

Neue Prüfverfahren und -parameter: Übertragung des Bewertungshintergrundes des Verformungswiderstandes von Walzasphalt für die vertragliche Anwendung von Performance-Anforderungen

FA 7.308

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg)

Bearbeiter: Müller, D. / Radenberg, M. / Nytus, N. / Dominik, J.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: Juli 2024

1 Einleitung und Zielsetzung

Nach den außergewöhnlich heißen Sommern von 2018 bis 2020 ist die Frage nach der prüftechnischen Absicherung des Verformungswiderstandes von Asphalt in den Fokus der Diskussionen gerückt. Ein Arbeitskreis hat sich gebildet, um Asphaltkonzepte mit verbessertem Verformungswiderstand zu untersuchen und geeignete Materialprüfungen zu identifizieren. Bisher fehlt jedoch ein wissenschaftlich abgesicherter Bewertungshintergrund für ein praktikables und differenzierendes Prüfverfahren. Erste Ansätze zur Bewertung des Verformungswiderstandes von hoch beanspruchten Asphaltsschichten (Asphaltdeckschichten und Asphaltbinderschichten) sind im Regelwerk [TL Asphalt-StB 07/13] zwar vorhanden, wurden aber bisher nur zur Erfahrungssammlung herangezogen. Zukünftig wird der Einaxiale Druck-Schwellversuch (DSV) nach [TP Asphalt-StB, Teil 25 B1] zur Beschreibung des Verformungswiderstandes herangezogen. Eine Änderung in der Probekörperart wurde 2018 eingeführt, um praxisingerechtere Aussagen zu ermöglichen. Des Weiteren gibt es Diskussionen über die Berücksichtigung einer Querdehnungsbehinderung, für die verschiedene Prüfmethode untersucht wurden. Eine Möglichkeit der Laborprüfung des Verformungsverhaltens mit Berücksichtigung einer gewissen Querdehnungsbehinderung liefert die TP Asphalt-StB, Teil 25 A2.

Eine Überarbeitung der Technischen Regelwerke zielt darauf ab, einen belastbaren Bewertungshintergrund für diese Prüfmethode zu schaffen. Darüber hinaus werden bestehende Vorschläge für eine Bewertung des Verformungsverhaltens von Gussasphalt kritisch überprüft und gegebenenfalls angepasst. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen in die Überarbeitung der Europäischen Normen einfließen.

2 Methodik

Das Ziel der Übertragung des Bewertungshintergrundes des Verformungswiderstandes wurde im Rahmen dieses Projekts auf verschiedenen Wegen verfolgt. So wurde eine umfangreiche Literaturstudie zu vorhandenen Ergebnissen von Einaxialen Druck-Schwellversuchen und Stempelleindringversuchen

durchgeführt und zusätzlich Asphaltmischgutproduzenten angeschlossen, um weitere Ergebnisse zum Verformungswiderstand, möglichst mit Informationen zur Zusammensetzung der Asphaltmischgüter, zu bekommen. Diese bestehenden Daten wurden ausgewertet und durch eigene Laboruntersuchungen an 45 verschiedenen Asphaltmischgutvarianten ergänzt. Diese 45 Varianten enthalten sechs Gussasphalte und sechs weitere Walzasphaltgemische, die von der BAST zur Verfügung gestellt wurden. Zusätzlich wurden zehn Praxisstrecken ausgewählt, aus denen Bohrkerne entnommen wurden, um die Ergebnisse der im Labor hergestellten Asphaltkonzepte zu validieren. An allen Walzasphaltvarianten wurden dynamische Stempelleindringversuche gemäß [TP Asphalt-StB, Teil 25 A2] und bei den Gussasphalten gemäß [TP Asphalt-StB, Teil 25 A1] durchgeführt und bei allen Walzasphalten Einaxiale Druck-Schwellversuche am Bohrkern gemäß [TP Asphalt-StB, Teil 25 B1]. An ausgewählten Varianten wurden zudem Einaxiale Druck-Schwellversuche am MPK und Stempelleindringversuche mit Querdehnungsbehinderung durchgeführt.

