42. Jahrgang 4/2007

Fachzeitschrift
für Herstellen
und Einbauen
von Asphalt

asphalt

Juni/Juli

- **Einbau**
  Asphalt für hochbelastete Flächen
- **Asphaltrecycling**
  Wirtschaftliche Verwendung
  von Ausbauasphalt
- **Veranstaltungen**
  Rückblick auf Bauma
  und Asphaltstraßentagung

GIESEL | Verlag

asphalt
FÜR ALLE FÄLLE

PVSt. Deutsche Post AG. Entgelt bezahlt

Kohlefaserarmierungen in Asphaltstraßen

Erhöhung der Lebenserwartung und Reduzierung der Unterhaltskosten

Seit sechs Jahren werden vorbituminierte Kohlefaserarmierungen (C-Faserarmierungen) zwischen die bestehende und neue Asphaltschicht sehr erfolgreich verlegt. Die Kohlefasergitter weisen eine Zugkraft von 200 kN/m bei einer Dehnung von 1,5% auf. Kohle- und Glasfasern haben ein hohes E-Modul und somit eine kleine Bruchdehnung. Die meist ausgeschriebenen Zugkräfte der Asphaltarmierungen beziehen sich auf die Bruchdehnung der Fasern. In der Straße werden die Fasern nur zu einem geringen Teil der ausgeschriebenen Bruchdehnung/ Bruchkraft beansprucht. Der folgende Beitrag der S&P Clever Reinforcement GmbH beschreibt dieses System.

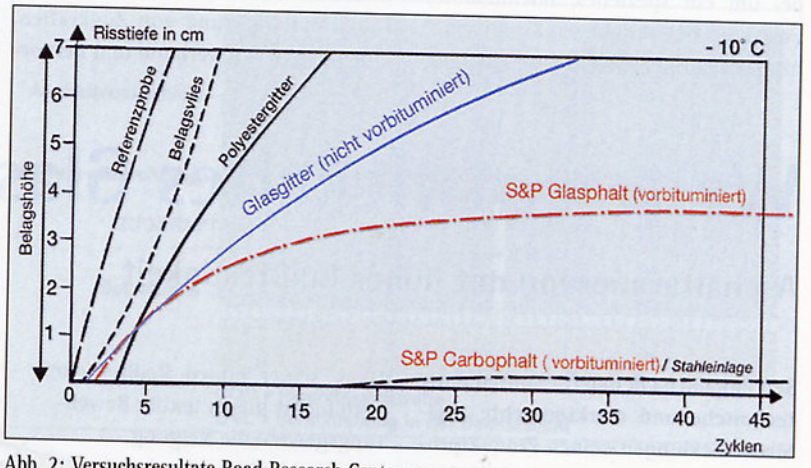

Abb. 2: Versuchsresultate Road Research Center

Es sollten hochmodulige Fasern aus Carbon oder Glas Verwendung finden, da diese Fasern bei kleinen Dehnungen, die in der Straße auftreten, große Kräfte aufnehmen und verankern können. Bei Carbon- und Glasfasern handelt es sich um unidirektionale Fasern, die ausschließlich in Faserrichtung Kräfte aufnehmen. Dies hat den Vorteil, dass diese Fasern zu einem späteren Zeitpunkt fräsbar sind und sich recyceln lassen.

Das Applizieren der verlegeleichten Gitter ist mit dem Abrollen von Schweiß-Bahnen vergleichbar. Auf ein Vlies als Verlegehilfe wird von S&P seit Jahren bewusst verzichtet, da die mechanische Verbundkomponente, die für den Schichtenverbund maßgeblich ist, durch das Vlies deutlich reduziert werden kann. Die vliesfreien, vorbituminierten Gitter sind auf der Unterseite mit einer Abbrennfolie versehen und auf der Oberseite mit Quarzsand beschichtet. Durch die Hitzeeinwirkung beim Verlegen wird die Gitterstruktur aufgelöst. Das Bitumen, welches die Faserstränge fixiert, wird aufgeweicht. Somit liegt beim Verlegen keine starre Gitterstruktur mehr vor. Die losen Faserstränge sind beweglich und die C-Faserarmierung kann entsprechend auch in einem Radius abgerollt werden.

