

Dipl.-Ing. Heike Ilias, Berlin

Nichtlineare Wechsel- wirkungen von Radsatz und Gleis beim Überrollen von Profilstörungen

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **297**

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Bezeichnungen | VII |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Stand der Forschung | 2 |
| 1.2 Ziel der eigenen Arbeit | 6 |
| 1.3 Gliederung der Arbeit | 8 |
| 2 Allgemeine Definitionen und Voraussetzungen | 10 |
| 2.1 Koordinatensysteme und Notationen | 10 |
| 2.2 Nomenklatur | 12 |
| 2.3 Voraussetzungen und Annahmen | 15 |
| 3 Das Modell des Gleises | 19 |
| 3.1 Modellierung der Einzelkomponenten des Gleises | 20 |
| 3.1.1 Modellierung der Schiene | 20 |
| 3.1.2 Modellierung der Schwellen | 20 |
| 3.1.3 Modellierung der Zwischenlage | 21 |
| 3.1.4 Modellierung des Schotters | 22 |
| 3.2 Finite-Elemente-Modellierung bezogen auf die Vertikal- und Longitudinaldynamik | 23 |
| 3.2.1 Zum Prinzip der virtuellen Verrückungen bei bewegten Einzellasten . . . | 24 |
| 3.2.2 Modifiziertes FE-Verfahren für dynamische Probleme und bewegte Lasten | 28 |
| 3.2.3 Residualverschiebungen der Subelemente–das Verfahren von MACNEAL . | 39 |
| 3.2.4 Mittelwertbildung der Tangentenneigung am Ort der Last | 43 |
| 3.2.5 Aufbau des Gesamtdifferentialgleichungssystems | 46 |
| 3.2.6 Belastungen der Schiene im Schienenschwerpunkt | 48 |
| 3.3 Lateralmodell des Gleises | 50 |
| 3.3.1 Bewegungsgleichungen des Lateralmodells des Gleises | 52 |
| 4 Das Modell des Rades | 55 |
| 4.1 Bewegungsgleichungen des starren Rades | 55 |
| 4.2 Modale Bewegungsgleichungen des elastischen Rades im Kontaktpunkt | 58 |
| 5 Kontaktvorgang | 62 |
| 5.1 Verschiebungen und Geschwindigkeiten von Rad und Schiene im Kontaktpunkt . | 62 |
| 5.1.1 Schienenseitige Verschiebungen und Geschwindigkeiten | 62 |
| 5.1.2 Radseitige Verschiebungen und Geschwindigkeiten | 67 |
| 5.1.3 Elastische Einsenkung im fiktiven Kontaktpunkt | 69 |
| 5.1.4 Schlüpfte im fiktiven Kontaktpunkt | 69 |
| 5.2 Kontaktgeometrie | 71 |
| 5.2.1 Ermittlung der Berührungspunktlage | 71 |
| 5.3 Kontaktmechanik | 80 |
| 5.3.1 Normalkontakt | 80 |
| 5.3.2 Tangentialkontakt | 87 |
| 5.4 Verschleißberechnung | 91 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.4.1 | Reibleistung und Reibarbeitshypothese | 92 |
| 5.4.2 | Ermittlung des Verschleißwirkungspunktes | 93 |
| 6 | Numerische Vorgehensweise | 98 |
| 6.1 | Analytische Zeitschrittintegration der linearen Bewegungsgleichungen | 98 |
| 6.2 | Iterative Ermittlung der nichtlinearen Kontaktkräfte | 109 |
| 7 | Numerische Ergebnisse | 115 |
| 7.1 | Variation der Fahrgeschwindigkeit des Rades | 116 |
| 7.2 | Variation der Wellenlänge der Profilstörung | 127 |
| 7.2.1 | Einfluß der Berührungspunktverlagerung | 129 |
| 7.2.2 | Einfluß der Amplitude der Profilstörung | 134 |
| 7.3 | Variation des Starrkörperschlupfes | 136 |
| 7.4 | Einfluß des elastischen Rades | 139 |
| 7.5 | Überrollung eines gemessenen Profilschriebes | 140 |
| 8 | Zusammenfassung und Ausblick | 142 |
| A | Standard Eingabedaten | 147 |
| A.1 | Daten der Schiene | 147 |
| A.2 | Daten der Schwelle | 148 |
| A.3 | Daten der Zwischenlage | 148 |
| A.4 | Daten des Schotters | 149 |
| A.5 | Daten des Radsatzes | 149 |
| A.6 | Daten der Kontaktmechanik | 150 |
| A.7 | Frequenzgänge des Vertikal-/Longitudinalmodells | 151 |
| B | Ergänzungen zum FE-Verfahren für dynamische Probleme | 153 |
| B.1 | Eigenformen des beidseitig eingespannten Dehnstabes | 153 |
| B.2 | Eigenformen des beidseitig eingespannten, schubweichen Balkens | 153 |
| B.3 | Ansatzfunktionen für den schubweichen Balken und den Dehnstab | 156 |
| B.4 | Ermittlung der Koppelmatrizen zur Kopplung modaler und physikalischer Freiheitsgrade | 157 |
| C | Aufstellen der Drehmatrizen zur Koordinatentransformation | 161 |
| | Literaturverzeichnis | 164 |