

Vergleich der mechanischen Eigenschaften von mittels Walz-Sektor-Verdichtungsgerät und Lamellen-Verdichtungsgerät hergestellten Asphaltprobepplatten

FA 7.186

Forschungsstelle: Technische Universität Braunschweig,
Institut für Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing.
R. Leutner)
Bearbeiter: Renken, P.
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und
Wohnungswesen, Bonn
Abschluss: September 2000

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen der erweiterten Eignungsprüfungen an Asphaltmischgut werden Prüfverfahren zur Ansprache der Verformungseigenschaften, der Kälteeigenschaften und der Verdichtungseigenschaften eingesetzt. Dazu müssen im Laboratorium Asphaltprobekörper hergestellt werden, von deren Eigenschaften auf das Gebrauchsverhalten der Asphaltbefestigung während der Nutzungsdauer der Straße geschlossen wird.

In Deutschland werden performance-orientierte Asphaltprüfungen an Marshall-Probekörpern, Gyrator-Probekörpern, walz-sektor-verdichteten Probekörpern und lamellen-verdichteten Probekörpern durchgeführt. Das Dilemma der Prüfpraxis besteht darin, dass weitgehend unbekannt ist, ob die im Laboratorium nach unterschiedlichen Verdichtungsverfahren hergestellten Asphaltprobekörper gleiche oder unterschiedliche Eigenschaften besitzen und in welchem Rahmen die Asphalteeigenschaften der im Laboratorium hergestellten Probekörper mit denen der feldverdichteten Asphaltprobekörper korrespondieren.

Für eine Reihe von Prüfverfahren (beispielsweise Druck-Schwellversuche, dynamische Stempeldringversuche, statische Kriechversuche) werden zylindrische Prüfkörper – entweder unmittelbar in dieser geometrischen Abmessung hergestellt oder aus größeren Asphaltprobestücken herausgesägt – verwendet. Für weitere Prüfverfahren werden rechteckige Asphaltprobepplatten (Spurbildungsversuche) oder hieraus gesägte prismatische Probekörper (Kälteversuche, Ermüdungsversuche) eingesetzt. Zur Herstellung derartiger Asphaltprobepplatten kommen in Deutschland zwei unterschiedliche Verfahren zum Einsatz, die Laborverdichtung mittels Walz-Sektor-Verdichtungsgerät (WSV) sowie die Laborverdichtung mittels Lamellen-Verdichtungsgerät (LMV).

Ziel der vorgelegten Forschungsarbeit war, insbesondere die mechanischen Eigenschaften der mittels WSV und LMV hergestellten Asphaltprobepplatten zu vergleichen und durch systematische Untersuchungen eventuelle Unterschiede unter Zuhilfenahme von Methoden der mathematischen Statistik abzusichern. Für Asphaltdeckschichten konnte in früheren Forschungsarbeiten des BMV bereits nachgewiesen werden, dass die mittels WSV hergestellten Asphaltprobekörper weitgehend praxisadäquate Eigenschaften besitzen. Für Asphaltbindermaterialien fehlten entsprechende Untersuchungen, so dass hierfür auch feldverdichtete Asphaltprobekörper in das Untersuchungsprogramm einbezogen wurden.

2. Untersuchungsmethodik

Gegenstand der systematischen Untersuchungen waren fünf Mischgutarten/-sorten, nämlich AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11 S, Asphaltbinder 0/16 und Asphaltbinder 0/22 S. Mit dem Mischgut dieser Varianten wurden Marshall-Probekörper (MPK), Gyrator-Probekörper (GPK) und mittels Walz-Sektor-Verdichtungsgerät und Lamellen-Verdichtungsgerät Asphaltprobepplatten herge-

stellt. Zusätzlich wurden die beiden Asphaltbindervarianten in Versuchsstrecken eingebaut und mittels Straßenwalzen auf einen Verdichtungsgrad von ungefähr $k = 100\%$ verdichtet. An den so hergestellten Asphaltprobekörpern wurden zur Überprüfung der Verformungseigenschaften Spurbildungsversuche, Druck-Schwellversuche und einaxiale statische Kriechversuche, zur Überprüfung der Kälteeigenschaften einaxiale Zugversuche bei unterschiedlichen Temperaturen und Abkühlversuche sowie zur Überprüfung der Ermüdungseigenschaften einaxiale Zug-Schwellversuche durchgeführt.

Im Einzelnen wurde an den fünf Asphaltbindervarianten das folgende Prüfprogramm abgewickelt:

Spurbildungsversuche bei $T = 50\text{ °C}$ im Luftbad an

- walz-sektor-verdichteten Asphaltprobepplatten,
- lamellen-verdichteten Asphaltprobepplatten,
- Bohrkernproben (BK) aus der feldverdichteten Asphaltbinderschicht 0/16 und der Asphaltbinderschicht der Sorte 0/22 S,

Statische Kriechversuche bei $T = 40\text{ °C}$ im Wasserbad sowie Druck-Schwellversuche (DSV) bei $T = 50\text{ °C}$ im Luftbad an

