

Vergleichende Untersuchungen des Tieftemperaturverhalten und der Standfestigkeit von Gussasphalten mit verschiedenen Bindemitteln

FA 89.108

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. B. Steinauer)

Bearbeiter: Steinauer, B. / Scharnigg, K. / Yang, J.

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Abschluss: Dezember 2004

1. Problemstellung und Zielsetzung

Die Beläge auf Brücken (Schutz- und Deckschicht) müssen ebenso wie die Mischgüter im "normalen" Straßenbau die Anforderungen hinsichtlich der Zusammensetzung und Ausführung der ZTV Asphalt-StB sowie entsprechender ergänzender Regelwerke erfüllen. Auch die Anforderungen an die Brückenbeläge sind ähnlich bzw. dieselben. Sie reichen von einer hohen Verformungsbeständigkeit, geringen Rissempfindlichkeit, guten Griffigkeit, hohen Verschleißfestigkeit bis hin zu einer guten Haftung an der Unterlage. Allerdings ist besonderes Augenmerk bei der Konzeption des Belages, insbesondere im Hinblick auf die gestiegenen und auch weiterhin zunehmenden Verkehrsbeanspruchungen, auf das Gleichgewicht zwischen Verformungsbeständigkeit und Rissempfindlichkeit zu legen.

Durch eine geeignete Zusammensetzung der Schutz- und der Deckschicht ist sicherzustellen, dass diese Beläge, in der Regel Gussasphalt, einen hohen Verformungswiderstand bei starker Verkehrsbeanspruchung und hohen Temperaturen sowie eine geringe Rissempfindlichkeit bei niedrigen Temperaturen aufweisen, um dadurch die Empfindlichkeit gegenüber Spurrinnen und auftretenden Rissen zu minimieren. Weiterhin müssen die Beläge von Brücken, besonders Stahlbrücken, noch weitere Anforderungen erfüllen. Zum einen muss durch die Abdichtung die Fahrbahntafel vor dem Zutritt von Wasser und somit vor vorzeitiger Korrosion geschützt werden und auf der anderen Seite ist zwischen der Abdichtung und der Fahrbahntafel sowie zwischen der Abdichtung und der Schutzschicht ein guter und dauerhafter Verbund für eine lange Lebensdauer des Belages notwendig. Durch die infolge eines geringen Verformungswiderstandes auftretenden Spurrinnen wird die Verkehrssicherheit erheblich reduziert und es sind möglicherweise teure Baumaßnahmen zur Wiederherstellung der Ebenheit der Fahrbahn in Querrichtung notwendig. Andererseits neigen Beläge, die besonders verformungsbeständig zusammengesetzt sind, bei niedrigeren Temperaturen früher zur Rissbildung. Bei orthotropen Fahrbahnplatten treten diese Risse in der Regel im Bereich der Längsrippen auf. Auf Stahlbrücken führen Risse in der Deck- und Schutzschicht, die sich bis in die Abdichtung durchziehen, durch eindringendes Salzwasser zu einer verstärkten Korrosion der Fahrbahntafel. Diese erhöhten Anforderungen sind besonders bei Stahlbrücken in der Konzeptionsphase des Asphalts für die Schutz- und Deckschicht zu berücksichtigen. Denn bei diesen Brücken erfolgen relativ große Durchbiegungen des Fahrbahnbelags infolge der dynamischen Verkehrsbelastungen vor allem bei hohen Temperaturen im Vergleich zu Betonbrücken. Bei tiefen Temperaturen können diese Durchbiegungen infolge der Verkehrsbeanspruchung zu hohen Zugspannungen im Asphalt führen.