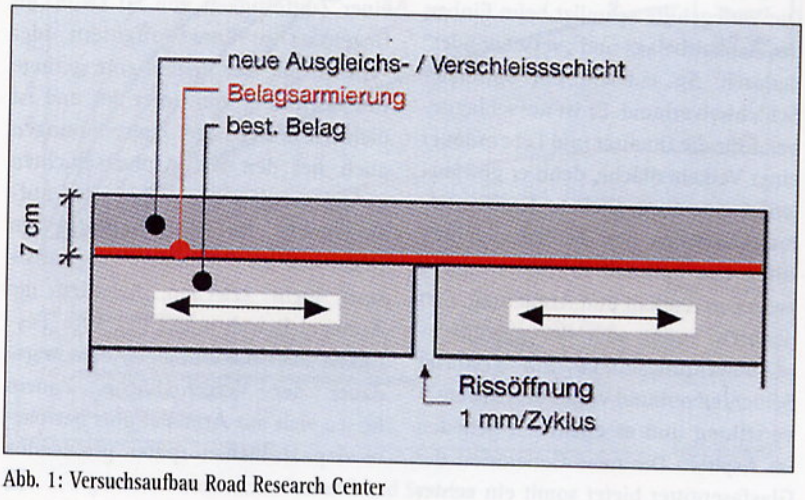

Abb. 1: Versuchsaufbau Road Research Center

Damit das Verlegen der neuartigen Asphaltarmierungen auch bei hohen Sommertemperaturen möglich ist, wurde durch S&P die spezielle Haftemulsion 60P entwickelt. Diese Emulsion weist einen Erweichungspunkt > 60 °C auf. Wird eine marktübliche Emulsion oder ein normaler Haftkleber verwendet, besteht die Gefahr, dass das Gitter infolge Erweichung des Klebers beim Befahren durch die Mischgutfahrzeuge abgehoben wird. Dies führt zu Schichtverbundstörungen. Entsprechend soll die Armierung nur mit der speziellen S&P-Emulsion 60P eingesetzt werden.

Während der Einbauphase der Deckschicht, wird die Gitterstruktur infolge Hitzeeinwirkung erneut aufgelöst. Die Faserstränge öffnen sich lokal und lassen die Körner des heißen Mischgutes während der Verdichtung passieren. Eine mechanische Verzahnung der neuen Belagsschicht mit dem alten Straßenbelag, durchgreifend durch die Asphaltarmierung, ist somit möglich. In der ausgehärteten Belagsschicht liegen die C-Faserstränge in wellenförmiger Anordnung. Dadurch entstehen Umlenkkräfte, welche zu einer vertieften Verankerung der Faserstränge im Belag führen. Ein einwandfreier

Schichtverbund zwischen alter und neuer Belagsschicht ist somit erreichbar.

Der Schichtverbund ist von den zwei folgenden Komponenten abhängig: einerseits von der mechanischen Verkrallung sowie andererseits von der Klebewirkung der Emulsion.

Schichtverbund von armierten Belagsschichten

Üblicherweise wird für unarmierte mehrschichtige Beläge ein Schichtverbund nach Leutner von < 15 kN erzielt. Wurde die alte bestehende Belagsschicht vor der Erneuerung gefräst, ist eine bessere mechanische Verkrallung möglich. Der Schichtverbund für Aufbauten auf einen gefrästen Traggrund beträgt somit 17 bis 25 kN. Die geforderten Minimalwerte für den Schichtverbund werden mittelfristig in die EU-Norm einfließen.

Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass für S&P armierte Asphaltschichten ein identischer Schichtverbund wie für unarmierte Asphaltschichten vorgefunden wird. Spannungen aus der Asphaltschicht werden über den Schichtverbund in die Asphaltarmierung eingeleitet. Dadurch ist die Reduktion der Spannungen im Asphalt selbst möglich.

An der Empa (Eidgenössische Materialprüfanstalt in Dübendorf, Schweiz) wurden S&P C-Faser armierte und unarmierte Walzasphaltschichten unter dynamischer Dauerbelastung geprüft. Der Schichtverbund wurde vor und nach den 0,5 Mio. Belastungszyklen geprüft. Die Resultate zeigen deutlich, dass die Wirkung der Asphaltarmierung nur bei einem einwandfreien Schichtverbund entfaltet werden konnte. Die besten Ergebnisse wurden für C-Faser bewehrte Beläge gefunden, welche auf gefräste Traggründe appliziert wurden.

