

Auswirkungen der Wiederverwendung von Ausbausphal auf das Langzeitverhalten von Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten

FA FGSV 1/2010

Forschungsstelle: Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen (Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. R. Roos)
 Bearbeiter: Roos, R./ Karcher, C.
 Auftraggeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln
 Abschluss: Juli 2012

1 Veranlassung

Im Jahr 1991 wurde ein von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördertes Forschungsvorhaben Nr. 7900 mit dem Titel "Auswirkung der Wiederverwendung von Ausbausphal auf das Langzeitverhalten von Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten" abgeschlossen. Darin wurden vom Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen (ISE) der Universität Karlsruhe (TH) folgende wesentlichen Ziele verfolgt:

- "die Auswirkung der Wiederverwendung von Ausbausphal in Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten im Hinblick auf Homogenität und mechanische Eigenschaften festzustellen und
- zu überprüfen, ob die Kalt- bzw. Warmzugabe des Ausbausphals zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich Homogenität und mechanischen Eigenschaften führt".

Hierzu wurde für jeweils drei Varianten der beiden Asphaltarten eine Versuchstrecke mit sechs Testfeldern angelegt. An Proben aus der Strecke wurden anschließend sehr umfangreiche Untersuchungen zum mechanischen Verhalten der Asphalte mittels Abkühl- und Zugversuchen zum Tieftemperaturverhalten, 4-Punkt-Biegeversuchen zum Ermüdungsverhalten und Druckschwellversuchen zum Verformungsverhalten, Mischgut- und Bitumenuntersuchungen sowie mineralogische Untersuchungen zum Korngefüge, zur Umhüllung und zur Homogenität durchgeführt.

Im Ausblick wurde u. a. dargelegt, dass die in den Laboruntersuchungen verwendeten Probekörper aus einer unter detaillierter Dokumentation aller relevanten Daten gebauten Versuchstrecke stammen und es daher geboten erscheint Langzeitbeobachtungen durchzuführen.

Interessant erscheint hierbei vor allem die Veränderung der Bindemittleigenschaften und der mechanischen Eigenschaften der Proben aus der Versuchstrecke. Diese gilt es vor dem Hintergrund der Bewährung von Ausbausphalten in Straßenkonstruktionen zu prüfen.

Die Versuchstrecke mit den sechs Testfeldern wurde im Sommer 2008 einer Deckenerneuerung unterzogen. Dank der Unterstützung der Verwaltung konnten vorher noch eine visuelle Begutachtung und Dokumentation vor Ort sowie die Entnahme von einer geringeren Anzahl von Bohrkernen in den Testfeldern für die beschriebenen Nachfolgeuntersuchungen erfolgen.

2 Grundlagen/Forschungsbericht Nr. 7900 von 1991

2.1 Vorgehen

Entsprechend der Zielsetzung ist die Auswirkung der Zugabe von vorerwärmtem und nicht vorerwärmtem Ausbausphal auf die Eigenschaften des resultierenden Mischguts festzustellen. Als Referenz diente Asphaltmischgut mit 100 M.-% neuen Baustoffen. Die Prüfverfahren deckten dabei die relevanten Asphalteeigenschaften Widerstand gegen Verformung bei hohen Temperaturen, gegen Risse bei tiefen Temperaturen und Ermüdung ab.

Da neben der Eignung des Ausbausphals das Zugabeverfahren einen wesentlichen Einfluss sowohl auf die Homogenität als auch auf die mechanischen Eigenschaften der resultierenden Asphalttschichten haben könnte, war es erforderlich, zwei unterschiedliche Mischgutherstellungsverfahren in das Untersuchungsprogramm einzubeziehen. Daher erfolgte die Produktion der Asphaltmischgutvarianten großtechnisch in einem stationären Mischwerk, das sowohl eine Kalt- als auch eine Warmzugabe per Paralleltrommel erlaubte.

Als zuzugebender Ausbausphal wurde eindeutig definierter Fräsasphal zugegeben.