Zielsetzung dieses Projektes ist es, im Rahmen von Laboruntersuchungen, wie dem Spurbildungsversuch, der Dauerschwellbiegeprüfung, dem Biegezugversuch und dem statischen Stempeldringversuch, herauszufinden, ob der Einsatz von PmB 25A neben den in den "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Stahl" (ZTV BEL-ST 92) zugelassenen PmB 45A oder PmB 45B für Schutz- und Deckschichten auf Brücken im Zuge von Straßen mit besonderen Beanspruchungen sowie bei den Bauklassen SV, I und II möglich ist. Seit der Einführung der ZTV BEL-ST ist die Verwendung von nicht polymermodifizierten Bitumen für die Schutz- und Deckschicht auf Stahlbrücken nicht mehr zulässig. Das bedeutet, dass im Rahmen der Untersuchungen nachgewiesen werden soll, ob "härtere" polymermodifizierte Bindemittel, die zur Verringerung der Gefahr von Spurrinnenbildung verwendet werden, einen Einfluss auf das Tieftemperaturverhalten insbesondere die Rissempfindlichkeit der daraus hergestellten Gussasphalte haben und somit ggf. zusätzlich zu den PmB 45A auf Stahlbrücken eingesetzt werden können.

2. Vorgehensweise

Als Bindemittel für die Untersuchungen waren neben einem Bitumen 30/45, welches als Vergleichsbindemittel genutzt wurde, ein PmB 45A, wie in der ZTV BEL-ST für die Schutz- und Deckschicht von Gussasphalt auf Stahlbrücken im Zuge von Straßen der Bauklassen SV, I und II sowie Straßen mit besonderen Beanspruchungen vorgeschrieben ist, ein PmB 25A, ein PmB 25A für den Einsatz bei reduzierten Anwendungstemperaturen sowie ein Sonderbindemittel mit die Standfestigkeit erhöhenden Eigenschaften vorgesehen. Nach Beginn der Untersuchungen wurden zusätzlich zu den 5 Bitumen noch drei weitere Bitumen (ein PmB 25A sowie zwei Sonderbindemittel) mit in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Insgesamt kamen Bindemittel von vier verschiedenen Herstellern zum Einsatz.

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen soll das kritische Tieftemperatur- und Ermüdungsverhalten der Asphalte durch Dauerschwellbiegeprüfungen und Biegezugversuche ermittelt werden. Die Durchführung von Spurbildungsversuchen an Gussasphaltprobeplatten diente in erster Linie der Erfahrungssammlung; die Versuchsergebnisse sollten nicht vordergründig für die Beurteilung der Standfestigkeit herangezogen werden. Die Standfestigkeit sollte entsprechend der TP BEL-ST mit Hilfe der statischen Stempeldringtiefe bewertet bzw. beurteilt werden.

3. Ergebnisse

Die durchgeführten Stempeldringversuche bei verschiedenen Temperaturen sind wenig aussagekräftig in Bezug auf das Verformungsverhalten. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde die Eindringtiefe bei 40 °C der verschiedenen Bitumen optimiert. Demzufolge lässt sich anhand dieser Werte keine Aussage treffen. Die zusätzlich durchgeführten Stempeldringversuche bei 50 °C und 60 °C zeigen ein anderes Bild, als es erwartet wurde. Bei den höheren Temperaturen steigen die Stempeldringtiefen der modifizierten Bitumen im Vergleich zu den Werten bei 40 °C viel stärker als beim Bitumen 30/45 an. Vor Versuchsbeginn war erwartet worden, dass die Werte des Bitumen 30/45 stärker zunehmen als die Eindringtiefen der anderen Bitumen. Der durchgeführte Spurbildungsversuch mit Gummirad im Luftbad bei 50 °C erfüllte diese "Erwartungen".

Anhand der ermittelten Ergebnisse war festzustellen, dass zum einen die modifizierten Bitumen niedrigere Spurrinntiefen als das Bitumen 30/45 aufwiesen und zum anderen zwischen dem PmB 45A und den PmB 25A sowie den Sonderbindemitteln ebenfalls ein Unterschied in der Spurrinntiefe zu Gunsten der "härteren" Bitumen festgestellt werden konnte.

Anhand dieser durch die vergleichenden Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse lässt sich feststellen, dass die Beurteilung der Verformungsbeständigkeit von Gussasphalt mit dem Spurbildungsversuch bei Verwendung der gewählten Prüfparameter realitätsnäher als die Beurteilung durch den statischen Stempelindringversuch ist.

