

Einfluß von Temperatur und Temperaturrate auf den Verformungswiderstand frisch verlegter Asphaltdeckschichten während Abkühlung und Wiedererwärmung

Wolfgang Arand, Braunschweig

Problem

Die Praxis des Asphaltstraßenbaus zeigt, daß die vorzeitige Freigabe frisch verlegter Asphaltdeckschichten zur unmittelbaren Entstehung bleibender Verformungen in Form von Spurrinnen führen kann. Bisher ist nicht bekannt, bei welchen Temperaturen frisch verlegte Asphaltdeckschichten erstmals befahren werden dürfen, wenn die Gefahr des Entstehens vorzeitiger Verformungen zuverlässig vermieden werden soll. Dabei ist dieses Problem von großer Bedeutung, weil einerseits der Auftraggeber ein Interesse daran hat, Verkehrsflächen ohne längere Sperrfristen möglichst früh dem Verkehr zu übergeben, und andererseits dem Auftragnehmer daran gelegen ist, daß die Verkehrsübergabe erst zu einem Zeitpunkt erfolgt, an dem die Gefahr des frühzeitigen Auftretens bleibender Verformungen nicht mehr besteht. Das durch die konkurrierenden Vorstellungen von Auftraggeber und Auftragnehmer entstehende Dilemma läßt sich nur dann vermeiden, wenn nach Maß und Zahl zuverlässig angegeben werden kann, bei welchen Temperaturen beziehungsweise nach welcher Zeit die Verkehrsübergabe ohne Risiko für das vorzeitige Auftreten bleibender Verformungen erfolgen kann.

Hypothesen

Als Ursachen für die Entstehung bleibender Verformungen in frisch verlegten Asphaltdeckschichten während der Abkühlphase werden unter Fachleuten unter anderem: erstens eine

Strukturbildung im thixotropen Bitumen und zweitens ein Luftunterdruck in äußerlich abgeschlossenen Hohlräumen von Walzasphalt bei deren Abkühlung diskutiert.

Experimentelles Vorgehen und erste Ergebnisse

Strukturviskosität des Bitumens

Die erste Hypothese besagt, daß die Viskosität des Bitumens bei ein und derselben Prüftemperatur nicht nur von der Temperatur selbst sondern auch von dem Umstand abhängt, ob diese Temperatur von einem höheren oder von einem niedrigeren Temperaturniveau aus angefahren wird. Durch Messungen der Viskosität von Straßenbaubitumen und polymermodifizierten Bitumen in Abhängigkeit von der Ansteuerrichtung der Bitumen konnten mittels kraft geregelter Oszillationsversuche mit einem HAAKE-Rheometer RheoStress RS 100 in der Tat thixotrope Effekte bei den Bindemitteln nachgewiesen werden (siehe Tabelle 1). Im Mittel verändert sich die Viskosität der Bitumen um $-0,29\%$ (relativ)/K mit der Ansteuerrichtung der Prüftemperatur (siehe Tabelle 2). Das bedeutet: Wird die Prüftemperatur von einer um 40 K höheren Temperatur aus angesteuert, so ist die Viskosität relativ um $0,29 \cdot 40 = 11,6\%$ kleiner, wird die Prüftemperatur von einem um 40 K niedrigeren Temperaturniveau aus angefahren, so ist die Viskosität um durchschnittlich $11,6\%$ höher. Allein diese Tatsache zeigt, daß es notwendig ist, eine fertiggestellte Asphaltdeckschicht zunächst erst einmal ausküh-

