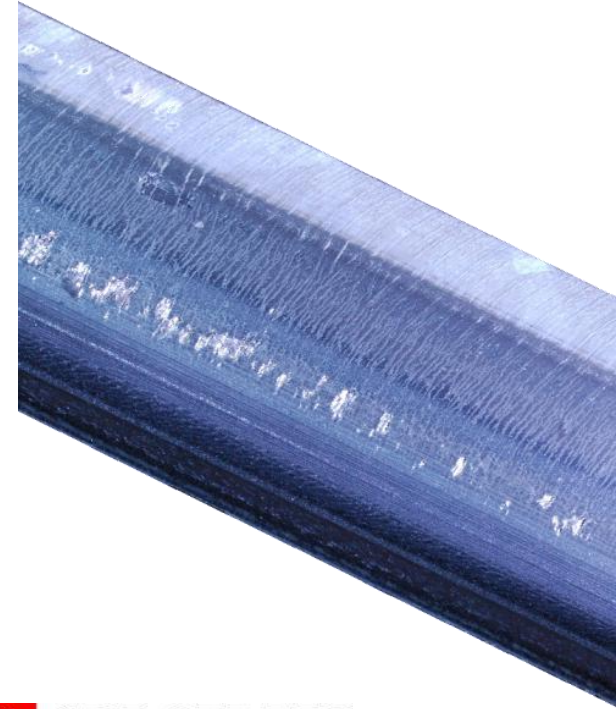


Schädigungsrelevanz unterschiedlicher Drehgestellkonzepte hinsichtlich Verschleiß und Rollkontaktermüdung im U-Bahnbetrieb



C. Marte¹, K. Six¹, G. Trummer¹, P. Dietmaier²

¹Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug Forschungs-GmbH,

² TU Graz, Institut für Baumechanik

christof.marte@v2c2.at



COMET K2 **Competence Center** - Initiated by the Federal Ministry of Transport, Innovation & Technology (BMVIT) and the Federal Ministry of Economics & Labour (BMWFI). Funded by FFG, Land Steiermark and Steirische Wirtschaftsförderung (SFG)



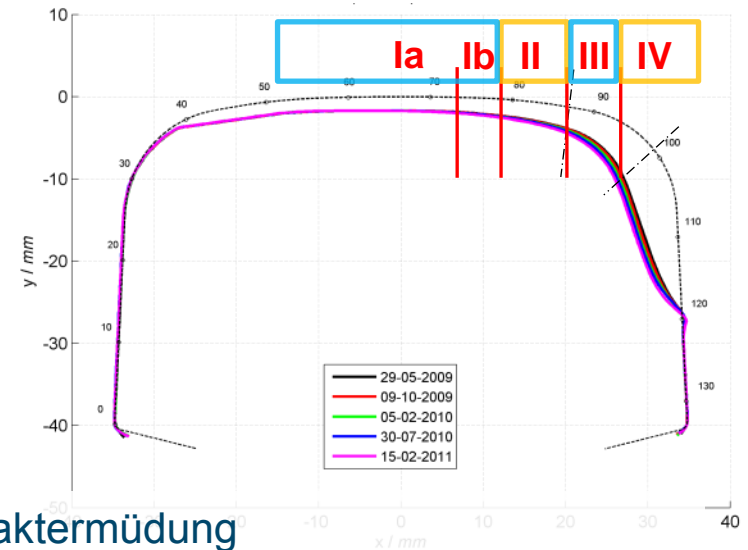
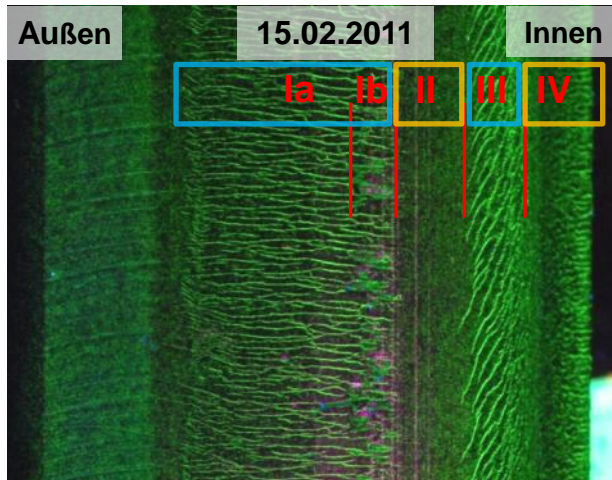
Concluding Technical Report

- Cost Drivers and how they are addressed in INNOTRACK
 - The ten most important track problems and their underlying causes, identified by Infrastructure Managers on the basis of their cost impact

