickeren Varianten mit 5,5 cm (OZ 04 und OZ 06) weisen etwas geringere Texturtiefen auf. Möglicherweise führt die größere Schichtdicke zu leichten Unterschieden in der Kornumlagerung. In Bild 1 wurde beispielhaft das Oberflächenbild von zwei Messstellen mit und ohne Sandzugabe dargestellt. Sie weisen ähnliche Texturkenngrößen auf. Die Sandzugabe ist visuell nicht zu erkennen.

ohne Sandzugabe (OZ 04, Messstelle N2)	mit Sandzugabe (OZ 06, Messstelle M6)
	
Texturkenngrößen	
MPD: 1,277 mm	MPD: 1,344 mm
ETD: 1,221 mm	ETD: 1,275 mm
A _{max} : 0,309 mm	A _{max} : 0,302 mm
g: 82,2 %	g: 82,6 %

von der akustisch-wirksamen Dicke der Schicht bestimmt³. Übliche Schichtdicken von 4,5 cm führen zu einer Lage des Maximums bei etwa 1 000 Hz. Dadurch können die höherfrequenten Geräusche von Pkw gut absorbiert werden. Größere Schichtdicken führen zur Verschiebung der Lage des Maximums zu tieferen Frequenzen, was für die Absorption von Lkw-Geräuschen von Vorteil ist.

Das in dieser Untersuchung durchgeführte Messprogramm unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Proben. Zum einen wurden sie aus im Labor hergestellten Walzsektorplatten, zum anderen aus Ausbaustücken gewonnen. Letztere wurden mit einer Bohrkronen Ø 100 mm aus Bohrkernen Ø 150 mm ausgebohrt.

Beim Vergleich der Kennwerte der Laborproben (Tabelle 6) bestätigt sich der Zusammenhang von Frequenzlage des Maximums und der Schichtdicke, beziehungsweise in diesem Falle der Probenhöhe. Die Mittelwerte des Absorptionsgrads selbst zeigen eine Reihung in Abhängigkeit von der Probenhöhe und dem Sandanteil. Die Vergrößerung der Probenhöhe um 1 cm bewirkt eine Abnahme des Absorptionsgrades um etwa 15 %. In ähnlicher Größenordnung liegt die Abnahme bei der Zugabe von Sand. Beginnend bei einem sehr guten Wert von 93 % (ohne Sand; 4,5 cm), geht der Absorptionsgrad auf bis zu 63 % zurück (mit Sand; 5,5 cm). Der Unterschied bei den Asphaltmischgutvarianten kann durch das niedrigere Niveau im Hohlraumgehalt von etwa 2 Vol.-% erklärt werden. Schwieriger zu analysieren ist der Unterschied in den zwei Schichtdicken. Möglicherweise bewirkt die größere Dicke bei der Herstellung der Walzsektorplatten eine veränderte Umlagerung der groben Gesteinskörnungen, die zu einer, zumindest teilweise, nicht zugänglichen Hohlraumstruktur führt. Sie ist aber für die Wirksamkeit entscheidend. Bei abschließlicher Betrachtung des Absorptionsgrades der beiden Asphaltmischgutvarianten, unter Vernachlässigung der Probenhöhe, ergibt sich ein Unterschied in den Mittelwerten von 16 % (Bild 2).

3.6 Schallabsorptionsgrad im Labor

Die Messung des Schallabsorptionsgrads im Labor stellt eine Möglichkeit dar, die lärmindernde Wirkung der fertigen offenporigen Asphaltdeckschicht einzuschätzen. Hierzu wird eine Probe Ø 100 mm im Kundt'schem Rohr nach DIN EN ISO 10534-2 vermessen. Die Höhe des ermittelten Schallabsorptionsgrads ist abhängig vom Maß der von außen zugänglichen Hohlräume. Die Lage des Maximums im Frequenzspektrum hingegen wird

