

Dynamische Spurerweiterung Messung und Simulation

FFG-COMET Rail4Future AP2.1

TU Graz

Institut für Betriebsfestigkeit und Schienenfahrzeugtechnik
Institut für Eisenbahn-Infrastrukturdesign

09.05.2023 - ÖVG Tagung, Salzburg

COMET-Projekt Rail4Future

Resilient Digital Railway Systems to enhance performance

- Interdisziplinäres Konsortium aus Bahnbetreiber, Industrie, wissenschaftlichen Partnern und Universitäten
- Entwicklung einer neuartigen Validierungsplattform für die Large-Scale-Simulation ganzer Bahnstrecken
- Digitaler Zwilling: Zeitabhängige Simulation des Verhaltens der Eisenbahninfrastruktur unter Betriebseinwirkungen
- Zielgerechten Optimierung des Gesamtsystems

Institut für Betriebsfestigkeit und Schienenfahrzeugtechnik:

- Mehrkörpersimulationen für die Ermittlung von oft nicht messbaren Kräften und Beschleunigungen
- Realitätsnahe Simulation und Darstellung der Zustände des Fahrzeuges und des Fahrweges in ausgewählten, typischen Szenarien
- Identifizierung signifikanter Einflussparameter auf das dynamische Fahrzeugverhalten

Institut für Eisenbahn-Infrastrukturdesign:

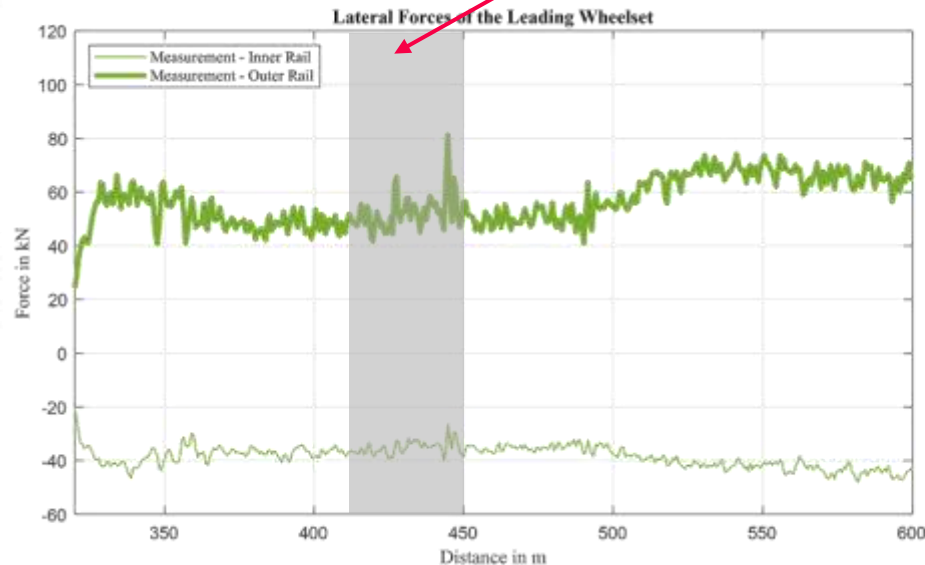
- Bestimmung von Kräften, Bewegungen und Beschleunigungen im Gleis
- Validierung von Simulationen durch Messungen im Feld



Fragestellung

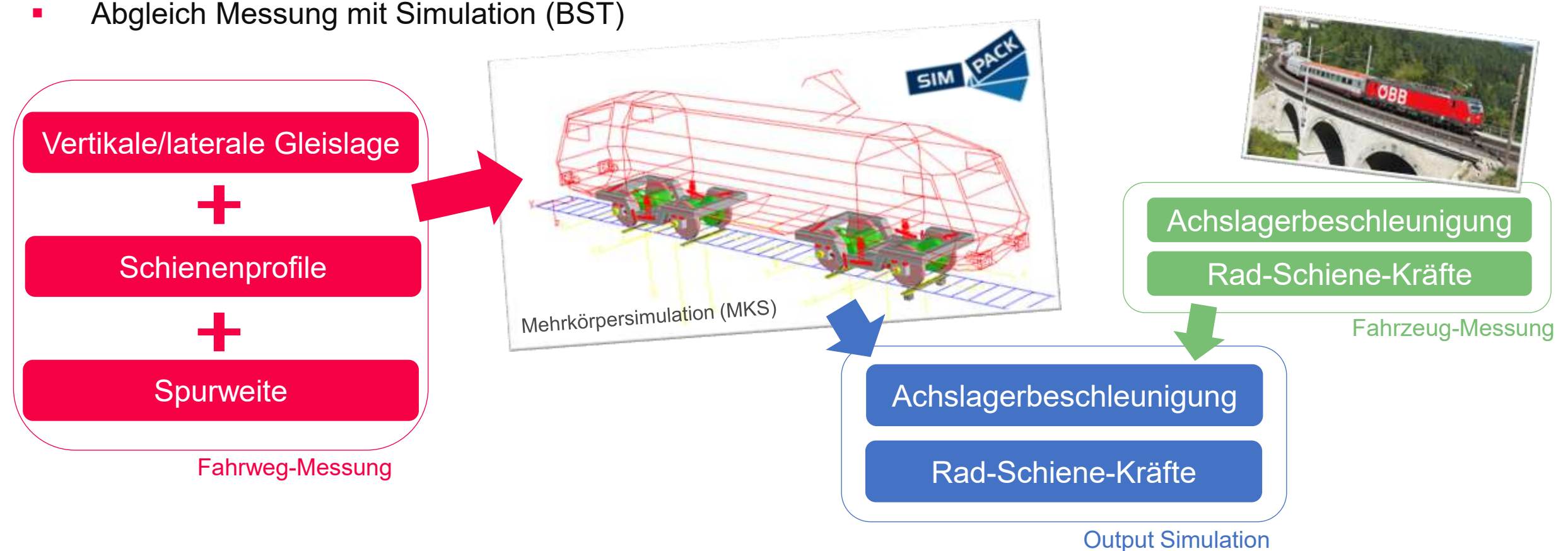
- **Typisches Szenario:** Enger Bogen
- **Ziel:** Validierung von Mehrkörpersimulationsmodellen anhand von Messdaten von Fahrzeug und Fahrweg
- **Ergebnis der ersten Simulation des engen Bogens:**
Vergleich von gemessenen Rad-Schiene Kräften mit Mehrkörpersimulation zeigte auffällige Abweichungen in einem kurzen Streckenabschnitt. **Warum?**