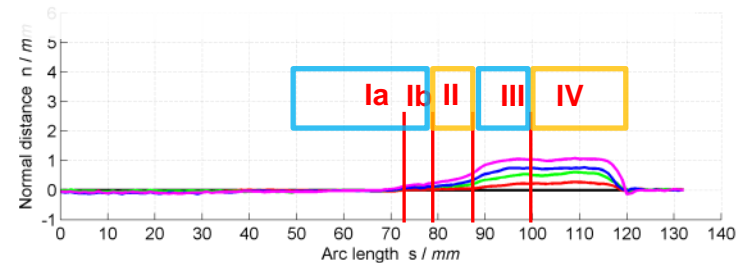
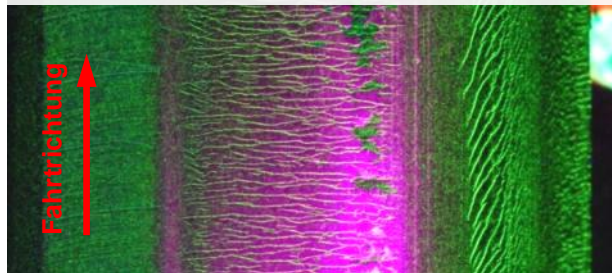
Track Problems	Potential Causes
Rail: cracks and fatigue	Creep forces, stresses that exceed the material strength
Rail: cracks and fatigue	Bad wheel/rail interface
Track: bad track geometry	Soft sub-structure/bad drainage
Switches & crossings: wear in switches	Sub-structure
Rail: corrugations	Vehicle/track interaction
...	...

■ Situation Messstelle U-Bahn Wien

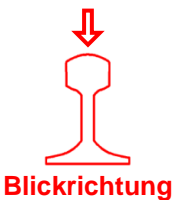
- Streckeninspektion – Magnetpulverprüfung, Profilmessung
 - Außenschiene, $R = 301 \text{ m}$, $a_q = 0,2 \text{ m/s}^2$, R350HT, Beobachtungszeitraum 21 Monate
 - 4 unterschiedliche Schädigungszonen in Abh. von Verschleiß & RCF



- ähnlicher Verschleiß → mit/ohne Rollkontaktermüdung
- lokale Betrachtung!



Normal distance: Normalenabstand auf Referenzprofil; Differenz mit erster Messung



▪ Schienenschäden verursacht durch

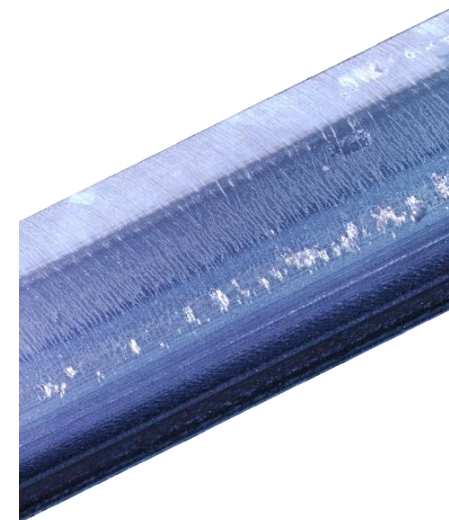
1. Herstellungsschäden
 - z.B. Inklusionen
2. Bedienungsfehler
 - z.B. Schleuderstellen
3. Materialermüdung
 - z.B. Head-Checks, Verschleiß

durch
Qualitätssteigerung
vermieden

durch
Instandhaltungs-
maßnahmen
kontrolliert



Einfluss
Fahrzeug/Fahrweg,
Beladung, Geschwindigkeit,...



■ Motivation

- Schienenschäden durch Verschleiß und Rollkontaktermüdung
- Unterschiedliche Schadensbilder an vergleichbaren Stellen
- Vertiefung des Verständnisses der wirkenden Mechanismen und deren Wechselwirkung
- Entwicklung von Modellen zur Berechnung und Prognose der Schienenschäden unter Berücksichtigung der Fahrzeugdynamik und der Fahrzeug/Fahrweg-Interaktion

➤ Identifikation der schädigungsrelevanten Systemparameter

- Kontaktebene: Normallast, Schlupf, Reibbeiwert, ...
- Systemebene: Steifigkeit Radsatzführung, ...
- Betriebsebene: Fahrzeug-/ Streckenmix, ...



Inhalt

- Rollkontaktermüdung (RCF) und Verschleiß
- **Berechnung von RCF und Verschleiß**
- **RCF und Verschleiß unterschiedlicher Drehgestellkonzepte**
- **RCF und Verschleiß – Gesamtschädigung**
- **Fazit**



■ Anforderungen an Berechnung

■ Umgebungsbedingungen U-Bahn Wien


- 3 Fahrzeugbauarten
 - V1 – konventionelles Drehgestellkonzept
 - V2+V3 – radialstellendes Drehgestellkonzept
- einheitliche Geschwindigkeitsprofile
- täglich ca. 6000 Überrollungen pro Schienenstelle



■ unterschiedliche Zeitskalen

- Kontakt Millisekunden
- Verschleiß & Rollkontaktermüdung (RCF) → Monate bis Jahre

■ extreme Beanspruchung

-  -Kontaktflächengröße bei rund 4t Radlast
- Kontaktspannung > Fließgrenze
- Wechselwirkung RCF ↔ Verschleiß



