

Prognose von Kurvengeräuschen

Janina Pankau, Torsten Kohrs

Bombardier Transportation, 16761 Hennigsdorf, Deutschland, Email:
janina.pankau@de.transport.bombardier.com, torsten.kohrs@de.transport.bombardier.com

Einleitung

In diesem Beitrag werden rechnergestützte Verfahren zur Prognose von Kurvengeräuschen schienengebundener Fahrzeuge vorgestellt. Ein Prognoseverfahren (SFE AKUSRAIL) wurde innerhalb des vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Forschungsprojektes *Leiser Verkehr: Kurvengeräusche* von der Firma SFE GmbH entwickelt. Ein weiteres Simulationstool für Kurvengeräusche steht als Modul von TWINS zur Verfügung (SLYNX).

Die rechnergestützte Simulation bildet die Entstehungsmechanismen, die zum Kurvengeräuschen führen, auf Modellebene ab. Die am Kurvengeräuschen maßgeblich beteiligten Parameter können dabei für gegebene Konstellationen aus Fahrzeug, Fahrwegkonstruktion, Betrieb und Trassierung ermittelt werden. In einer Prognoserechnung kann der Parametereinfluss auf das Kurvengeräuschen abgeschätzt werden. Parameterstudien mit validierten Prognosemodellen liefern Kriterien für Optimierungsmaßnahmen. Aus gegebener Konstellation der Fahrzeug-, Fahrweg/Trassierungs- und Betriebsdaten kann das Kurvengeräusch abgeschätzt werden.

Die für die Kurvengeräuschprognose benötigten Eingangsparameter sind bei beiden Programmen zahlreich und decken die Bereiche Gleisdynamik, Radsatzdynamik und Rad-/Schiene-Kontakt (Betrieb) ab.

SFE AKUSRAIL

SFE AKUSRAIL wurde als Simulationstool zur Prognose der Riffelbildung, des Rollgeräusches und der Kurvengeräusche (inklusive Kurvengeräusche) entwickelt. Die wesentlichen Eingangsparameter werden mittels eines FE-Modells des Rades, einem integrierten Gleismodell und aus einer Laufdynamiksimulation zur Verfügung gestellt. Abb.1 zeigt die Programmstruktur.

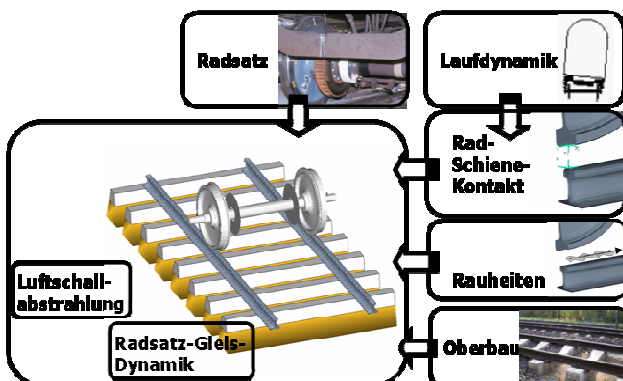


Abbildung 1: Programmstruktur von SFE AKUSRAIL [3]

Die Ergebnisse einer Prognoserechnung für das Kurvengeräuschen können in Form einer Stabilitätskarte (Abb.2) und eines Zeitschriebes für eine Kurvenfahrt ausgegeben werden. Eine im Programm integrierte Auswertung des Zeitschriebes im Frequenzbereich liefert einen Farbkonturplot (Abb.3).

