

Einfluss von Qualitätsunterschieden polymermodifizierter bitumenhaltiger Bindemittel gleicher Sorte auf das mechanische Verhalten von Asphalten, Teil 1: Verformungsverhalten bei Wärme

FA 7.225

Forschungsstelle: Nordlabor GmbH für bautechnische Prüfung, Pinneberg

Bearbeiter: Hase, M./Oelkers, C./Schindler, K.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Februar 2011

1 Aufgabenstellung und Ziel des Forschungsvorhabens

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es herauszufinden, ob sich unterschiedliches rheologisches Stoffverhalten verschiedener Bindemittel gleicher Sorte auf das Verformungsverhalten der Asphalte bei Wärme auswirkt. Mit dieser Kenntnis können Anforderungswerte für Bindemittel hinsichtlich rheologischer Bindemittelkenndaten empfohlen und somit als Vertragsbestandteil in Funktionsbauverträgen oder Leistungsverzeichnissen aufgenommen werden.

2 Untersuchungsmethodik

Zur Bestimmung des unterschiedlichen rheologischen Stoffverhaltens verschiedener Bindemittel gleicher Sorte auf das Verformungsverhalten von Asphalt wurden drei Bitumensorten (25/55-55A, 40/100-65A, 10/40-65A) von jeweils vier verschiedenen Herstellern verwendet. Als Mischgutvarianten wurden zwei Deckschichtvarianten (AC11DS, SMA11S) und eine Asphaltbindervariante (AC16BS) ausgewählt.

Zur Ermittlung etwaiger Einflüsse unterschiedlicher Hohlraumgehalte der Asphalte auf die Verformungseigenschaften bei Wärme wurden je Asphaltvariante Probekörper mit zwei unterschiedlichen Verdichtungsgradniveaus ($k_1 = \text{ca. } 100\%$, $k_2 = \text{ca. } 97\% - 98\%$) vorgesehen.

Es wurden Untersuchungen zur Bestimmung von konventionellen und rheologischen Bindemittleigenschaften (EwP RuK, Pen, el-R, KD, DSR, MSCR) im Lieferzustand und im gemäß DIN EN 12607-1 gealterten Zustand (RTFOT-Verfahren) sowie zur Charakterisierung des Verformungsverhaltens von Asphalt (einaxialer Druckschwellversuch gemäß TP A-StB Ausgabe 1999, dyn. Eindringversuch gemäß Entwurf TP A-25 A2 vom Februar 2009, triaxialer Druckschwellversuch in Anlehnung an

DIN EN 12697-25 Teil B und unter Berücksichtigung der Erfahrungen des Institutes für Straßenwesen der Technischen Universität Braunschweig) durchgeführt.

3 Untersuchungsergebnisse und Auswertung der Ergebnisse

In diesem Abschnitt sollen die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen zur Ansprache der Bitumeneigenschaften und des Verformungsverhaltens von Asphalt sowie die gewonnenen Erkenntnisse aus der Auswertung der Ergebnisse mittels mathematisch-statistischer Verfahren wiedergegeben werden.

3.1 Ergebnisse und Auswertung der Untersuchungen zur Ansprache der Bitumeneigenschaften

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Ansprache der Bindemittleigenschaften belegen, dass signifikante Unterschiede in technischen Eigenschaften von Bitumen gleicher Sorte und unterschiedlicher Hersteller in 90 % der untersuchten Varianten vorhanden sind.

Außerdem konnte festgestellt werden, dass anstelle der untersuchten konventionellen Bindemittleigenschaften durch die Bestimmung der rheologischen Eigenschaften deutlicher signifikante Unterschiede im Materialverhalten von Bitumen gleicher Sorte aber verschiedener Hersteller nachgewiesen werden können.

Aus der Auswertung mittels mathematisch-statistischer Verfahren geht hervor, dass hinsichtlich der rheologischen Bitumeneigenschaft Phasenwinkel bei 50 °C nach RTFOT-Alterung für alle drei verschiedenen Bitumensorten signifikante Differenzen in den Mittelwerten zwischen allen vier Produkten der unterschiedlichen Bitumenhersteller, d. h., vier homogene Gruppen mit jeweils nur einem Produkt eines Herstellers, festgestellt werden konnten.

Bei zwei der drei untersuchten Bitumensorten (25/55-55A und 40/100-65A) war der im letzten Satz aufgeführte Zusammenhang auch für die rheologischen Bitumeneigenschaften durchschnittliche, prozentuale Erholung im Lieferzustand bei 1600 Pa und 3200 Pa (MSCR-Test) zu konstatieren.