Entwickelte Simulationsstrategie

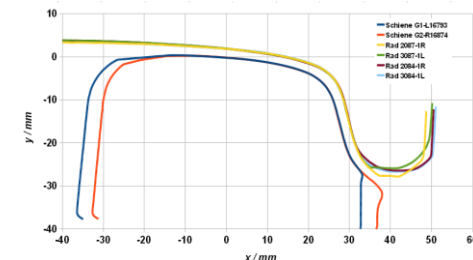
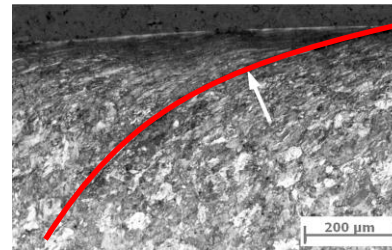
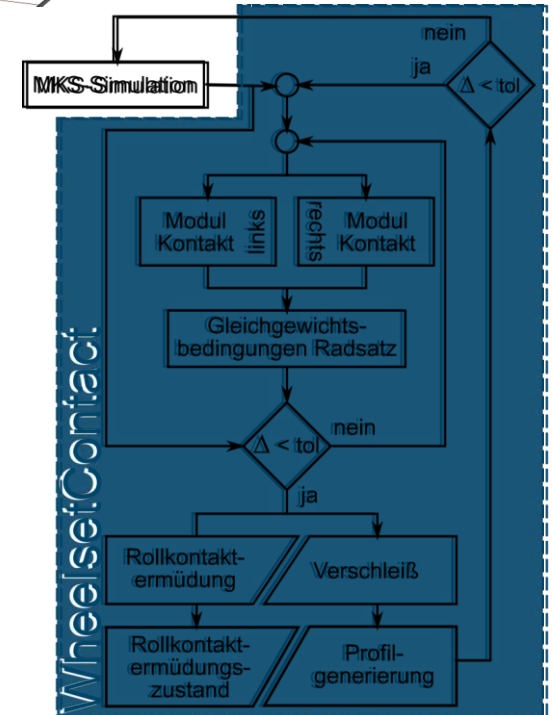
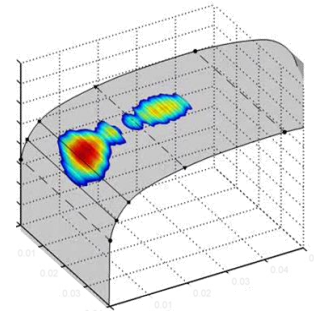
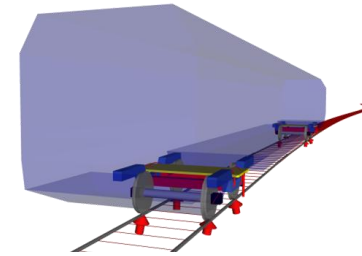
➤ Kombination unterschiedlicher Simulationswerkzeuge

▪ Mehrkörpersimulation (SIMPACK)

▪ WheelsetContact (Matlab)

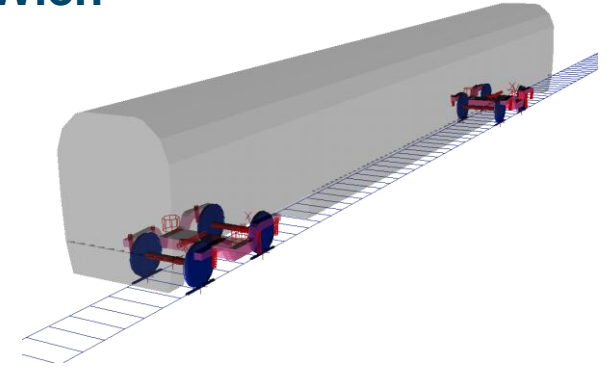
- Kontaktmodell
 - für nicht-elliptische, gekrümmte Kontaktflächen
 - lokale Berechnung von Schlüpfen, Spannungen, Verschleiß, ...
- Rollkontaktermüdung
 - Näherungslösung für lokale, oberflächennahe plastische Scherung
 - Berechnung der lokalen Ermüdung (Schädigung)

