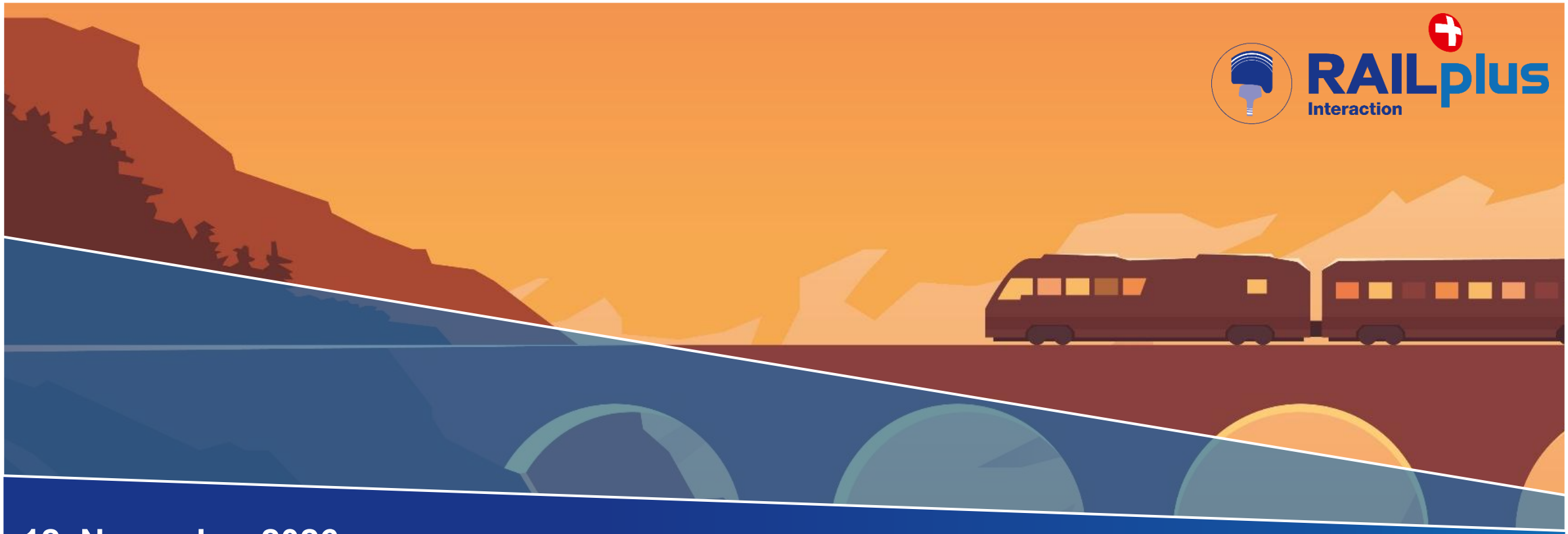


12. November 2026

Optimierung des Rad-Schiene-Systems durch Massnahmen am Fahrweg

IHRUS, Verkehrshaus Luzern

Friedrich-Christian Walther, RAILplus @ Zentralbahn



Warum muss nun auch der Fahrweg seinen Beitrag zur wirtschaftlichen Optimierung des Rad-Schiene-Systems leisten?

RAILPLUS – DIE METERSPURIGEN

Alle mit den gleichen «Herausforderungen» – Lösung: Nur gemeinsam sind wir stark!

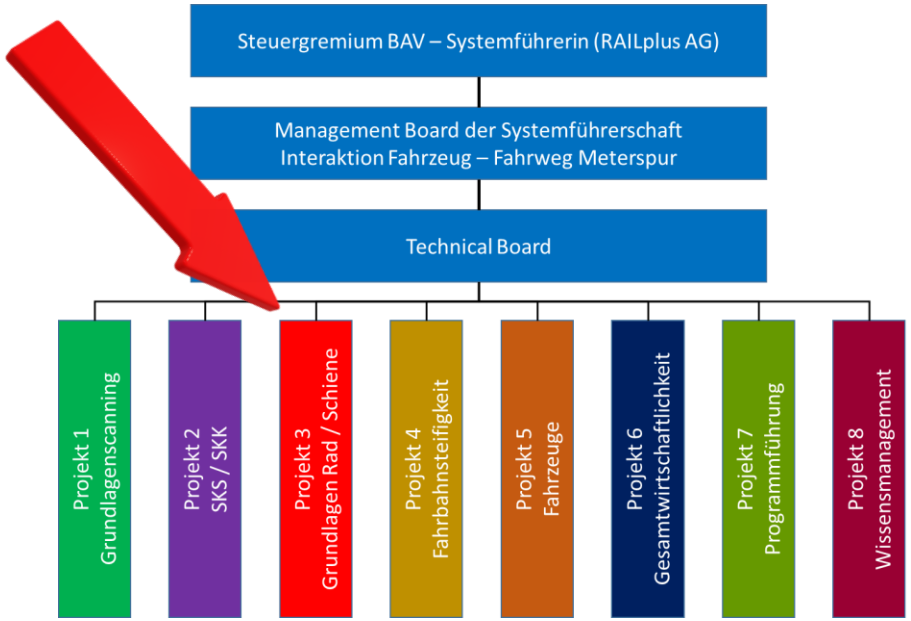


22 Bahnen

1450 km Meterspur

INTERAKTION FAHRZEUG – FAHRWEG

Von der Systemführerschaft in die Meterspurzentren

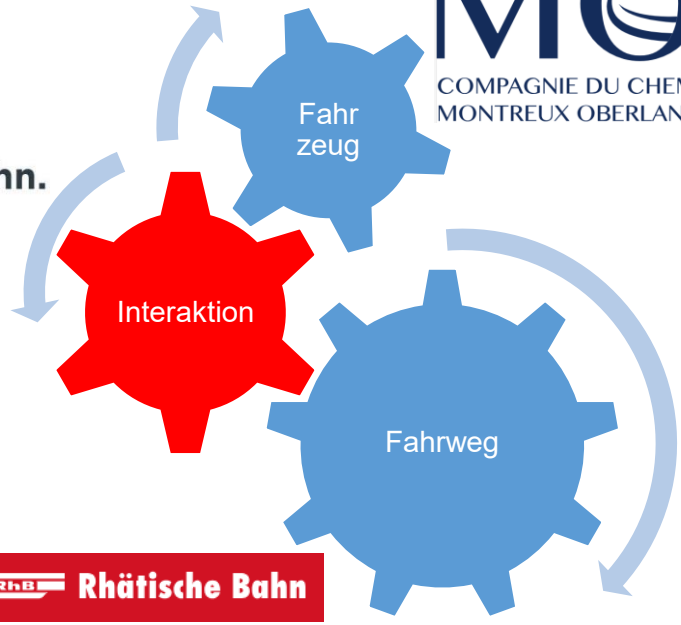


Meterspurzentren (MSZ)

Die Zentralbahn.

Appenzeller Bahnen

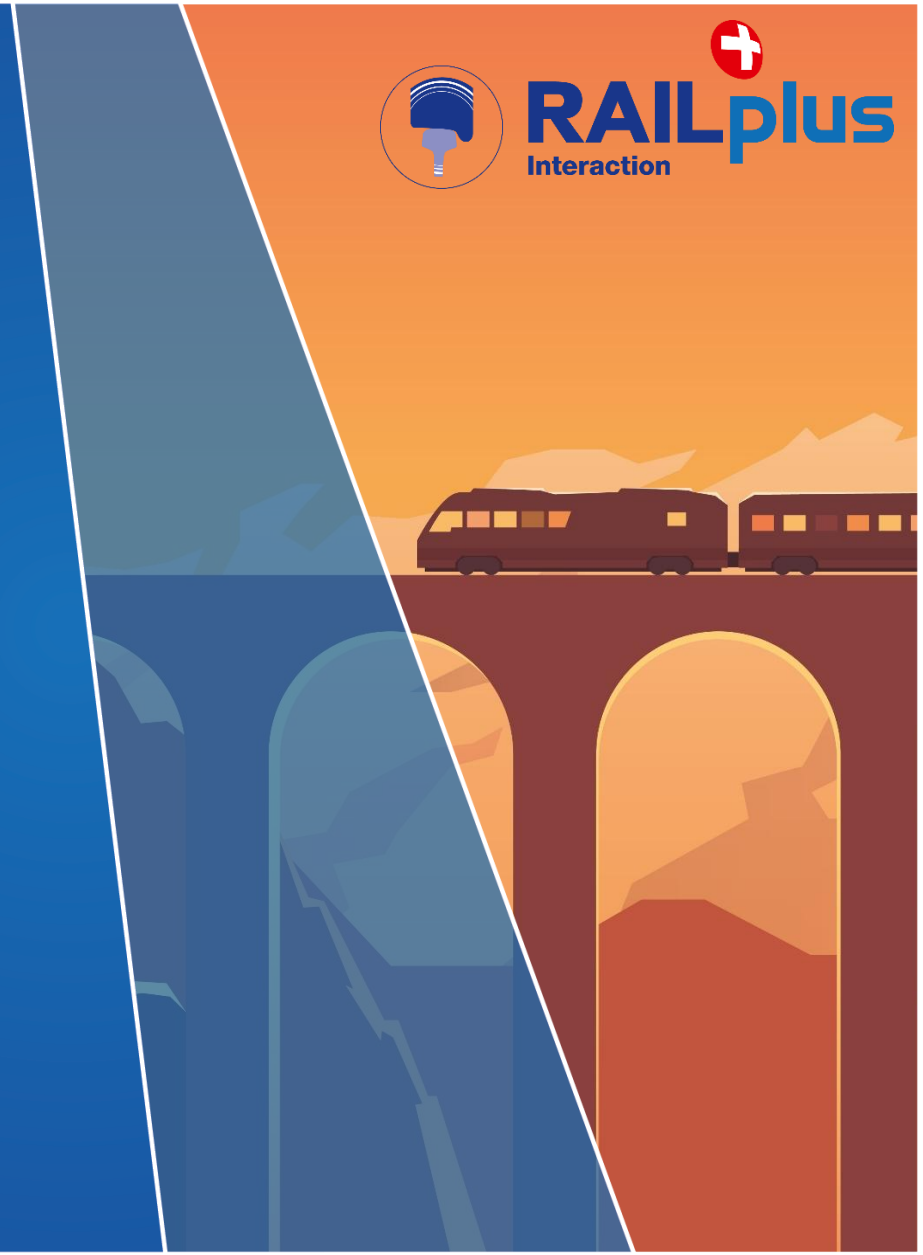
MOB
COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER
MONTREUX OBERLAND BERNOIS



