

Veränderung der Eigenschaften polymermodifizierter Bitumen während Herstellung, Lagerung, Transport und Einbau von Asphaltmischgut

FA 7.179

Forschungsstelle: Technische Universität Braunschweig,
Institut für Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing.
R. Leutner)

Bearbeiter: Hagner, T. / Feßer, A.
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn
Abschluss: Juli 2000

1. Aufgabenstellung

Die steigende Verkehrsbelastung und die daraus resultierenden erhöhten Beanspruchungen der Straßenbefestigung erfordern den Einsatz qualitativ hochwertiger Baustoffe, die die Dauerhaftigkeit der Straßenbeläge gewährleisten. Infolgedessen werden in zunehmendem Maße polymermodifizierte Bitumen im Asphaltstraßenbau – insbesondere im Asphaltbinder und im Splittmastixasphalt – zur Verbesserung der Gebrauchseigenschaften der Straßenbefestigung eingesetzt, obwohl die Einflüsse des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses auf die Eigenschaften von polymermodifiziertem Bitumen und somit auch auf die angestrebten Verbesserungen der Asphalteeigenschaften nicht vollständig geklärt sind.

Um die bestehenden Kenntnislücken hinsichtlich der Einflüsse der Mischgutproduktion auf die Eigenschaften von polymermodifiziertem Bitumen zu schließen, wurden drei Baumaßnahmen begleitet, bei denen im Verlauf des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses die Entnahme von Asphaltproben nach dem Mischen, der Silierung, dem Transport sowie dem Einbau und der Verdichtung erfolgte. Zur Beurteilung der Veränderungen der Bindemittelleigenschaften wurden zuvor an der Mischanlage Bindemittelproben der Bitumen im Anlieferungszustand entnommen.

Der Untersuchungsumfang umfasst acht polymermodifizierte Bitumen der Sorten PmB 25 A, PmB 45 A und PmB 65 A unterschiedlicher Hersteller und wurde komplettiert durch zwei als Vergleichsmaßstab dienende Straßenbaubitumen B 45 und B 65.

Mit der systematischen Variation, die außerdem zwei Mischanlagenstandorte und zwei Asphaltarten – Asphaltbinder und Splittmastixasphalt – einschließt, bestand die Möglichkeit, die Einflüsse

- der einzelnen Herstellungsschritte,

- der Bindemittelsorte,
- der Bindemittelprodukte
- und exemplarisch auch der Zusammensetzung des Asphaltmischgutes auf die Veränderungen der Eigenschaften von polymermodifiziertem Bitumen während der Mischgutproduktion zu untersuchen.

2. Untersuchungsmethodik

An den entnommenen Proben der polymermodifizierten Bitumen im Anlieferungszustand wurden die Bindemittelleigenschaften gemäß DIN 52000 ff. bestimmt und hinsichtlich der in den TL-PmB formulierten Anforderungswerte überprüft. Die als Vergleichsmaßstab dienenden Straßenbaubitumen wurden entsprechend anhand der Anforderungen nach DIN 1995 beurteilt. Neben der konventionellen thermischen Beanspruchung nach DIN 52016 im rotierenden Kolben ($V = 500 \text{ ml}$) wurden die Bitumen im Anlieferungszustand auch mittels RTFOT thermisch beansprucht und anschließend die maßgeblichen Kennwerte bestimmt.

Außerdem wurden, um die Alterungsneigung der Bindemittel am Gestein festzustellen, mit den verwendeten Baustoffen Modellmischungen in Anlehnung an DIN 1996 Teil 10 hergestellt, die nachfolgend unter definierter Luftzufuhr einer kontrollierten Atmosphäre in einer Klimakammer thermisch-oxidativen Beanspruchungen ausgesetzt wurden.

Aus den zu den unterschiedlichen Zeitpunkten des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses entnommenen Mischgutproben wurde das Bindemittel extrahiert, um es nach Rückgewinnung den gleichen Untersuchungen zu unterwerfen, wie die Bitumen im Anlieferungszustand. Die Heißextraktion mit Trichlorethen als Lösemittel wurde mit den im Betreuungsausschuss vertretenen Herstellern der polymermodifizierten Bitumen abgestimmt. Gegen die gewählte Vorgehensweise wurden lediglich von der Elf Bitumen Deutschland GmbH Bedenken angemeldet, die die Verwendung von Toluol als Lösemittel empfehlen. Ungeachtet dessen wurde im Sinne systematischer Untersuchungen und der Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse in diesem Forschungsprojekt generell Trichlorethen als Lösemittel verwendet.

Neben den konventionellen Prüfungen wurde ergänzend bei der Ermittlung der Duktilität die maximale, während der Prüfung wirkende Zugkraft registriert.

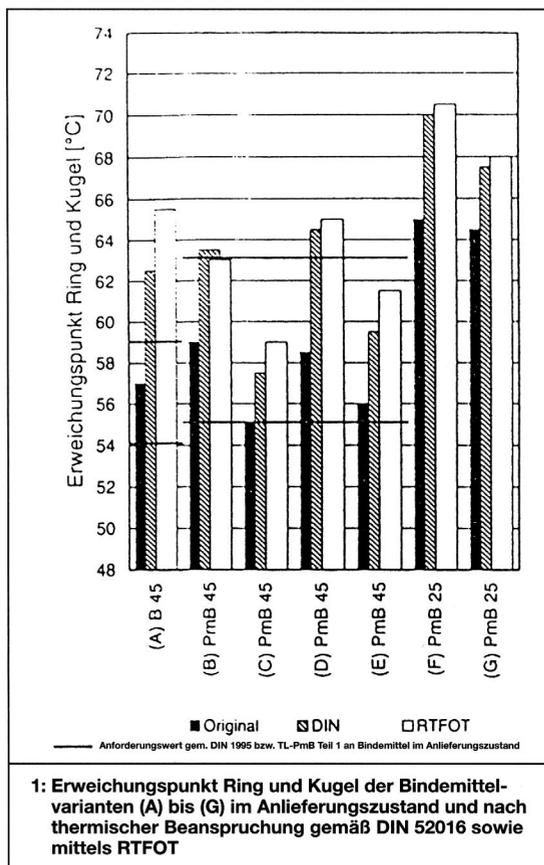
Des weiteren wurden die viskoelastischen Eigenschaften der Bindemittel durch Oszillationstests im Dynamic Shear Rheometer bestimmt und zur Vervollständigung des Untersuchungsprogramms Gelpermeationschromatographien zur Bestimmung der Molekulargewichts-Verteilung (um auftretende Veränderungen der Polymerstrukturen zu detektieren) und Infrarotspektroskopien zur Ermittlung der Polymeranteile der Bindemittel in Auftrag gegeben.