3 Datenauswertung

3.1 Empfehlungswerte für den Verformungswiderstand von Walzasphalten sowie Verfahrenspräzision

Um Erfahrungswerte für die Dehnungsrate, ermittelt mittels des Einaxialen Druck-Schwellversuchs, festzulegen, wurden alle erhobenen Daten (Laborvarianten, bestehende Datensätze, BAST-Varianten und Ergebnisse des Ringversuchs an der RUB) statistisch analysiert und evaluiert. Insgesamt wurden 118 Datensätze in die Analyse einbezogen. Die verfügbaren Daten wurden sowohl zusammen als auch für jede Asphalt- und Bindemittelsorte getrennt analysiert. Die separate Analyse nach Asphaltssorte und Bindemittel ergab keine eindeutigen Ergebnisse für einen Zielwert an die Dehnungsrate. Eine weitere Analyse ergab für die untersuchten Hauptsorten die in Tabelle 1 aufgeführten Zielwerte. Diese wurden durch Berechnung des 90%-Quantilwerts ermittelt. Aufgrund der teilweise geringen Datenbasis ist eine weitere Validierung erforderlich.

Tabelle 1: Anforderungen an die Dehnungsrate je nach Asphaltssorte

	90%-Quantil-Wert je Asphaltssorte
alle Werte	11,6
AC 22 B	12,6
AC 16 B	6,4
AC 11	12,0
AC 8	4,1
SMA 16 B	14,9
SMA 11	6,8
SMA 8	9,0

Ein allgemeiner Zielwert für eine maximale Dehnungsrate im Rahmen der Erstprüfung von $\epsilon_i^* \leq 11$ [%*10-4/n] kann festgelegt werden, der für alle Walzasphalte gilt. Darüber hinaus sollte ein schärferer Zielwert für besonders hohe verformungswirksame Beanspruchungen (Bk100) in Betracht gezogen werden. Hier werden nur noch SMA-Varianten verwendet, die mit einem modifizierten Bindemittel versehen werden. Hierfür ist ein Zielwert von $\epsilon_i^* \leq 6$ [%*10-4/n] einzuhalten.

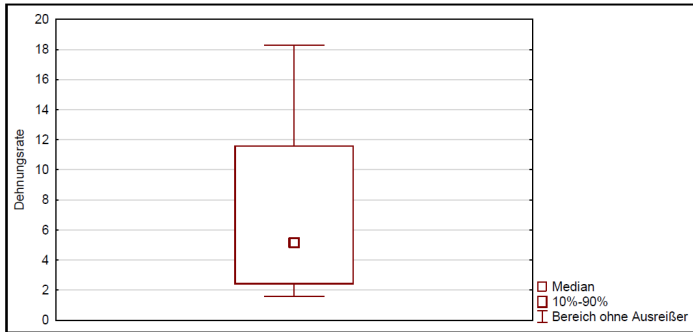


Bild 1: Zielwert an die Dehnungsrate für Walzasphalte

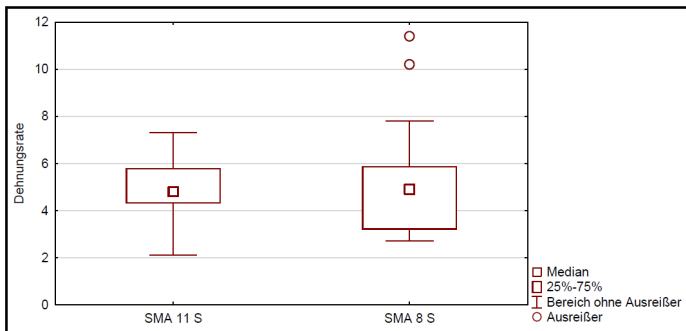


Bild 2: Zielwert an die Dehnungsrate für hohe verformungswirksame Beanspruchungen (SMA)