Tabelle 1: Empfohlene Anforderungswerte

Mischgutart/Verdichtungsgrad/ Bitumensorte	SMA11S / ca. 97 % – 98 % / 25/55-55A		SMA11S / ca. 97 % – 98 % / 40/100-65A	
	Anforderungswert durch., proz. Erholung bei 50 °C und 3200 Pa (MSCR-Test) [%]	Anforderungswert Phasenwinkel nach RTFOT-Alterung bei 50 °C (DSR-Analytik) [°]	Anforderungswert durch., proz. Erholung bei 50 °C und 3200 Pa (MSCR-Test) [%]	Anforderungswert Phasenwinkel nach RTFOT-Alterung bei 50 °C (DSR-Analytik) [°]
Bauklasse IV und höher	mindestens 30,6	höchstens 61,3	mindestens 53,8	höchstens 64,6
Bauklasse III-II	mindestens 37,0	höchstens 59,9	mindestens 60,2	höchstens 62,1
Bauklasse SV und I mit normalen Beanspruchungen	mindestens 41,4	höchstens 59,3	mindestens 64,7	höchstens 61,0
Bauklasse SV und I mit besonderen Beanspruchungen				
bis 20 Mio. äAÜ innerhalb 10 Jahren	mindestens 47,4	höchstens 58,7	mindestens 70,7	höchstens 60,0
bis 30 Mio. äAÜ innerhalb 10 Jahren	mindestens 52,0	höchstens 58,4	mindestens 75,3	höchstens 59,5
bis 50 Mio. äAÜ innerhalb 20 Jahren	mindestens 57,1	höchstens 58,2	mindestens 80,3	höchstens 59,1
bis 70 Mio. äAÜ innerhalb 20 Jahren	mindestens 59,4	höchstens 58,1	mindestens 82,6	höchstens 59,0

3.2 Ergebnisse und Auswertung der Untersuchungen zur Ansprache des Verformungsverhaltens von Asphalt

Als Kenngrößen zur Beschreibung des Verformungsverhaltens von Asphalt wurden für die drei verschiedenen Prüfverfahren die Dehnung im Wendepunkt bzw. am Versuchsende und die Dehnungsrate im Wendepunkt bzw. am Versuchsende ausgewertet.

Die Dehnungsraten sowie die Dehnungen ermittelt mit dem dyn. Eindringversuch und dem triaxialen Druckschwellversuch lassen sich nicht so eindeutig bezüglich der Produkte verschiedener Bitumenhersteller differenzieren, wie es bei den Ergebnissen der einaxialen Druckschwellversuche festgestellt wurde.

4 Vergleich der verschiedenen Bitumeneigenschaften mit den Ergebnissen der Verformungsversuche (Regressionsanalysen)

Um Anforderungswerte für Bindemittel hinsichtlich rheologischer Kennwerte empfehlen zu können, wurden mit einfachen Regressionsanalysen Korrelationen zwischen den Bindemittelleigenschaften und den Asphaltkennwerten aufgestellt.

Die Analyse ergab, dass die an verschiedenen Asphaltvarianten mit unterschiedlichen Bitumensorten in einaxialen Druckschwellversuchen an Marshall-Probekörpern und Bohrkernen festgestellten Dehnungsraten am besten mit den im MSCR-Test bei 50 °C festgestellten Bitumeneigenschaften der durchschnittlichen, prozentualen Erholungen bei 1600 Pa und 3200 Pa Lieferzustand korrelieren. Eine weitere gute Korrelation bestand zwischen der o. g. Asphaltkenngröße und dem Phasenwinkel bei 50 °C nach RTFOT-Alterung.

5 Interpretation der Ergebnisse und Empfehlung von Anforderungswerten

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen wurden mit aus der Literatur zu entnehmenden Beurteilungskriterien zum Erreichen eines bei Wärme ausreichend verformungsbeständigen Asphaltes verknüpft.

Der Literatur konnten Bewertungshintergründe bzw. Beurteilungsmaßstäbe hinsichtlich der im einaxialen Druckschwell-

versuch ermittelten Dehnungsrate entnommen werden, die sich allerdings nur auf die Asphaltart Splittmastixasphalt mit einem Größtkorn von 11 mm beziehen.