3. Untersuchungsergebnisse

Anhand der Ergebnisse ausgewählter Prüfverfahren werden die Veränderungen der Eigenschaften der unterschiedlichen Bindemittelarten, -sorten und auch der Produkte, deren Bezeichnungen ungenannt bleiben, aufgrund simulierter und infolge produktionsbedingter thermischer Beanspruchungen beschrieben.

Erweichungspunkt Ring und Kugel

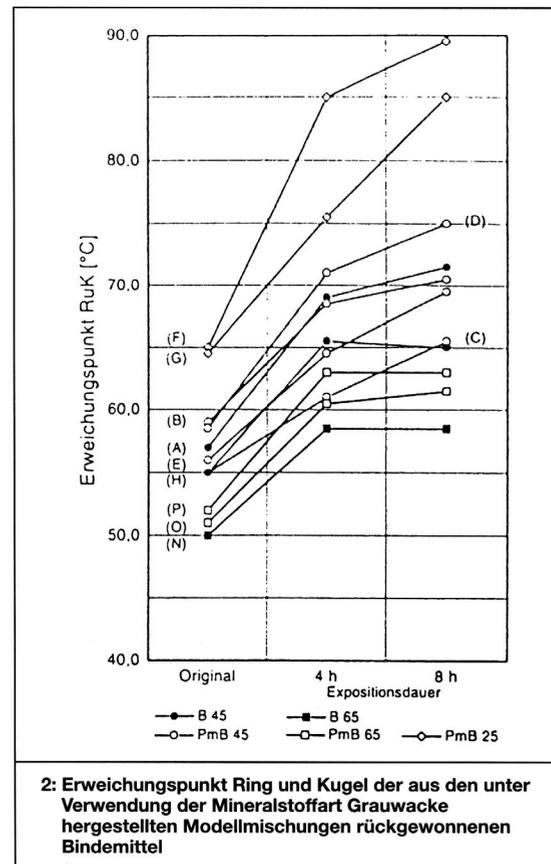
Die Erweichungspunkte Ring und Kugel der untersuchten Bindemittel im Anlieferungszustand liegen im mittleren, teilweise auch im unteren Bereich der geltenden Anforderungswerte (Bild 1). Aufgrund der ermittelten Kennwerte nach simulierter Alterung ist festzustellen, dass eine geringfügig stärkere thermische Beanspruchung beim RTFOT als im rotierenden Kolben gemäß DIN 52016 besteht.



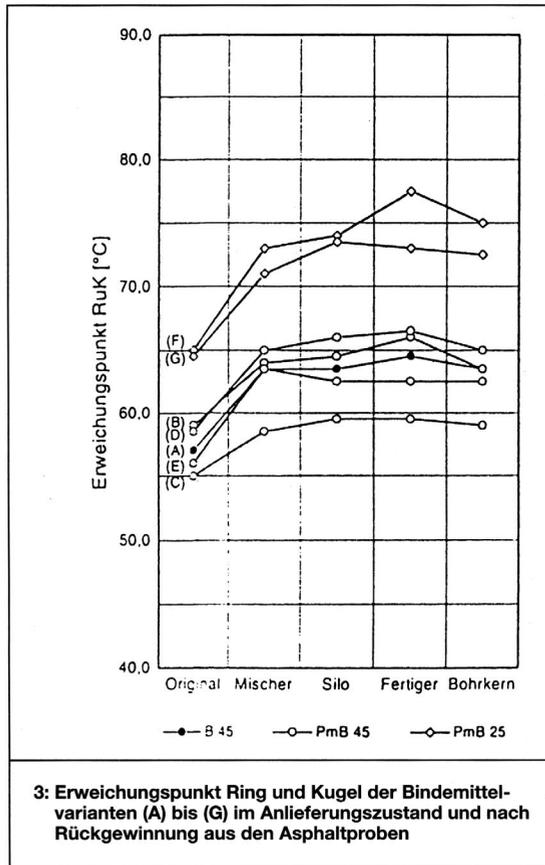
Außerdem sind an den Bindemittelprodukten, die im Anlieferungszustand annähernd die gleichen Erweichungspunkte aufweisen, nach Alterung unterschiedliche Eigenschaften, insbesondere bei der Bindemittelsorte PmB 25, zu registrieren.

Die Erweichungspunkte Ring und Kugel der aus den Modellmischungen rückgewonnenen Bindemittel zeigen, dass die polymermodifizierten Bitumen unter den gewählten Versuchsbedin-

gungen nach vierstündiger Expositionsdauer ein dem Straßenbaubitumen vergleichbares Verhalten aufweisen. Durch die Wahl extremer thermisch-oxidativer Beanspruchungsbedingungen durch die achtstündige Expositionsdauer offenbaren sich bei der vergleichenden Betrachtung der Änderungen des Erweichungspunktes jedoch unterschiedliche Eigenschaften der Bindemittelsorten. Während sich zwischen der vier- und der achtstündigen Expositionsdauer der Erweichungspunkt der niedrigviskosen Bindemittel kaum noch ändert, ist bei den höherviskosen polymermodifizierten Bitumen ein erkennbarer Anstieg zu verzeichnen (Bild 2).



