

# Ermittlung eines Kennwertes für die Verdichtbarkeit von Asphaltmischgut unter Einsatz des Walzsektor-Verdichtungsgerätes im Laboratorium

FA 7.201

Forschungsstellen: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Prof. Dr.-Ing. P. Schießl) / MPA Bau

Bearbeiter: Wörner, T. / Böhnisch, S. / Schmalz, M. / Bösel, P.

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

Abschluss: Juli 2005

## 1. Aufgabenstellung

Das Walzsektorverdichtungsgerät dient bisher ausschließlich der Herstellung von Probekörpern, an denen mechanische Eigenschaften von Asphalten untersucht werden sollen. Im Gegensatz zum Marshall- und Gyratorverfahren, deren Grenzen der Herstellung von Probekörpern bei einem Größtkorn von 22 mm liegen, können mit dem WSV auch Probekörper von Binder- und Tragschichten mit praxisadäquaten Abmessungen und Eigenschaften hergestellt werden.

In der vorliegenden Forschungsarbeit sollte untersucht werden, ob sich aus dem beim Walzsektorverdichtungsgerät aufgezeichneten Verdichtungsverlauf Kennwerte zur Beschreibung der Verdichtbarkeit ableiten lassen.

## 2. Untersuchungsmethodik

Das Untersuchungsprogramm umfasste die Untersuchung der Verdichtung eines breiten Spektrums unterschiedlicher Asphalte (Tabelle 1), die ausschließlich nach dem in der "Arbeitsanleitung zur Prüfung von Asphalt (ALP A-StB), Teil 11: Herstellung von Asphaltprobeplatten im Laboratorium mit dem Walzsektor-Verdichtungsgerät (WSV)" angegebenen Verdichtungsprogramm (Braunschweiger Modell) hergestellt wurden.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Mischgutvarianten

	Mischgutvariante	Mineralstoffart	Bindemittel und -sorte	Bindemittelgehalt		
				6,0	6,5	7,0
Asphaltbeton	0,8	Granit-edelsplitt	B70/100	6,0	6,5	7,0
	0/11S	Granit-edelsplitt	B50/70	5,5	6,0	6,5
Splittmastixasphalt	0,8	Granit-edelsplitt	B70/100	6,5	7,0	7,5
	0/11S	Granit-edelsplitt	PmB45A	6,0	6,5	7,0
Asphaltbinder	0/16	Granit-edelsplitt	B50/70	4,4	4,9	5,4
	0/22S	Granit-edelsplitt	PmB45A	3,8	4,3	4,8
Asphalttragschicht	9/32C	Kies	B50/70	3,5	4,0	4,5
	0/32CS	Kiessplitt	B50/70	3,5	4,0	4,5

Der zweite Schwerpunkt des Forschungsvorhabens umfasste die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Verdichtbarkeit und Verformungsbeständigkeit. Hierzu wurden an den hergestellten WSV-Platten bzw. daraus gewonnenen Proben performanceorientierte Prüfungen (Spurbildungsversuche und Ver-

suche zur dynamischen Stempeleindringtiefe) durchgeführt. Der Vergleich der Verformungseigenschaften mit den Verdichtungskennwerten sollte die Frage beantworten, ob verformungsresistentere Beläge auch schwerer verdichtbar sind.

## 3. Untersuchungsergebnisse

Zur Beschreibung der Verdichtbarkeit existiert bislang der durch den Marshallversuch ermittelte Kennwert D nach Arand/Renken. Der Bewertungshintergrund dieses Verfahrens kann jedoch auf die Walzsektorverdichtung nicht uneingeschränkt übertragen werden. Aufgrund der vom Marshallversuch abweichenden Arbeitsweise der Verdichtung ergibt sich für die Walzsektorverdichtung ein Verdichtungsverlauf, welcher – aufgrund der geringen Anzahl an Messwerten beim Einzelversuch – nicht über einen exponentiellen Ansatz angenähert werden kann.

Aus den aufgezeichneten Daten der Kraft und der daraus resultierenden Probekörperhöhe (Weg) lässt sich zu jedem Zeitpunkt des Verdichtungs Vorganges die bis dahin in den Probekörper eingebrachte Verdichtungsarbeit ermitteln. In Bild 1 sind die Kraft, die Probekörperhöhe (Weg) und die daraus resultierende Arbeit exemplarisch über die Anzahl der Übergänge während der gesamten Verdichtung dargestellt.

