



Beitrag zum Nachweis der Wirksamkeit von temperaturerniedrigenden Zusätzen in Walzasphalten

Zusammenfassung

Die Wirkung von temperaturerniedrigenden Zusätzen im Bitumen auf Asphaltsschichten wurde mehrfach erbracht und ist in Fachaufsätzen beschrieben worden. Unabhängig von diesen Arbeiten haben die Bearbeiter an mit einem Walzsegmentverdichter hergestellten und dem Spurbildungsversuch unterzogenen Asphaltprobeplatten aus Splittmastixasphalt SMA 0/8 S einen quantifizierten Nachweis der Wirkung von FT-Paraffinen mit der Handelsbezeichnung Sasobit erbracht.

Im Vergleich zum Straßenbaubitumen 50/70 liegen die Ergebnisse der drei übrigen am Versuch beteiligten Bindemittel (SmB35, Caribit 45A, PmB 45 mit Sasobit) so dicht beieinander, dass eine eindeutige Reihung dieser Bindemittel bezüglich des Gebrauchsverhaltens bei Temperaturerniedrigung nicht vorgenommen werden kann. Es ergab sich für alle untersuchten Bindemittel die gewünschte Verbesserung der Wärmestandfestigkeit des Asphaltes im Spurbildungstest; eine Differenzierung der Wirkung für die einzelnen Bindemittel war mit diesem Versuch jedoch nicht möglich. Die Vermutung, dass die Spurrinnentiefe an Asphaltprobeplatten die Wirkung modifizierter Bindemittelsorten untereinander bei verschiedenen Verdichtungstemperaturen nicht vollständig spreizt, hat sich durch die Versuchsergebnisse bestätigt.

Die Wirksamkeit von Bindemitteln mit einem Zusatz von FT-Paraffinen (SmB35) gegenüber dem Straßenbaubitumen 50/70 kann dagegen im Laborversuch an Asphaltprobeplatten sicher nachgewiesen werden. Die beiden polymermodifizierten Bindemittel, die in den Versuch mit einbezogen wurden, haben sich bei allen Temperaturstufen bezüglich des Gebrauchsverhaltens ähnlich wie ein SmB35 verhalten.

1 Aufgabenstellung

In den letzten Jahren werden vermehrt modifizierte oder mit Additiven versehene Asphalte konzipiert, um den Anforderungen des Marktes gerecht zu werden. Ein zunehmender Anteil dieser Entwicklung beschäftigt sich mit Zusätzen für das Bindemittel, die zu einer Absenkung der Temperaturen für Mischen, Einbauen und Verdichten führen sollen.

Ziele sind die Einsparung von Energie und damit die Verringerung von Emissionen aus dem Trocknungs-

prozess, die Verringerung des Verschleißes von Heizanlagen und Maschinen sowie besonders für den Bereich Gussasphalt Verbesserungen auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes durch Absenkung der gesundheitsschädlichen Aerosole in Bitumendämpfen und eine Verbesserung der Verarbeitbarkeit.

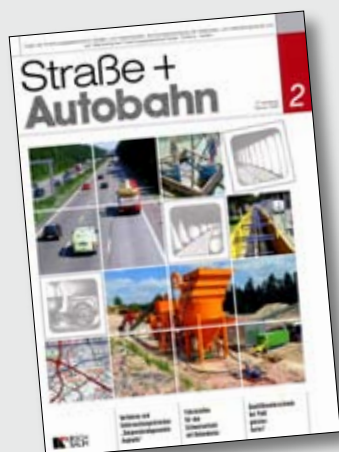
Mit dieser Arbeit soll ein Beitrag zur Frage geleistet werden, wie sich Walzasphalt mit Fischer-Tropsch-Paraffinen, der unterhalb der im Regelwerk festgelegten Verdichtungstemperatur von 135 ± 5 °C verdichtet wird, im Gebrauchszustand verhält. Der Einfluss von Bitumen und Additiven soll dabei quantitativ benannt werden. Die Mischgutherstellung erfolgte bei den für Labormischungen im Rahmen von Eignungsprüfungen üblichen Temperaturen von 135 °C bei Verwendung von Straßenbaubitumen und 145 °C bei Verwendung von polymermodifizierten Bitumen PmB 45A. Nach einem überwachten Abkühlungsprozess auf die Einbau- und Verdichtungstemperaturen (siehe Tabelle 2) wurden die Probeplatten hergestellt und mit einem Walzsegmentverdichter verdichtet. Damit kann dem Problem nachgegangen werden, ob die Wärmestandfestigkeit des Asphaltes auch mit stark abnehmender Einbautemperatur weiter erhalten bleibt.

Der Praktiker weiß, dass diese Frage beim Herstellen, Einbauen und Verdichten von Asphaltmischgut jederzeit auftreten kann. Gründe können u.a. sein:

- mischanlagenbedingte Unregelmäßigkeiten
- niedrige Luft- und Fahrbahntemperaturen
- Wind und / oder Regen
- lange Transportwege / verkehrsbedingte Verzögerungen

Eine mögliche Temperaturabsenkung findet ihre Grenze in der notwendigen niedrigen Viskosität des Bindemittels beim Mischen. Eine zusätzliche Viskositätsverminderung begünstigt primär die Umhüllung der Gesteine und wirkt sich sekundär auf die Misch-, Einbau- und Verdichtungstemperatur des Asphaltgemisches aus. In [2] hat Damm die viskositätsverändernde Wirkungsweise von Paraffinen insbesondere von FT-Paraffinen, ausführlich beschrieben. Bei den FT-Paraffinen, die überwiegend Kettenlängen von 40 - 100 Kohlenstoffatomen aufweisen, liegt der Erstarrungspunkt bei ca. 100 °C. Der Schmelzbereich von FT-Paraffinen liegt zwischen ca. 70 °C und 120 °C und damit wesentlich höher als der Schmelzbereich bitumeneigener Paraffine von ca. 20 °C bis 70 °C mit Kettenlängen von 22 bis 45 Kohlenstoffatomen. In mit FT-Paraffinen modifizierten Bitumen gehen die Eigenschaften des FT-Paraffins dahingehend auf das Bindemittel über, dass beim Abkühlungsprozess eine wirksame Verdichtung bis in die Nähe des Erstarrungspunktes der Paraffine möglich ist. Im Asphalt können die Erstarrungspunkte gegenüber dem modifizierten Bindemittel noch etwas absinken.

