

Kalksuspension

Einfluss von Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund



Bild 1: Aufbringen der Kalkmilch mit Spritzrampe [9].
(Quelle: Nadler)

Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt werden im Herstellungsprozess in der Regel aus einzelnen Schichten gebaut. Ein anforderungsgerechter Schichtenverbund zwischen den Asphalt-schichten ist eine wesentliche Voraussetzung für eine ausreichende Dauerhaftigkeit einer Asphaltbefestigung. Seit vielen Jahren werden im Straßenbau zur Herstellung eines anforderungsgerechten Schichtenverbundes Bitumenemulsionen zur Verklebung von Asphalt-schichten und -lagen eingesetzt. Die aufgebrauchte Bitumenemulsion muss vor dem Einbau der folgenden Asphalt-schicht oder -lage gebrochen und das Emulsionswasser verdunstet sein. Erfahrungen aus

der Baupraxis zeigen, dass während der Bauphase durch die Befahrung der besprühten Fläche durch Liefer- und Einbau-fahrzeuge die Gefahr des Ablösens der aufgespritzten Bitumenemulsion und der daraus resultierenden Verschmutzung von angrenzenden Flächen infolge der Verschleppung über die Fahrzeugreifen besteht. Die dadurch herabgesetzte Wirkung der Bitumenemulsion kann zu einer Reduzierung des Schichtenverbundes führen. Aufgrund der dargestellten Problematik wird in der Baupraxis vermehrt Kalkhydratsuspension auf die applizierte Bitumenemulsion in einem zweiten Arbeitsgang gesprüht.

Von Jakob Kaufmann, Moritz Middendorf, Viktor Root, Stefan Böhm und Jia Liu

tenverbund zwischen den Asphalt-schichten zu erzielen. Die Analyse des Einflusses auf die Güte des Schichtenverbundes erfolgte dabei mit dem Abscherversuch gemäß den TP Asphalt-StB, Teil 48A. Die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass es zu keiner negativen Beeinflussung des Schichtenverbundes durch den Einsatz der Kalkhydratsuspension gekommen ist.

Einleitung

Ein anforderungsgerechter Verbund zwischen Asphalt-schichten und -lagen, der durch die Kombination von Einflüssen aus Verzahnung und Verklebung erreicht wird, ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine lange Nutzungsdauer von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt. Die Verklebung wird u. a. durch das gleichmäßige und vollflächige Ansprühen der Unterlage mit einer bitumenhaltigen Emulsion in der erforderlichen Menge und durch die Art der verwendeten Bitumenemulsion erreicht [1]. Insbesondere bei der Bauweise „heiß auf kalt“ ist die Applikation von Bitumenemulsion von besonderer Bedeutung, da davon ausgegangen werden kann, dass der Bitumenfilm der Unterlage nicht mehr vollständig für eine ausreichende Verklebung und Verschmelzung intakt ist. Aus diesem Grund ist die Anwendung von Bitumenemulsion im heutigen Straßenbau eine Selbstverständlichkeit [2] und wird in vielen Forschungsarbeiten als positiv für den Schichtenverbund beschrieben [3] [4] [5] [6]. Die aufgebrauchte Bitumenemulsion muss vor Einbau der nächsten Walzasphaltschicht gebrochen und das Emulsionswasser vollständig verdunstet sein. Das Ansprühen erfolgt mit manuellen oder automatisierten Verfahren. Der Einsatz von nicht im direkten Einbauprozess integrierten Verfahren stellt immer, bedingt durch Baustellenverkehr und/oder ungünstige Witterungsverhältnisse, die Gefahr der Verschmutzung und des Ablösens bzw. Abfahrens vom Bindemittel aus der aufgespritzten Emulsion in beanspruchten Bereichen dar [7]. Die hierdurch fehlende Verklebung ist je nach Einbaubreite häufig auf die Bereiche der Rollspuren konzentriert und führt zur Reduzierung des Schichtenverbundes.

Aufgrund der dargestellten Problematik wird in der Baupraxis vermehrt Kalkhydratsuspension auf die applizierte Bitumenemulsion in einem zweiten Arbeitsgang gesprüht. Durch die Applikation der Kalkhydratsuspension

Durch die Applikation der Oberfläche mit Kalkhydratsuspension soll verhindert werden, dass das Bindemittel der Bitumenemulsion durch die Reifen der Baustellenfahrzeuge abgetragen wird. Im Rahmen einer Untersuchungsmethodik wurden experimentelle Untersuchungen im Zuge einer studentischen Arbeit zum Einfluss der Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war es, systematische Kenntnisse und Erfahrungen über die Anwendung von Kalkhydratsuspension in Bezug auf den Schich-