Asphaltarmierungen gegen thermische Rissreflexion

Bestehende Risse in der alten Belagsschicht reflektieren infolge der täglichen Temperaturschwankungen während der Wintermonate durch die neue Asphaltschicht. Mit den S&P Armierungen werden bestehende Risse

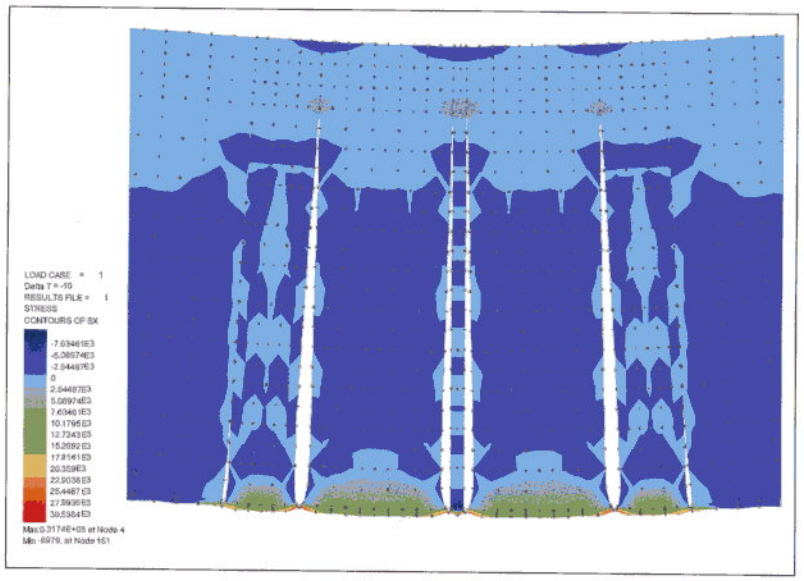

Abb. 3: Resultierende Spannungen im Überasphalt im Modell mit sechs vertikalen Rissen (Risslänge 0,06 m) aufgrund der Ausdehnung des im Riss (bestehender Asphalt) eingeschlossenen Wassers. Die maximale Zugspannung an den Rissspitzen beträgt $\sigma_x = 3{,}4\ N/mm^2$

vor dem bituminösen Hocheinbau abgedeckt.

Durch das Belgische Road Research Center wurden unterschiedliche Asphaltarmierungen getestet. Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau. Eine alte gerissene Belagsschicht (Riss wird durch Einfräsen simuliert) wird 7 cm stark überbaut. Unterschiedliche Asphaltarmierungen wurden zwischen alter und neuer Asphaltschicht eingelegt. Die Rissöffnung infolge Temperaturschwankungen wurde mit einer Flüssigkeit, welche gefriert und wieder