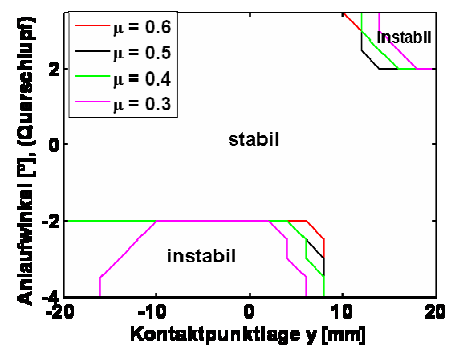


Abbildung 2: Stabilitätskarte zur Identifikation der instabilen Bereiche für verschiedene Reibwerte

Die Stabilitätskarte (Abb.2) liefert in Abhängigkeit zweier Systemparameter (Anlaufwinkel und Kontaktpunktlage) eine Aussage über die Parameterkonstellationen, in denen Kurvengeräusche zu erwarten sind. In der Darstellung wurde der Reibwert variiert. Bei sinkendem Reibwert verkleinern sich die instabilen Zonen.

Der Farbkonturplot (Abb.3) stellt die Schwingungsamplituden des Rades in Abhängigkeit von Frequenz und Zeit dar. Hierbei lässt sich erkennen, ob sich eine in der Stabilitätskarte gefundene instabile Parameterkonstellation auch in einem realen Trassierungsverlauf zu einem deutlichen Kurvengeräuschen ausbilden kann. Darüber hinaus kann bei mehreren instabilen Eigenfrequenzen die zu erwartende Quetschfrequenz identifiziert werden.

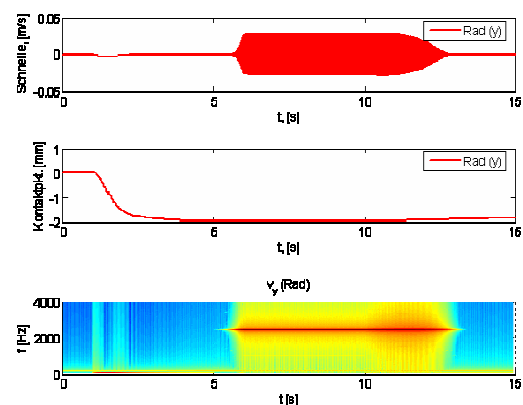


Abbildung 3: Zeitschriebe der lateralen Radschnelle am Kontaktpunkt, der Kontaktpunktlage (Mitte) und Farbkonturplot (unten) für eine simulierte Bogenfahrt

TWINS: Modul SLYNX

SLYNX ist ein Modul für TWINS (Tool zur Rollgeräuschberechnung), das ähnlich wie SFE AKUSRAIL Instabilitäten im Frequenzbereich identifiziert. Die Amplituden der instabilen Eigenfrequenzen und der höheren Harmonischen werden anschließend in einem Zeitbereichsmodell abgeschätzt. Es beschreibt Quietschgeräusche schienengebundener Fahrzeuge, die durch instabilen lateralen Schlupf generiert werden. Das Modell baut auf existierenden Modellen für die Kontaktmechanik und -dynamik im Radaufstandspunkt und für die Rad- und Schienendynamik auf. SLYNX nimmt für die Quietschgeräusche dieselben dynamischen Rad-Schiene-Prinzipien und Schallabstrahlungseigenschaften wie TWINS für das Rollgeräusch an. SLYNX stellt jedoch einen modifizierten Anregemechanismus bereit, der die Modellierung eines instabilen Schlupfes ermöglicht.

Zusätzlich zu den Eingabeparametern, die TWINS verlangt, benötigt SLYNX die relevanten Parameter des Rad-Schiene-Kontaktpunktes. Kontaktpunktposition und der laterale Schlupf sind die wichtigsten Eingabeparameter. Weiterhin ist die Spezifizierung des Reibbeiwertes nötig. Ist dieser Wert nicht bekannt, kann SLYNX eine Näherung berechnen, die zur weiteren Rechnung herangezogen wird.

