

16. November 2023

# Interaktion Fahrzeug/Fahrweg M

## Erste Ergebnisse

Gerhard Züger;  
Stv Leiter Management Board



# Stand Programm



**RAILplus**  
Die Meterspurigen  
La voie métrique  
A scartamento metrico

# Interaktion Fahrzeug - Fahrweg

## Die Systemaufgabe



### Ziel:

Lösungen zur Steigerung der Gesamtwirtschaftlichkeit im System erarbeiten, Wissen darüber aufbauen, sichern, schulen

### Das Programm:

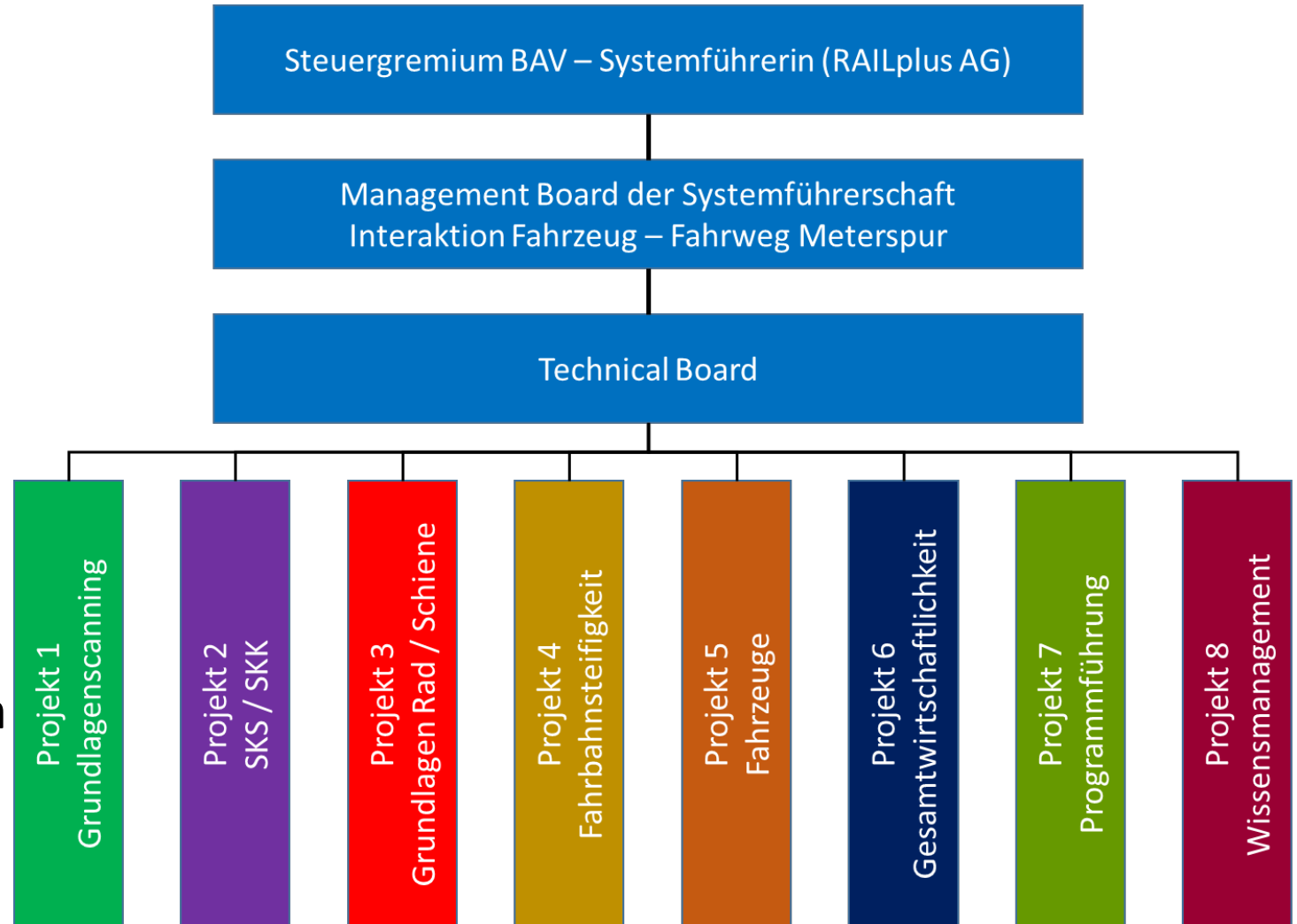
Angewandte Forschung

2022 – 2026 (2027)

