

Kurzfassung

Die Anforderungen an Straßenbefestigungen werden in Folge des ständig zunehmenden Verkehrsaufkommens immer höher gestellt. Durch den Schwerverkehr erfolgen strukturelle Beanspruchungen und damit die stärkste Schädigung der Asphaltstraßenbefestigungen. Die Dauerhaftigkeit eines Asphaltkörpers wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Zusätzlich zu äußeren Einwirkungen infolge von Licht, Wärme oder Feuchtigkeit, spielen die Eigenschaften und Kennwerte von Asphalttschichten eine große Rolle. Asphalttschichten werden durch die Auswahl geeigneter Baustoffe sowie die Zusammensetzung der produzierten Mischung maßgeblich beeinflusst.

Für die Zusammensetzung einer Asphaltmischung sollen bestimmte Anforderungen, die durch verschiedene Richtlinien definiert sind, für die entsprechende Mischung eingehalten werden. Eine bedeutsame Rolle spielt hier die Wahl des Füllers. Man unterscheidet zwischen einem Eigen- und einem Fremdfüller. Da bei Eigenfüllern die Gefahr besteht, dass sie beim Brechvorgang von Natursteinen die Tonmineralien an sich sammeln und in Berührung mit Wasser zu einer Zerstörung der Asphaltmischung führen können, werden sie gerne ausgetauscht. Solch ein Austausch erfolgt meistens durch einen Kalzium-Ionen reichen Füller, wodurch die Qualität der Asphaltmischung erheblich verbessert wird. Dies hat sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen. Der Austausch erfolgt meistens mit Hilfe eines Kalksteinfüllers.

Bei Betrachtung des Lebenszyklus eines Verkehrsweges wird deutlich, dass viele verschiedene Einflüsse berücksichtigt werden müssen. Die Dauerhaftigkeit einer Asphaltbefestigung wird in Zusammenhang mit der Zeitfestigkeit ihrer Komponenten gebracht. Hauptteile eines Asphaltkörpers sind die Deckschicht, die Asphaltbinderschicht und die Tragschicht. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Asphaltbinderschicht genauer betrachtet. Sie ist die Verbindung zwischen der Deck- und der Tragschicht und soll eine hohe Standfestigkeit, Schubfestigkeit und Wasserundurchlässigkeit aufweisen. Hierbei ist ebenfalls die Haftung zwischen Gestein und Bitumen stark angesprochen. Da die Asphaltbinderschicht als eine hohlraumreiche Schicht bezeichnet wird, ist die Wasserproblematik hier stark vorhanden. In der Regel wird bei dieser Schicht eine sorgfältig überlegte Mineralstoffzusammensetzung gewählt.

In Rahmen dieser Arbeit wird der Einfluss des Füllers auf die Dauerhaftigkeit von Asphaltbinder mittels SATS-Test untersucht. Es handelt sich um ein neu entwickeltes Prüfverfahren aus Großbritannien. Mit Hilfe dieses Prüfverfahrens wird versucht, eine Aussage zur Dauerhaftigkeit des verwendeten Asphaltmischguts zu treffen. Zurzeit ist dieses Prüfverfahren als Entwurf in der pr EN 12697-45 erfasst.

Um diese Aufgabe zu realisieren, werden zwei Druckalterungsbehälter benutzt, die in der Versuchsanstalt für Straßenwesen der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung stehen. In dieser Arbeit werden die zwei Gesteinssorten Basalt und Kreimbach und die Bitumensorte 30/45 verwendet. Hierbei wird mit den drei Füllerarten Basalt-, Kreimbach- und Kalkfüller variiert. In diesem Forschungsvorhaben werden die Probekörper, die ein Hohlraumgehalt von $6 \pm 0.5\%$ aufweisen, untersucht. Die Untersuchung umfasst die sechs im Folgenden aufgezählten Asphaltmischungen:

- BA Basalt mit Eigenfüller
- BB Basalt mit Eigenfüller + Fremdfüller (50:50)
- BC Basalt mit Fremdfüller (Kalkfüller)
- KA Kreimbach mit Eigenfüller
- KB Kreimbach mit Eigenfüller + Fremdfüller (50:50)
- KC Kreimbach mit Fremdfüller (Kalkfüller)

Die festgestellten Messergebnisse werden zweifach belegt und exemplarisch erfasst. Als begleitende Untersuchung wird in Rahmen dieser Arbeit der statische Spaltzugversuch durchgeführt. Es handelt sich um eine eigene Untersuchung, die bei der Endauswertung berücksichtigt wird, um die gewonnenen Ergebnisse des SATS-Tests besser nachvollziehen und interpretieren zu können.

