

## Entwicklung einer Prüfsystematik für Porous Mastic Asphalt (PMA)

FA 7.280

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg)

Bearbeiter: Radenberg, M. / Holzwarth, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: November 2017

### 1 Einleitung und Problemstellung

Durch die 2005 im deutschen Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) verpflichtend umgesetzte EU-Umgebungslärmrichtlinie kommt lärmindernden Bauweisen eine zunehmende Bedeutung zu. Neben dem offenporigen Asphalt (Porous Asphalt, PA), welcher seine Lärmreduzierung durch eine Adsorption von Schall infolge der Verringerung aerodynamischer Vorgänge erzielt, wurden erstmals im Jahr 2008 Asphaltstraßen mit einer Asphaltdeckschicht aus Porous Mastic Asphalt (PMA) gebaut. Solche Asphaltkonzepte mit dichter Zusammensetzung erzielen ihre lärmindernde Eigenschaft über die Beschaffenheit der Oberflächentextur (Beckenbauer, 2008).

Während offenporige lärmindernde Bauweisen wie PA nur mit mittleren Nutzungsdauern von acht bis zehn Jahren angegeben werden, lässt der Porous Mastic Asphalt durch seine überwiegend dichte Struktur neben seinen lärmtechnischen Vorzügen auch eine längere Nutzungsdauer erwarten.

Für PMA liegt zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung keine Pflicht zur CE-Kennzeichnung vor, da dieser sich nicht mit der ("DIN EN 13108, Teil 6") beschreiben lässt. Empfehlungen zum Einsatz und zur Konzeption von PMA-Mischgut werden im Arbeitspapier für die Ausführung von Asphaltdeckschichten aus PMA (AP PMA 2015) gegeben.

Neben den im AP PMA (2015) festgelegten Richtwerten für Asphaltmischgut PMA 8 und PMA 5 existieren gesonderte Anforderungen und Empfehlungen an die einzusetzenden Baustoffe, mit denen die Prozesssicherheit der baupraktischen Umsetzung verbessert werden soll.

Der PMA erhält seine typische Schichtstruktur (Bild 1) durch das Absinkverhalten des Asphaltmörtels innerhalb des groben Korngerüsts. Die untere Zone der fertigen Schicht entspricht einem klassischen hohlraumarmen Gussasphalt. Der obere Bereich (ca. ein Drittel der Einbaudicke) weist einen großen Anteil an Hohlräumen auf.

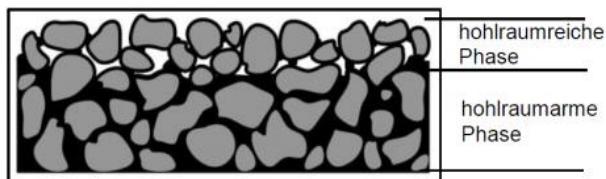


Bild 1: Prinzipskizze PMA in Anlehnung an (Ehlert, 2013)

Der PMA gilt durch seinen bindemittelreichen Mörtel, in Kombination mit dem Einsatz viskositätsverändernder Bindemittel,

gemäß dem "Merkblatt für die Temperaturabsenkung von Asphalt" (M TA, 2011) als weitgehend selbstverdichtend.

Hinsichtlich des theoretischen Grundgedankens des selbstverdichtenden Asphaltkonzepts PMA existieren jedoch unterschiedliche Erfahrungen, diese Wirkungsweise im labortechnischen Maßstab wie auch beim Einbau auf der Baustelle prozesssicher abzubilden.

Dies zeigt sich primär durch den schlecht steuerbaren Vorgang des Absinkens der Mörtelphase. Es kommt im Labor wie auch in der Praxis zu vereinzelt Fehlstellen durch Mörtelanreicherungen an der Oberfläche. Beim Einbau konnte zudem festgestellt werden, dass das PMA-Mischgut besonders sensibel gegenüber einbauspezifischen Parametern, wie Einbautemperatur, Einbaugeschwindigkeit, Stillstand des Fertigers und Einbautechnik, ist.

Diese Erkenntnisse führen zu der Notwendigkeit, den PMA hinsichtlich der Prozesssicherheit bestmöglich zu optimieren.

