15624BR

Deutsches Asphaltinstitut

AiF-Mitgliedsvereinigung

AiF-Antrags-Nr. NBR 0.5300/07

(von der AiF eingesetzt)

Aktenzeichen der MV

Beschreibung zum Forschungsantrag

Kurzfassung

1. Forschungsthema

Einfluss der Zusammensetzung von Asphaltgemischen auf ihre primären Gebrauchseigenschaften

2. Wissenschaftlich- technische und wirtschaftliche Problemstellung

Die Beanspruchung der Straßenbefestigungen in Deutschland wird aufgrund der Verkehrsentwicklung in den nächsten Jahren weiter zunehmen. Die prognostizierte Steigerung des Schwerverkehrsanteils im Bundesfernstraßennetz, die Erhöhung der zulässigen Achslasten, die Nutzung von Singlereifen mit hohen Reifeninnendrücken sowie langsam- und spurfahrender Schwerverkehr mit häufigen Brems- und Beschleunigungsvorgängen, insbesondere in den innerstädtischen Straßennetzen, stellen immer höhere Anforderungen an die Straßenbaustoffe sowie deren optimierte Zusammensetzung zu leistungsfähigen Baustoffgemischen hinsichtlich ihrer Gebrauchseigenschaften. Zu den primären Gebrauchseigenschaften von Asphalten für Verkehrsflächenbefestigungen gehören der Verformungswiderstand bei Wärme sowie die Rissbeständigkeit gegenüber Kälte und gegenüber Ermüdung infolge wiederholten Lastwechsels.

Ursachen für Rissbildung in Asphaltbefestigungen:

Durch den Verkehr (Belastung) treten in der Asphaltbefestigung mechanogene Spannungen auf (Abb. 1). Aufgrund der dynamischen Lasteintragung durch den Verkehr (Radüberrollung) entstehen in den Verkehrsbefestigungen aus Asphalt wechselnde Beanspruchungen. Durch wiederholende Spannungsänderungen, kann eine Ermüdung des Baustoffes (Asphaltes) eintreten. Dabei versteht man unter Ermüdung im technischen Sinne eine dem Versagen des Baustoffes vorrausgehende Materialschädigung. Die Folge der Ermüdung ist das Eintreten eines Risses bzw. Bruches [1, 2].

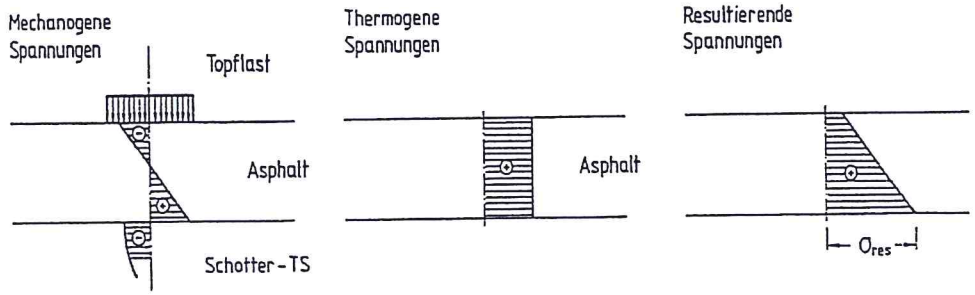

Abbildung 1: Überlagerung von mechanogenen Spannungen und thermogenen Spannungen zuresultierenden Spannungen [1]

Eine weitere Ursache für die Rissbildung im Asphalt kann die schnelle Abkühlung der Verkehrsbefestigung (Temperaturwechsel Tag/Nacht in den Wintermonaten) auch ohne Verkehrsbelastungen sein. Infolge der Abkühlung erzeugen thermische Kontraktionskräfte (Behinderung durch geometrische Zwänge) eine Zunahme der Zugspannungen im Asphalt (thermogene bzw. kryogene Spannungen, Abb. 1). Treten Zugspannungen auf, führen sie dann zur Rissbildung,

wenn sie die Größe der momentan und lokal vorhandenen, ihrerseits temperaturabhängigen Zugfestigkeit des Asphaltes erreichen [1] (Abb. 2).