Nachdem eine theoretische Einführung in das Thema hinsichtlich der Eigenschaften von Füller und Asphaltbinder sowie Anforderungen an Füller und Asphaltbinder gemäß Richtlinien aufgeführt werden, erfolgt eine weitere Beschreibung, die auf die Dauerhaftigkeit von Asphalt bezogen ist. Um das Verhalten von Asphalt bei unterschiedlichen Beanspruchungen sowie Bedingungen zu analysieren, sollen bestimmte Vorgänge näher erklärt werden. Ein entscheidender Faktor hinsichtlich der Dauerhaftigkeit eines Asphaltmischguts ist die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung. Dieser Vorgang wird außerdem als Adhäsion bezeichnet und ist eine Erscheinungsform der Molekularkräfte, durch welche die Moleküle verschiedener Stoffe aneinander haften. Dieses Thema ist bis jetzt von vielen Wissenschaftler behandelt worden. Aufgrund dessen sind viele verschiedene Theorien aufgestellt worden. Man unterscheidet zwischen den Adhäsionstheorien und den Versagenstheorien. Bei den Adhäsionstheorien werden die Hafteigenschaften, welche die einzelnen Komponenten bzw. Bitumen und Gestein aufweisen, näher analysiert. Die Versagenstheorien beschäftigen sich mit den Ursachen, die zu einem Versagen geführt haben. Hierbei werden die mechanisch-dynamischen Beanspruchungen durch Verkehr und Wasser näher analysiert.

Die zahlreichen Untersuchungen auf diesem Gebiet haben dazu geführt, dass verschiedene Prüfverfahren entwickelt wurden. Es wird nach dem Prüfgut, der Art der Beanspruchung und der Art der Prüfmerkmale unterschieden. Trotz zahlreicher Prüfverfahren werden zum jetzigen Zeitpunkt nur zwei Methoden zur Prüfung des Haftverhaltens zwischen Gestein und Bitumen angewendet. Ein Prüfverfahren beschäftigt sich mit dem Einzelkorn. Wobei der Grad der Umhüllung mit dem Bitumen bestimmt wird. Bei anderen Prüfverfahren werden Marshallprobekörper untersucht, die zuvor einer Wasserempfindlichkeitsprüfung unterzogen wurden. Diese beiden Prüfverfahren werden trotz ihrer Anwendung als nicht ausreichend bzw. aussagekräftig hinsichtlich des Haftverhaltens zwischen Gestein und Bitumen bezeichnet.

Da in dieser Arbeit ein Alterungsprozess mittels Druckalterungsbehälter am Probekörper hervorgerufen wird, werden im Weiteren Verlauf dieser Arbeit die bisherigen Alterungsmethoden erklärt. Es wird zwischen Kurzzeit- und Langzeitalterung unterschieden. Die beiden Methoden beschäftigen sich mit der Bitumenalterung, wobei verschiedene Prüfgeräte zum Einsatz kommen. Da sich diese Methoden, wie bereits erläuterte, mit der Bitumenalterung beschäftigen, ist eine Bewertung hinsichtlich des Asphalts nicht möglich. Zur Bestimmung des Alterungsverhaltens von Asphaltmischungen existieren zurzeit keine genormten Prüfverfahren. Die neusten Untersuchungen in Großbritannien haben ein neues Prüfverfahren entwickelt, welches als SATS - Test bezeichnet und in dieser Arbeit durchgeführt wird.

Bevor die Untersuchung an sechs hergestellten Asphaltmischungen erfolgte, wird eine Vorversuchsphase durchgeführt. Für die experimentelle Untersuchung wird der Asphaltbinder 0/16 B N eingesetzt. Hierbei werden die Mischgutzusammensetzungen für die beide untersuchten Gesteinsarten festgelegt. Da es sich um zwei Gesteine handelt, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, nämlich Basalt und Kreimbach, müsste zuerst eine Probeuntersuchung durchgeführt werden. Laut SATS-Test sollen die Proben eine Höhe von 60 ± 5 mm und einen Durchmesser von 100 ± 1 mm besitzen. Ein weiteres Kriterium in dieser Arbeit ist der Hohlraumgehalt. Da für diese Arbeit ein Hohlraumgehalt von $6 \pm 0,5$ % vorgesehen ist, werden zuerst verschiedene Kombinationen ausprobiert.

Hierbei ist sehr wichtig zu erläutern, dass die Erzielung dieses Ergebnisses mit unterschiedlichem Bindemittelgehalt erreicht wurde. Der unterschiedliche Bindemittelgehalt ist bei der Auswertung berücksichtigt worden.