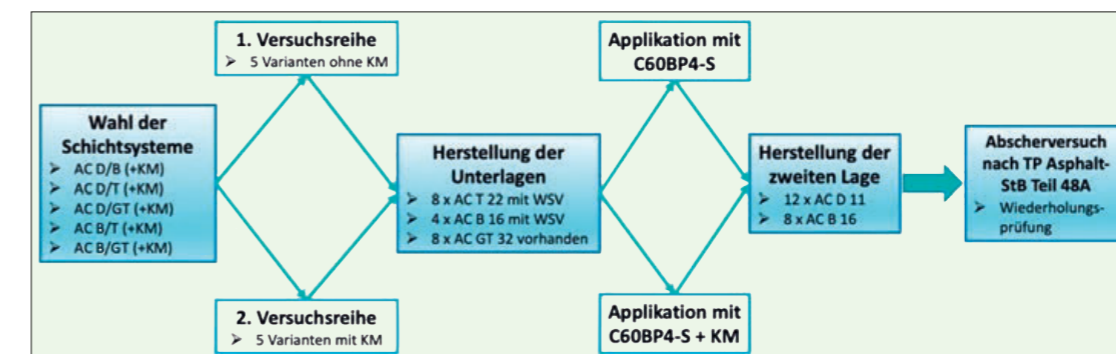
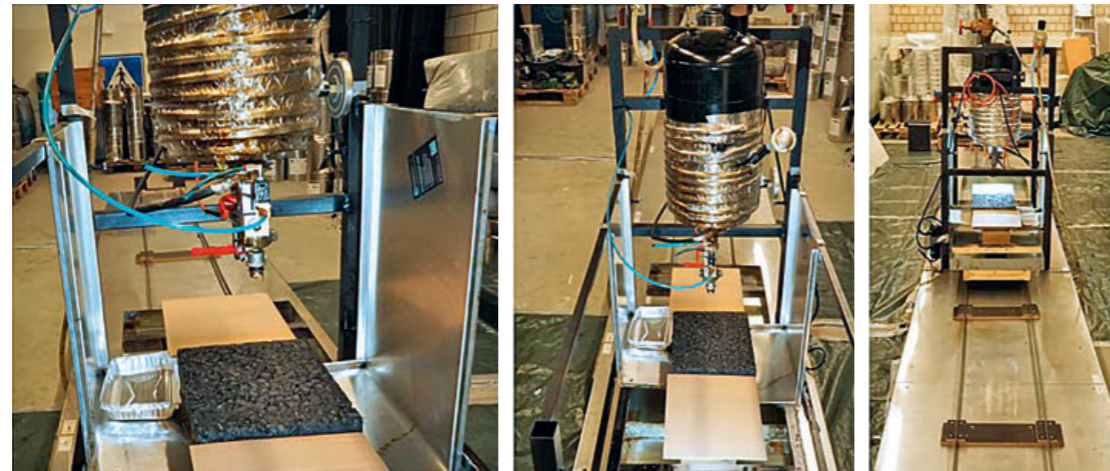


Bild 2: Darstellung der Untersuchungsmethodik [10].

Bild 4: Sprühanlage am Institut Verkehrswegebau der TU Darmstadt [11].



sion soll verhindert werden, dass das Bindemittel der Bitumenemulsion an den Reifen der Baustellenfahrzeuge anhaftet und dadurch von der Unterlage abgetragen wird [8]. Gleichzeitig ist durch diese zusätzliche Zwischenschicht auch eine Änderung des Schichtenverbundes denkbar.

Die Anwendung von Kalkhydratsuspension zur Sicherung des Schichtenverbundes ist in Deutschland noch weitgehend unbekannt. Erst seit einigen Jahren wird auf dem deutschen Markt eine Variante angeboten, welche in der Baupraxis als „Kalkmilch“ (KM) bezeichnet wird. Im Ausland wird Kalkmilch dagegen schon seit über 25 Jahren zur Sicherung des Schichtenverbundes im Straßenbau eingesetzt. Erfahrungen wurden bereits in Frankreich und den Benelux-Ländern erzielt [9].

Die für das Ansprühen der Asphaltunterlage verwendete Suspension besteht im Wesentlichen aus einer hochkonzentrierten Kalkhydratsuspension und Wasser im bestimmten Mischungsverhältnis. Für die Anwendung wird die mit Wasser verdünnte Kalkhydratsuspension mit einer Spritzrampe oder einer kleineren mobilen Sprühanlage auf die gebrochene Bitumenemulsion aufgebracht. In Abbildung 1 ist die Applikation mit einer Spritzrampe beispielhaft dargestellt. Die Applikation soll im Mengenbereich von 250 bis 350 g/m² erfolgen. Vor der Applikation der Kalkhydratsuspension muss die Bitumenemulsion vollständig gebrochen sein.