Darüber hinaus gibt es noch besondere Fälle (zum Beispiel B-Zahl größer als 200). Für diese Fälle sollten die Prüfrandbedingungen erweitert werden (höhere Temperaturen und/oder längere Lasteinwirkung). Hierfür kann mit Abschluss des Forschungsprojekts noch kein Zielwert vorgeschlagen werden. Hierfür sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

3.1.1 Dehnungsraten in situ

Eine Validierung der Dehnungswerte der Laborproben anhand der Dehnungsraten der Praxisstrecken gestaltet sich aufgrund der geringen Datenbasis und verwertbaren Ergebnisse als schwierig. Es kann keine klare Korrelation zwischen den Dehnungsraten der Praxisstrecken und der Laborproben hergestellt werden. Die fehlenden Informationen zu den Praxisstrecken erschweren eine klare Bewertung der Ergebnisse.

3.2 Verfahrenspräzision

Die gültige Verfahrenspräzision, die anhand von Marshall-Probekörpern erarbeitet wurde, kann für die Prüfung von Bohrkernen aus WSV-Platten übernommen werden. Die Streuung der Daten für Marshall-Proben ist ähnlich wie bei Bohrkernen aus

WSV-Platten, obwohl diese tendenziell höhere Dehnungsraten aufweisen. Bei Betrachtung der Grenzlinie für die gültige kritische Spannweite nach [TP Asphalt-StB, Teil 25 B1] mit der Formel $d = 0,31x + 3,6$ ist zu erkennen, dass ein Großteil der Datensätze von der Linie umfasst wird. Lediglich acht Datensätze liegen über oder auf der Grenzlinie. Davon sind fünf Datensätze (rote Dreiecke) Varianten, die innerhalb der drei Einzelmessungen Wendepunkte aufweisen und somit eine große kritische Spannweite haben. Insgesamt liegen circa 95 % der Datensätze unterhalb dieser Grenzlinie (Bild 3).

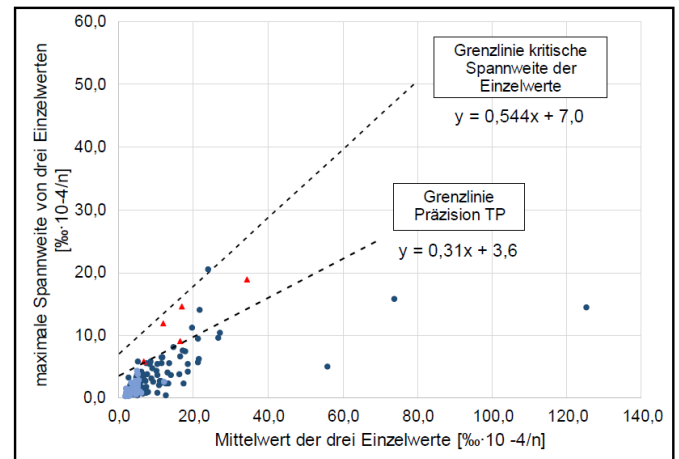


Bild 3: Zusammenhang zwischen der Spannweite von drei Einzelergebnissen und deren Mittelwert

3.3 Verformungswiderstand bei höchsten Beanspruchungen (AS 3A)

Die experimentelle Untersuchung des Verformungswiderstands von Asphaltbefestigungen unter extremen Beanspruchungen ist ein bisher nicht zufriedenstellend gelöstes Problem. Diese Bedingungen treten häufig auf neu gebauten Asphaltstraßen während der Bauphase auf. Um ein bestehendes Bewertungsverfahren für solche Situationen anzuwenden, werden erweiterte Prüfbedingungen diskutiert, einschließlich Änderungen der Prüftemperatur und Lastbedingungen gemäß [TP Asphalt-StB Teil 25 B1]. An vier ausgewählten Splittmastixasphalten mit hohem Verformungswiderstand wurden erweiterte experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche haben ergeben, dass die Erhöhung der Prüftemperatur auf 60 oder 65 °C eine weitergehende Differenzierung von Mischgutvarianten mit hohem Verformungswiderstand ermöglicht. Auch die Lastfrequenz (längere Lasteinwirkungsdauer) zeigt einen aber eher geringeren Effekt auf die Dehnung und die Dehnungsrate (Bild 4).