Bevor die Proben in Druckalterungsbehälter eingesetzt werden, ist die Ermittlung der Steifigkeit gemäß DIN EN 12697-26 (Anhang C) und des Sättigungsgrades für jede Probe durchzuführen. Für jeden Versuch werden fünf Probekörper benötigt, die in ein Siebtafel - Gestell eingesetzt werden. Die Beanspruchung erfolgt durch eine Temperatur von $85 \pm 1^\circ \text{C}$, einen Druck von $21 \pm 1 \text{ bar}$ und Feuchtigkeit. Nach einer Beanspruchungsdauer von

91, 5 ± 1 Stunden werden die Proben herausgenommen und innerhalb der darauffolgenden drei Minuten gewogen. Anschließend wird die Ermittlung der Steifigkeit, wie vor der Beanspruchung, bestimmt. Das Verhältnis der Steifigkeit vor und nach der Beanspruchung wird als „verbleibende Steifigkeit“ bezeichnet. Anschließend wird der Wert „verbleibende Steifigkeit“ der vier oben (in Siebtafel) positionierten Probekörper in Betracht genommen und daraus der Mittelwert berechnet. Dieser Mittelwert wird als SATS-Dauerhaftigkeitsindex bezeichnet und ist auf 1 % anzugeben. Asphaltmischungen, die in der Asphaltbinder- und der Asphalttragschicht verwendet werden, sollen einen SATS-Dauerhaftigkeitsindex von 80 % aufweisen. Eine weitere Kenngröße, die mit Hilfe des SATS-Tests gewonnen wird, ist die „verbleibende Sättigung“. Dieser Wert beschreibt die Wasserempfindlichkeit der Proben bzw. ihre Resistenz gegenüber Feuchtigkeitsschäden. Mit diesen gewonnenen Werten erfolgt eine Beurteilung hinsichtlich der Adhäsion zwischen Gestein und Bitumen.

- Im Rahmen dieser Arbeit, haben sich keine brauchbare Ergebnisse hinsichtlich der verbleibenden Steifigkeit, gezeigt. Grund dafür sind erhebliche Streuungen der Ergebnisse und damit eine fehlende Aussagekraft. Die Ungenauigkeiten in Bezug auf die gewonnenen Steifigkeitswerte im durchgeführten SATS-Test werden als Softwarefehler bestätigt. Aus diesem Grund sind mehrere Versuche erfolglos ausgefallen und die Steifigkeit-Werte sind mit Vorsicht zu betrachten.
- Der ermittelte Wert der „verbleibende Sättigung“ befindet sich für die untersuchten Asphaltmischungen in einem sehr engen Rahmen. Bei den Basaltemischungen zeigt sich eine Ergebnisspanne von 20 bis 34 %. Demgegenüber liegen die Ergebnisse bei den Kreimbach-Mischungen in engerem Rahmen und befinden sich zwischen 27 bis 37 %. Da die Proben aufgrund der unterschiedlichen Positionierung im Siebtafelgestell hinsichtlich der Feuchtigkeit unterschiedlich beansprucht sind, war bei den Untersuchungen in Großbritannien eine größere Ergebnisspanne zu erwarten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass diese Untersuchung keine brauchbare Differenzierung des Asphaltmischguts hinsichtlich der verwendeten Füllerart gebracht hat. Die ermittelten Werte liegen in engem Rahmen, sodass eine Klassifizierung nicht zu erkennen ist. Die beiden untersuchten Gesteinsmischungen zeigten ein ähnliches Verhalten gegenüber der aufgetragenen Beanspruchung.

Aus diesem Grund ist hier noch zusätzlich ein weiteres Prüfverfahren an den Probekörpern durchgeführt worden. Es handelt sich um den statischen Spaltzugversuch. Bei diesem Versuch werden die Proben bis zum Bruch belastet und der E-Modul sowie der Spaltzugfestigkeitsabfall ermittelt. Damit wird eine allgemeine Aussage über den Widerstand der Probekörper gewonnen.

Hierbei zeigten sich die Ergebnisse für die beiden untersuchten Mischungen als ebenfalls schwer zu klassifizieren. Ein Unterschied hinsichtlich der Füllerart ist schwer zu erkennen. Hierbei ist wichtig zu sagen, dass es sich um einen statischen Versuch handelt, die dem die Proben bis zum Bruch beansprucht werden. Demgegenüber ist die Steifigkeitsermittlung nach dem SATS-Test an den untersuchten Proben ein dynamisches Prüfverfahren.

Da in Rahmen diese Arbeit der Einfluss des Füllers auf die Dauerhaftigkeit von Asphaltbinder untersucht wird, war es zu erwarten, dass die Asphaltmischungen mit Kalkfüllerzugabe ein höheres Haftverhalten bzw. einen höheren Widerstand gegenüber der aufgebrachten Beanspruchung aufweisen. Aus den Untersuchungsergebnissen kann abgeleitet werden, dass nicht nur ein Austausch des Füller in einem Asphaltmischgut ausreicht, sondern ebenfalls viele andere Faktoren berücksichtigt werden müssen, wie z. B. eine genauere Kenntnis über die mineralogische Struktur der Füller, sowie sein Wirkung in der verwendeten Bitumensorte. Ein wesentliches Kriterium ist das Gestein selbst und seine mineralogischen und petrographischen Eigenschaften. Um eine Beurteilung treffen zu können, ob ein Füller für ein Asphaltmischgut mehr oder weniger geeignet ist, sollen, wie es sich in dieser Arbeit gezeigt hat, viele anderen Faktoren berücksichtigt werden. Jede Füllerart reagiert in einem Asphaltmischgut anders sodass sich seine Wirkung nicht pauschalisieren lässt.