Die Untersuchungen wurden an folgenden Mischgutvarianten durchgeführt:

Mischgutvarianten Asphaltbeton (BDS)

- Variante BDS 1 mit 20 M.-% Ausbausphal, nicht vorewärm ("kalt")
- Variante BDS 2 mit 100 M.-% neuen Baustoffen, kein Ausbausphal ("ohne")
- Variante BDS 3 mit 20 M.-% Ausbausphal, vorewärm ("warm")

Mischgutvarianten Asphaltbinder (BBS)

- Variante BBS 1 mit 25 M.-% Ausbausphal, nicht vorewärm ("kalt")
- Variante BBS 2 mit 100 M.-% neuen Baustoffen ("ohne")
- Variante BBS 3 mit 25 M.-% Ausbausphal, vorewärm ("warm")

Die Untersuchung der Homogenität der Mischgutvarianten an Ausbaustücken erfolgte nach optischen Kriterien makroskopisch an Schnittflächen und mikroskopisch an angefertigten Dünnschliffen.

Zur Prüfung des mechanischen Gebrauchsverhaltens sah das Untersuchungsprogramm folgende Prüfungen bzw. Prüfverfahren vor:

- Verformungseigenschaften – Druck-Schwellversuche an Bohrkernen des Durchmessers 100 mm bei einer Prüftemperatur von 45 °C.
- Ermüdungseigenschaften – Dynamische 4-Punkt-Biegeversuche an Prismen mit der Abmessung 80 x 40 x 300 mm bei einer Prüftemperatur von 20 °C
- Kälteeigenschaften – Zugversuche an Prismen mit der Abmessung 60 x 40 x 160 mm bei +20 °C, 0 °C, -5 °C, -10 °C, -20 °C, -25 °C und -30 °C sowie Abkühlversuche von +20 °C bis -32 °C mit einer konstanten Abkühlrate von -10 K/h

2.2 Erkenntnisse aus den Gesamtuntersuchungen und Fazit

Zusammenfassend wurde Folgendes festgehalten:

- "Die Zugabe von Ausbauasphalt in Asphaltdeck- und Binderschichten hat in der im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrags ausgeführten Form (Kalt- bzw. Warmzugabe) keine praxisrelevanten Auswirkungen auf das mechanische Verhalten der untersuchten Deck- und Binderschichten.
- Die Wiederverwendung von Ausbauasphalt in höherwertigen Asphalttschichten wie Binder- und Deckschichten in der hier angewandten Form (Kaltzugabe in Verbindungen mit Erhöhung der Temperatur der neuen Mineralstoffe oder Warmzugabe mittels Paralleltrommel) ist bis zu den untersuchten Prozentsätzen (25 M.-% für Binderschichten, 20 M.-% für Deckschichten) grundsätzlich möglich.
- Der (...) maximal zulässige Anteil an Ausbauasphalt hängt sehr stark von der Homogenität des wiederzuverwendenden Ausbauasphalts ab. (...)
- Unter den Randbedingungen des vorliegenden Forschungsvorhabens waren keine Vorteile durch Verwendung einer Paralleltrommel zur Vorerwärmung eines Ausbauasphalts zu erkennen. Es wurde nämlich festgestellt, dass sich durch die Kaltzugabe – in Verbindung mit Erhöhung der Temperatur der neuen Mineralstoffe – Asphalte mit vergleichbaren mechanischen Eigenschaften und vergleichbarer Homogenität zu den Asphalten aus ausschließlich neuen Baustoffen herstellen lassen. (...)"

3 Felduntersuchungen 2008

Zur Untersuchung des Langzeitverhaltens der eingesetzten Asphaltvarianten wurden 17 Jahre später Felduntersuchungen durchgeführt und zur Überprüfung der Materialeigenschaften bzw. zur Bestimmung des mechanischen Verhaltens auch Bohrkernentnahmen. Die Bohrkernentnahme erfolgte dabei in Analogie zum Vorgehen bei der Anlage der Versuchsstrecke 1991. Eine Fotodokumentation der Oberfläche zum Zeitpunkt der Erstellung der Versuchsstrecke liegt zum Vergleich nicht vor.

Für die Untersuchungsfelder der Asphaltdeckschicht zeigt sich eine, auch für die bereits große Liegedauer, insgesamt wenig

auffällige und homogene Oberfläche in allen Untersuchungsfeldern.

