

Einfluss von Oberflächenrauheit, fluiden Zwischenschichten und Kontakttemperaturen auf den Kraftschluss zwischen Rad und Schiene

Autoren:

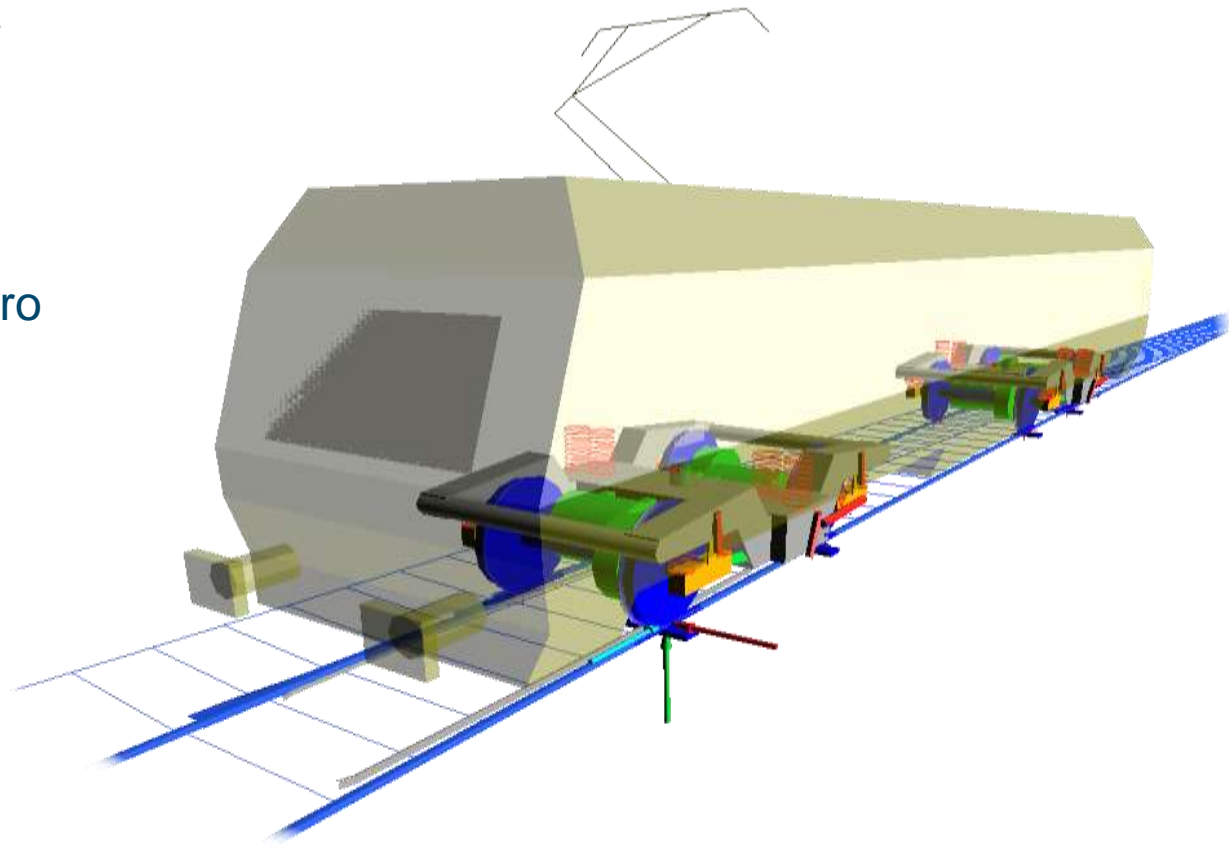
Dr. Christoph Tomberger*

Prof. Dr. Peter Dietmaier

Dr. Martin Rosenberger

Prof. Dr.-Ing. Walter Sextro

Dr. Klaus Six



Agenda

- Relevanz des Rad-Schiene Kraftschlusses (RSK)
- Aus Messungen bekannte Effekte im RSK
 - Überblick Messaufbauten aus der Literatur
 - Überblick über die Effekte
- Physikalische Modellierung des RSK
 - Kurzvorstellung des am Virtual Vehicle (vif) entwickelten Rad-Schiene Kraftschlussmodells
- Identifikation der Mechanismen, welche zu den bekannten Effekten führen
- Nutzen und Zusammenfassung

Relevanz des RSK

- Rad-Schiene Kontakt beeinflusst als Koppelstelle maßgeblich das Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg
- Tangentialer Kraftschluss hat maßgeblich Auswirkungen auf:
 - Schädigungsverhalten - Verschleiß, Rollkontaktermüdung, Materialtransformationen
 - Fahrdynamik - Stabilität, Entgleisungssicherheit, Fahrkomfort
 - Steuerung und Regelung von Antriebs- und Bremsvorgängen
- Bestehende Rad-Schiene Kraftschlussmodelle können in Messungen auftretende Effekte nur unzureichend bzw. teilweise gar nicht beschreiben