Rhätische Bahn

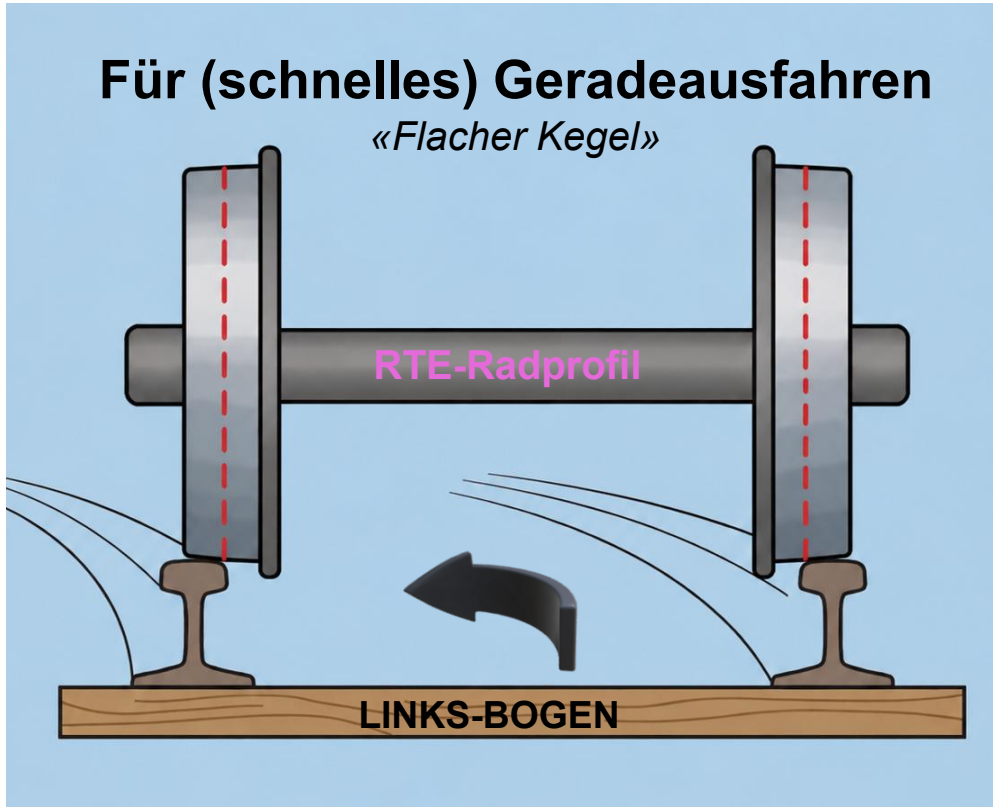
matterhorn
gotthard bahn

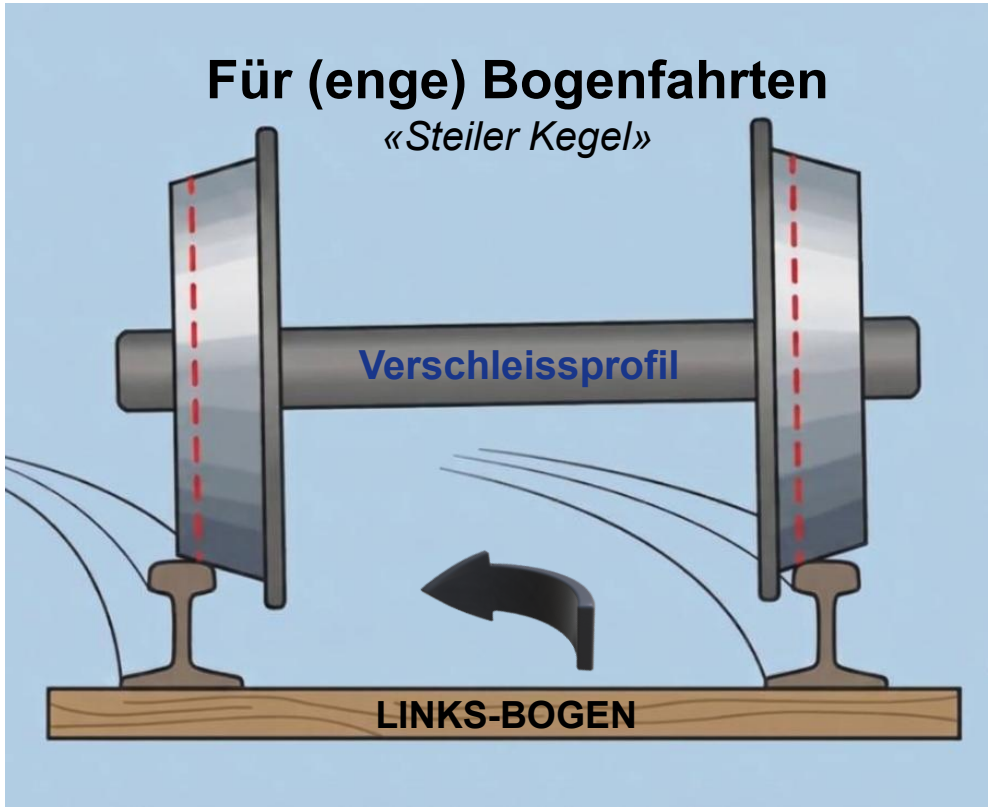
1. RÜCKBLICK:
WEG ZUM VERSCHLEISS-ANGEPASSTEN RADPROFIL



RADPROFILFORM

Einfluss der Kegelneigung





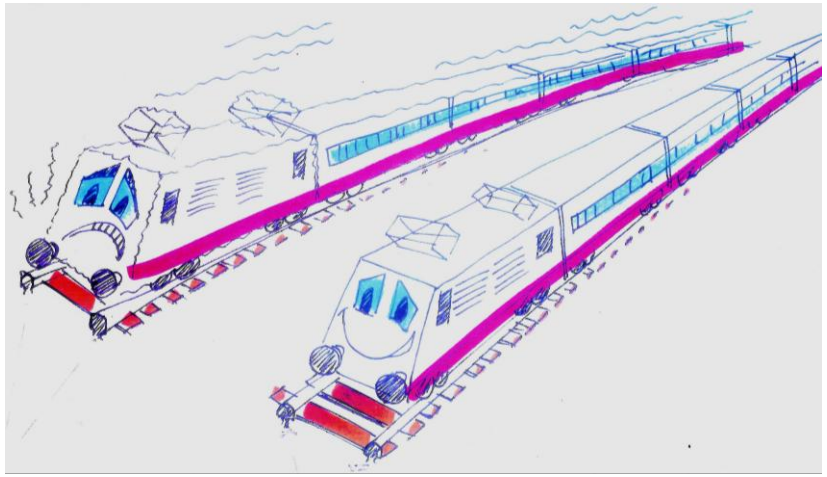
➢ **Zum bogenfreundlichen Fahren benötigt man einen steileren Konus (grössere Konizität).**

LAUFTECHNIK – INTERAKTION RAD/SCHIENE

Theorie in Kürze – die 2 wichtigsten Parameter

äquivalente Konizität

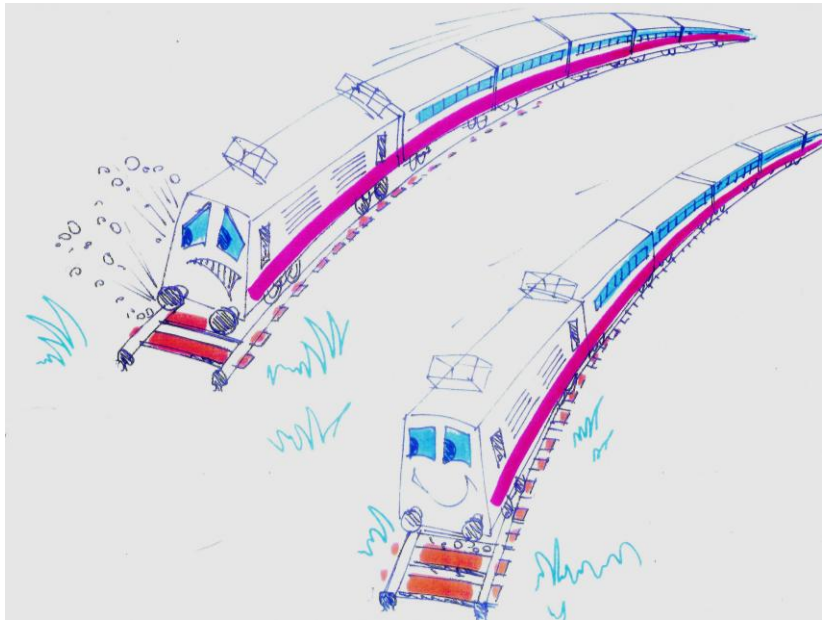
Bedeutung für Fahrt auf Geraden / bei höheren Fahrgeschwindigkeiten (Mass für Fahrstabilität)