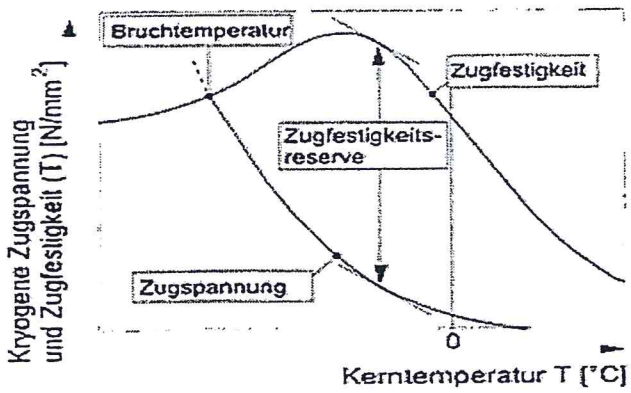

Abb. 2:
Zusammenhang zwischen kryogenen Zugspannungen und Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur [4]

Durch die Überlagerung der thermogenen und mechanogen Zugspannungen zu resultierenden Zugspannungen (Abb. 1) steigt die Rissgefahr in der Asphaltschicht [3]. Da Asphalte thermoviskose Stoffe sind, können sie auftretenden Spannungen durch Relaxation entgegenwirken. Der Abbau der Spannungen wird von der Größe der Zugfestigkeit der Asphaltschicht bestimmt, welche u. a. abhängig ist vom Hohlraumgehalt, der Viskosität des Bindemittels sowie der Affinität des Mörtels zum Gestein.

Ursachen für Verformungen in Asphaltbefestigungen:
Die Radlast verursacht im Oberbau einerseits Druckspannungen in vertikaler Richtung und andererseits Biegespannungen in horizontaler Richtung. BLAB [5] und WELLNER [6] nennen in ihren theoretischen Untersuchungen zu diesem Thema die Deviatorspannungen als Ursache für die plastischen Deformationen im Asphalt. Diese wirken über den hydrostatischen Spannungszustand hinaus in Hauptspannungsrichtung. Die Deviatorspannung wird beschrieben als Differenz zwischen der vertikalen Druckspannung und der horizontalen Biegespannung und kann plastische Verformungen (Spurrinnen) hervorrufen. Spurrinnen entstehen bei sommerlichen Temperaturen, besonders im Zusammenhang mit langsam und spurfahrendem Schwerverkehr. Die Neigung einer Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht zur Spurrinnenbildung ist dabei u.a. abhängig von deren Hohlraumgehalt und vom Bindemittelgehalt sowie der Bindemittelviskosität des Asphaltmischgutes.

Problemstellung für dieses Forschungsvorhaben
Wie sich eine Asphaltbefestigung aufgrund der Belastungen aus Verkehr und Temperatur verhält, ist abhängig von ihren primären Gebrauchseigenschaften. Diese Eigenschaften können durch die Prüfung der Zusammensetzung der Asphaltgemische (Gesteinskornzusammensetzung, Bindemittelgehalt, Bindemittelviskosität, Art des verwendeten des Gesteins, Hohlraumgehalt) sowie durch leistungsbezogene Prüfverfahren (z. B. Spurbildungstest, Prüfung der Marshallstabilität) indirekt angesprochen werden. Ein langwieriger Prozess der Erfahrungssammlung führte schließlich zu grundlegenden Anforderungen an die Zusammensetzung (u.a. Gesteinskornzusammensetzung, Bindemittelgehalt, Hohlraumgehalt) sowie zu leistungsbezogene Anforderungen (z. B. Spurbildungseigenschaft, Marshall-Wert) für die einzelnen Asphaltgemische bzw. –schichten, welche im derzeitigen deutschen Regelwerk (empirische Spezifikationen) festgeschrieben sind.
Die traditionellen Prüfverfahren der indirekten Ansprache der Asphalteigenschaften (performance-related Prüfmethoden) reichen jedoch oft nicht aus, um das Gebrauchsverhalten von im Straßenbau eingesetzten Asphalten zuverlässig prognostizieren zu können [2]. So wird die Mischgutzusammensetzung von Asphalten hinsichtlich des Widerstandes gegen plastische Verformungen durch den Einsatz von hochviskosen polymermodifizierten Bindemitteln optimiert. Der Widerstand gegen Rissbildung findet dabei oft nur wenig Beachtung. Der Unterschied zwischen modifizierten Bitumen und Straßenbaubitumen bei der Rissbildung ist, dass infolge der Erhöhung der Zugfestigkeit von Asphalten mit modifizierten Bindemitteln nicht nur Kontraktionsrisse sondern auch Adhäsionsrisse (zw. Gestein und Bitumen) auftreten [1]. Untersucht man nur das Bindemittel hinsichtlich des Widerstandes gegen Rissbildung, besteht die Gefahr einer fehlerhaften Einschätzung des Asphaltgemisches. Des Weiteren wird durch eine Verringerung des Bindemittelgehaltes (Reduzierung der Mörtelphase) der Widerstand gegen plastische Ver-

