

Ein Vergleich verschiedener Fester Fahrbahnen in einem engen Bogen im Hinblick auf Schlupfwellenbildung und daraus resultierender Gleisbeanspruchungen

Dissertation FEICHTER, Roland 2006: Veröffentlicht in den Mitteilungen des Institutes für Infrastruktur, Arbeitsbereich Eisenbahnwesen und Öffentlicher Verkehr

Heft Nr. 11: 2006 und in

Eisenbahntechnische Rundschau ETR 55 - 12/2006; Seite 884 bis 889

Kurzauszug aus der Dissertation

Vorwort

Das Grundprinzip des Rad-Schiene-Systems ist das Rollen von Stahlrädern auf Stahlschienen. Die Räder des Radsatzes sitzen fest auf der Achswelle; Achswelle und Räder können sich deshalb nur gemeinsam und nicht von einander unabhängig bewegen. Bei Radien unter 600 m, die bei vielen Eisenbahnen trassierungsbedingt auftreten, kann die Differenz der Wege, die das bogenäußere und das bogeninnere Rad zurückzulegen hat, nicht mehr durch die Konizität der Radreifenlauffläche voll ausgeglichen werden. Das bogeninnere, durch die Fliehbeschleunigung bei der Bogenfahrt entlastete Rad beginnt zu schlupfen. Auf Grund dieses Vorganges entstehen auf der bogeninneren Schiene Wellen, deren Längen etwa 50 bis 180 mm und deren Tiefen bis zu maximal 0,6 mm betragen.

Beim Befahren solcher Bogenabschnitte entstehen Schwingungen, die eine zusätzliche Beanspruchung der Schiene, die Lockerung der Schienenbefestigung bzw. in Einzelfällen sogar den Bruch der Schwellenschrauben, die Zerstörung der Betonschwellen und des scharfkantigen Schotters, zusätzliche dynamische Beanspruchungen des Fahrzeuges sowie eine frühzeitige Verschlechterung der Gleisanlage hervorrufen. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen sowie aus Gründen des Umweltschutzes (Ansteigen des Schallpegels um bis zu 10 dB(A)) und zur Wahrung des Fahrkomforts müssen diese Schlupfwellen abgeschliffen werden. Dadurch entstehen Kosten und bei der Schiene Substanzverlust.

In der vorliegenden Arbeit werden zwei prinzipiell unterschiedliche Oberbaukonstruktionen einer Festen Fahrbahn hinsichtlich der Entwicklung der Schlupfwellen bezüglich Länge und Tiefe und daraus resultierender Reaktionen untersucht. Dabei handelt es sich in einem Falle um eine auf dem Unterbau gelagerte Betontragplatte, im anderen Fall um gummiummantelte Betonschwellen, die in einer Betontragplatte eingesetzt sind, wobei bei der letztgenannten Konstruktion wegen des unmittelbaren Anschlusses an eine Weiche drei verschiedene Schienenneigungen ($1:\infty$, 1:80 und 1:40) erforderlich sind.

Die beiden Oberbaukonstruktionen, die unterschiedliche Steifigkeiten aufweisen, werden mit Hilfe eines FE-Programmes modelliert und die Resonanzfrequenzen festgestellt. Schwerpunkte sind vertikale Wege, Feder- und Lagerkräfte sowie Momente am Träger. Die Ergebnisse sind in Diagrammen übersichtlich dargestellt.

Die durch die Modellrechnung gewonnenen Ergebnisse werden am Beispiel der Schnellbahnstrecke S7 in Wien im Bereich der Haltestelle Rennweg in einem Bogen mit einem sehr engen Halbmesser überprüft. Dabei wurden die Schlupfwellen in regelmäßigen Abständen abgezeichnet und bezüglich mittlere Wellenlänge, mittlere Wellentiefe, Wellenzahl pro laufendem Meter und Verwellungsgrad ausgewertet und in Diagrammen in Abhängigkeit von der Streckenbelastung dargestellt. Ebenso ermittelt wurde die Rauigkeit der Wellenberge und Wellentäler in Längs- und Querrichtung sowie die Höhen- und Seitenabnutzung der Schiene. Für die Beurteilung der Oberbaukonstruktion wurden Beschleunigungsmessungen an ausgewählten Stellen in vertikaler und horizontaler Richtung bei beiden Konstruktionen durchgeführt und mit Hilfe einer FFT-Analyse die Leistungsdichtespektren ermittelt sowie Vergleiche zwischen Innenschiene und Außenschiene vorgenommen. Über den Intervall-effektivwert, der eine direkte Beziehung zum Energieinhalt einer Schwingung herstellt, wird die dynamische Beanspruchung des Oberbaues beurteilt.

Abschließend werden unter Verwendung der Theorie von Hertz auf Grund der abgezeichneten geometrischen Form der Schienenoberfläche die Schubspannungen im Schienenkopf für geschliffene bzw. verwellte Schienen berechnet und die Spannungsverteilung dargestellt.

Zusammenfassung

Im Vergleich der beiden unterschiedlichen Oberbauformen (Porr und gummiummantelte Schwellen) erweist sich die Oberbauform Porr (MP1) mit einer Schienenneigung von 1:40 als jene mit den längsten und tiefsten Schlupfwellen. MP3 mit der Schienenneigung von 1:80 weist die kürzesten und flachsten Schlupfwellen auf. Nur mit den anderen Messquerschnitten mit gummiummantelten Schwellen verglichen, entstehen auf MP3 die Schlupfwellen am langsamsten (abgesehen von MP1 (Porr)). Aufgrund der Schlupfwellentiefe und Schlupfwellenlänge treten hier jedoch weit höhere Spannungen im Schienenkopf auf als bei der Oberbauform Porr.

Durch die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den Spannungsberechnungen aller Lastfälle ist zu ersehen, dass die Beurteilung der Schlupfwellen nach Tiefe, Länge, Wellenzahl und Verwellungsgrad allein nicht ausreicht. Eine Verringerung der Schlupfwellentiefe und -länge durch eine Reduktion der Oberbausteifigkeit (z.B. weichere Zwischenlagen) bedeutet nicht automatisch eine Verbesserung. Wie die Spannungsauswertungen zeigen, kommt es auf das Verhältnis der Schlupfwellenparameter und somit die

Krümmung der Schlupfwellenberge an, um die Spannungen im Schienenkopf zu reduzieren. Auch die Tiefe, in welcher das Schubspannungsmaximum zu liegen kommt, ist abhängig von der Kombination Belastung und Schlupfwellenparameter.

Weiters ist zu beachten, dass diese Ergebnisse keine Verallgemeinerung zulassen. Andere Bögen mit Schlupfwellen lassen sich nur durch die Berücksichtigung der dortigen speziellen Randbedingungen sowie eine genau auf diese angepasste Modellbildung und Neuberechnung beurteilen.