Die Erweichungspunkte Ring und Kugel – festgestellt an den rückgewonnenen Bindemitteln aus den nach den einzelnen Herstellungsschritten entnommenen Asphaltproben – belegen, dass durch den Mischprozess die größten Veränderungen bewirkt werden. Die Silierung des Asphalts und der Transport zur Einbaustelle beeinflussen die Eigenschaften der PmB 45 und der Straßenbaubitumen nur geringfügig (Bild 3). Die PmB 25 weisen jedoch auch nach dem Mischprozess noch Anstiege des Kennwertes auf. Unplausibel sind hingegen die Änderungen des Erweichungspunktes Ring und Kugel einer Variante des PmB 65 durch die Silierung. Auch das Studium der Herstellungsprotokolle lieferte keinen Aufschluss über den Anstieg des Kennwertes. Außerdem kann festgestellt werden, dass einige der untersuchten polymermodifizierten Bitumen, insbesondere die höherviskosen PmB 25, während der Herstellung und Verarbeitung des Asphalts einen ausgeprägten Anstieg des Erweichungspunktes Ring und Kugel aufweisen (Bild 4). Bemerkenswert ist auch ein tendenzielles Abfallen der Erweichungspunkte zwischen dem aus den am Fertiger entnommenen Mischgutproben und dem der Bohrkerne entstammenden Bindemittel, für das es zur Zeit noch keine schlüssige Erklärung gibt.



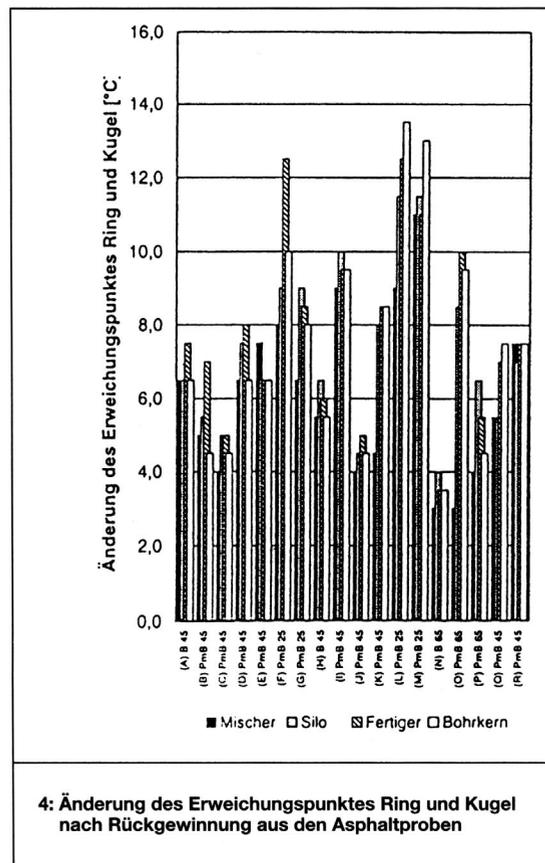
Nadelpenetration

Die untersuchten Bindemittel im Anlieferungszustand zeigen keine besonderen Auffälligkeiten hinsichtlich der Eindringtiefe durch Nadelpenetration. Auch ist ein tendenzieller Einfluss der thermischen Beanspruchungsart, nach DIN 52016 oder mittels RTFOT, auf die gemessenen Werte der Nadelpenetration in der Art, wie dieser bei der Bestimmung des Erweichungspunktes zu beobachten war, nicht zu erkennen.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse der Nadelpenetration an den aus dem Asphaltmischgut rückgewonnenen Bindemitteln ist eine eindeutige Differenzierung zwischen den einzelnen Produkten der PmB 45 und PmB 65 nicht möglich. Die beobachtete Spreizung der gemessenen Eindringtiefen der PmB 25 lassen hingegen deutliche Unterschiede erkennen.

Brechpunkt nach Fraaß

Aus den Ergebnissen der Brechpunktbestimmung kann trotz der stark streuenden Messergebnisse zum Einen festgestellt werden, dass auch die aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemittel nach Beendigung des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses noch die Anforderungswerte an nicht gealterte Proben der TL-PmB bzw. DIN 1995 erfüllen. Zum Anderen ist ein fast ausnahmsloser Anstieg des Brechpunktes nach Fraaß zwischen den Bindemitteln im Anlieferungszustand und dem rückgewonnenen Bindemittel aus den nach dem Mischen entnommenen Mischgutproben zu registrieren. Die Brechpunkte nach Fraaß der rückgewonnenen Bindemittel aus den nachfolgenden Produktionsschritten sind indifferent. Aufgrund zur Zeit noch nicht festgelegter Anforderungswerte an die Bindemittelsorte PmB 25 kann in diesem Zusammenhang keine Beurteilung erfolgen.



Duktilität

Die Duktilitätsprüfungen haben ergeben, dass die geprüften Bindemittel, mit Ausnahme eines Produktes der Bindemittelsorte PmB 65, den Anforderungen gemäß TL-PmB bzw. DIN 1995 sowohl im Anlieferungszustand als auch nach thermischer Beanspruchung im rotierenden Kolben entsprechen. Obwohl die gemessenen Streckungen der Bindemittel im Anlieferungszustand bei der Prüftemperatur von T = 25 °C größtenteils oberhalb der Bestimmungsgrenze des Prüfgeräts von 100 cm liegen und somit eine Differenzierung nicht möglich ist, sind bei den Messergebnissen nach simulierter Alterung ausgeprägte Spreizungen zwischen den einzelnen Produkten erkennbar. Die Prüfergebnisse nach simulierter Alterung im rotierenden Kolben bzw. mittels RTFOT belegen, dass die Duktilität nicht nur von der Bindemittelart und -sorte, sondern auch maßgeblich von dem Produkt bestimmt wird.

Die Betrachtung der Duktilitäten der aus dem Asphalt rückgewonnenen Bindemittel bestätigt den Einfluss des Produktes. Außerdem zeigen die Messwerte, dass fast alle untersuchten Bindemittel, insbesondere die Varianten des PmB 25, bereits nach dem Mischprozess erheblich geringere duktile Eigenschaften aufweisen. Die Ausnahme bildet ein Produkt des PmB 45, das im Verlauf des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses keine messtechnisch erfassbare Veränderung der Duktilität erfährt, da die Prüfergebnisse stets oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen.