Bereich mit stark
verschlissenen Schienenprofil



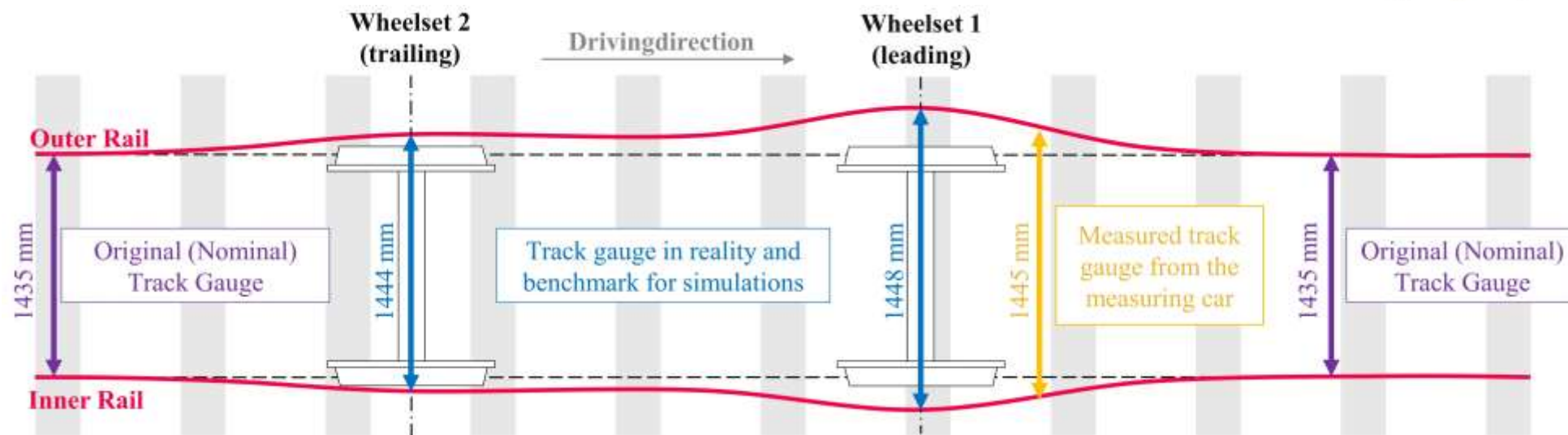
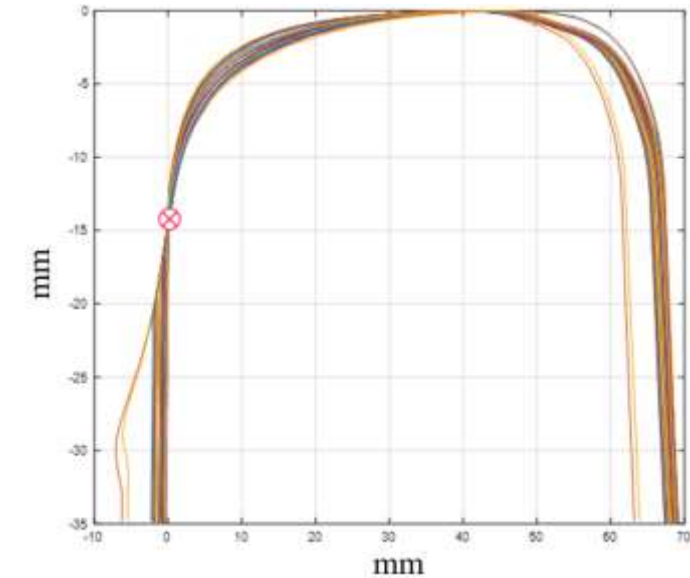
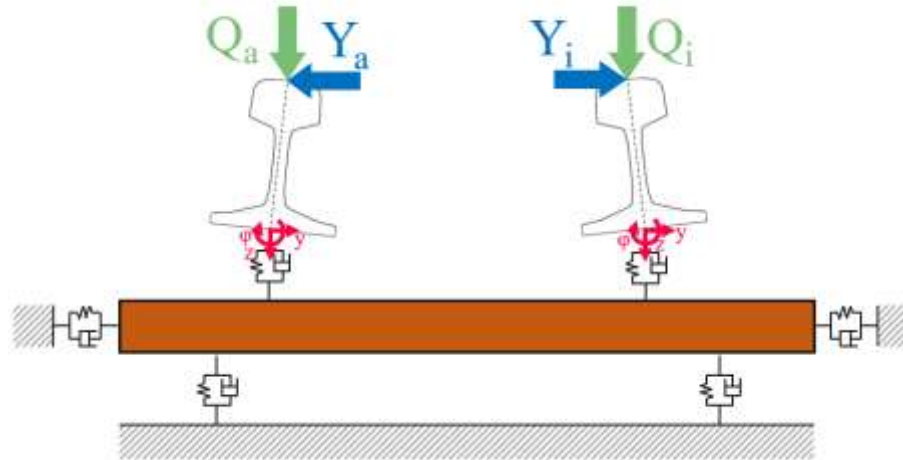
Methodik

- Parameterstudien in der Mehrkörpersimulation für grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge (BST)
- Detaillierte Messungen an der Strecke zur Ermittlung von Input-Daten für die Simulation (RID)
- Abgleich Messung mit Simulation (BST)



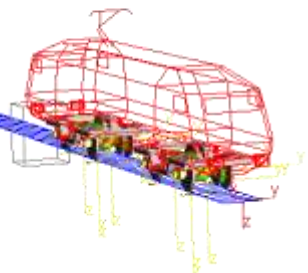
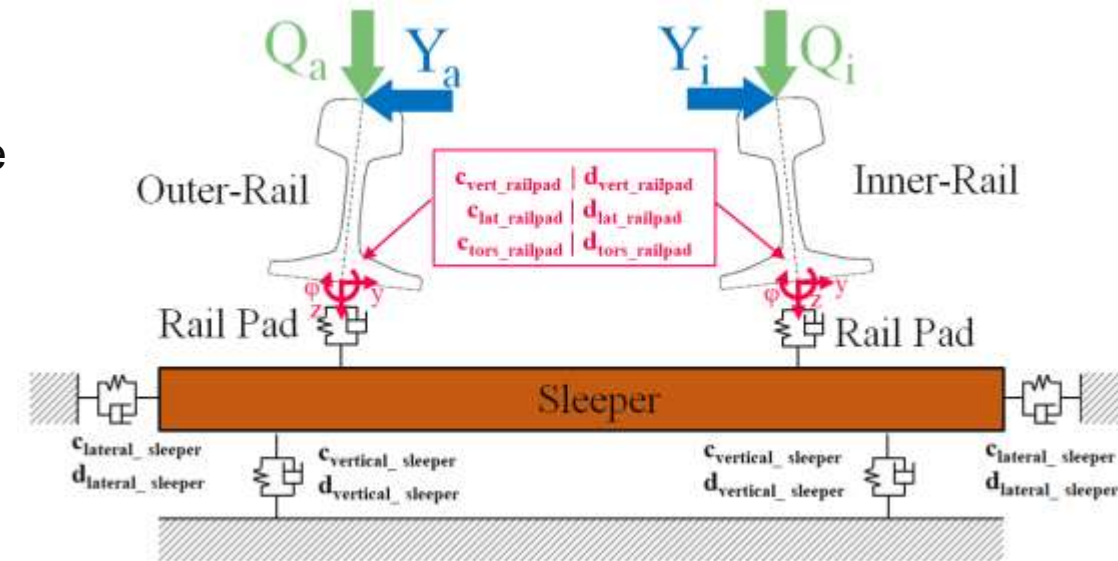
Einflussfaktoren auf die dynamische Spurerweiterung

- Trassierung und Gleislage
- Gleislagequalität
- Schienenprofile
- Oberbaukomponenten
- Fahrwerkdesign
- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Umwelteinflüsse