In den Vorbesprechungen wurde festgelegt, zur Charakteri-



Veröffentlicht in der Ausgabe 2 „Straße + Autobahn“

sierung der Wärme-standfestigkeit des Asphalts den Spurbildungsversuch heranzuziehen.

„Der Spurbildungsversuch ist vor über 30 Jahren in der englischen Literatur für die Prüfung der Standfestigkeit und des Haftverhaltens von Asphalten beschrieben worden. Die ESSO AG hat später dieses Prüfverfahren aufgegriffen und daraus die heute in Deutschland übliche Konzeption des Spurbildungsgerätes entwickelt. Für die Bewertung von Asphaltbinder-Mischgut wurden von der Hamburger Baubehörde der Spurbildungsversuch eingeführt und 1990 Anforderungen an das Spurbildungsgerät und an den Verfahrensgang veröffentlicht. Dabei wurde im Gegensatz zur ursprünglichen Version der ESSO AG, bei der ein Gummirad (Vollgummi auf Stahl) eingesetzt wurde, das Stahlrad als Prüfrad vorgeschrieben. Das Stahlrad erzeugt im Vergleich zum Gummirad größere Spurrinntiefen.“ Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau, Teil: Spurbildungsversuch [5]

Weiterhin ist [5] zu entnehmen, dass bisher Prüferfahrungen für Gussasphalt, Splittmastixasphalt und nach dem Betonprinzip zusammengesetzte Asphalte bis zum Größtkorn von 22 mm vorliegen und dass durch die Temperierung der Probekörper im Wasserbad neben dem Verformungsverhalten des Asphaltes auch das Haftverhalten des Bindemittels erfasst wird. Eine Differenzierung zwischen diesen beiden Effekten ist durch die Prüfung im Luftbad möglich.

In Teilen der Fachwelt wird in jüngerer Zeit die Meinung vertreten, dass bei Mischgutsorten mit Ausfallkörnung (Splittmastixasphalte!) die Spurrinntiefe als Indikator für unterschiedliche Bindemittelsorten und Verdichtungstemperaturen nicht die optimal mögliche Spreizung erreicht.

An der Bestimmung der Spurrinntiefe wurde dennoch festgehalten – bei der Versuchsdurchführung wurden jedoch folgende Modifikationen vorgenommen:

- Das Wasserbad wurde durch ein Luftbad (50 °C ersetzt), um den hier ungewollten Effekt einer zusätzlichen Prüfung des Haftverhaltens des Bindemittels am Gestein zu unterdrücken.
- Das Stahlrad wurde durch ein Gummirad ersetzt, um das Einschneiden der Stahlkanten (Messerwirkung) zu verhindern. Die Lastübertragung durch ein Gummirad kommt den tatsächlichen Verhältnissen der Lastübertragung durch das System Reifen / Fahrbahn wesentlich näher als ein Stahlrad.

Der Schwerpunkt der Versuche lag auf der normgerechten Herstellung von Asphaltplatten für den Spurbildungsversuch und deren Verdichtung mit dem Walzsegmentverdichter bei gegenüber der vorgeschriebenen Verdichtungstemperatur abgesenkten Temperaturen (siehe Tabelle 2). Zur Erzielung der in den Platten gewünschten Hohlraumgehalten von 3 Vol.-% wurden die zugehörigen Marshallprobekörper im Rahmen der Eignungsprüfungen hergestellt.

2 Versuchsplan / Versuchsdurchführung

2.1 Asphalt

Es ist bekannt [2], dass bei entsprechend der Kornzusammensetzung schwer verdichtbaren zusammengesetzten Mischgutsorten temperaturerniedrigende Zusätze stärker wirken als bei leicht bis normal verdichtbaren Mischgutsorten. Dieser

Kenntnisstand und die Tatsache, dass der gesteinsreiche, auf einem funktionierenden Kornreibungsgerüst basierende Splittmastixasphalt in den höher belasteten Bauklassen nach RStO [6] zum Standardmischgut geworden ist, waren ausschlaggebend für die Wahl eines Splittmastixasphaltes SMA 0/8 S.

Die Versuche wurden an einem Mischgut, welches in der Gesteinszusammensetzung sowohl einem Splittmastixasphalt 0/8 als auch einem Splittmastixasphalt 0/8 S entspricht, durchgeführt.

Ein SMA 0/8 S lässt sich homogener herstellen als ein SMA 0/11 S, daher trägt die Wahl der Endkörnung 8 mm auch zur Verringerung der material-bedingten Streuungen bei Laborversuchen bei. Es wurde eine Sieblinie (Bild 1) gewählt, die mit dem oberen Rand der Siebfläche eines SMA 0/8S zusammenfällt. Dieses Vorgehen entspricht den allgemeinen Erfahrungen bei der Konzeption eines SMA 0/8 S, um den Zielhohlraumgehalt von 3 – 4 Vol.-% einhalten zu können. Die Lieferkörnungen wurden nachgesiebt und entsprechend der Rezeptur für alle Versuche identisch zusammengesetzt.

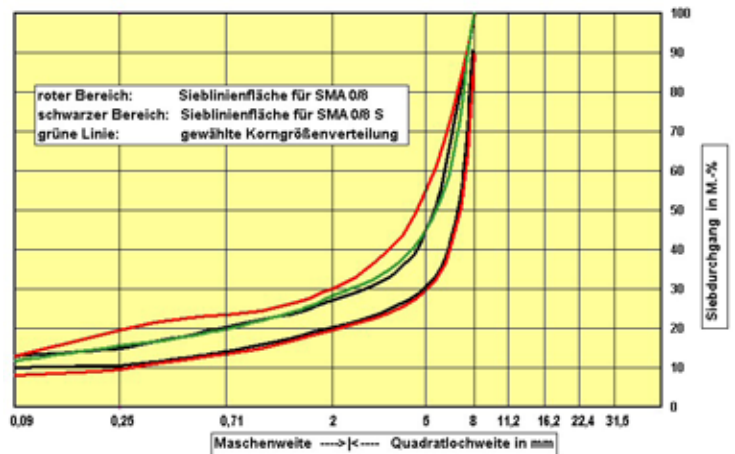


BILD 1 Kornverteilungskurve der gewählten Kornzusammensetzung

Der Modellasphalt für die Laborversuche wurde mit unter- und überkornfreien Lieferkörnungen hergestellt; fehlgeformte Körner wurden manuell aussortiert.