### 2 Zielsetzung

Ziel des Vorhabens war die nachhaltige und wirtschaftliche Optimierung der Bauweise PMA anhand der prozesssicheren Ansprache der besonderen Materialeigenschaften.

Dieses Gesamtziel sollte durch die Entwicklung und/oder Anpassung einer Prüfsystematik erreicht werden, mit der eine zielsichere Mischgutoptimierung erreicht wird. Die temperaturabhängige Mörtelsteifigkeit wurde hierbei besonders betrachtet, um den Effekt der Mörtelsedimentation beim Einbau hinreichend prozesssicher zu erreichen.

Dazu wurden die Komponenten Bindemittel, Füller und feine Gesteinskörnung vorrangig auf die selbstverdichtenden Eigenschaften von PMA untersucht. Die so entwickelte Prüfsystematik sollte anschließend anhand von Rückstellproben und einer projektbegleitenden Baumaßnahme validiert werden.

### 3 Untersuchungsmethodik

Das Forschungsprojekt wurde in die in Bild 2 dargestellten zwei Projektphasen unterteilt.

Die labortechnische Optimierung der Mischgutzusammensetzung wurde im ersten Teil des Projekts durchgeführt.

Mit einer Recherche wurden für die Untersuchungen geeignete Materialien aus vorhergegangenen Forschungsarbeiten und Baumaßnahmen ermittelt und beschafft. Die Bindemittel wurden hinsichtlich ihrer physikalisch-rheologischen Kennwerte charakterisiert. Zur Charakterisierung der Gesteinskörnung sowie des Füllers wurden die Korngrößenverteilungen und die Rohdichten ermittelt. Für die Gesteinskörnungen 0,063 bis 2 mm wurden darüber hinaus der Fließkoeffizient ECS bestimmt. Ferner wurden die versteifenden Eigenschaften des Füllers und der Hohlraumgehalt nach Rigden überprüft. Durch umfangreiche Untersuchungen der Einflussparameter auf die Mörtelsteifigkeit sollte eine potenzielle neue Kenngröße für die Beurteilung der Mörtelsedimentation formuliert werden. Ein bewertungsrelevanter Probekörper wurde darüber hinaus durch Prüfung und Anpassung des Herstellungsablaufs von modifizierten MPK20 und Asphaltprobepplatten im Walzsektor- Verdichtungsgerät ermittelt.