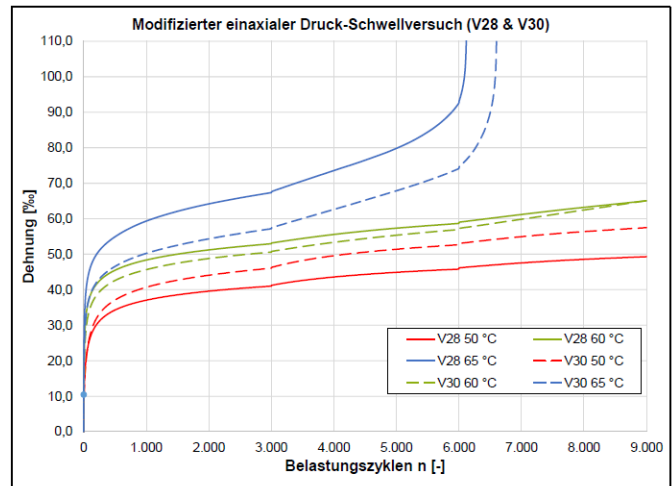
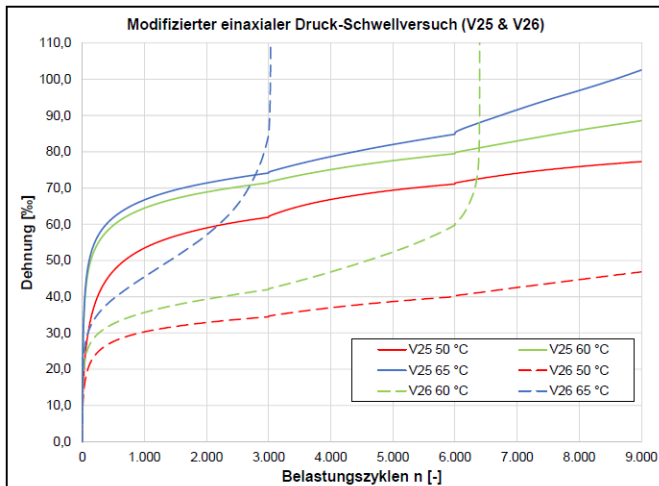


Bild 4: Impulskriechkurven Sonderprogramm AS 3A

3.4 Dynamischer Stempelindringversuch nach [TP Asphalt-StB, Teil 25 A2]

Zur Berücksichtigung einer definierten Querdehnungsbehinderung, die in der Praxis durch die große Flächenausdehnung um die Radaufstandsfläche herum zweifellos vorhanden ist, wurde eine Variante mit einer erhöhten seitlichen Stützeinwirkung untersucht, indem ein massiver Metallring angeordnet wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden kann, dass die Eindringtiefe durch eine zusätzliche Querdehnungsbehinderung (Stützring) geringer gehalten werden kann. Einige Varianten (V3, V15, V20, V23, V29) weisen eine höhere dynamische Eindringtiefe auf, wenn der Probekörper mit zusätzlicher Querdehnungsbehinderung geprüft wird. Die Differenzen zwischen der Eindringtiefe mit und ohne Stützring sind insgesamt aber relativ gering.

3.5 Verformungsverhalten von Gussasphalt

Für die Bewertung des Verformungsverhaltens von Gussasphalt nach den [TP Asphalt-StB Teil 25 A1] gibt es bereits einen Vorschlag für einen Bewertungshintergrund, der im Rahmen dieses Forschungsprojekts kritisch überprüft werden soll. Die Ergebnisse der Untersuchungen an den sechs Gussasphaltrezepturen ergaben eine Absenkung der maximalen Werte für die Stempelindringtiefe. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen an den Gussasphalten.