➤ recheneffiziente, modulare, physikalische Modelle

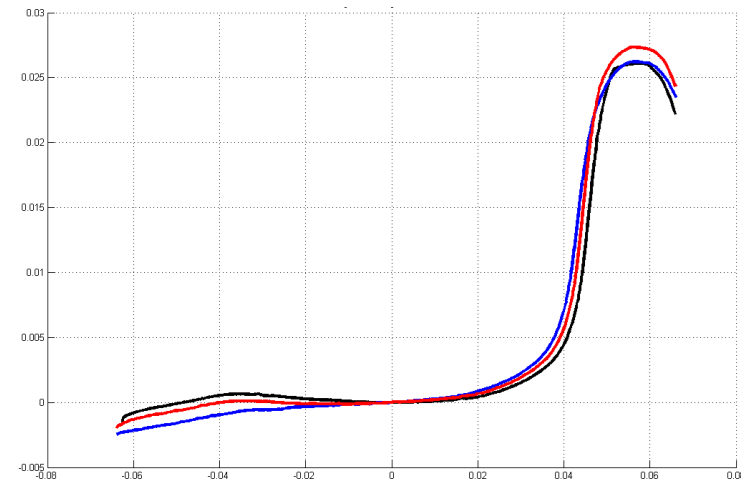


■ Vergleich anhand der Messstelle in der U-Bahn Wien

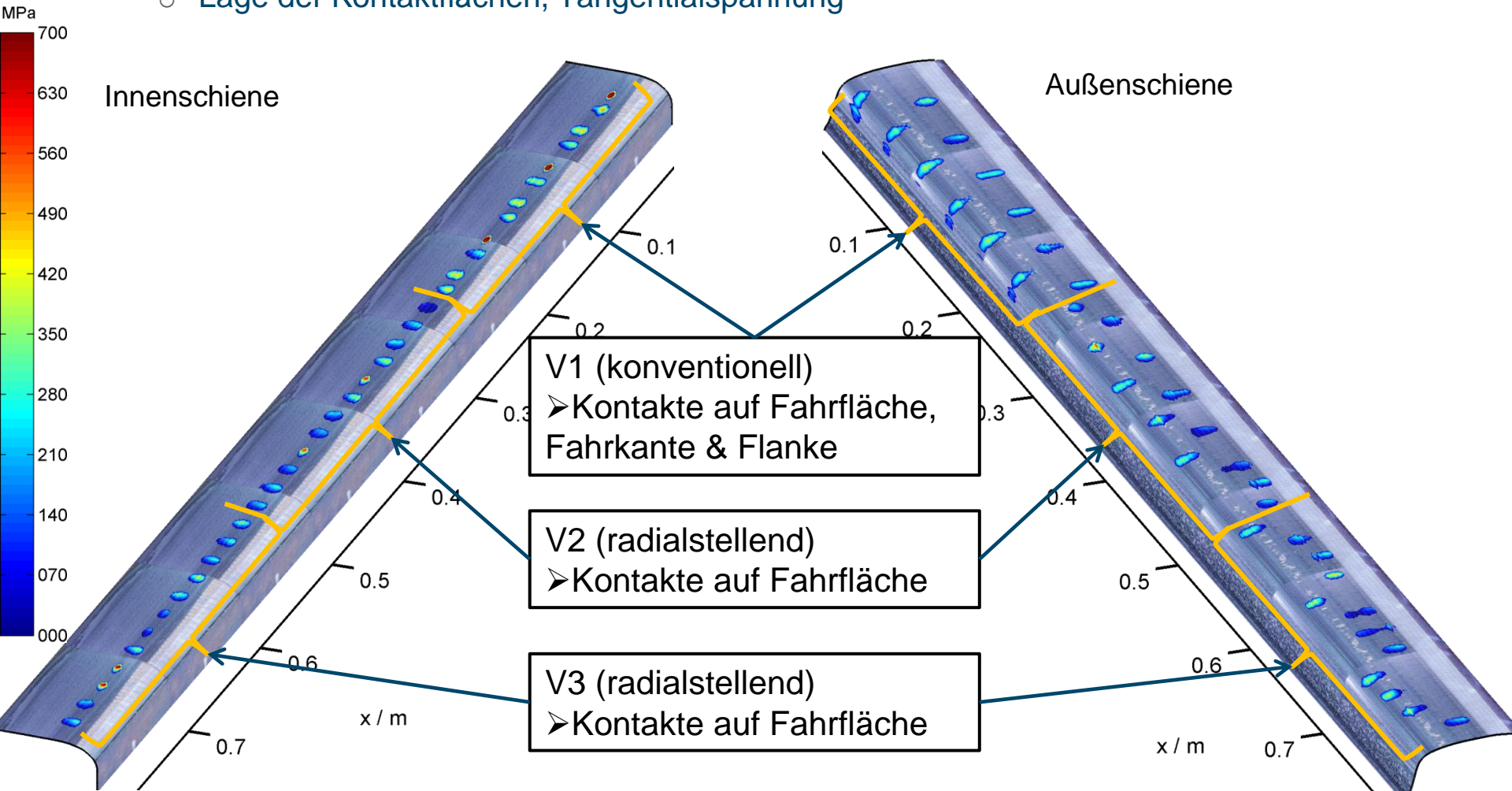
- Simulation eines Konstantbogens mit
 - $R = 301\text{m}$, $a_q = 0,2\text{m/s}^2$
 - Schienengüte R350HT/R260
 - Fahrzeugmodell ohne Antriebs- und Bremskräfte
 - verschlissene, gemessene Schienenprofile
 - verschlissene, gemessene Radprofile
 - mittlere Fahrzeugbeladung aus Fahrgastzählung
 - Mischverkehr der drei Fahrzeugtypen entsprechend Betriebsdaten