- Zu hohe Konizität → instabiles Fahrverhalten (DG-Instabilitäten/Schlingern)
- Zu niedrige Konizität → «low frequency body motions» (Wagenkastenschwingungen)

Radialstellungsindex*

Bedeutung für Fahrt im Gleisbogen



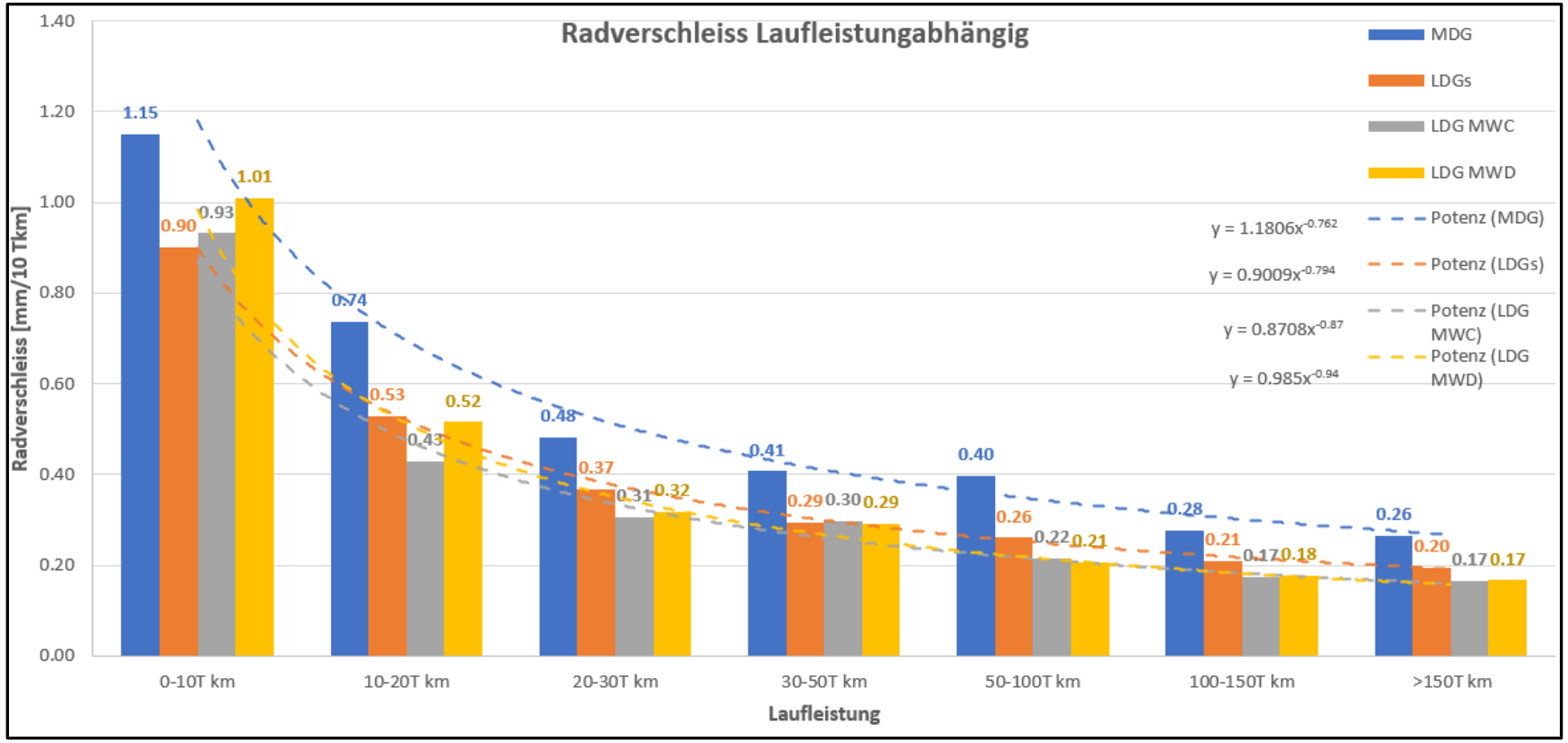
Höherer Radialstellungsindex → schlechterer Bogenlauf (höherer Verschleiss)

- **Für optimale Profilpaarung: Gratwanderung zwischen zu niedrigen und zu hohen Konizitäten mit gleichzeitig guter Bogenlauffähigkeit.**

*Aus dem Radialstellungsindex ergibt sich der kleinste befahrbare Bogenradius, bei dem eine Radialstellung noch möglich ist. – Videos/Darstellungen von Dipl.-Ing.'s J. Stephanides, R. Müller & T. Kolbe

VERSCHLEISSENTWICKLUNG RAD

Auswertung Radverschleiss über Laufleistung @RhB*



➢ **Nominelle Radprofile werden im Betrieb bogenfreundlicher**

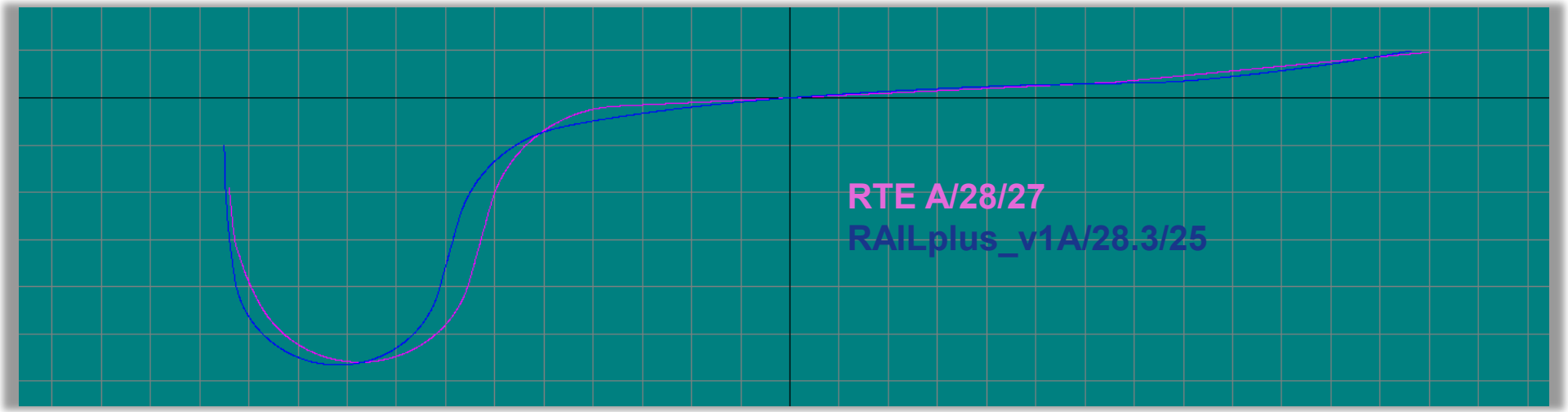
*Auswertung vom RTZ (Capricorn) aus dem Jahr 2024.

ENTWICKLUNG OPTIMIERTES RADPROFIL

Verschleissangepasstes Radprofil: RAILplus_v1A / B

Entwicklung* 2 optimierter spurkranzgeschwächter Verschleissprofile **RAILplus_v1A/28.3/25** und **RAILplus_v1B/28.3/20**

- **Grundlage** ist das sich nach Zeit von **selbst einstellende reale Verschleissprofil**
- Für Bögen: Radialstellungsindex wird für **deutlich engere Radien** (im Gegensatz zum *RTE A* Profil) auf den betrachteten Strecken **erfüllt**



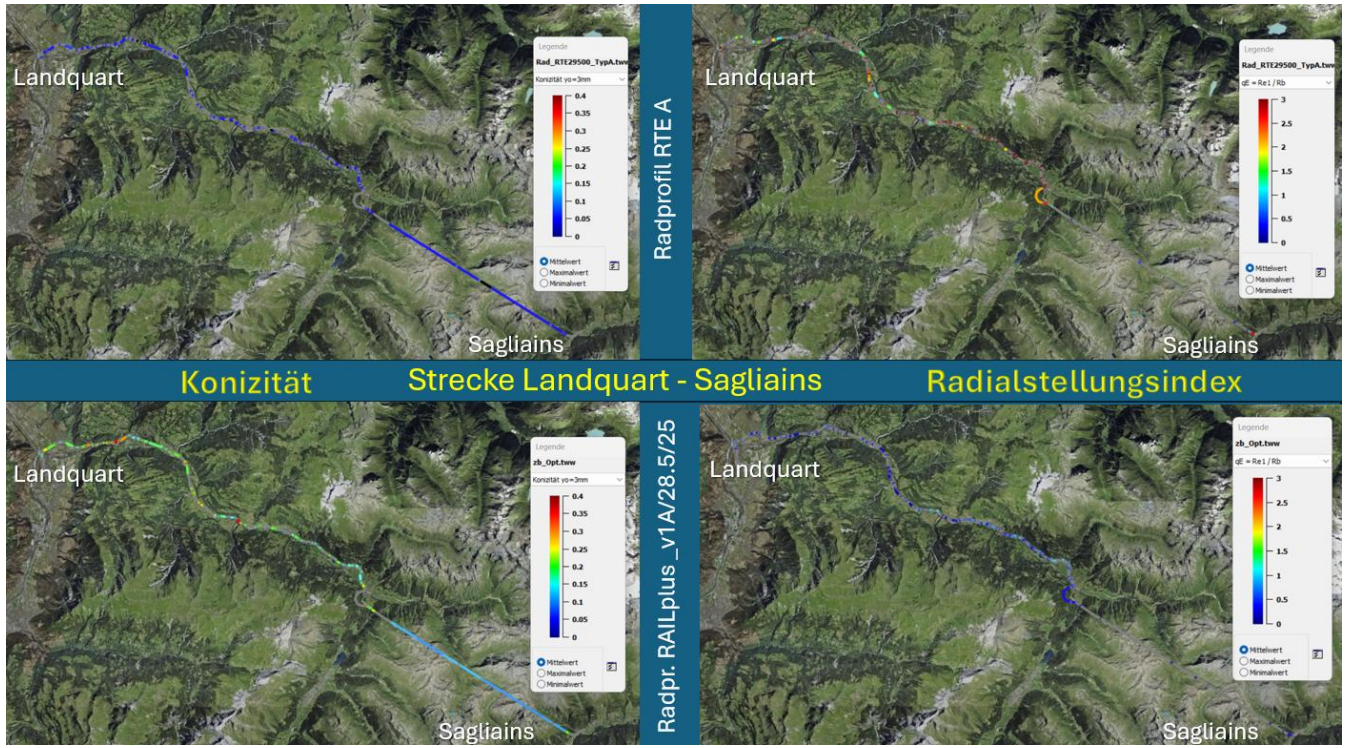
➢ **Ziel: Weniger Profilveränderung/Verschleiss, längere Laufleistung und breiter Fahrspiegel mit Schädigungsreduktion.**

