RAD-SCHIENE INTERAKTION – ASPEKTE DER FAHRZEUG-FAHRWEG SCHÄDIGUNG

40. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge”

11.-14. September 2011

Graz

Dr. Klaus Six*, Dr. Martin Rosenberger , Christof Marte, Gerald Trummer

Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH (ViF)

*Kontakt: klaus.six@v2c2.at

Das Kompetenzzentrum VIRTUAL VEHICLE wird im Rahmen von COMET - Competence Centers for Excellent Technologies durch das Österreichische Bundesministerium für Verkehr und Technologie (BMVIT), das Österreichische Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, (BMWFJ), die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), das Land Steiermark sowie die Steirische Wirtschaftsförderung (SFG) gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt.

© VIRTUAL VEHICLE

AGENDA

- Einleitung
- Schädigungsmodelle
- Fahrzeugmodell
- Analyse – Vergleich
- Anmerkungen zu den Schädigungsmodellen
- Zusammenfassung - Ausblick

Ausgangssituation

Anforderungen an Schienenfahrzeuge

- Auslegungsgeschwindigkeit
- Achslast
- Beschleunigungen/Verzögerungen
- Vorgegebener Raddurchmesser
- …

Randbedingungen für Schienenfahrzeuge

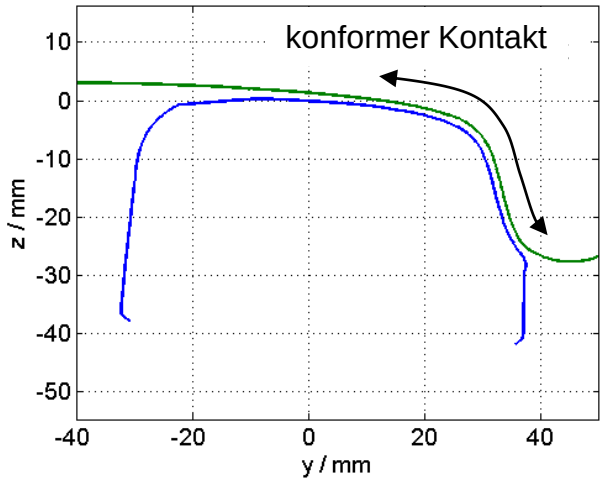
- Trassierung
- Gleisqualität
- Schienenzustand → Konizität
- Witterung/Klima
- …

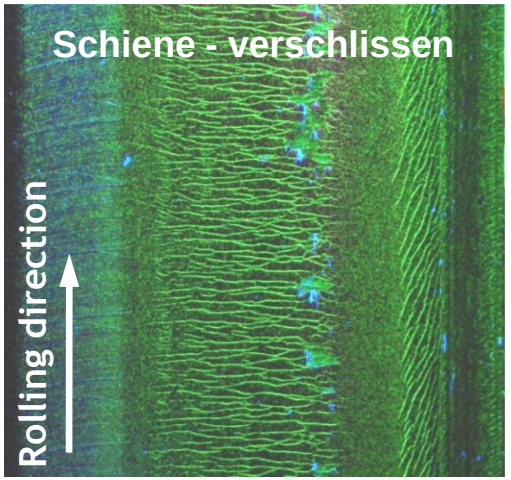
Normen

- EN 14363 Fahrtechnik
- EN 13848-5 Gleisinstandhaltung
- …

Rad-Schiene Interaktion

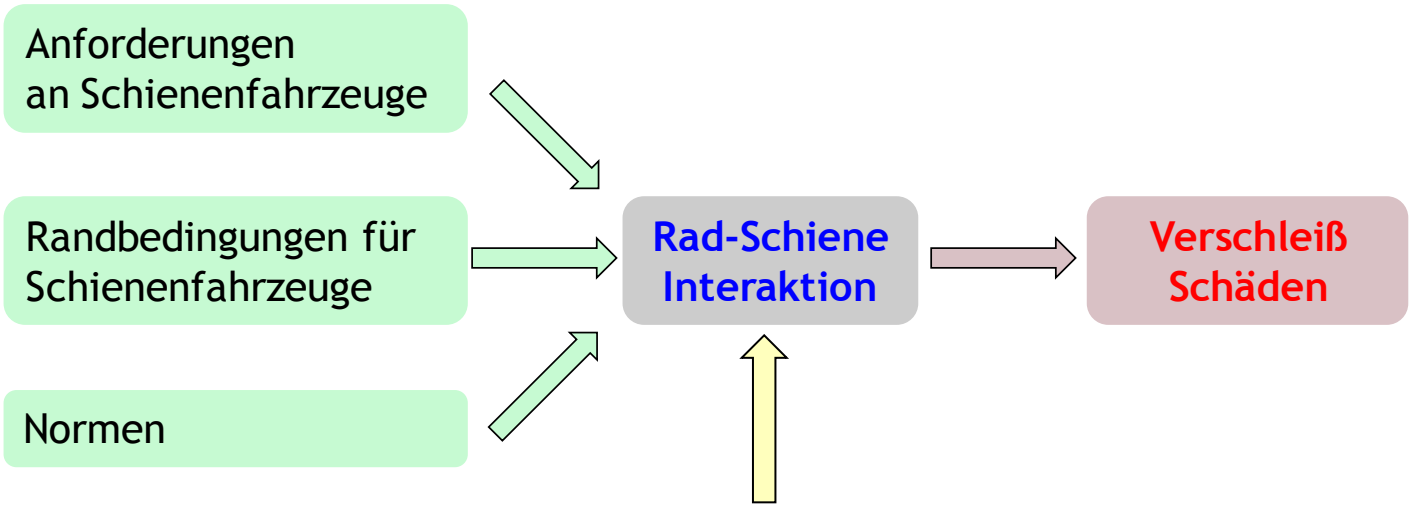
Verschleiß Schäden





Ausgangssituation

- Schadensmechanismen und deren Wechselwirkungen nach wie vor nicht vollkommen erforscht
- Beispiel: Komplexes Zusammenspiel zwischen Verschleiß und Rollkontaktermüdung (RCF)



Unterschiedliche Sichtweisen hinsichtlich der Mechanismen, die hinter Verschleiß und Schädigung stehen

Ausgangssituation

- Beispiel für unterschiedliche Sichtweisen

→ Entstehung von Rollkontaktermüdung (RCF)

Spurführungseigenschaften ↔ Antreiben/Bremsen

Ziel

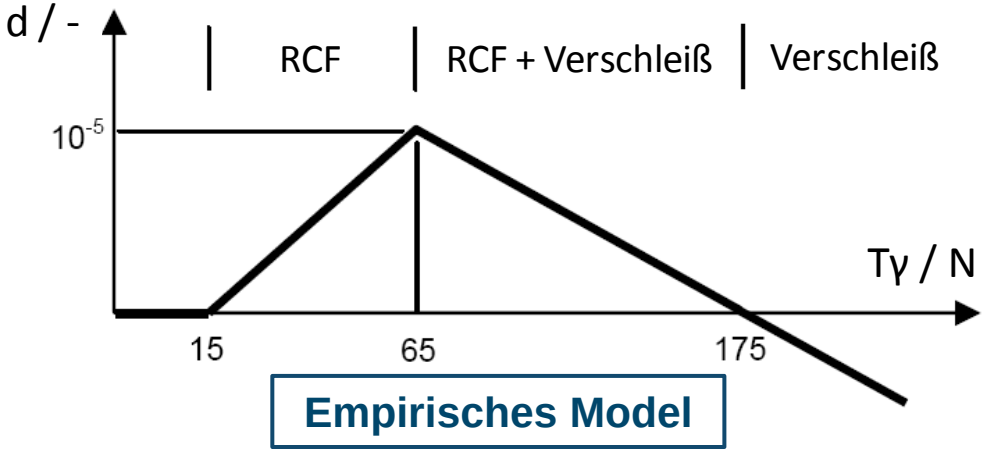
- Analyse und Gegenüberstellung des Einflusses diverser Parameter auf Belastungen im Rad-Schiene Kontakt
- → **„Breitere“ Sicht bezüglich der Problematik**

AGENDA

- Einleitung
- Schädigungsmodelle
- Fahrzeugmodell
- Analyse – Vergleich
- Anmerkungen zu den Schädigungsmodellen
- Zusammenfassung - Ausblick

