

# Simulation der Schallausbreitung in Eisenbahnschienen mit FEM und SAM

Yannick WACK<sup>1</sup>, Rainer BOEHM<sup>1</sup>, Thomas HECKEL<sup>1</sup>, Daniel BRACKROCK<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Kontakt E-Mail: yannick.wack@bam.de

## Kurzfassung

Die Simulation von Ultraschallausbreitung ist ein wesentliches Hilfsmittel zur Optimierung von Prüfverfahren und wird zunehmend in der Prüfvorbereitung eingesetzt. Eisenbahnschienen sind Bauteile mit komplexer Geometrie und im eingebauten Zustand eingeschränkter Zugänglichkeit. Bei der Prüfung im Feld entstehen aus der Schienengeometrie komplexe Echosignale mit Formanzeigen, die schwer zu interpretieren sind.

Für das bessere Verständnis der Schallausbreitung in der Eisenbahnschiene wird diese in einem ersten Schritt mit Hilfe verschiedener Ansätze modelliert. Hierbei werden Finite Elemente Methoden und semi-analytischen Modelle verwendet. In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse der Simulationsmodelle einander gegenübergestellt und mit Messungen an realen Schienen verglichen.

Ziel dieser Untersuchungen ist die Validierung von Simulationsverfahren mit Hilfe von Messdatensätzen und Überprüfung der Anwendbarkeit bei der Bewertung von Ergebnissen der Schienenprüfung.

# Simulation der Schallausbreitung in Eisenbahnschienen mit FEM und SAM

Yannick Wack, Thomas Heckel, Rainer Boehm, Daniel Brackrock

## Ziel

- Berechnung der von der Schienengeometrie verursachten Formechos und von typischen Schienenfehlern
- Reduzierung der Notwendigkeit von Messungen

## Methoden

- FEM - Modellierung (Ansys)
- 2-D Simulation als ebener Dehnungszustand
  - Explizite Zeitintegration
  - Ortsauflösung < 0.15 mm
  - Zeitauflösung < 5 ns

- SAM - Modellierung (Civa)
- Nutzt semianalytisches Strahlenmodell (Ray Tracing)
  - 3-D Simulation

## Beispiel 1: Formanzeigen bei der Senkrechteinschallung in Abhängigkeit vom Prüfkopfversatz

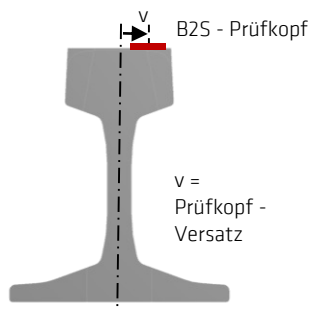


Abbildung 1: - Versuchsanordnung zur Ermittlung der Formanzeigen an einer UIC-60 Schiene (Beispiel: FEM Modell)

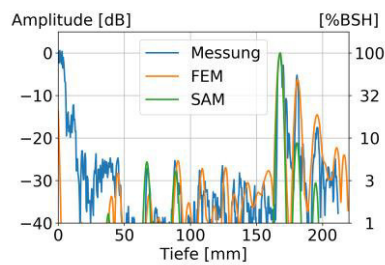


Abbildung 2: Gemessene und simulierte A - Bilder im Vergleich am Beispiel eines Prüfkopf - Versatzes von v = 4 mm

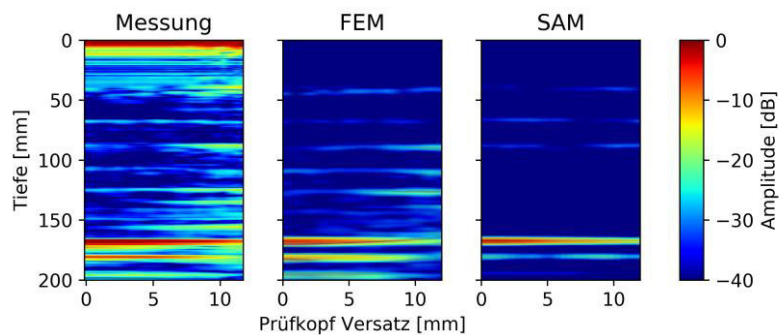


Abbildung 3: Gegenüberstellung der durch Messung und Simulation ermittelten Formanzeigen in Abhängigkeit des Prüfkopfversatzes in B-Bild Darstellung

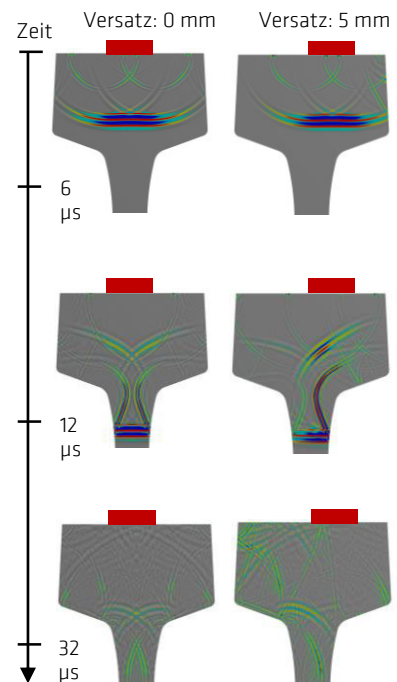


Abbildung 4: FEM Simulation der Wellenausbreitung im Schienenkopf für verschiedene Schalllaufzeitpunkte

## Beispiel 2: Abbildung einer Querbohrung in der Schiene

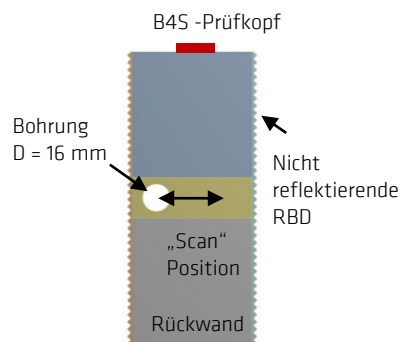


Abbildung 5: FEM Modellierung des Scans einer Befestigungsbohrung mit einem 4 MHz Senkrechtprüfkopf

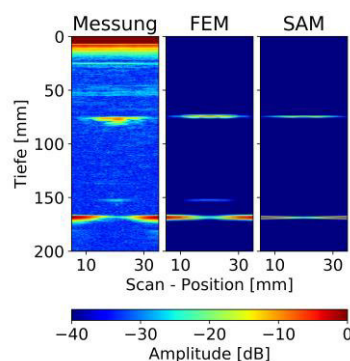


Abbildung 6: Gegenüberstellung gemessener und simulierter B - Bilder einer Befestigungsbohrung

## Fazit

### FEM

- Vollständige Abbildung der Reflektionen aller Wellenmoden
- Hoher Modellierungs- und Berechnungsaufwand
- Derzeit nur 2D-Modell

### SAM

- Beschränkung in der Abbildung der Anzahl und Moden der Reflektionen
- Geringer Rechenaufwand für Standardgeometrien (Bohrungen, Nuten, etc.)
- Hohe Rechenzeiten bei komplexer Geometrie