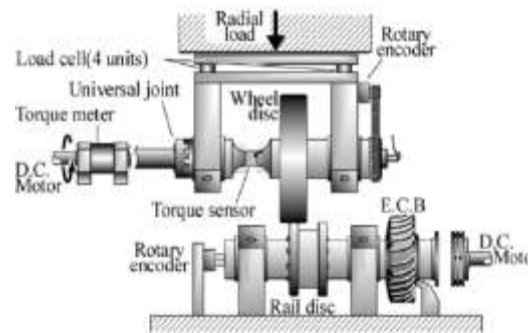
Aus Messungen bekannte Effekte im RSK – Überblick Messaufbauten

- Ausgewertete Messungen aus der Literatur betreffen:
 - Reale Schienenfahrzeuge auf der Strecke, Messanordnung: Lokomotive – Messwagen - Bremslokomotiven oder Bremswagen

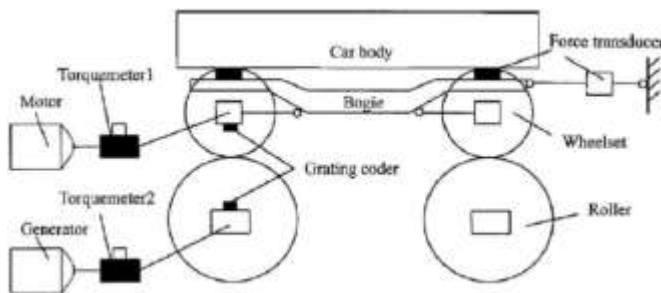


Beispielanordnung, adaptiert aus Weber, 1966

- Zwei-Scheiben Prüfstände
- Drehgestell auf Rollen



Beispiel (Chen, 2008)

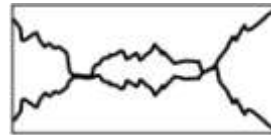


Zhang, 2002

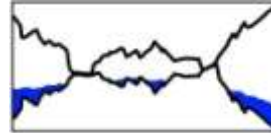
Aus Messungen bekannte Effekte im RSK – Überblick über die Effekte

- Messungen aus der Literatur zeigen i.A. ein übereinstimmendes Bild
- Einfluss auf den Kraftschluss ist abhängig vom hydrodynamischen Schmierungszustand des Kontaktes:

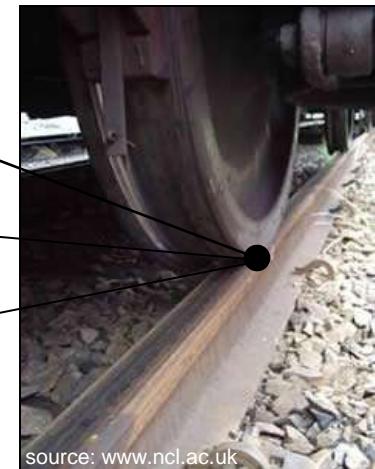
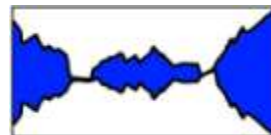
- trocken



- partiell-/grenzgeschmiert

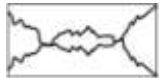


- vollständig geschmiert



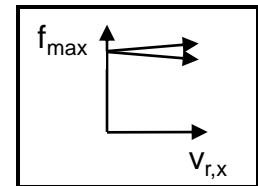
Aus Messungen bekannte Effekte im RSK – Überblick über die Effekte

■ Einfluss der Fahrgeschwindigkeit

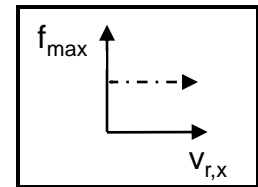


■ Trocken: Fahrgeschwindigkeit zeigt *keinen eindeutigen* Einfluss auf das Kraftschlussmaximum (KSM), kein Einfluss, leichte Steigerungen und leichte Abfälle des KSM

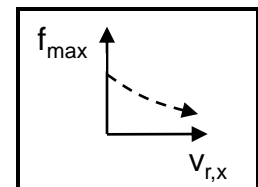
(Weber, 1966; Logston, 1980; Zhang, 2002; Knothe, 2001)



■ Grenzgeschmiert: Fahrgeschwindigkeit zeigt *keinen* Einfluss auf KSM (Ohyama, 1989)



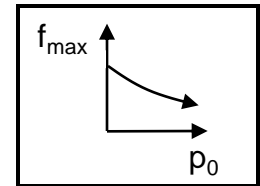
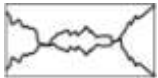
■ Geschmiert: KSM *fällt* mit steigender Fahrgeschwindigkeit deutlich ab (Weber, 1966; Fiehn, 1979; Ohyama, 1982; Ohyama, 1991; Knothe, 2001, Zhang, 2002; Chen, 2008)



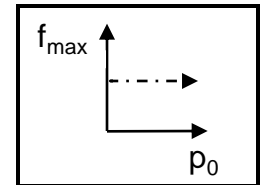
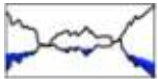
Aus Messungen bekannte Effekte im RSK – Überblick über die Effekte