Kostenrahmen 20 Mio Franken

22 Meterspurbahnen

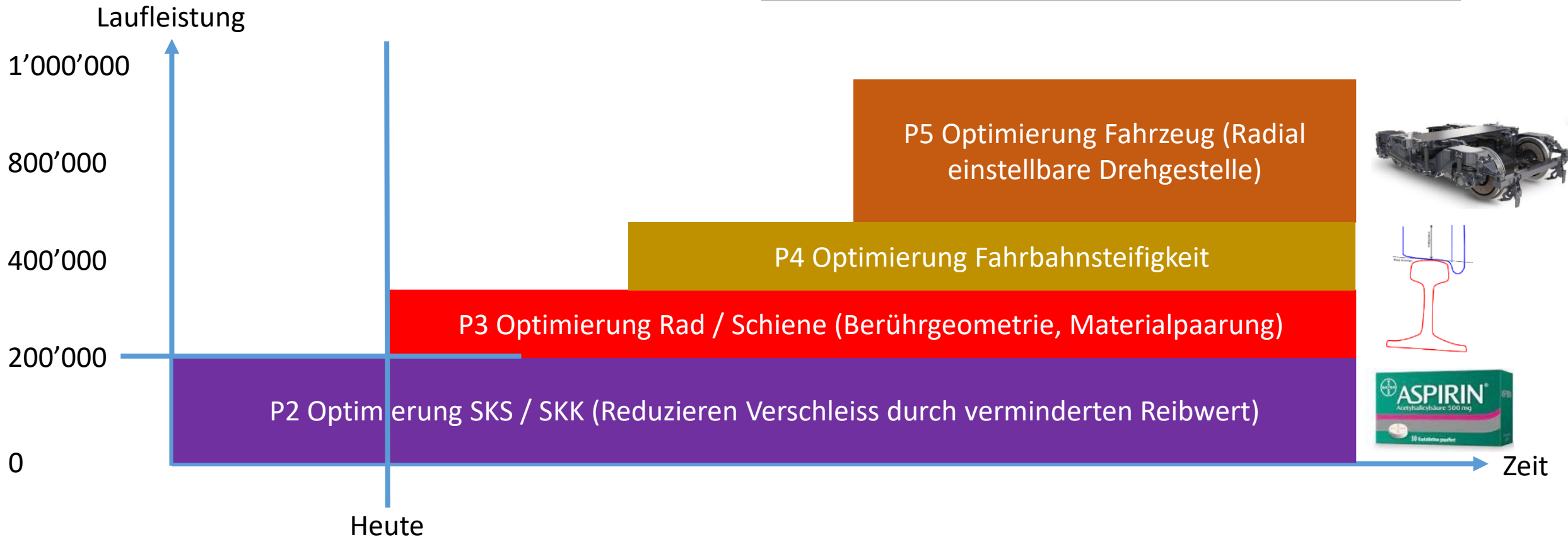
3 Trambahnen



# Interaktion Fahrzeug - Fahrweg

## Weg zur Exzellenz

Alle Stufen sind notwendig für eine hohe Laufleistung.  
Das Beste kommt zum Schluss.



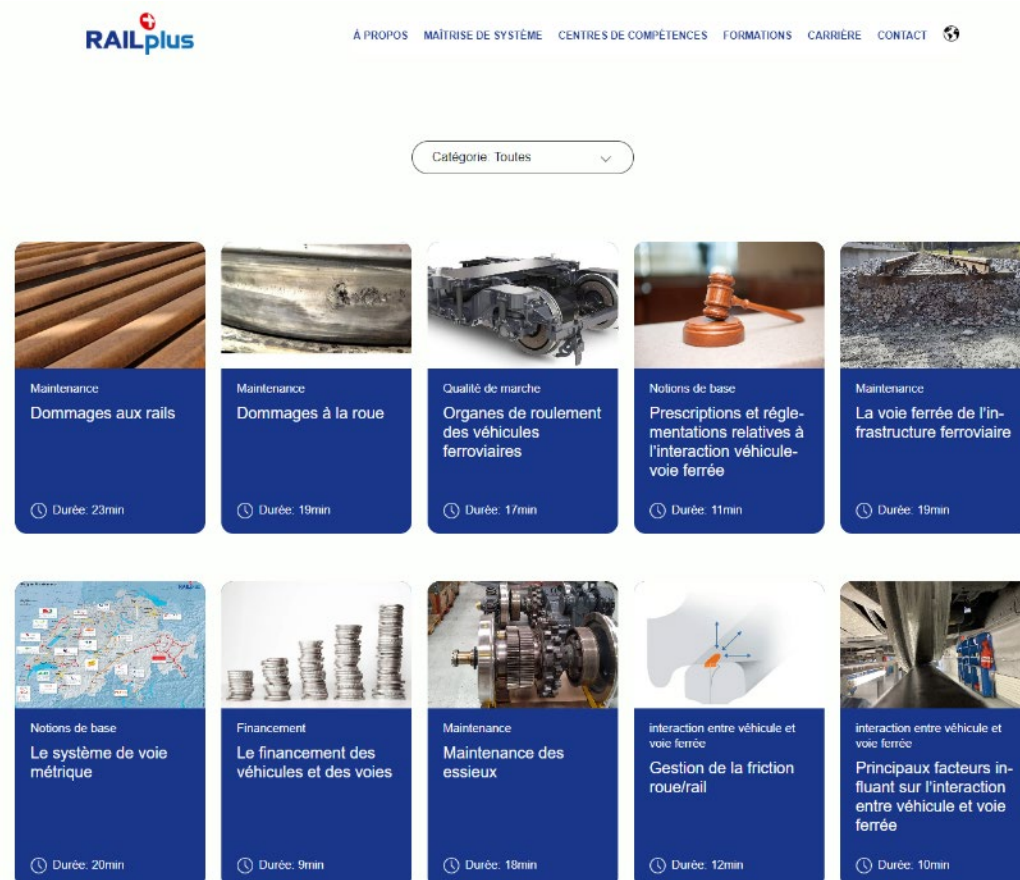
# Bestehendes Wissen zur Interaktion

- **Verschriftlichung** «Heutiger Stand bestehendes Wissen» und Grundlagendokument  
**Gesamtwirtschaftlichkeit** auf gegen 400 Seiten.
- Veröffentlichung zu Beginn 2024



# Wissen ist online.

Auf [www.railplus.ch/systemfuhrerschaft-interaktion/know-how](http://www.railplus.ch/systemfuhrerschaft-interaktion/know-how)



The screenshot shows the RAILplus website interface. At the top is the RAILplus logo and a navigation menu with links: À PROPOS, MAÎTRISE DE SYSTÈME, CENTRES DE COMPÉTENCES, FORMATIONS, CARRIÈRE, CONTACT, and a globe icon. Below the menu is a dropdown menu labeled 'Catégorie: Toutes'. The main content area displays a grid of 10 knowledge cards, each with a title, a duration, and a small image. The cards are arranged in two rows of five.

Card Title	Duration
Maintenance: Dommages aux rails	Durée: 23min
Maintenance: Dommages à la roue	Durée: 19min
Qualité de marche: Organes de roulement des véhicules ferroviaires	Durée: 17min
Notions de base: Prescriptions et réglementations relatives à l'interaction véhicule-voie ferrée	Durée: 11min
Maintenance: La voie ferrée de l'infrastructure ferroviaire	Durée: 19min
Notions de base: Le système de voie métrique	Durée: 20min
Financement: Le financement des véhicules et des voies	Durée: 9min
Maintenance: Maintenance des essieux	Durée: 18min
Interaction entre véhicule et voie ferrée: Gestion de la friction roue/rail	Durée: 12min
Interaction entre véhicule et voie ferrée: Principaux facteurs influant sur l'interaction entre véhicule et voie ferrée	Durée: 10min

## Erkenntnisse aus den Projekten

Ein wichtiges Ziel der Systemführerschaft ist das Wissensmanagement. Es handelt sich um einen öffentlichen Auftrag des Bundes. Die Ergebnisse werden hier transparent zur Verfügung gestellt.