Untersuchungsmethodik

Variantenumfang

Die Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses der Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund wurden an den Schichtgrenzen verschiedener Asphaltmischungen im Labor durchgeführt. Die untersuchten Varianten sollten die praxisnahen Anwendungsfälle für die häufigsten

Schichtgrenzen im Asphaltstraßenbau abdecken. Im Rahmen der durchgeführten Studienarbeit ergaben sich folgende Varianten:

1. Asphaltdeckschicht auf Asphaltbinderschicht
2. Asphaltdeckschicht auf Asphalttragschicht
3. Asphaltdeckschicht auf gefräster Asphalttragschicht
4. Asphaltbinderschicht auf Asphalttragschicht
5. Asphaltbinderschicht auf gefräster Asphalttragschicht

Für jede der fünf Kombinationen wurde eine Versuchsreihe mit polymermodifizierter Bitumenemulsion und eine Versuchsreihe, bei der die Kalkhydratsuspension auf die applizierte Bitumenemulsion aufgebracht wurde, konzipiert. Die jeweilige Variante ohne Kalkhydratsuspension sollte dabei die Referenzvariante darstellen. Die Asphaltmischungen wurden jeweils als 2-schichtige Asphaltprobepplatten mit dem Walzsektorverdichter mit dem Verdichtungsregime gemäß den TP Asphalt-StB, Teil 33 hergestellt. In Abbildung 2 ist die Untersuchungsmethodik zusammenfassend grafisch dargestellt.

Materialien

■ Bitumenemulsion

Im Rahmen der Arbeit wurde eine handelsübliche Bitumenemulsion C60BP4-S gemäß den TL BE-StB 15 verwendet, da insbesondere bei polymermodifizierten Bitumenemulsionen die beschriebene Problematik der Anhaftung an den Reifen des Baustellenverkehrs besteht. In Tabelle 1 sind die Untersuchungsergebnisse der gewählten Bitumenemulsion enthalten.

■ Asphaltmischgut

Für die Herstellung der Asphaltprobepplatten wurden die in Tabelle 2 angegebenen Asphaltmischgüter in einer Asphaltmischanlage hergestellt und anschließend für die Herstellung der Probepplatten im Labor verwendet. Die maßgebenden Eigenschaften dieser Asphaltmischgüter sind ebenfalls in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 1: Eigenschaften der Bitumenemulsion C60BP4-S

Bezeichnung	Bindemittelgehalt [M.-%]	Wassergehalt [M.-%]	Erweichungspunkt Ring-Kugel [°C]	Nadelpenetration [0,1 mm]	Modifizierung
C60 BP4-S	60	40	48,6	85	Polymermodifiziert

Bezeichnung	Füller [M.-%]	fGk [M.-%]	gGk [µ-%]	Binndemittelgehalt [M.-%]	Bindemittelsorte	Erweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	Raumdicke MPK [g/cm ³]	Hohlraumgehalt MPK [Vol.-%]
AC 11 DS	8,8	37	54,2	5,8	25/55-55 A	60,2	2,522	2,7
AC 16 BS	6,8	21	71,3	4,3	25/55-55 A	58,8	2,571	5,6
AC 22 TS	6,7	24	69,2	4	50/70	54	2,576	6

Für die Herstellung der Asphaltmischungen auf gefräster Unterlage wurden Probepplatten aus einer bestehenden Asphaltbefestigung entnommen. Diese Probepplatten wurden für die Untersuchungen im Labor in der Größe 320 x 260 Millimeter und den Schichtdicken zwischen 4 und 6 cm präpariert. Die gefräste Textur dieser Asphaltmischungen entspricht einer Standardfräse LA 15 mit mittlerer Fräsgeschwindigkeit. In Abbildung 3 ist ein Beispiel für die Textur einer in der Art verwendeten Probepplatte dargestellt.

Applikation der Bitumenemulsion und Kalkhydratsuspension

Zur Applikation der Bitumenemulsion und Kalkhydratsuspension wurde eine Sprühanlage der TU Darmstadt verwendet, mit welcher sich der Sprühvorgang aus der Praxis im Labor simulieren lässt.

In dieser Sprühanlage werden die zur Applikation vorbereiteten Asphaltprobepplatten auf ein motorgetriebenes Förderband (Abbildung 4, Bild 3) gelegt und anschließend unter einer Sprüh-Düse (Abbildung 4, Bild 1) mit konstanter Geschwindigkeit gezogen. Durch die Variation der Geschwindigkeit des Förderbandes kann die Menge der aufzutragenden Bitumenemulsion bzw. Kalkhydratsuspension genau variiert werden. Die im Labor verwendete Sprüh-Düse entspricht einer Düse, welche auch in Rampenspritzgeräten in der Baupraxis eingesetzt wird.