Tabelle 6: Schallabsorptionsgrad Laborproben

Mittelwert [%]	Absorptionsgrad [%]	Raumdicke [g/cm ³]	Hohlraumgehalt [Vol.-%]	Frequenz [Hz]	Probenhöhe [cm]	Proben-Nr. BKØ 100 mm	Abschnitt	
93	97	1,970	22,4	1010	4,5	4208-2	OZ 03 4,5 cm	ohne Sandzugabe
	88	1,960	22,8	1010	4,5	4208-4		
77	72	1,976	23,3	630	5,5	4207-2	OZ 04 5,5 cm	
	81	1,977	23,3	620	5,5	4207-3		
77	86	2,044	20,0	900	4,5	4211-4	OZ 02 4,5 cm	mit Sandzugabe
	67	2,042	20,0	890	4,6	4211-5		
63 (71)*	74	1,994	22,3	750	5,6	4210-1	OZ 05 5,5 cm	
	(48)	2,023	21,2	570	5,6	4210-3		
	67	2,024	21,2	640	5,7	4210-4		

³ Merkblatt für Asphaltdeckschichten aus Offenporigem Asphalt, Ausgabe 2013 (M OPA). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 2013.

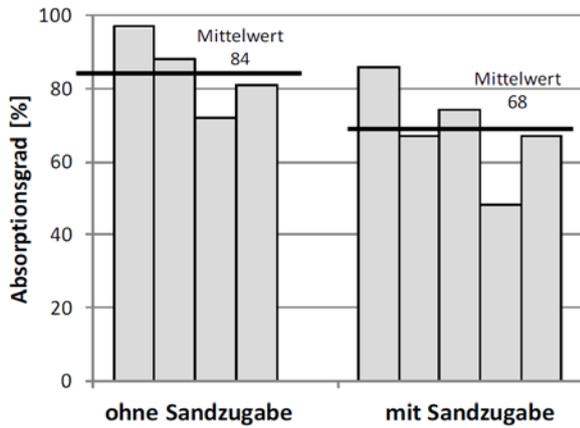


Bild 2: Schallabsorptionsgrad Laborproben der Asphaltmischgutvarianten

Weniger ausgeprägt sind die Zusammenhänge beim Vergleich der Kennwerte der Ausbaustücke (Tabelle 7). Durch das Abtrennen der offenporigen Deckschicht (Bohrkernscheibe) mindern sich die Dickenunterschiede zum Teil ab und die Frequenzlage des Maximums ist weniger deutlich. Für beide Asphaltmischgutvarianten sind die Absorptionsgrade auf hohem Niveau. Die Mittelwerte unterscheiden sich um lediglich 4 % (Bild 3).

3.7 Nahfeldpegel (CPX)

Das Nahfeldmessverfahren (Close Proximity Method) nach DIN EN ISO 11819-2 ist besonders geeignet, um die Homogenität einer Strecke hinsichtlich der akustischen Eigenschaften zu erfassen oder Relativbetrachtungen unterschiedlicher Abschnitte oder Fahrstreifen durchzuführen.

Die Messung erfolgt mit zwei unterschiedlichen Reifen, einem Pkw-ähnlichen Reifen P1 und einem hinsichtlich des Profils, nicht von den Abmessungen, Lkw-ähnlichen Reifen H1. Die Ergebnisse werden auf den betrachteten Streckenabschnitt gemittelt und mit Standardabweichung dargestellt. Die Standardabweichung ist ein Maß für die akustische und damit auch bautechnische Homogenität einer Oberfläche.