Modellaufbau

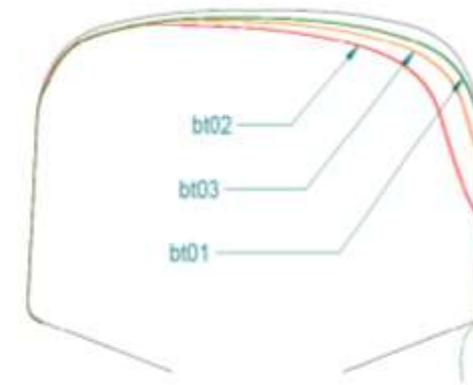
- **Fahrzeugmodell:** Lokomotive
- **Fahrwegmodell:** Aufbau ermöglicht Verkipfung der Schiene
- Aufbau eines Streckenabschnittes in der Software Simpack
- Streckenabschnitt mit 1000m Länge
- Gemessene Schienenprofile (Profilabstand 10m)
- Holzschwellen
- Gemessene Vertikal-Steifigkeiten des Oberbaus
- **Spurweite? (nominal bzw. dynamisch/kurzzeitig)**
- **Kippsteifigkeit?**



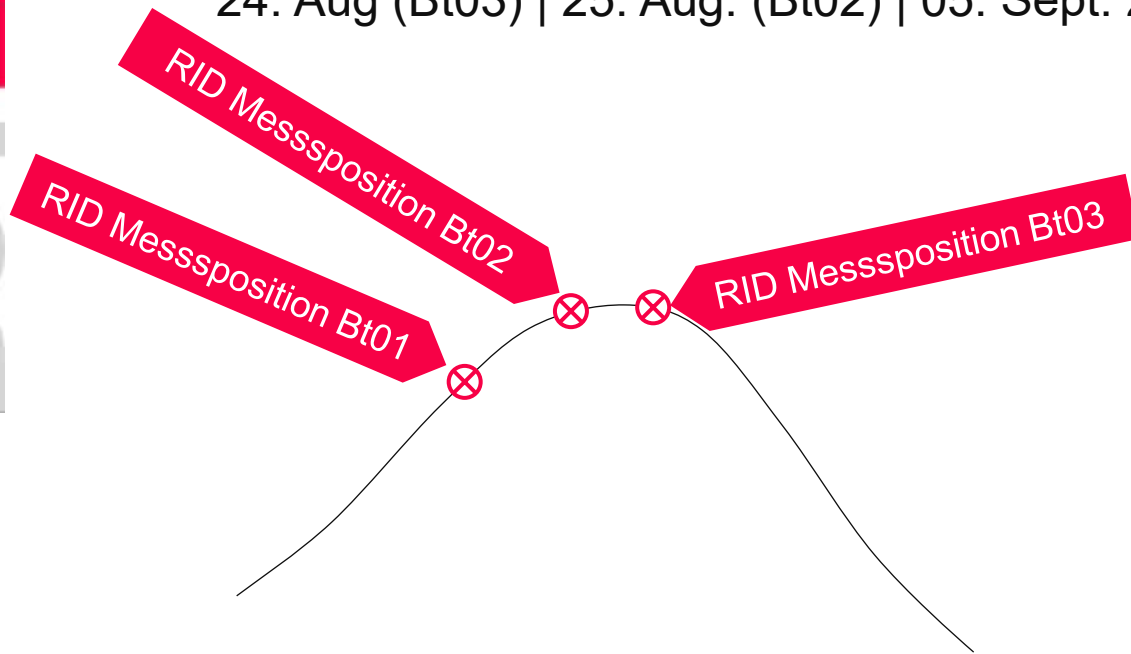
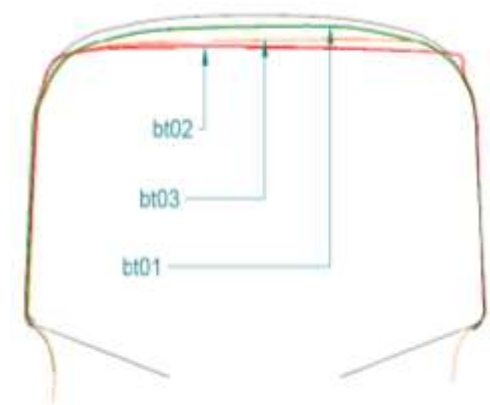
Messung der dynamischen Spurerweiterung

- Messpositionen:
 - Bt01: Übergangsbogen
 - Bt02: Enger Bogen Profil „verschlissen“
 - Bt03: Enger Bogen Profil „neuwertig“
- Messung hat an drei Terminen/Standorten statt gefunden
24. Aug (Bt03) | 25. Aug. (Bt02) | 05. Sept. 2022 (Bt01)

Schiene - Bogenaußen

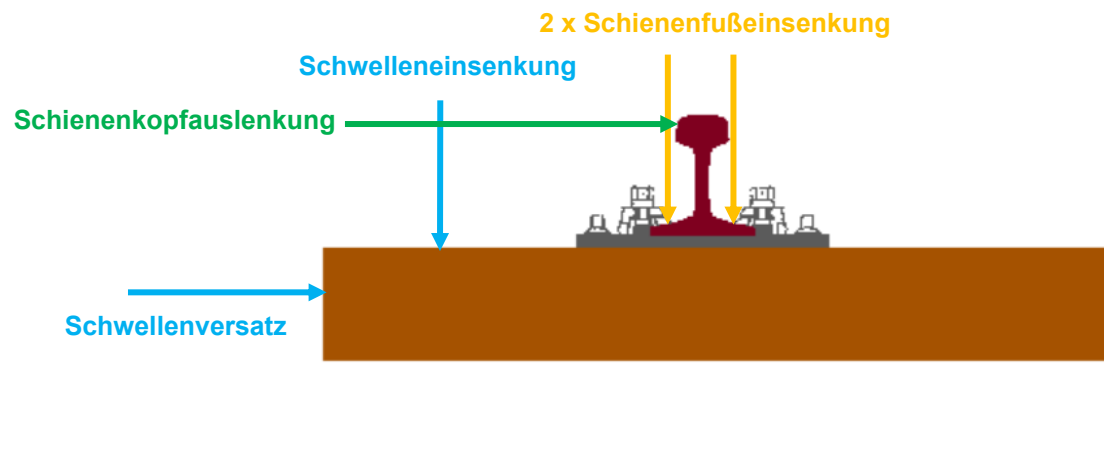


Schiene - Bogeninnen

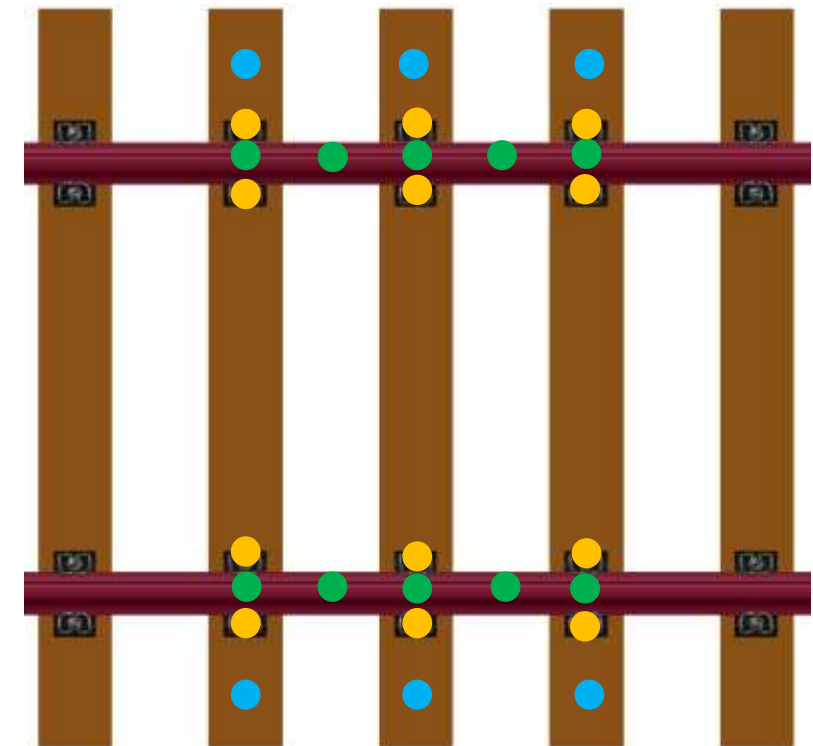


Messpositionen

- 30 Sensoren (16 Lasersensoren, 13 Wegsensoren, Lichtschranke)
- Zusätzliche Daten: Schienenprofil, Spurweite, Überhöhung, Schienenoberfläche, Schienentemperatur