Ungeachtet der Beanspruchung der Bindemittel durch das Rückgewinnungsverfahren liegen die Prüfergebnisse überwiegend deutlich unter den für die Bindemittel nach thermischer Beanspruchung im Laboratorium geltenden Anforderungswerten der TL-PmB, ein Indiz dafür, dass entweder die Simulationsverfahren – gemäß DIN 52016 und RTFOT – keine vergleichbare thermische Beanspruchung bewirken oder die Rückgewinnung der Bindemittel erheblichen Einfluss auf die duktilen Eigenschaften von polymermodifizierten Bindemitteln ausübt.

Elastische Rückstellung

Im Anlieferungszustand liegen die Prüfergebnisse der polymermodifizierten Bitumen deutlich über dem geltenden Anforderungswert. Auch nach thermischer Beanspruchung wird unabhängig von dem gewählten Verfahren dieser Grenzwert von nahezu allen polymermodifizierten Bitumen überschritten. Lediglich die elastische Rückstellung einer Variante konnte nicht bestimmt werden, da die für die Prüfung erforderliche Streckung der Probe von 200 mm gemäß DIN V 52021 nicht erreicht wurde. Bei Betrachtung der Ergebnisse der aus dem Asphalt rückgewonnenen Bindemittel ist bemerkenswert, dass die elastische Rückstellung einiger Produkte aufgrund für die Bestimmung nach DIN V 52021 nicht ausreichender duktiler Eigenschaften der Bindemittel nicht nach allen Produktionsschritten des Asphalts bestimmbar war.

Durch die vergleichende Betrachtung der ermittelten Werte der elastischen Rückstellung der polymermodifizierten Bitumen nach thermischer Beanspruchung im Laboratorium und der aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemittel ist festzustellen, dass durch die Simulationsverfahren geringere Veränderungen der duktilen Eigenschaften bewirkt werden. Ist die für die Bestimmung der elastischen Rückstellung definierte Streckung der Bindemittelprobe erreicht worden, liegen die Prüfergebnisse fast ausnahmslos über 50%, überwiegend wurden sogar größere Werte gemessen. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass der Herstellungs- und Verarbeitungsprozess des Asphalts im Allgemeinen keine oder nur sehr geringe Veränderungen des elastischen Rückstellvermögens polymermodifizierter Bitumen bewirkt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass die untersuchten Bindemittel unmittelbar nach Anlieferung verarbeitet wurden und somit keiner Tanklagerung auf der Mischanlage ausgesetzt waren.

Kraftduktilität

Bei der Durchführung der konventionellen Duktilitätsprüfung wurden im Rahmen der Untersuchungen neben der erreichten Länge des Bindemittelfadens beim Riss auch die maximale Duktilitätskraft, das heißt, die maximale Zugkraft und die zugehörige Dehnung während der Prüfung registriert. Die zum Strecken der Proben erforderliche Kraft erreicht, da die Querschnittsänderungen unberücksichtigt bleiben, schon nach wenigen Millimetern Dehnung ihr Maximum.

Die Größe der für die erzwungene Verformung der Bindemittelprobe erforderlichen Duktilitätskraft wird, da die gemessene Maximalkraft tendenziell mit zunehmender thermischer Beanspruchung ansteigt, maßgeblich von der Viskosität des Bitumens bestimmt.

Viskosität

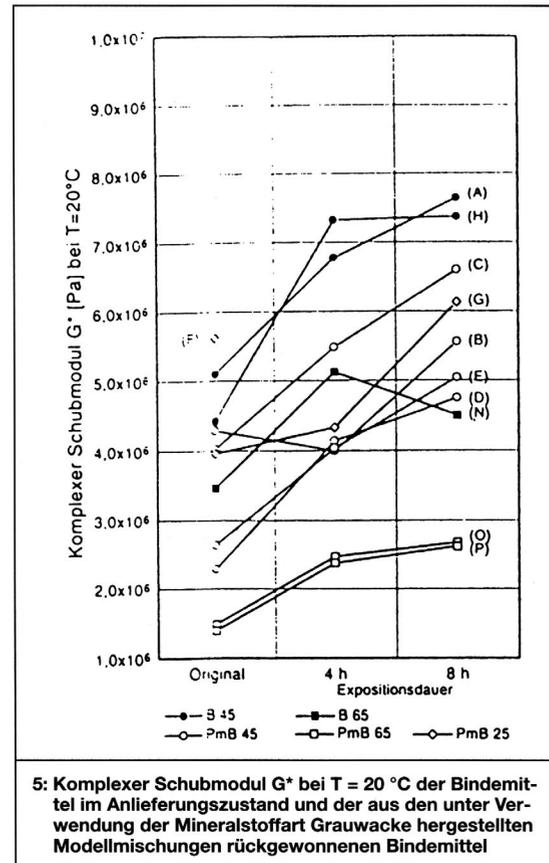
Die Ergebnisse aus den Untersuchungen im Kugelzieh-Viskosimeter lassen mit steigender Prüftemperatur eine deutlichere Differenzierung hinsichtlich Bindemittelart und -sorte sowie eine höhere Präzision der Wiederholbarkeit der Messungen erkennen. Bei geringeren Prüftemperaturen hingegen ist eine ausgeprägte Spreizung der Ergebnisse der einzelnen Bindemittelprodukte zu verzeichnen. Weiterhin ist aus den ermittelten kinematischen Viskositäten abzuleiten, dass – wie bereits die zuvor aufgeführten Ergebnisse anderer Bindemittelprüfungen dokumentieren – die Beanspruchung der Bindemittel durch den Mischprozess des Asphalts am größten ist. Erwartungsgemäß liegen die Werte der kinematischen Viskositäten der geprüften polymermodifizierten Bitumen über denen der als Vergleichsmaßstab dienenden Straßenbaubitumen.