- zylindrischen Bohrproben aus der walz-sektor-verdichteten Asphaltprobepplatte,
- zylindrischen Bohrproben aus der lamellen-verdichteten Asphaltprobepplatte,
- Marshall-Probekörpern, normgemäß hergestellt mit 50 Verdichtungsschlägen je Probekörperseite,
- Gyrator-Probekörpern, verdichtet auf ein mit der Dichte des Marshall-Probekörpers vergleichbares Dichteniveau,
- zylindrische Bohrproben aus den beiden feldverdichteten Asphaltbinderschichten,

Einaxiale Zugversuche bei $T = -10\text{ °C}$ und $T = -35\text{ °C}$, Abkühlversuche zur Ansprache der Kälteeigenschaften sowie Zug-Schwellversuche bei $T = 0\text{ °C}$ zur Ansprache der Ermüdungseigenschaften an prismatischen Probekörpern herausgesägt aus

- walz-sektor-verdichteten Asphaltprobepplatten,
- lamellen-verdichteten Probepplatten und
- herausgesägt aus Bohrkernproben der beiden feldverdichteten Asphaltbindervarianten.

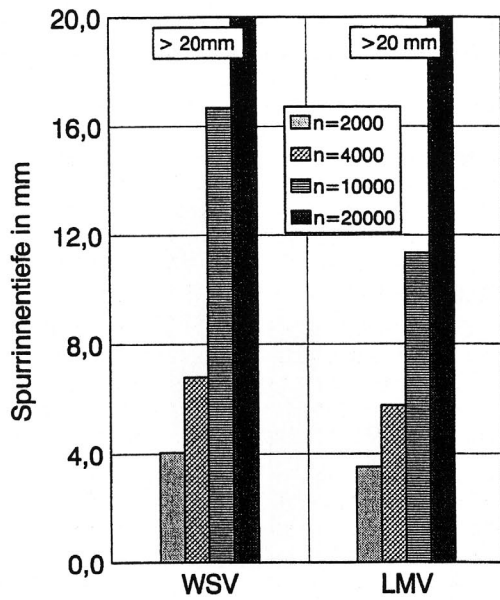
Bei der Herstellung der Asphaltprobekörper für eine Asphaltvariante wurde immer darauf geachtet, dass vergleichbare Raumdichten (Hohlraumgehalt) erzielt wurden. Die Versuche zur Bestimmung der Kenngrößen für die Beurteilung der Eigenschaften der Asphaltprobekörper wurden in der Regel fünfmal wiederholt, so dass eine vergleichende Auswertung der gewonnenen Prüfergebnisse unter Anwendung varianzanalytischer Methoden der mathematischen Statistik erfolgen konnte.

3. Untersuchungsergebnisse

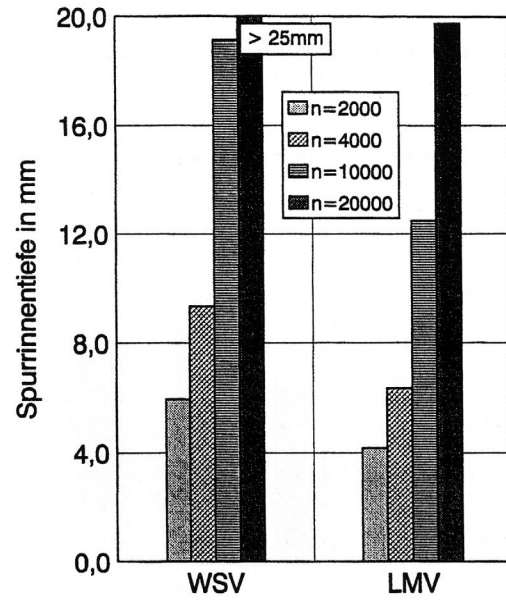
Eine Auswahl der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen, nämlich

- die im Spurbildungsversuch nach unterschiedlichen Überrollungen gemessenen Spurrinntiefen (Bild 1),
 - die im statischen Kriechversuch gemessenen Steifigkeiten S_{mix} (Bild 2),
 - die im Druck-Schwellversuch gemessenen Dehnungen nach unterschiedlichen Lastwechselzahlen (Bild 3),
 - die im einaxialen Zugversuch bei $T = -10\text{ °C}$ und $T = -25\text{ °C}$ gemessenen Zugfestigkeiten (Bild 4),
 - die im Abkühlversuch gemessenen Bruchtemperaturen T_{br} (Bild 5) und
 - die im Zug-Schwellversuch bei einer Temperatur von $T = 0\text{ °C}$ gemessenen Bruchlastwechselzahlen n (Bild 6)
- sind in den Bildern 1 bis 6 histogrammisch dargestellt.