Beim Sprühvorgang wurde zusätzlich der Düsendruck abhängig von dem Ansprühmittel variiert, um eine praxisnahe Simulation des Ansprühvorganges durchzuführen. Zum Ansprühen der Asphaltunterlage wurde die Bitumenemulsion in einem in die Anlage integrierten Lagertank auf 70 °C temperiert. Die Kalkhydratsuspension wurde nach den Vorgaben des vorliegenden Produktdatenblattes vor der Applikation nicht temperiert.

Für die Simulation des konventionellen Einbaus wurden die unteren Asphaltmischungen der Probepplatten (Unterlage) mit der Bitumenemulsion C60BP4-S jeweils mit der Menge von 250 g/m² angesprüht. Nach dem Sprühvorgang wurden diese Asphaltprobepplatten für 24 Stunden bei Raumtemperatur gelagert, um den vollständigen Brechvorgang der Bitumenemulsion zu gewährleisten. Nach 24 Stunden erfolgten die Applikation dieser Probepplatten mit der Kalkhydratsuspension und anschließend erneute Lagerung für weitere 24 Stunden. Nach Ablauf dieser Zeit wurden die auf diese Art vorbereiteten Asphaltprobepplatten jeweils mit einer weiteren Asphaltmischung im Walzsektorverdichter überbaut. Bei den Referenzvarianten erfolgte das Überbauen mit einer weiteren Asphaltmischung ohne die Applikation mit Kalkhydratsuspension.

Zur Bestimmung des Sprühbildes und Feststellung der Gleichmäßigkeit des Ansprühens ist es erforderlich, die Sprühanlage im Labor auf das jeweilige Ansprühmittel und die Art der entsprechenden Asphaltunterlage im Rahmen von Tastversuchen einzustellen. Die Abbildung 4 zeigt ein Beispiel der Einstellung und Überprüfung der Sprühanlage. Zur Festlegung des Sprühdruks und der geeigneten Düse werden in der Regel vier gleichgroße Stücke aus saugfähigem Pappenmaterial appliziert. Die vier Pappenstücke (siehe Abbildung 5) bilden dabei die Fläche einer Asphaltplatte aus dem Walzsektorverdichter ab. Durch das Wiegen der Pappenstücke vor und nach der Applikation wird die Verteilung des Ansprühmittels bei dem Sprühvorgang bestimmt und abschließend die Gleichmäßigkeit des Sprühbildes bewertet.

Nach der Einstellung der Sprühanlage wurden alle Varianten mit identischer Ansprühmenge von 250 g/m² an Bitumenemulsion C60BP4-S gemäß den ZTV Asphalt-StB 07/13 appliziert. In Tabelle 3 sind die erzielten und

Tabelle 2: Zusammensetzung der Asphaltmischgüter.

Bild 5 oben: Vorgehen zur Einstellung der Applikationsanlage [11].

Bild 6 unten: Bohrkernentnahme aus Asphaltpaket; 1) je Asphaltpaket wurden zwei Bohrkern entnommen.

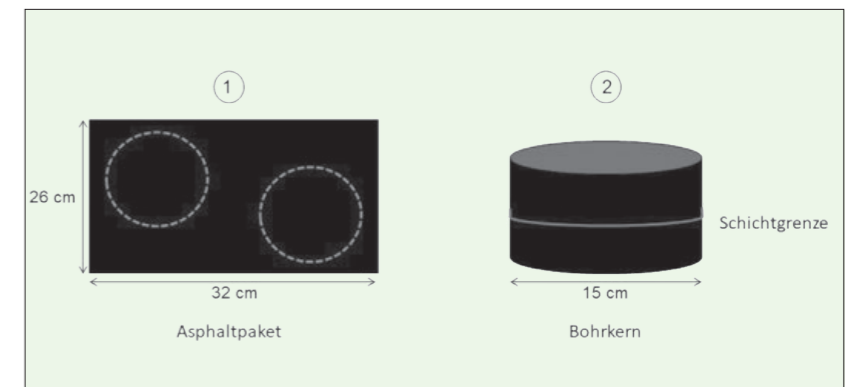
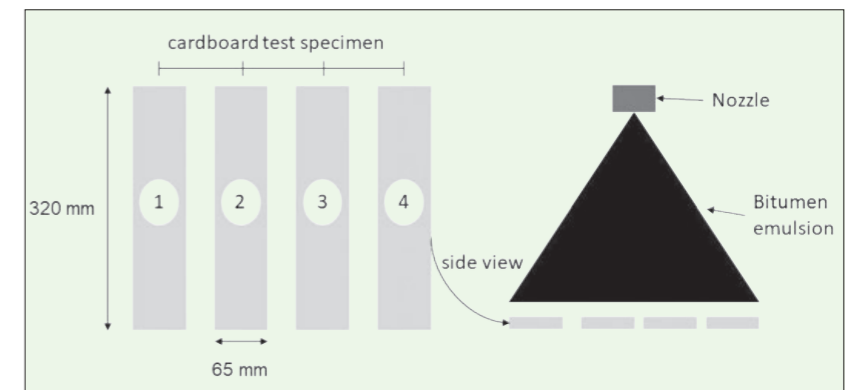