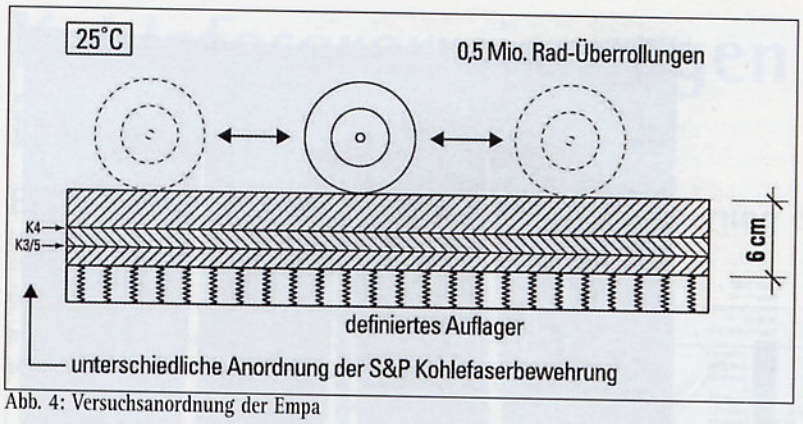

Abb. 4: Versuchsanordnung der Empa

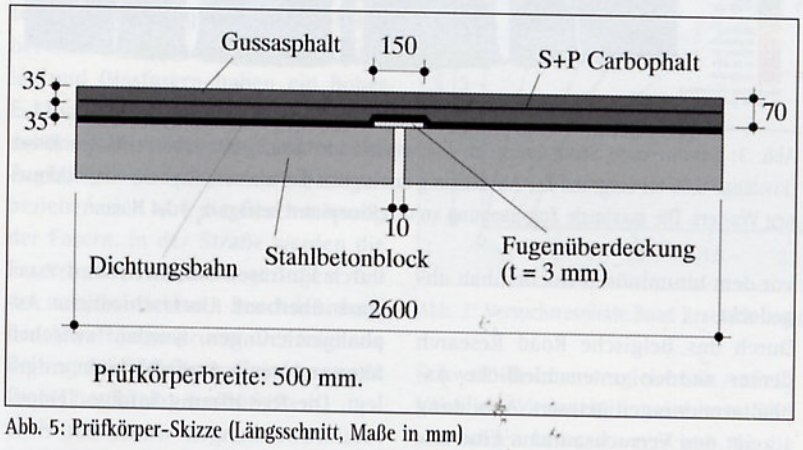

Abb. 5: Prüfkörper-Skizze (Längsschnitt, Maße in mm)

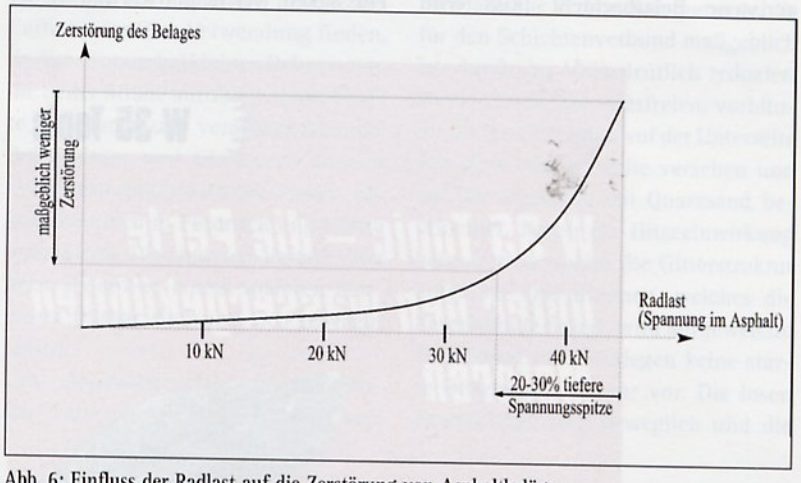

Abb. 6: Einfluss der Radlast auf die Zerstörung von Asphaltbelägen

auftaut, simuliert. Die Resultate (Abbildung 2) zeigen, dass mit den vorbituminierten S&P Gitter (Glasphalt bzw. Carbophalt), welche einwandfrei im Schichtverbund verlegt wurden, die Rissreflexion verhindert werden kann. Herkömmliche Gitter aus Polyester mit einer Zugkraft von 50 kN/m bei 12% Dehnung sowie Vlieseinlagen konnten die Rissreflexion nicht verhindern.

Mit dem Finite Element Programm Lusas wurde die Versuchsanordnung modelliert. Die Modellierung am unarmierten Modell bestätigt, dass die Spannungen in der Asphaltschicht bis 46,8 N/mm² ansteigen. Asphalt kann jedoch maximal eine Spannung von 3,5 N/ mm² aufnehmen. Entsprechend wird in der unarmierten Belagsschicht der Riss an der Oberfläche reflektieren. Die Modellierung am armierten Modell (Abbildung 3) zeigt, dass sich am Rissufer eine leichte Ablösung bildet. Dadurch können die Kräfte in die Armierung eingeleitet werden. Im armierten Modell betrugen die Spannungen im Überasphalt weniger als 3,5 N/mm². Entsprechend kann die Rissreflexion gestoppt werden. Die Modellierung zeigt auf, dass die Spannungsreduktion in der neuen Asphaltschicht infolge der C-Faserarmierung bei der Versuchstemperatur von -10 °C um 25 bis 40% reduziert werden konnte.

Spannungsreduktion dank S&P Carbophalt		Temperatur
Kältetest am Walzasphalt (Road Research Center, Belgien)	25 - 40%	-10 °C
Kältetest am Gussasphalt (Empa, Schweiz)	25 - 30%	-5 °C
Dauerbelastung am Walzasphalt (Empa, Schweiz)	42 - 49%	+25 °C