Hier finden Sie den [Jahresbericht 2022](#).

Unten werden die Erkenntnisse aus den sechs Projekten vorgestellt:

Projekt 1 - Grundlagenscanning - Erkenntnisse

Projekt 2 - Schienenkopfkonditionierung / Spurkranzschmierung - Erkenntnisse

Projekt 3 - Rad / Schiene - Erkenntnisse

Projekt 4 - Fahrbahnsteifigkeit - Erkenntnisse

Projekt 5 - Fahrzeuge - Erkenntnisse

Projekt 6 - Gesamtwirtschaftlichkeit - Erkenntnisse



# Erste Lösungen im System Fahrzeug / Fahrweg



**RAILplus**  
Die Meterspurigen  
La voie métrique  
A scartamento metrico

# Auslöser «enge Radien»

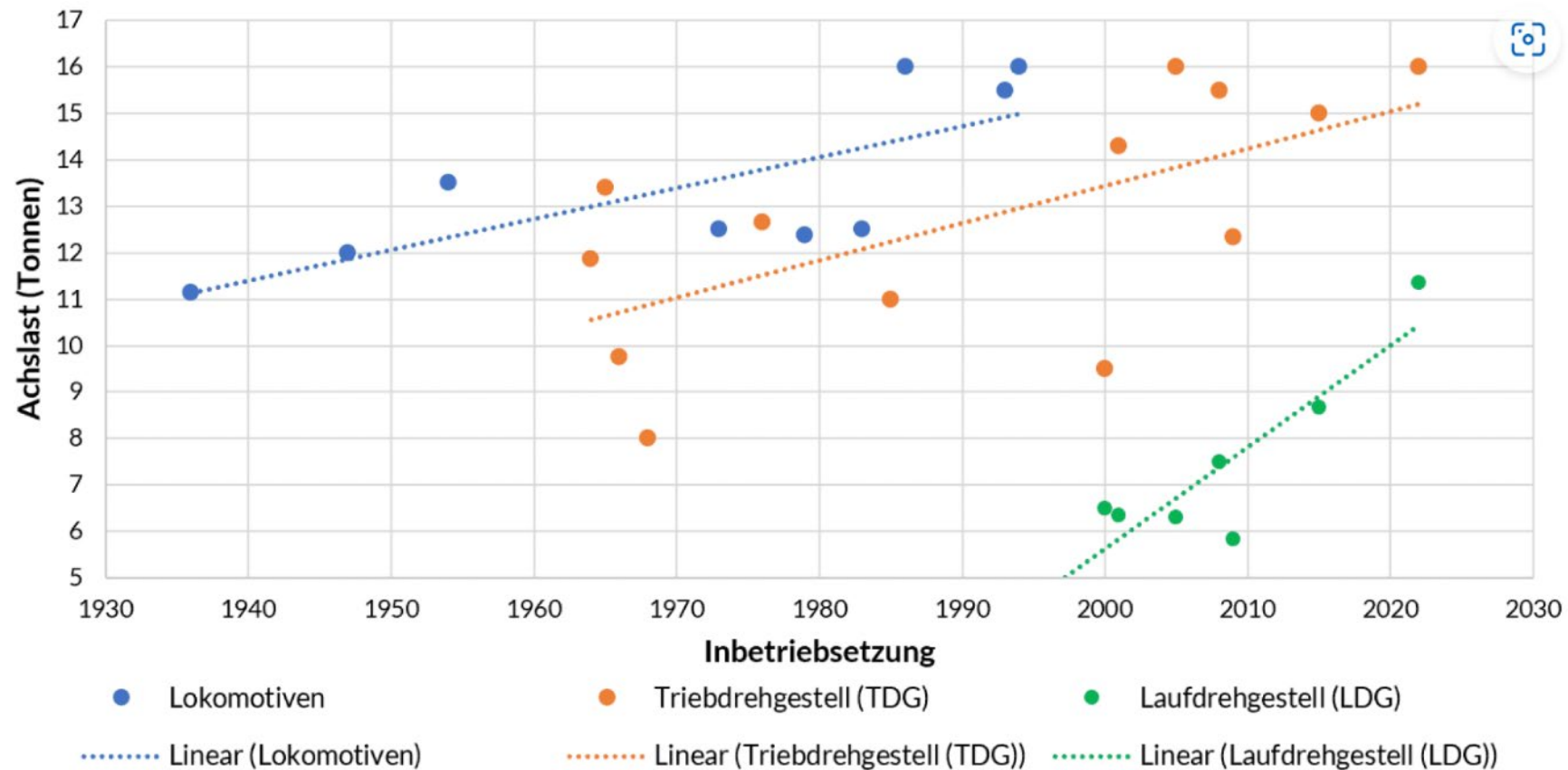
Die bisherige Arbeit der Systemführerschaft kann folgende Aussage schlussfolgern:

- Bahnen mit engen Bogenradien (unter 250m) und erhöhten Achslasten (gegen 16t) sind besonders von zunehmendem **Verschleiss Rad/Schiene** betroffen.