Mit den Biegezugversuchen lässt sich anhand der Einzelergebnisse nur schlecht auf das Tieftemperaturverhalten der Asphalte bzw. Bitumen schließen. Zum einen weisen diese Werte relativ starke Streuungen auf und zum anderen ist zwischen den einzelnen Prüftemperaturen und der Biegezugfestigkeit sowie der Bruchdehnung kaum ein Zusammenhang erkennbar. Aus diesem Grund wurde versucht, durch die Bildung von Quotienten bei verschiedenen Temperaturen einen Grenzwert zu ermitteln. Dabei wurden die Ergebnisse der Dauerschwellbiegeversuche bei der Bestimmung des Grenzwertes berücksichtigt, das heißt, dass die Bitumen deren Tieftemperaturverhalten im Dauerbiegeschwellversuch als gut beurteilt wurde auch anhand des Quotienten als gut beurteilt werden. Als so genannte Referenzbitumen dienen das PmB 25A (III), das PmB 25A (TR) (III) und das PmB H (II). In der Gleichung wurde sowohl die Biegezugfestigkeit als auch die Bruchdehnung bei bestimmten Temperaturen berücksichtigt, da aus der Literatur bekannt ist, dass Gemische bzw. Bitumen vorteilhaft sind, die eine möglichst hohe Bruchdehnung und hohe Zugfestigkeit aufweisen. Das Tieftemperaturverhalten der einzelnen Bitumen lässt sich am besten mit dem Dauerbiegeschwellversuch, der zudem auch noch sehr praxisnah ist, beurteilen. Anhand der Ergebnisse ist festzustellen, dass das PmB 25A in der Regel ein besseres bzw. ein gleich gutes Verhalten wie das PmB 45A aufweist. Eine positive Ausnahme bilden hierbei die beiden Bitumen des Herstellers (III) PmB 25A und PmB 25A (TR), welche bei der Dauerschwellbiegeprüfung unabhängig von der Belastung im Vergleich zu den anderen Bitumen kaum Risse zeigten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass der Einsatz des PmB 25A zusätzlich zu dem PmB 45A auf Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten zu empfehlen ist, da die "härteren" Bitumen sowohl ein besseres Verformungsverhalten sowie auch ein zumindest gleichgutes Tieftemperaturverhalten aufweisen. Ebenso wird deutlich, dass PmB's 25A unterschiedlicher Hersteller auch unter Berücksichtigung der verschiedenen Bindemittelgehalte (PmB 25A (I): 7,5 M.-%; PmB 25A (III): 7,1 M.-%), die in der Eignungsprüfung ermittelt wurden, Unterschiede in dem Verformungs- als auch Tieftemperaturverhalten aufweisen. Bei einem höheren Bindemittelgehalt wird ein schlechteres Verformungsverhalten, aber ein besseres Tieftemperaturverhalten als bei einem Gussasphalt mit weniger Bindemittel erwartet. Bei den Versuchsergebnissen zeigte sich, dass der Gussasphalt mit dem geringeren Bindemittelgehalt sowohl ein besseres Verformungs- als auch Tieftemperaturverhalten aufwies.

4. Empfehlungen

Bei den Belägen von Brücken, insbesondere bei Stahlbrücken, ist besonderes Augenmerk auf die Konzeption der Schutz- und der Deckschicht zu legen.

In der Regel werden diese beiden Schichten aus Gussasphalt 0/11S mit einer Dicke von jeweils 3,5 cm auf dem nach ZTV-BEL-ST gewählten Abdichtungssystem eingebaut. Als Bindemittel darf nach ZTV BEL-ST nur PmB 45A oder PmB 45B

eingesetzt werden. Auch wenn sich seit dem Einsatz von polymermodifizierten Bindemitteln die Dauerhaftigkeit der Brückenbeläge deutlich verbessert hat, werden in der Praxis relativ häufig Spurrinnen im Bereich der Rollspuren beobachtet.