■ Einfluss der Normallast / Pressung

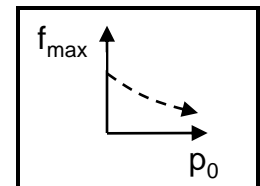
- Trocken: KSM *fällt* mit steigender Pressung (Logston, 1980; Zhang, 2002)



- Grenzgeschmiert: *Kein Einfluss* der Pressung auf das KSM (Ohyama, 1989)



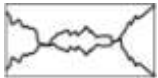
- Geschmiert: KSM *fällt* mit steigender Pressung (Zhang, 2002)



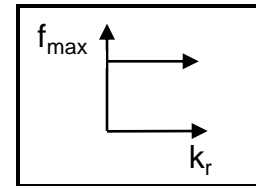
Aus Messungen bekannte Effekte im RSK – Überblick über die Effekte

■ Einfluss der Oberflächenrauheit

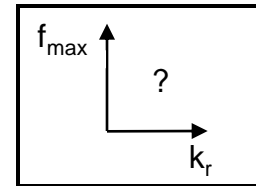
- Trocken: *Kein signifikanter Einfluss* einer vorab aufgetragenen Rauheit auf KSM (Ohyama, 1982)



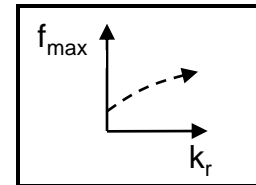
Ausprägung einer bestimmten Oberflächenstruktur durch Mikroverschleiß?



- Feucht: Keine Messungen

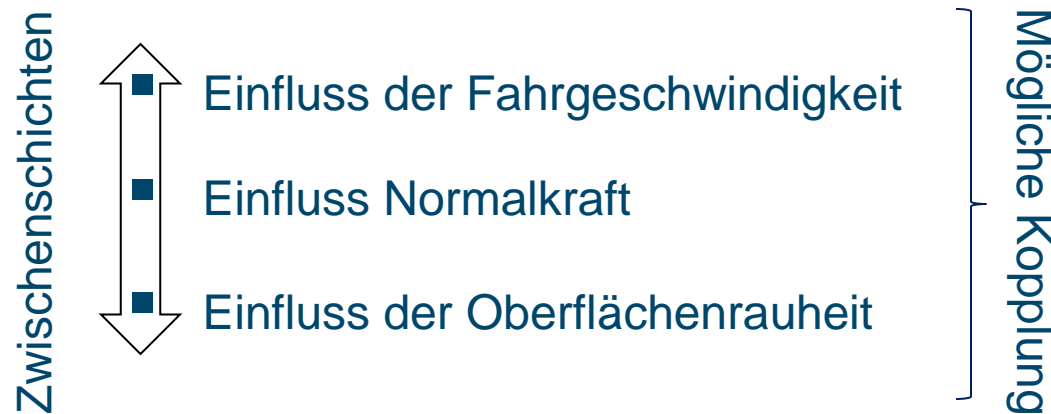


- Geschmiert: KSM steigt mit steigender Oberflächenrauheit (Ohyama, 1982; Chen, 2008)



Aus Messungen bekannte Effekte im RSK – Überblick über die Effekte

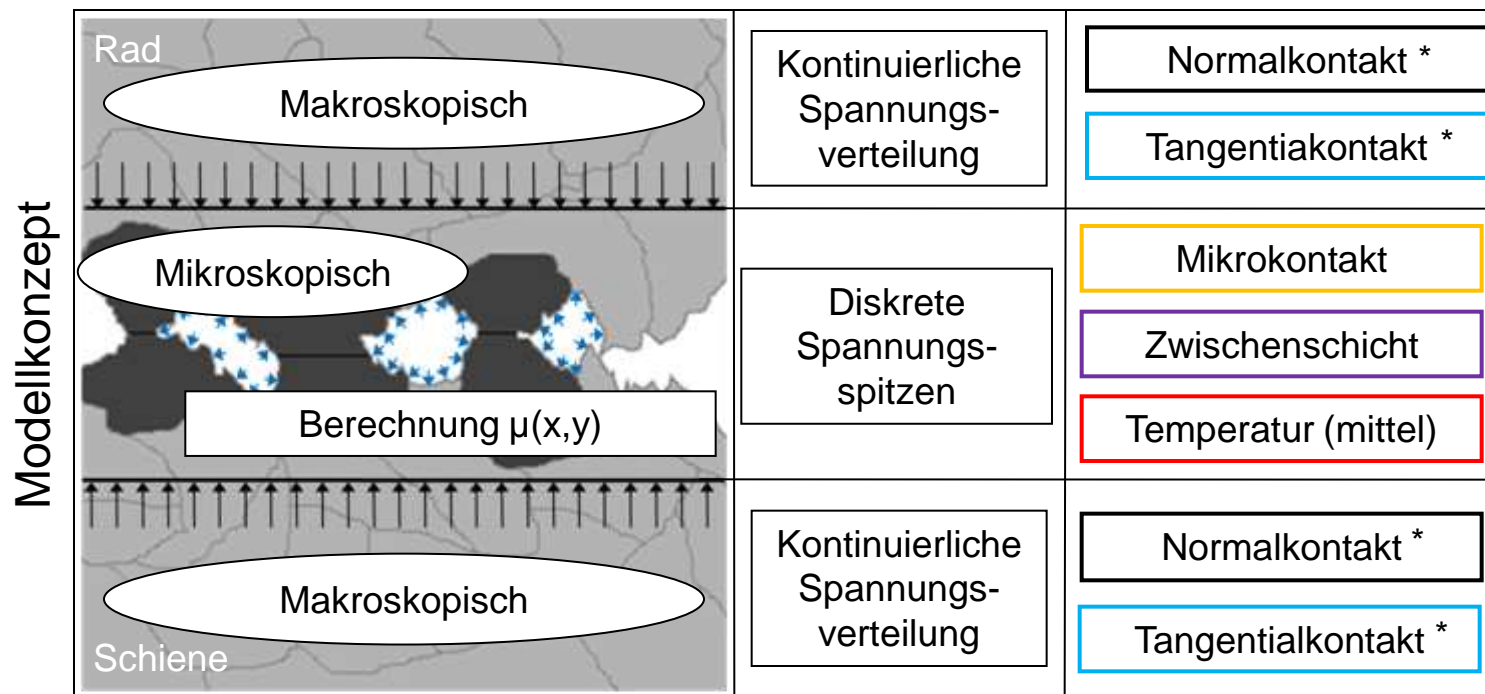
- Messungen zeigen prinzipielle Parameterabhängigkeiten, geben aber keinen Aufschluss über mögliche Kopplungen untereinander