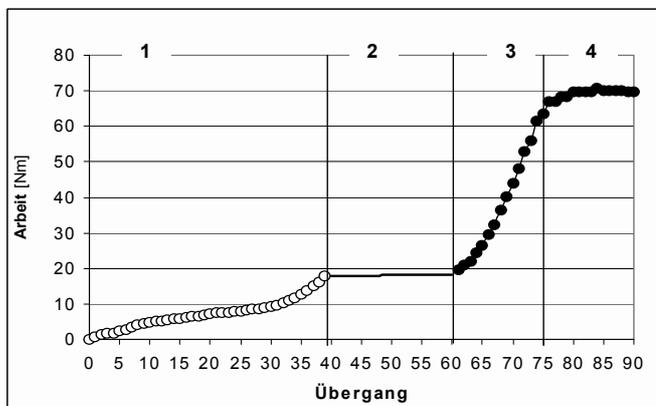
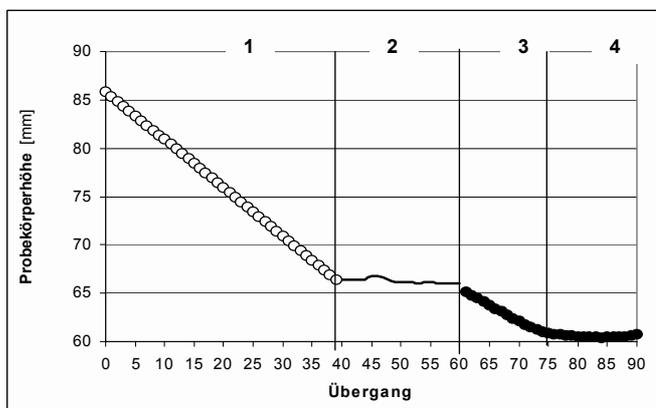
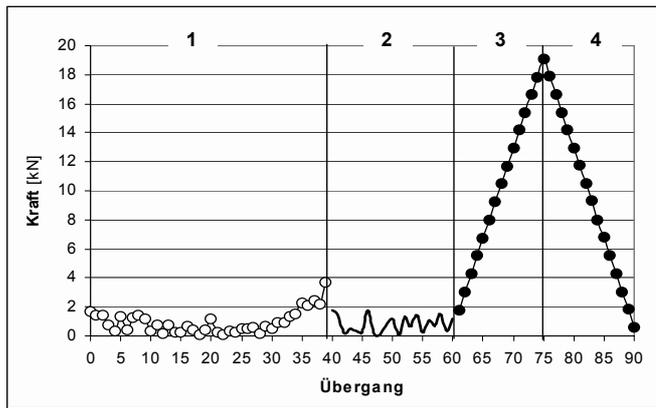
Die Arbeitsweise im Verdichtungsregime des WSV erfordert eine getrennte Auswertung von Vor- und Hauptverdichtung. Da die erforderliche Arbeit der Vorverdichtung nur ca. 11–22 % der Gesamtverdichtung ausmacht, wurde der zur Beschreibung der WSV-Verdichtung ermittelte Kennwert ausschließlich an der Entwicklung der Verdichtungsarbeit der Hauptverdichtung bestimmt. In Bild 2 ist für die untersuchten Asphalte (mittlere Bindemittelgehalte) die Entwicklung der Raumdichte während der Hauptverdichtung dargestellt.

Während die Verdichtung mittel und schwer verdichtbarer Mischgutvarianten plausible Ergebnisse lieferte, ergaben sich für die leicht verdichtbaren Mischgutvarianten z. T. unplausible Werte, die sich auf die in der Arbeitsanleitung angegebenen Verdichtungsrandbedingungen zurückführen lassen. Die Entwicklung der Probekörperhöhen während der Verdichtung leicht verdichtbarer Asphalte und die daraus abgeleiteten Verdichtungsgrade und Hohlraumgehalte lassen vermuten, dass das Mischgut während der Verdichtung horizontal in der Form verschoben wird, d. h. dem Walzsegment ausweicht. Dies hat eine fehlerhafte Messung der Plattendicke zur Folge, was neben der Modifizierung der Verdichtungsrandbedingungen auch maschinenbautechnische und messtechnische Veränderungen am Gerät erfordert.