Bild 7 (v.l.n.r): Darstellung der Oberflächen der gefrästen Unterlage im Applikationsprozess.
 Bild 7 links: Gefräste Oberflächentextur einer Asphaltplatte.
 Bild 7 mitte: Gefräste Oberflächentextur nach der Applikation von Bitumenemulsion.
 Bild 7 rechts: Gefräste Oberflächentextur nach der Applikation von Bitumenemulsion und anschließender Applikation von Kalkhydratsuspension.

geforderten Applikationsmengen exemplarisch dargestellt. Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass mit der Applikationsanlage sehr genaue Werte für die Ansprühmengen erzielt wurden. Der Unterschied zwischen Soll- und Ist-Wert liegt zwischen 0,6 und 1,2 g/m².

Die Applikation der Kalkhydratsuspension erfolgte ebenfalls mit der Sprühanlage der TU Darmstadt. Da die Kalkhydratsuspension nicht temperiert werden muss und lediglich eine Mindesttemperatur von 5 °C aufweisen soll, wurde diese bei einer Raumtemperatur von rund 20 °C im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgetragen. Dabei wurde eine Menge von 300 g/m² an zur Anwendung vorbereiteten Kalkhydratsuspension auf die jeweilige mit

Bitumenemulsion vorbehandelte Asphaltunterlage appliziert. Der Applikationsvorgang der Kalkhydratsuspension musste vorher im Rahmen von Tastversuchen mit dem oben beschriebenen Verfahren (Messung der Verteilung; Variation der Düsen) optimiert werden. Die hochkonzentrierte Kalkhydratsuspension hat eine Dichte von 1,3 g/cm³ und weist nach dem Verdünnen mit Wasser eine sehr niedrig-viskose Konsistenz auf. Dieser Zustand erforderte eine Applikation mit einem niedrigeren Druck im Vergleich zu der Bitumenemulsion.

Prüfung des Schichtenverbundes

Die Qualität des hergestellten Schichtenverbundes zwischen den Asphaltsschichten wurde an Bohrkernen aus den Probeplatten mit dem Abscherversuch gemäß den TP Asphalt-StB, Teil 48A geprüft. Dieses Prüfverfahren beruht auf der Scherhaftfestigkeitsprüfung entsprechend DIN EN 12697-48, bei der zwei Asphaltsschichten / -lagen bei geregelter Temperatur mit einer konstanten Schergeschwindigkeit beansprucht werden, woraus sich der Verlauf der Scherverformung und die maximale Scherkraft ergeben [12].

Für den Abscherversuch nach den TP Asphalt-StB, Teil 48A wurden die Bohrkern mit dem Durchmesser von 150 Millimeter im Labor aus den hergestellten Asphaltprobeplatten entnommen. In Abbildung 6 ist die gewählte Entnahmesystematik schematisch dargestellt. Je Asphaltsschichtenpaket (Probeplatte) wurden zwei Bohrkern ausgebohrt. Diese Untersuchungen erfolgten bei allen Varianten unter Wiederholbedingung.

Ergebnisse der Untersuchungen

Darstellung der Verteilung der Bitumenemulsion und Kalkhydratsuspension

Die Applikation der Bitumenemulsion und der Kalkhydratsuspension erfolgte im Rahmen der Studienarbeit auf zwei verschiedenen Arten von Oberflächen der Asphaltunterlage. Zum einen wurden neu hergestellte Asphaltplatten mit frischer Oberfläche und zum anderen wurden Platten mit einer gefrästen Oberflächenstruktur jeweils als Asphaltunterlage mit Bitumenemulsion und Kalkhydratsuspension appliziert. Nach 24 Stunden Lagerungszeit bei Raumtemperatur war bei allen Probeplatten augenscheinlich die Bitumenemulsion gebrochen. Zudem konnte anhand der Applikationsbilder festgestellt werden, dass die Verteilung auf den Platten gleichmäßig mit der Applikationsanlage erfolgte. Bei den gefrästen Asphalttragschichtplatten kam es aufgrund der vorliegenden Textur und Viskosität der Bitumenemulsion zu Anreicherungen von Bitumen in den Tälern der Fräsrillen. Auch bei Kalkhydratsuspension konnte bei den gefrästen Asphalttragschichtplatten beobachtet werden, dass diese sich ebenfalls in den Vertiefungen und Rillen der gefrästen Textur ansammelte. Dabei entstanden, wie schon bei der Bitumenemulsion, Bereiche in denen sich auch das Kalkhydrat nach dem Brech- und Verdunstungsvorgang vermehrt abgelagerte (siehe Abbildung 7). Insgesamt konnte festgehalten werden, dass die Applikation von Kalkhydratsuspension auf Oberflächen unproblematisch ist und genauso einfach und schnell in der

Sprühanlage im Labor durchgeführt werden kann, wie die Applikation von Bitumenemulsion.