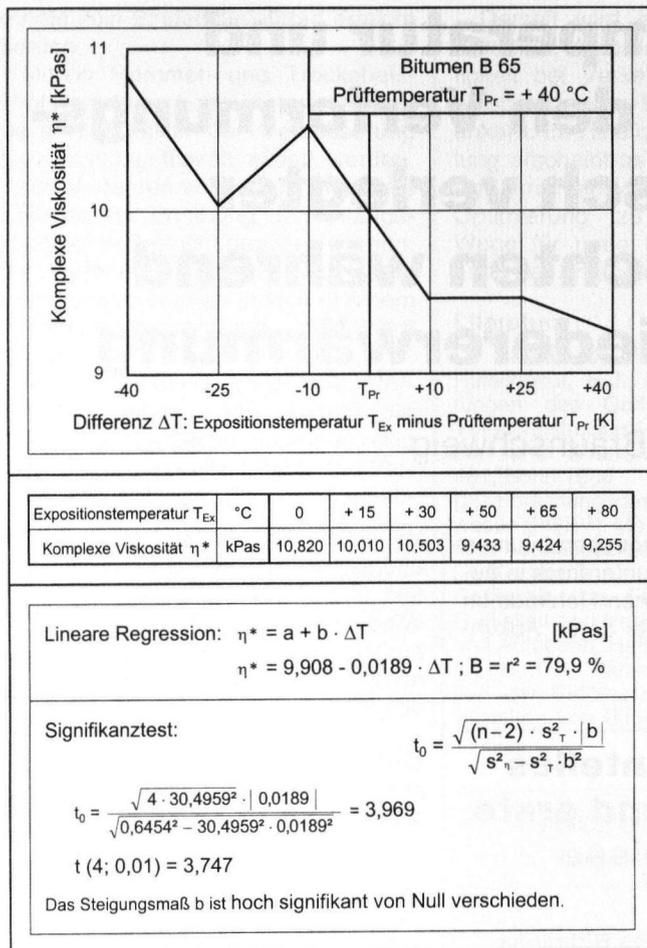
len zu lassen, ehe sie dem Verkehr übergeben wird, um den positiven Effekt einer höheren Viskosität in der Wiedererwärmungsphase nach vorausgegangener Abkühlung des Bitumens auf den Verformungswiderstand des Asphalts zu nutzen.

Einfluß der Expositionsbedingungen auf den Verformungswiderstand von Asphalt

Die zweite Hypothese berücksichtigt den Umstand, daß beim Verdichten frisch verlegter Asphaltdeckschichten in sich abgeschlossene äußerlich unzugängliche Hohlräume entstehen, in denen alleine wegen der Abkühlung ein Unterdruck entsteht, der durch die thermisch bedingte Volumenkontraktion des Bindemittels und die dadurch verursachte Volumenvergrößerung der abgeschlossenen Hohlräume noch verstärkt wird. Beide – dem Boyle-Mariotteschen Gesetz folgenden – Vorgänge setzen den Asphalt unter eine auf Verringerung des Gesamtvolumens gerichtete Vorspannung, die nicht nur von der Temperatur an sich sondern auch von der Temperaturrate abhängen kann. Werden dieser Vorspannung verkehrslastbedingte Druckspannungen überlagert, so kann dieses Verformungen zur Folge haben, die größer sind als diejenigen, die bei gleicher Temperatur und gleicher Verkehrsbelastung auftreten würden, wenn nach Wiedererwärmung des Asphalts die Luft in den abgeschlossenen Hohlräumen unter einem Überdruck steht.

Um die obige zweite Hypothese zu hinterfragen, wurden an drei verschiedenen Asphaltdeckschichtvarianten, nämlich je einem

- Asphaltbeton 0/11 L,
- Asphaltbeton 0/11 S und
- Splittmastixasphalt 0/11 S



Lineare Regression: $\eta^* = a + b \cdot \Delta T$ [kPas]