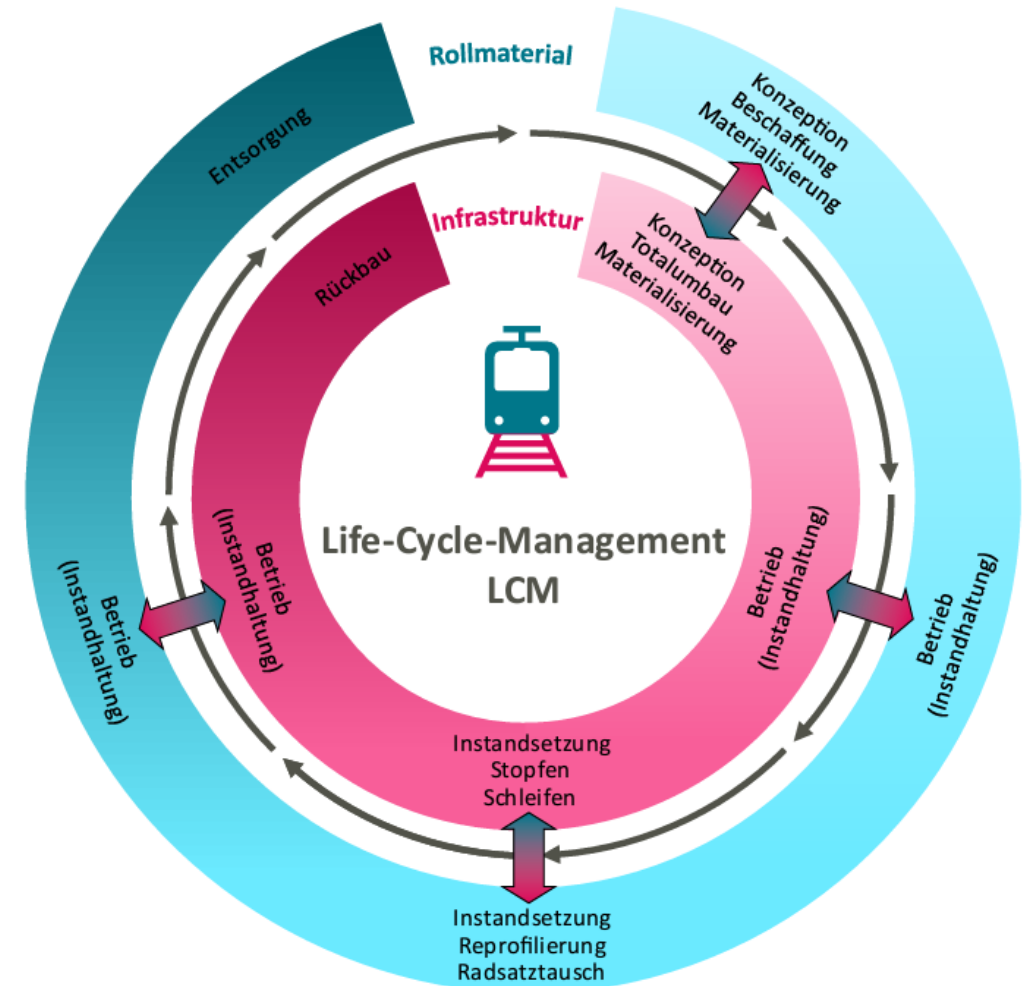


# Anstieg Achslasten Meterspurrollmaterial



# Life-Cycle-Management LCM

Die beiden Lebenszyklen Fahrzeuge und Fahrwege beeinflussen sich in allen Lebenszyklusphasen gegenseitig. Sei es bei der Konzeption, bei der Materialisierung in der Umsetzung aber auch bei Entscheiden die Nutzung, Wartung und Instandsetzung betreffend. Die gegenseitige Abstimmung im Gesamtsystem muss laufend erfolgen.



# Lebenszyklus Fahrzeuge

## Fahrwerke

Die Fahrwerke aller heute bestehenden Fahrzeuge sind, bis auf eine Ausnahme, mit einer steifen Radsatzführung ausgerüstet. Die Längssteifigkeiten liegen in der Regel bei ca. 10 kN/mm oder mehr, und lassen damit keine Radialeinstellung der Radsätze in den Bögen zu. Sie sind damit nicht geeignet für ein verschleissarmes Befahren von Bögen mit kleinen bis mittleren Bogenradien.

- Die Fahrwerke der heute bestehenden Fahrzeuge sind mit steifen Radsatzführungen ausgerüstet und lassen damit keine Radialeinstellung der Radsätze in Bögen zu. Sie sind damit nicht für einen verschleissarmen Betrieb in engeren Bögen geeignet.
- Je weniger sich die Radsätze radial einstellen können und je grösser der Achsstand im Drehgestell ist, desto grösser ist der Verschleiss an Rad und Schiene in Bogen. Massgebender Parameter für das Verschleiss-Niveau eines Zuges ist das Produkt aus: (Radsatzlast \* Radstand) im Laufwerk.

# Lebenszyklus Fahrzeuge

## Radstähle

Die Werkstoffbeanspruchung im Rad/Schiene Kontakt hat durch höhere Beschleunigungen und Radsatzlasten in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Nicht nur die Schienenstähle, auch die Radstähle gelangen an ihre Belastungsgrenze. Damit verringern sich die Laufleistungen zwischen den Reprofilierungen der Räder und der Instandhaltungsaufwand steigt zum Teil massiv.

- Verbesserte Qualitäten bei den Radwerkstoffen wirken sich positiv auf die Laufleistung und verzögern die Bildung von Polygonen. Negative Einflüsse auf den Fahrweg sind bisher nicht bekannt.

## Lösungsansatz: hochwertige Radmaterialien

- Bahnen mit hohem Verschleiss, bedingt durch enge Bogenradien sollten aus wirtschaftlichen Überlegungen den Einsatz sehr hochwertiger Stahlqualitäten der Räder prüfen.



# Ziel: gemeinsame Fahrwerkplattform

## Grundsatz

- Kleine Losgrößen bei den Fahrzeugen führen zu hohen Einmalkosten bei der Beschaffung und Ersatzteilbeschaffung sowie einem sehr hohen Engineeringaufwand seitens der Bahnen. Fahrwerke sollten hinsichtlich Interaktion auf einer stabilen Plattform für die massgebenden Anwendungszwecke basieren.
- Unter Einbezug der Besteller, der Fahrzeugindustrie und der Meterspurbahnen sollte eine langfristig stabile gesamtwirtschaftliche Fahrwerkplattform für Adhäsions- und Zahnradbahnen, basierend auf den Erkenntnissen der Systemaufgabe, entwickelt werden.