Als Gestein stand ein Diabas aus Eurajoki (Finnland) zur Verfügung, das die Fahrbahndeckengesteine, die im norddeutschen Flachland eingesetzt werden, gut repräsentiert. Kennwerte des Diabas aus Eurajoki:

Dichte:	3,00
SZ-Wert:	12
PSV-Wert:	53

2.2 Bindemittel

Folgende Bindemittel wurden bei der Variantenbildung berücksichtigt.

Straßenbaubitumen 50/70,	50/70
Straßenbaubitumen mit Sasobit (SmB35), SmB	
PmB 45A, (Caribit)	Caribit
PmB 45 mit Sasobit (PmB45sd)	PmB

Die Bindemittel wurden hinsichtlich der Produktdaten überprüft und in ausreichenden Mengen von den Herstellern für alle Versuche homogen bereitgestellt.

Binde- mittel (BM)	BM [M.-%]				90 °C	Mittelw. aus allen Temp.
50/70	6,8	3,0	2,6	3,1	4,0	3,2
SmB 35	6,8	2,2	2,6	2,4	3,0	2,5

TABELLE 1: Hohlraumgehalte der Versuchsplatten

BM	Temp	BM	Temp	BM	Temp	BM	Temp	BM	Temp
50/70	90	50/70	105	50/70	120	50/70	135		135
SmB	90	SmB	105	SmB	120	SmB	135		
Cari	90	Cari	105	Cari	120	Cari	135	CariV2	145
PmB	90	PmB	105	PmB	120	PmB	135		

TABELLE 2: Versuchsplan

Für die vier Bindemittel (Tabelle 2) wurden entsprechend dem Vorgehen bei Eignungsprüfungen für Asphaltmischgut Serien von Marshallprobekörpern mit unterschiedlichen Bindemittelgehalten hergestellt. Dabei wurde ein Hohlraumgehalt HRbit von 3 Vol.-% an den Marshallprobekörpern angestrebt. Aufgrund der Vorversuche wurde für alle Bindemittelarten eine Bindemittelmenge von 6,8 M-% gewählt.

Tabelle 1 zeigt, welche Hohlraumgehalte sich bei Verwendung dieser Bindemittelmenge an den Versuchsplatten einstellten.

Die Herstellung von Asphaltprobplatten nach der Arbeitsanleitung zur Prüfung von Asphalt, Teil 11 [4], bewirkt, dass auch bei verringerten Verdichtungstemperaturen an Mischgut in einer Dicke von 4 cm bei einer Plattenfläche von 320 mm x 260 mm immer Verdichtungsgrade > 99 % erreicht werden. Dieser Effekt ist im Sinne des Versuchs- und Auswerteverlaufs, weil auf diese Weise sichergestellt wird, dass bei Durchführung des Spurbildungsversuchs im wesentlichen nur der Parameter „Verdichtungs-temperatur“ als Variable vorliegt und nicht eine weitere indirekte Variable „Verdichtungsgrad“ hinzukommt.

2.3 Temperaturbereiche und Temperaturerniedrigung

Wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit ist eine quantitative Aussage zur Standfestigkeit von Asphalten bei abgesenkten Einbautemperaturen.

Ausgehend von der Mischtemperatur 135 °C/145 °C – als Standardtemperatur für die Herstellung und Verdichtung von Asphaltplatten – wurde als niedrigste Verdichtungstemperatur 90 °C festgelegt. Damit liegt man im Bereich der Erstarrungstemperatur der FT-Paraffine. Es ergeben sich dann mit 105 °C und 120 °C zwei weitere Temperaturabstufungen, die ein Temperaturnaster von 15 °C ergeben (Ausnahme: Herstelltemperatur und höchste Temperaturstufe von PmB = 145 °C). Alle Kombinationen von Bindemitteln und Verdichtungstemperaturen sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Das bei den Temperaturen von 135°C /145°C hergestellte Mischgut wurde im Wärmeschrank auf die für die Asphaltplattenherstellung vorgesehenen Temperaturen abgekühlt. Dabei wurde das Mischgut abgedeckt, um den Zutritt von Luftsauerstoff zu minimieren. Durch die Abkühlung im Wär-

meschrank wurde eine gleichmäßige Temperaturabsenkung an den Plattenrändern und im Plattenkern sichergestellt.

Zur Kontrolle des Prozesses der Temperaturerniedrigung von der Herstellung des Mischguts bis zur Verdichtung mit dem Walzsegmentverdichter wurden die Plattentemperaturen in Plattenmitte (innen) und am Plattenrand (außen) durch permanente Temperaturmessung erfasst.

2.4 Versuchsdurchführung

Das Mischgut wurde im Laborzwangsmischer hergestellt und bei der vorgegebenen Versuchstemperatur im Walzsegmentverdichter eingebaut und verdichtet. Parallel dazu wurde jeweils eine Serie Marshallprobekörper hergestellt. Der erzielte Verdichtungs-grad wurde anhand der Bezugsraumdicke der Marshallprobekörper ermittelt.

Im Versuchsplan sind die 4 Bindemittelsorten mit folgenden Bezeichnungen aufgenommen:

Name	Bez. in Tab.2
50/70,	50/70
handelsübl. Straßenbaubitumen mit Sasobit (SmB35),	SmB
PmB Caribit 45,	Cari
PmB 45 mit Sasobit (PmB45sd)	PmB

Der Versuchsplan enthält die Temperaturen, bei denen mit den Platten aus den 4 Bindemitteln Spurbildungsversuche durchgeführt wurden. Für die höchste Temperaturstufe wurde der Wert gewählt, bei denen nach Norm im Labor gemischt wird und Prüfkörper hergestellt werden.