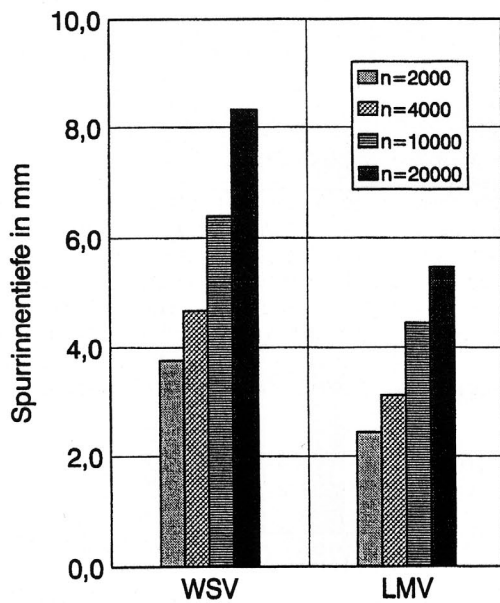
Variante: Asphaltbeton 0/8



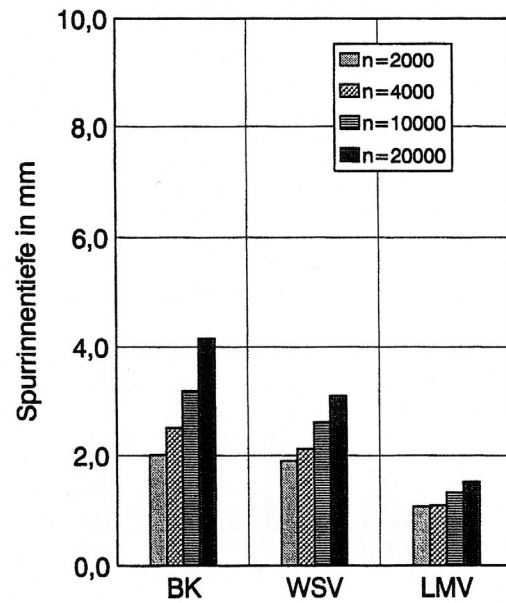
Variante: Asphaltbeton 0/11



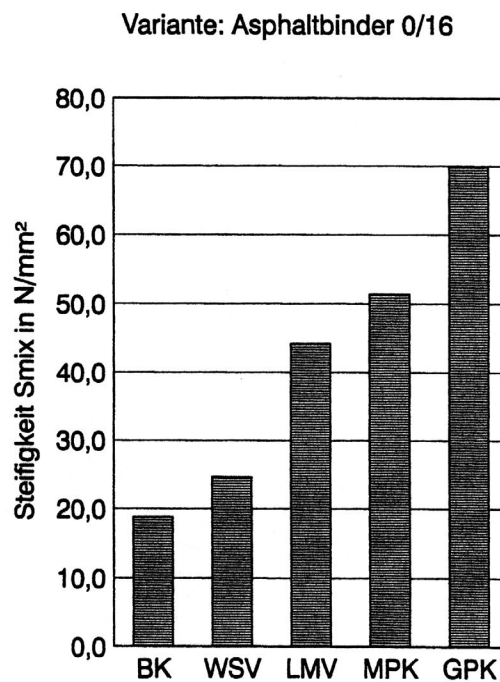
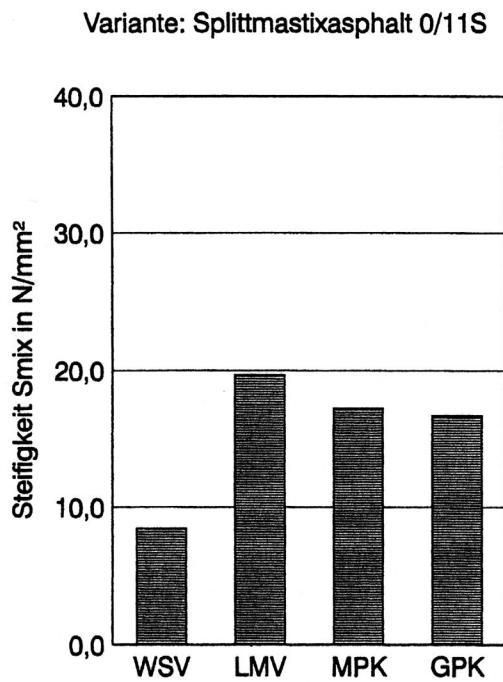
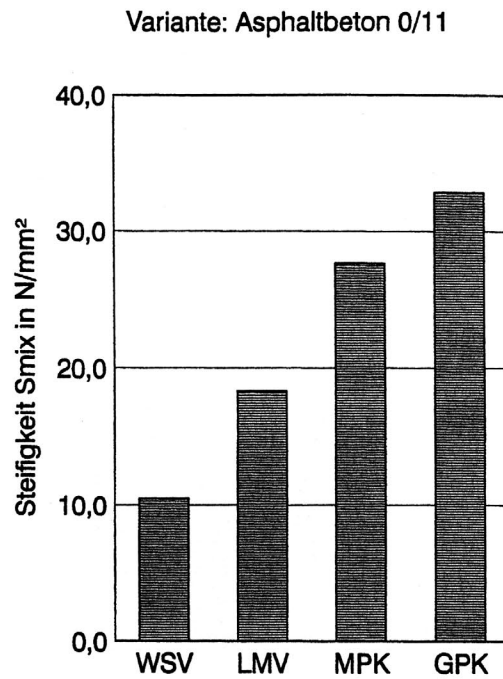
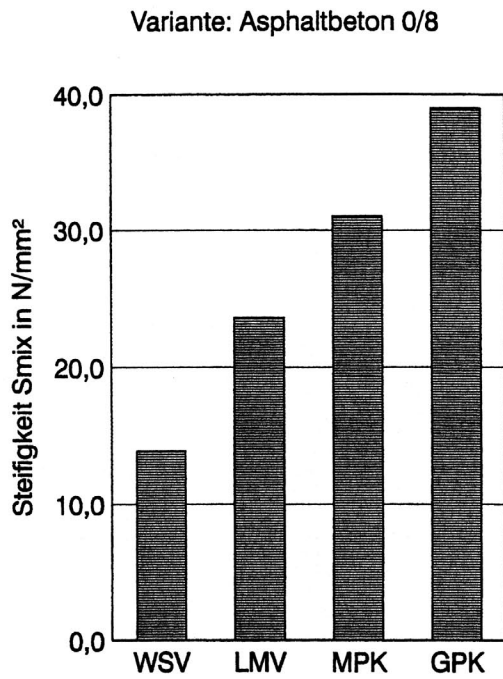
Variante: Splittmastixasphalt 0/11S