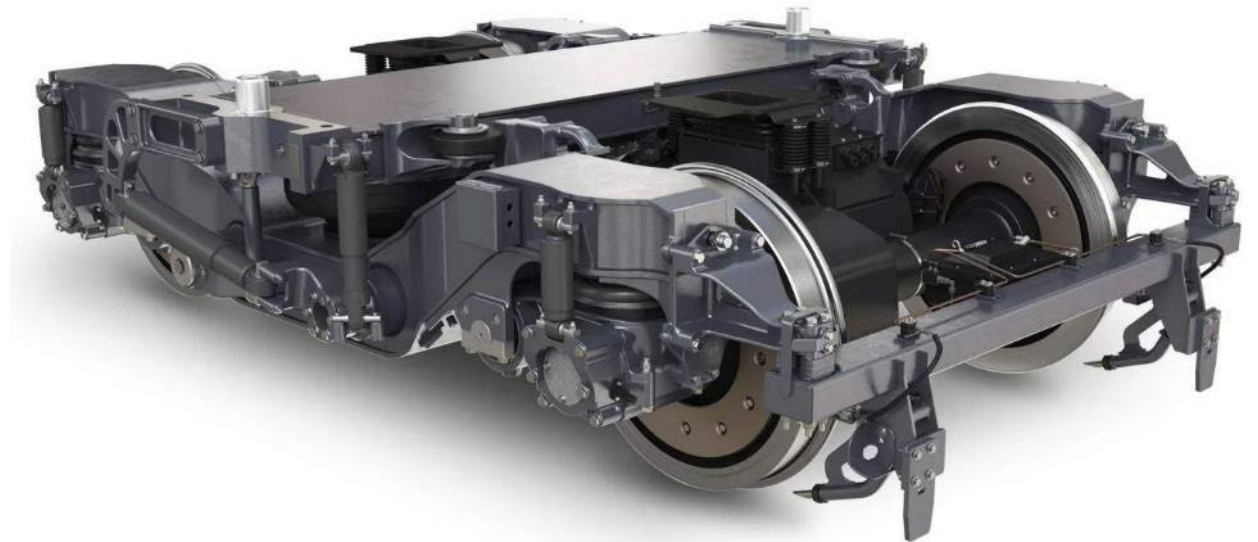


Bild: Stadler

# Lebenszyklus Fahrweg

## Lösungsansätze Schienenschleifen und Initialschmierung

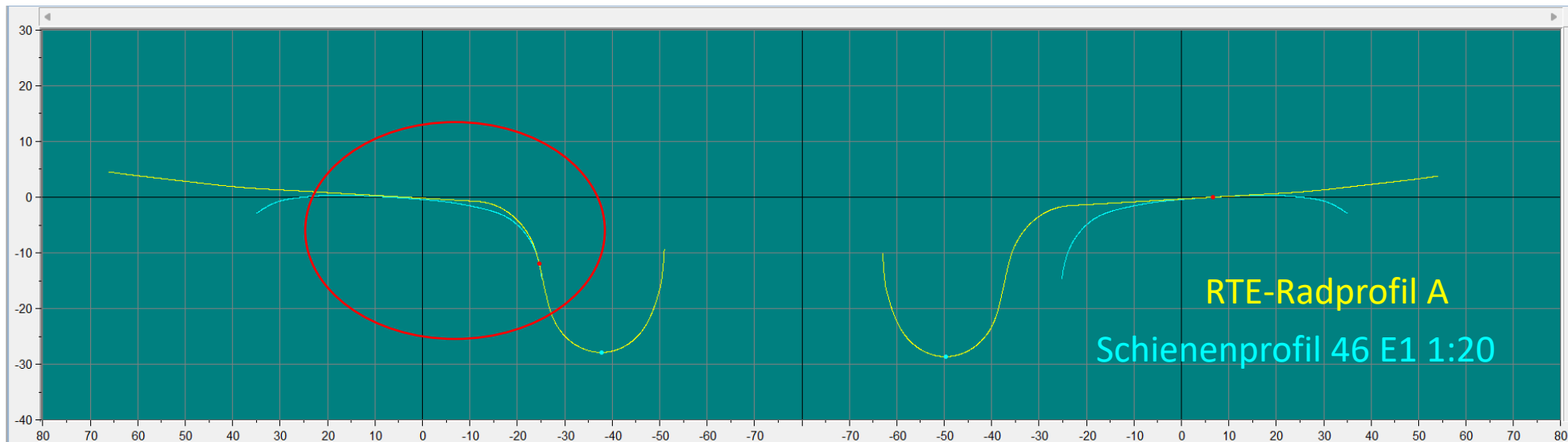
- Nach dem Schienenwechsel respektive Schienenschleifen ist eine **Initialschmierung** der Schienenflanke in engen Radien unerlässlich um die vorgesehene Laufleistung der Radsätze (Spurkränze) und Lebensdauer der Schienen zu erreichen.
- **Natürlich entstandene Verschleissprofile beibehalten**  
Bis optimierte Verschleissprofile Rad/Schiene vorliegen sollten die Aussenschienen mit natürlich entstandenen Verschleissprofilen möglichst nicht in Richtung Neuzustand geschliffen werden. Weiter ist der Einbau von Schienen 54E2 in Kurven nach Möglichkeit zu unterlassen und in den Geraden mit genügend Spurweite (1004mm) zu versehen. Bei den Rädern von Fahrzeugen auf kurvenreichen Strecken liegen erste Verschleissprofile vor, welche zu Betriebsversuchen zum Einsatz gelangen könnten.