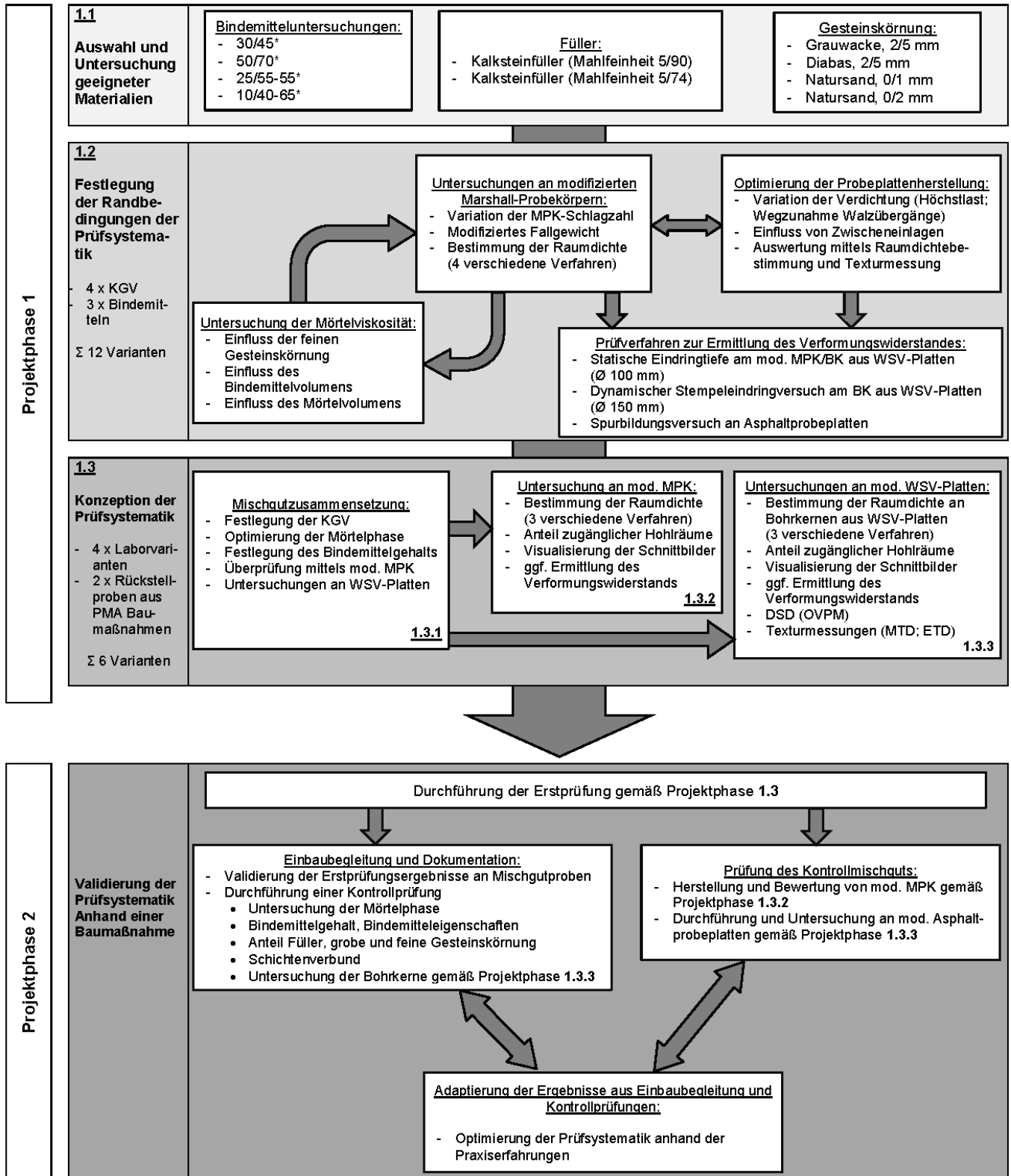


Bild 2: Flussdiagramm des Untersuchungsprogramms

Die labortechnischen Untersuchungen wurden in der zweiten Projektphase durch eine baubegleitende Maßnahme validiert. Dafür wurden beim Einbau einer Praxisstrecke Mischgut entnommen und eine Dokumentation der Einbaubedingungen angefertigt. Das eingebaute Asphaltmischgut wurde anschließend mit den Ergebnissen der Erstprüfung vergleichend betrachtet.

In einem letzten Schritt der zweiten Projektphase erfolgte eine Adaptierung der Ergebnisse aus der Einbaubegleitung und der Kontrollprüfung zur Optimierung der Prüfsystematik anhand der Praxiserfahrungen.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Entwicklung einer Prüfsystematik zur prozesssicheren Herstellung und Ansprache des PMA-Mischguts im Labor grundsätzlich möglich ist.

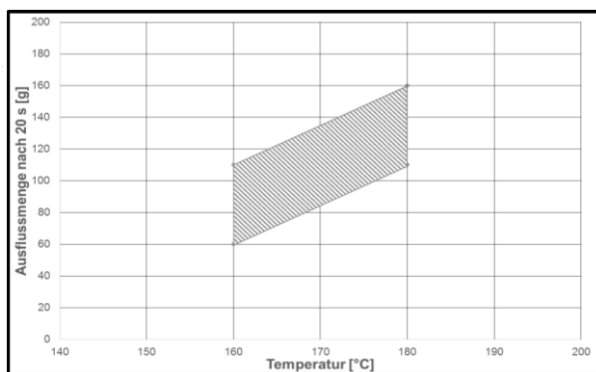
Durch gezielte Untersuchung der Mörtelkomponente konnte eine Kenngröße der Mörtelsteifigkeit analysiert werden, welche Auskunft über die zu erwartende Sedimentation und die damit selbstverdichtende Wirkung gibt. Kenngröße hierfür ist die Ausflussmenge nach 20 Sekunden, die im Ausflussviskosimeter bei einer Prüftemperatur von 160 und 180 °C zu ermitteln ist.