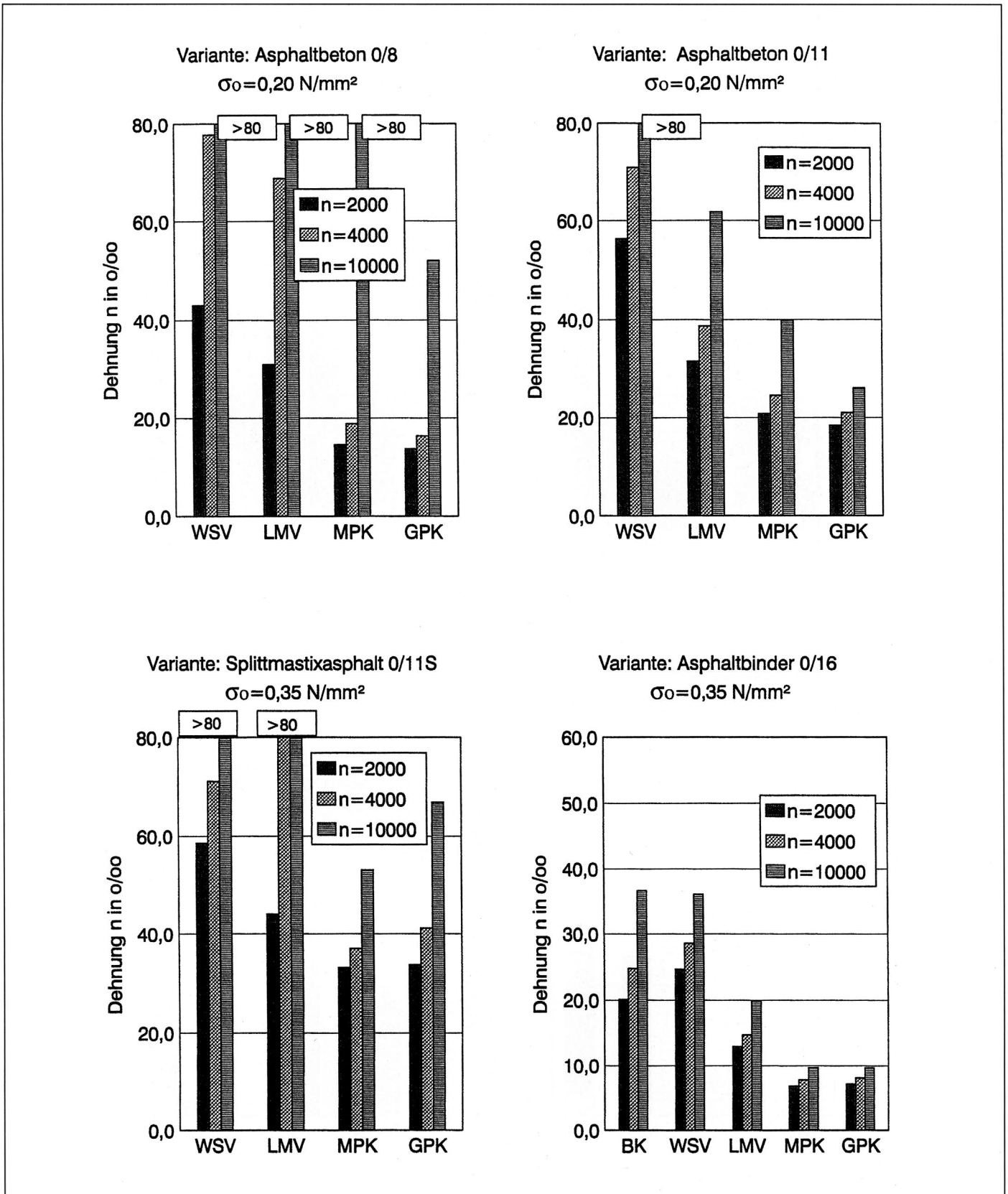
Variante: Asphaltbinder 0/16



1: Spurrinntiefen nach unterschiedlichen Anzahlen n von Überrollungen, gemessen im Spurbildungsversuch,
 Prüftemperatur T = 50 °C, Luftbad
 Varianten: AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11S, Abi 0/16