# Optimierung Rad / Schiene - Profile

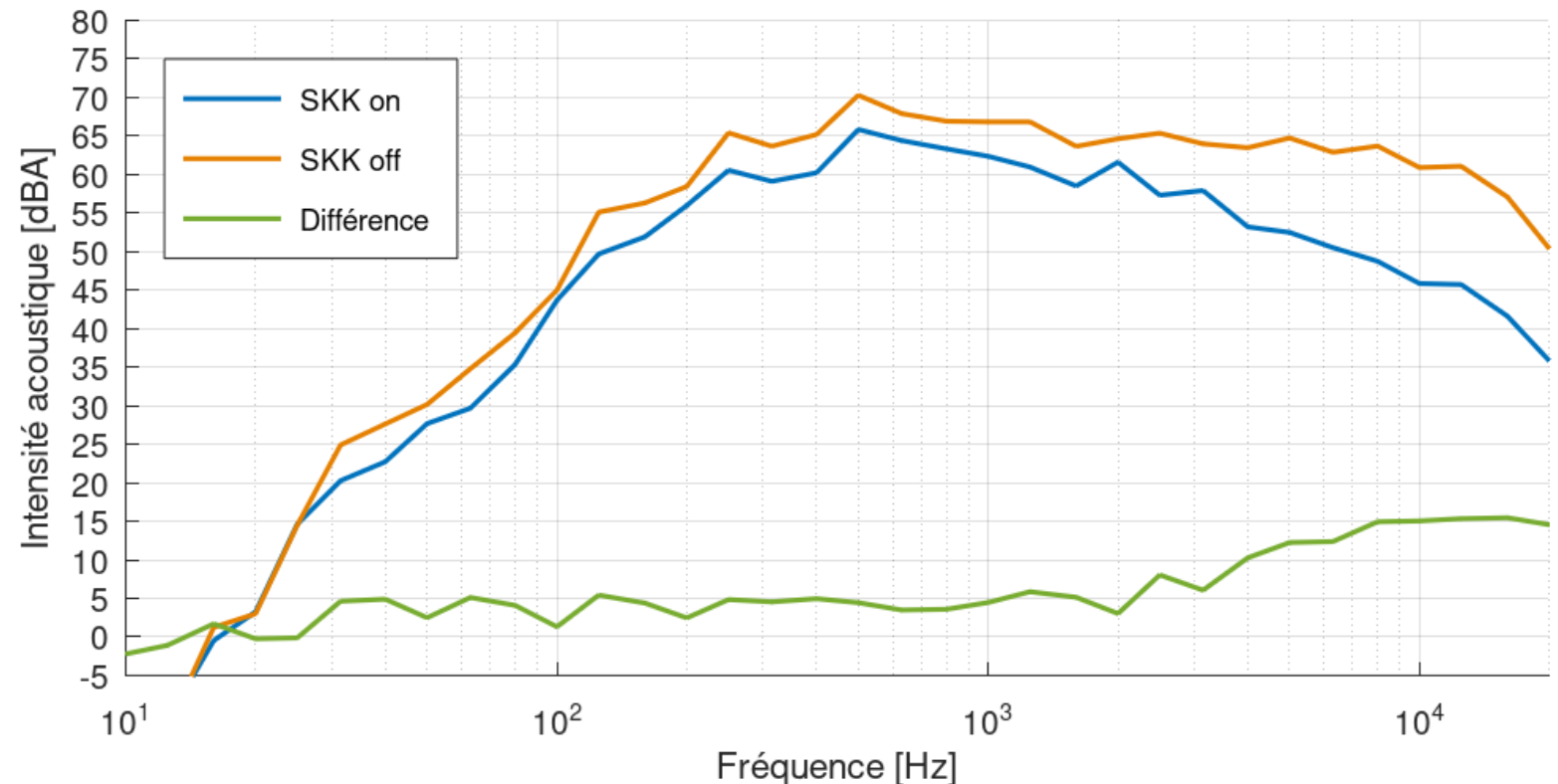
## Die Berührgeometrie hat ein riesiges Potential

- Die Berührgeometrie beschreibt die Paarung von Rad- und Schienenprofil
- Das weit verbreitete Radprofil A gemäss RTE 29500 passt für den verschleissarmen Bogenlauf nicht auf das weit verbreitete 46 E1 Schienenprofil.
- Einzelne Bahnen haben bereits Radprofile, die in die richtige Richtung gehen.
- Bei den meisten ist dringend eine Optimierung der Profilpaarung notwendig! Bsp. Eliminieren von 2-Punkt Kontakten.
- Die fehlenden Berührungspunkte im Bereich der Hohlkehle verunmöglichen einen günstigen Bogenlauf. (Lärm!)