„Globale“ Schädigungsmodelle

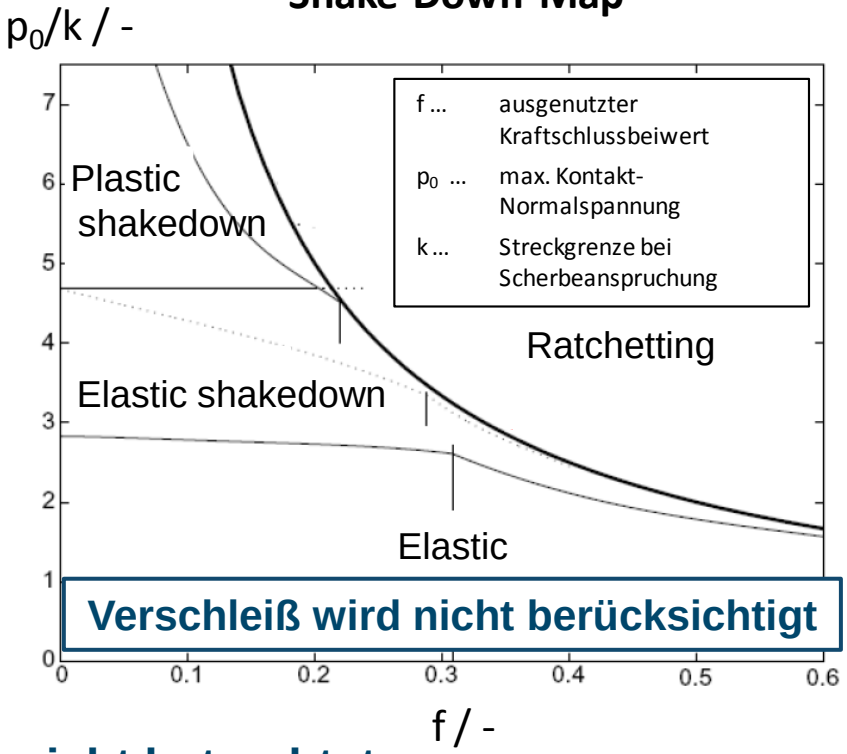
Tγ-Model



Empirisches Model

RCF … Rolling Contact Fatigue (Rollkontaktermüdung)

Shake-Down Map



Verschleiß wird nicht berücksichtigt

- **„Globale” Modelle – lokale Effekte werden nicht betrachtet**
- **Aussagen eher qualitativ**
- **Modell-Eingangsgrößen Tγ, f und p_0 → Maß für die Belastung des Rad-Schiene Kontakts**

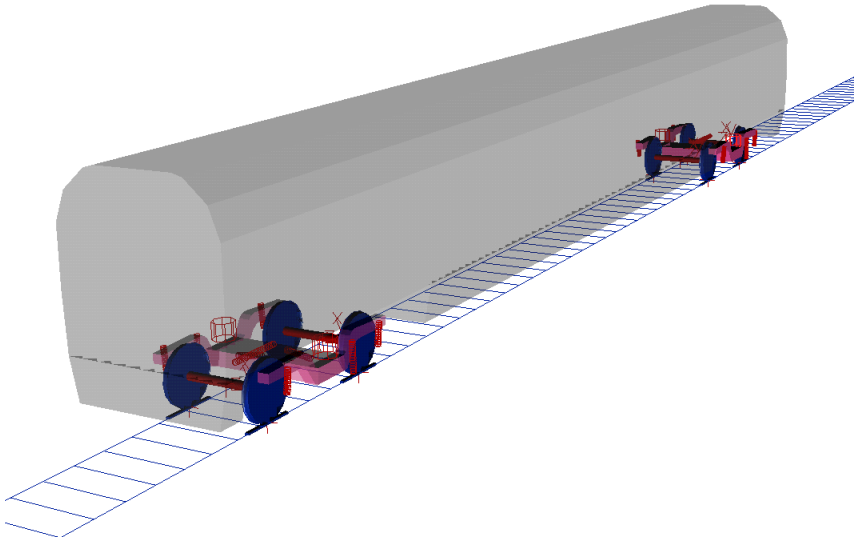
AGENDA

- Einleitung
- Schädigungsmodelle
- Fahrzeugmodell
- Analyse – Vergleich
- Anmerkungen zu den Schädigungsmodellen
- Zusammenfassung - Ausblick

Modell eines Reisezugwagens

Parameter	
Achslast	11500 kg
Fahrwerkmasse	6150 kg
Achsstand	2,5 m
Fahrwerkabstand	19 m
Schienenprofil	UIC 60
Radprofil	S 1002
Spurweite	1,435 m
Schieneneinbauneigung	1:40
Messkreisabstand	1,5 m
Raddurchmesser	1000 mm
Reibungskoeffizient	0,4

SIMPACK-Model

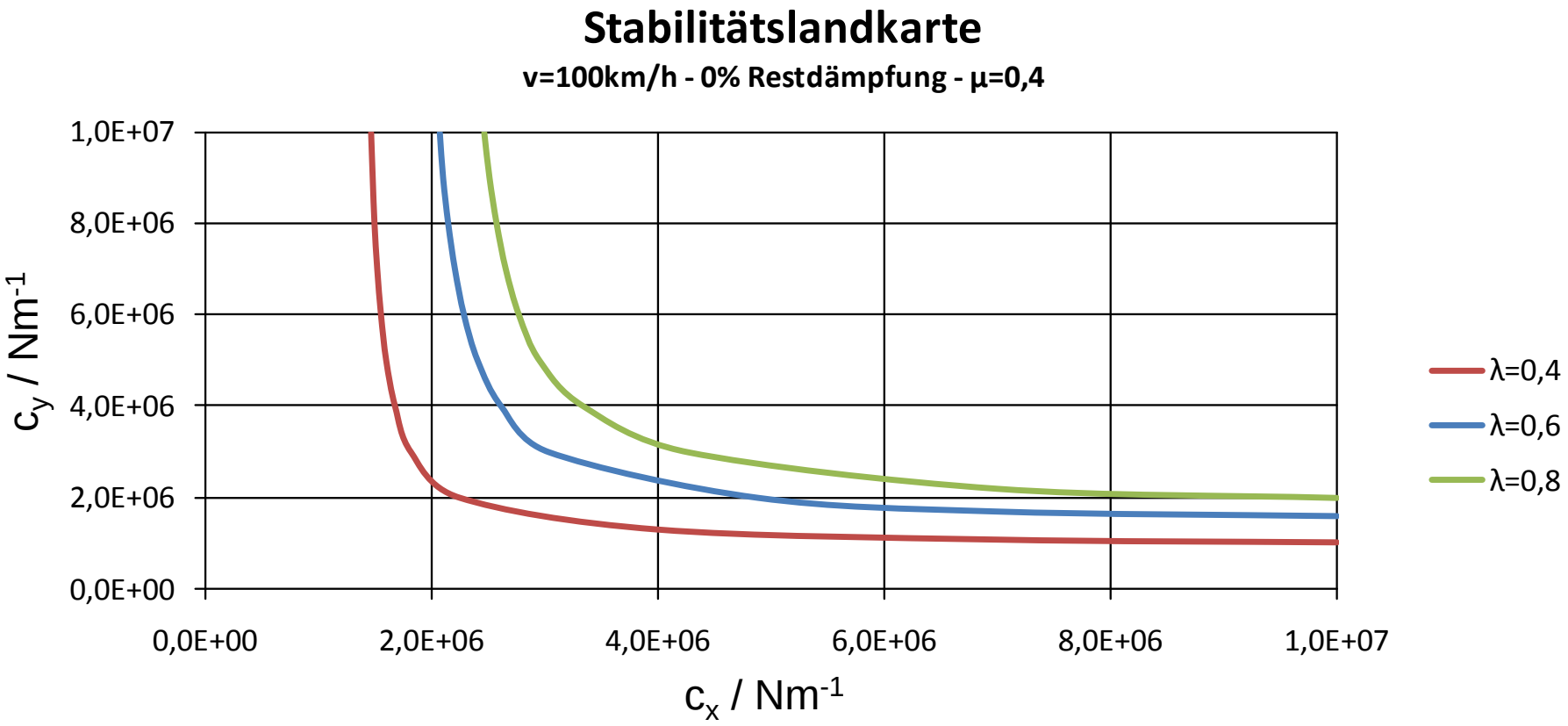


AGENDA

- Einleitung
- Schädigungsmodelle
- Fahrzeugmodell
- Analyse – Vergleich
- Anmerkungen zu den Schädigungsmodellen
- Zusammenfassung - Ausblick