Daher wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens lediglich für die o. g. Mischgutsorte jeweils für die Bitumen 25/55-55A und 40/100-65A Anforderungswerte zum Erreichen eines verformungsbeständigen Asphalts für die Bitumeneigenschaften Phasenwinkel bei 50 °C nach RTFOT-Alterung (DSR) und für die Eigenschaft durchschnittliche, prozentuale Erholung bei 50 °C und 3200 Pa (MSCR) abgeleitet.

In der Tabelle 1 sind die für Splittmastixasphalt SMA11S mit einem Verdichtungsgrad zwischen ca. 97 % und 98 % empfohlenen, aufgestellten Anforderungswerte hinsichtlich der o. g. Bitumeneigenschaften in Abhängigkeit von der zu erwartenden Verkehrsbeanspruchung für die Bitumensorten 25/55-55A sowie 40/100-65A wiedergegeben.

Zur Ableitung der Anforderungswerte gemäß Tabelle 1 wurden Regressionsgleichungen verwendet, die auf Ergebnisse von Prüfungen an Marshallprobekörpern beruhen.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass sich bei höheren Verdichtungsgraden des Splittmastixasphaltes, bei z. B. ca. 100 %, die signifikanten Unterschiede im rheologischen Materialverhalten Bitumen gleicher Sorte aber unterschiedlicher Hersteller bezüglich eines ausreichenden Verformungswiderstandes des Asphalts bei Wärme erst bei sehr starker Verkehrsbeanspruchung (höher Bauklasse SV und I mit normalen Beanspruchungen) auswirken.

6 Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse hinsichtlich der durch rheologische Prüfverfahren festgestellten signifikanten Unterschiede im Materialverhalten von Bitumen gleicher Sorte jedoch unterschiedlicher Hersteller und der daraus resultierenden Einflüsse auf das Verformungsverhalten von Asphalten bei Wärme, sollte der Ermittlung rheologischer Bitumeneigenschaften zukünftig in der Straßenbaupraxis im Vergleich zu den herkömmlichen, konventionellen Bitumenkenngrößen deutlich mehr Beachtung gewidmet werden.

Für die Praxis ist in diesem Zusammenhang vor allem von Interesse, dass eher rheologische Bitumeneigenschaften das Verformungsverhalten bei Wärme von Asphalten beeinflussen, die von der Elastizität bzw. vom Rückstellvermögen und weniger von der Steifigkeit (z. B. komplexer Schubmodul G^*) der Bitumen geprägt sind.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens empfohlenen Anforderungswerte für die oben genannten Bitumeneigenschaften bezüglich Splittmastixasphalt, mit Verdichtungsgraden zwischen ca. 97 % bis 98 %, können für den Asphalttechnologen bereits während der Erstellung der Erstprüfung sehr hilfreich sein. In Abhängigkeit von der zu erwartenden Verkehrsbeanspruchung kann insbesondere für den Fall, dass der nach den ZTV Asphalt-StB 07 geforderte Verdichtungsgrad gerade erreicht wird, ein Bitumen gewählt werden, durch dessen Einsatz die Konzeption eines bei Wärme verformungsbeständigen Asphalttes möglich ist.

Aus der Fachliteratur geht hervor, dass mit Zunahme der im axialen Druckschwellversuch festgestellten Dehnungsrate die sich in situ einstellende Spurrinnenentwicklung schneller voranschreitet. Aufgrund der Erkenntnisse des Forschungsvorhabens führen höhere durchschnittliche, prozentuale Erholungen bei 50 °C und 1 600 Pa bzw. 3 200 Pa des verwendeten Bitumens im Lieferzustand sowie niedrigere Phasenwinkel bei 50 °C nach RTFOT-Alterung des eingesetzten Bitumens zu niedrigeren Dehnungsraten von Splittmastixasphalt. Daraus folgt, dass bei den genannten Tendenzen dieser Bitumenkenngrößen geringere Spurrinntiefen in einem zu betrachtenden Zeitraum zu erwarten sind. Die genannten Einflussgrößen wirken sich demnach auf ein wesentliches Qualitätsmerkmal – möglichst geringe Spurrinntiefen – der Fahrbahnbefestigung aus.