Vernachlässigt man die bereits geleistete Arbeit der Vorverdichtung und stellt die kumulativen Verläufe des Verdichtungs Vorganges der Hauptverdichtung gegenüber, so ergibt sich das in Bild 3 dargestellte Bild. Auch hier sind aus Übersichtlichkeitsgründen nur die mittleren Bindemittelgehalte dargestellt. Die vorliegenden Verläufe charakterisieren die Entwicklung der Verdichtungsarbeit während der Verdichtungsphase und der stufenweisen Entlastung.

Es zeigt sich, dass nach Beendigung des Verdichtungs Vorganges nahezu bei allen Mischgutvarianten ein weiterer Anstieg der Arbeit auch während der Entlastung stattfindet, die maximale Raumdichte nach Abschluss des Hauptverdichtungs Vorganges also noch nicht erreicht wurde. Um den Vorgang der Verdichtung eines Mischgutes im WSV so genau wie möglich zu

beschreiben, ist es daher notwendig, den Entlastungsvorgang in die Auswertung mit einzubeziehen.

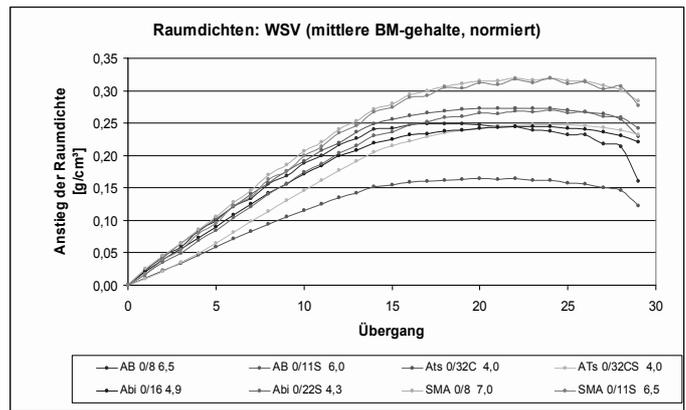


**Bild 1:** Verlauf der Kraft, des Weges und der daraus sich ergebenden Arbeit bei der Verdichtung am Beispiel der Variante ABI 0/16-5,4 (Braunschweiger Modell: 1 = Vorverdichtung, 2 = Halten, Glätten, 3 = Hauptverdichtung, 4 = Entlastung)

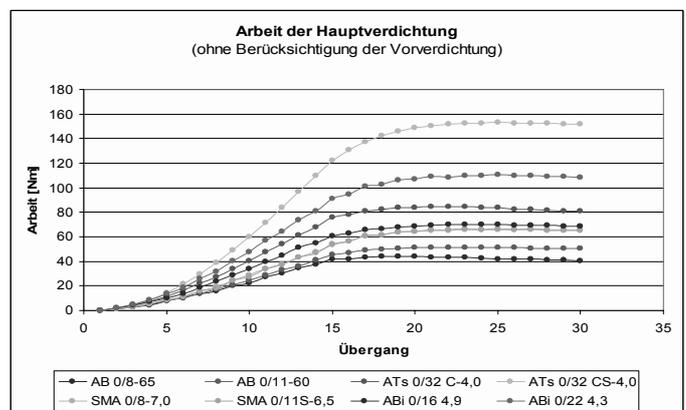
Das hierbei erreichte Maximum wird als für die individuell erforderliche Arbeit charakteristisch angesehen und ist somit zur Kennzeichnung der Asphalteeigenschaft Verdichtbarkeit im WSV geeignet.

Für die Auswertung wurde die kumulative Darstellung der Verdichtungsarbeit über die Zahl der Verdichtungsübergänge gewählt. Die dabei entstehenden Kurven lassen sich mit der Boltzmann-Funktion annähern:

$$W(x) = W_E - \frac{W_E}{1 + e^{\frac{x-x_0}{dx}}}$$



**Bild 2:** Entwicklung der Raumdichten während der Hauptverdichtung



**Bild 3:** Verlauf der Verdichtungsarbeit (Hauptverdichtung, mittlere Bindemittelgehalte)

Der WE-Wert in dieser Funktion bezeichnet das Maximum der aufsummierten Verdichtungsarbeit während der Hauptverdichtung im WSV und charakterisiert nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen die für das jeweilige Mischgut erforderliche Verdichtungsarbeit in Nm/cm.