- ➔ Erklärung und Berechnung über ein erweitertes Rad-Schiene Kraftschlussmodell (vif-KSM), Vorhersage potenzieller Parameterkopplungen

Erweitertes Rad-Schiene Kraftschlussmodell (vif-Modell)

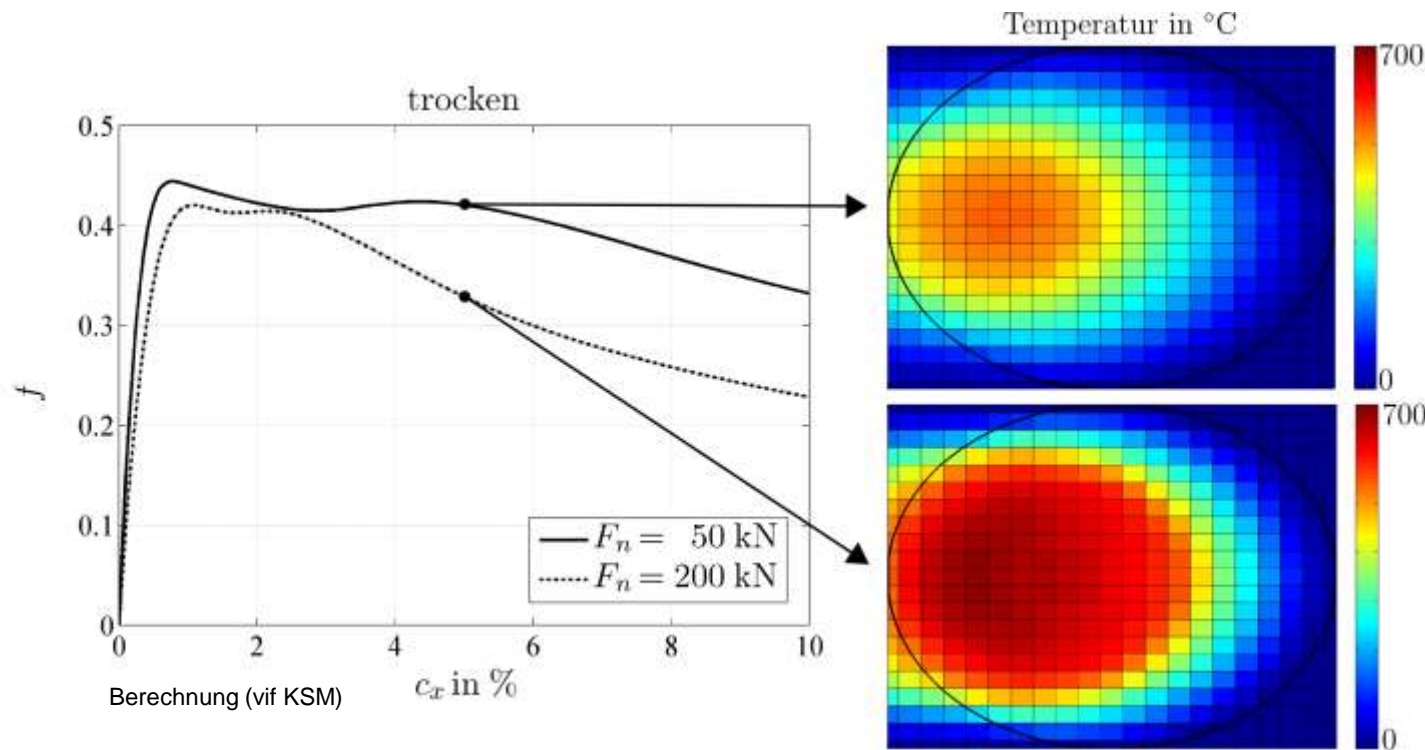
- Rad-Schiene Kontakt gesamtheitlich (makro- und mikroskopisch) modelliert
- Berücksichtigung der rauen Oberflächenstruktur
- Abbilden von fluiden Schmierungen mit diskreter Elasto-Hydrodynamik
- Berücksichtigung des Temperatureinflusses auf die Materialparameter