Für die Untersuchungsfelder der Asphaltbinderschicht zeigt sich für BBS 2 ebenfalls eine insgesamt wenig auffällige und homogene Oberfläche. Im Untersuchungsbereich BBS 1 liegen einzelne ungleichmäßige, vergossene Risse und Flickstellen im Randbereich der Fahrbahn vor. Bei BBS 3 sind vergossene Risse neben der Rollspur und kleinere Risse in Querrichtung und Flickstellen im Randbereich der Fahrbahn zu erkennen. Diese Risse können aufgrund der Untersuchungen nicht der Deckschicht zugeschrieben werden. Es ist eher anzunehmen, dass eine mangelnde Tragfähigkeit im Randbereich der Konstruktion ursächlich war. Untersuchungen hierzu oder eine Schadensanalytik waren im Rahmen dieses Projekts leider aufgrund der zeitlichen Randbedingungen für die Probenahme in situ nicht möglich.

Die in allen Untersuchungsbereichen entnommenen Bohrkerneweisen vollen Schichtenverbund auf. Es wurden keine Materialverluste, Abbrüche oder Bindemittelanreicherungen in den relevanten Schichten oder auch in den weiteren Schichten festgestellt. Alle Bohrkerneweisen sind insgesamt als visuell nicht auffällig zu bezeichnen.

4 Laboruntersuchungen und Gegenüberstellung der Ergebnisse von 1991 und 2008

Die Untersuchung der mechanischen Kenngrößen und die Mischgutanalysen erfolgten entsprechend oder wenn nicht möglich in Anlehnung an die 1991 eingesetzten Prüfverfahren bzw. zugrunde liegenden Regelwerke/Vorgehensweisen.

Für alle Untersuchungsfelder zeigt sich eine große Übereinstimmung der Ergebnisse: die Korngrößenverteilungen und Bindemittelgehalte liegen in einem engen Bereich, auch die Hohlraumgehalte bestätigen sich.

Für die Bindemittleigenschaften liegen naturgemäß Unterschiede in den Eigenschaften zwischen den Untersuchungen im Jahr 1991 und 2008 vor.

So zeigt sich für die Asphaltdeckschicht eine Zunahme des Erweichungspunkts Ring und Kugel von bis zu +1 °C und eine Abnahme der Nadelpenetration zwischen -3 und -7 1/10 mm. Diese geringen Veränderungen sind nicht erwartungsgemäß, können aber u. a. mit einem vergleichsweise sehr geringen Hohlraumgehalt in situ erklärt werden.

Für die Asphaltbinderschicht zeigt sich stärkere Zunahme des Erweichungspunkts Ring und Kugel von bis zu +5 °C und eine Abnahme der Nadelpenetration zwischen -8 und -16 1/10 mm. Diese Ergebnisse entsprechen eher den Erwartungen an eine 17 Jahre alte Asphalttschicht.

4.1 Verformungseigenschaften

Die Prüfung der Verformungseigenschaften bzw. des Verformungswiderstands erfolgte mit dem Druck-Schwellversuch. Dieser wurden damals und heute prinzipiell nach gleicher Vorgehensweise durchgeführt, die aktuell in der TP Asphalt-StB, Teil 25 B1 beschrieben ist. Lediglich der Standard für zwei Versuchsparameter, die Oberspannung und die Prüftemperatur,

war im Jahr 1991 noch geringfügig niedriger. Diese Parameter wurden aber auch für heutigen die Prüfungen übernommen, sodass absolut gleiche Prüfbedingungen vorlagen.

Als Fazit der Untersuchungen wurde im Jahr 1991 festgehalten, dass die Verformungseigenschaften der Varianten der Deckschicht, wobei BDS 3 tendenziell schlechtere Eigenschaften aufweist, und der Binderschicht statistisch gleich sind.