Bei einigen Varianten liegen große Unterschiede zwischen den beiden Platten vor. Bei über die Spurlänge unsymmetrischer Ausbildung des Krümmungsverlaufs ist die Spurrinne häufig am linken Rand tiefer als am rechten Rand. Dieses ungleichmäßige Verformungsverhalten kann wie folgt erklärt werden:

Bei den gezielt abgesenkten Verdichtungstemperaturen ist der Handeinbau des Mischgutes in die Plattenformen ungleich schwieriger als bei den Normtemperaturen. Kleine Unebenheiten, die nicht immer zu vermeiden und nur schwer zu erkennen sind, führen dann zu einer nicht ganz gleichmäßigen Verdichtung der Platte. Diese Ungleichmäßigkeit drückt sich in Verformungen in unterschiedlichen Bereichen

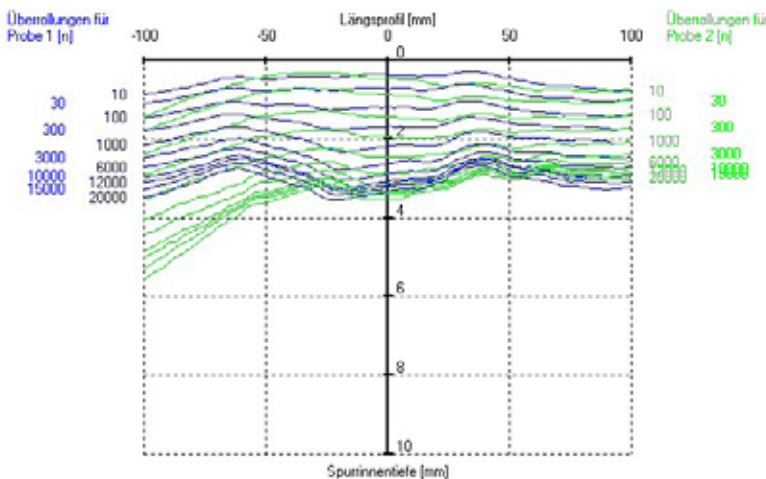
der Platte aus.

Für das ungleichmäßige Verformungsverhalten können aber auch andere Ursachen herangezogen werden:

- Ungenauigkeiten des Segmentverdichters
- zufällig ungleiche Verteilung der Mineralstoffe im Mischgut
- nicht erkannte Temperaturunterschiede in den abgekühlten Platten

Bei der Variante mit Straßenbaubitumen 50/70 bei Verd.-temp. 135 °C und die Variante mit dem Bindemittel PmB Caribit 45 bei Verd.-temp. 145 °C war die Spannweite zwischen den Ergebnissen der beiden Platten geringfügig größer als die zulässige Spannweite von 1,5 mm. Diese Versuche wurden daher wiederholt. Bei der Wiederholung lagen die Spannweiten innerhalb der zulässigen Toleranz (siehe Bild 4 - Übersicht aller Versuchsergebnisse). Differenzen zwischen den beiden Platten eines Versuchs bei abgesenkten – absichtlich nicht normgerechten Temperaturen – wurden hingenommen und nicht wiederholt.

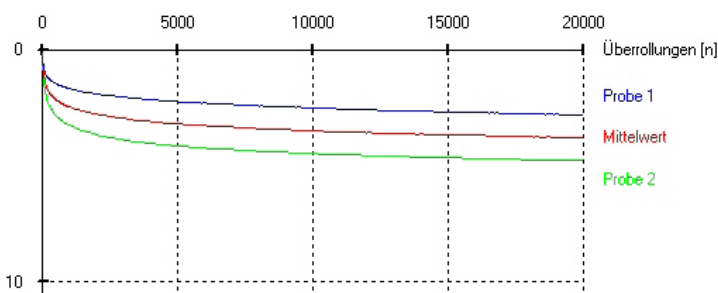
3 Versuchsauswertung



Spurbildungsversuch - Standardauswertung über den Rollweg

BILD 2:

Die zum Spurbildungsgerät gehörende Software liefert graphische Auswertungen wie in Bild 2 dargestellt. Im wesentlichen sind dort die Spurrinnentiefen abzulesen, die sich über einen 20 cm langen Rollweg ergeben. Die Anzahl der Überrollungen, bei denen die Spurtiefe abgelesen und als Linienzug aufgetragen wird, ist dem Diagramm zu entnehmen. Jedes Diagramm gibt ungemittelt die Ergebnisse für zwei Platten wieder, wodurch die Lesbarkeit dieser Art von Darstellung erschwert wird.



Spurbildungsversuch - Standardauswertung für die Plattenmitte

BILD 3:

Bild 3 zeigt eine andere Variante der Auswertesoftware, die mit dem Spurbildungsgerät geliefert wird. Dort werden die Werte der Überrollungen für beide Platten in Plattenmitte zu einer Kurve „Anzahl der Überrollungen / Spurtiefen“ zusammengefasst. Aus den sich ergebenden Kurven für Probe 1 und Probe 2 wird ein Mittelwert gebildet.

Aus den reinen Spurrinnentiefen in Plattenmitte, an den Rändern oder an beliebigen Punkten des Rollweges lassen sich nur schwer quantitativ formulierbare Erkenntnisse über die Wirksamkeit der Zusätze gewinnen.

Den Bildern 2 und 3 ist beispielhaft zu entnehmen, dass optisch auf Grund der aufgezeichneten Spurrinnentiefen sehr wohl zwischen unterschiedlichen Bindemitteln differenziert werden kann. Neben den unterschiedlichen Spurrinnentiefen, die aber bei vielen Varianten (siehe Bild 4) in Plattenmitte kaum voneinander abweichen, fallen die zu den Plattenrändern zunehmenden Neigungen (Krümmungen) der Linien auf. Dieses an den Plattenrändern ausgeprägtere Verformungsverhalten als in Plattenmitte wird im folgenden zur Auswertung herangezogen.