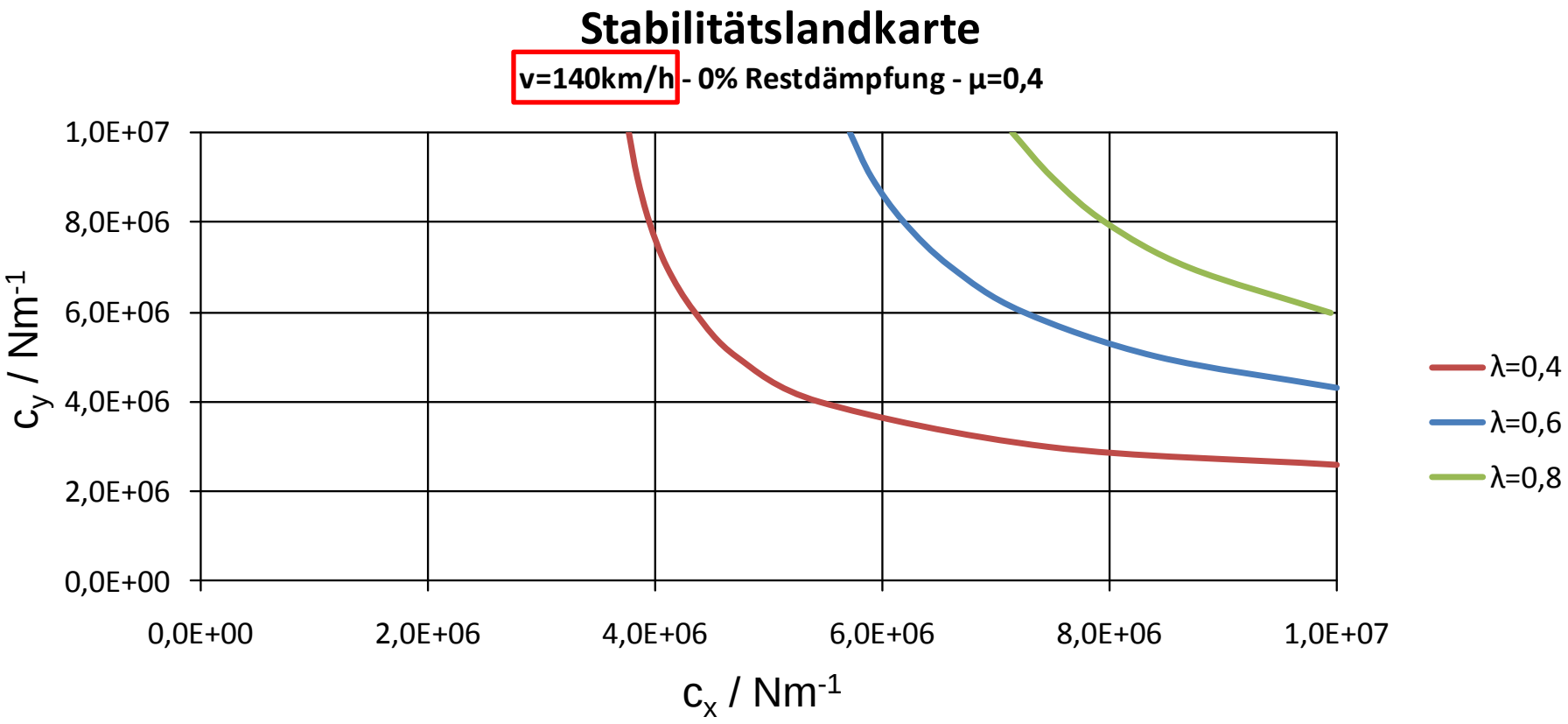
Stabilitätslandkarte: v=100km/h

Radsatzführung … RSF



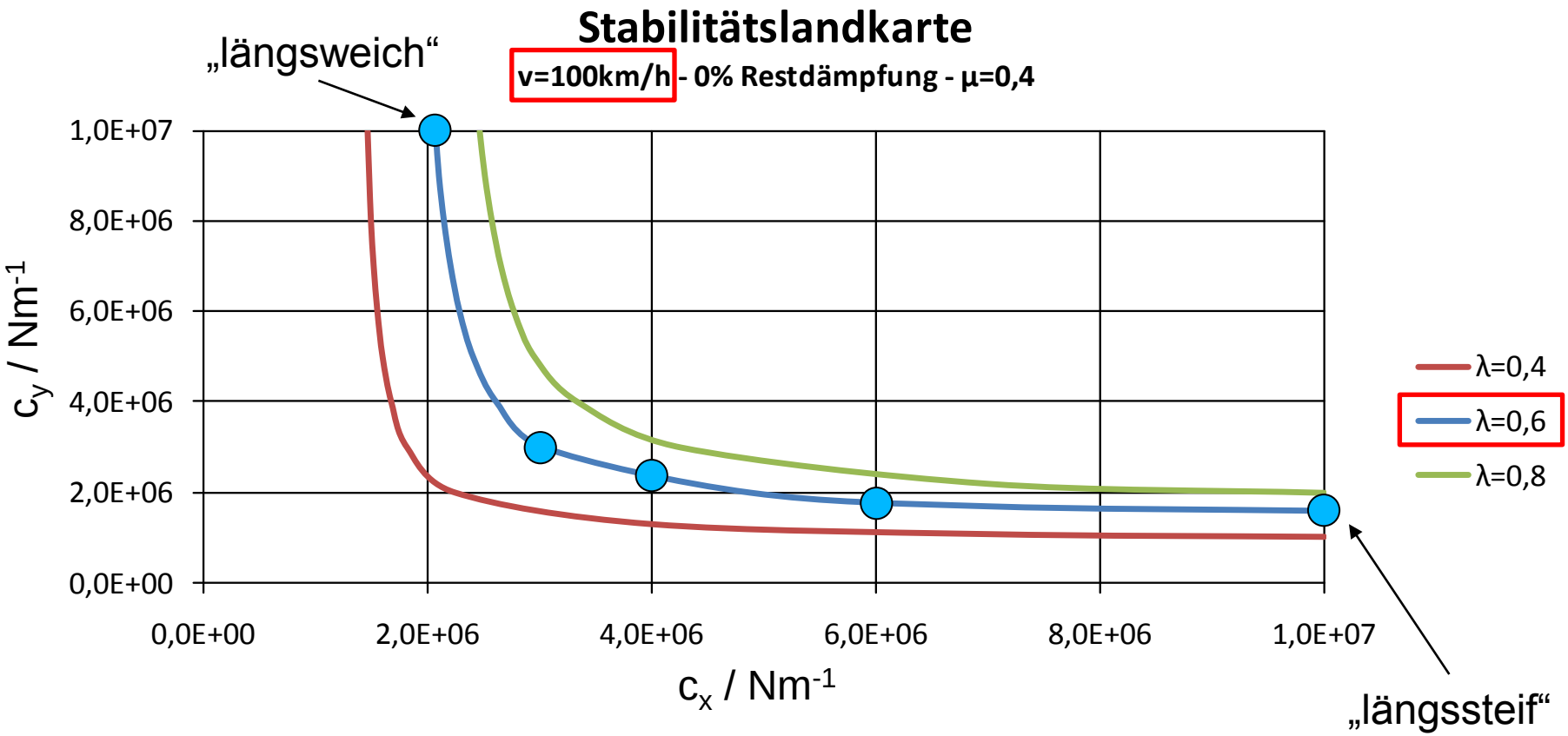
- **Auslegungsspielraum bei den RSF-Steifigkeiten**
- **Zunehmende Konizität → höhere RSF-Steifigkeiten**