Ergebnisse der Prüfungen des Schichtenverbundes

Um den Einfluss der Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund zu ermitteln, werden die Ergebnisse der Versuchsreihen der Referenzvarianten und der Versuchsreihen mit Kalkhydratsuspension miteinander verglichen. Im Diagramm in Abbildung 8 sind für jedes Asphaltsschichtsystem die Mittelwerte aus Erst- und Wiederholungsprüfung der jeweiligen Varianten gegenübergestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Werte für die maximale Scherkraft der Varianten mit Kalkhydratsuspension oberhalb der Werte der jeweiligen Referenzvarianten liegen, solange die überbaute Unterlage neu hergestellt wurde. Wird eine gefräste Unterlage überbaut, wird nahezu gleicher Schichtenverbund erzielt (Asphaltdeckschicht auf gefräster Asphalttragschicht) oder der Schichtenverbund wird geringer, wie dies bei Asphaltbinderschicht auf

Bild 8: Maximale Scherkräfte der Schichtenverbundprüfungen nach den TP Asphalt-StB, Teil 48A.

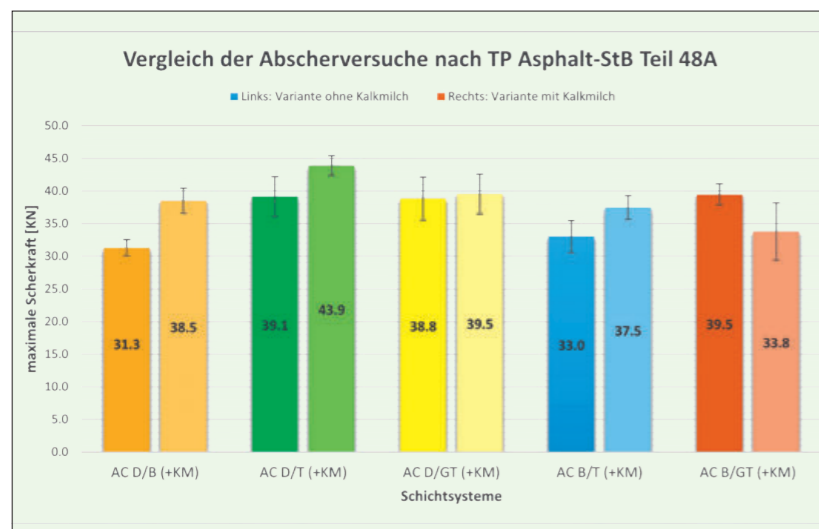
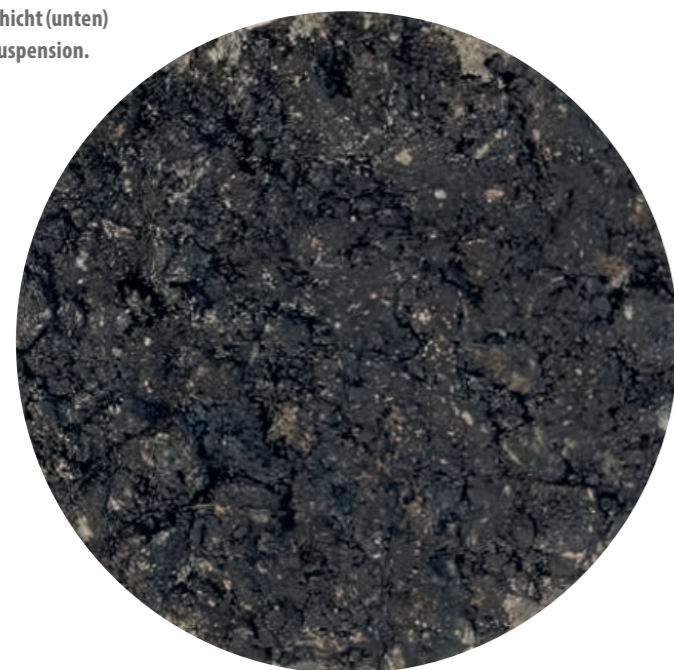


Tabelle 3: Erzielte Applikationsmengen (exemplarische Darstellung).