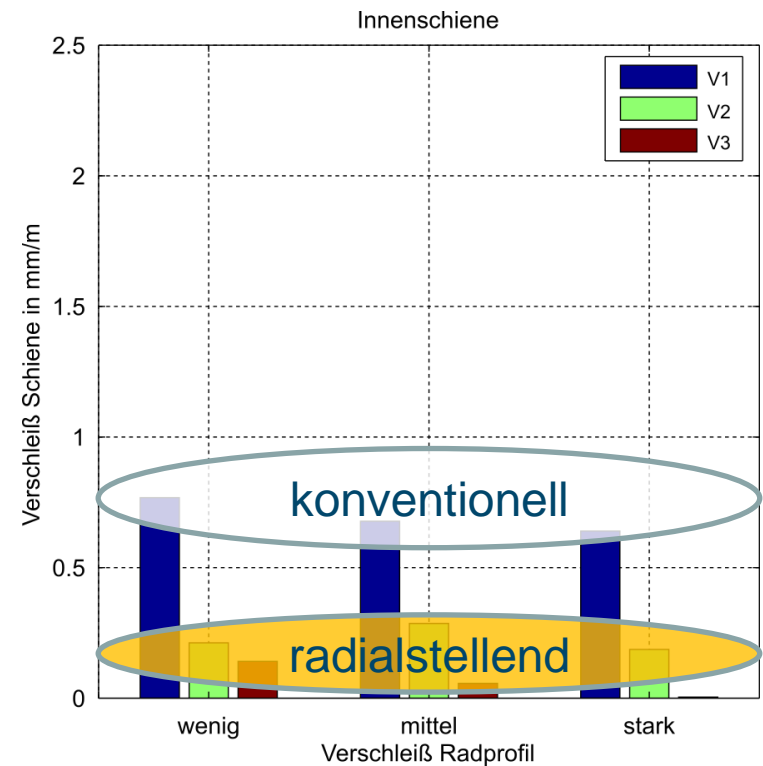
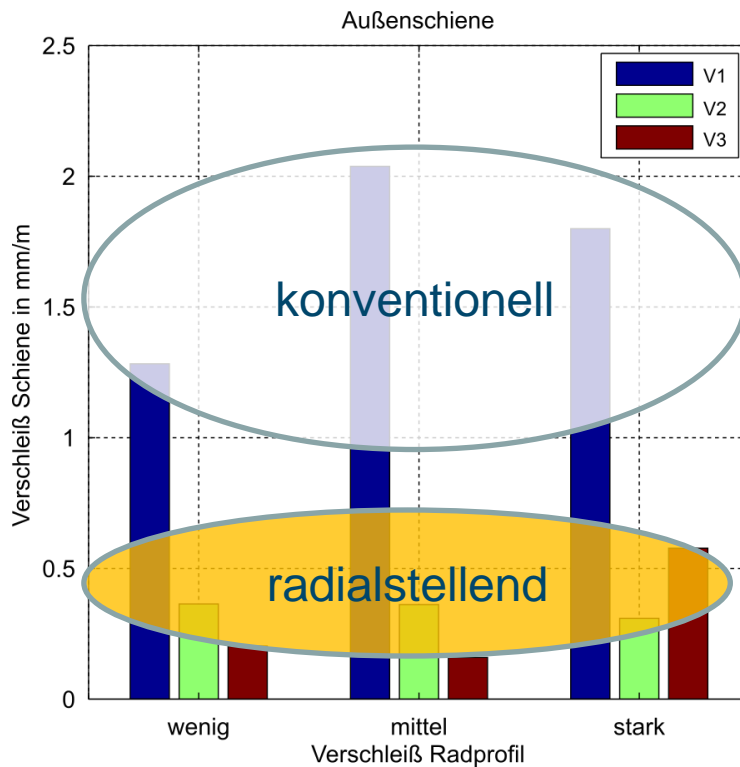
➤ Qualitativ-komparative Simulationen!



- **Messstelle in der U-Bahn Wien**
 - Gesamtschädigung
 - Lage der Kontaktflächen, Tangentialspannung