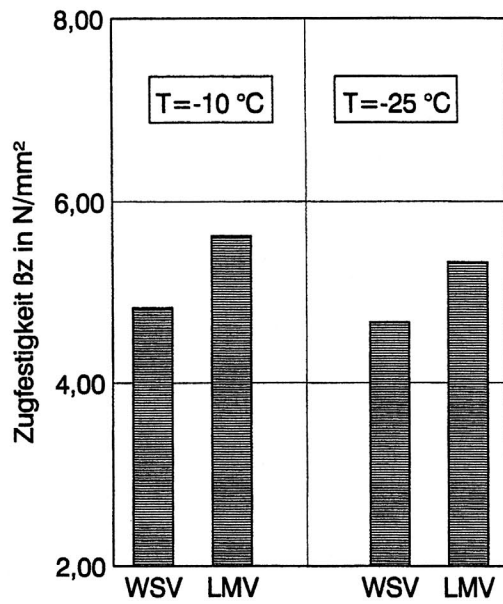


2: Steifigkeit S_{mix} als Ergebnis der einaxialen statischen Kriechtests, Prüftemperatur $T = 40\text{ °C}$, Wasserbad
 Varianten: AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11S, Abi 0/16

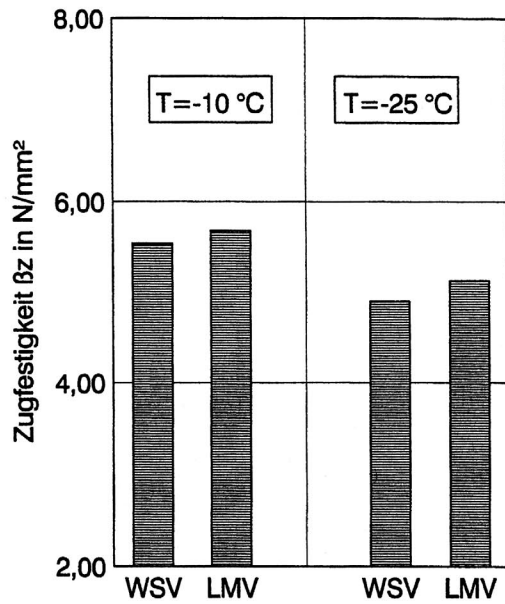


3: Dehnung ϵ nach n Lastwechseln als Ergebnis der Druckschwellversuche, Prüftemperatur $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, Luftbad
 Varianten: AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11S, Abi 0/16

