

Zerstörungsfreie und berührungslose Bestimmung des E-Moduls von Fahrbahnschichten zur flächendeckenden Bestimmung der strukturellen Substanz

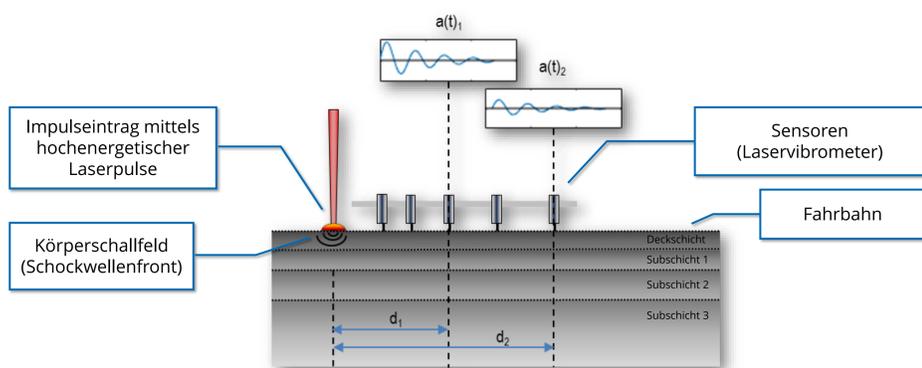


Jörn Hübelt, Steffen Weißmantel, Manuel Pfeiffer, Hochschule Mittweida
A.Picht, F. Wellner, A. Zeißler, Technische Universität Dresden
Ch. Schulze, P. Lindern, Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH

Ziel des hier vorgestellten Messverfahrens ist die flächendeckende Bestimmung der strukturellen Substanz von Fahrbahnschichten mit Hilfe einer neu entwickelten opto-akustischen in-situ Technologie. Dieses Verfahren basiert auf der zerstörungsfreien und berührungslosen Impulseinkopplung hochenergetischer Laserpulse in die Fahrbahnoberfläche. Das auf diese Weise in der Fahrbahn erzeugte Körperschallfeld breitet sich mit einer von den Eigenschaften der jeweiligen Schicht bedingten Ausbreitungsgeschwindigkeit aus und erzeugt ein Schwingungsmuster $u(x, t)$ an der Fahrbahnoberfläche. Dieses Muster wird durch die Bestimmung der vertikalen Wechselschnelle $u(t)$ auf einer in x -Richtung orientierten Linie mittels Laser-Doppler-Anemometrie berührungslos abgetastet. Dabei entsteht ein Vektor aus Übertragungsfunktionen, der den Zusammenhang zwischen der Schnelle $u(x_{ref}, t)$ an einem Referenzort und den Schnellen $u(x_i, t)$ an den Orten i auf der Linie beschreibt.

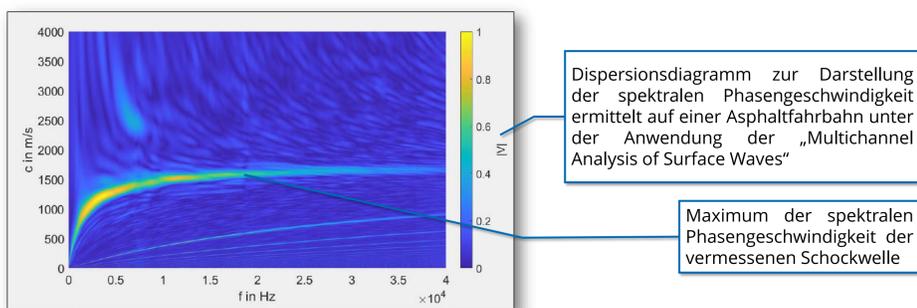
Opto-akustische Messtechnologie:

- Ziel: Entwicklung einer alternativen In-situ Messtechnologie zur flächendeckenden und kontinuierlichen Bewertung der strukturellen Substanz von Asphaltfahrbahnen.
- Motivation: Zerstörungsfreie Bestimmung der Steifigkeit (E-Modul) mit Hilfe von berührungsloser laserinduzierter Signalanregung und der Auswertung der so erzeugten akustischen Signale in den Fahrbahnschichten in Echtzeit.
- Grundprinzip der opto-akustischen Messtechnologie:



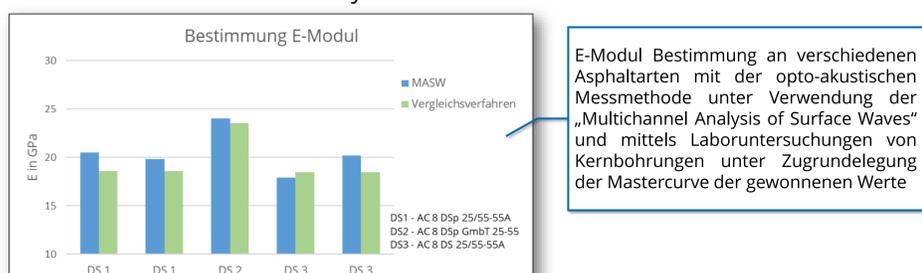
Methode der E-Modul Bestimmung:

- Berechnung der frequenzabhängigen Phasengeschwindigkeiten der akustischen Signale mit Hilfe der „Multichannel Analysis of Surface Waves“ (MASW) und der Anwendung der Phase-Shift-Methode.
- Bestimmung des E-Moduls der einzelnen Schichten mit Hilfe der Inversion des Modells zur Vorhersage der Phasengeschwindigkeit vom Lamb-Wellen → Die Lösung der mathematischen Beschreibung erfolgt mit iterativen Verfahren und unter Berücksichtigung der Temperatur- und Frequenzabhängigkeit der Strukturen.



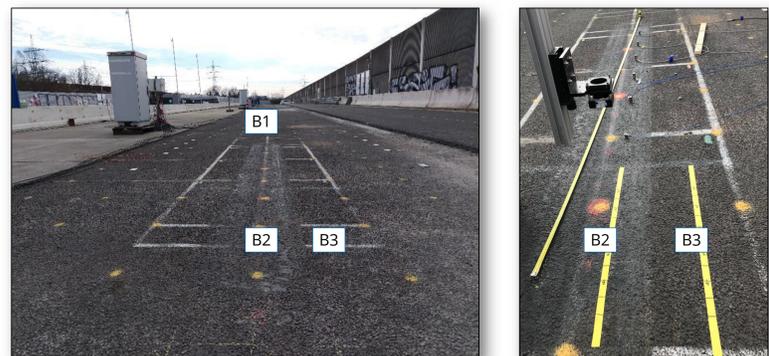
Vergleich mit Standardverfahren:

- Gegenüberstellung der Ergebnisse einer opto-akustischen Vermessung zur herkömmlichen Bohrkernanalyse:



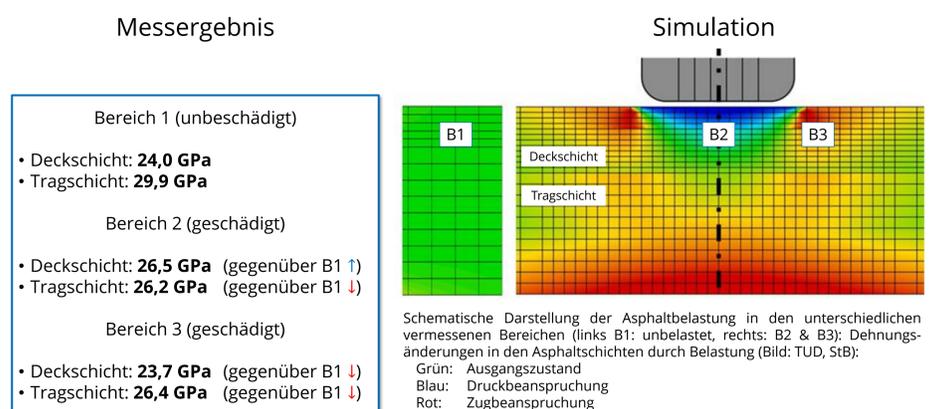
Anwendungsbeispiel – Vermessung duraBAST Teststrecke:

- Vermessung eines Fahrbahnabschnittes, mit unterschiedlich belasteten Bereichen, auf dem duraBAST Prüfgelände und Bestimmung des E-Moduls mit der neu entwickelten opto-akustischen Messmethode.
- Aufbau des untersuchten Teststreckenabschnittes (Asphalttragschicht - AC 22 T N 50/70 und Asphaltdeckschicht - SMA 8 S 50/70):



Die Belastungsversuche wurde mit Hilfe des Mobile Load Simulator (MLS30) durchgeführt.
Messbereich B1: unbeschädigter Asphaltbereich vor der Belastungszone
Messbereich B2: geschädigter Asphaltbereich in der Belastungszone
Messbereich B3: vom geschädigter Asphaltbereich neben der Belastungszone

- Ergebnisse der opto-akustischen Vermessung:



Fazit:

- Eine zerstörungsfreie und berührungslose Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Asphaltfahrbahnen und deren einzelner Schichten mit dem neu entwickelten opto-akustischen Messverfahren unter Verwendung der laserinduzierten Signalanregung ist grundsätzlich möglich.
- Bereits geringe Veränderungen in der strukturellen Substanz von Asphaltfahrbahnen, z. B. durch Beanspruchung und Belastung, können mit dem opto-akustischen Messverfahren detektiert werden, womit die Voraussetzungen für eine anwendungsorientierte berührungslose und zerstörungsfreie In-situ-Messtechnologie zur Bestimmung des E-Moduls von Fahrbahnflächen geschaffen wurden.
- Ein Vergleich der Messergebnisse mit konventionellen Messverfahren, z.B. Bohrkernanalyse, ist unter Einbeziehung der Mastercurve-Werte möglich.