Untersuchungen im Vorfeld des Forschungsvorhabens und die Ergebnisse der Auswertung der Hauptverdichtungsarbeit der unterschiedlichen Mischgutvarianten deuten darauf hin, dass die Probekörperdicke einen Einfluss auf die aufzuwendende Verdichtungsarbeit ausübt. Während die Anzahl der Lastübergänge bis zur maximalen Raumdichte auf die Verdichtungsarbeit keinen Einfluss ausübt, benötigen hohe Probekörper bei sonst gleicher Mischgutzusammensetzung eine größere Verdichtungsarbeit. Die mischgutspezifische Größe des Einflusses der unterschiedlichen Probekörperdicken war nicht Teil des Vorhabens und konnte nur orientierend untersucht werden. Zur Auswertung der Verdichtungskennwerte wurde dennoch in erster Näherung die ermittelte Verdichtungsarbeit ohne einen mischgutspezifischen Korrekturfaktor auf die Probekörperdicke bezogen.

Der Zusammenhang zwischen Verdichtbarkeit und Verformungsbeständigkeit wurde bei den beiden performanceorientierten Verfahren der dynamischen Stempeldringtiefe und der Spurbildung untersucht. Ein signifikanter Zusammenhang stellt sich hierbei am deutlichsten für den Vergleich des Verdichtungskennwertes WE mit der dynamischen Stempeldringtiefe dar. Jedoch kann die Verdichtbarkeit hierbei nicht als alleiniger und überwiegender Einflussfaktor auf die Verformungsbeständigkeit angesehen werden. Eine quantitative Be-

wertung dieses Zusammenhanges kann aufgrund des relativ geringen Datenumfanges, der dieser Untersuchung zugrunde liegt, nicht vorgenommen werden.

#### 4. Folgerungen für die Praxis

In dieser Arbeit wurde der Nachweis erbracht, dass sich das Walzsektorverdichtungsverfahren grundsätzlich für die Ansprache der Verdichtbarkeit von Asphalt eignet. In einem ersten Auswertungsschritt wurde die Summe der aufgebrauchten Verdichtungsarbeit je Übergang bei der Hauptverdichtung mathematisch ausgewertet. Mit dem daraus abgeleiteten Kennwert WE kann die Verdichtbarkeit verschiedener Mischgutarten und -sorten charakterisiert werden.

Die Analyse der Dichtemerkmale ( $H_{bit}$ ,  $k$ ) der Probekörper aller untersuchten Mischgutvarianten zeigte, dass die Beschreibung der Verdichtbarkeit mit den derzeitigen Erkenntnissen und den Randbedingungen der Verdichtung nur für mittel und schwer verdichtbare Asphalte plausible Ergebnisse liefert. Ursache für

die unzureichende Beschreibung der Verdichtbarkeit leicht verdichtbarer Mischgutvarianten ist einerseits im Verdichtungsregime und andererseits in der aus maschinenbau- und messtechnischen Gründen ungenauen Probekörperhöhenaufzeichnung während der Verdichtung zu sehen. Um auch für diese Asphalte einen Kennwert zur Beschreibung der Verdichtbarkeit mit dem WSV ermitteln zu können, muss das Programm der Verdichtung (Braunschweiger Modell) dahingehend modifiziert werden. Bis zur Umsetzung dieser Änderung lässt sich die Verdichtbarkeit dieser Asphaltmischungen weiterhin mit Hilfe des D- bzw.  $D_G$ -Wertes charakterisieren.

Bei der Bearbeitung ergaben sich einige Fragestellungen, die einen weiteren Forschungsbedarf vor allem hinsichtlich der mischgutspezifischen Berücksichtigung der Plattendicke und der Art der Verdichtung bei leicht verdichtbaren Asphalten begründen. Bei Vorliegen von Erkenntnissen zu diesen offenen Fragen kann ein Konzept entwickelt werden, das die Verdichtbarkeit von Asphalt mit physikalischen Größen beschreibt. □