* nominell

Temperaturmechanismus

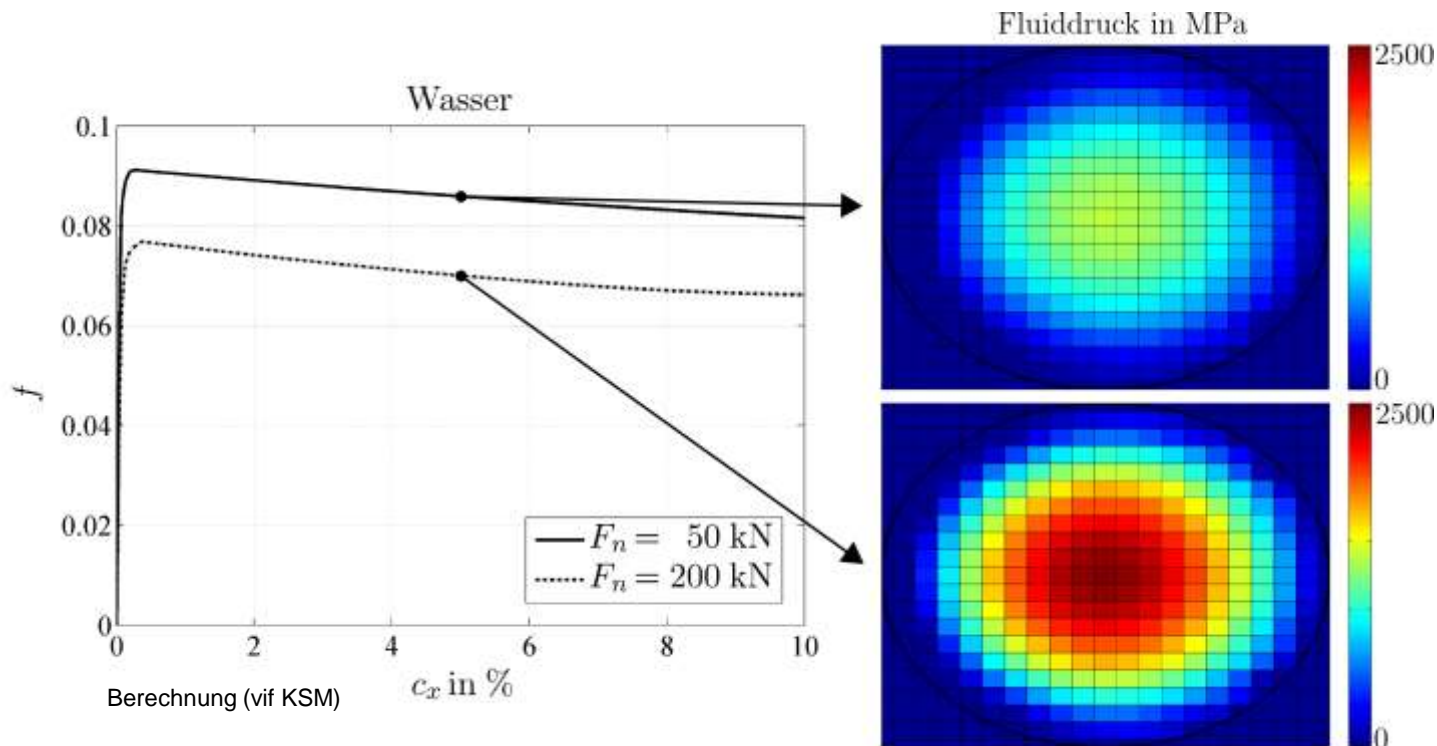
- Bei Antriebs- und Bremsvorgängen auftretende Reibleistungen führen zu signifikanten Temperaturüberhöhungen in der Kontaktzone