Viskoelastische Eigenschaften

Zur Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften wurden Bitumenproben im Dynamic Shear Rheometer oszillierend einer

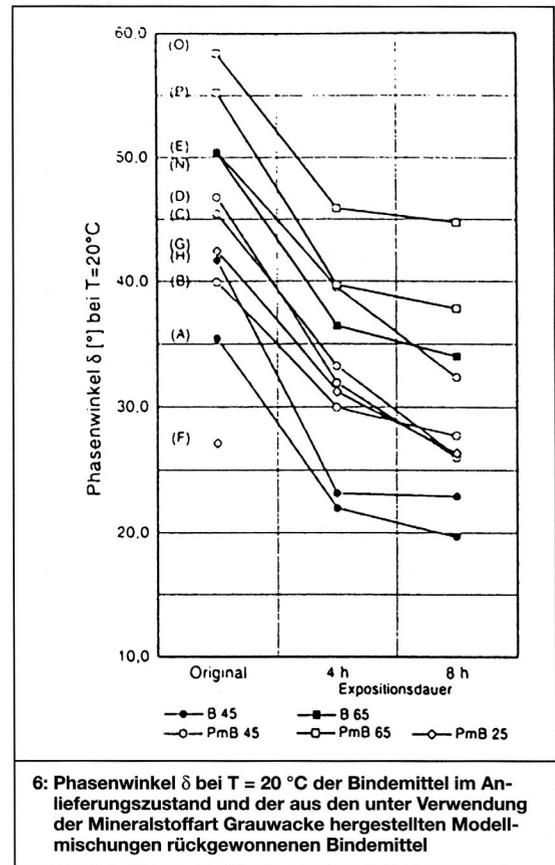
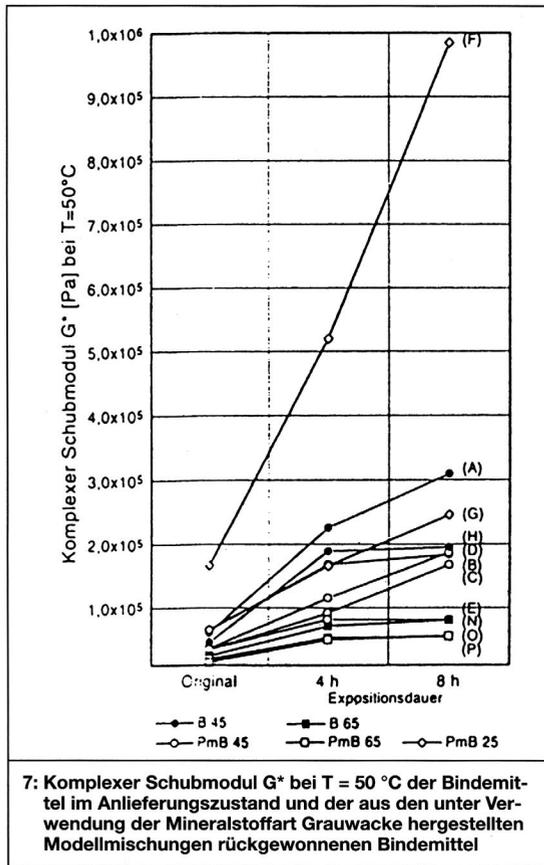
Scherbeanspruchung ausgesetzt. Durch die Festlegung optimierter Versuchsbedingungen sind die gemessenen Kennwerte der Bindemittel, der komplexe Schubmodul G^* und der Phasenwinkel δ , direkt untereinander vergleichbar. Der komplexe Schubmodul G^* entspricht dem Widerstand der untersuchten Probe gegen eine erzwungene Verformung und setzt sich zusammen aus dem Speichermodul G' , der den elastischen Anteil von G^* enthält, und dem Verlustmodul G'' , der den viskosen Anteil von G^* beinhaltet. Speichermodul und Verlustmodul können über trigonometrische Funktionen des Phasenwinkels in Abhängigkeit des komplexen Schubmoduls rechnerisch ermittelt werden. Der Phasenwinkel δ beschreibt die Zeitverschiebung zwischen dem Zeitpunkt der eingeleiteten Scherspannung und der daraus resultierenden Verformung der Probe.

Alle Bindemittel weisen eine deutliche Erhöhung des komplexen Schubmoduls und eine Verringerung des Phasenwinkels infolge thermischer Beanspruchungen auf, das heißt, dass mit zunehmender Steifigkeit des Bindemittels auch der Anteil elastischer Verformung an der Gesamtverformung zunimmt (Bilder 5 und 7). Durch die Bestimmung der Kennwerte komplexer Schubmodul und Phasenwinkel bei mehreren Prüftemperaturen ist eine Differenzierung hinsichtlich der Bitumenart, -sorte und Produkte möglich.



5: Komplexer Schubmodul G^* bei $T = 20^\circ\text{C}$ der Bindemittel im Anlieferungszustand und der aus den unter Verwendung der Mineralstoffart Grauwacke hergestellten Modellmischungen rückgewonnenen Bindemittel

Die Straßenbaubitumen unterscheiden sich von den polymermodifizierten Bitumen dadurch, dass das Ranking der Steifigkeit unabhängig von der Prüftemperatur erhalten bleibt, der Phasenwinkel jedoch mit steigender Prüftemperatur deutlicher als bei den polymermodifizierten Bitumen zur viskoserer Seite verschoben wird (Bilder 6 und 8). Mit zunehmender Prüftemperatur in einem so genannten Temperatursweep können Straßenbaubitumen demzufolge durch die starke Zunahme des Phasenwinkels von polymermodifizierten Bindemitteln unterschieden werden.