In den Umkehrbereichen des Rollweges wird die Standfestigkeit einer Probe besonders gefordert, denn dort wird die senkrechte Druckbelastung durch einen weiteren Lastfall ergänzt. Das Mischgut muss nicht nur standfest gegen Druckbelastung sein, sondern muss auch der Verschiebungswirkung des Prüfrades standhalten. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Aufenthaltsdauer des Rades – über die ganze Versuchsdauer ca. 6 h – in den Umkehrbereichen des Rollweges am längsten ist. Bei der Versuchstemperatur von 50 °C kann neben dem thermoplastischen Verhalten auch das von der Belastungszeit abhängige elastoviskose Verhalten zur Ausprägung der Spurrinnen an den Endpunkten des Rollbereiches beitragen.

In dieser Arbeit wird das Verformungsverhalten (die Neigung) der Spurrinnentiefen an den Plattenrändern als Beurteilungskriterium herangezogen. Aus der Neigung der Spurrinnentiefen lassen sich die Unterschiede aufzeigen, die auf die Wirksamkeit der Zusätze und unterschiedlicher Verdichtungstemperaturen zurückzuführen sind.

Neben den Neigungen, bezogen auf jeweils eine halbe Platte (Auswertung Typ A), wird auch die Neigung der Plattenränder (Auswertung Typ B) unter Ausschluss des mittleren Bereichs herangezogen. Die alleinige Neigung in den Wendebereichen (Typ B) ist ein stärkerer Indikator für den Nachweis unterschiedlichen Verhaltens der verschiedenen Bindemittel-, Verdichtungstemperaturvarianten, als die Neigung über den ganzen oder den mittleren halben Rollweg.

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Spurbildungsversuche aller Varianten des Typs A ist Bild 4 zu entnehmen.

Der Rollweg des Prüfrades zwischen den Umkehrpunkten auf der zu prüfenden Platte beträgt 200 mm. Die Meßwerterfassung liefert pro mm des Rollwegs eine Einsenkungsmessung, die für die Intervalle von 10, 30, 100, 300, 1000, 3000, 6000, 10000, 12000, 15000 und 20000 Überrollungen, die graphisch dargestellt (Spurbildungsverläufe) und numerisch gespeichert werden.

Das Datenmaterial der Spurbildungsverläufe wurde in das Datenformat für die Tabellenkalkulation Microsoft-Excel umgewandelt. Der Kern des Auswerteverfahrens besteht in der

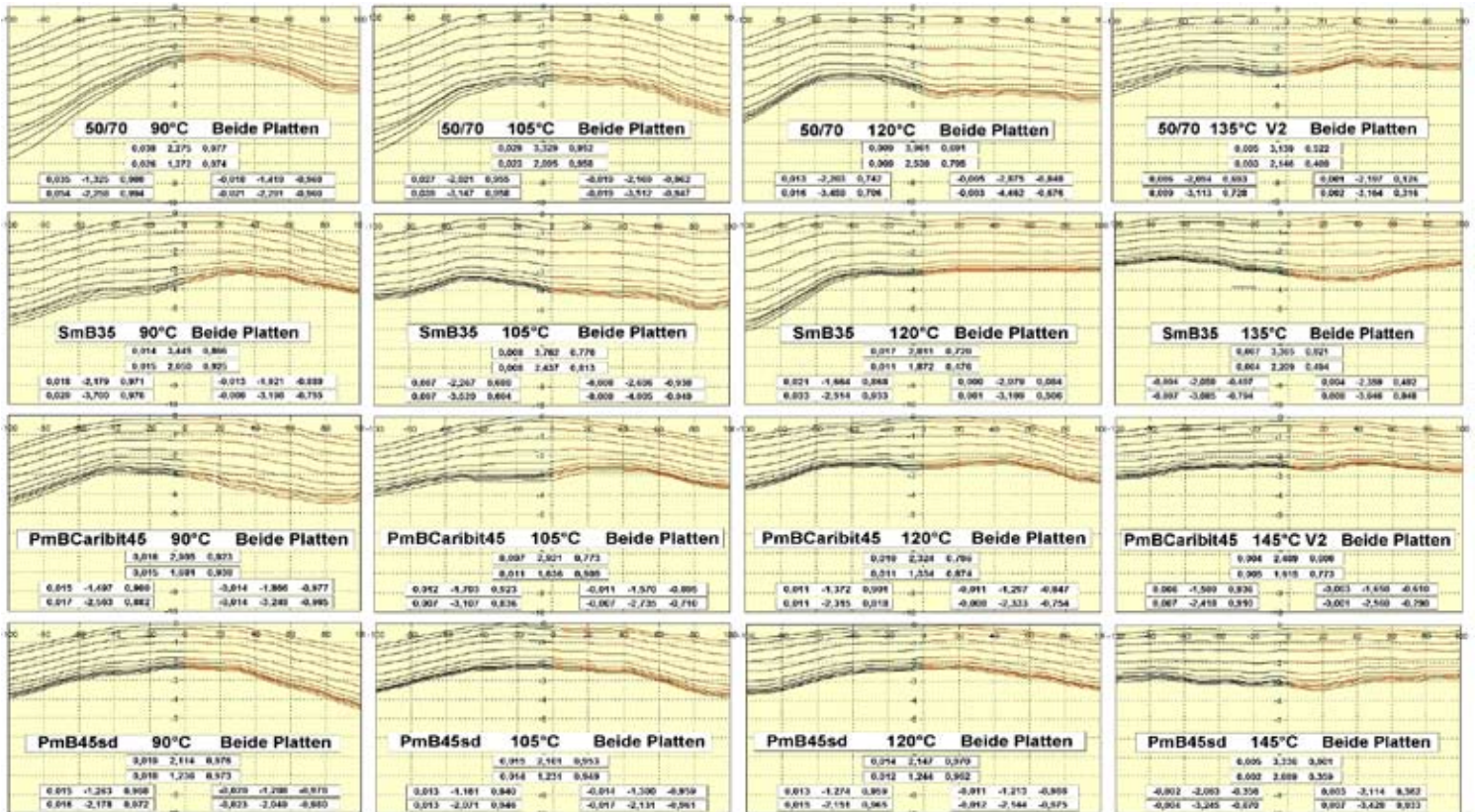


BILD 4: Übersicht aller Versuchsergebnisse

Berechnung von Steigungen für die beiden Plattenhälften, ergänzend werden auch Werte für die ganze Platte angegeben.