➡ Einfluss Pressung trocken

Normalkontaktunterstützung durch Fluiddruck

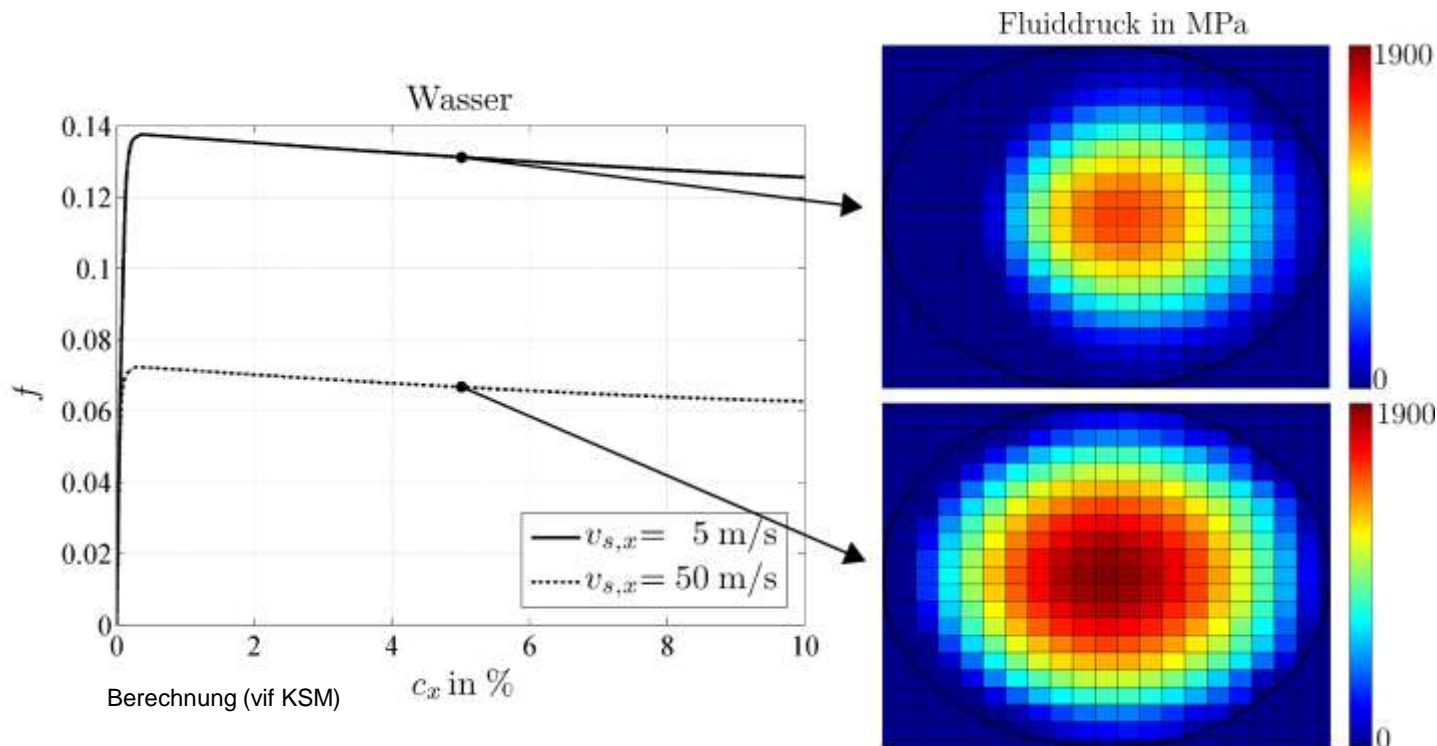
- Fluiddruck in rauer Oberflächenstruktur unterstützt den Normalkontakt und führt somit zu Mikroanhebungen des Rad-Schiene Kontaktes



➡ Einfluss Pressung geschmiert

Normalkontaktunterstützung durch Fluiddruck

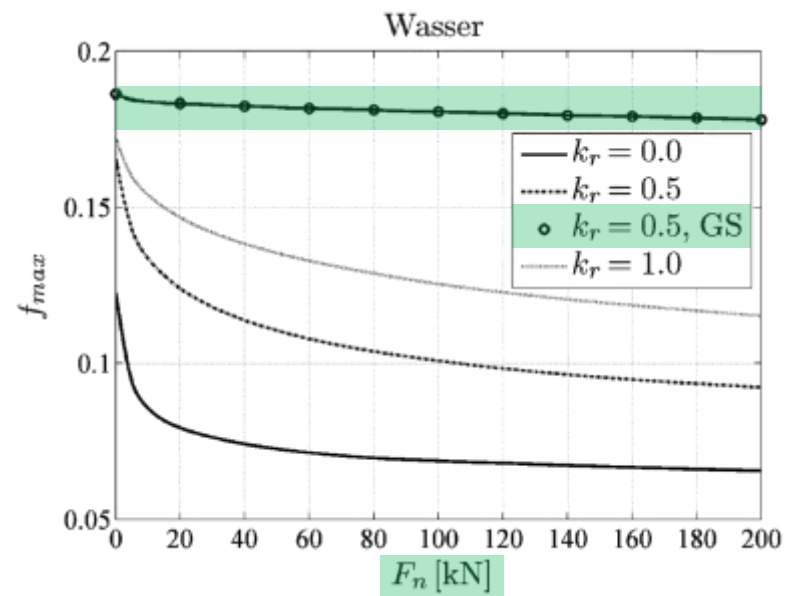
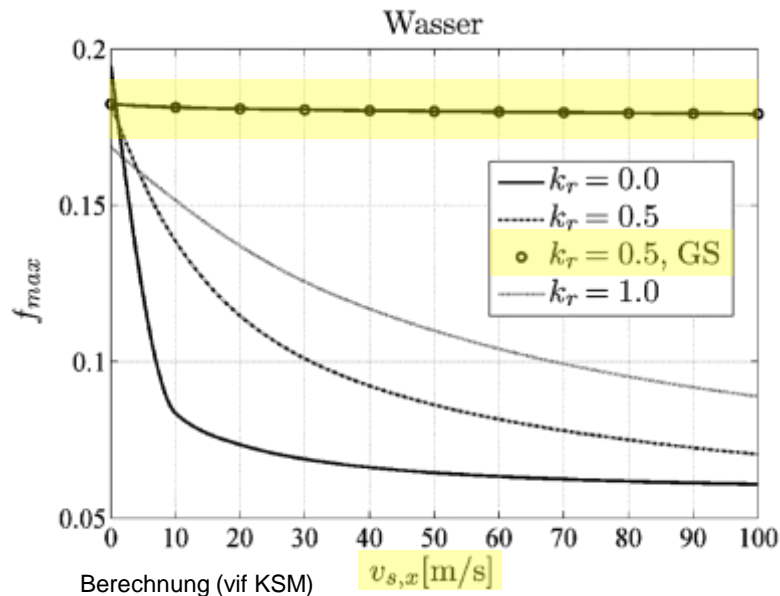
- Fluiddruck in rauer Oberflächenstruktur unterstützt den Normalkontakt und führt somit zu Mikroanhebungen des Rad-Schiene Kontaktes