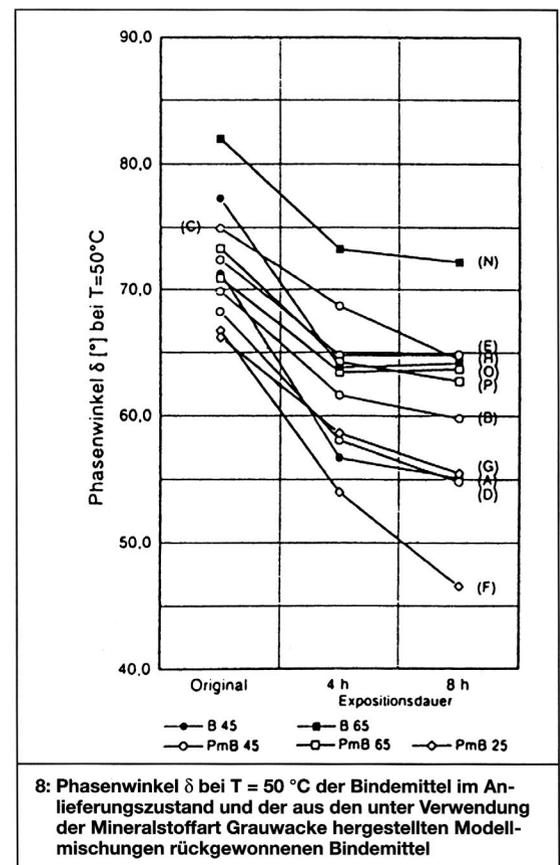


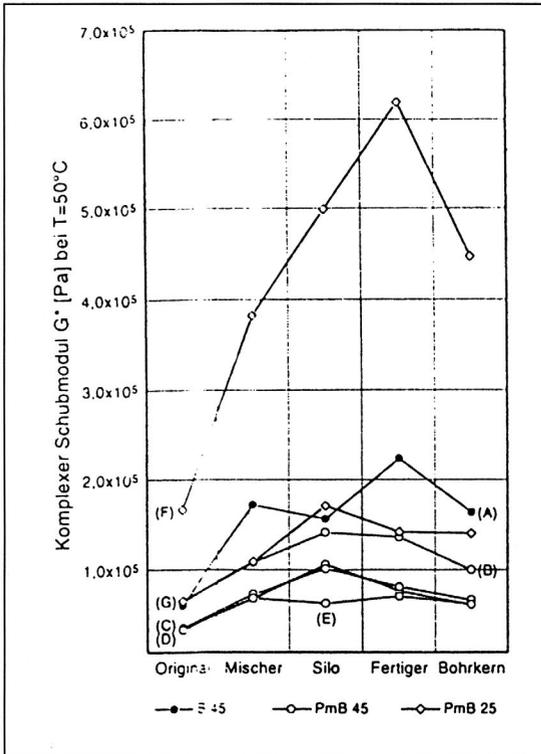
Anhand der im Dynamic Shear Rheometer ermittelten Untersuchungsergebnisse der aus den Modellmischungen rückgewonnenen Bindemittel ist zu erkennen, dass die niedriger viskosen Bindemittel im Anschluss an die vierstündige Expositionsdauer nur noch geringfügige Veränderungen der Eigenschaften zeigen. Die achtstündige thermische Beanspruchung der Bindemittel zeigt bei der Bindemittelsorte PmB 45 eine weitere Erhöhung des komplexen Schubmoduls G^* gegenüber der vierstündigen Alterung, die jedoch geringer ist, als die in den ersten vier Stunden. Da die PmB 25 durch eine fortwährende starke Änderung der Eigenschaften auch nach achtstündiger Expositionsdauer auffallen, ist eine mit der Steifigkeit zunehmende Alterungsneigung festzustellen.

Einzelne Bindemittelprodukte sind anhand der unterschiedlich ausgeprägten Veränderungen des komplexen Schubmoduls und des Phasenwinkels – beispielsweise durch eine stärkere Änderung der Kennwerte im zweiten Beanspruchungsintervall – zu unterscheiden.

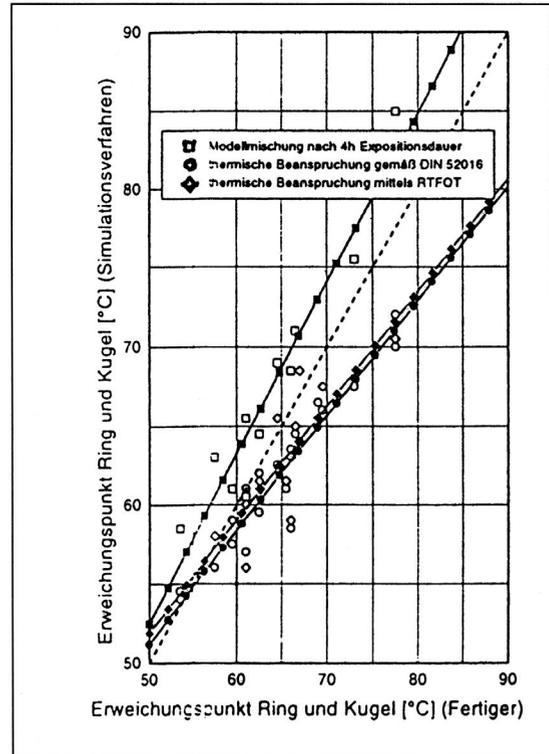
Die komplexen Schubmoduli und Phasenwinkel der aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemittel zeigen die stärksten Veränderungen nach dem Mischprozess. Die anschließenden Verarbeitungsschritte bewirken tendenziell nur geringe Änderungen der Kennwerte. Bemerkenswert ist, dass bei vielen Bindemitteln der komplexe Schubmodul nach Einbau und Verdichtung (Bohrkern) kleiner ist als der nach dem vorhergehenden Verarbeitungsschritt (Fertiger) (Bild 9). Entsprechend verhalten sich auch die Phasenwinkel – nach stetigem Abfall steigen die Phasenwinkel letztlich wieder an (Bild 10).