formungen erhöht. Dies reduziert jedoch die Rissbeständigkeit der Asphalte gegenüber Kälte und gegenüber Ermüdung infolge wiederholten Lastwechsels. Da aber neben der Spurrinnenbildung auch die Rissbildung eine der am häufigsten zu beobachteten Schäden in Asphaltbefestigungen ist, gilt es die Zusammensetzung von Asphaltbefestigungen in beide Richtungen zu optimieren.

In dem neuen europäischen Normenwerk zur Asphaltspezifikation sind neben den bekannten empirischen Spezifikationen auch die sogenannten fundamentalen Spezifikationen (performance-based Prüfmethoden) enthalten [7]. Für letztere fehlt jedoch bisher der notwendige Erfahrungs- und Bewertungshintergrund. Deshalb fiel die Wahl Deutschlands bei der Einführung des europäischen Normenwerkes auf die empirischen Spezifikationen. Europa wird hinsichtlich der Asphaltprüfungen jedoch immer mehr zusammen wachsen *[8, 9, 10]*. Aus diesem Grund gilt es, den noch fehlenden Bewertungshintergrund zu schaffen.

Weiterhin würde sich die Anwendung von gebrauchsorientierten (performance-based) Prüfmethoden zur Bestimmung der Materialkenngrößen von Asphalten in Kombination mit theoretischen Bemessungsmethoden zur Prognose des Gebrauchsverhaltens von hochbelasteten Straßen eignen. BLAB konnte dies in [2] an einem konkreten Fallbeispiel durch eine ausgezeichnete Übereinstimmung der rechnerisch prognostizierten und der tatsächlich gemessenen Verformungen für den untersuchten Aufbau aufzeigen.

Im Folgenden seien die performance-based Prüfverfahren zur Bestimmung der primären Gebrauchseigenschaften von Asphalten genannt:

zur Bestimmung des Verformungsverhaltens:
- Einaxialer Druckschwellversuch
- dynamischer Triaxialversuch

zur Bestimmung des Ermüdungsverhaltens:
- direkte oder indirekte Zugversuche
- Triaxialversuche mit Zugbeanspruchung
- Biegewechsel- oder Biegeschwellversuche

zur Bestimmung der Eigenschaften bei tiefen Temperaturen (Rissbeständigkeit bei Kälte)
- direkte und indirekte Zugversuche und Abkühlversuche an prismatischen Probekörpern

3. Forschungsziel/ Ergebnisse/ Lösungsweg

3.1 Forschungsziel

Das Ziel der Forschungsarbeit ist, den Einfluss der Zusammensetzung ausgewählter Asphaltgemische auf ihre primären Gebrauchseigenschaften zu bestimmen.
Durch den Verkehr (Radlast) treten im Bereich der Lastachse die größten Biegezugspannungen an der Unterseite der Asphalttragschicht und die größten Biegedruckspannungen an der Oberseite der Asphaltdeckschicht auf. Daher werden als Dimensionierungskriterium für die Bildung von Ermüdungsrissen in der Regel Risse, welche an der Unterseite der Asphalttragschicht entstehen, angenommen. Für die Deck- und Binderschichten ist dagegen die Spurrinnenbildung ausschlaggebend bei der Dimensionierung. Aus diesem Grund sollen die Ermüdungsuntersuchungen und die Abkühlversuche nur an Asphalttragschichtmaterial durchgeführt werden. Wie bereits beschrieben (siehe Abschnitt 2) sind die Gebrauchseigenschaften (hohe Rissbeständigkeit gegenüber Kälte und gegenüber Ermüdung infolge wiederholten Lastwechsels) von der Zusammensetzung der Asphalttragschichtgemische (Gesteinskornzusammensetzung, Bindemittelgehalt, Bindemittelviskosität, Art des verwendeten des Gesteins, Hohlraumgehalt) abhängig.
Erste Voruntersuchungen haben bereits ergeben, dass sich Asphalttragschichten, die alle den Anforderungen des derzeit gültigen deutschen Regelwerkes entsprochen haben, hinsichtlich ihres Gebrauchsverhaltens stark unterschieden.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen die Erfahrungssammlung auf dem Weg der fundamentalen Spezifikation im Rahmen der Europäisierung des deutschen Normenwerkes unterstützen. Hierfür müssen im Rahmen der Eignungsprüfung von Asphaltgemischen neben den bisher durchgeführten performance-related Prüfungen auch die erweiterten performance-based Prüfverfahren

durchführt werden. Mit wachsender Erfahrung könnten dann die leistungsbasierenden Anforderungen die grundlegenden Anforderungen an die Zusammensetzung und die leistungsbezogenen Anforderungen im Rahmen von Eignungs- und Kontrollprüfungen ersetzen oder ergänzen.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