➢ **Paarung optimiert für Schienenprofil 46E1 mit nomineller Spurweite von 1003 mm.**

*Durch Dipl.-Ing. R. Müller im Jahr 2024.

REALE PROFILPAARUNG @RHB

Auswertung* mittels der Software «Rad/Gleis-Kontakt Meterspur CH»

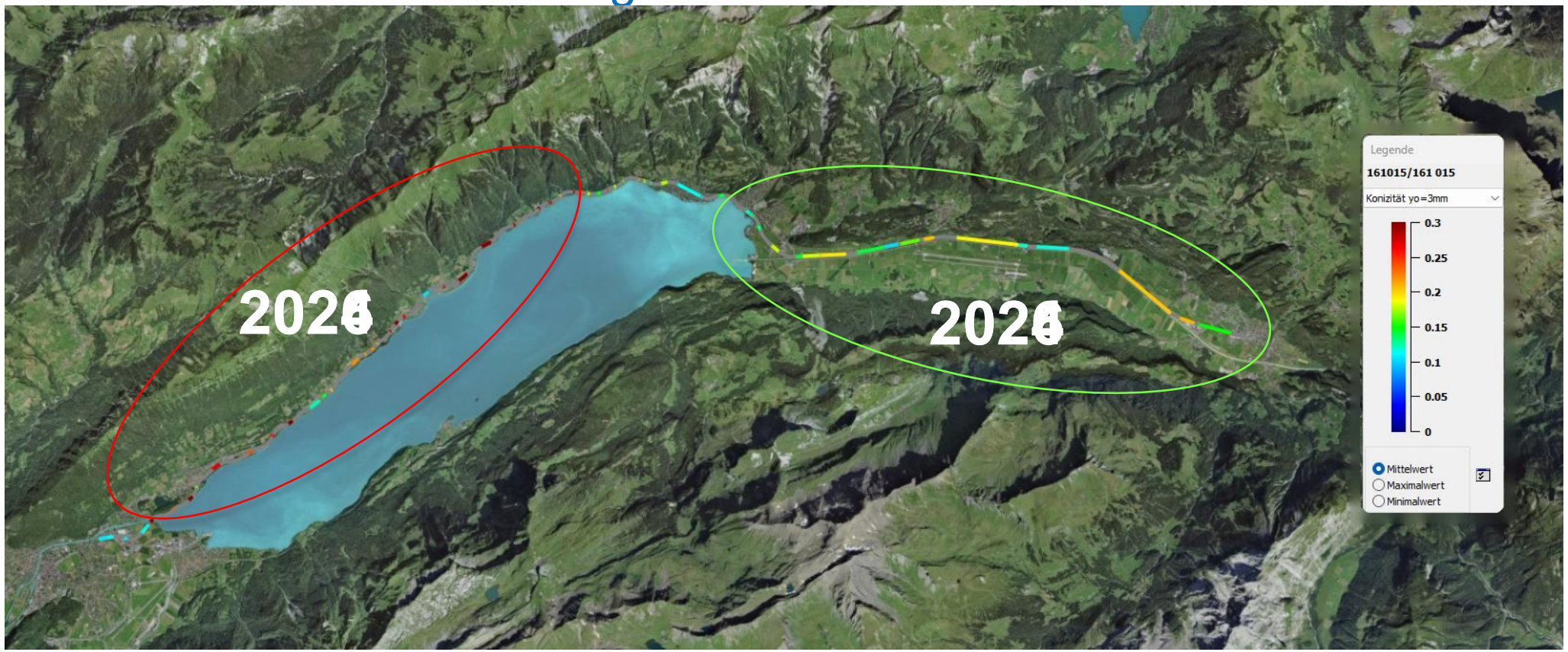


- **Daraus lassen sich Massnahmen für Fahrzeug/Fahrweg ergreifen (z.B. opt. Rad/Schiene-Profile, Instandhaltung).**

*Messdaten des ARGE FahrwegDiagnose Messwagens aus dem Herbst 2023.

REALE PROFILPAARUNG @ZB

Einfluss von Schienenbearbeitung



➢**Schienenpflege auch in der Geraden bei flachen Schienenköpfen notwendig – Konizitätsgrenzwertempfehlung für Infrastruktur.**

*Messdaten des ARGE FahrwegDiagnose Messwagens aus dem 2024 & 2026.

2. RÜCKBLICK:

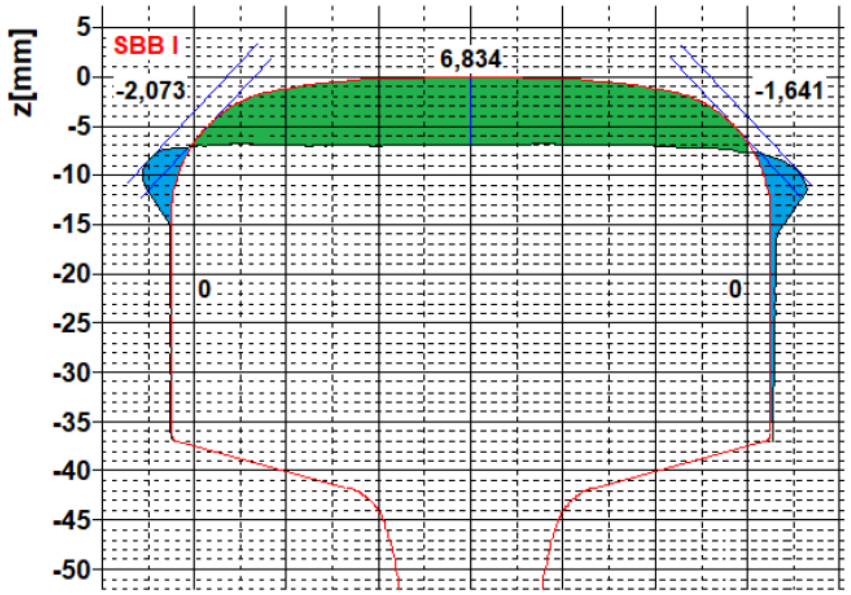
WEG ZUM VERSCHLEISS-OPTIMIERTEN SCHIENENPROFIL



VERSCHLEISSENTWICKLUNG SCHIENE

Beispielhafter Schienenkopfverschleiss @MGB*

Linke Schiene: Bogen innen



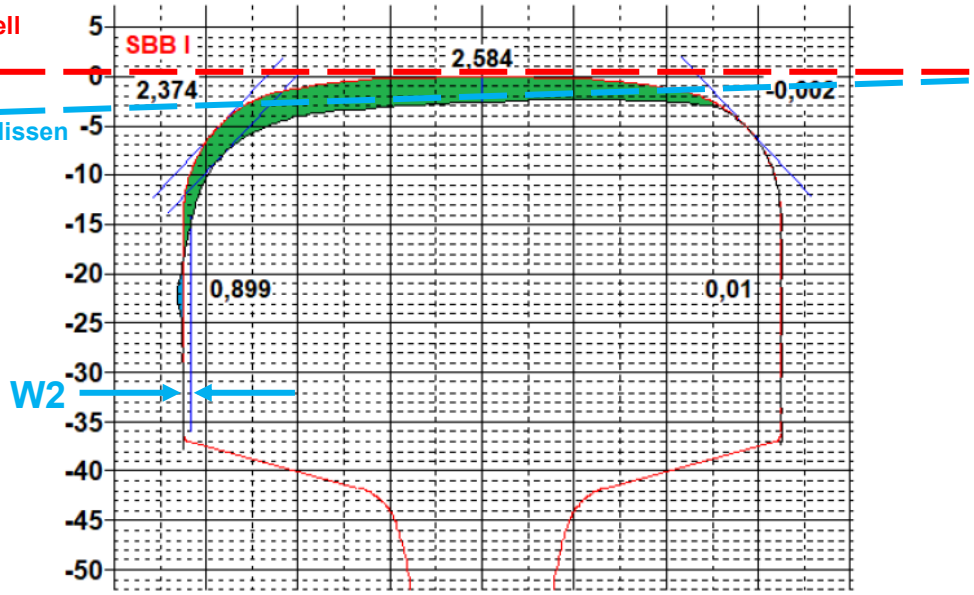
$Neigung_{Fahrfläche_nominell}$
$= Neigung_{Schienenfuss}$