Stabilitätslandkarte: v=140km/h



- Zunehmende Auslegungsgeschwindigkeit → höhere RSF-Steifigkeiten

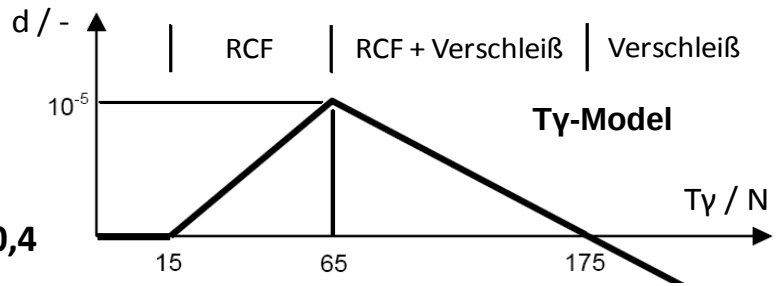
Untersuchte Steifigkeitskombinationen

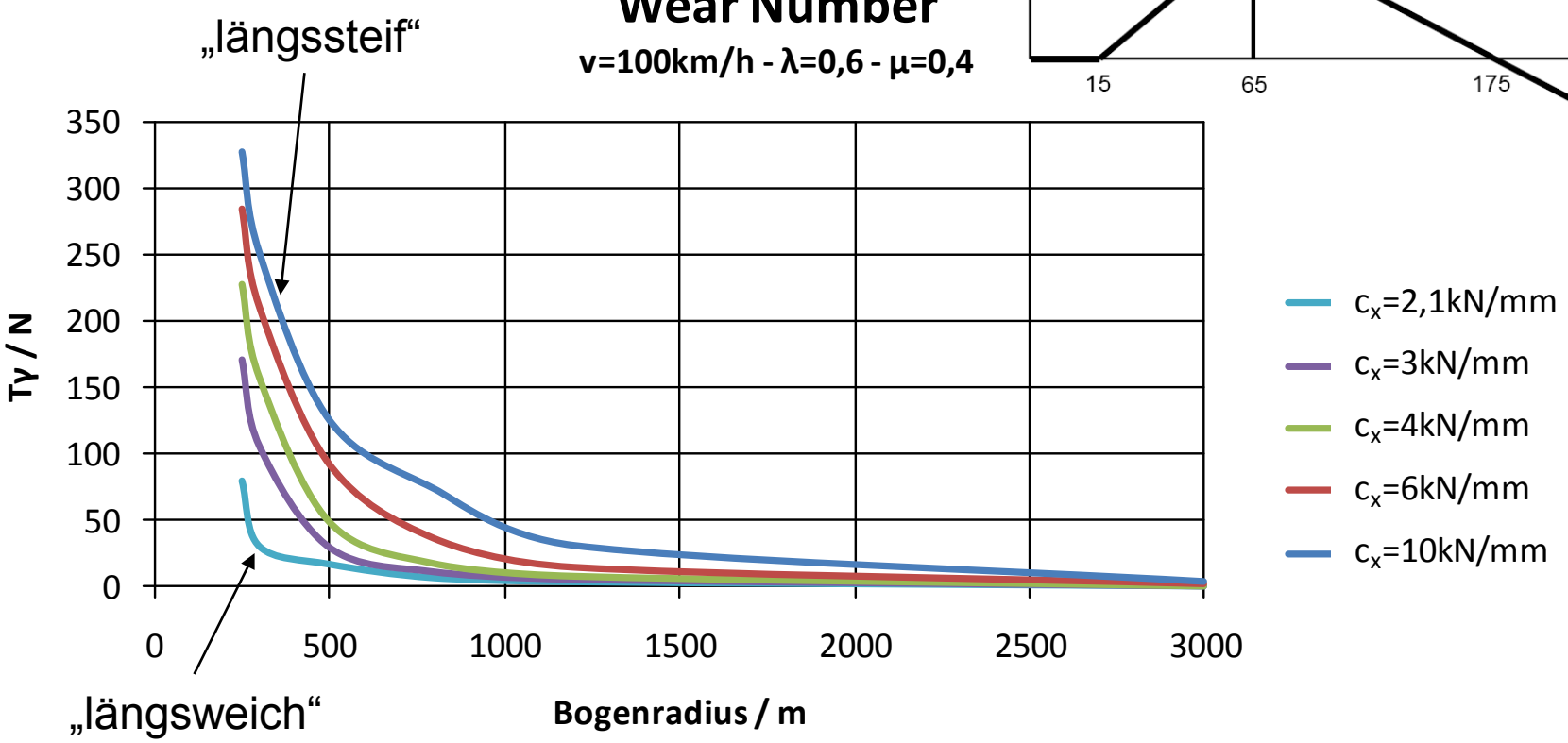


- „Konstantes“ Stabilitätsverhalten

Stabilitätsauslegung – Bogengängigkeit

(vorlaufendes bogenäußeres Rad)

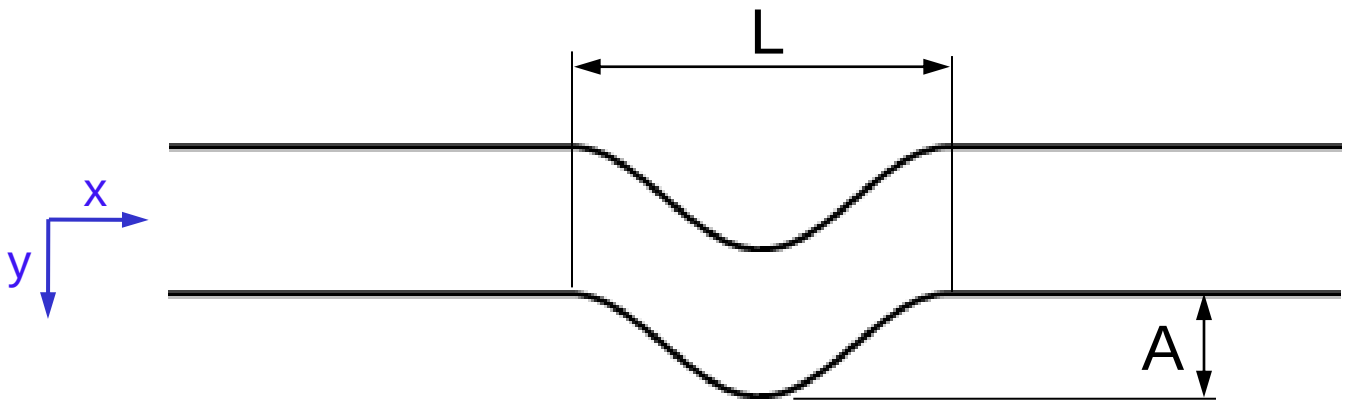




- Hoher Einfluss der gewählten RSF-Steifigkeiten auf die Wear Number
- “längsweiche” Variante produziert niedrigere Werte

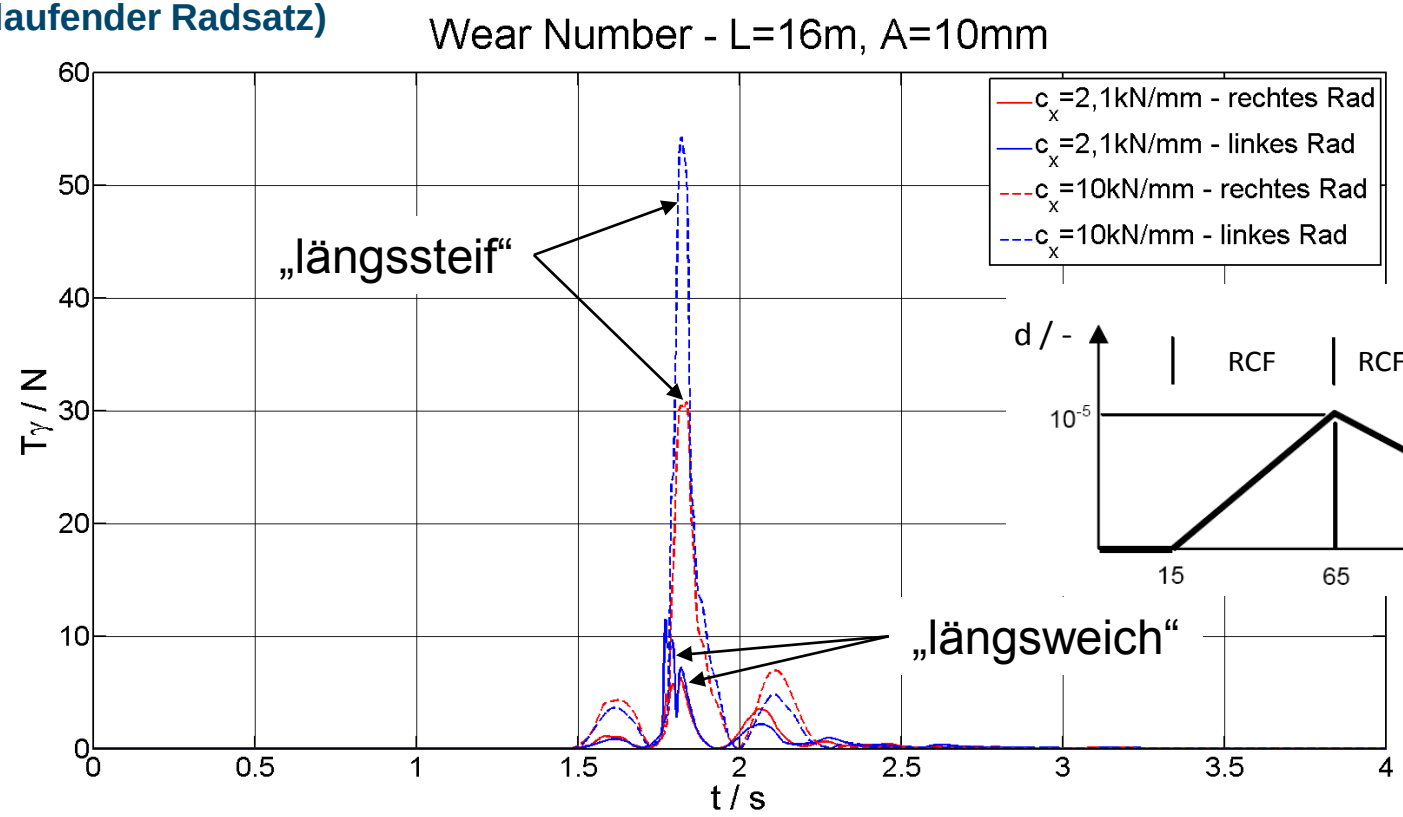
Stabilitätsauslegung – Reaktion auf Einzelstörungen