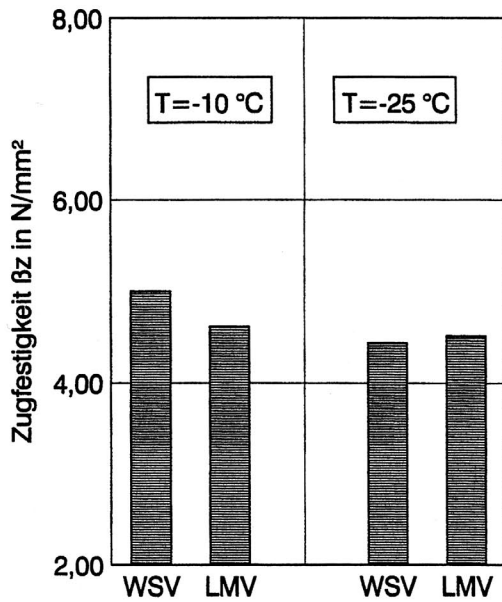
Variante: Asphaltbeton 0/8



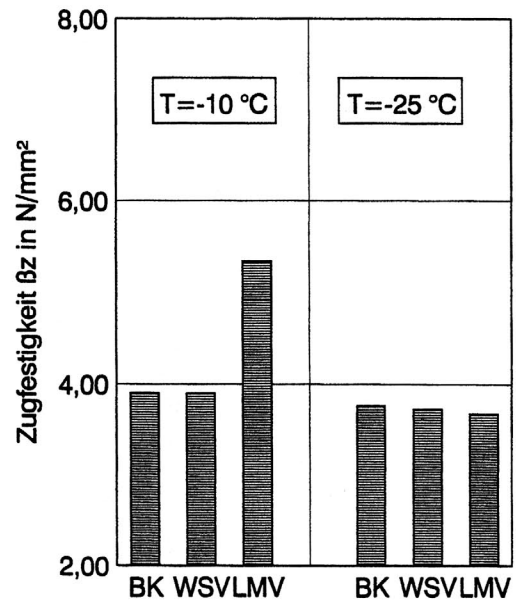
Variante: Asphaltbeton 0/11



Variante: Splittmastixasphalt 0/11S

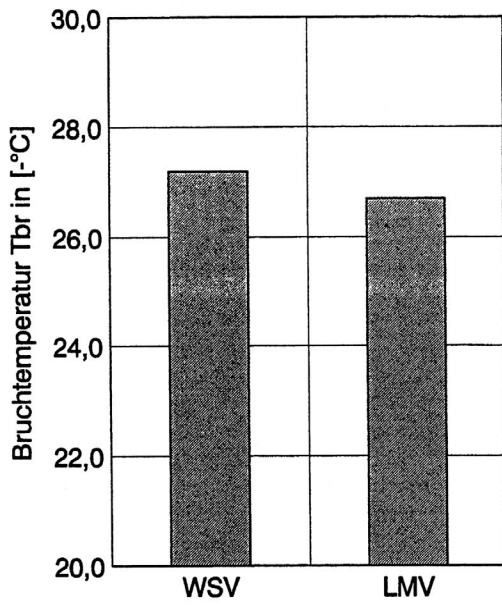


Variante: Asphaltbinder 0/16

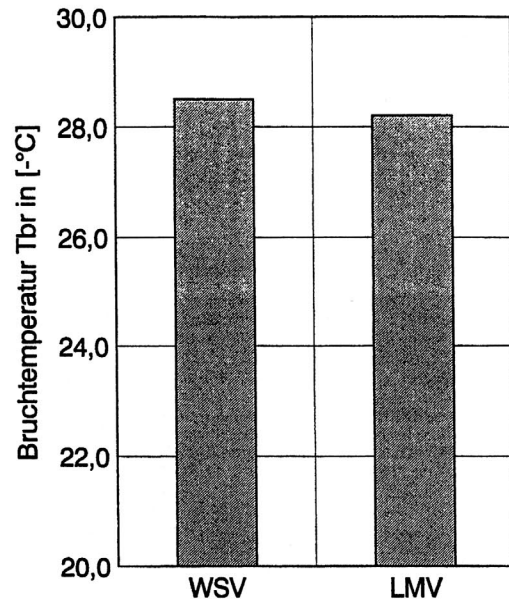


4: Zugfestigkeiten Bz bei zwei Prüftemperaturen als Ergebnis der einaxialen Zugversuche zur Ansprache der Kälteeigenschaften
 Varianten: AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11S, Abi 0/16