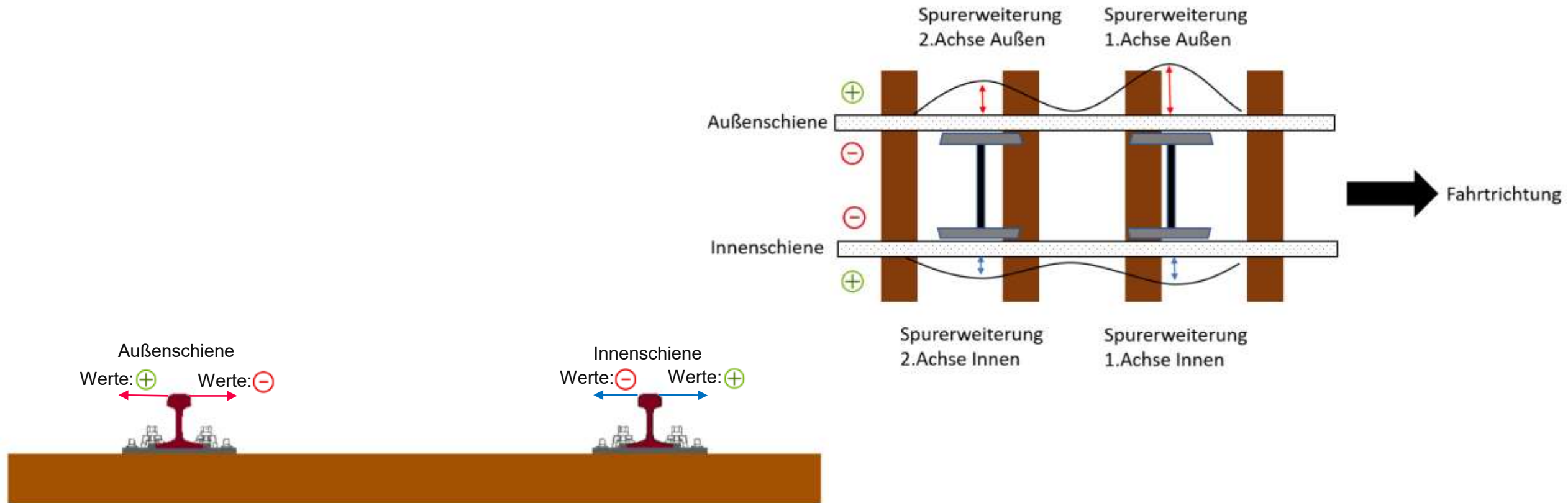


- SKS 10 Sensoren
- SFO 12 Sensoren
- Schwelle 6 Sensoren
Schwellenversatz
 $\Sigma = 29$ Sensoren