$Neigung_{Fahrfläche_verschlissen}$

LINKS-BOGEN



Rechte Schiene: Bogen aussen

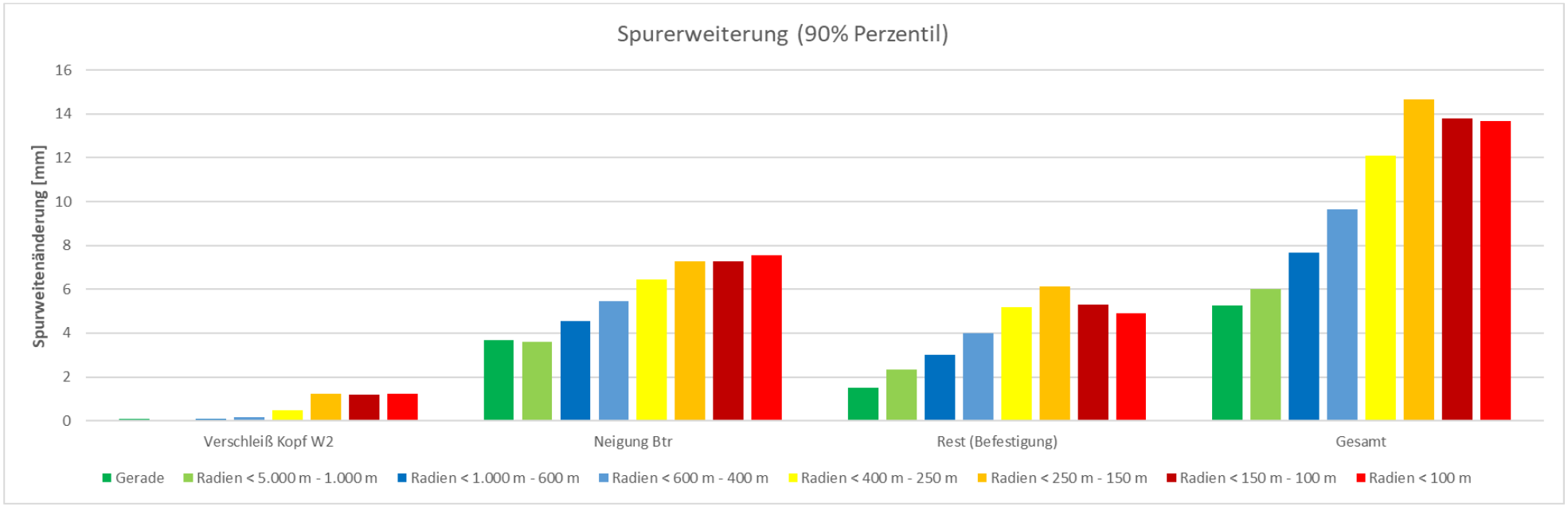


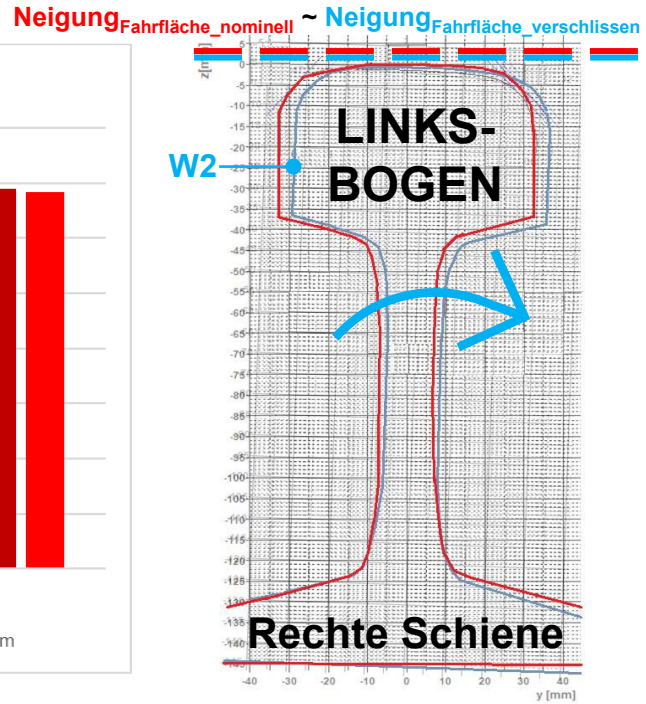
- **Innenschienen im Bogen und Schienen auf der Geraden flachen ab.**
- **Aussenschiene weisst nur minimalen Schienenflankenverschleiss (W2) auf.**
- **Die Fahrflächenneigung entspricht nicht mehr der Schienenfussneigung und die grosse Verschleisszone „schrägt ab“.**

*Messung aus dem Jahr 2023 von einem 194 m Linksbogen und Visualisierung durch die DB-Systemtechnik.

MESSUNG SPURERWEITERUNG

Einfluss* Fahrkantenverschleiss, Schienenneigung & Befestigungsmittel





➢ **Die Zwischenlagen und Befestigungsmittel halten den derzeitigen Belastungen nicht mehr Stand.**

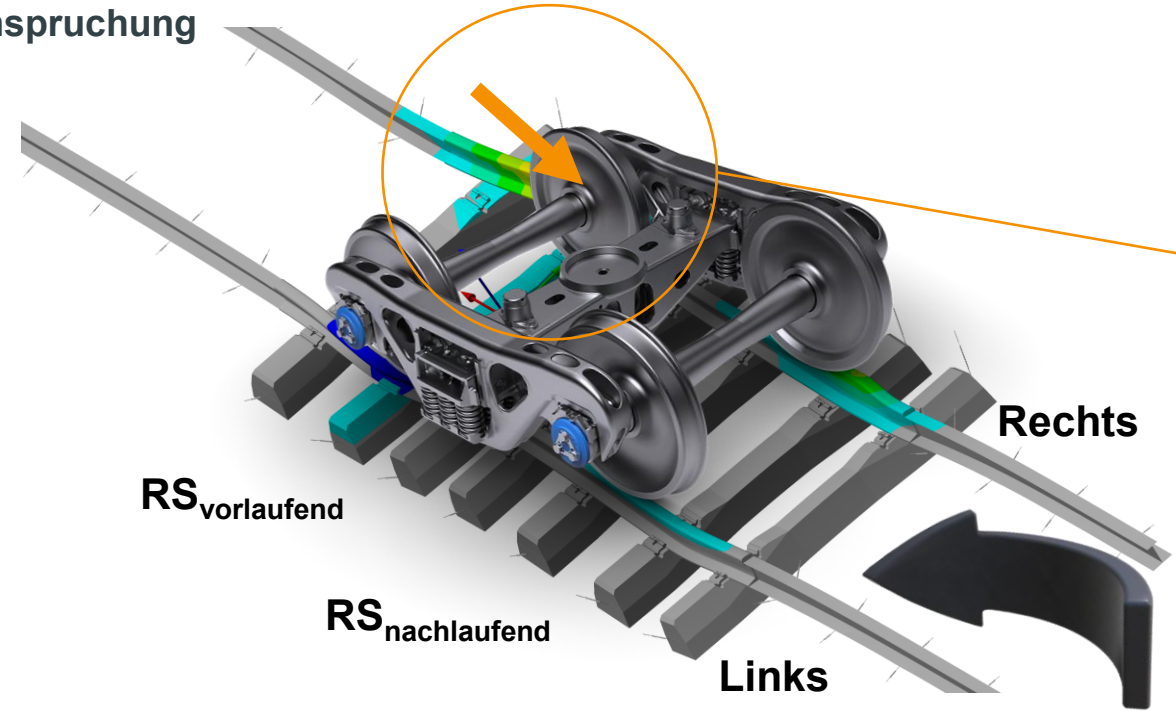
*Auswertung von Messdaten des ARGE FahrwegDiagnose Messwagens aus dem Herbst 2023 von der Strecke Brig-Zermatt (MGB) durch die DB-Systemtechnik – Foto von RhB

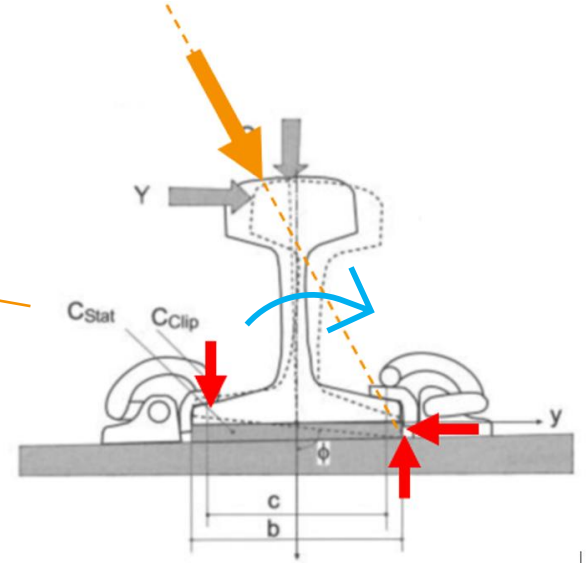
SIMULATION SPURERWEITERUNG

Nicht durch Verschleiss verursacht

Die reversible Spurerweiterung ist unter den definierten Bedingungen aus dem FE-Modell* und der Messung gering.