Bitumen	Prüf-temperatur T_{Pr} [°C]	a [kPas]	b [kPas · K ⁻¹]	b/a [K ⁻¹]	Bestimmtheitsmaß $B = r^2$ [%]	Signifikanz? ja/nein
B 80	+10	475,54	-2,1990	-46,242 · 10 ⁻⁴	70,2	ja
	+25	58,400	-0,1291	-22,106 · 10 ⁻⁴	74,4	ja
	+40	6,609	-0,02362	-35,739 · 10 ⁻⁴	79,7	ja, hoch
	+55	0,8411	-0,00395	-46,962 · 10 ⁻⁴	89,2	ja, hoch
B 65	+10	526,50	-0,4346	-8,255 · 10 ⁻⁴	63,0	ja
	+25	86,835	-0,3064	-35,285 · 10 ⁻⁴	79,1	ja, hoch
	+40	9,908	-0,0189	-19,075 · 10 ⁻⁴	79,9	ja, hoch
	+55	1,4453	-0,00295	-20,411 · 10 ⁻⁴	81,0	ja, hoch
PmB 45	+10	574,37	-1,1277	[-19,634 · 10 ⁻⁴]	[41,9]	nein
	+25	102,908	-0,2075	-20,164 · 10 ⁻⁴	79,0	ja, hoch
	+40	15,649	-0,08566	-54,738 · 10 ⁻⁴	79,9	ja, hoch
	+55	3,0048	-0,00297	-9,884 · 10 ⁻⁴	72,4	ja
Im Mittel					-28,987 · 10 ⁻⁴ ± 15,687	77,1 ± 6,8

Tabelle 1: Überprüfung der Abhängigkeit der komplexen Viskosität η^* von der Differenz ΔT zwischen der Expositionstemperatur T_{Ex} und der Prüf-temperatur T_{Pr} mittels linearer Regression und Signifikanztest; hier: Bitumen B 80; Prüf-temperatur $T_{Pr} = +40\text{ °C}$

Tabelle 2: Lineare Regressionsanalyse zur Beschreibung des Zusammenhanges zwischen der komplexen Viskosität η^* und der Differenz ΔT zwischen der Expositionstemperatur T_{Ex} und der Prüf-temperatur T_{Pr} unter Angabe des Bestimmtheitsmaßes B und der Signifikanz des Steigungsmaßes b

dynamische Stempelindringversuche bei drei verschiedenen Prüf-temperaturen, nämlich bei

- +25 °C, +40 °C und +55 °C,
- unmittelbar nach schneller beziehungsweise langsamer Abkühlung,
- sowie nach unterschiedlicher Expositionsdauer von 2 h, 16 h beziehungsweise 40 h,
- bei Expositionstemperaturen von +10 °C beziehungsweise +25 °C und
- Wiedererwärmung auf Prüf-temperatur durchgeführt.

Merkmalsgröße zur quantitativen Bewertung des Verformungswiderstandes in Abhängigkeit von den Modalitäten der Vorbehandlung ist dabei die dynamische Stempelindringtiefe.

Die Auswertung der experimentellen Ergebnisse unter Anwendung multivariater Verfahren der mathemati-

schen Statistik ist in vollem Gange. Bisher deuten sich folgende Trends an:

- Eine langsamere Abkühlung bewirkt einen höheren Verformungswiderstand. Dieses trifft besonders für die steifere S-Variante des Asphaltbetons zu.
- Eine längere Expositionsdauer wirkt sich vorteilhaft auf den Verformungswiderstand der Asphalte aus. Eine Expositionsdauer von wenigstens 16 h sollte nicht unterschritten werden.

Zusammenfassung

Bei den gewählten Versuchsbedingungen ist der Einfluß der thermischen Vorbehandlung – also der Modalitäten der Temperierung vor der eigentlichen

Prüfung – bei den Asphaltdeckschichtvarianten stärker ausgeprägt als bei den untersuchten Bitumen, so daß neben den thixotropen Effekten im Bitumen auch noch thermodynamische Vorgänge im Asphalt dessen Verformungswiderstand bestimmen.

Anschrift des Verfassers:
 Prof. Dr. Wolfgang Arand
 Ostpreussendamm 50
 38124 Braunschweig

Dieses Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft durch die AiF unter der Nummer 9975 gefördert.