Bei der Messung mittels Ausflussviskosimeter konnten diverse Einflussfaktoren auf die Viskosität des Mörtels identifiziert werden. Dabei kann festgestellt werden, dass das Größtkorn die versteifende Eigenschaft des Füllers und das Verhältnis von Füller zu Sand im Mörtelgemisch die Ausflusszeit beeinflussen.

Bei der Analyse der Bindemittelkomponente konnten ebenfalls Unterschiede bei der Messung festgestellt werden. So konnten deutlich höhere Ausflusszeiten bei der Prüfung von polymermodifizierten Bindemitteln festgestellt werden.

Die Messung im Ausflussviskosimeter erfasst den reinen Ausfluss aus einer Hülse. In der Praxis wird die Sedimentation durch ein Gesteinskörnungsgerüst behindert. Die Polymere im Bindemittel sorgen in diesem Fall für eine gute Vernetzung und führen folglich dazu, dass die Sedimentation der Mörtelphase behindert wird.

Es konnte gezeigt werden, dass eine gute Fließfähigkeit der Mörtelkomponente vorliegt, wenn nach 20 Sekunden eine Probe- menge in dem empfohlenen Bereich (Bild 3) ausgeflossen ist.



**Bild 3:** Empfohlener Bereich für die optimale Mörtelsteifigkeit

Die umfangreichen Untersuchungen von Marshall-Probekörpern haben ergeben, dass diese lediglich zur Optimierung der Mischgutzusammensetzung durch visuelle Bewertung der Ausprägung der zwei Phasen des PMA anhand von vertikalen Schnittbildern der modifizierten MPK<sub>20</sub> herangezogen werden können.

Eine wichtige Erkenntnis, welche im Zuge der Prüfung der Mörtelsteifigkeit und der Sedimentation der Mörtelphase gewonnen wurde, zielt auf den Einsatz von polymermodifizierten Bindemittel ab. Polymermodifizierte Bindemittel, auch solche mit zusätzlichen viskositätsverändernden Zusätzen, verhindern aufgrund der vergleichsweise hohen Viskosität die materialtypische zweiphasige Schichtstruktur. Die Ausprägung der zwei Phasen unter Verwen-

dung von PmB konnte lediglich durch ein hohes (zu hohes) Bindemittelvolumen erzielt werden.

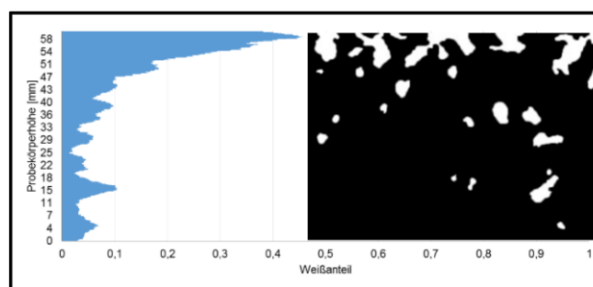
Als bewertungsrelevante Probekörper haben sich Bohrkern aus Asphaltprobeplatten erwiesen. Hierzu wurde ein Herstellungsablauf entwickelt, welcher es ermöglicht, eine homogene Ausprägung der zwei Phasen des PMA über die gesamte Fläche des Probekörpers zu gewährleisten.

Um eine prozesssichere Probenherstellung im Walzsektor-Verdichtungsgerät gewährleisten zu können, wurde die Probenvorbereitung angepasst. Dafür wurden je Asphaltprobeplatte vier Teilmengen hergestellt und in jeweils eine Viertelfläche der Verdichtungsform des Walzsektor-Verdichtungsgeräts eingefüllt. Der zu empfehlende Ablauf der Herstellung ist nachfolgend tabellarisch (Tabelle 1) zusammengefasst.