# Schienenkopfkonditionierung; Reduktion Lärm

Premiers résultats : juin et juillet 2023, Châtel-St-Denis, rayon de courbe 133m

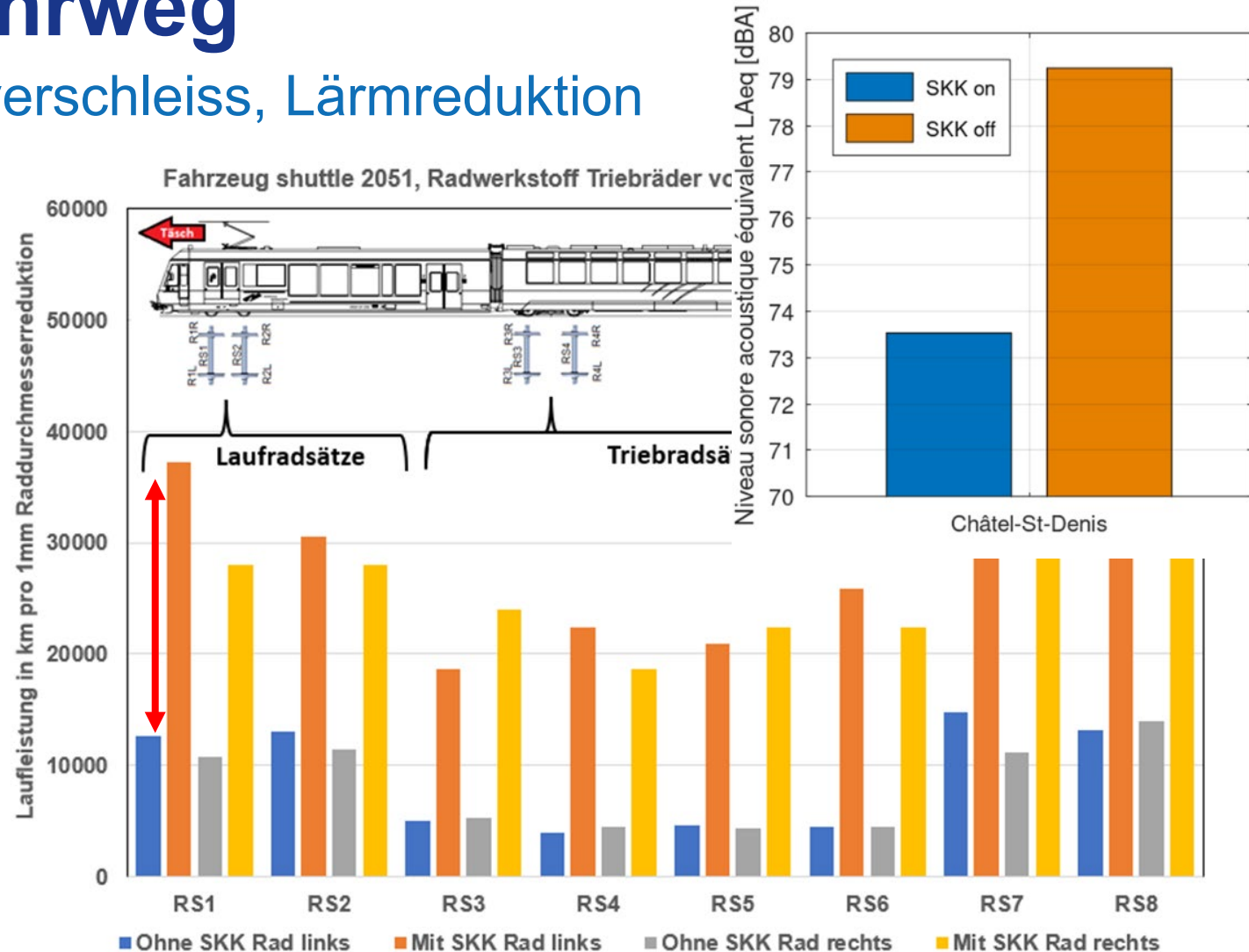




# Lebenszyklus Fahrweg

## Lösungsansätze Schienenverschleiss, Lärmreduktion

- Zur Reduktion der Verschleisserscheinungen an Rad und Schiene steht bei Bahnen mit vielen engen Bogen kurz- bis mittelfristig der Einsatz der **Schienenkopfkonditionierung** vom Fahrzeug aus zur Verfügung (z.B. mit Headlub 90). Eine gut funktionierende Spurkranzschmierung ist Pflicht.

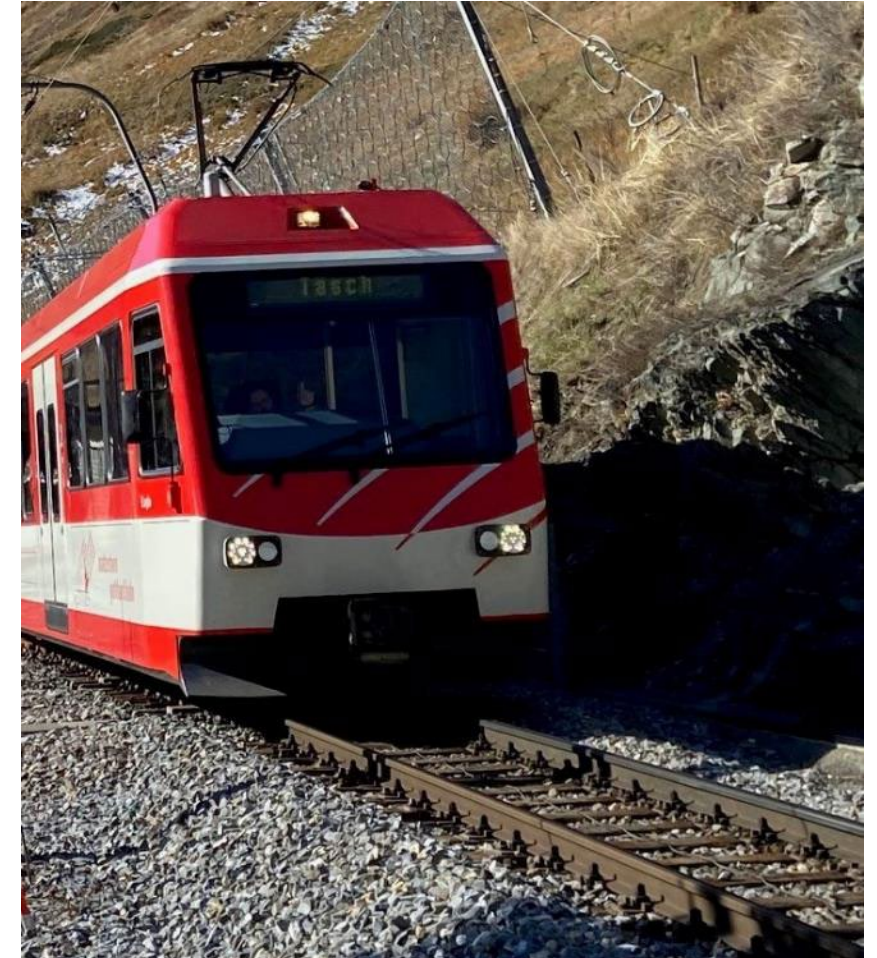


# Übergeordnete Lösungsansätze Fahrweg

## Konzeptionell: Spurweite

Die 1000mm Spurweite sollten nicht unterschritten werden. Auf geraden Strecken mit Geschwindigkeiten grösser 80km/h sollte eine Spurweite von 1002-1004mm sichergestellt werden um einen stabilen Fahrzeuglauf auch, bei ungünstigen Rad/Scheine-Konfigurationen, sicherstellen zu können. Ein plötzliches Auftreten von instabilem Fahrzeuglauf kann ansonsten zu kostenintensiven Notmassnahmen an den Fahrzeugen und am Fahrweg führen.

- Auf geraden Streckenabschnitten, auf welchen mehr als 80km/h gefahren wird, sollte eine Spurweite von 1002-1004mm angestrebt werden, um kostenintensive Massnahmen zur Stabilisierung der Fahrzeuge zu verhindern.



# Übergeordnete Lösungsansätze Fahrweg

## Materialisierung: Schwellen

Bei mittleren und höheren Belastungen, bei welchen der Einsatz von Betonschwellen grundsätzlich wirtschaftlicher ist, sollte der Einsatz der Schwellenbesohlung aus Lebenszyklusüberlegungen zwingend gewählt werden.

- Kommen Betonschwellen zum Einsatz muss der Unterbau den Standardvorgaben entsprechen und es sollten nur noch Schwellen mit Schwellenbesohlung verbaut werden (unabhängig vom Einbauort). Dies gilt auch für Betonschwellenweichen, wo unterschiedliche Steifigkeiten bei der Besohlung einzusetzen sind. Bei schwachen Belastungen in Zusammenhang mit engen Radien können Holz- oder Stahlschwellen in Betracht gezogen werden.



Bild: eduRail

# Übergeordnete Lösungsansätze Fahrweg

## Materialisierung: Schienengüten

Bei den Schienen steht das Standardprofil 46E1 sicherlich wirtschaftlich im Vordergrund.

**In Kurven ist die Verwendung von Schienen mit der Güte 350HT generell und unter 250m auch 400HT am wirtschaftlichsten.**

Ist der Innenstrang infolge (verzögert) auftretender Schlupfwellen trotzdem zu schleifen sollte beachtet werden, dass nicht automatisch der Aussenstrang auf Neuprofil geschliffen wird.