➡ Einfluss Fahrgeschwindigkeit geschmiert

Grenzschmierung

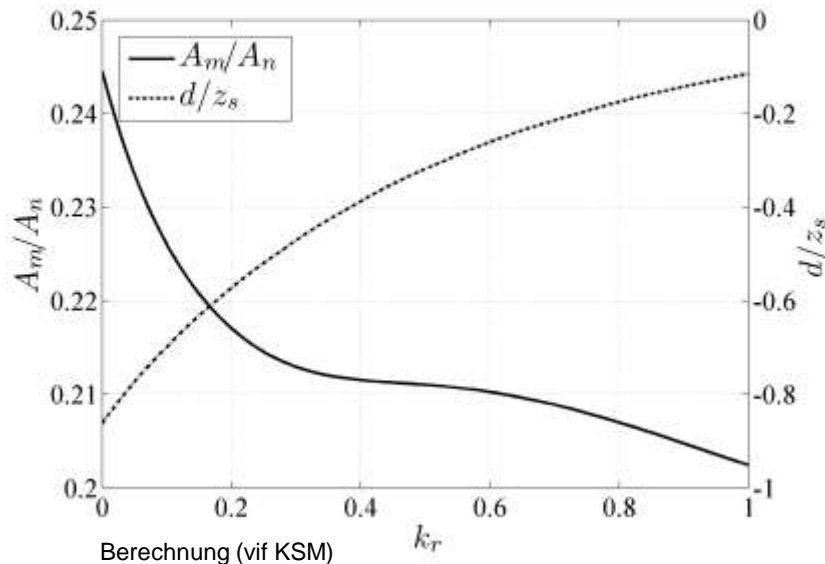
- Grenzgeschmierte R-S Kontakte (z.B. feuchte Schienen) reduzieren den Temperaturmechanismus und schalten die Normalkontaktunterstützung durch Fluiddruck aus
- Kein bzw. geringer Einfluss von Fahrgeschwindigkeit und Pressung auf maximal erreichbaren Kraftschluss