**Tabelle 1:** Angepasster Herstellungsablauf für PMA-Mischgut

Verfahrensschritt	Ablauf
1	Einwaage der Komponenten für das Asphaltmischgut in vier getrennten Teilmengen
2	Trocknung der Gesteinskörnung bis zur Massenkonstanz und Temperierung des Bindemittels zur Herstellung des Mischguts
3	Herstellung der vier Teilmengen mit anschließender Lagerung im Trockenschrank bei einer Temperatur von 180 °C
4	Entnahme der Probemengen
5	Kurze manuelle Homogenisierung der Probemengen
6	Befüllen des Walzsektor-Verdichtungsgeräts

Die nach diesem Ablauf hergestellten Asphaltprobeplatten lieferten gute Ergebnisse hinsichtlich einer homogenen Hohlraumverteilung über die Länge und Breite der Probeplatten, was im Zuge der Untersuchungen anhand von vertikalen Schnitten durch die Asphaltprobeplatten validiert und in Bild 4 exemplarisch dargestellt wurde.



**Bild 4:** Hohlraumverteilung am Schnittbild einer Asphaltprobeplatte

Auch die Betrachtung der Raumdichte an mehreren aus den Probeplatten entnommenen Bohrkernen lieferte hinreichend gleichmäßige Ergebnisse. Hinsichtlich der aufzubringenden Verdichtungsarbeit des Walzsektor-Verdichtungsgeräts wurden mehrere Ansätze verfolgt. Es sollten sowohl die einphasige Verdichtung, welche nach AP PMA (2015) derzeit den Stand der Erkenntnisse darstellt, sowie eine auf die Praxis abgestimmte zweiphasige Verdichtung betrachtet werden.

Es konnte festgestellt werden, dass sich die einphasige Verdichtung als gut geeignet erwiesen hat. Eine Optimierung des Herstellungsablaufs wurde hinsichtlich der Kraftzunahme durchgeführt, bei der sich eine Verdichtung mit hoher Anfangslast als optimal

zur Erzielung einer gleichmäßigen Textur und Hohlraumverteilung herausstellte. Die Lastzunahme je Walzübergang (WÜ) wurde dabei gemäß Tabelle 2 in den Prozessablauf des Walzsektor-Verdichtungsgeräts eingearbeitet.

**Tabelle 2: Lastzunahme der anfangsbetonten, einphasigen Verdichtung für die Probeplattenherstellung**

Verdichtungsablauf	Anfangsbetonte einphasige Verdichtung
Sektorverfahren	0,2 kN
Oberfläche glätten	3 WÜ mit je 0,20 kN
Kraftzunahme WÜ 1	2 WÜ mit je 0,55 kN
Kraftzunahme WÜ 2	2 WÜ mit je 0,37 kN
Kraftzunahme WÜ 3	2 WÜ mit je 0,25 kN
Kraftzunahme WÜ 4	2 WÜ mit je 0,15 kN
Summe Kraft o. Glättung	2,64 kN

In einem weiteren Untersuchungsschritt wurde der Einfluss der Zwischeneinlage bei der Asphaltprobeplattenherstellung im Walzsektor-Verdichtungsgerät betrachtet. Hierfür wurde Asphaltmischgut einer PMA-Praxisbaumaßnahme entnommen und unter Verwendung verschiedener Zwischeneinlagen gemäß AP PMA (2015) hergestellt.

In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass weder bei der Baumaßnahme noch unter Verwendung eines dünnen Silikonpapiers Mörtelanreicherungen an der Oberfläche festgestellt werden konnten. Die Verwendung des dünnen Silikonpapiers ist für die Herstellung praxisäquivalenter, homogener Laborproben zu empfehlen.

Für die Ermittlung des maßgebenden Prüfverfahrens des Verformungswiderstands wurden neben der Ermittlung der statischen Stempelleindringtiefe an modifizierte MPK<sub>20</sub> und Bohrkernen zwei dynamische Prüfverfahren untersucht. Eine Anpassung beider Verfahren zur zielgerichteten Untersuchung des PMA war notwendig. Der Spurbildungsversuch wurde abweichend zu der Prüfvorschrift (TP Asphalt-StB, Teil 22) bei einer Prüftemperatur von 50 °C durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung konnten dabei als brauchbar differenzierend festgestellt werden. Für die Untersuchung der dynamischen Stempelleindringtiefe wurden die Bohrkern mit Ø 150 mm in einen Edelstahl-Zylinder eingespannt und anschließend auf der hohlraumreichen Seite geprüft. Diese Untersuchung lieferte auch eine gute Differenzierbarkeit.