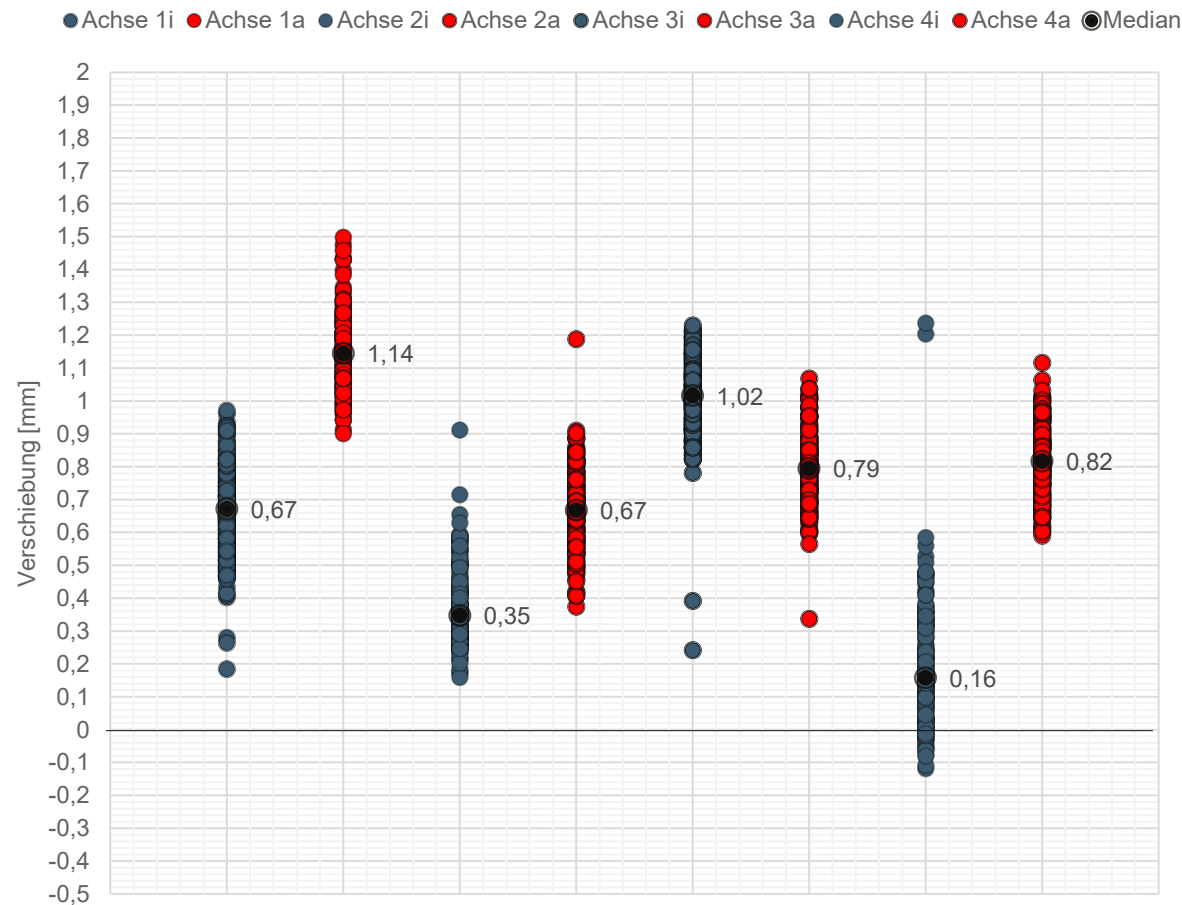




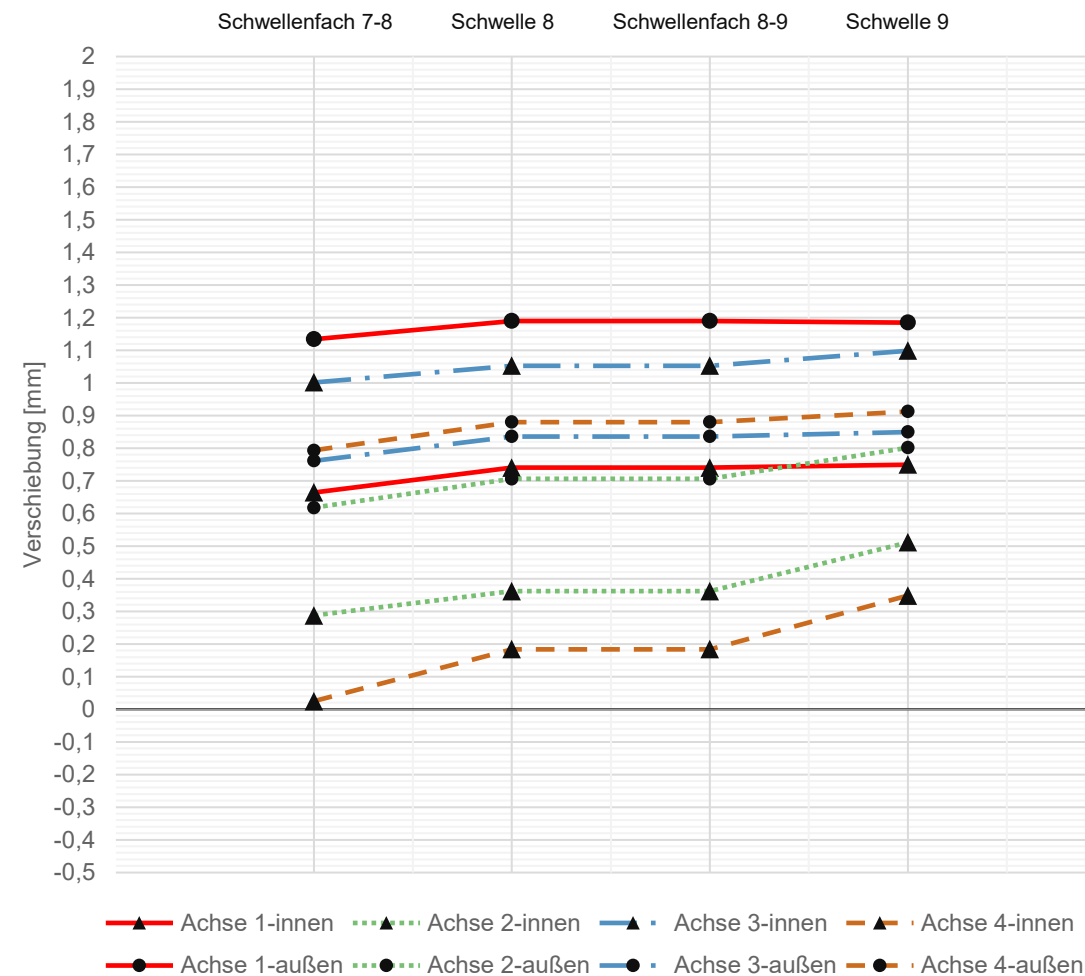
Koordinatensystem und Fahrtrichtung



Spurerweiterung pro Achse / 54x Personenzugwagen, BT01

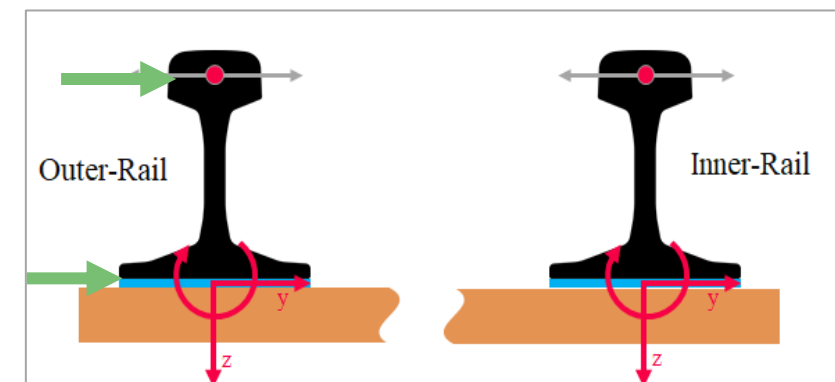
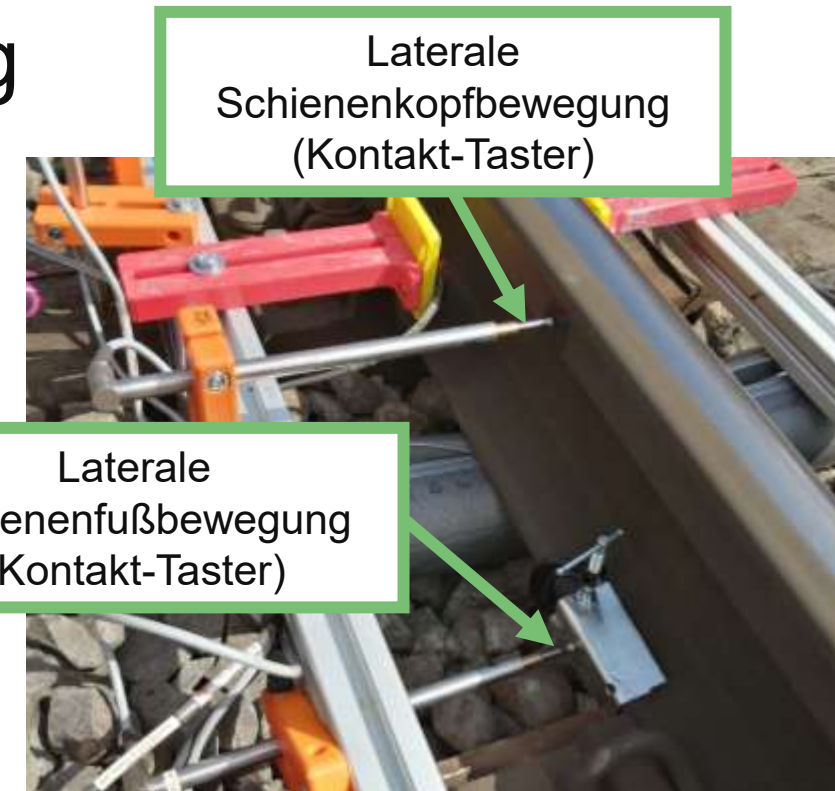
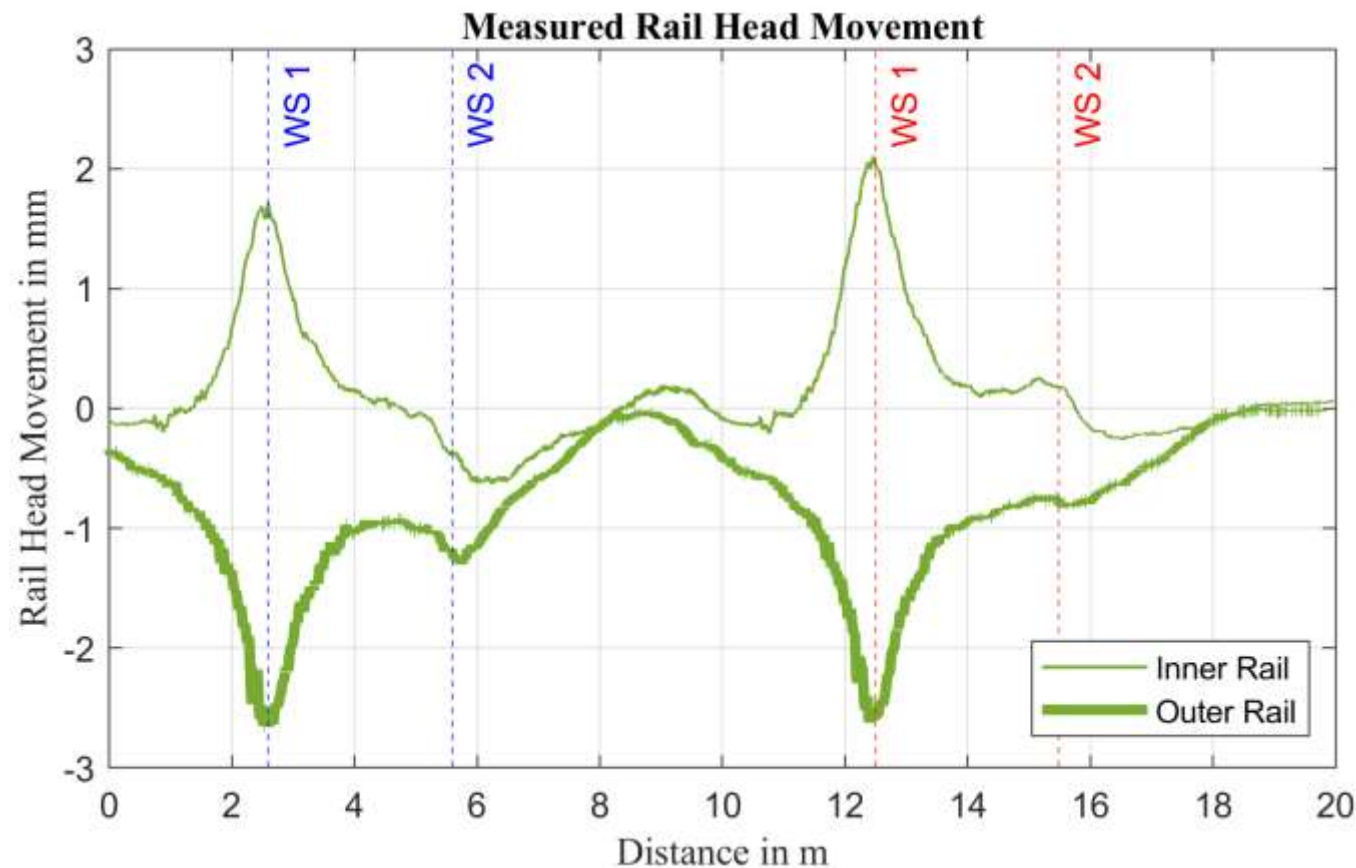


