

Optimierung der Prüfmodalitäten des Triaxialversuchs mit schwellendem Stützdruck zur praxisadäquaten Bewertung des Verformungswiderstandes von Asphalt

FA 7.190

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

Bearbeiter: Renken, P. / Büchler, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Mai 2004

1. Aufgabenstellung

Eine der wichtigsten Gebrauchseigenschaften von Asphalt ist der Verformungswiderstand bei Wärme. Am Institut für Straßenwesen der TU Braunschweig steht eine Triaxialprüfmaschine zur Verfügung, die durch eine integrierte Druckzelle mit schwellendem Axial- und Radialdruck geeignet ist, den Verformungswiderstand unterschiedlicher Asphaltarten zu beschreiben.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll geklärt werden, ob die bei der Entwicklung dieser Prüfmaschine (Prototyp) festgelegten Prüfmodalitäten auf das gesamte Spektrum der in der Bau Praxis eingesetzten Asphalte anwendbar sind.

Zunächst muss eine Methode zur Festlegung des schwellenden Radialdrucks (Stützdrucks) für die unterschiedlichen Asphaltarten ermittelt werden.

Anschließend soll im Verlauf der Untersuchungen systematisch geklärt werden, wie sich die Art der Herstellung und die Geometrie der Probekörper auf die Größe des ermittelten Verformungswiderstandes auswirken. Weiterhin sind Einflüsse kompositioneller Art auf den Verformungswiderstand durch Variation der Zusammensetzung von Asphaltbeton, Splittmastixasphalt und Asphaltbinder zu überprüfen.

2. Untersuchungsmethodik

Zunächst wurde eine Optimierungsphase durchgeführt, um die Einflüsse unterschiedlicher Prüfmodalitäten auf das Ergebnis des Triaxialversuchs abschätzen zu können. In dieser Phase wurden die fünf Asphaltarten/-sorten AB 0/11, SMA 0/11 S, ABi 0/16, OPA 0/8 und GA 0/8 verwendet.

Der erste Schritt bestand darin, eine Methode zur Festlegung des Stützdruckes zu entwickeln.

Die Lastaufbringung erfolgte als Standard mit einer sinusförmigen Druckschwellbelastung mit einer Frequenz von 10 Hz (= 100 ms) ohne Lastpausen. Die alternative Belastungsart von 0,2 s Impulsdauer mit einer Lastpause von 1,5 s konnte mit der vorhandenen Hydraulik der Druckzelle (Prototyp) nicht eingestellt werden, sodass letztlich auf die Variation der Belastungsart verzichtet werden musste.

Im Rahmen der Optimierungsphase wurde der Phasenwinkel in vier Stufen variiert (Tabelle 1). Die Herstellung der Probekörper erfolgte als Standardvariante mittels Marshall-Verdichtung. Als Variationen wurden für die Walzasphalte auch Probekörper im Gyrator hergestellt, sowie Bohrkern aus mittels Walzsektor-Verdichter (WSV) hergestellten Asphaltprobekörpern verwendet. Die Höhe der Probekörper wurde auf 60 mm als Standard festgelegt. Als Variation wurde die Höhe von 80 mm untersucht, sowie ein aus zwei 40 mm hohen Probekörpern zusammengeklebter Probekörper.

Tab. 1: Übersicht der Prüfmerkmale und aller durchgeführten Variationen dieser Merkmale in der Optimierungsphase

Probekörperhöhe	Herstellungsart	Phasenwinkel
60 mm	MPK	0° ≙ 0 ms
		18° ≙ 5 ms
		36° ≙ 10 ms
		54° ≙ 15 ms
80 mm	Gyrator *	36° ≙ 10 ms
	Bohrkern *	
	geklebter Bohrkern	

* keine Variation für den Gussasphalt

In der zweiten Phase, der Prüfungsphase, wurde die Methode zur Festlegung des Stützdruckes optimiert und Variationen in der Zusammensetzung von vier neu zusammengestellten Walzasphalten AB 0/11 S, SMA 0/11 S, ABi 0/16 S und OPA 0/8 untersucht.

Als wichtigste Änderung gegenüber der Optimierungsphase wurde vom betreuenden Ausschuss die Prüftemperatur von T = + 40 °C auf T = + 50 °C angehoben, um vergleichbare Versuchsbedingungen mit anderen dynamischen Prüfverfahren zu erhalten.

Dafür wurde für die drei Walzasphalte – AB, SMA und ABi – jeweils ein Basisasphalt hergestellt und geprüft. In den nächsten Schritten wurde der Bindemittelgehalt um 0,5 M.-% erhöht und das Straßenbaubitumen durch ein polymermodifiziertes Bitumen ersetzt, jeweils bei unveränderter Korngrößenverteilung des Basisasphalts.

Weiterhin wurde für den SMA (Basisasphalt) der Verdichtungsgrad auf 98,6 % und 97,1 % reduziert.

Der OPA 0/8 wurde geprüft, um die Funktionsweise des Versuches mit diesem Asphalt bei der erhöhten Prüftemperatur zu überprüfen.

3. Untersuchungsergebnisse

Der zeitliche Abstand (Phasenwinkel) zwischen aufgebrachtem Axialdruck und radialer Verformung – ohne seitlichen Stützdruck – wurde an Prüfmaschine erstmalig elektronisch aufgezeichnet. Bei T = + 40 °C wurde er für alle Asphalte mit im Mittel 36° = 10 ms bestätigt. Bei T = + 50 °C liegt er etwas niedriger.