A. Einfluss des Hohlraumgehaltes des Asphaltmischgutes auf die primären Gebrauchseigenschaften von Asphalttragschichten
3 Variationen des Hohlraumgehaltes durch unterschiedliche Verdichtungsenergie, Auswahl einer Variation, welche als Bezugsvariante für die Schritte B bis E verwendet wird

B. Einfluss der Gesteinskörnungszusammensetzung des Asphaltmischgutes auf die primären Gebrauchseigenschaften von Asphalttragschichten
4 Variationen des Mischgutes

C. Einfluss der Gesteinsart des Asphaltmischgutes auf die primären Gebrauchseigenschaften von Asphalttragschichten
2 Variationen des Mischgutes

D. Einfluss des Bindemittelgehaltes des Asphaltmischgutes auf die primären Gebrauchseigenschaften von Asphalttragschichten
2 Variationen des Mischgutes

E. Einfluss der Bindemittelart des Asphaltmischgutes auf die primären Gebrauchseigenschaften von Asphalttragschichten
3 Variationen des Mischgutes

F. Dokumentation der Ergebnisse
- Auswertung der erhaltenen Prüfergebnisse
- Vergleich der gewonnenen Materialkenngrößen der rezeptierten Asphalttragschichten anhand der theoretischen Bemessung einer Asphaltbefestigung
- Festlegung fundamentaler Anforderungen bzgl. des Widerstandes gegenüber Rissbildung infolge von Kälte und Ermüdung

Die Haupteinfluss- und Zielgrößenbeziehung sowie die Verknüpfung zwischen den einzelnen Haupteinflussgrößen ist in der Abbildung 3 dargestellt.

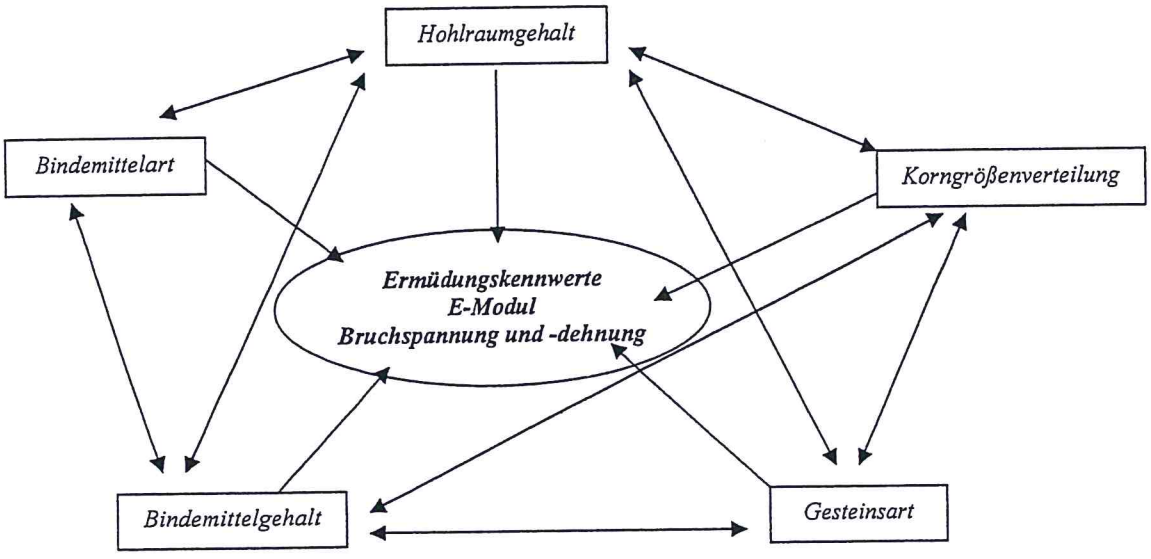

Abb. 3:
Haupteinfluss- und Zielgrößenbeziehung sowie Verknüpfung zwischen den Haupteinflussgrößen