Spurweitenverlauf / 54x Personenzugwagen, BT01

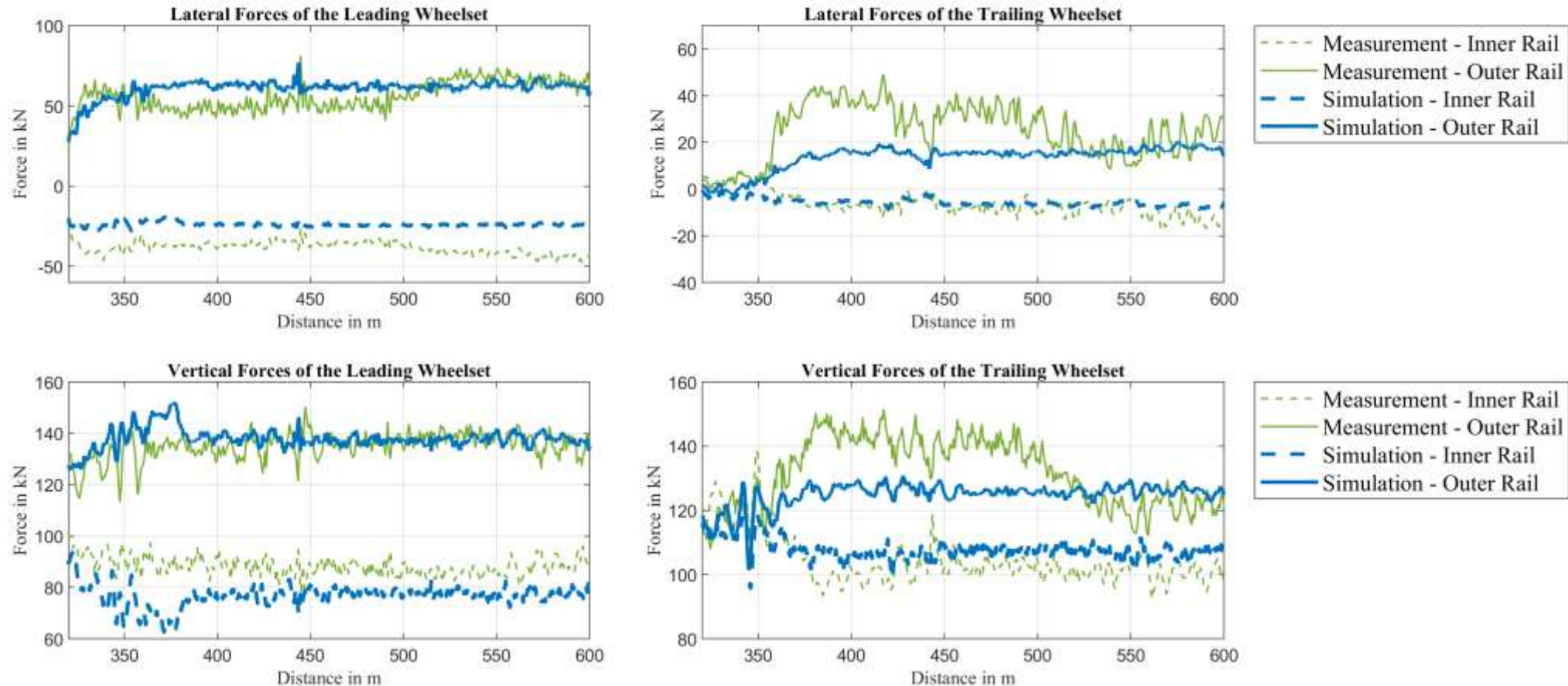


Messung der dynamischen Spurerweiterung

- Messung belegte den in der Simulation beobachteten Effekt des kurzzeitigen „Nach-Innen-Kippens“ der Innenschiene beim nachlaufenden Radsatz