Tab. 1: Resultate der experimentellen Untersuchungen

Kohlefaserarmierungen gegen Ermüdungsrisse

An der Empa wurden ebenfalls zweischichtige C-armierte und unarmierte Belagskörper unter Dauerbelastung (Abbildung 4) verglichen. Zur Simulation der Nachgiebigkeit des Untergrundes wurden die Probekörper auf eine Gummiunterlage appliziert und im Spurrinnengerät mit 0,5 Mio. Radüberrollungen bei einer Temperatur von 25°C belastet. Das C-Fasergitter wurde an unterschiedlichen Positionen eingebaut. Die Prüfkörper wurden mit Dehnmessstreifen versehen. Die Resultate der experimentellen Untersuchungen sind in Tabelle 1 dargestellt. Diese Resultate wurden durch die Empa mit einer Finite Elementberechnung modelliert. Dabei zeigte sich, dass im bewehrten Asphaltkörper (steiferes System) die Zugspannungen konzentriert durch die Kohlefaserarmierung aufgenommen werden. Die Belagswölbung und die daraus entstehenden Druckspannungen werden reduziert. Aus diesen Resultaten kann geschlussfolgert werden:

- Die numerischen Untersuchungen stimmten quantitativ mit den experimentellen Untersuchungen überein.
- Die Spannungen in der Asphaltschicht wurden dank der C-Faserarmierung (Prüfkörper K3) um 42 bis 49% reduziert.

Prüfkörper	Lage der Kohlefaserarmierung im DMS	Mittlere Deformation (Unterseite Spurrinne)	Reduktion der Deformation in %
K1	zweischichtiger Belag ohne Asphaltarmierung	0,04325	100
K2	zweischichtiger Belag S&P Carbophalt auf Unterseite verlegt	0,03978	- 8
K3	zweischichtiger Belag S&P Carbophalt in 4 cm Tiefe verlegt	0,02509	- 42
K4	zweischichtiger Belag S&P Carbophalt in 3 cm Tiefe verlegt	0,02867	- 34
K5	zweischichtiger Belag S&P Carbophalt in 4 cm Tiefe verlegt; Traggrund gefräst	0,02203	- 49

Tab. 2: Zusammenstellung der Ergebnisse

Das Anfräsen der unterliegenden Belagschicht verbesserte den Schichtverbund. Es wurde aufgezeigt, dass beim erhöhten Schichtverbund die Wirkungsweise der C-Fasereinlage verbessert wird.

Reduzierung thermischer Rissreflexion im Gussasphalt

Ebenfalls an der Empa wurde ein zweilagig eingebauter Gussasphalt über eine Betonfuge appliziert (Abbildung 5). Ein Prüfling wurde mit der S&P-C-Faserarmierung armiert, der zweite Prüfling war unarmiert.
Die Betonfuge wurde periodisch geöffnet und geschlossen um die Temperaturzyklen zu simulieren. Die Spannungen im Gussasphalt wurden mit Dehnmessstreifen gemessen. Die C-Faserarmierung erhöhte die Anfangssteifigkeit der Gussasphaltschicht um 25 bis 30%. Faktisch konnten somit bei der Prüftemperatur von -5°C dank der C-Faserarmierungen 25 bis 30% höhere Spannungen absorbiert werden. Die C-Faserarmierung wurde bis zum Bruch beansprucht. Entsprechend war das Gitter von 200 kN/m Zugkraft bei 1,5% Dehnung genügend im Gussasphalt verankert.

Zusammenfassung

Experimentelle Ergebnisse sowie die numerischen Modellierungen an unterschiedlichen Prüfinstituten (zusammengefasst in Tabelle 2) zeigen, dass dank der S&P-C-Faserarmierung die Spannungen in Walz- wie auch in Gussasphaltschichten um 25 bis 49% reduziert werden können. Diese Spannungsreduktionen wurden bei üblichen Temperaturschwankungen (-5 bis +25°C) vorgefunden.

Abbildung 6 zeigt, dass die Zerstörung des Asphaltbelages in Abhängigkeit der Radbelastung steigt. Die S&P-C-Faserarmierung kann die Spannungsspitzen reduzieren und die Zerstörung des Belages dadurch maßgeblich reduzieren. Dies manifestiert sich in höherer Dauerhaftigkeit, längeren Erneuerungszyklen sowie weniger Unterhaltsarbeiten. Dank weniger Verkehrstaus entstehen zusätzlich volkswirtschaftliche Vorteile. Diese Kosten sind aber schwer zu erfassen, jedoch mit Sicherheit bedeutend.
Die vorbituminierten Asphaltarmierungen ohne Vlies, sind europaweit eine anerkannte Bauweise in der Erhaltung und Erneuerung von Straßen. Mehrere tausend Referenzen in Deutschland und ganz Europa bestätigen die neue Generation der vorbituminierten Asphaltarmierung.