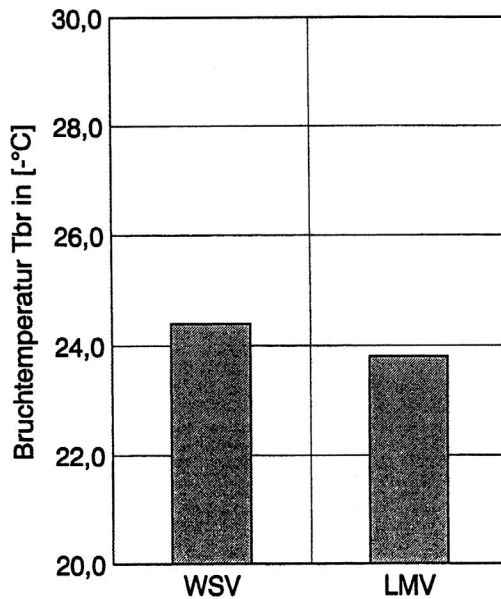
Variante: Asphaltbeton 0/8



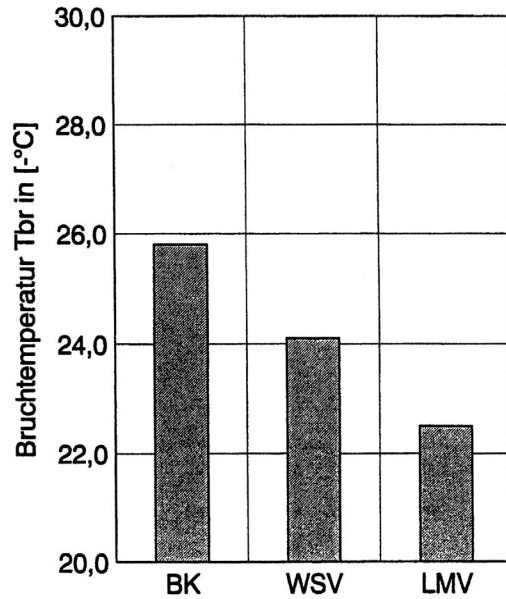
Variante: Asphaltbeton 0/11



Variante: Splittmastixasphalt 0/11S

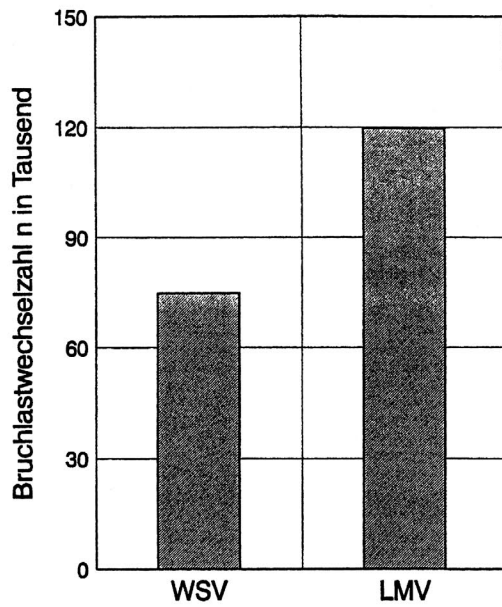


Variante: Asphaltbinder 0/16

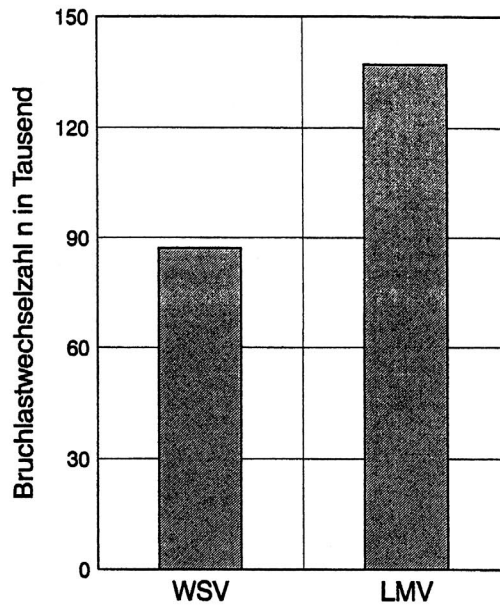


5: Bruchtemperatur Tbr als Ergebnis der Abkühlversuche zur Ansprache der Kälteeigenschaften
 Varianten: AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11S, Abi 0/16

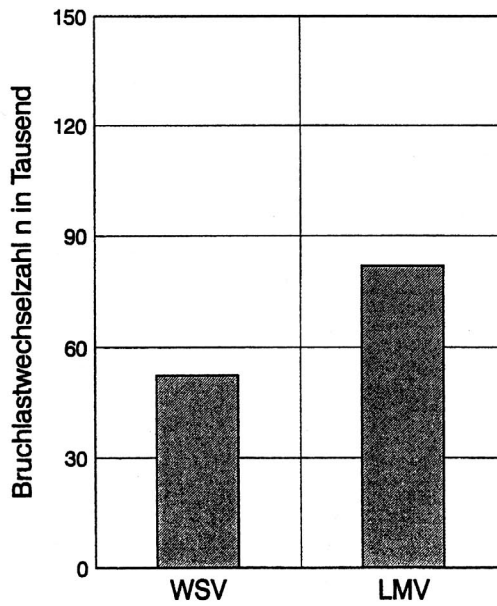
Variante: Asphaltbeton 0/8



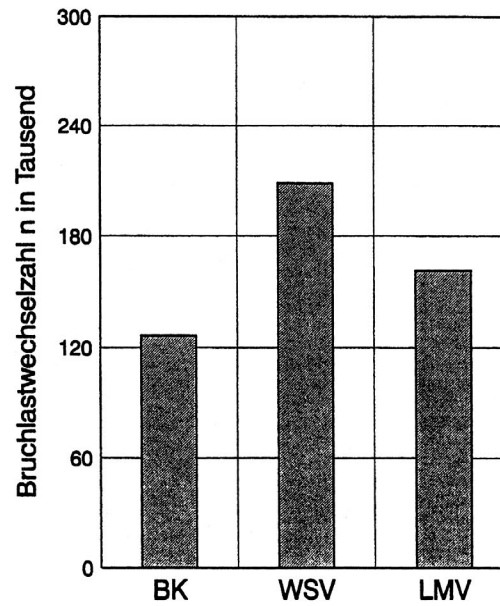
Variante: Asphaltbeton 0/11



Variante: Splittmastixasphalt 0/11S



Variante: Asphaltbinder 0/16



6: Bruchlastwechselzahl n als Ergebnis der Zug-Schwellversuche zur Ansprache der Ermüdungseigenschaften
 Prüftemperatur T = 0 °C
 Varianten: AB 0/8, AB 0/11, SMA 0/11S, Abi 0/16

Außerdem sind darin die Ergebnisse der Asphaltbindervariante 0/16 dargestellt. Für die Asphaltbindervariante der Sorte 0/22 S ergaben sich im Prinzip die gleichen Zusammenhänge.

Die Versuchsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen. Zur Beurteilung der Verformungseigenschaften der unterschiedlich verdichteten Asphaltbindervarianten führen alle drei angewendeten Prüfverfahren zu praktisch gleichen Aussagen:

- Bei den lamellen-verdichteten Asphaltprobekörpern wird regelmäßig eine geringere Spurrinnentiefe als bei den walz-sektor-verdichteten Proben festgestellt. Die Spurrinnentiefe der walz-sektor-verdichteten Asphaltprobekörper sind etwas geringer als die der Bohrkernproben.
- An den zylindrischen Bohrproben aus den lamellen-verdichteten Asphaltprobeplatten wird im Kriechversuch gegenüber der walz-sektor-verdichteten Asphaltprobeplatte regelmäßig eine größere Steifigkeit ermittelt. Über die Steifigkeit S_{mix} wurden die walz-sektor-verdichtete Probe und die Bohrkernprobe der Asphaltbinderschicht als gleichwertig eingestuft. Am Marshall-Probekörper und am Gyrator-Probekörper werden „unrealistisch“ deutlich größere Steifigkeiten gefunden.
- Im Druck-Schwellversuch werden an den lamellen-verdichteten Asphaltprobekörpern immer kleinere Dehnungswerte als an den walz-sektor-verdichteten Probekörpern festgestellt. Die im Druck-Schwellversuch gemessenen Dehnungen sind an den Bohrkernproben größer als an den walz-sektor-verdichteten. Am Marshall-Probekörper und am Gyrator-Probekörper werden deutlich kleinere Verformungswerte gefunden.