Unterlage	Applikationsmenge der Bitumenemulsion [g/m ²]	
	Soll	Ist
Asphaltbinderschicht	250	248,8
Asphalttragschicht	250	249,2
Gefräste Asphalttragschicht	250	249,4



Bild 9: Exemplarische Darstellung der Scherflächen der gefrästen Asphalttragschicht (oben) und der Asphaltbinderschicht (unten) mit Kalkhydratsuspension.



gefräster Asphalttragschicht der Fall ist. Die höchsten Werte für die maximale Scherkraft wurden bei der Variante AC D/T + KM mit 43,9 kN ermittelt.

Die Variante ACB/GT+KM weist einen Mittelwert der maximalen Scherkraft von 33,8 kN auf und liegt damit mit 5,7 kN niedriger als die Referenzvariante ohne Kalkhydratsuspension. Bei dieser Variante ist in den Fräsriellen der Unterlage deutlich mehr von abgesetztem Kalkhydrat zu erkennen als bei den anderen Varianten mit gefräster Textur. Die Auswertung der Kalkhydratrückstände lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Verklebung und die Verzahnung in dieser Schichtgrenze geringer ausfielen.

Durch die im Vergleich zum Größtkorn ungünstige Texturtiefe der Fräsriellen können die groben Gesteinskörner der Asphaltbinderschicht nicht in die Fräsriellen vollflächig eindringen. Dadurch entsteht in diesen Bereichen keine vollständige Verklebung zwischen der gefrästen Unterlage und der eingebauten Asphaltbinderschicht (siehe Kennzeichnungen in Abbildung 9). Dieser Sachverhalt hat den Schichtenverbund ungünstig beeinflusst und zur Reduzierung der maximalen Scherkraft geführt. Das Asphaltgefüge im Bereich der Schichtgrenze sollte daher in weiteren Untersuchungen systematisch und vertieft analysiert werden, damit der Einfluss der Verteilung der Bitumenemulsion und der Kalkhydratsuspension sowie der Kornzusammensetzung des Asphaltmischgutes der einzubauenden Asphalttschicht insbesondere auf gefrästen Unterlagen ermittelt werden kann. Erste Erkenntnisse hierzu liegen von Middendorf et al. [1] [13] vor. In Abbildung 9 sind Scherflächen der Variante AC B/GT+KM exemplarisch dargestellt.

Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Untersuchungen war es, den Einfluss der Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund zu analysieren. Die Versuchsergebnisse dieser Studienarbeit haben gezeigt, dass es durch den Einsatz der Kalkhydratsuspension zu keiner erkennbaren negativen Beeinträchtigung des Schichtenverbundes gekommen ist. Tendenziell liegen die maximalen Scherkräfte bei den Varianten mit Kalkhydratsuspension oberhalb der Ergebnisse der zugehörigen Referenzvarianten und deuten damit zunächst auf eine Begünstigung des Schichtenverbundes hin. Inwieweit tatsächlich eine Verbesserung des Schichtenverbundes durch die Verwendung von Kalkhydratsuspension herbeigeführt werden kann, muss in weiteren Untersuchungen geprüft werden.

Mit Hilfe der Laborsimulation konnte der Einfluss der Kalkhydratsuspension ohne den Einfluss weiterer Faktoren wie Klima und Einbaubedingungen sowie unter konstanten Bedingungen im Labor untersucht werden. Lediglich bei den Varianten mit gefräster Asphaltunterlage in der Schichtgrenze konnte der Einfluss der Oberflächentextur nicht konstant gehalten werden, da diese Probeplatten aus den gefrästen Asphalttschichten der Baupraxis zum Einsatz kamen und damit unterschiedliche Frästexturen untereinander aufwiesen. So zeigen die Ergebnisse der Wiederholungsprüfung der Variante AC B/GT+KM, dass die Verzahnung neben der Verklebung einen hohen Einfluss auf den Schichtenverbund besonders bei gefrästen Asphalttschichten besitzt.

Der alleinige Einfluss der Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund kann beim Vergleich der Varianten eines Asphalttschichtsystems nicht festgestellt werden, da beim Abscherversuch nach TP Asphalt-StB, Teil 48A neben der Verklebung auch die Verzahnung einen Einfluss auf die Prüfergebnisse hat. Aus diesem Grund sollte die Verklebung an der Schichtgrenze mit einer anderen Untersuchungsmethodik betrachtet werden. Die Auswir-