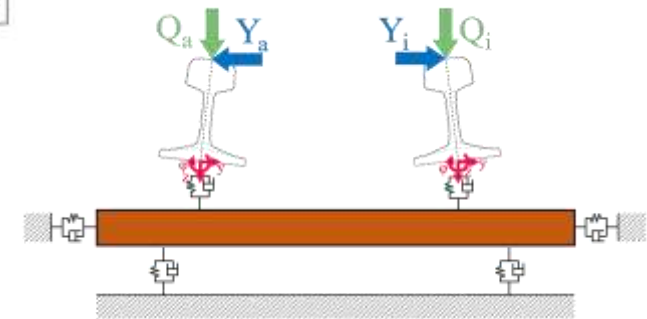
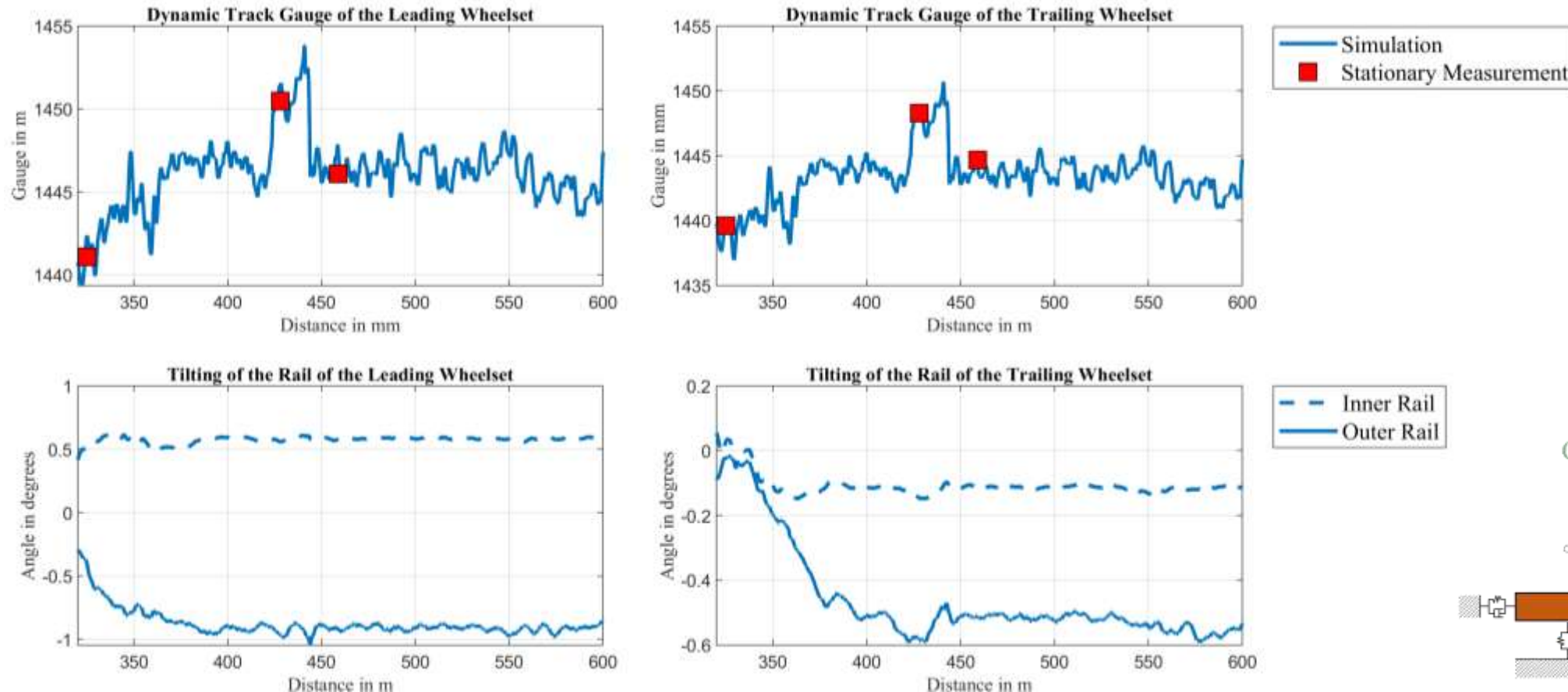


Vergleich Rad-Schiene-Kräfte: Messung zu Simulation



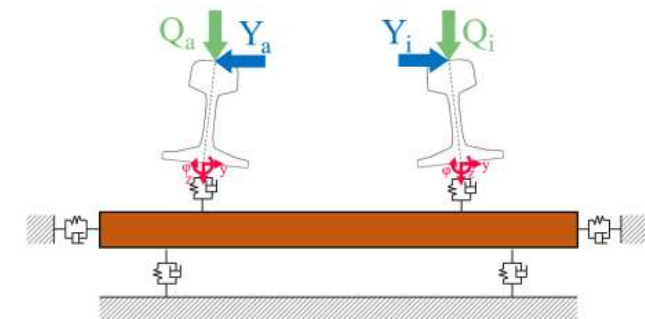
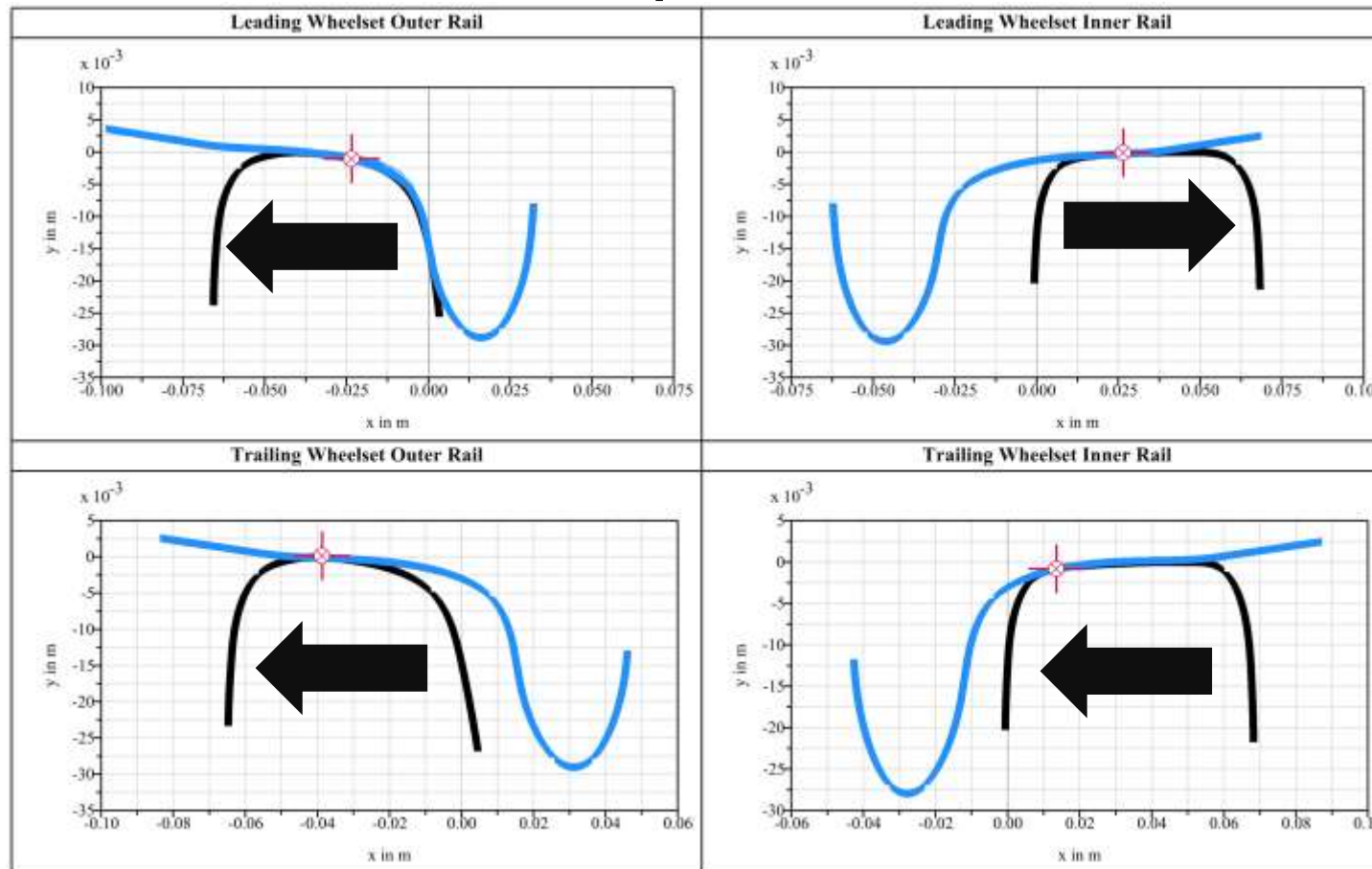
- Simulation zeigt realistisches Verhalten des Fahrzeuges im Bogen
- Abweichungen ergeben sich durch:
 - ... Schwerpunktposition des Fahrzeuges
 - ... Einfluss der Traktionskraft