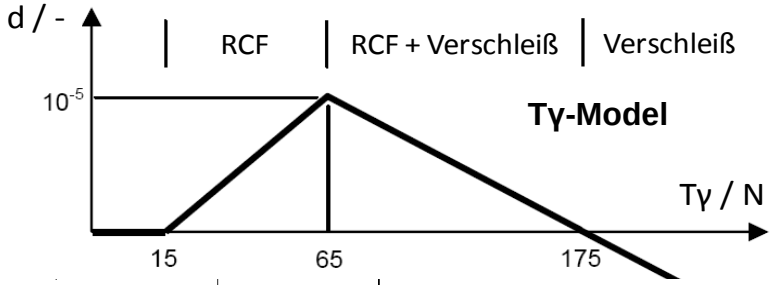
Sinusförmiger Einzel-Richtungsfehler



Stabilitätsauslegung – Reaktion auf Einzelstörungen

(vorlaufender Radsatz)





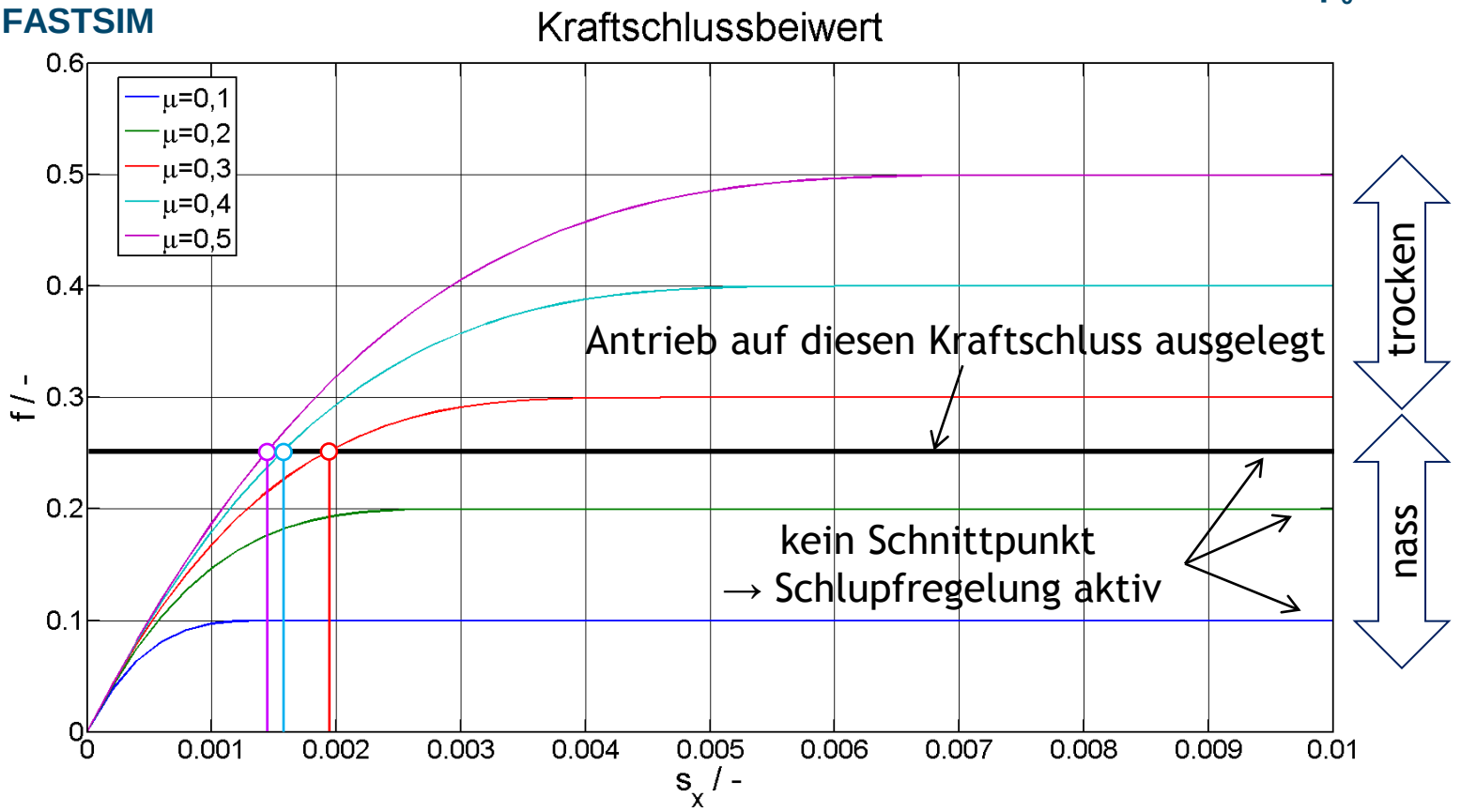
- „längsweiche” Variante produziert niedrigere Werte
- Abnehmende Wellenlänge L → höhere Werte → kann Ergebnisse für enge Bögen überschreiten
- Werte bei L=16m → entsprechen ca. 900m Bogen