Tabelle 2: Erfahrungswerte für die Stempelindringtiefe nach 2 500 LW

Asphaltsorte	Minimalwert der Stempelindringtiefe [mm]	Maximalwert der Stempelindringtiefe [mm]
MA 5 S	0,4	0,7
MA 8 S	0,4	0,5
MA 11 S	0,7	1,1

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsprojekts "Neue Prüfverfahren und -parameter: Übertragung des Bewertungshintergrunds des Verformungswiderstands von Walzasphalt für die vertragliche Anwendung von Performance-Anforderungen" wurde sich mit verschiedenen Prüfverfahren zur Untersuchung des Verformungswiderstands von Asphalt sowie deren Anwendung im Rahmen der Überarbeitung des technischen Regelwerks beschäftigt. Laboruntersuchungen an verschiedenen Asphaltmischgutvarianten wurden durchgeführt, um einen Bewertungshintergrund zu schaffen, da der bisher geltende Bewertungshintergrund auf Untersuchungen am MPK basiert und nicht an praxismgerechten Bohrkernen aus WSV-Platten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Dehnungsraten nicht allein von der Asphaltart und den verwendeten Bindemitteln abhängen. Es wurde ein allgemeiner Zielwert für die Dehnungsrate im Rahmen von Erstprüfungen von $\epsilon_i^* \leq 11$ [% \cdot 10 $^{-4}$ /n] festgelegt, der für alle Walzasphaltvarianten gelten soll. Zusätzliche Versuche für hohe verformungswirksame Beanspruchungen wurden durchgeführt. Dabei wurden Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt. Insbesondere konnte eine Differenzierung der Varianten beobachtet werden, die unter den Standardbedingungen ähnliche Verformungskennwerte aufwiesen und anschließend unter abgeänderten Prüfbedingungen getestet wurden. Eine Validierung anhand von Praxisstrecken zeigte keine eindeutige Tendenz. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um eine umfassendere Datengrundlage zu schaffen. Die Einrichtung einer Datenbank zur Sammlung von Ergebnissen aus dem Druck-Schwellversuch wird vorgeschlagen, um zuverlässige Aussagen über Zielwerte an die Dehnungsrate zu ermöglichen.

Bei der Untersuchung der dynamischen Stempelindringtiefe von Walzasphalten wurde ein seitlicher Stützring berücksichtigt, um die begrenzte Querdehnung im Labormaßstab besser zu simulieren. Die Ergebnisse aus vergleichenden Untersuchungen mit und ohne Stützring zeigten keine eindeutige Tendenz

bezüglich der Änderung der Stempeleindringtiefe. Sowohl geringere als auch höhere Werte wurden festgestellt. Somit kann geschlossen werden, dass ein seitlicher Stützring nicht erforderlich ist und keine Anpassung des Verfahrens notwendig ist.

Das Verformungsverhalten von Gussasphalt wird ausschließlich durch den dynamischen Stempeleindringversuch (SEV) beschrieben. Zusätzliche Varianten wurden untersucht, um den bestehenden Bewertungshintergrund zu ergänzen. Dabei gelang es, die maximalen Stempeleindringtiefen zu reduzieren. Es ist jedoch zu beachten, dass aufgrund der begrenzten Datenlage die Änderung der oberen Grenzwerte nicht vollständig gesichert ist und weitere Untersuchungen erforderlich sind.

5 Literatur

[TP Asphalt-StB, Teil 25 A1]: Technische Prüfvorschriften für Asphalt – TP Asphalt-StB, Teil 25 A1: Dynamischer Stempeleindringversuch an Gussasphalt bei Wärme, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e. V., Köln, Ausgabe 2020

[TP Asphalt-StB, Teil 25 A2]: Technische Prüfvorschriften für Asphalt – TP Asphalt-StB, Teil 25 A1: Dynamischer Stempeleindringversuch an Walzasphalt, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e. V., Köln, Ausgabe 2010

[TP Asphalt-StB, Teil 25 B1]: Technische Prüfvorschriften für Asphalt – TP Asphalt-StB, Teil 25 B1: Einaxialer Druck-Schwellversuch – Bestimmung des Verformungsverhaltens von Walzasphalt bei Wärme, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e. V., Köln, Ausgabe 2022