Um in systematischer Weise eine Qualitätsverbesserung des Asphaltts, d. h., eine Verlängerung der Nutzungsdauer der Straße, d. h., eine Straßenoberfläche möglichst lange mit geringen Spurrinntiefen, eine Verzögerung der nächsten Instandsetzung und somit eine Entlastung der Volkswirtschaft zu erzielen, wird aufgrund der festgestellten Ergebnisse des Forschungsprojektes empfohlen, eine der folgenden zwei Vorgehensweisen für die Praxis zu wählen:

1.) Aufnahme der empfohlenen Anforderungswerte für Bitumen einer für den Anwendungsfall maßgebend zu wählenden Sorte hinsichtlich der o. g. rheologischen Bitumeneigenschaften in Funktionsbauverträgen oder Leistungsverzeichnissen, wenn ein Mindestverdichtungsgrad des Splittmastixasphalttes von mindestens 97 % vorgesehen werden soll. Dadurch können die gerade bei Verdichtungsgraden zwischen ca. 97 % bis 98 % deutlichen Auswirkungen der signifikanten Unterschiede im rheologischen Stoffverhalten von Bitumen gleicher Sorte auf das Verformungsverhalten des Splittmastixasphalttes bei Wärme beeinflusst werden.

oder

2.) Definition eines Mindestverdichtungsgrades von deutlich über 98 % (z. B. 99 % – 100 %) als Anforderungswert in Funktionsbauverträgen oder Leistungsverzeichnissen, um sicher zu

stellen, dass sich die vorhandenen signifikanten Unterschiede im rheologischen Materialverhalten von Bitumen gleicher Sorte nicht oder nur geringfügig auf das Verformungsverhalten von Splittmastixasphalt bei Wärme auswirken, was mit Ausnahme sehr großer Verkehrsbeanspruchungen (höher Bauklasse SV und I mit normalen Beanspruchungen) dann der Fall ist.

Außerdem soll erwähnt werden, dass auch für Asphaltbeton, für Asphaltdeckschichten und für Asphaltbinder Regressionsgleichungen in analoger Weise, wie für den Splittmastixasphalt ermittelt wurden. Leider fehlen für diese Mischgutsorten zurzeit noch Bewertungshintergründe, um Anforderungswerte für rheologische Bitumeneigenschaften ableiten zu können.

Daher sollte dringend an der Schaffung von Bewertungshintergründen für andere Asphaltarten gearbeitet werden. Aus den in diesem Forschungsvorhaben aufgestellten Regressionsgleichungen für Asphaltbeton für Asphaltdeckschichten und für Asphaltbinder könnten dann, unter Verwendung des "neuen" Bewertungshintergrundes, schnell Anforderungswerte für rheologische Bitumeneigenschaften abgeleitet werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes konnten, wie beschrieben, auf der Basis eines Bewertungshintergrundes für die Ergebnisse einaxialer Druckschwellversuche an Splittmastixasphalt, Anforderungswerte für rheologische Bitumeneigenschaften empfohlen werden, was für den dynamischen Eindringversuch, gemäß des Entwurfes der Technischen Prüfvorschrift TP A-25 A2 "Dynamischer Eindringversuch an Walzasphalt" vom Februar 2009 und den triaxialen Druckschwellversuch, in Anlehnung an DIN EN 12697-25 Teil B, und unter Berücksichtigung der Erfahrungen des Institutes für Straßenwesen der Technischen Universität Braunschweig nicht gelang. Somit bleibt die Frage, ob durch Änderungen der Prüfbedingungen und/oder der Auswertung der Messergebnisse bei den beiden zuletzt genannten Prüfmethoden sich die signifikanten Unterschiede im rheologischen Materialverhalten der Bitumen gleicher Sorte und verschiedener Hersteller auf Ergebnisse der genannten Verformungsversuche auswirken können, unbeantwortet. Diesbezüglich sind nach Auffassung des Forschungsnehmers weitere Forschungsaktivitäten erforderlich.

Der Vollständigkeit halber wird angemerkt, dass sich die o. g. TP A-25 A2 zurzeit in Bearbeitung befindet.

Die aus diesem Forschungsvorhaben resultierenden Ergebnisse sollten in der Praxis durch den Bau und der Überwachung von Teststrecken validiert werden.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass die Nutzungsdauer einer Fahrbahnbefestigung aus Asphalt neben dem Verformungsverhalten bei Wärme auch vom Steifigkeits-, Ermüdungs- und Kälteverhalten abhängt. Ob ein Einfluss von Qualitätsunterschieden polymermodifizierter bitumenhaltiger Bindemittel gleicher Sorte auf diese drei zuletzt genannten Eigenschaften besteht, soll in einem weiteren Teil dieses Forschungsprojektes untersucht werden.