In der Optimierungsphase zeigte die Variation des Phasenwinkels zwischen Axialdruck und Stützdruck keinen großen Einfluss auf die bleibende axiale Verformung. Tabelle 2 zeigt nur für den OPA eine eindeutige Differenzierung bei einem Phasenwinkel von 36° (= 10 ms). Für den AB und den ABi lassen sich lediglich die Phasenwinkel mit den höchsten und niedrigsten Verformungen statistisch signifikant differenzieren. Für den GA und SMA hat der Phasenwinkel keinen signifikanten Einfluss.

Tab. 2: Ergebnisse des multiplen Mittelwertvergleiches für die Variationen Asphaltart und Phasenwinkel

Asphalt	niedrig → Verformung (relativ) → hoch				Bemerkungen
AB	0°	54°	18°	36°	36° ≠ 0°
SMA	36°	0°	54°	18°	
ABi	54°	18°	0°	36°	36° ≠ 54°
OPA	18°	54°	0°	36°	
GA	36°	54°	0°	18°	

Die Art der Probekörperherstellung und die Probekörperhöhe lassen deutliche Unterscheidungen zu (Tabelle 3).

Höhere Probekörper zeigen größere absolute Verformungen – unabhängig von der Art der Asphalte oder der Art der Herstellung (für die Gussasphalte wurde die Art der Herstellung nicht variiert).

Mit dem Gyrator hergestellte Probekörper weisen bei einer Probekörperhöhe von 60 mm tendenziell und bei einer Probekörperhöhe von 80 mm statistisch signifikant geringere Verformungen auf als Marshall-Probekörper.

Aus WSV-Platten gebohrte Probekörper weisen signifikant die höchsten Verformungen auf. Die aus zwei 40 mm hohen, gebohrten Asphalt-scheiben geklebten Probekörper weisen teilweise signifikant geringere Verformungen auf, als die 80 mm hohen gebohrten Probekörper, bleiben jedoch deutlich oberhalb denen der Gyrator- und Marshall-Probekörper.

Der Asphaltbinder weist für die untersuchten Walzasphalte bei allen untersuchten Variationen der Prüfbedingungen die geringsten Verformungen auf. Da der Asphaltbinder mit polymermodifiziertem Bitumen vergleichsweise steif konzipiert wurde, können diese geringen Verformungen als plausibel angesehen werden. Der Gussasphalt weist noch geringere Verformungen auf, was aber direkt mit dem gewählten extrem hohen Stützdruck zusammenhängt, der keine große radiale und damit auch axiale Verformung zulässt.

Die Prüfungsphase zeigt zunächst, dass die optimierte Methode zur Festlegung des Stützdruckes bei einer Prüftemperatur von $T = + 50 \text{ °C}$ plausible Ergebnisse liefert.

Die Prüfung des offenporigen Asphalts hat gezeigt, dass dieses Prüfverfahren auch für diese Asphaltart problemlos anwendbar ist.

Die Erhöhung des Bindemittelgehaltes zeigt beim Asphaltbeton und Asphaltbinder eine Erhöhung der Verformung. Die Verformungen des Splittmastixasphalts bleiben praktisch gleich, was mit dem tragfähigen Korngerüst zu begründen ist.

Die Verwendung von polymermodifiziertem Bitumen anstatt Straßenbaubitumen zeigt beim Asphaltbeton und beim Asphaltbinder eine signifikante Verringerung der Verformung, der Splittmastixasphalt zeigt keinen nachweisbaren Einfluss.

Tab. 3: Ergebnisse des multiplen Mittelwertvergleiches für die Variationen Probekörperhöhe und Art der Herstellung

Probekörperhöhe	Asphalt	niedrig → Verformg. (absolut) → hoch		
60 mm	AB 0/11	Gyrator	MPK	BK
	SMA 0/11 S	Gyrator	MPK	BK
	ABi 0/16	MPK	Gyrator	BK
	OPA 0/8	Gyrator	MPK	BK
80 mm	AB 0/11	Gyrator	BK 2 × 40	BK 80
	SMA 0/11 S	Gyrator	BK 2 × 40	BK 80
	ABi 0/16	Gyrator	BK 2 × 40	BK 80
	OPA 0/8	Gyrator	BK 2 × 40	BK 80
	GA 0/8	-	PK 2 × 40	PK 80

4. Folgerung für die Praxis

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde zunächst die Festlegung von Höhe und Zeitpunkt des Stützdruckes – der schwellenden, radialen Spannung – überprüft. Es wurde ein neuer Lösungsweg entwickelt einen materialabhängigen Stützdruck zu bestimmen, bezogen auf die jeweilige Asphaltart und deren Zusammensetzung. Damit wurde die Möglichkeit geschaffen, einen allgemeingültigen Bewertungshintergrund für den Verformungswiderstand bei Walzasphalten zu schaffen.

Die Untersuchungen zur Festlegung des Stützdruckes zeigten mehrere grundlegende Phänomene – wie z. B. höhere elastische Verformungen bei Versuchen mit Stützdruck gegenüber Versuchen ohne Stützdruck, die in weiteren Arbeiten untersucht werden sollten. Weiterhin besteht ein grundlegender Forschungsbedarf für z. B. die Untersuchung der Art der Belastung (sinusförmig mit oder ohne Lastpause), den Nachweis einer Form- oder Volumenänderung, den Nachweis von Ermüdungseffekten und die Verifikation mit Bohrkernproben aus der Straße.

Insgesamt steht ein Prüfverfahren zur Verfügung, welches für den Verformungswiderstand bei Wärme alle Walzasphaltarten praxisnah und materialgerecht ansprechen kann und zu plausiblen Ergebnissen führt.

Gussasphalte können auf Grund der erheblich höheren Stützdrücke nur bedingt angesprochen werden. □