Ein Ergebnis dieses Verfahrens zeigt Bild 5. Um die Krümmungsverläufe im linken und rechten Teil eines Längsprofils – besonders in den Umkehrbereichen – einzeln betrachten zu können, wurde ein Algorithmus entwickelt, mit dem die linken und rechten Teile der Längsprofile farblich unterschiedlich dargestellt und numerisch getrennt ausgewertet werden können.

Dieser Algorithmus, der in ein VBA (Visual Basic for Applications)-Programm umgesetzt wurde, ist zusätzlich in der Lage, nur bestimmte, vom Auswerter definierte Bereiche des Längsprofils darzustellen und auszuwerten. Auf diese Weise können die Bereiche, in denen der Richtungswechsel des Prüfrades stattfindet, separat ausgewertet werden. Besonders in diesen Bereichen unterscheiden sich die Längsprofile der Probeplatten in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Verdichtungstemperaturen.

Bild 6 zeigt das Prinzip des Auswerteverfahrens für Typ A am Beispiel für das Mittel aus den Probeplatten mit Bitumen 50/70, verdichtet bei 90 °C und für den Spurrinnenverlauf nach 20000 Überrollungen. Das Bild enthält die linearen Regressionen samt Bestimmtheitsmaß für die linken und die rechten Plattenhälften.

Der Auswertalgorithmus (Beispiel Bild 5) liefert die Parameter einer linearen Regression, die in Textfeldern wie folgt ausgegeben werden:

Im obersten Textfeld: Bezeichnung des verwendeten Bindemittels, die Verdichtungs-temperatur und der Text „Beide Platten“, als Hinweis darauf, dass die Messwerte beider Platten eines Versuchs gemittelt werden.

In den sechs folgenden Textfeldern jeweils 3 Werte mit folgender Bedeutung:

- die Steigung der linearen Regressionsgeraden aus dem Verlauf des Längsprofils
- den Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit einer Ordinate, die genau in der Mitte des Längsprofils (x=0) verläuft.
- den linearen Korrelationskoeffizienten r als Kennzahl für die Güte der Regression

Die beiden oberen Textfelder enthalten die Ergebnisse für das Mittel aus allen 11 Überrollungsintervallen (10 – 20000) und für Überrollungsintervall 11 (20000).

Die beiden Textfelder links unten enthalten die Ergebnisse für das Mittel aus allen 11 Überrollungsintervallen (10 – 20000) und für Überrollungsintervall 11 (20000) der linken Plattenhälfte.

Die beiden Textfelder rechts unten enthalten die Ergebnisse für das Mittel aus allen Überrollungsintervallen (10 – 20000)

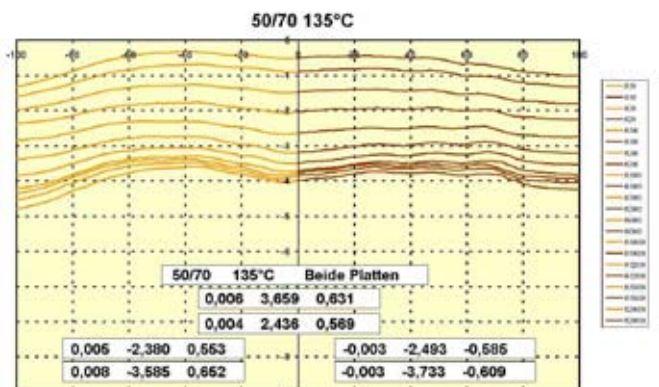


BILD 5: Auswertung Typ A - Spurrinnendarstellung für beide Plattenhälften über den gesamten Rollweg

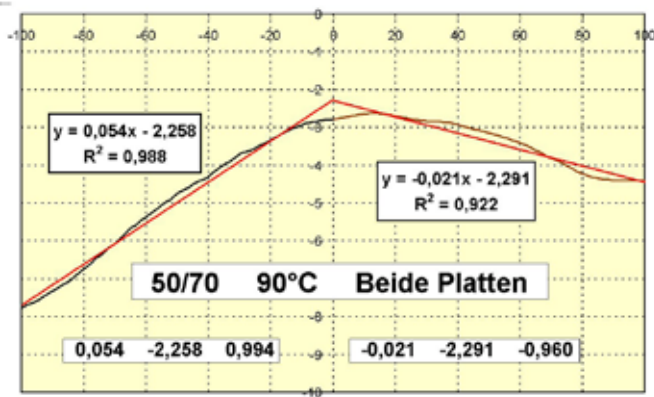
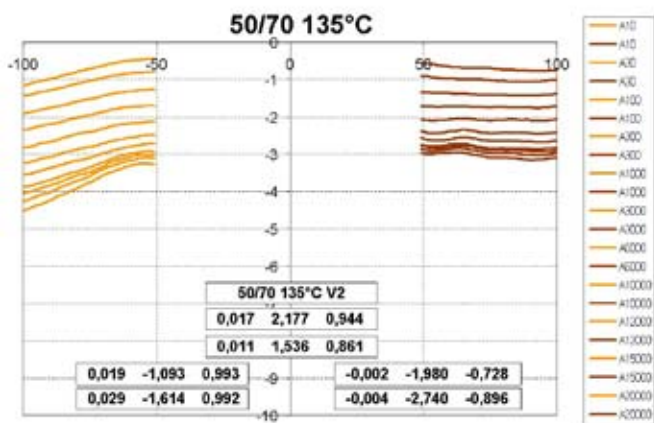


BILD 6: Prinzip des Auswerteverfahrens

und für Überrollungsintervall 11 (20000) der rechten Plattenhälfte.