Der Vergleich der Kenndaten aus den rückgewonnenen Bindemitteln der Modellmischungen und Asphaltproben ergibt, dass die vierstündige Expositionsdauer der Modellmischung die Bindemittel ähnlich verändert wie die Beanspruchung bis zum Einbau des Mischguts. Im Vergleich mit den Kennwerten der Bindemittel im Anlieferungszustand und nach vierstündiger simulierter Alterung an den Modellmischungen fällt auf, dass sich die thermische Beanspruchung gemäß DIN 52016 kaum auf die

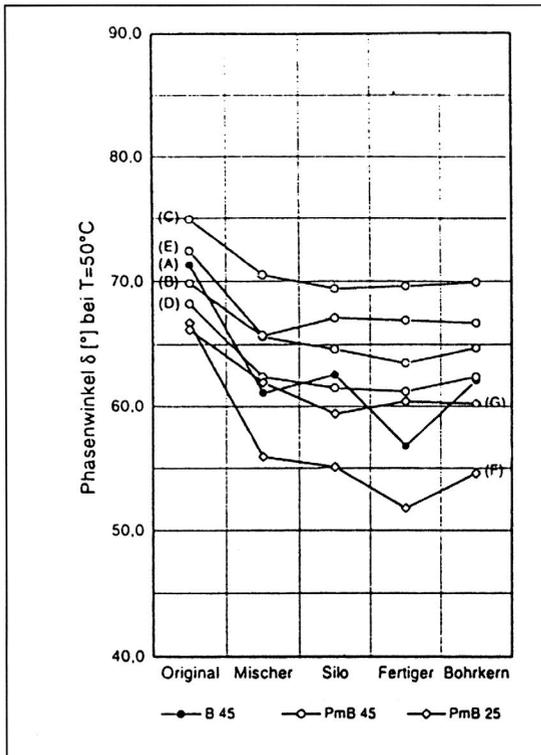




9: Komplexer Schubmodul G^* bei $T = 50\text{ °C}$ der Bindemittelvarianten (A) bis (G) im Anlieferungszustand und nach Rückgewinnung aus den Asphaltproben

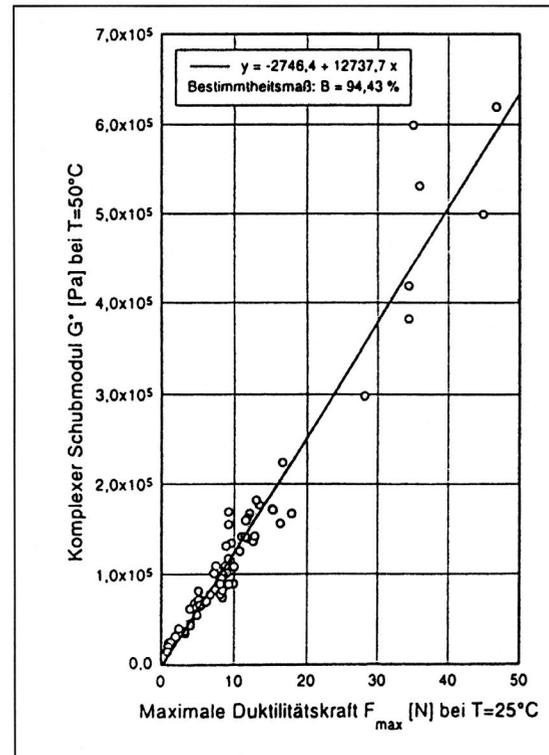


11: Korrelation der Erweichungspunkte Ring und Kugel zwischen den aus den Asphaltproben (Fertiger) und den aus den Modellmischungen nach 4 h Expositionsdauer rückgewonnenen Bindemitteln sowie nach thermischer Beanspruchung gemäß DIN 52016 und mittels RTFOT



10: Phasenwinkel δ bei $T = 50\text{ °C}$ der Bindemittelvarianten (A) bis (G) im Anlieferungszustand und nach Rückgewinnung aus den Asphaltproben

Bei der vergleichenden Betrachtung des im Dynamic Shear Rheometer bestimmten komplexen Schubmoduls mit der in der Duktilitätsprüfung ermittelten maximalen Zugkraft ist eine enge Korrelation zwischen diesen Kennwerten festzustellen (Bild 12).



12: Lineare Regressionsanalyse der Bindemittelkenndaten maximale Duktilitätskraft bei $T = 25\text{ °C}$ und komplexer Schubmodul bei $T = 50\text{ °C}$

Bindemittleigenschaften auswirkt. Sie ist in keiner Weise ausreichend, um die Veränderungen der Bindemittel während der Herstellung und Verarbeitung von Asphaltmischgut zu simulieren (Bild 11).

Gelpermeationschromatographische Untersuchungen

Die durchgeführten gelpermeationschromatographischen Untersuchungen dienen aufgrund der mangelnden Kenntnis der in den Bitumenprodukten verwendeten Polymerarten vornehmlich als Nachweis vorhandener Polymere im Bitumen. Insbesondere die Detektion von EVA Molekülen (Ethylvinylacetat-Copolymer), deren Molekülgröße sich nicht so deutlich von den asphaltischen unterscheidet wie die der SBS Moleküle (Styrol-Butadien-Styrol-Copolymer), war problematisch. Da in einigen Fällen keine eindeutige Trennung der Polymermoleküle von den asphaltischen möglich war, konnten lediglich tendenzielle Veränderungen der Polymere infolge Strukturänderungen erkannt werden.

Infrarotspektroskopische Untersuchungen

Die Ergebnisse der Infrarotspektroskopie lassen in der vorliegenden Form die Veränderungen quantitativ erfassen, weisen aber gegenüber den als Bewertungshintergrund für die Veränderungen der Polymeranteile herangezogenen Bitumen im Anlieferungszustand teilweise nicht plausible Messergebnisse auf. Gründe dafür können sein, dass entweder bei der Untersuchung die Bestimmungsgrenze des Prüfverfahrens erreicht wurde oder aber die Homogenität der Proben in der Größenordnung der Veränderung der Polymeranteile schwankt. Definitive Aussagen über die quantitativen Veränderungen polymermodifizierter Bitumen infolge des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses des Asphalts konnten daher nicht getroffen werden.