Aus diesem Grund ist man bestrebt, den Gussasphalt für die Schutz- und Deckschicht von Stahlbrücken mit "härteren" Bindemitteln herzustellen, um die Spurrinnenbildung zu minimieren bzw. ggf. zu verhindern. Allerdings wird befürchtet, dass sich der Einsatz von "härteren" Bindemitteln negativ auf das Tieftemperaturverhalten des Asphalts auswirkt, wodurch infolge von Rissen im Gussasphalt die Korrosionsgefahr der Fahrbahntafel erhöht sowie die Dauerhaftigkeit der Gesamtkonstruktion gefährdet wird.

Im Rahmen dieses Projektes sollte der Fragestellung nachgegangen werden, ob sich der Einsatz eines "härteren" polymermodifizierten Bindemittels (z. B. PmB 25A) nachteilig auf das Tieftemperaturverhalten des Asphalts auswirkt. Gleichzeitig sollten auch vergleichende Untersuchungen zum Standfestigkeitsverhalten bei hohen Temperaturen durchgeführt werden.

In die Untersuchungen wurden insgesamt acht verschiedene Bitumen einbezogen. Darunter ein Bitumen 30/45 und ein PmB 45A als Referenzbindemittel sowie zwei PmB 25A verschiedener Hersteller und mehrere Sonder- bzw. höhermodifizierte Bindemittel.

Das Tieftemperaturverhalten wurde durch Biegezugversuche bei vier verschiedenen Temperaturen an Asphaltprismen sowie durch Dauerschwellbiegeversuche an Probekörpern, die einen Ausschnitt des Deckbleches einschließlich Abdichtungssystem sowie Gussasphaltschutz- und -deckschicht in den Originaldicken darstellen, untersucht. Die Verformungsbeständigkeit der Asphalte bei hohen Temperaturen wurde zum einen durch statische Stempelindringversuche bei verschiedenen Temperaturen als auch durch Spurbildungsversuche bestimmt. Die Ergebnisse der Spurbildungsversuche sollten ursprünglich nur der Erfahrungssammlung dienen, allerdings zeigt sich im Laufe der Versuchsdurchführung, dass dieser Versuch besser zur Beurteilung der Verformungsbeständigkeit des Gussasphaltes geeignet ist als der statische Stempelindringversuch. Anhand der Ergebnisse des statischen Stempelindringversuches wurde bereits im Rahmen der Eignungsprüfung der Bindemittelgehalt der einzelnen Asphalte festgelegt. Die Eindringtiefe sollte dabei am Probewürfel ca. 2 mm nach 30 min betragen. Somit kann anhand der registrierten Stempelindringtiefen bei 40 °C nicht auf die Standfestigkeit der Gussasphalte geschlossen werden, zumal die Ergebnisse der Stempelindringtiefen bei höheren Temperaturen (50 °C und 60 °C) ein vollkommen anderes Bild zeigen als die Ergebnisse des Spurbildungsversuches. Bei den statischen Stempelindringversuchen bei 50 °C und 60 °C weist beispielsweise der Gussasphalt mit dem Bitumen 30/45 geringere Eindringtiefen als die Gussasphalte mit polymermodifizierten Bitumen auf. Bei den Ergebnissen der Spurbildungsversuche, die abweichend von der TP A-StB Teil: Spurbildungsversuch im Luftbad bei 50 °C mit dem Gummirad durchgeführt wurden, zeigte sich, dass die gemessenen Spurrinntiefen von Gussasphalt mit Bitumen 30/45 über PmB 45A bis hin zum PmB 25A und den Sonderbindemitteln immer weiter abnehmen. Somit kann geschlussfolgert werden, dass durch den Spurbildungsversuch, als dynamisches Prüfverfahren, die Verformungseigenschaften wesentlich besser als durch den statischen Stempelindringversuch beurteilt werden können.