Die Auswertungen vom Typ A erfassen den ganzen Rollweg des Prüfrades in einer Länge von 200 mm. Bei der rein visuellen Bewertung der Varianten (Bild 4) fällt bereits auf, dass Unterschiede in den Einsenkungsverläufen häufiger an den Enden der Längsprofile als in der Mitte der Längsprofile auftreten. Um die aus diesen Unterschieden herrührenden numerischen Differenzen deutlich werden zu lassen, wurden in den Auswertungen vom Typ B (Bild 7) die gleichen Parameter wie bei Typ A nur für die Umkehrbereiche des Prüfrades am linken und rechten Ende des Längsprofils in einer Länge von jeweils 50 mm ermittelt.

Grafisch sind die Auswertungen der Typen A und B leicht an dem „Auswertungsloch“ von 100 mm Breite jeweils in Bildmitte zu unterscheiden.



Auswertung Typ B - Spurrinnendarstellung für die Randbereiche des Rollwegs

BILD 7:

4 Interpretation

Die Bilder 8 bis 11 fassen die mit dem Auswertalgorithmus ermittelten Regressionsparameter zusammen. In den vier Reihen sind jeweils farbig die vier eingesetzten Bindemittelsorten aufgetragen. Die vier Spalten enthalten die Temperaturen, bei denen die Platten mit dem Walzsegmentverdichter hergestellt wurden.

Die Mittelwerte der Steigungen der beiden Plattenhälften - zur Verdeutlichung der grafischen Darstellung mit dem Faktor 10 - aus den linearen Regressionen sind für die verwendeten Bindemittel über den zugehörigen Verdichtungstemperaturen aufgetragen.

Bei der Verwendung des Straßenbaubitumens 50/70 nimmt

die Steigung bei den Temp.-stufen 105 und 90°C gegenüber den anderen Bindemitteln deutlich zu. Dies ist auf die tieferen Einsenkungen an den Endpunkten des Rollweges bei Verwendung von 50/70 zurückzuführen. Das ungünstigere Gebrauchsverhalten eines SMA 0/8 S mit 50/70 gegenüber dem Einsatz anderer Bindemittel wird damit belegbar. Die Darstellung der Steigungen macht die Unterschiede zwischen 50/70 und den drei anderen verwendeten Bindemitteln deutlicher als eine reine Spurrinntiefenbetrachtung.

In Bild 8 ist das Überrollungsintervall 11 mit 20000 Überrollungen über den ganzen Rollweg ausgewertet. Das ungünstige Verformungsverhalten des Straßenbaubitumens 50/70 mit dem Wert > 3,5, verglichen mit den drei anderen Bindemitteln, ist augenfällig. Gleiches gilt für die Bilder 9; 10 und 11.

Bild 9 zeigt die Mittelwerte der jeweils linken und rechten Plattenhälfte aller Überrollungsintervalle über den ganzen Rollweg. Die Unterschiede zu Bild 8 sind marginal. Einzig das Maß der Steigung für den Asphalt mit 50/70 geht zurück auf ca. 2,6. Das ist auf das ausgeprägtere Krümmungsverhalten bei der Betrachtung von Überrollungsintervall 11 (20000 Überrollungen) gegenüber dem Mittelwert aller anderen Überrollungsintervalle zurückzuführen.

In den Bildern 10 und 11 werden nur die Randbereiche (jeweils 50 mm) am linken und rechten Rand des Rollweges ausgewertet. Die Steigungen m liegen daher erwartungsgemäß etwas höher, weil der krümmungsindifferente mittlere Bereich der Probepplatten ausgeklammert wird.

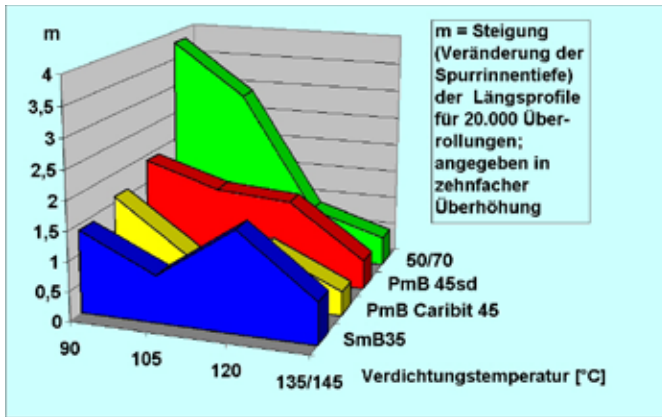
Alle betrachteten Bindemittel zeigen in den Probepplatten zwischen den Temperaturen 135 °C / 145 °C und 120 °C eine Steigungszunahme (unterschiedliche Randwinkel), die aber bei den niedrigeren Temperaturen nur bei der Verwendung von Straßenbaubitumen 50/70 weiter signifikant anwächst.

Die Ausbildung unterschiedlicher Randwinkel kann an der „Schubsteifigkeit“ des Mischgutes liegen. In diesem Fall schiebt das Stahlrad eine „Bugwelle“ vor sich her – bekannt vom Walzen, die links / rechts jeweils ausläuft.

In den Bildern 8 bis 11 wird übereinstimmend eine leichte Steigungszunahme (Zunahme des Randwinkels) bei Verwendung von SMB35 von 105 °C auf 90 °C beobachtet, die mit dem Erstarrungsbeginn der FT-Paraffine bei unter 100 °C zusammenhängen könnte.

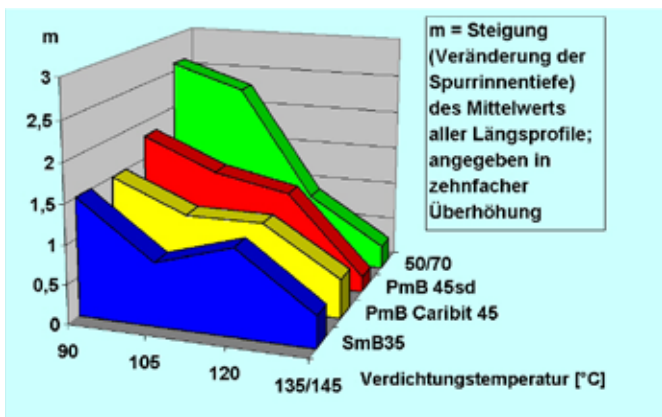
Im Vergleich zum Straßenbaubitumen 50/70 liegen die Ergebnisse der drei übrigen Bindemittel so dicht beieinander, dass eine eindeutige Reihung bezüglich des Gebrauchsverhaltens bei Temperaturerniedrigung nicht vorgenommen werden kann. Trotzdem können Unterschiede im Gebrauchsverhalten dieser 3 Bindemittel untereinander nicht ausgeschlossen werden, da auch eine unzureichende Trennschärfe des gewählten Versuchsablaufs nicht auszuschließen ist. Die Vermutung, dass die Spurrinntiefe an Asphaltprobepplatten die Wirkung unterschiedlicher Bindemittelsorten und Verdichtungstemperaturen nicht vollständig spreizt, hat sich in Teilen durch die Versuchsergebnisse bestätigt.