LITERATUR

- [1] M. Middendorf, C. Umbach, J. Liu, und E. A. B. Koenders, „Contact area analysis of an asphalt-concrete boundary layer with X-ray computed tomography imaging“, *Constr. Build.Mater.*, Bd. 430, S. 136497, Juni 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.136497
- [2] U. Schellenberg, M. N. Partl, und C. Raab, „Leistungsfähigkeit von Haftkleber in der Praxis“, *Baudirektion Kanton Zürich, Schweiz, Forschungsbericht*, 2017
- [3] M. Wistuba und A. Walther, „Auswirkungen des Schichtenverbundes auf die theoretische Lebensdauer von Straßenbefestigungen aus Asphalt“, *Straße Autob.* 64, Nr. Heft 7, S. 501–507, 2013
- [4] R. Leutner, P. Renken, und T. Lobach, „Auswirkung unterschiedlicher Verbundsysteme auf die mechanischen Eigenschaften eines mehrschichtigen Asphaltpaket“, *Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Forschungsbericht*, 2004
- [5] R. C. West, J. Zhang, und J. Moore, „Evaluation of bond strength between pavement layers“, *Natl. Cent. Asph. Technol.*, Nr. NCAT Report 05-08, 2005
- [6] M. Middendorf, N. Flottmann, und S. Böhm, „Einbau von Walzasphalt unter Verwendung eines Sprühfertigers“, *Straße Autob.*, Nr. 10/2021, 2021
- [7] V. Schäfer, „Schichtenverbund Nähte Anschlüsse Randausbildung“, *Dtsch. Asph. EV*, 2001
- [8] Bikatech GmbH, „Asphaltflächen langlebiger machen“, *Asph. Bitum.*, Nr. 04/24, 2024
- [9] Nadler Straßentechnik GmbH, „Optimaler Schichtenverbund im Sommer“, *asphalt*, Nr. August 2021, S. 36
- [10] J. Kaufmann, „Einfluss der Verwendung von Kalkhydratsuspension auf den Schichtenverbund zwischen den Asphalttschichten im Straßenbau“, *Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Masterarbeit*, 2024
- [11] M. Middendorf, D. Kempf, und S. Böhm, „Influence of the Application Method of Bitumen Emulsion on the Layer Bond“, *Int. J. Pavement Res. Technol.*, Juli 2023, doi: 10.1007/s42947-023-00357-0
- [12] FGSV, „TP Asphalt-StB Teil 48 A Abscherversuch“, *FGSV-Verlag, Köln*, 2023
- [13] M. Middendorf, C. Umbach, S. Böhm, und B. Middendorf, „Determination of Suitable Imaging Techniques for the Investigation of the Bonding Zones of Asphalt Layers“, *Materials*, Nr. 14, S. 16, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/ma14247556>
- [14] V. Root, T. Wolf, J. S. Bald, S. Böhm Auswirkungen von Schichtenverbund auf die Nutzungsdauer der Asphaltbefestigungen, *Schlussbericht zum Forschungsvorhaben FGSV 03/2006*

kungen unterschiedlicher Applikationsmengen und Feststoffgehalte der Kalkhydratsuspension sowie die Auswirkungen des direkten Überbauens mit einer Asphalttschicht, bevor das Suspensionswasser verdunstet ist, konnten im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden und sind noch offen.

Insgesamt hat die Studienarbeit gezeigt, dass anhand von Probekörpern, welche im Labor hergestellt wurden, beim Einsatz von Kalkhydratsuspension keine negativen Einflüsse auf den Schichtenverbund zu erkennen sind. Die Anwendung der Kalkhydratsuspension dient dem Schutz der applizierten Bitumenemulsion und soll insbesondere in den warmen Sommermonaten vor dem Abtragen des Bitumens durch Baustellenverkehr auf der Oberfläche der Unterlage bewahren. Sofern die Kalkhydratsuspension diesen Zweck erfüllt, kann diese sicherlich als Einbauhilfe insbesondere in den warmen Sommermonaten verwendet werden. Allerdings sollte in weiteren Forschungsarbeiten die Anwendung der Kalkhydratsuspension bei Baumaßnahmen in situ systematisch untersucht werden. ■

AUTOREN

M.Eng. J. Kaufmann
Technische Hochschule Darmstadt, Schöfferstraße 3, 64295 Darmstadt, jakobkaufmann@gmx.net

M.Sc. M. Middendorf
Institut für Verkehrswegebau, Otto-Berndt-Straße 2, 64287 Darmstadt, mmiddendorf@vwb.tu-darmstadt.de

Dr.-Ing. Viktor Root
Hochschule Darmstadt, Lehrgebiet Bau und Erhaltung von Verkehrswegen /ZuB GmbH, Max-Planck-Straße 1, 64859 Eppertshausen, viktor.root@zubgmbh.de

Dr.-Ing. Stefan Böhm
Institut für Verkehrswegebau, Otto-Berndt-Straße 2, 64287 Darmstadt, sboehm@vwb.tu-darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Jia Liu
Institut für Verkehrswegebau, Otto-Berndt-Straße 2, 64287 Darmstadt, jliu@vwb.tu-darmstadt.de

Anzeige