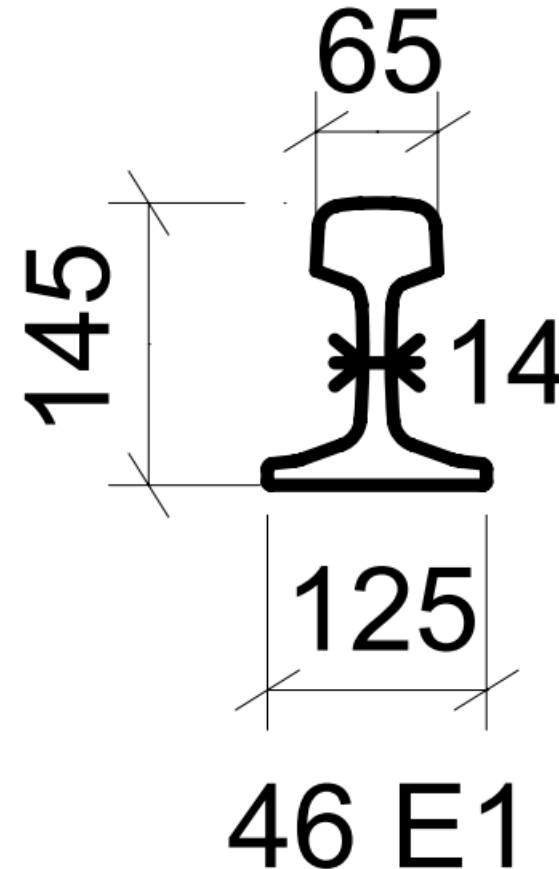


Bild: VöV



# Gesamtheitliche Lösungsansätze

## Kompetenzzentrum Rad/Schiene, Wissensüberführung

Die zu Beginn der Systemaufgabe Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur aufgestellten Annahmen bestätigen sich laufend und werden durch neues Wissen ergänzt. Das vorhandene und neue Wissen ist ein Schlüssel für eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung. Dieses muss weiter gepflegt, entwickelt und wo vorliegend in die Branche transferiert werden. Hierzu sind die nachfolgenden Lösungsansätze angezeigt:

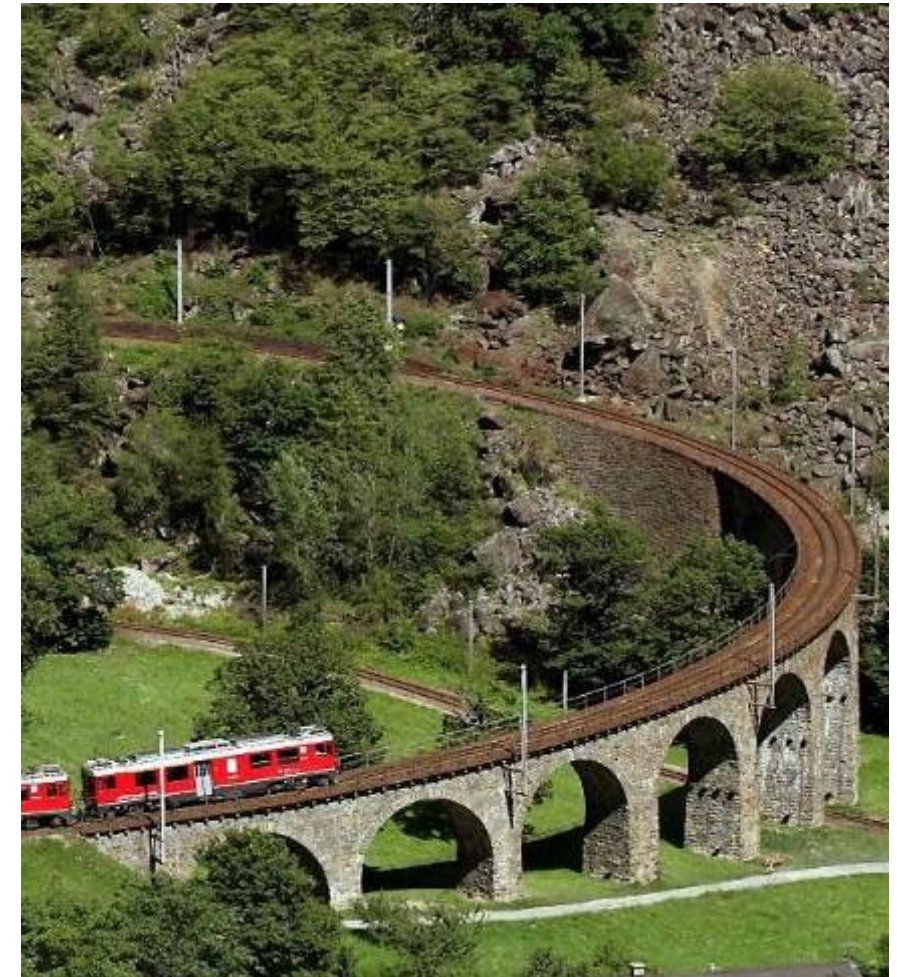
- Es braucht bei den Meterspurbahnen ein Kompetenzzentrum Rad/Schiene, das die Erkenntnisse aus der Systemaufgabe übernimmt, pflegt, weiterentwickelt und die Beratung der Bahnen sicherstellt.
- Die vorgesehene Überführung des neuen Wissens in die RTE muss stringent weitergeführt werden. Insbesondere sind nach dem heutigen Wissensstand folgende, neuen RTE's zu erstellen:
  - RTE Schienenkopfkonditionierung Meterspur
  - RTE Spurkranzschmierung Meterspur
  - RTE Schienenschleifen Meterspur
- Bestehende RTE's sind mit dem neuen Wissen zu aktualisieren.

# Fazit

## Interaktion berührt – Handeln zahlt sich aus

- Wissen um Interaktion zahlt sich aus
- Systemsicht zahlt sich aus
- Lebenszyklussicht zahlt sich langfristig aus
- Investitionen in das Design der Fahrzeuge und des Fahrwegs zahlen sich aus
- Umsetzen – jeder kleine Schritt zahlt sich aus

Machen wir uns gemeinsam auf den Weg zur Interaktions-Exzellenz – jeder Franken zählt



**Vielen Dank!**