- **Monotone Beanspruchung**
- Max. ~3 mm





Rechte Schiene
Bogen aussen

➢ **Empfehlung aus Simulationen: Smart SKK/SKS & stets Schwellenbesohlung bei Einsatz von Betonschwellen!**

*Aufgebaut und analysiert durch die DB-Systemtechnik im Jahr 2025 und mit Messdaten der MGB abgeglichen.

ENTWICKLUNG OPTIMIERTES SCHIENENPROFIL

Verschleissoptimiertes Schienenkopfprofil: RAILplus_v1S

Entwicklung* zunächst eines **asymmetrischen Schleifprofils** für den Bogen, um mit möglichst wenig Materialabtrag berührgeometrisch zu optimieren:

- **RAILplus_v1Si** für **S**chiene im Bogen **i**nnen und **RAILplus_v1Sa** für **S**chiene im Bogen **a**ussen
- Aufbau möglichst grosser Rollradiendifferenzen zur **Schlupfwellenverminderung** (damit auch Radpolygon- und Lärmminderung)



➢ **Ziel: Weniger Profilveränderung/Verschleiss, längere Liegezeiten und definierter Berührpunkt trotz Aufstellen der Schiene mit Reduktion der Schädigung an Rad/Schiene.**

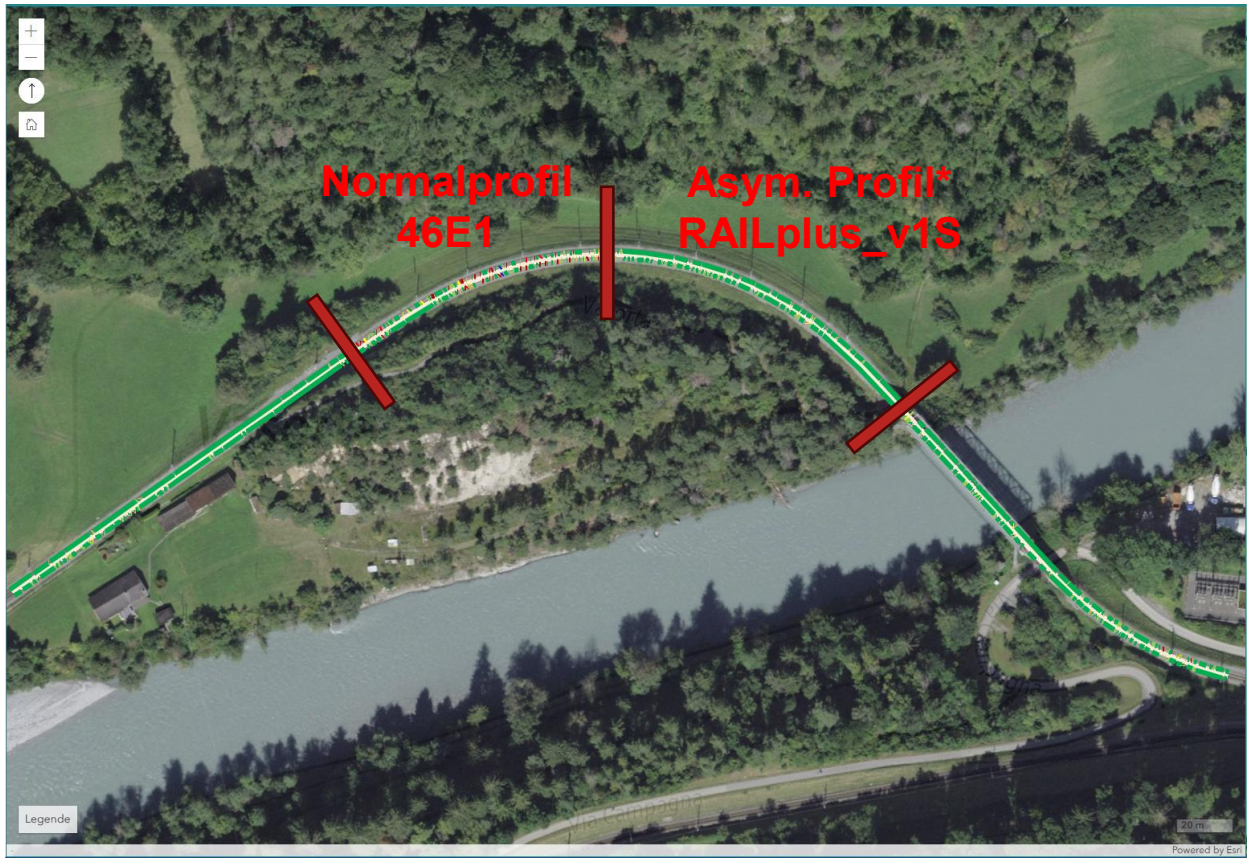
*Durch Dipl.-Ing. J. Stephanides & Dipl.-Ing. R. Müller 2025.

3. HEUTE & MORGEN: BETRIEBSVERSUCHE



ASYMMETRISCHES SCHIENENPROFIL

Betriebsversuch @RhB (sowie auch ZB & AB)







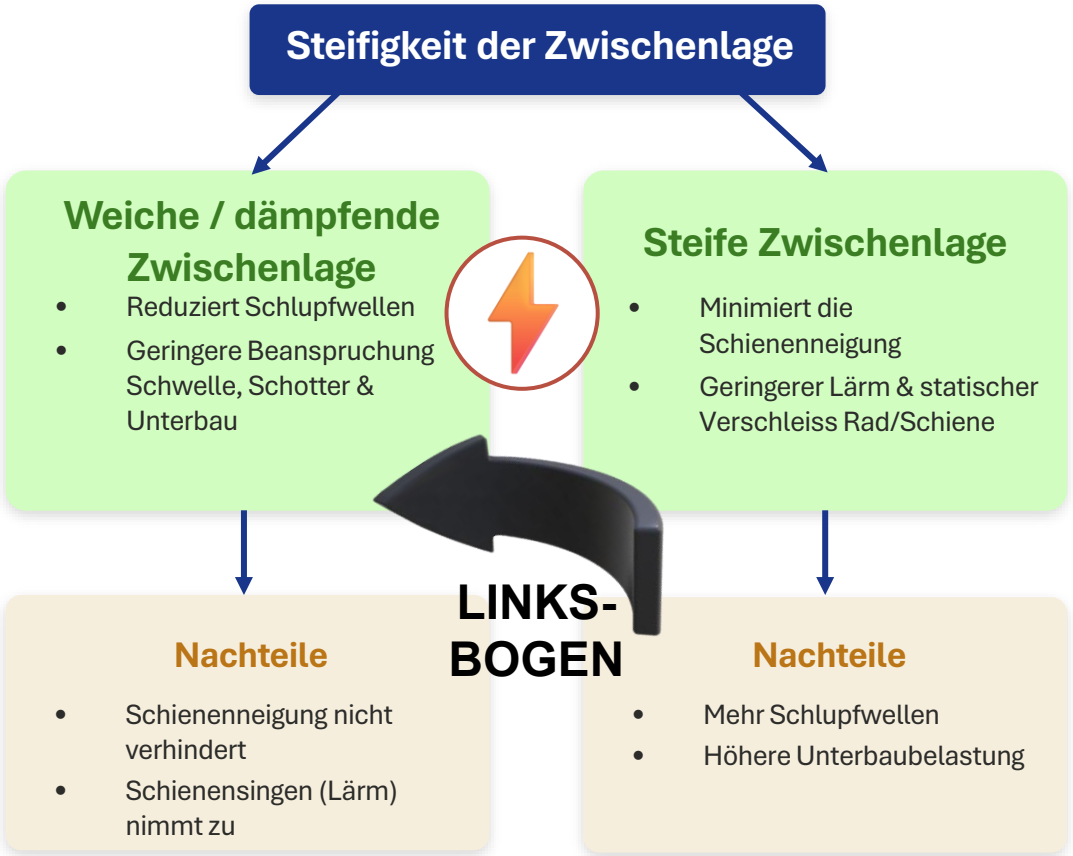
*Entwickelt 2025 von Dipl.-Ing. J. Stephanides & Dipl.-Ing. R. Müller – hier der Farschbogen mit Fotos bogeninnen vom 15.05.2026

STÜTZPUNKTVERSUCHE

Zur Verschleissreduktion im engen Bogen

Bei 5 Bahnen* mit Variation der Befestigungsmittel und Zwischenlagen:

- Testeinbauten mit aussagekräftigem Messkonzept unter realen Bedingungen
- **Aufstellen der Schiene** bogenaussen **verhindern** (statischer Verschleiss an Rad/Schiene)
- **Schlupfwellen** bogeninnen **reduzieren** (dynamischer Verschleiss)
- Spannklemmen mit erhöhter Niederhaltekraft
- Zwischenlagen mit unterschiedlichen Steifigkeiten