Gerades Gleis – Einfluss Antrieb

RSL =11,5t

p_0=710N/mm²

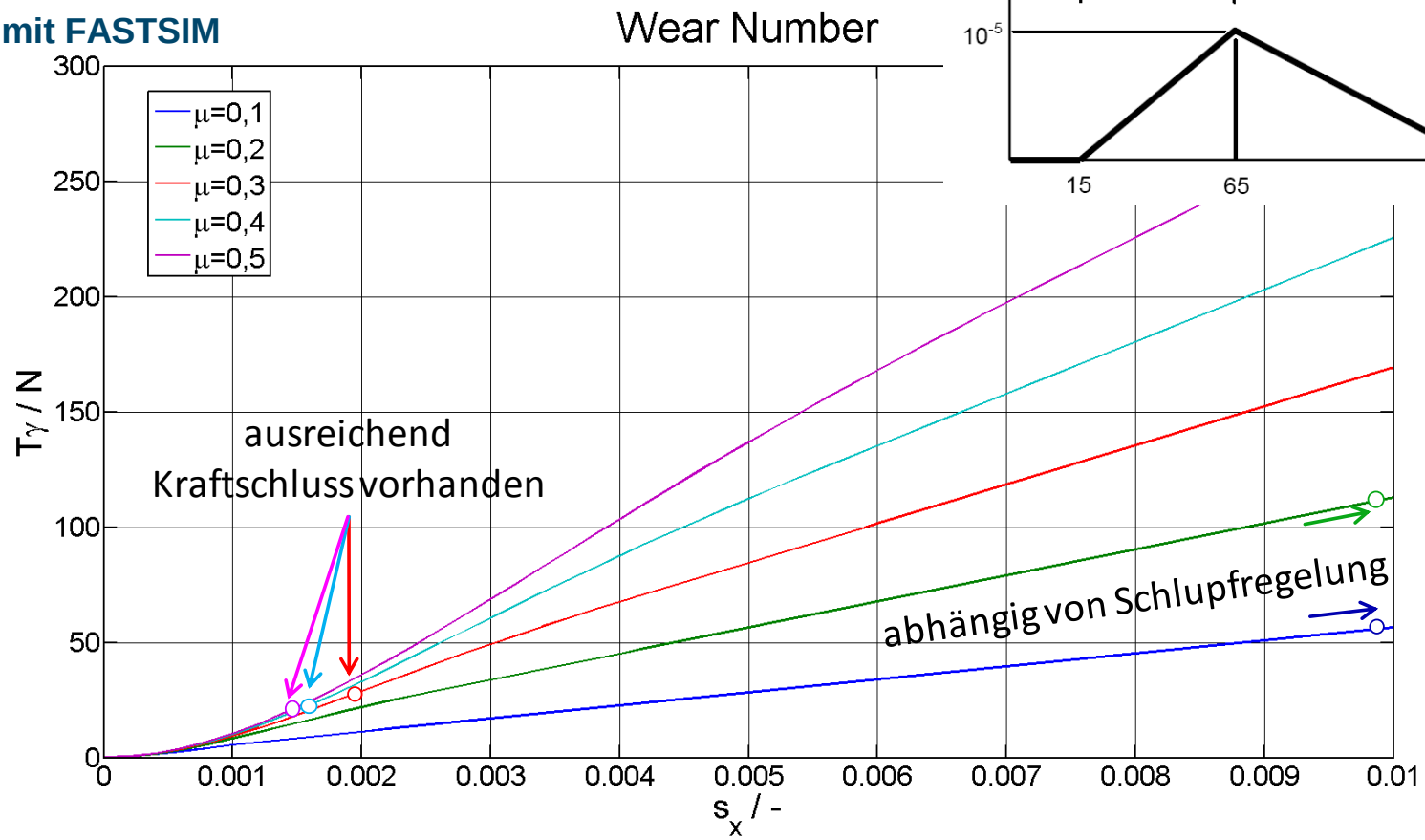
Hertz mit FASTSIM

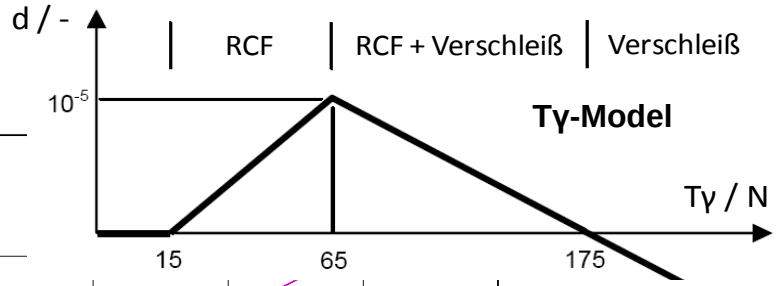


- **Ausreichend hohes μ → Schlüpfe ca. 0,15-0,2% bei μ=0,3-0,5**
- **Nicht ausreichend hohes μ → Schlupfregelung → höhere Schlüpfe**

Gerades Gleis – Einfluss Antrieb

Hertz mit FASTSIM

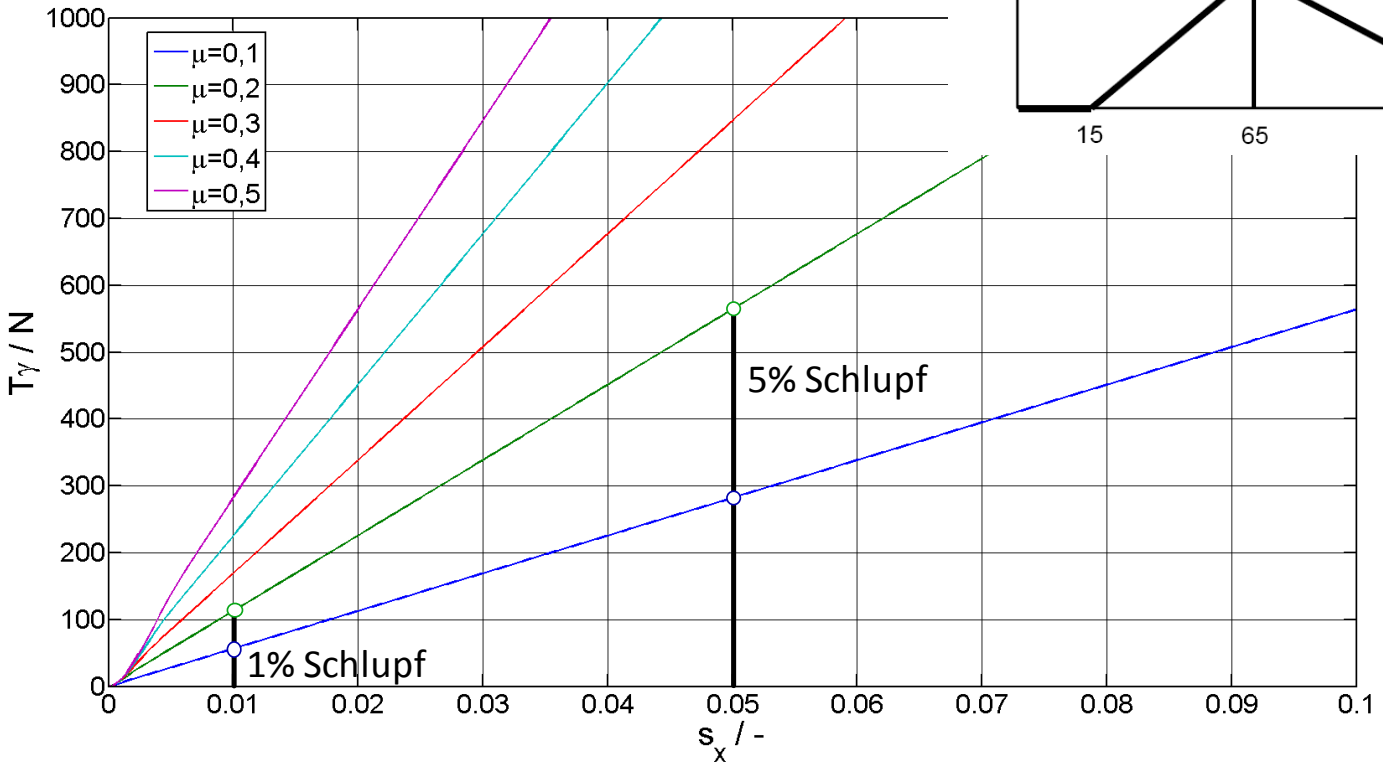


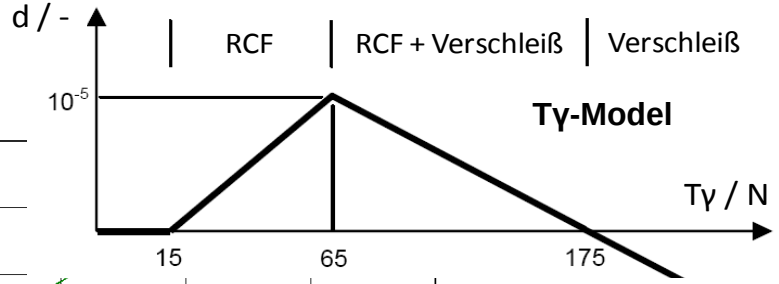


- Ausreichend hohes μ (μ=0,3-0,5) → Wear Number im Bereich von 25N
- Bogenlauf kann wesentlich höhere Werte produzieren – entspricht z.B. einem 1500m Bogen bei der „längssteifen“ Variante

