

Schwingungsreduzierung in Betonfahrbahnen durch Optimierung der Plattengeometrie

FA 8.216

Forschungsstelle: Universität der Bundeswehr München, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung (Prof. Dr.-Ing. W. Wirth)

Bearbeiter: Wirth, W. / Bracher, B.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juli 2014

1 Problemstellung

Die Abmessungen von Betonfahrbahnplatten beruhen auf Erfahrungswerten. So sind hier vor allem die Vermeidung von Schwindrissen, Temperaturschwankungen, Fahrstreifenbreite und Belastung der Fahrbahnbefestigung Grundlage für die Bestimmung der Plattenabmessungen. Alle gängigen Dimensionierungsverfahren beruhen auf einer quasistatischen, weitgehend empirischen Betrachtungsweise der Belastung.

In diesem Forschungsprojekt wurde untersucht, ob Betonfahrbahnplatten beim Überfahren zu erzwungenen Schwingungen angeregt werden und inwiefern dabei in die Fahrbahn eingebrachte Energie zu diversen Schäden an der Fahrbahnbefestigung führen kann, insbesondere welchen Einfluss die Plattenlänge hierauf hat.

2 Untersuchungsprogramm und -ergebnisse

Zur Erfassung realistischer Beschleunigungsdaten wurde eine Messstelle auf der Autobahn A 5 bei Heidelberg zwischen dem Kreuz Heidelberg und der Anschlussstelle Heidelberg-Schwetzingen, Fahrtrichtung Süden, eingerichtet. Der Aufbau der Autobahnbefestigung besteht gemäß RStO 12, Tafel 2, Zeile 1.2 aus einer 27 cm dicken Betonplatte auf einer ca. 20 cm mächtigen Verfestigungsschicht mit Vlies-Zwischenlage.

Es wurden erstmals Beschleunigungssensoren zur Erfassung des Systemverhaltens verwendet. Da sich die Messstelle auf einer realen, dauerhaft unter Verkehr befindlichen Autobahn befindet (DTV 88 079 Kfz/d; 11,3 % Schwerverkehrsanteil [SVZ 2009]), kann jederzeit die Reaktion der Fahrbahnplatte auf den aktuell vorhandenen Lkw-Verkehr gemessen werden. Zusätzlich zu den Messungen der realen Verkehrsbelastung wurden auch Messungen mit einem Fahrzeug mit bekannten Abmessungen, definierter Beladung und definiertem Reifendruck durchgeführt. Hierfür wurde ein zweiachsiger Lkw vom Typ Mercedes-Benz Axor verwendet. Dieser besitzt bei der gewählten Beladung mit dem maximalen Gesamtgewicht Achslasten von 8,64 t hinten und 7,42 t vorne.

Um Aussagen über das Schwingungsverhalten der Betonplatte treffen zu können, wurden sowohl von den gemessenen Beschleunigungsdaten als auch von den Einsenkungsdaten die Leistungsdichtespektren bestimmt. So können Resonanzeffekte und kontinuierliche Schwingungen anhand der damit einhergehenden überhöhten Energiedichten in dem dazugehörigen Frequenzband erkannt werden. Einige Sensoren konnten sowohl durch Augenschein als auch bei der Analyse der Frequenzspektren als defekt erkannt werden und wurden von der weiteren Analyse ausgenommen. Bei der Analyse der Spitzen-

werte der Beschleunigungen der Fahrbahnplatte stellte sich heraus, dass es eine geringe Anzahl von Werten mit sehr großer Amplitude gibt, wobei hier auch der Mittelwert von Null abweicht. Bei Analyse der Leistungsdichte der Beschleunigungswerte und der Einsenkungswerte zeigt sich eine Häufung der spektralen Energieverteilung im Bereich von 30 bis 50 Hz, welche danach exponentiell abfällt. Es sind nirgends Anzeichen für eine überhöhte Frequenz zu erkennen, was für das Auftreten eines statischen Schwingungsbilds oder einer modalen Schwingungsform sprechen würde. Die Annahme eines dynamischen Schwingungsverhaltens der Platte kann somit nicht bestätigt werden. Ein harmonisches Schwingungsverhalten oder ein Nachschwingen der Platte wird durch die sehr starke Dämpfung des Systems verhindert.

Während der Auswertung der gemessenen Daten konnten Aussagen über verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten bezüglich Auswahl, Anzahl und Platzierung der Sensoren, der Detailausführung der Messstelle und zusätzlich zu installierender, für die Kalibrierung hilfreicher Messsysteme gewonnen werden.

Zur numerischen Simulation des Schwingungsverhaltens wurde ein dreidimensionales Finite-Elemente-Modell mit dem FE-Programm ADINA erstellt. Die Platte wurde aus 8-Knoten-Elementen frei auf der darunter befindlichen Schicht aufliegend modelliert, wobei ein Abheben der Platte vom Untergrund möglich ist. Symmetrieeigenschaften konnten bei der Modellbildung nicht genutzt werden, sodass die gesamte Platte modelliert wurde. Um die Annäherung der Last an die Fuge und den Plattenübergang gut abbilden zu können, wurde jeweils ein Teil der Nachbarplatten davor und dahinter modelliert und mittels Dübel angebunden.

Anhand von Bohrproben wurden die realen Werkstoffkennwerte und Schichtdicken bestimmt und das FE-Modell entsprechend angepasst. Im Gegensatz zur statischen Kalibrierung des Systems, für die bewährte Rechenverfahren benutzt wurden, existiert zur dynamischen Kalibrierung des Simulationsmodells keine numerische Lösung, sodass hier die Messdaten herangezogen wurden. Auch kann die reale Anregung der Platte durch einen darüberfahrenden Lkw nicht exakt nachgebildet werden, da es sich bei diesem um einen dynamischen Mehrmassenschwinger handelt. Die so verursachten Lastschwankungen wurden vereinfachend durch eine normalverteilte Schwankung der Last von 10 % der Achslast berücksichtigt.

Bei Simulationen mit unterschiedlichen Plattenlängen wurde untersucht, welche Auswirkungen diese auf die Relativbewegungen der Plattenränder an der Fuge beim Lastübergang von einer Platte auf die andere haben. Hierbei zeigte sich eine Zunahme der Relativbewegung mit zunehmender Plattenlänge, wobei dies besonders bei Plattenlängen von mehr als 5 m zu bemerken ist. Dagegen stellte sich der Einfluss der Systemdämpfung auf das Einsenkungsverhalten als unbedeutend heraus. Insgesamt wird das Einsenkungsverhalten der Fahrbahnplatte sehr stark von den Eigenschaften des Unterbaus beziehungsweise der Unterlage geprägt.

Ein Ausschwingen der Platte über ihre Ausgangslage war in keinem Fall zu verzeichnen, jedoch kommt es durch die sehr

hohe Geschwindigkeit der Ausfederungsbewegung des entlasteten Plattenrands zu einem geringen Abheben der Plattenunterseite von der Oberfläche der darunterliegenden Verfestigung. Dies ist ein Indiz für die Richtigkeit der Theorie des Pumpens und der damit verbundenen Stoffumlagerung in den so entstehenden Hohlräumen.