Die Wirksamkeit von Bindemitteln mit einem Zusatz von FT-Paraffinen (Smb35) gegenüber dem Straßenbaubitumen 50/70 kann im Laborversuch an Asphaltplatten sicher nachgewiesen werden. Die beiden polymermodifizierten Bindemittel haben sich bei allen Temperaturstufen bezüglich des



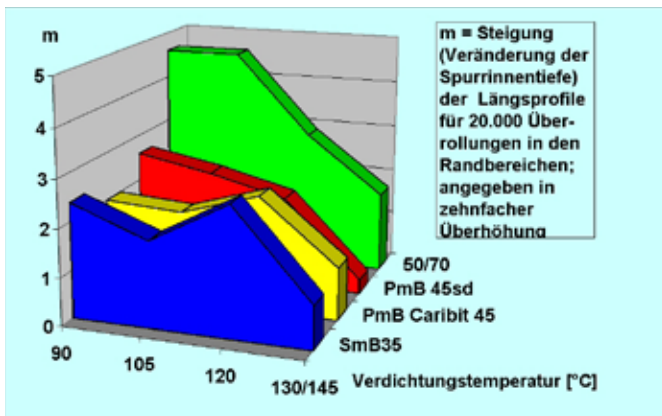
Steigungen von Spurrinnen nach 20000 Überrollungen, ganzer Rollweg

BILD 8:



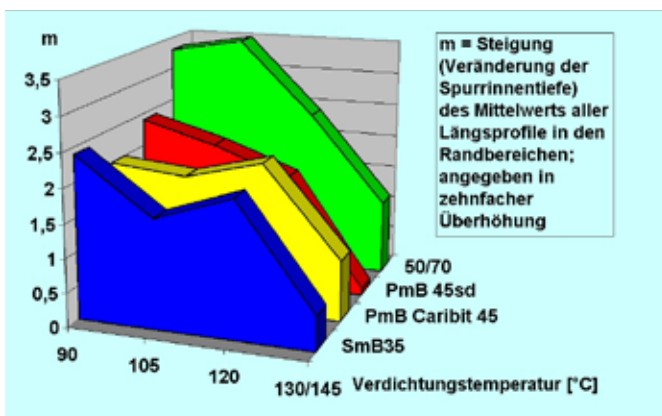
Steigungen von Spurrinnen; Mittelwert aller 11 Überrollungsintervalle ganzer Rollweg

BILD 9:



Steigungen von Spurrinnen; 20000 Überrollungsintervalle Randbereiche

BILD 10:



Steigungen von Spurrinnen; Mittelwert aller 11 Überrollungsintervalle Randbereiche des Rollwegs

BILD 11:

Gebrauchsverhaltens ähnlich wie ein SmB 35 verhalten.

Mit der Betrachtung der Steigung der Spurrinnen ist ein weiteres Instrument zur Interpretation des Spurbildungsversuchs erarbeitet worden, das die Effekte von Kornumlagerungen / Verschiebungen im Asphalt berücksichtigt. Es ist nicht nur wichtig, wie tief eine Spurrinne im Versuch in die Platte einschneidet, sondern auch, ob sich das Mischgut unter Belastung und Nachverdichtung stabilisiert – kenntlich am Randwinkel.

Fazit

Bei niedriger Verdichtungstemperatur und gleichbleibender Verdichtungsarbeit nimmt die Verdichtung der Platten ab und der Hohlraumgehalt zu.

Mit höherem Hohlraumgehalt wird die Kraftübertragung im Korngerüst geschwächt. Die Mörtelmatrix wird in ihrer Klebefunktion höher beansprucht.

Es zeigt sich, dass sich bei der Verwendung von Sasobit der Verformungswiderstand erhöht. Eine abnehmende Verdichtung bei absinkender Verdichtungstemperatur tritt erst bei Unterschreiten des Schmelzpunktes von Sasobit ein und führt dann zu einer verstärkten Zunahme des Randwertes.

Bis auf das Bitumen 50/70 sind die Veränderungen in der Spurtiefe im Vergleich zwischen den Bindemitteln und den abgesenkten Verdichtungstemperaturen so deutlich, dass sich mit begrenzter Probenzahl eindeutige und quantifizierbare Unterschiede ergeben.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Lars Keller, Matthäi Bauunternehmen GmbH & Co. KG, Verden
Prof. Dipl.-Ing. Heinz Pätzold, Nienburg / Weser

Quellenverzeichnis

- 1) Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt; ZTV Asphalt-StB 01, Ausgabe 2001, FGSV Verlag, Köln
- 2) Damm, Abraham, Butz, Hildebrand, Riebesehl: Asphaltverflüssiger als „intelligenter Füller“ für den Heißeinbau – eine neues Kapitel in der Asphaltbauweise, Bitumen 1/2002
- 3) Fa. SCHÜMANN SASOL, Hamburg, SASOBIT Produktinformation 124
- 4) Herstellung von Asphaltprobepplatten im Labor mit dem Walzsegment-Verdichtungsgerät (WSV) (ALP A-StB Teil 11), Ausgabe 2003, FGSV 787/11
- 5) Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau (TP A-StB) Teil: Spurbildungsversuch – Bestimmung der Spurtiefe im Wasserbad, Ausgabe 1997, FGSV 756/2
- 6) FGSV: „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 01, Ausgabe 2001“, FGSV Verlag, Köln 2001