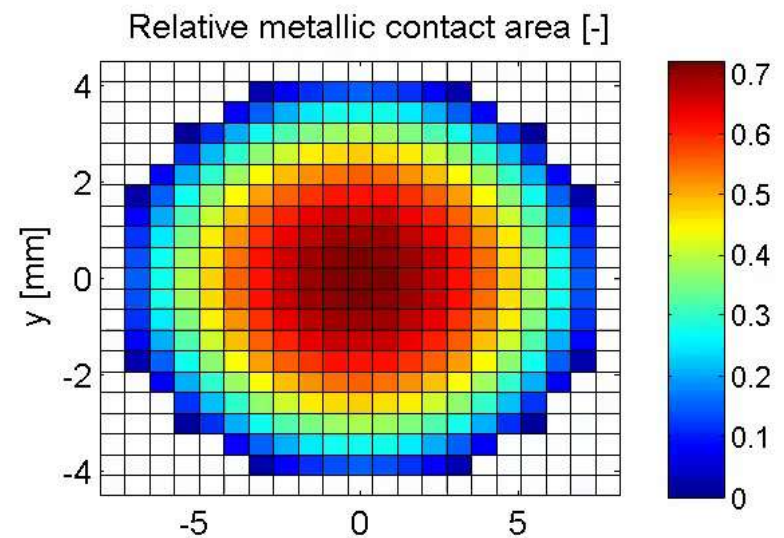
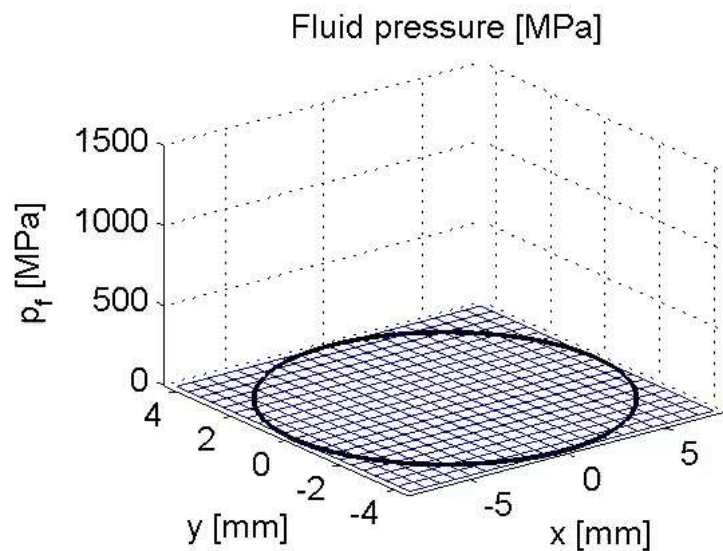
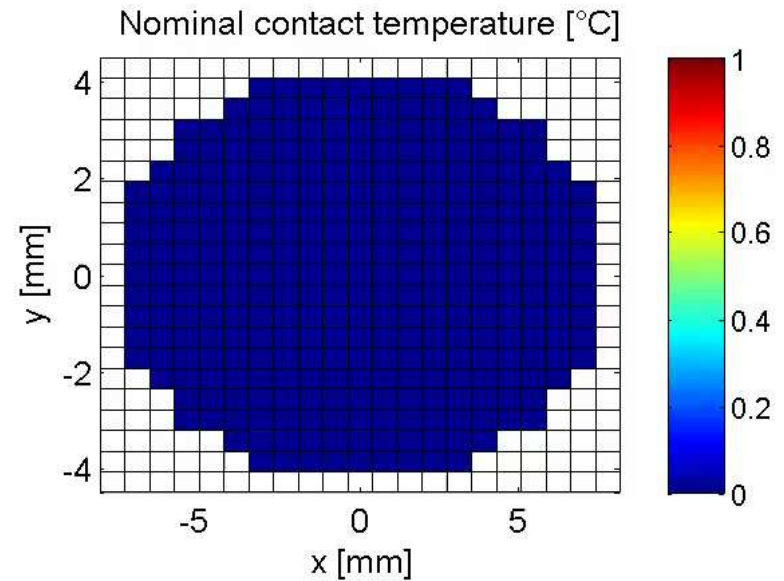
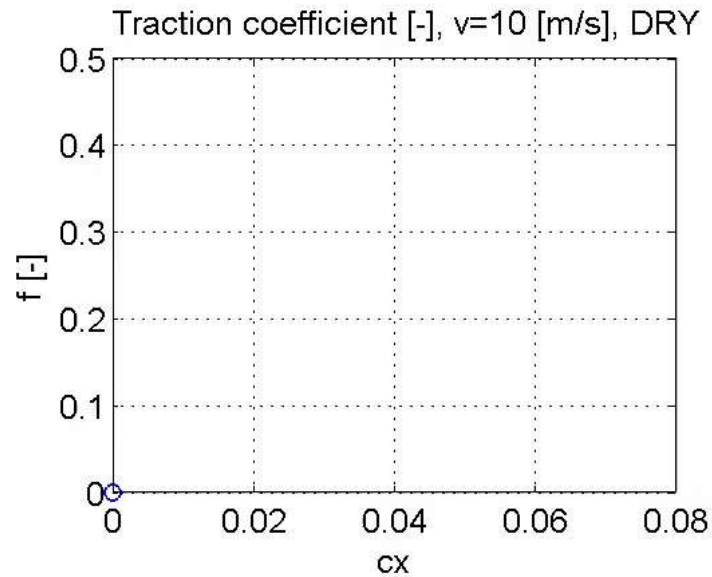
- ➔ Einfluss Fahrgeschwindigkeit grenzgeschmiert
- Einfluss Pressung grenzgeschmiert

Einfluss der Oberflächenrauheit auf die Mikroplastizität

- „Rauere“ Oberflächen bedingen einen erhöhten Anteil an plastisch verformten Rauheitsspitzen im Kontakt und damit erhöhte Mikroseparationen (Fluidruck sinkt) und geringere metallische Kontaktflächen



➡ Einfluss Oberflächenrauheit geschmiert



Nutzen und Zusammenfassung

- Vertieftes Verständnis für die Mechanismen im Rad-Schiene Kontakt sind essentiell um in Zukunft schnelle, vereinfachte und trotzdem die relevanten Mechanismen erfassende Kontaktmodelle abzuleiten (Fahrdynamik, -stabilität, Entgleisungssicherheit, Verschleiß, Rollkontaktermüdung, etc.)
- Identifikation der Mechanismen kann helfen, schädigungsrelevante Betriebszustände zu vermeiden (Fluiddruck → Rissfortschritt, -initiierung, Temperatur, Temperaturgradienten, etc.)
- Kenntnis der Kraftschluss-Schlupf Kurven für Optimierung von Antriebs- und Bremsregelungen bzw. -steuerungen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

voestalpine
EINEN SCHRITT VORAUSS.



ÖBB
Infrastruktur Betrieb

 **Institute of
MECHANICS**

 **TU
Graz** Institut für Eisenbahnwesen
und Verkehrswirtschaft

SIEMENS