Gerades Gleis – Einfluss Antrieb

Hertz mit FASTSIM

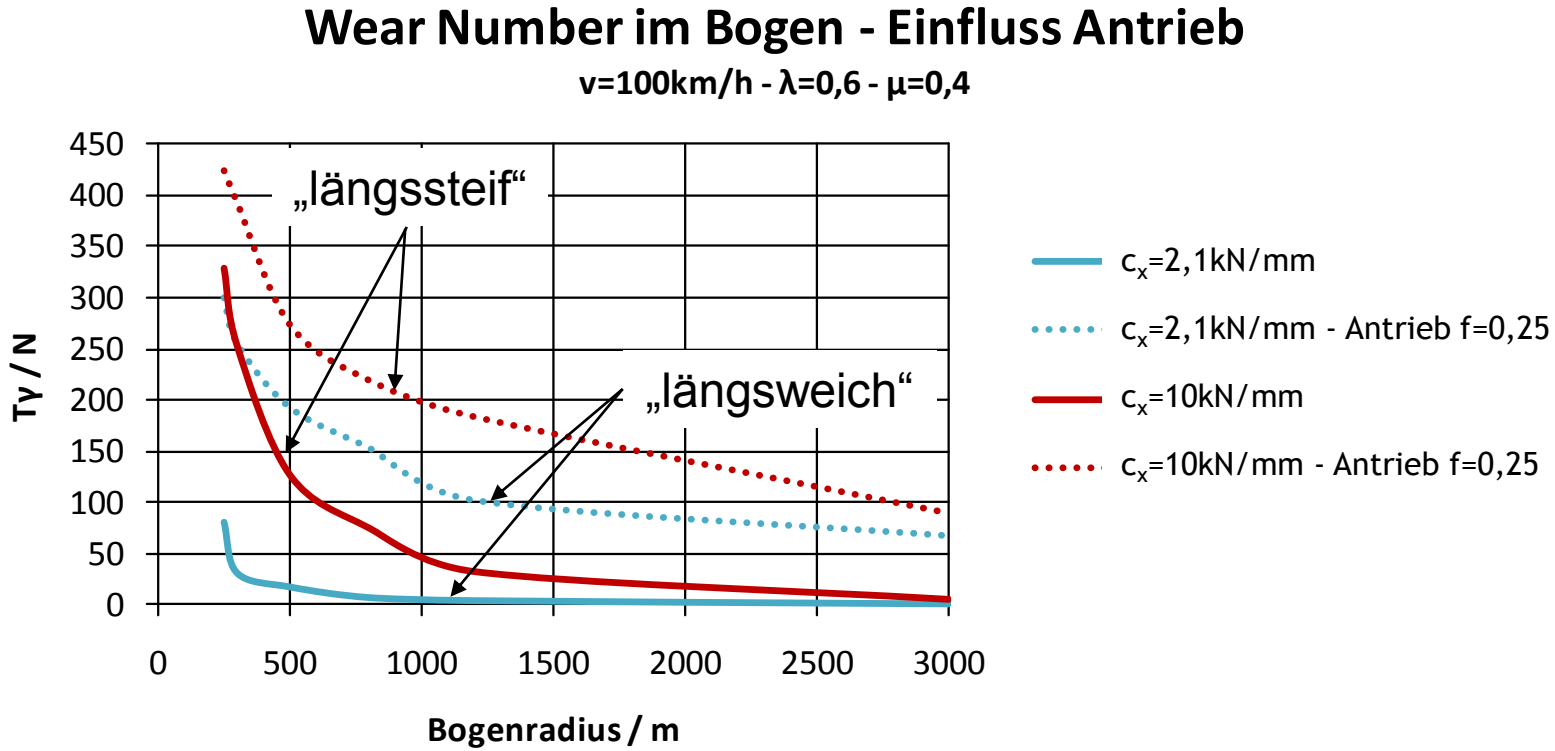




- Nicht ausreichend hohes μ → Schlupfregelung
- 1% Schlupf → Wear Number ca. 110N bei μ=0,2
- 5% Schlupf → Wear Number ca. 560N bei μ=0,2
- Abhängig vom geregelten Schlupf höhere Werte als in engsten Bögen

Bogen – Einfluss Antrieb

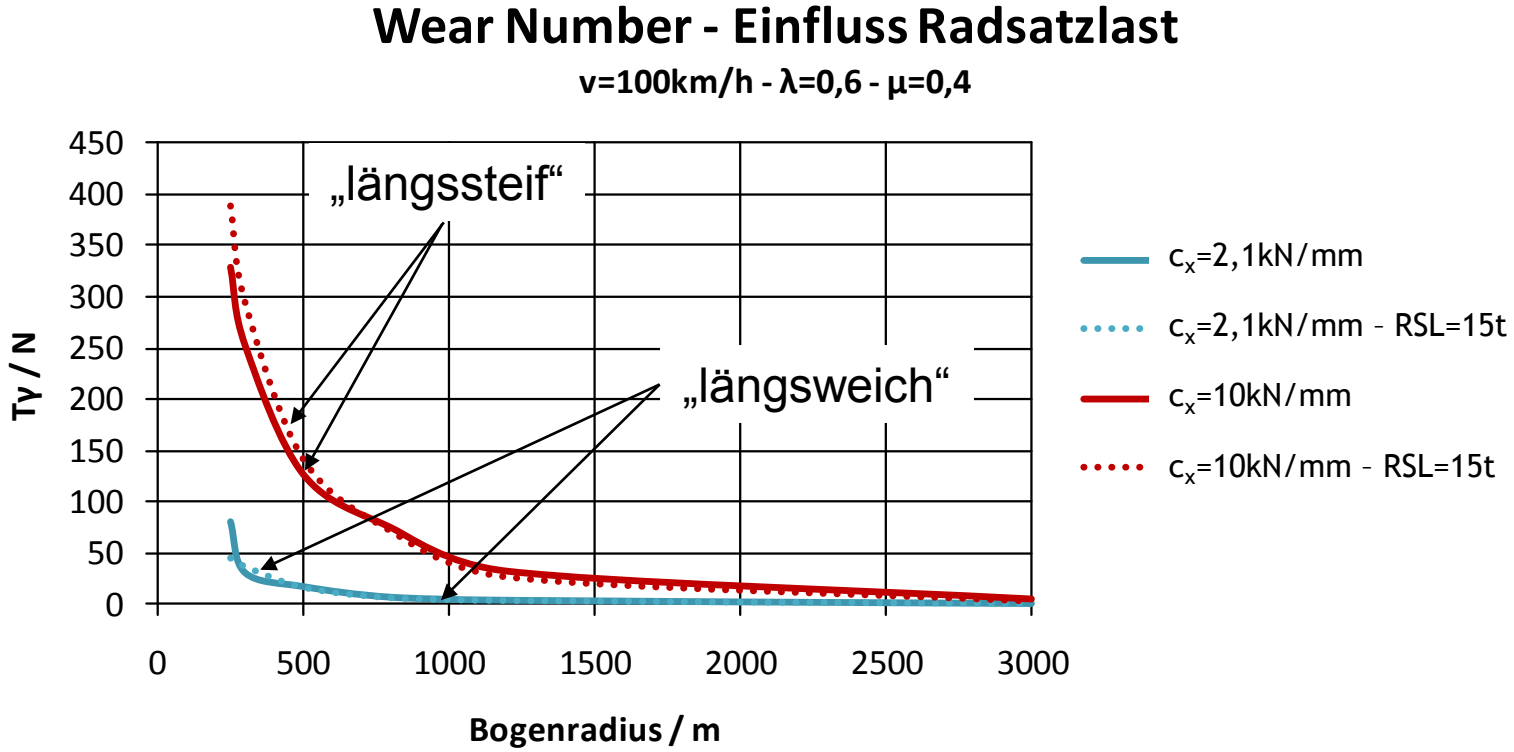
(vorlaufendes bogenäußeres Rad)



- **Ausreichend hohes μ → deutliche Erhöhung der Wear Number → notwendiger Längsschlupf ist den Bohr- und Querschlüpfen überlagert**
- **Nicht ausreichend hohes μ → Schlupfregelung → je nach geregeltem Schlupf deutlich höhere Werte für die Wear Number**

Bogen – Einfluss Radsatzlast

(vorlaufendes bogenäußeres Rad)



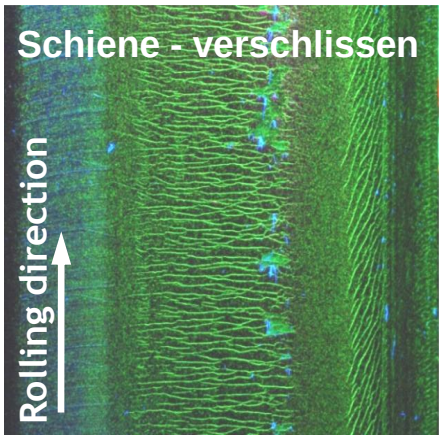
- **Radsatzlast hat nur geringen Einfluss**
- **Höhere Reibkräfte produzieren kleinere Schlüpfe → Radsatz stellt sich besser ein**

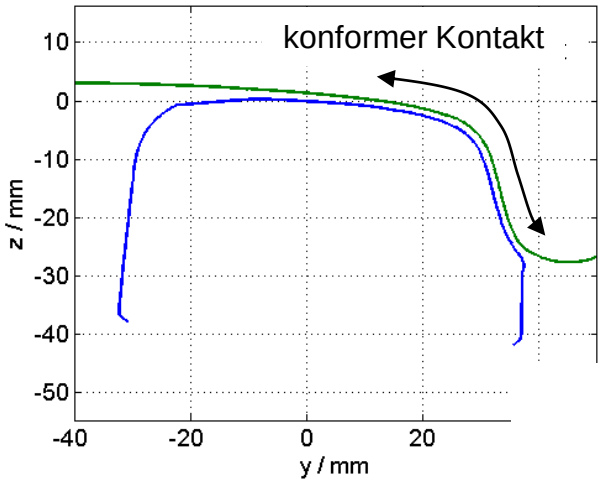
AGENDA

- Einleitung
- Schädigungsmodelle
- Fahrzeugmodell
- Analyse – Vergleich
- Anmerkungen zu den Schädigungsmodellen
- Zusammenfassung - Ausblick

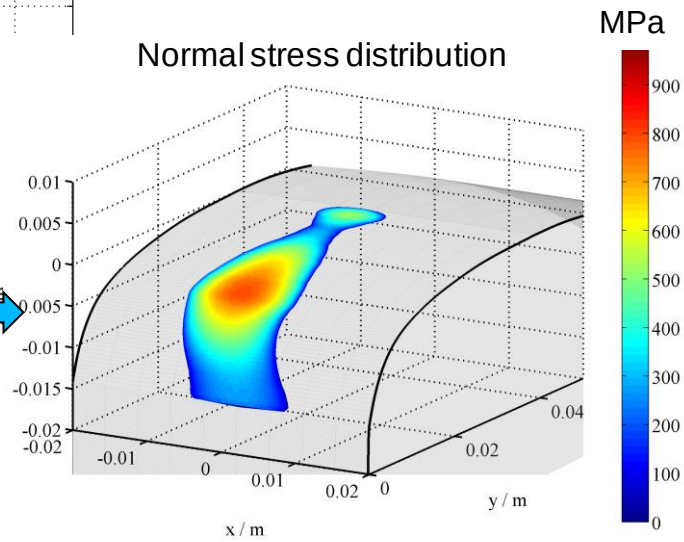
Schädigungsmodelle - Anmerkungen

- **Tγ-Model und Shake Down Map sind „globale“ Modelle → „lokale“ Effekte werden nicht aufgelöst → keine Aussage über Schädigung bei konformen gekrümmten Kontaktbedingungen**