Das Tieftemperaturverhalten der untersuchten Gussasphalte lässt sich durch die Dauerschwellbiegeprüfung besser beurteilen als durch die Biegezugversuche. Allerdings eignen sich die Dauerschwellbiegeversuche aufgrund der aufwendigen Probenherstellung, der Probekörperabmessungen sowie der langen

Versuchsdauer (ca. 14 h) nicht für eine regelmäßige Durchführung. Allerdings zeigen die Ergebnisse der Biegezugversuche kein einheitliches Bild, sodass sie für eine Beurteilung des Tieftemperaturverhaltens nicht herangezogen werden können. Da sich dieser Versuch auch durch die Art der Belastung (weggeregelt) von den Dauerschwellbiegeversuchen (kraftgeregelt) unterscheidet. Anhand der Ergebnisse der Biegezugversuche lässt sich nicht direkt auf das Verhalten der Gussasphalthe in der Praxis schließen. Mit der Ermittlung einer Gleichung bzw. eines Grenzwertes wurde versucht die Ergebnisse der Dauerbiegeschwellversuche auf die Biegezugversuche zu übertragen. Allerdings ist dies wahrscheinlich in der Praxis nicht von großem Erfolg, weil die Werte der Biegezugversuche stark streuen.

In weiteren Untersuchungen sollte ein Verfahren entwickelt werden, in dem man mit relativ geringen Aufwand das Tieftemperaturverhalten der Gussasphaltbeläge auf Stahlbrücken möglichst praxisnah untersuchen kann, da sich weder der Dauerbiegeschwellversuch, aufgrund der hohen Kosten, noch der Biegezugversuch, starke Streuung der Ergebnisse sowie nur Prüfung des Gussasphaltes nicht des gesamten Systems aus Deckblech, Abdichtungssystem und Gussasphalt, für eine solche Prüfung eignen.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen lässt sich feststellen, dass der Einsatz von "härteren" polymermodifizierten Bitumen auf Stahlbrücken in der Praxis zur Erhöhung der Wärmestandfestigkeit der Gussasphaltbeläge möglich ist. Die Ergebnisse der Spurbildungsversuche zeigen, dass die PmB 25A als auch die Sonderbindemittel geringere Spurrindentiefen als das PmB 45A und das Bitumen 30/45 aufweisen. Durch die Verwendung von PmB 25A und den Sonderbindemitteln wurde im Vergleich zum PmB 45A sowie Bitumen 30/45

kein negatives Tieftemperaturverhalten festgestellt. Stattdessen zeigen sogar viele Bindemittel im Rahmen der Dauerschwellbiegeversuche ein teilweise wesentlich besseres Tieftemperaturverhalten als das Referenzbindemittel.

Durch die vorliegenden Ergebnisse ist der Einsatz des PmB 25A zusätzlich zum PmB 45A für Gussasphaltbeläge auf Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten, vor allem in Bereichen, die durch den Schwerlastverkehr stark beansprucht werden, möglich, als auch im Hinblick auf die Verkehrssicherheit, da selbst beim Einsatz des PmB 45A relativ starke Verformungen bei hohen Beanspruchungen auftreten können, zu empfehlen. Allerdings wurde auch festgestellt, dass es Unterschiede zwischen den PmB 25A verschiedener Hersteller in Bezug auf das Verformungsverhalten als auch das Tieftemperaturverhalten, gibt. Bei dem Einsatz von PmB 25A als auch PmB 45A sollte im Rahmen der Eignungsprüfung neben dem Verformungsverhalten zusätzlich das Tieftemperaturverhalten der hergestellten Asphalte beurteilt werden.

Bei weiteren Versuchen ist darauf zu achten, dass die Gussasphalte nach Möglichkeit nach dem gleichen Prinzip hergestellt werden, das bedeutet gleiche Temperatur und Verweilzeit im Mischer, um die Ergebnisse der weiteren Untersuchungen miteinander vergleichen zu können, ggf. sollte im Rahmen eines Forschungsprojektes ein Verfahren zu Herstellung von Gussasphalt im Labor mit praxisadäquaten Eigenschaften entwickelt werden.

Zum Nachweis der Praxisrelevanz der Ergebnisse sollte in einem nächsten Schritt Gussasphalt mit einem Bindemittel, welches sich als geeignet durch die Untersuchungen herausgestellt hat, auf einer Stahlbrücke eingebaut und beobachtet werden. □