Weiter konnte festgestellt werden, dass bei zielgerichteter Optimierung des PMA-Mischguts auf die Grundidee der 2-Phasenstruktur eine gute Homogenität der Probekörper durch den definierten Herstellungsablauf der Asphaltprobeplatten gewährleistet werden konnte. Die Bestimmung des Hohlraumgehalts und der Raumdichte erfüllten dabei die Anforderungen an die Präzision der (TP Asphalt-StB, Teil 6). Dies konnte bei den untersuchte Varianten zum Verformungswiderstand (drei Sieblinien mit fünf verschiedenen Bindemitteln) und den sieben Varianten zur Validierung der Prüfsystematik bestätigt werden.

Unter Berücksichtigung der einbaubegleitenden Erfahrungen und der Erkenntnisse dieser Forschungsarbeit ist festzustellen, dass die im Labor ermittelten Ergebnisse nur bedingt auf die Praxis übertragbar sind.

Für die in jüngster Vergangenheit ausgeführten Baumaßnahmen mit PMA wurden teilweise Mörtelkonzepte verwendet, die die bautechnische Performance in situ positiv beeinflussen und einer Entmischung auf dem Lkw entgegenwirken sollten (Mörtel mit PmB oder Faserstoffen).

Dies hatte zur Folge, dass dabei keine zweiphasige Schichtstruktur, sondern eine zufällige Hohlraumverteilung entstand. Die Oberflächentexturen solcher Schichten waren aber homogen und immer noch akustisch wirksam. Solche Mischgutkonzepte lassen sich nicht mit dem derzeitigen AP PMA beschreiben und waren daher auch nicht Bestandteil des Forschungsprojekts. Die hohe Bedeutung lärmtechnisch wirksamer Bauweisen sollte den Anlass geben, über eine Umorientierung der PMA-Bauweise (entmischungsresistent mit möglichst gleichmäßiger Hohlraumverteilung) nachzudenken. Die für die Ausbildung der zweiphasigen Schichtstruktur notwendige Mörtelviskosität führt dazu, dass unter typischen baugelastischen Randbedingungen eine Mörtelsedimentation vor dem Einbau des Mischgutes nicht ausgeschlossen werden kann. Dies kann nur bei Mörteln mit höherer Viskosität ausgeschlossen werden, die wiederum keine gleichmäßige zweiphasige Schichtstruktur ermöglichen. Findet auf der Baustelle vor der Zuführung des Mischgutes in die Einbaubohe eine Nachhomogenisierung statt (Beschicker mit Mischaggregat), dann könnte auch bei der baupraktischen Umsetzung die notwendige Gleichmäßigkeit der zweiphasigen Schichtstrukturen erreicht werden.

In weiteren Untersuchungen sollten demnach die notwendigen Einbaurandbedingungen festgelegt werden, mit denen eine über die Fläche gleichmäßige zweiphasige Hohlraumstruktur erreicht wird.

## 5 Literatur

- AP PMA (2015): Arbeitspapier für die Ausführung von Asphaltdeckschichten aus PMA, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV); Köln, Ausgabe 2015
- Beckenbauer, 2008: Physik der Reifen-Fahrbahn-Geräusche, Geräuschenstehung, Wirkmechanismen und akustische Wirkung unter dem Einfluss von Bautechnik und Straßenbetrieb. 4 Informationstage Geräuschmindernde Fahrbahnen in der Praxis – Lärmaktionsplanung 11, 12.06.2008
- DIN EN 13108, Teil 6: Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 6: Gussasphalt; Fassung 2013, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Ehlert, 2013: PMA – Offenporiger Gussasphalt; Aktuelle Erfahrungen und Entwicklungen bei Straßen. NRW; Asphalt 07/2013; Giesel Verlag GmbH, Hannover, 2013
- M TA, 2011: Merkblatt für die Temperaturabsenkung von Asphalt; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), Köln, Ausgabe 2011 TP Asphalt-StB, Teil 6: Raumdichte von Asphalt- Probekörpern; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV), Köln, Ausgabe