Kälteeigenschaften

Die exemplarisch durchgeführten temperaturabhängigen einaxialen Zugversuche und die Abkühlversuche zur Beschreibung des Kälteverhaltens von Splittmastixasphalten mit unterschiedlichen PmB 45 zeigten, dass die Kälteeigenschaften des Asphalts auch von dem Bindemittelprodukt maßgeblich beeinflusst werden (Bild 13).

Ermüdungseigenschaften

Durch die an zwei Splittmastixasphaltvarianten mittels einaxialer Zug-Schwellversuche erfassten maximal ertragbaren Lastwechsel konnten Einflüsse der Bindemittelprodukte und des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses des Asphalts auf den Ermüdungswiderstand statistisch nicht nachgewiesen werden. Tendenzielle Unterschiede zwischen den geprüften Varianten sind jedoch erkennbar. Ein weniger deutlicher Trend ist bei den durch die Beanspruchung bei der Asphaltproduktion hervorgerufenen Veränderungen der Bindemittelleigenschaften zu registrieren. Das nach den Erkenntnissen des SHRP Aufschluss über den Einfluss des Bindemittels auf das Ermüdungsverhalten des Asphalts gebende, mittels Dynamic Shear Rheometer bestimmte, Produkt $G^* \cdot \sin \delta$ muss in Anbetracht der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kritisch bewertet werden, da das Bindemittel mit dem größeren Wert des Produktes $G^* \cdot \sin \delta$ in diesen Untersuchungen das günstigere Ermüdungsverhalten zeigte. Das bedeutet, dass von dem Ermüdungskennwert $G^* \cdot \sin \delta$ des Bitumens nicht auf das Ermüdungsverhalten des Asphalts geschlossen werden kann.

4. Folgerungen für die Praxis

Aus den umfangreichen Bindemitteluntersuchungen ist zu konstatieren, dass die Veränderungen der Eigenschaften polymermodifizierter Bitumen während Herstellung, Lagerung, Transport und Einbau von Asphaltmischgut maßgebend vom Mischprozess des Asphalts bestimmt werden.

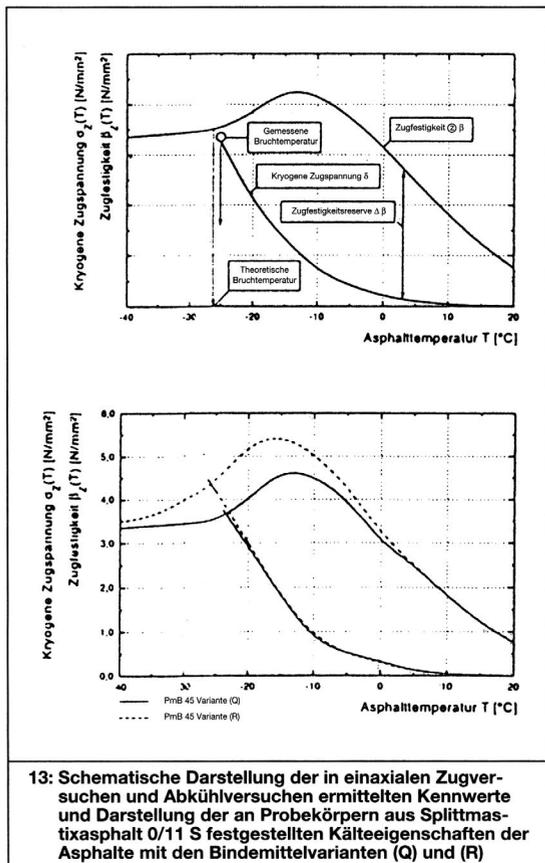
Vergleichbar mit dem Alterungsverhalten von Straßenbaubitumen konnte anhand der geprüften polymermodifizierten Bitumen eine mit der Viskosität zunehmende Empfindlichkeit der Bindemittel gegenüber thermischen Beanspruchungen verzeichnet werden.

Durch die Vielfalt der untersuchten Bindemittelvarianten konnte weiterhin festgestellt werden, dass die polymermodifizierten Bitumenprodukte verschiedener Hersteller mit unterschiedlichen Veränderungen auf thermische Beanspruchungen reagieren und demzufolge im gealterten Zustand teilweise deutlich differente Eigenschaften besitzen.

Die Ergebnisse der konventionellen Bindemitteluntersuchungen zeigen, dass diese Prüfverfahren die unterschiedlichen Sorten der Bindemittel im Anlieferungszustand differenziert anzusprechen vermögen. Die Ansprache einzelner Produkte einer Bindemittelsorte hingegen ist bei den Bindemitteln im Anlieferungszustand nur eingeschränkt möglich. Erst nach thermischer Beanspruchung sind die Produkte der Hersteller aufgrund der unterschiedlich ausgeprägten Veränderungen einzelner Eigenschaften voneinander zu trennen.

Im Gegensatz zu der nicht eindeutigen Differenzierung polymermodifizierter Bitumen im Anlieferungszustand durch konventionelle Prüfverfahren besteht unter Anwendung erweiterter Untersuchungsmethoden, der Kraftduktilität und Prüfungen im Dynamic Shear Rheometer, die Möglichkeit, die Eigenschaften der Bindemittelprodukte präziser zu beschreiben.

Die Untersuchungen der Bindemittel nach simulierter Alterung zeigen, dass die thermische Beanspruchung mittels RTFOT größer als im rotierenden Kolben ist. Es bleibt abschließend festzuhalten, dass praxisadäquate Eigenschaften der Bindemittel aufgrund der vergleichsweise geringen Beanspruchung durch diese Verfahren nicht zu simulieren sind. □



13: Schematische Darstellung der in einaxialen Zugversuchen und Abkühlversuchen ermittelten Kennwerte und Darstellung der an Probekörpern aus Splittmastixasphalt 0/11 S festgestellten Kälteeigenschaften der Asphalte mit den Bindemittelvarianten (Q) und (R)