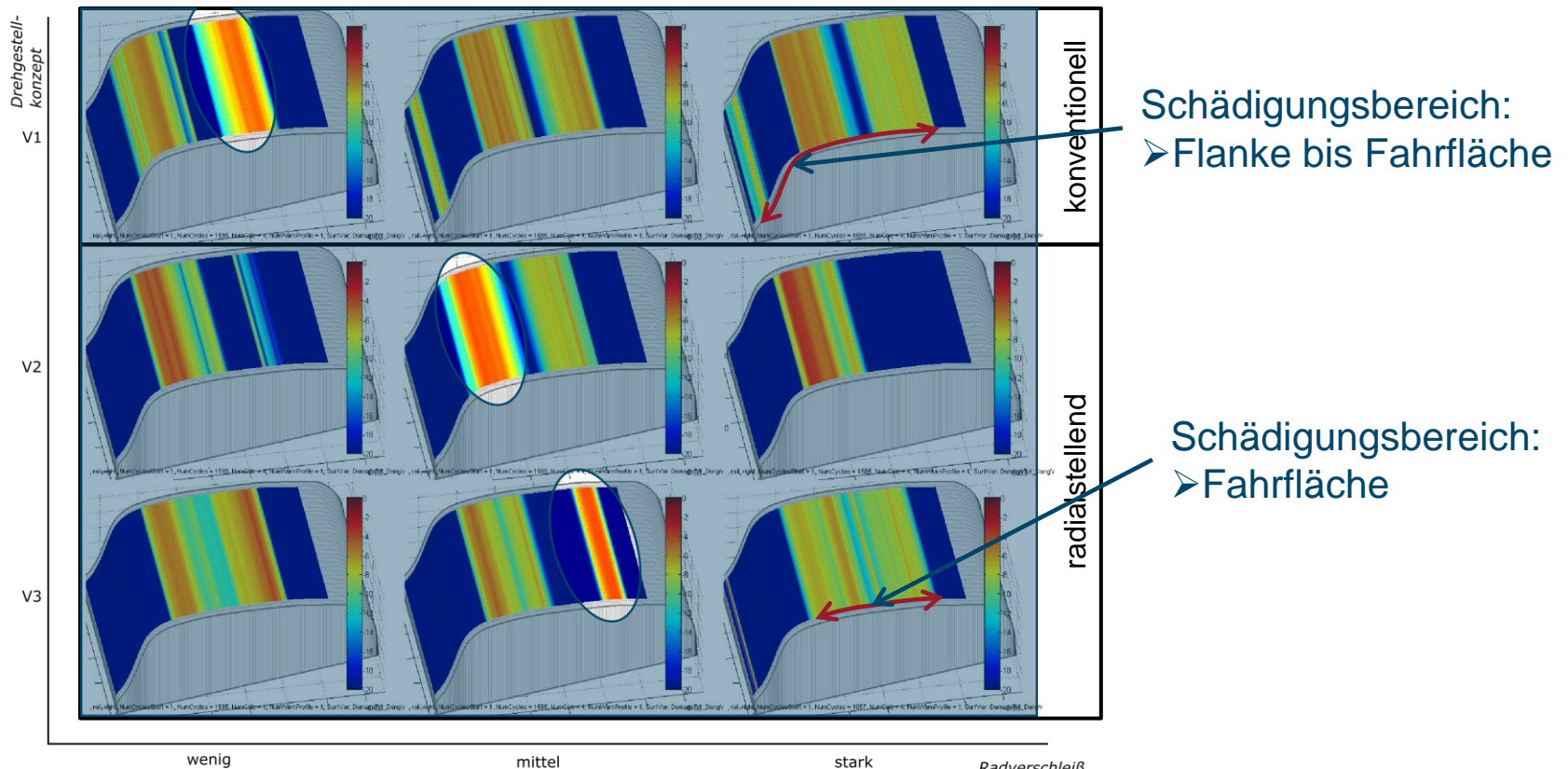


- **Messstelle in der U-Bahn Wien**
 - Schienenverschleiß pro Fahrzeug pro Überfahrt
 - Summe pro Fahrzeug
 - Außenschiene > Innenschiene
 - konventionell (V1) > radialstellend (V2&V3)



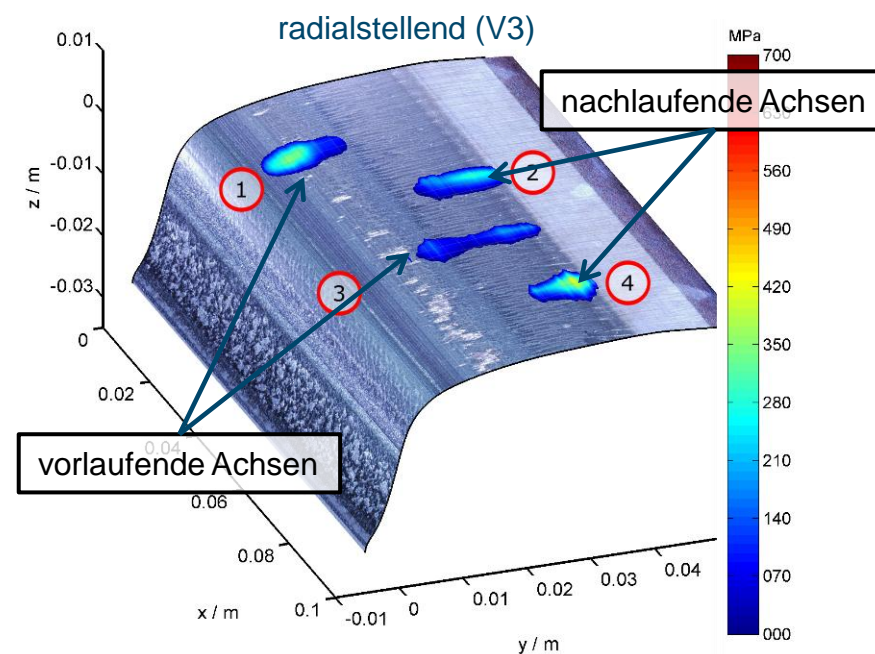
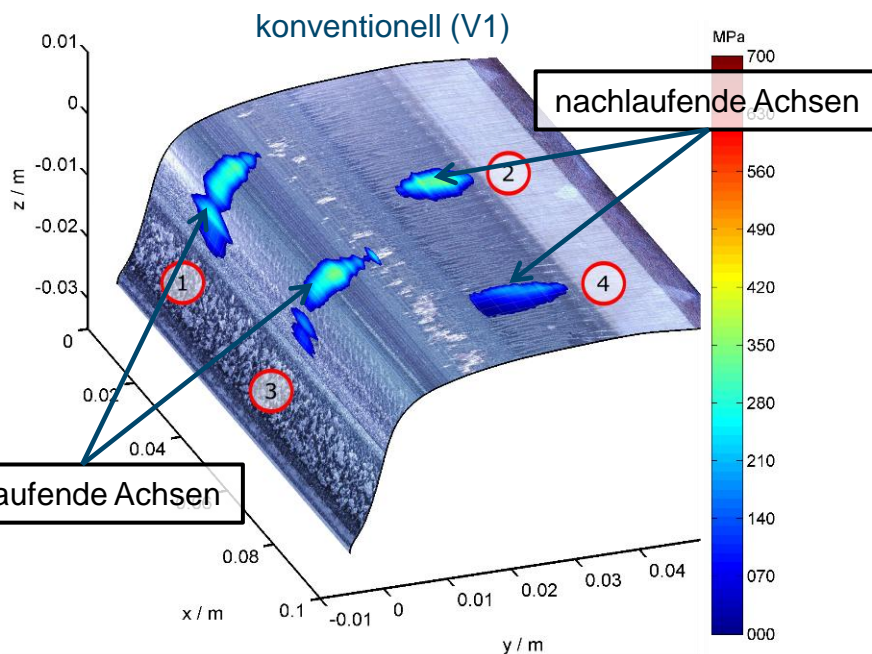
▪ Messstelle in der U-Bahn Wien (Außenschiene)