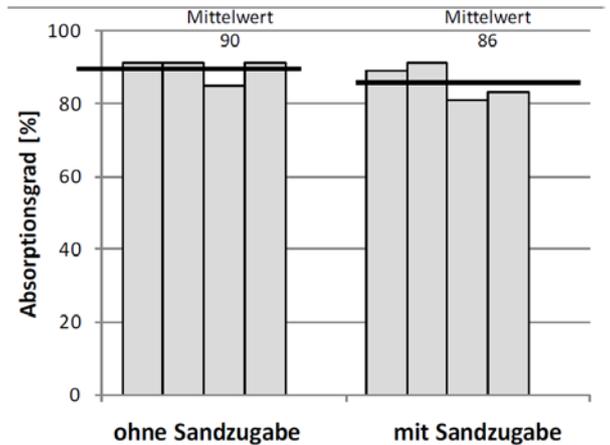


Bild 3: Schallabsorptionsgrad Ausbaustücke der Asphaltmischgutvarianten

Für die Messung auf dem duraBAST wurde nur der Reifen P1 verwendet. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Abschnittslängen der OPA-Varianten von 50 m die untere Grenze für eine sinnvolle Auswertung der Messwerte darstellen, da je 20-m-Intervall nur ein Messwert ausgegeben wird. Die Randbedingungen des duraBAST ließen zudem nur eine Messgeschwindigkeit von 50 km/h zu. Durch notwendige Bremsvorgänge war die Variante OZ 03 (ohne Sandzugabe; 4,5 cm Dicke) nicht messbar und wurde durch eine Messung des Felds 39 ersetzt.

Tabelle 7: Schallabsorptionsgrad Ausbaustücke

Mittelwert [%]	Absorptionsgrad [%]	Hohlraumgehalt* [Vol.-%]	Frequenz [Hz]	Probenhöhe [cm]	Proben-Nr. (BKØ 100 mm aus BK 150 mm fertige Schicht)	Abschnitt	
91	91	24,6	885	4,2	1	4,5 cm OZ 03	ohne Sandzugabe
	91	23,5	1040	4,1	2		
88	85	25,4	890	4,9	1	5,5 cm OZ 04	ohne Sandzugabe
	91	25,3	850	5,0	2		
90	89	22,0	870	4,5	1	4,5 cm OZ 5	mit Sandzugabe
	91	22,8	870	4,5	2		
82	81	23,5	810	5,0	1	5,5 cm OZ 06	mit Sandzugabe
	83	23,4	790	5,1	2		

Tabelle 5: Nahfeldmessung (CPX), Mittelwert CPXP linker und rechter Reifen, Standardabweichung S_{CPX}

Variante	ohne Sandzugabe		mit Sandzugabe	
	Feld 39 4,5 cm	OZ 04 5,5 cm	OZ 05 4,5 cm	OZ 06 5,5 cm
CPXP [dB(A)]	89,3	87,9	89,2	87,7
S_{CPXP} [dB(A)]	0,3	0,4	0,0	0,3

Die in Tabelle 8 dargestellten Messwerte zeigen keine Unterschiede in den Pegeln der beiden Asphaltmischgut-Varianten. Die jeweiligen sehr kleinen Differenzen sind zu vernachlässigen. Die Standardabweichungen kleiner 0,5 dB(A) deuten auf homogene Abschnitte hin. Unterschiede zeigen sich jedoch bei den Schichtdicken. Die dickeren Abschnitte beider Varianten mit 5,5 cm Schichtdicke sind etwa 1,5 dB(A) leiser. Beim Vergleich der Terz-Spektren fällt auf, dass hier die Einzelpegel im für Reifen/Fahrbahn-Geräusche wichtigen Frequenzbereich von 630 bis 1250 Hz bis zu 5 dB(A) niedriger sind. Dies deutet auf eine breitbandigere Absorption hin.

4 Ausblick

Insgesamt lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass bei einem präzisen Einhalten der Sandzugabe offenporige Asphaltdeckschichten mit einem im Neuzustand guten akustischen Verhalten gebaut werden können. Die durch Laboruntersuchungen prognostizierte bautechnische Nutzungsdauer dürfte bei dieser Asphaltmischgutvariante höher liegen als bei der Variante ohne Sandzugabe. Die akustische Nutzungsdauer konnte im Rahmen des Projekts nicht prognostiziert werden.