Messung der mechanischen Impedanz zur Bestimmung des Zeitpunktes für die Verkehrsfreigabe

Jutta Lindemann¹, Jörn Hübelt¹, Tom Georgi¹, Georg Hilmer¹, Frohmut Wellner², Gunther Papsdorf³, Susann Wolf⁴

¹ Hochschule Mittweida, 09648 Mittweida, ² Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, ³ SINUS Messtechnik GmbH, 04347 Leipzig, ⁴ Wolf Straßen- und Tiefbau GmbH, 08141 Reinsdorf

Einleitung

Die langfristige Haltbarkeit von Fahrbahnbelägen wird durch Umweltbedingungen beim Einbauprozess und dem Fortschreiten des Abkühlprozesses bei der ersten Belastung durch den Verkehr beeinflusst. Derzeit ist eine Zeitdauer bis zur Verkehrsfreigabe unabhängig von dem verwendeten Material festgelegt [1]. Zur Bewertung des Zustandes des Fahrbahnbelages sind derzeit Labormessverfahren Stand der Technik. Diese rufen jedoch an der Stelle der Bohrkernentnahme eine Schädigung hervor. Zudem liegen deren Ergebnisse erst nach Wochen vor. Aus diesem Grund besteht die Notwendigkeit ein zerstörungsfreies in-situ Messverfahren zu entwickeln.



Abbildung 1: Messaufbau auf einer neuen Asphaltdeckschicht

Grundlagen

Der Messaufbau für das Verfahren zur Bestimmung des Zeitpunktes für die Verkehrsfreigabe ist in Abbildung 2 dargestellt.

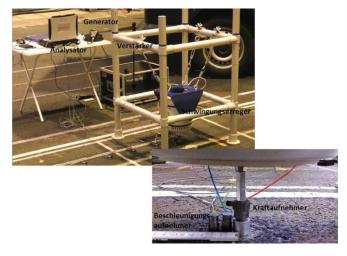


Abbildung 2: Messaufbau zur Bestimmung der mechanischen Impedanz

Mit einem Schwingungserreger erfolgt eine durch das Ankoppelplättchen (unterer Teil des Bildes) flächenmäßig definierte Anregung der Asphaltbefestigung. Die dabei in die Struktur eingetragene Kraft wird mit Hilfe Kraftaufnehmers (rote Markierung) erfasst. Beschleunigungsaufnehmer (blaue und gelbe Markierung) detektiert zeitgleich die von der eingeleiteten Kraft hervorgerufenen Schwingungen. Auf der Basis dieser Messgrößen wird die mechanische Eingangsimpedanz Z(f) berechnet. Zur Beurteilung der Materialparameter soll der E-Modul der Fahrbahnoberfläche herangezogen werden. Für die Bestimmung des E-Moduls werden die Messergebnisse mit einem theoretischen Modell der mechanischen Eingangsimpedanz Z(f) eines elastischen Halbraums nach Gleichung (1) verglichen [2].

$$Z = \frac{1}{\frac{\omega k_T}{G} (1 - \mu) \left[0.19 + \frac{0.3 j}{k_T a} \right]}$$
 [Ns/m] (1)

ω Kreisfrequenz

 k_T Wellenzahl

G Schubmodul

μ Querdehnzahl

a Radius der Anregungsfläche

Der in das Modell Z(E,f) einfließende E-Modul E und dessen Abhängigkeit von der Frequenz f und Temperatur T, beschrieben durch die Master-Curve, ist dabei durch einen geeigneten mathematischen Algorithmus so zu variieren, dass ein Minimum der Abweichung zwischen Messung und Modell erreicht wird.

Ergebnisse

Der Abkühlprozess nach Einbau der Deckschicht ist für verschiedene Bauvorhaben mit dem hier beschriebenen Verfahren messtechnisch beobachtet worden. . Die Abbildung 3 zeigt die hierbei ermittelten E-Moduln bei 5 Hz und 20°C für verschiedene Messzeitpunkte. In der ZTV[1] ist festgelegt, dass Straßenabschnitte 24 Stunden nach einlagigem Einbau der Deckschicht freigegeben werden dürfen. Daher wird die Steifigkeit, die ca. nach 24 Stunden bestimmt worden ist, folgend als Freigabesteifigkeit bezeichnet. Steifigkeiten, die ca. nach 72 Stunden ermittelt worden, werden als Endfestigkeit beschrieben. Für einen Bauabschnitt auf der S 286 konnten die Freigabe- und die Endfestigkeit ermittelt werden. In diesem Fall ist die Freigabefestigkeit 7,2 % kleiner als die Endfestigkeit. Mit der Hypothese, dass sich das Abkühlverhalten für den zweiten Bauabschnitt in Wilkau-Haßlau weiter entwickelt, wie es die ersten Messpunkte aufzeigen, wird die Freigabefestigkeit nach ca. 22 Stunden erreicht. Bei gleicher Annahme für den ersten Bauabschnitt in Wilkau-Haßlau ist die Freigabesteifigkeit nach ca. 24 Stunden erreicht worden. Diese Zeiten weichen im Wesentlichen nicht von den Festlegungen [1] ab. Unter gleichen Voraussetzungen werden die Freigabefestigkeiten bei den Bauabschnitten in Lichtentanne und auf der S 286 nach ca. 10 bis 15 Stunden vorgefunden. Dementsprechend könnten Straßenabschnitte ca. 10 Stunden früher freigegeben werden. Dieser Sachverhalt muss durch weitere Messungen bestätigt werden. Wünschenswert ist es auch die Endfestigkeit über längeren Zeitraum zu beobachten.

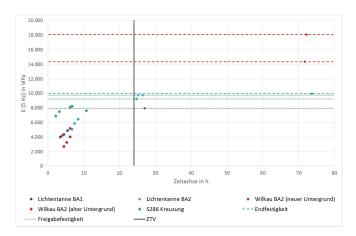


Abbildung 3: E-Modul bei 5 Hz für die verschiedenen Messzeitpunkte für die verschiedenen Bauabschnitte

Zusammenfassung

Die erste Belastung durch den Verkehr beeinflusst die langfristige Haltbarkeit von Fahrbahnbelägen. Für die Ermittlung des Zeitpunktes zur Verkehrsfreigabe ist ein zerstörungsfreies in-situ Messverfahren entwickelt worden.

Das Verfahren basiert auf der Messung der mechanischen Eingangsimpedanz. Zur Bestimmung des E-Moduls wird ein geeigneter Minimierungsalgorithmus herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen zunächst eine gute Eignung des Verfahrens zur Bestimmung des Zeitpunktes für die Verkehrsfreigabe. Denkbar ist jedoch die Anwendung des Verfahrens auf Aufgaben der Prozessüberwachung, bei denen sich die Steifigkeitsparameter von Asphaltbefestigungen über die Zeit ändern.

Danksagung

Wir möchten uns bei dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE, Deutsch: EFRE) für die Gewährung des Forschungsprojekts bedanken.



Literatur

- [1] ZTV Asphalt-StB 07: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt.— Köln: FGSV, 2007
- [2] Möser, Michael; Kropp, Wolfgang: Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen. 3. Auflage. Berlin: Springer, 2010