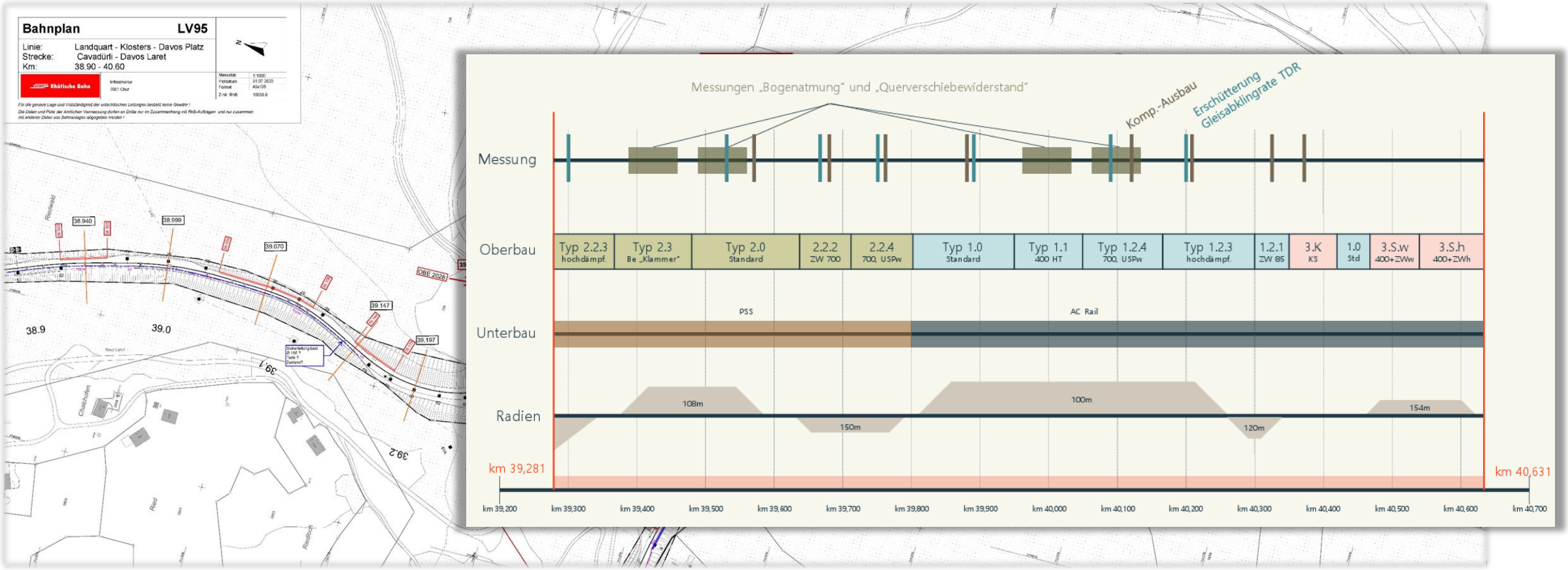


➢ **Ziel: Erkenntnis über die optimale Einbaukonfiguration zur Verschleiss- & Lärmreduktion.**

*RhB, AB, MOB, tpf & MOB

STÜTZPUNKTVERSUCHE

Beispiel: Pilotstrecke @RhB*



*zwischen Klosters – Davos mit 16 Material-Kombinationen allein auf dem Gleis ab Okt. 2026 (Pläne: RhB)

RAD-/SCHIENENWERKSTOFFE

Umsetzung der Empfehlungen vom Workshop mit DB-Systemtechnik

Zusammenfassung
Empfehlungen Meterspur

- **Radwerkstoffe**
- ER7, B4N und KVR 600 zu weich
- **Vollräder: ER9** (Toleranzband unten „abschneiden“)
- Höherfeste Werkstoffe wie ER10 müssen getestet werden, zuvor Radprofiloptimierung
- **Radreifen: B6z** (Vorgabe einer Streckgrenze ReH > 580 MPa
- Nach Radprofiloptimierung (möglicherweise) ER9 generell ausreichend

Schienenwerkstoffe

- **R260** nur für gerades Gleis ausreichend
- **R350HT** als Standard und **R400HT** nur bei hohem Verschleiß (Schlupfwellen) in sehr engen Bögen (Verschleißanalyse der Schienen notwendig)
- **Bainitische Schienenstähle** wegen zu hohem Verschleiß nicht zu empfehlen

Allgemeine Empfehlung

- Chargenzeugnisse bezüglich Soll- und Istwerten prüfen
- **Neue Rad-Schiene-Werkstoffe erproben!**

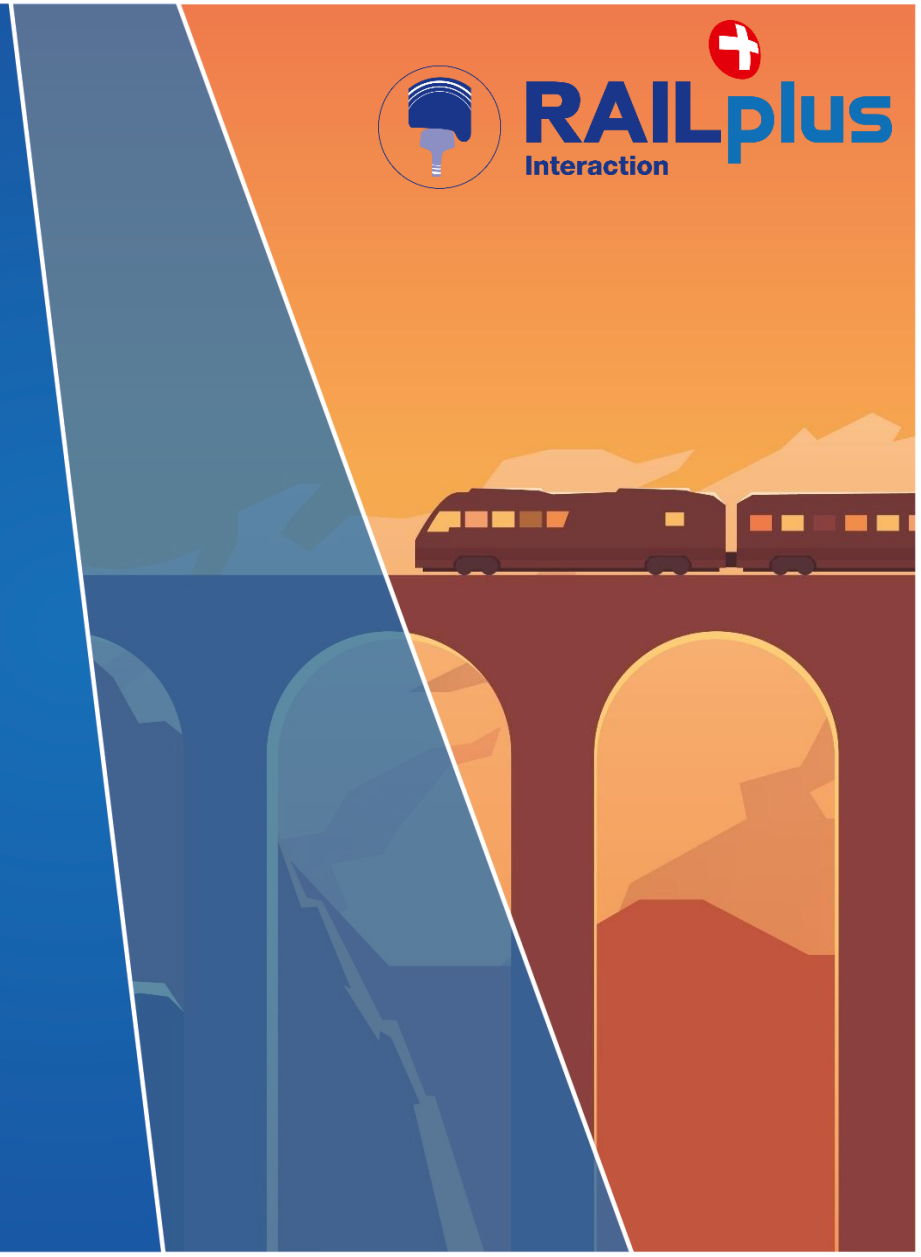
Systemtechnik

DB Systemtechnik GmbH | Dr. Katrin Mädler | Werkstoff- und Fügtechnik, TT.TVI3 | 17.10.2024

49

➢ **Kernaussage: Ohne optimierter Profilpaarung bringt auch eine Materialveränderung keinen optimalen Nutzen!**

4. ZUSAMMENFASSUNG



ZUSAMMENFASSUNG MASSNAHMEN

Zur wirtschaftlichen Optimierung aus Sicht Fahrweg

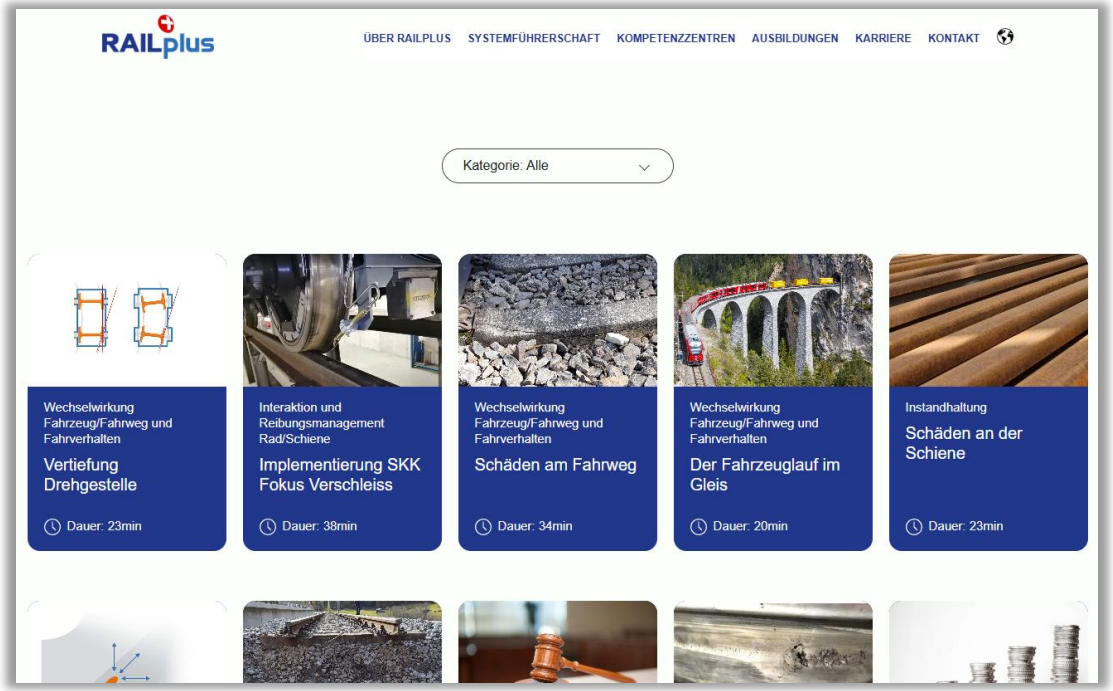


WISSEN TEILEN

Wissensmodule & Berichte frei verfügbar

Viele Wissensmodule 3-sprachig verfügbar:

- www.railplus.ch/de/wissensmodule



Viele Berichte & Ergebnisse nun auf Website verfügbar:

- Link zu Berichten

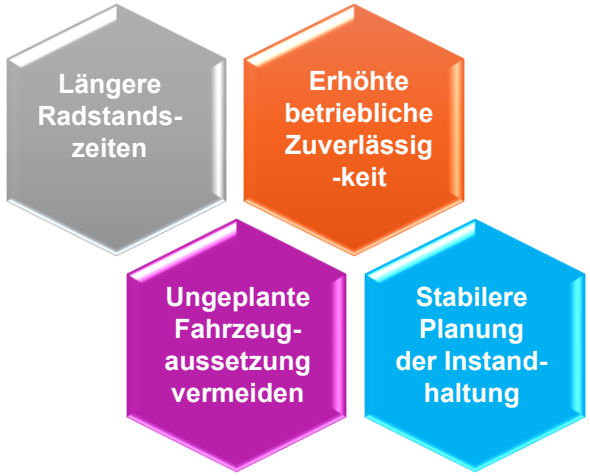


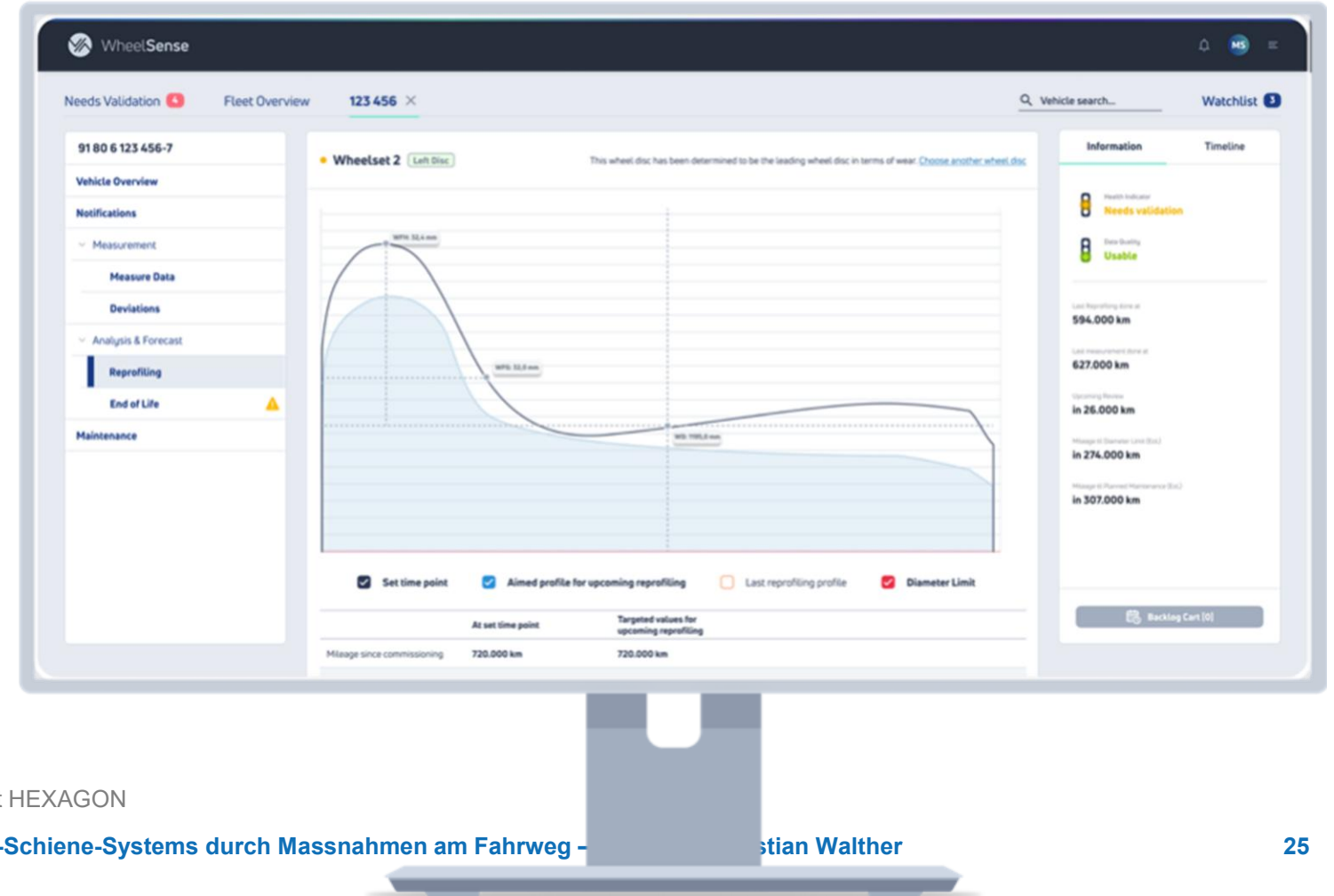
RAILPLUS RADSATZDATENBANK

Zur wirtschaftlichen Optimierung aus Sicht Rollmaterial

Entwicklung im Meterspurzentrum Interaktion (MSZ-I)

- Nutzung der Messdaten im Fokus!





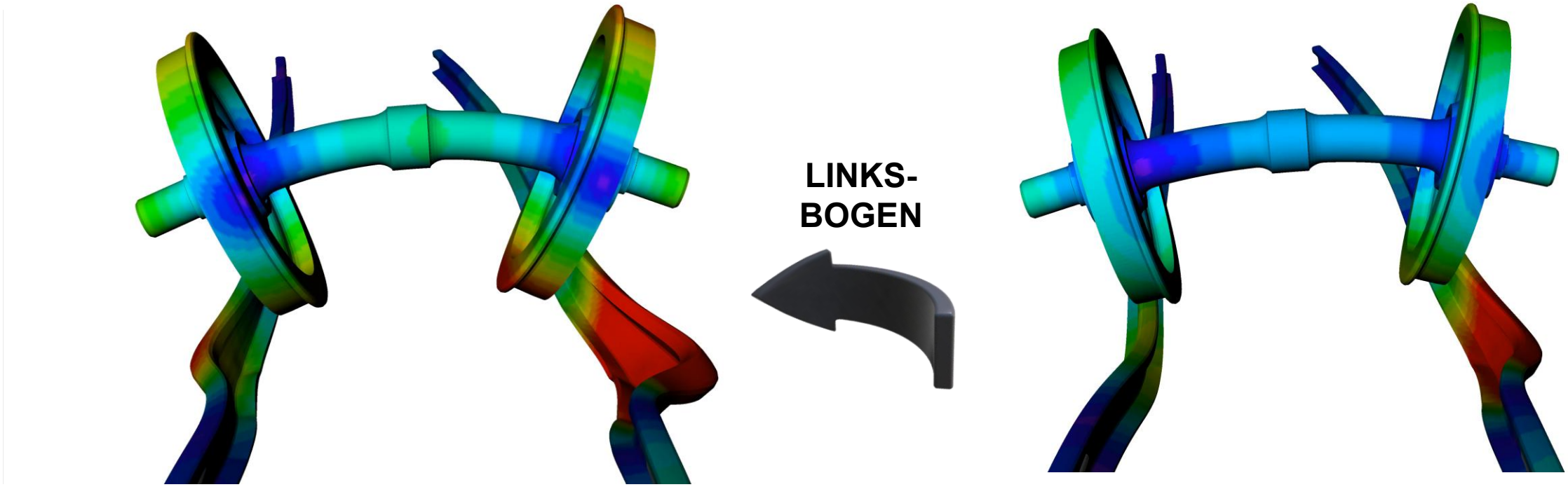
*Screenshots aus WheelSense von TRACKFORWARD in Kooperation mit HEXAGON

5. DER JOKER



RADIALEINSTELLUNG

Der Weg zu weniger Lärm und Verschleiss



«Starre» Radsatzführung
(Anlaufwinkel ~ 18.5mrad)*

Aktive Radsatzsteuerung
(Anlaufwinkel ~ 0.25mrad)*

*Anlaufwinkel: Simulation vom ViF 2026 / Grafiken: RAILplus

RAD/SCHIENE-INTERAKTION BIS 2032

Hand in Hand für mehr Wirtschaftlichkeit im System



Wissensvermittlung Meterspurzentren 2026 - 2032

Forschung Rad/Schiene Interaktion bis 2027

Bau Versuchs-träger

Betriebs-versuche

Drehgestell-Serienfertigung Industrie

Simulationen

Simulation- und Verifikation VT

KONTAKT

Friedrich-Christian Walther

+41 (0) 79 621 36 66

Flottenmanager / PL RAILplus P3 Interaktion Rad/Schiene
Sowie der Co-Leiter Meterspurzentrum Interaktion (MSZ-I)

friedrich-christian.walther@zentralbahn.ch



NEU: MSZ-I@zentralbahn.ch

MERCI!

RAILplus Interaction