Zusammenfassend lassen sich die Untersuchungen zu den Verformungseigenschaften damals und heute wie folgt zusammenfassen:

- Für die Deckschicht:
Variante BDS 2 ohne Ausbauphosphat ist heute statistisch am schlechtesten, alle Varianten weisen heute einen verbesserten Verformungswiderstand auf
- Für die Binderschicht:
Alle Varianten sind heute und damals statistisch gleich, weisen heute aber einen deutlich verbesserten Verformungswiderstand auf

4.2 Kälteeigenschaften/-flexibilität

Die Prüfung der Kälteeigenschaften bzw. der Kälteflexibilität erfolgte mit dem Abkühlversuch. Dieser wurde damals und heute prinzipiell nach gleicher Vorgehensweise durchgeführt, die aktuell in der TP Asphalt-StB, Verhalten von Asphalten bei tiefen Temperaturen beschrieben ist. Daher lagen absolut gleiche Prüfbedingungen vor.

Als Fazit der Untersuchungen wurde im Jahr 1991 festgehalten, dass die Kälteflexibilität der Varianten der Deckschicht und der Binderschicht statistisch gleich sind.

Als Ergebnis der Untersuchungen im Jahr 2008 auch im Vergleich mit den Ergebnissen von 1991 ergibt sich, dass die Kälteflexibilität der Varianten der

- Deckschicht alle heute und damals statistisch gleich sind, wobei die Varianten heute eine verschlechterte Kälteflexibilität aufweisen und der
- Binderschicht alle heute und damals statistisch gleich sind, wobei die Varianten heute eine deutlich verschlechterte Kälteflexibilität zeigen.

4.3 Ermüdungseigenschaften

Die Prüfung der Ermüdungseigenschaften erfolgte 1991 mit einem 4-Punkt-Biegeversuch. Diese Prüfung mit dem 4-Punkt-Biegebalken ist in den Folgejahren immer seltener zum Einsatz gekommen und quasi in Vergessenheit geraten. Daher lagen im Jahr 2008 auch keine Erfahrungen mit dem Prüfverfahren vor und es wurde das aktuell in Deutschland gängige und standardisierte Verfahren des Spaltzug-Schwellversuchs nach AL Sp-Asphalt für die Untersuchungen herangezogen. Daher ist ein direkter Vergleich der Ergebnisse der beiden Untersuchungskampagnen nicht möglich, wohl aber eine Einschätzung der Ermüdungseigenschaften zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten zwischen den Varianten.

Als Fazit der Untersuchungen wurde im Jahr 1991 festgehalten, dass die Ermüdungseigenschaften der Varianten der Deckschicht und der Binderschicht statistisch gleich sind.

Für die Untersuchungen 2008 im Spaltzug-Schwellversuch ergaben sich keine Auffälligkeiten bzw. deutliche Unterschiede in den Ergebnissen für die beiden hier untersuchten Varianten BDS 1 und BDS 3.

5 Folgerungen für die Praxis

Als Erkenntnisse der Untersuchungen der Jahre 1991 und 2008 kann festgehalten werden:

- Die Bindemittleigenschaften der Deckschicht haben sich nur unwesentlich verändert, das Bindemittel der Binderschicht hat sich in geringem Maß versprödet.
- Es sind auch nach einer Liegedauer von 17 Jahren keine Unterschiede im mechanischen Verhalten für die Schichten und Varianten feststellbar. Erwartungsgemäß wird das Verformungsverhalten mit der Zeit besser, die Kälteflexibilität schlechter. Bei der Binderschicht ist dieses Verhalten – aufgrund der stärker geänderten Bindemittleigenschaften – deutlicher ausgeprägt. Lediglich die Deckschichtvariante "ohne" BDS 2 zeigt heute im Vergleich ein schlechteres Verformungsverhalten; diese Variante weist auch als einzige in situ leichte Verformungen auf, wohingegen bei den anderen Deckschichtvarianten keine Auffälligkeiten erkennbar sind. Die Deckschichten wiesen insgesamt auch nach 17 Jahren Liegezeit einen guten Zustand der Oberfläche in situ auf.
- Auf Grundlage der hier durchgeführten Untersuchungen hat sich die Zugabe von 20 bzw. 25 M.-% Ausbauphosphat in den jeweiligen Schichten bewährt. Es sind keine Unterschiede für die in diesem Projekt durchgeführten Arten der Ausbauphosphatzugabe (warm/kalt, Aufbereitung der Baustoffe, Herstellung des Mischguts, Maschinenteknik u. a.) nachweisbar.