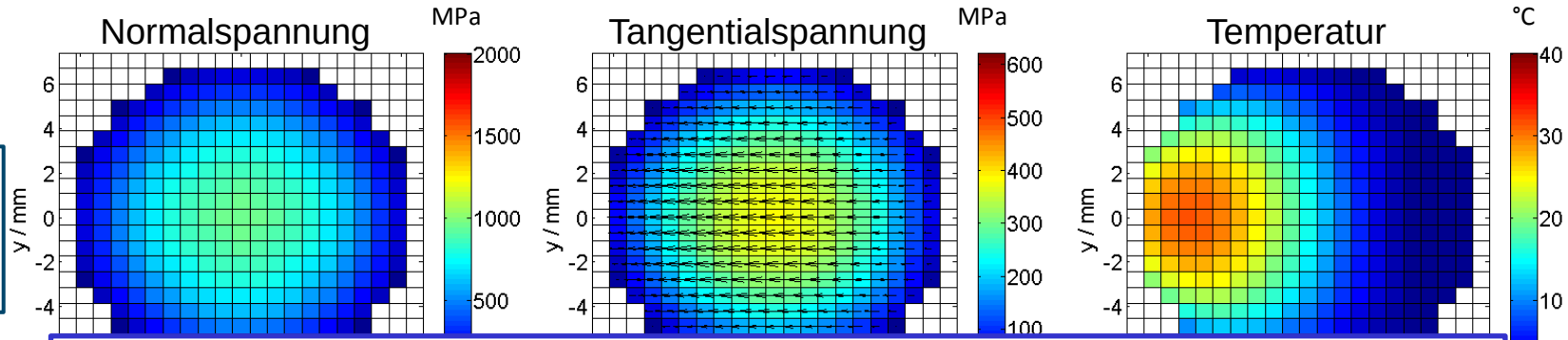
ViF: Entwicklung von physikalischen Kontakt- und Schädigungsmodellen für allgemeine Kontaktbedingungen



Schädigungsmodelle - Anmerkungen

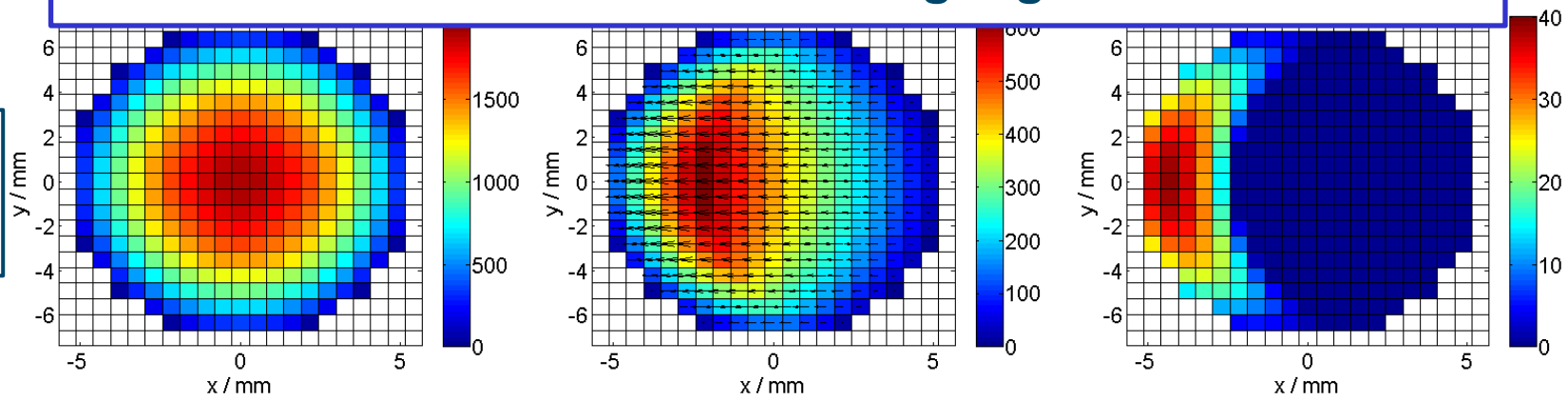
- **Tγ-Model → empirisches Model → gleiche Wear Number bei vollkommen unterschiedlichen Szenarien**

Szenario 1
F_N=56,4kN
s_x=0,5%



Unterschiedliche Spannungs- und Temperaturverteilungen → Unterschiedliches Schädigungsverhalten!

Szenario 2
F_N=112,8kN
s_x=0,36%



μ=0,4, s_y=0, s_φ=0, A_K=konst, Tγ=112N

AGENDA

- Einleitung
- Schädigungsmodelle
- Fahrzeugmodell
- Analyse – Vergleich
- Anmerkungen zu den Schädigungsmodellen
- Zusammenfassung - Ausblick

Zusammenfassung

- Schadensmechanismen und deren Wechselwirkungen nach wie vor nicht vollkommen erforscht

  → Bsp.: **Verschleiß ↔ RCF**

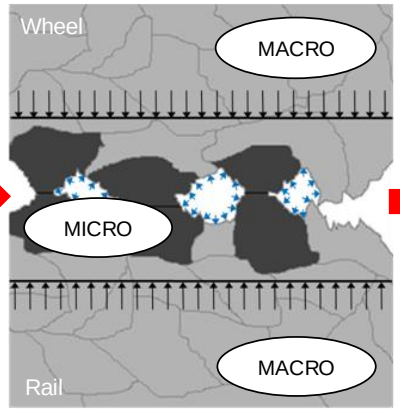
- Es gibt relativ unabhängig von diversen Fahrzeugparametern immer Szenarien mit hohen Belastungen im Rad-Schiene Kontakt
- Schäden einzelnen Parametern bzw. Aspekten zuzuordnen ist nicht zielführend
- Optimierung des Systems-Trassenbenutzungsgebühren
  - Sorgfältige Auswahl und Analyse von Szenarien notwendig
  - Anwendung von zu sehr vereinfachten Modellen nicht zielführend
  - Verwendung von abgesicherten physikalischen Modellen notwendig

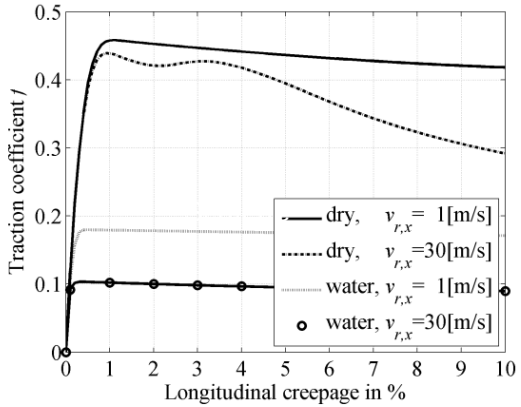
Ausblick

- Entwicklung von abgesicherten „lokalen“ physikalischen Kontakt- und Schädigungsmodellen

  → Grundlage für Optimierung der Rad-Schiene Interaktion:

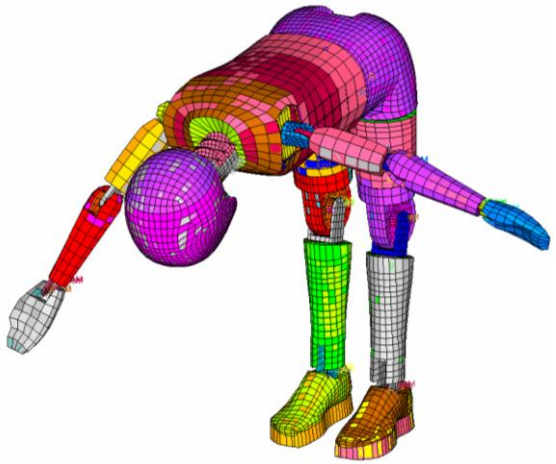
  - Fahrzeuginstandhaltung
  - Fahrweginstandhaltung
  - Antriebs-, Bremsregelung
  - Friction Management
  - …





virtual vehicle

…bringing the parts together.



Die Autoren danken dem „COMET K2 Forschungsförderungs-Programm“ des Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), des Österreichischen Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), des Landes Steiermark sowie der Steirischen Wirtschaftsförderung (SFG) für die finanzielle Unterstützung.

© disclosure or duplication without consent prohibited