Spurerweiterung und Schienen-Verkipfung



- Simulation zeigt sehr gute Übereinstimmung mit der dynamisch auftretenden Spurerweiterung
- Simulation ermöglicht die Auswertung von Detailgrößen, wie z.B.: ... Verkipfung der Schienen
... Aktueller Rad-Schiene Kontaktpunkt

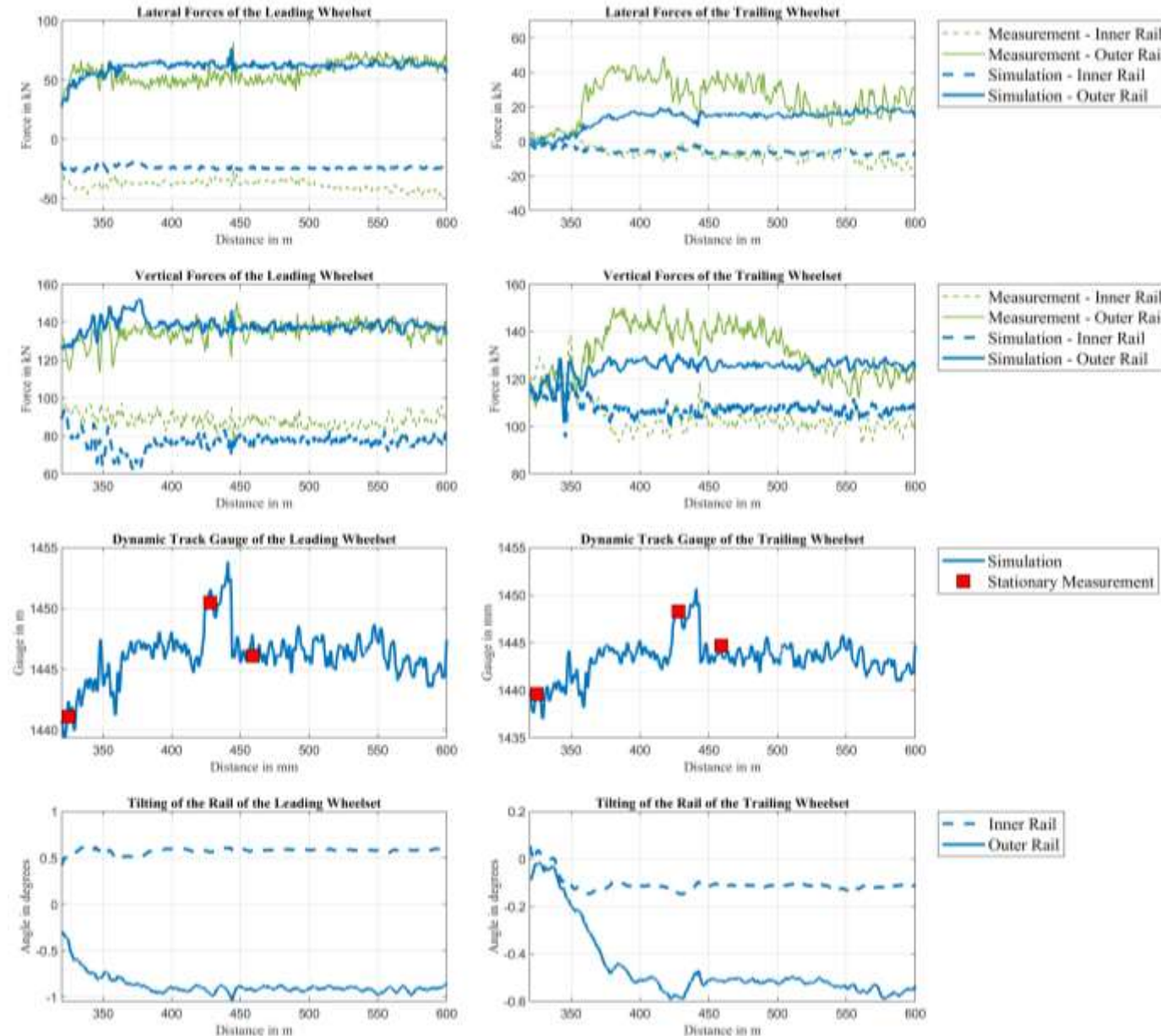
Rad-Schiene Kontaktposition bei verschlissenen Schienenprofilen



- Simulation zeigt sehr gute Übereinstimmung mit der dynamisch auftretenden Spurerweiterung
- Simulation ermöglicht die Auswertung von Detailgrößen, wie z.B.: ... Verkippung der Schienen
... Aktueller Rad-Schiene Kontaktpunkt

Fazit

- Besseres Verständnis für die Effekte der Rad-Schiene-Interaktion im engen Bogen
- Realitätsnahe MK-Simulation durch Berücksichtigung von:
 - vorlaufendem und nachlaufendem Radsatz
 - Translations- und Rotationsbewegungen der Schiene
 - Steifigkeiten des Schotters und der Zwischenlagen



Fazit

- Besseres Verständnis für die Effekte der Rad-Schiene-Interaktion im engen Bogen
- Realitätsnahe MK-Simulation durch Berücksichtigung von:
 - vorlaufendem und nachlaufendem Radsatz
 - Translations- und Rotationsbewegungen der Schiene
 - Steifigkeiten des Schotters und der Zwischenlagen

Ausblick

- Überprüfung durch Detailbetrachtung eines weiteren Streckenabschnittes
 - Anderer Bogenradius
 - Andere Oberbauart (Betonschwelle)
 - Andere Fahrzeug-Geschwindigkeiten

Beitrag zum Projektziel:

- Ermittlung der dynamischen Fahrwegbelastungen aus der Mehrkörpersimulation
- Input für zeitabhängige Simulationen des Verhaltens der Eisenbahninfrastruktur unter Betriebseinwirkungen

Kontakt

Institut für Eisenbahn-Infrastrukturdesign

Technische Universität Graz
Inffeldgasse 25E/II
A-8010 Graz
rid@tugraz.at

Ferdinand Pospischil
Univ.-Prof. Dr.techn. M.Sc.
Tel. +43 316 873 - 35080
ferdinand.pospischil@tugraz.at



Institut für Betriebsfestigkeit und Schienenfahrzeugtechnik

Technische Universität Graz
Inffeldgasse 25D
A-8010 Graz
bst@tugraz.at

Roman Weilguny
Dipl.Ing.
Tel. +43 316 873 - 1381
roman.weilguny@tugraz.at