- Schädigung pro Fahrzeug pro Überfahrt
 - Bewertet nach Dang-Van
 - Schädigungsbeiträge konventionell \approx radialstellend
 - Schädigungsbereich konventionell $>$ radialstellend
 - Ort der Schädigung unterschiedlich



▪ Messstelle in der U-Bahn Wien (Außenschiene)

- Schädigung pro Fahrzeug pro Überfahrt
 - wenig verschlissene Radprofile
 - Lage der Kontaktflächen, Tangentialspannung
 - Schädigung Fahrfläche: konventionell (nachlaufend) & radialstellend
 - Schädigung Fahrkante & -flanke: konventionell (vorlaufend)

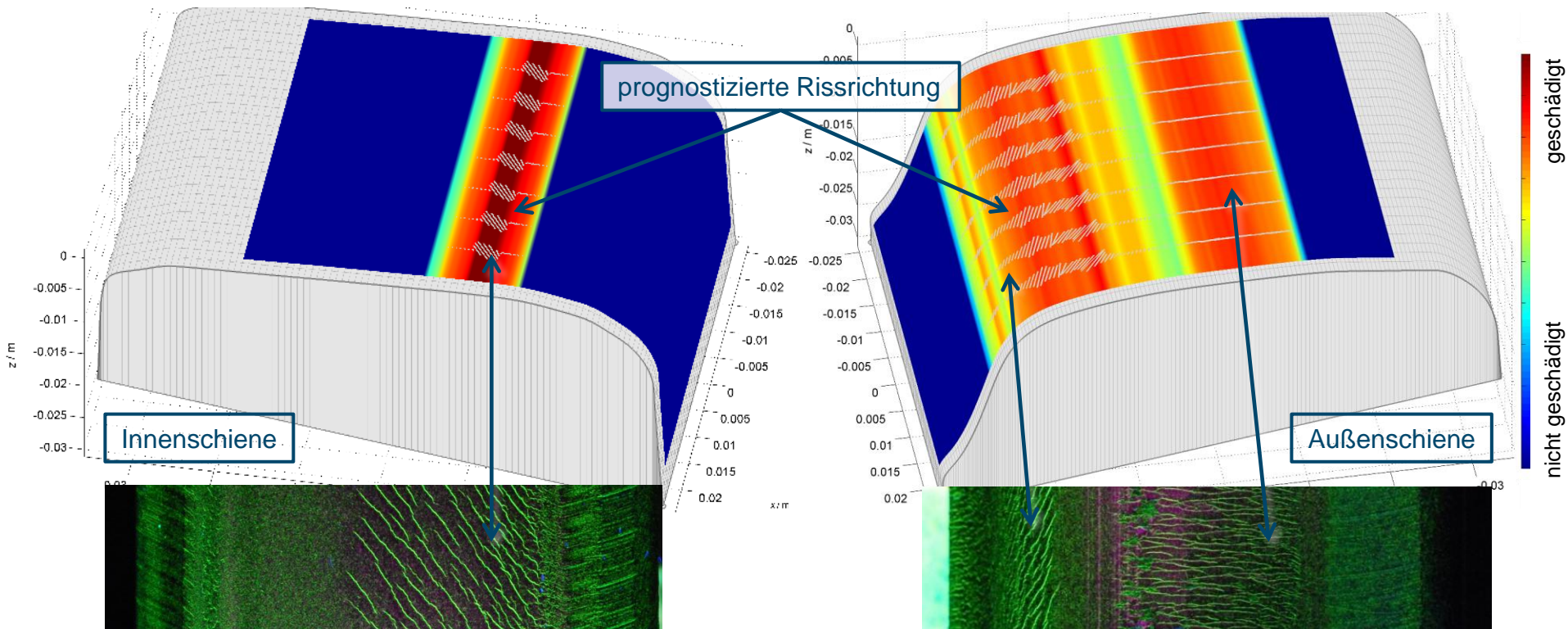


(1) Drehgestell 1, Radsatz 1; (2) Drehgestell 1, Radsatz 2; (3) Drehgestell 2, Radsatz 1; (4) Drehgestell 2, Radsatz 2