Nach alledem ist also festzustellen, dass die Beurteilung des Verformungsverhaltens von Asphalt in starkem Maße durch das Verfahren der Probekörperherstellung beeinflusst wird. Die lamellen-verdichteten Asphaltprobekörper erweisen sich regelmäßig als steifer als die walz-sektor-verdichteten Probekörper. „Unrealistisch“ verformungsbeständig wird der Asphalt über den Marshall-Probekörper oder über den Gyrator-Probekörper beurteilt.

Bei einer summarischen Betrachtungsweise der Ergebnisse der Versuche zum Kälteverhalten ist festzustellen, dass der Wert für die Zugfestigkeit unabhängig von den drei gewählten Prüftemperaturen vom Herstellungsverfahren der Asphaltprobekörper praktisch nicht beeinflusst wird. Für die Bruchtemperatur aus dem Abkühlversuch wird ebenfalls kein Unterschied zwischen den lamellen-verdichteten und den walz-sektor-verdichteten Asphaltprobekörpern festgestellt. Die zwischen feldverdichteten und laborverdichteten Asphaltprobekörpern aufgedeckten Unterschiede der Bruchtemperatur der Asphaltbindervariante werden mit der Bindemittelnachhärtung aufgrund der nicht zu vermeidenden Wiedererwärmung des Asphaltmischgutes begründet und stellen keinen Einfluss des Verfahrens der Herstellung der Asphaltprobeplatte dar.

Bei Würdigung aller Einzelergebnisse ist zu konstatieren, dass das Kälteverhalten der Asphaltproben durch das Herstellungsverfahren nicht beeinflusst wird.

Insbesondere bei den drei Asphaltdeckschichtvarianten wird im Ermüdungsversuch für die lamellen-verdichteten Asphaltprobeplatten eine größere Anzahl der ertragbaren Lastwechsel bis

zum Bruch registriert als bei den walz-sektor-verdichteten Proben. Die an den Bohrkernproben der feldverdichteten Asphaltbinderschicht festgestellten Bruchlastwechselzahlen korrespondieren mit denen der walz-sektor-verdichteten Asphaltprobeplatte besser als mit denjenigen der lamellen-verdichteten. Demnach sind Einflüsse aus dem Probekörperherstellungsverfahren zu berücksichtigen: Die lamellen-verdichteten Asphaltprobekörper werden als ermüdungsbeständiger beurteilt als die walz-sektor-verdichteten.

4. Folgerungen für die Praxis

Nachgewiesen werden konnte, dass die Beurteilung der Verformungsbeständigkeit deutlich und die Beurteilung der Ermüdungsbeständigkeit in einer nicht zu vernachlässigenden Größenordnung von dem Verdichtungsverfahren bei der Herstellung der Asphaltprobekörper beeinflusst werden. Das Probekörperherstellungsverfahren wirkt sich jedoch nicht auf die Beurteilung der Kälteeigenschaften aus.

Des Weiteren wurde festgestellt, dass walz-sektor-verdichtete Asphaltprobeplatten weitgehend praxisadäquate Eigenschaften besitzen oder zumindest die Verhältnisse der Einbaubedingungen der Praxis getreuer simulieren als die lamellen-verdichteten Asphaltprobeplatten. Aus diesem Grund wird empfohlen, in den Fällen, in denen möglichst praxisadäquate Messgrößen zur Beurteilung der Verformungseigenschaften ermittelt werden sollen, das Walz-Sektor-Verdichtungsverfahren anzuwenden.

Weiter wird empfohlen, bei der Ermittlung der Prüfwerte zur Beurteilung der Verformungsbeständigkeit neben dem Verdichtungsgrad der Asphaltprobeplatten immer das Verdichtungsverfahren und -management für die Herstellung der Asphaltprobekörper anzugeben.

Anforderungswerte können nur in Verbindung mit der Festlegung des Verdichtungsverfahrens formuliert werden.

Zur Gewinnung von Prüfverfahren zur Prognostizierung des Ermüdungsverhaltens ist ebenfalls immer das Verdichtungsverfahren mit anzugeben.

Für die Beurteilung der Kälteeigenschaften können das Walz-Sektor- und auch das Lamellen-Verdichtungsverfahren als gleichwertige Methoden herangezogen werden.

Grundsätzlich gilt, dass durch die Marshall-Verdichtung und auch die Gyrator-Verdichtung der Asphalt erheblich „steifer“ und damit unrealistisch eingestuft wird als durch die Walzverdichtung im Feld. Die Walz-Sektor-Verdichtung im Laboratorium kommt der Walzverdichtung im Feld sehr nahe. Durch die Lamellen-Verdichtung werden Asphaltprobekörper produziert, deren mechanische Eigenschaften zwischen denen der walz-sektor-verdichteten und nach dem Marshall- beziehungsweise dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörper liegen.

Weil die walz-sektor-verdichtete Asphaltprobeplatte weitgehend praxisadäquate Verformungseigenschaften besitzt, sollte diesem Verdichtungsverfahren bei der Endfassung der europäischen Norm EN 12697-33 „Probekörperherstellung mit einer Plattenverdichtung“ unbedingt der dominante Stellenwert eingeräumt werden. □