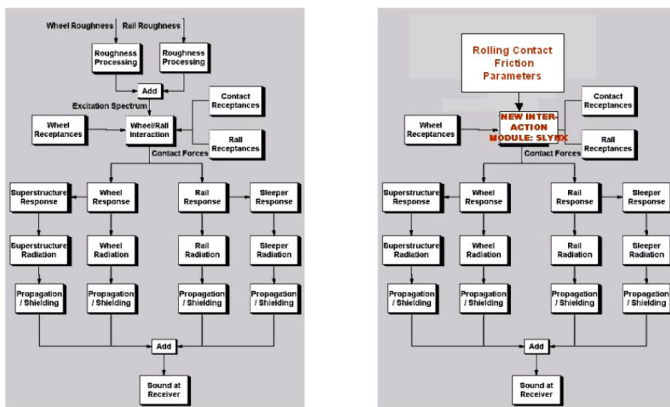


Abbildung 4: TWINS und SLYNX Arbeitsprinzip; das Rad-Schiene Interaktionsmodul für das Rollgeräusch (links) wird durch das SLYNX Modul für das Kurvenquietschen ersetzt; [1]

Als Ergebnis gibt SLYNX die Standard Ausgangsdaten von TWINS aus. Dazu gehören die dynamischen Kontaktkräfte (Abb.5) und die Kontaktschwingungen. Aus diesen Ergebnissen berechnet TWINS Schwingungsantwort und Geräuschabstrahlung der Räder und Schiene für das Quietschen in der gleichen Weise wie das Rollgeräusch. Der Schalldruck und die Schalleistung können direkt mit dem Programm erstellt und grafisch ausgegeben werden (Abb.6).

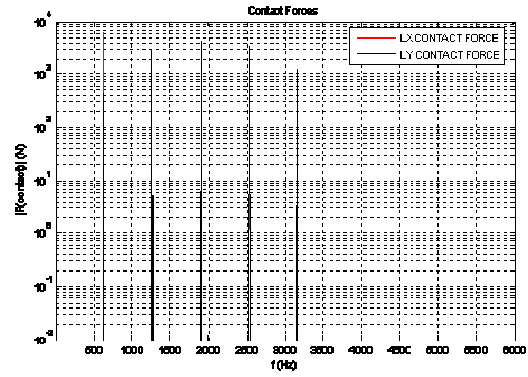


Abbildung 5: Kontaktkräfte (Radeigenfrequenz und höhere Harmonische)

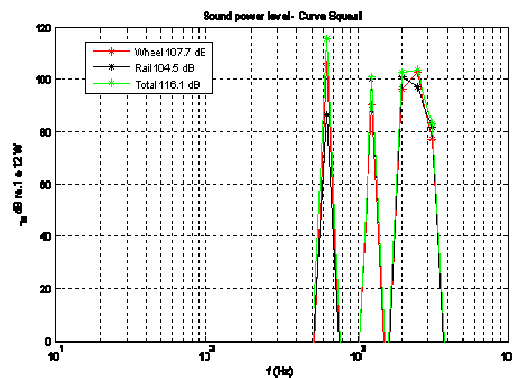


Abbildung 6: Abgestrahlte Schalleistung von Rad und Schiene (in Terzen)

Ausblick

Die Untersuchungen zur Prognose des Kurvengeräusches werden mit beiden Tools fortgesetzt. Ein Benchmark ist geplant.

Die Ergebnisse der Anwendung des Prognosetools SFE AKUSRAIL im Rahmen des Forschungsprojektes *Leiser Verkehr: Kurvengeräusche* fließen in das Handbuch [2] ein.

Dank

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie für die Förderung des Projektes.

Literatur

- [1] Jannsens, M.H.A., de Beer, F.G.: SLYNX v1.0, TNO Report DGT-RPT-030002, Jan 2003
- [2] Ben Othman, Y., Lenz, U., Krüger, F., Groß-Thebing, A., Eichenlaub, Ch., Pankau, J. et al.: Handbuch Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung von Geräuschen in Gleisbögen. Entwurf, 2008
- [3] Groß-Thebing, A.: Schulungsunterlagen SFE AKUSRAIL
- [4] Groß-Thebing, A.: Rechnergestütztes Verfahren zur Kurvengeräuschprognose, Meilenstein-Präsentation, Essen, Nov 2007