▪ Messstelle in der U-Bahn Wien

▪ Gesamtschädigung

- Schädigung nach Dang-Van mit Berücksichtigung von Verschleiß, prognostizierte Rissrichtung
- qualitativ gute Übereinstimmung
- Abweichung der max. Dang-Van Schädigung an Fahrkante

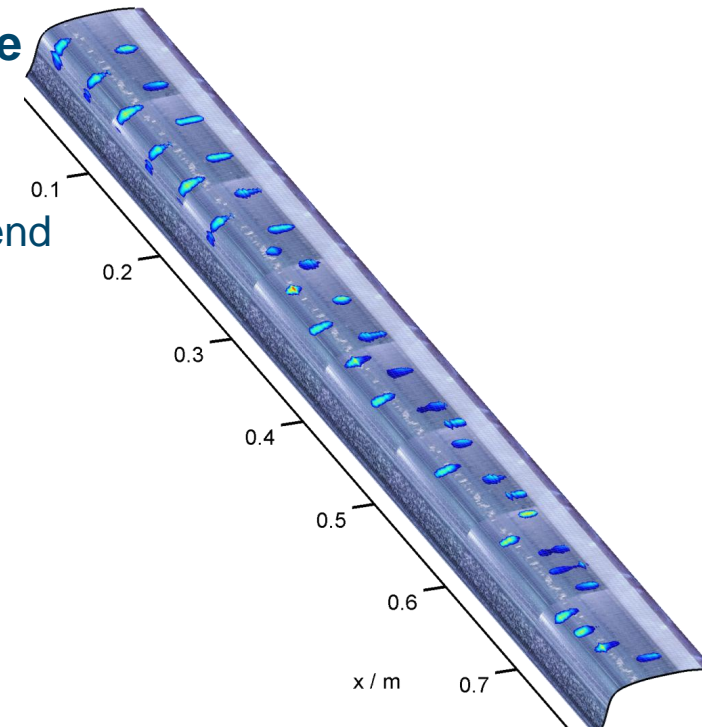


- **Untersuchung auf „realer“ Strecke**
 - Schädigungseinfluss in Bezug zur U-Bahn Wien ermittelt
 - lokale Betrachtung notwendig
 - Entwicklung eigener Berechnungswerkzeuge und –strategie
 - qualitativ gute Übereinstimmung der Berechnungsergebnisse mit Messdaten

- **Schädigungsrelevanz untersuchte Drehgestelle**
 - Verschleiß: konventionell > radialstellend

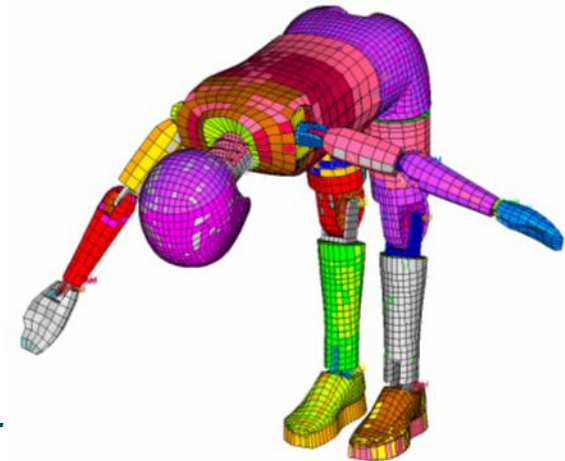
 - RCF (Dang-Van Kriterium): konventionell \approx radialstellend

 - Ort der Schädigung:
 - Fahrfläche: konventionell & radialstellend
 - Fahrkante und Schienenflanke: konventionell



- **derzeitige/zukünftige Aktivitäten**
 - Verbesserung Abbildung Betrieb
 - Weiterentwicklung RCF-Kriterium
- Ermittlung der schädigungsrelevanten Systemparameter
 - Kontaktebene: Normallast, Schlüpfе, Reibverhältnisse, ...
 - Systemebene: Steifigkeit Radsatzführung, Rad- & Schienenwerkstoffe, ...
 - Betriebsebene: Fahrzeug-/ Streckenmix





Contact:
 Christof Marte
 VIRTUAL VEHICLE
christof.marte@v2c2.at

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 (BMWFI), der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), dem Land Steiermark sowie der Steirischen Wirtschaftsförderung (SFG) für die finanzielle Unterstützung.

Ebenfalls danken wir den unterstützenden Firmen und Projektpartnern:

