



Interaktion Fahrzeug – Fahrweg Meterspur

GIN-Tag 10.10.2023
P3 - Rad / Schiene

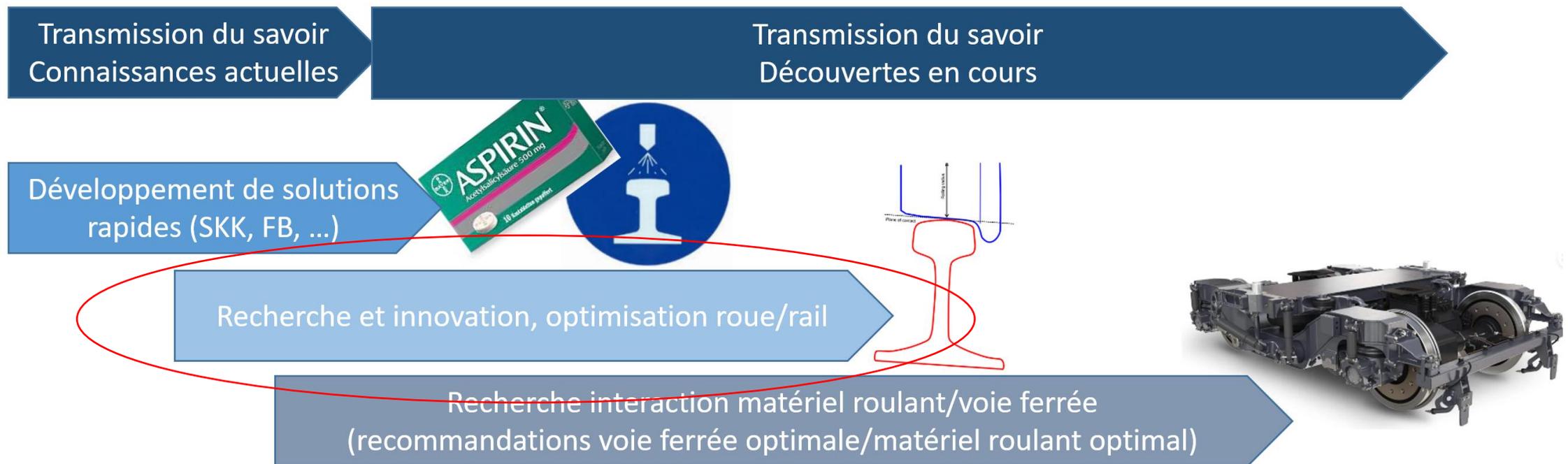
Roland Müller / Mauro Saputelli



P3 Rad/Schiene

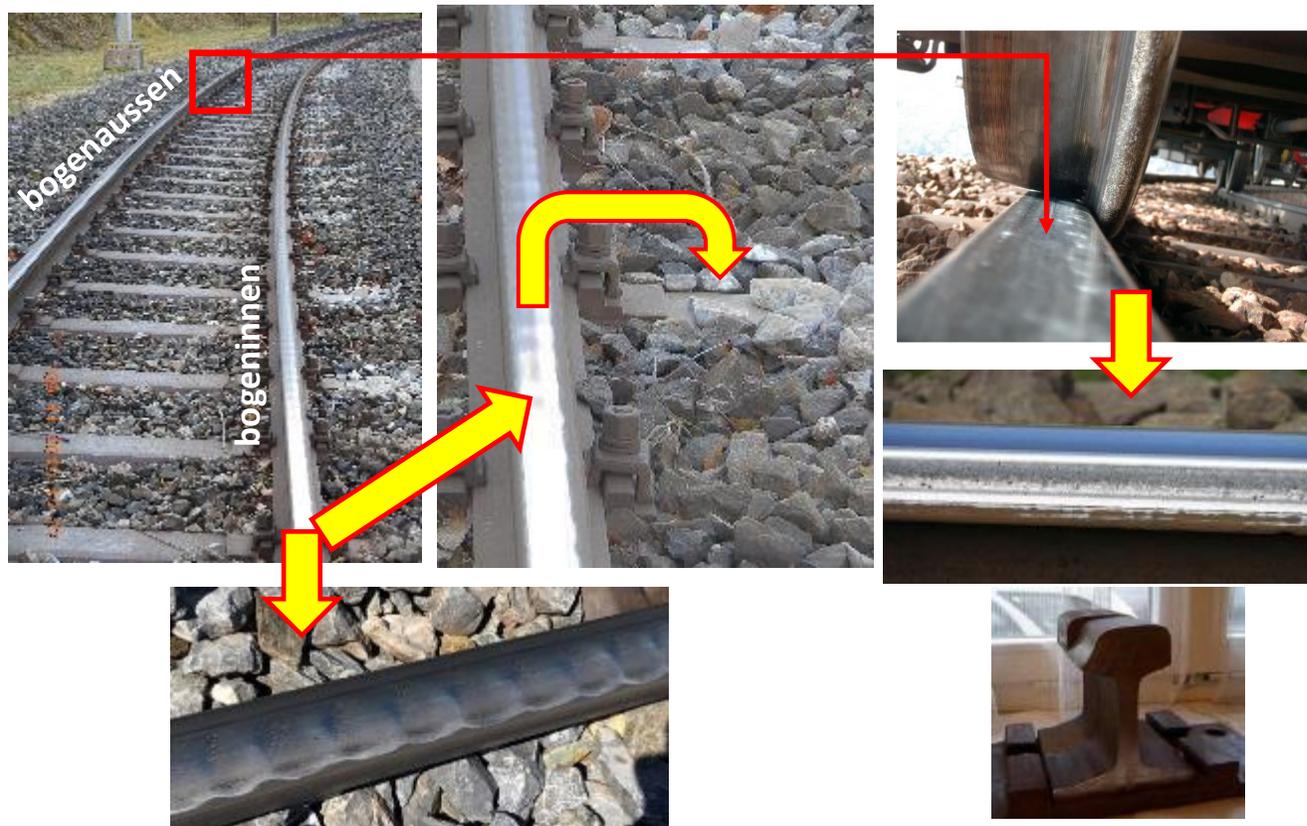
Wo stehen wir auf der Zeitschiene

- ❑ Mittelfristige Lösungen, Bereiche Rad/Schienegeometrien und Materialien



Schiene

Schlupfwellenbildung (Langzeitverhalten),
Verschleiss (Kurzzeitverhalten)



Rad

Abnutzung (Kurzzeitverhalten), Rundheitsabweichungen
(Langzeitverhalten), RCF (Rolling Contact Fatigue)



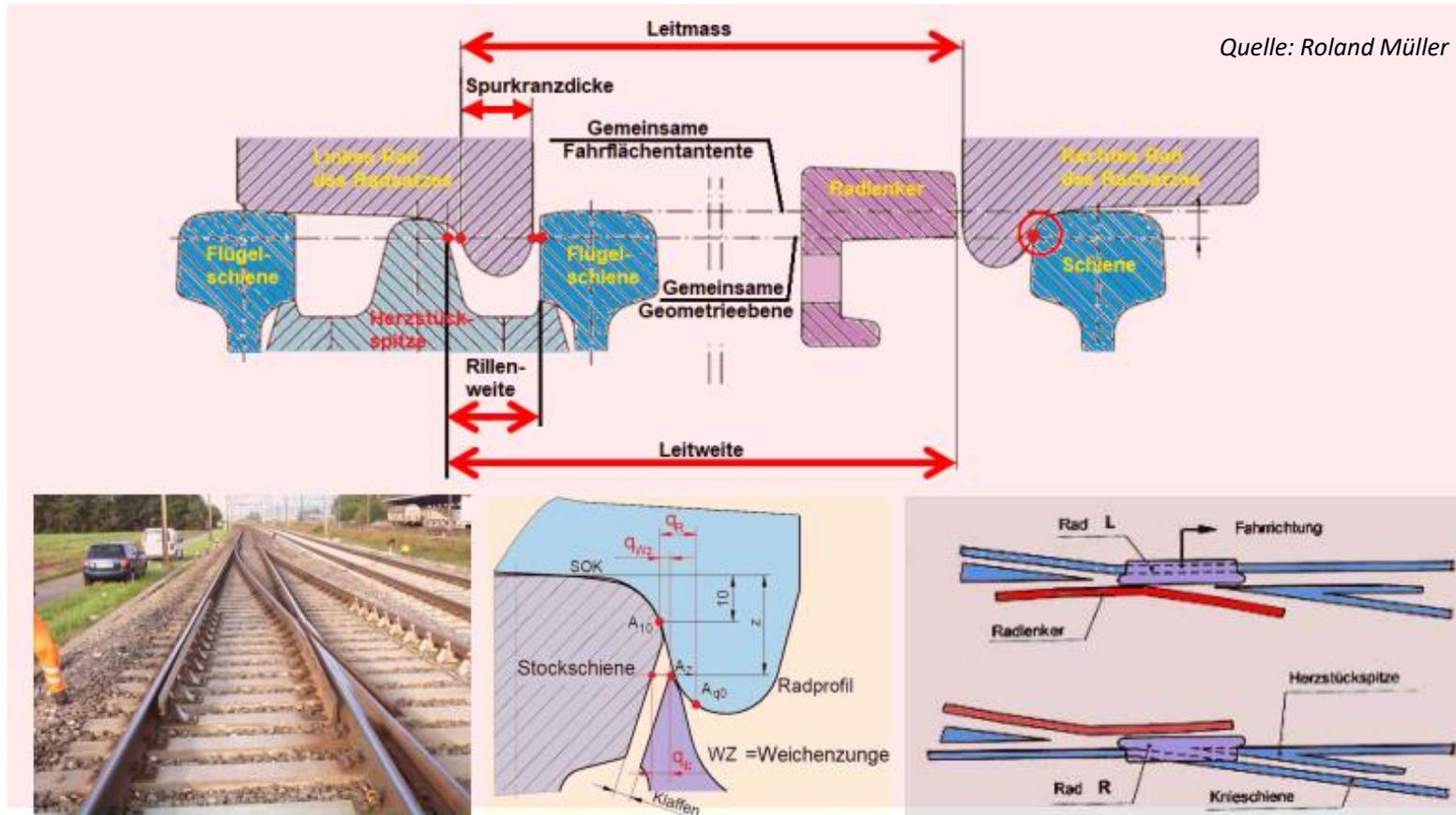
P3 Rad/Schiene

Ziele von P3

- Senkung der LCC-Kosten durch gezieltes Interaktionsmanagement
- Erarbeitung des Grundlagen-Knowhow bei Interaktion Rad/Schiene
- Werkzeuge für die Interaktion erarbeiten (lauftechnisches Lastenheft, Software, Hardware, Interaktionswissen in Theorie und Praxis)
- Grundlagen für P2 - SKK/SKS, P4 - Fahrbahn und P5 - Fahrzeug erarbeiten und zur Verfügung stellen
- Realisierung in 7 Modulen

P3 Rad/Schiene

Modul 1: Geometrische Interaktion Rad/Schiene



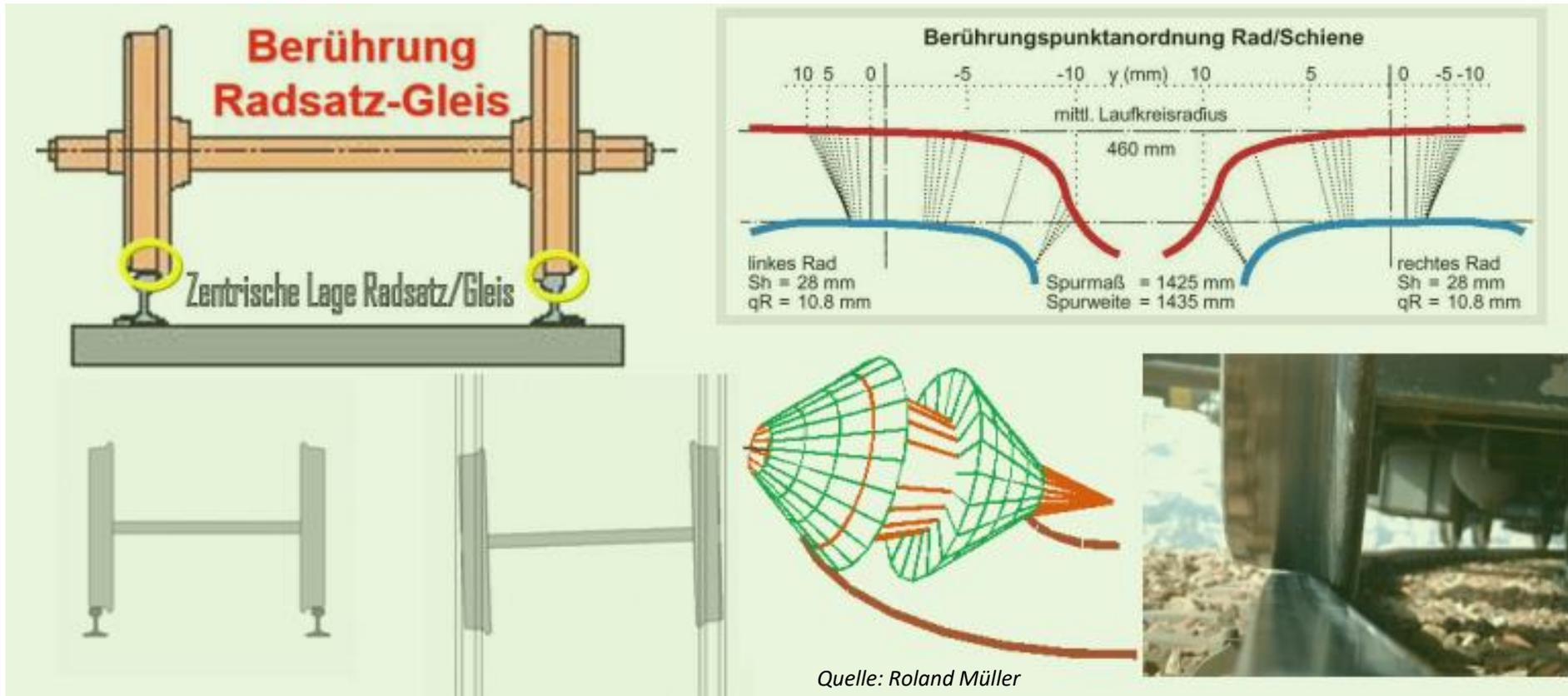
P3 Rad/Schiene

Bisherige Erkenntnisse Modul 1

- ❑ Kombination zwischen Bogenverteilung und Radsätzen der Bahnen erfasst.
- ❑ Abweichung der Gleisgeometrie gegenüber der Soll-Lage festgestellt.
- ❑ Um LCC langfristig zu optimieren sind bereits bei der Konzeption der Gleisanlage (Unterbau, Schwellentyp) wichtige Produktentscheide richtig zu fällen. Um die theoretische Nutzungsdauer zu erreichen, muss die notwendige Instandhaltung (regelmässiges Schienenschleifen und die Regulierung der Gleislage durch Stopfen) durchgeführt werden.
- ❑ Das regelmässige, präventive Schienenschleifen während der Liegedauer der Schienen:
 - erhöht die Liegedauer der Schienen, der Befestigungen und Schwellen
 - verlängert die Durcharbeitungszyklen des Gleises und schont Schotter und Unterbau
 - verbessert die Laufruhe der Fahrzeuge
 - vermindert die LärmentwicklungDas Schienenschleifen ist hoch wirtschaftlich, sofern es richtig angewandt und qualitativ hochwertig ausgeführt wird

P3 Rad/Schiene

Modul 2: Berührgeometrische Interaktion Rad/Schiene



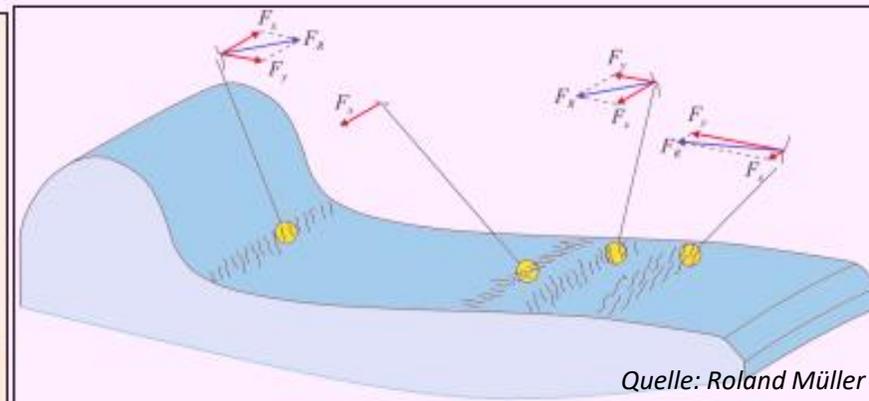
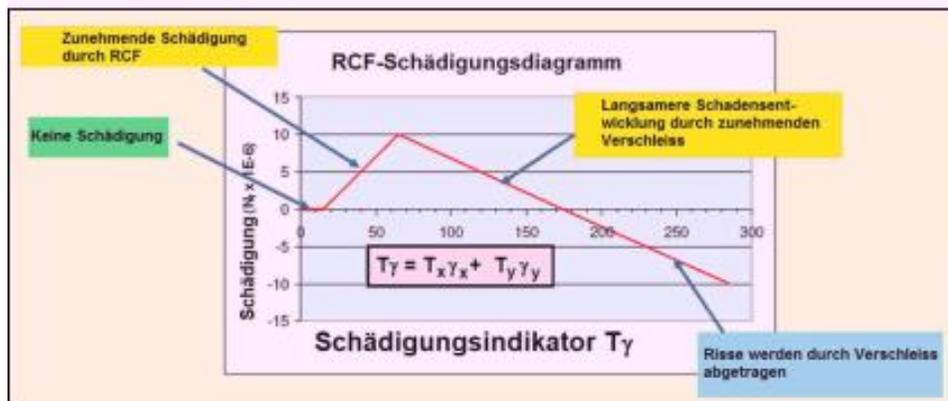
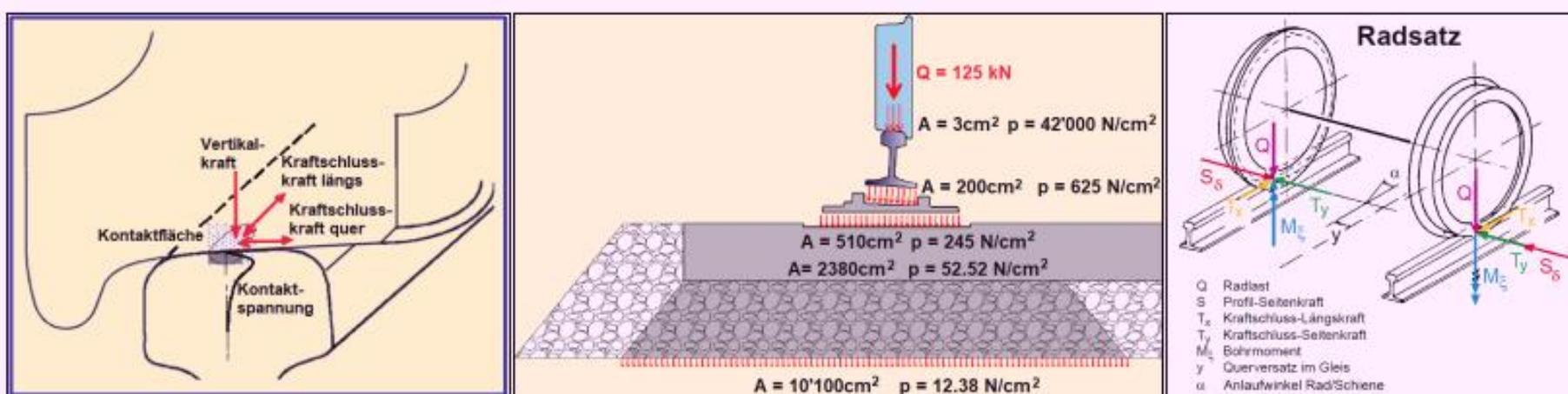
P3 Rad/Schiene

Bisherige Erkenntnisse Modul 2

- Auswertung und Interpretation aus den erfassten Daten (automatisiert) der Bahnen.
- 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.

P3 Rad/Schiene

Modul 3: Kontaktmechanische Interaktion Rad/Schiene



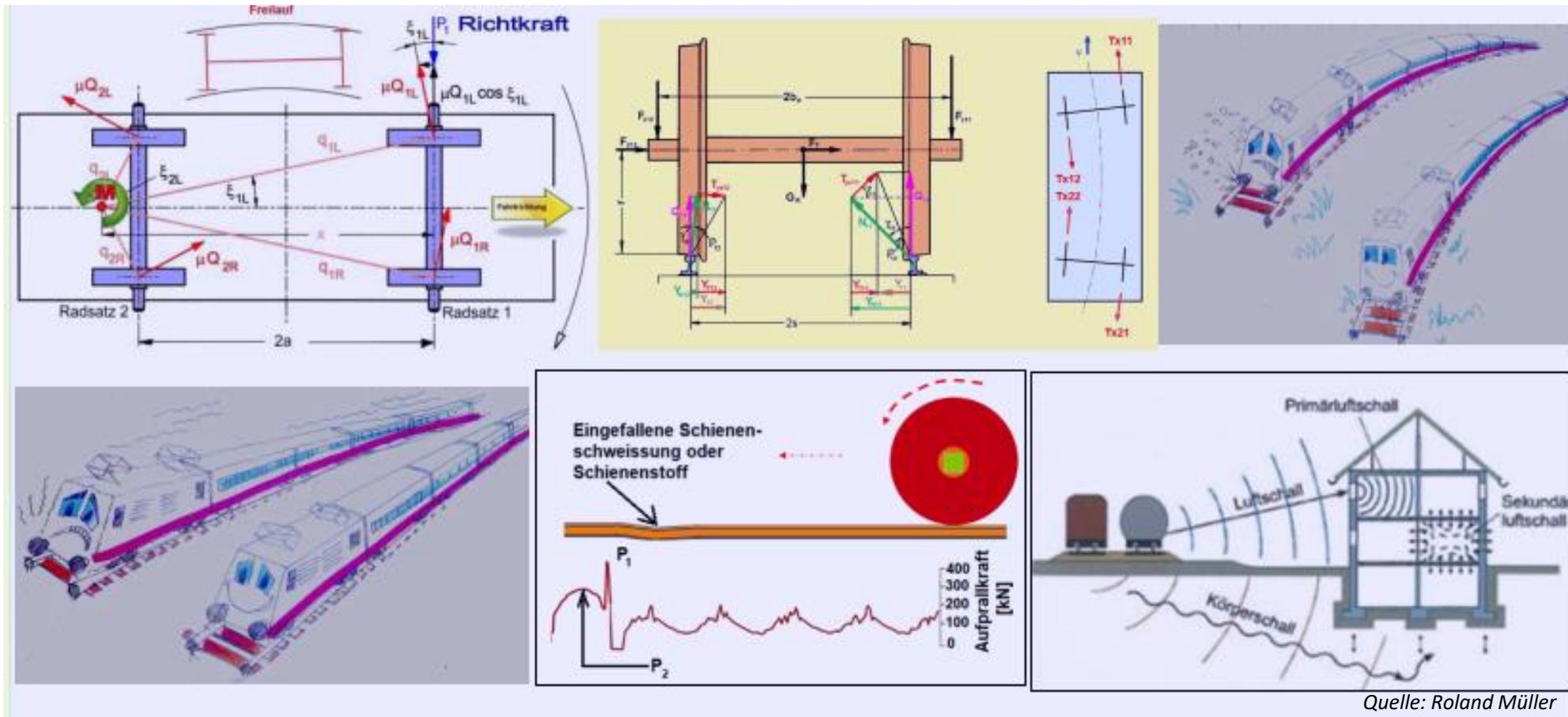
P3 Rad/Schiene

Bisherige Erkenntnisse Modul 3

- Umfragen bei den Bahnen über Schäden und Verschleiss durchgeführt.
- Vorstellung in welcher Richtung sich die Nominalprofile (Rad/Schiene) im Betriebseinsatz verändern Neuprofile Radsätze W98 passen nicht auf die Neuprofile der Schienen 36 und 46E1.
- 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.
- Bahnen mit hohem Verschleiss, bedingt durch enge Bogenradien sollten aus wirtschaftlichen Überlegungen den Einsatz sehr hochwertiger Stahlqualitäten der Räder und Schienen prüfen. Die Aussagen zum Wettrüsten Rad/Schiene sind falsch (Beispiel MGB und FLP).

P3 Rad/Schiene

Modul 4: Statische/Quasistatische/Dynamische Interaktion Rad/Schiene



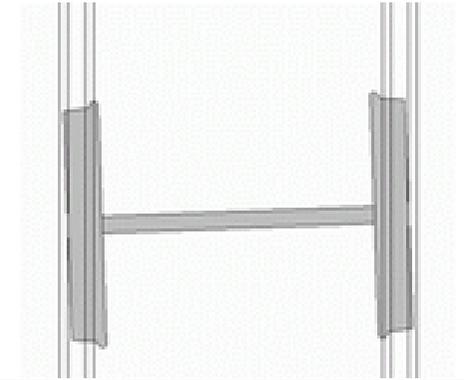
P3 Rad/Schiene

Bisherige Erkenntnisse Modul 4

- ❑ Messeinrichtung für Rundheitsmessung der Räder evaluiert und organisiert.
- ❑ Die Verbesserung des Bogenlaufs muss noch verfolgt werden.
- ❑ Bahnen mit engen Bogenradien (unter 250 m) und erhöhten Achslasten (gegen 16 t) sind besonders von zunehmendem Verschleiss Rad/Schiene betroffen, da die Drehgestelle der neuen Fahrzeuge alle steif konstruiert sind (vgl P5)
- ❑ Auf Streckenabschnitten mit höheren Geschwindigkeiten (über 80 km/h) sollte die Spurweite auf 1003-1005mm erweitert werden, um den Sicherheitsabstand gegenüber dem instabilen Fahrzeuglauf zu erhöhen und den Bogenlauf nicht durch andere Massnahmen (z.B. Verkleinerung des Spurmasses) zu verschlechtern.

P3 Rad/Schiene

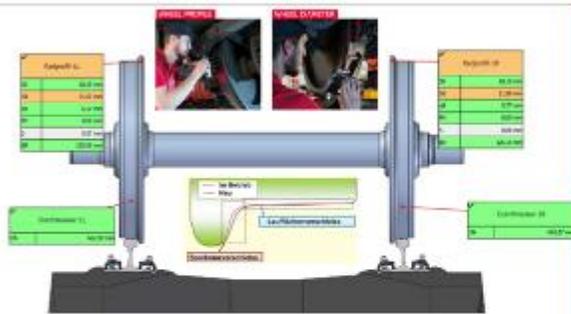
Modul 5: Hard- und Software für Erfassung, Auswertung und Bewertung der Interaktionen



Noch unterschiedliche Betrachtungsweisen

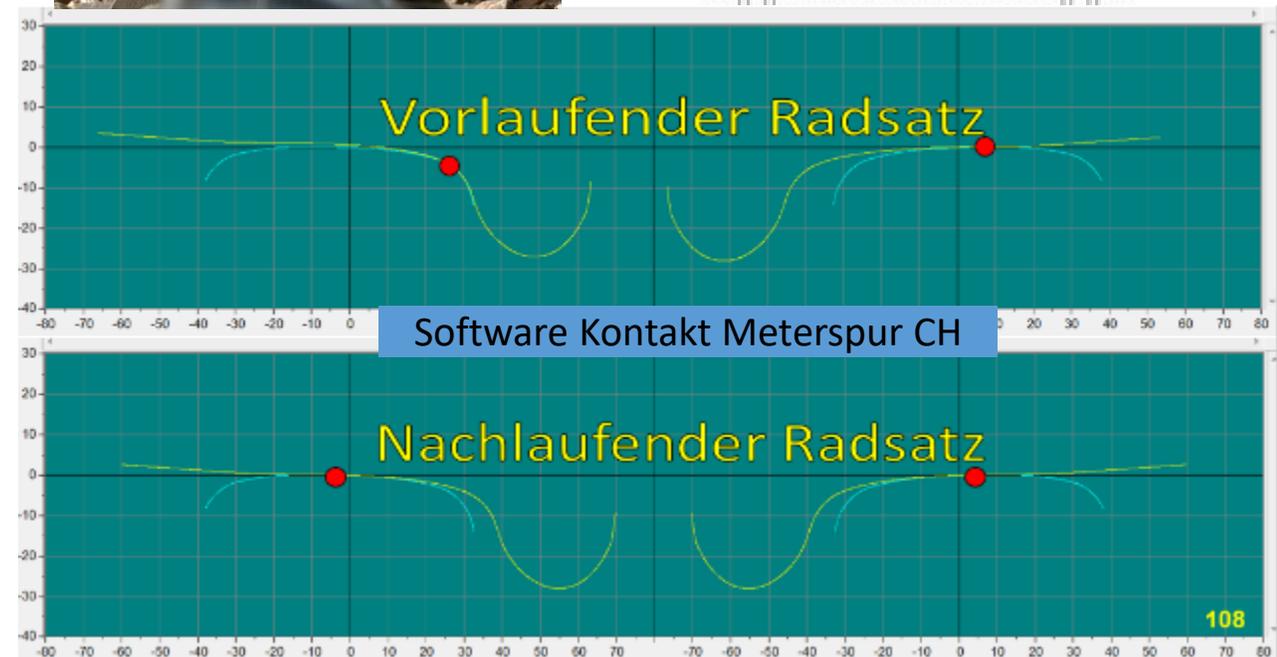
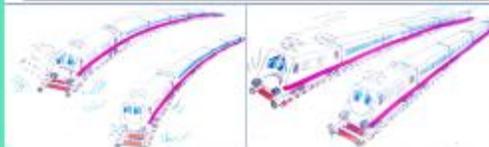
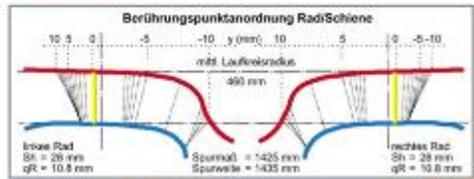
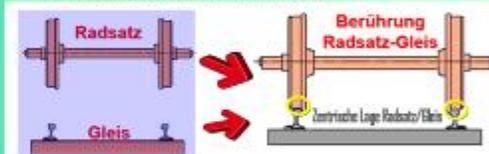
Instandhaltung

Lauftechnik



Rad- und Schienenprofile aus den Gesichtspunkten der Instandhaltung

Rad- und Schienenprofile aus den Gesichtspunkten der
 → Wechselwirkung Fahrzeug/Fahrgeweg
 → Interaktion Radsatz/Gleis
 → Interaktion Rad/Schiene



Software Kontakt Meterspur CH

P3 Rad/Schiene

Bisherige Erkenntnisse Modul 5

- ❑ Software Radkontakt/Gleiskontakt/Kontakt beschafft. Mit dieser Software wurde die Auswertung der Schienenprofile und Radprofile begonnen.

P3 Rad/Schiene

Modul 6 und 7: Lauftechnische Nachweise Rechnung, Versuche

Erstellung des lauftechnischen Lastenheftes für das Fahrwerk in Zusammenarbeit mit dem Projekt P5:

- hinsichtlich Verschleisses und Schädigung an Rad und Schiene
- Hinsichtlich der Beurteilung von Fahrsicherheit, Laufverhalten und Komfort
- Erarbeitung von Messgrößen zur Beurteilung Fahrverhaltens in engen Bögen

	Beurteilungskriterien		1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Eigendämpfungen, Restdämpfung Kritische Geschwindigkeit	Eigenfrequenzen, Eigenvektoren	Kraftniveau		Laufgüte bzw. Fahrkomfort		Wegamplituden	Verschleisskennwerte	Sicherheit gegen Entgleisen
					Waagrecht/quer	senkrecht	Waagrecht/quer	senkrecht			
1	Laufverhalten in der Geraden	Eigenverhalten (Grenzzyklen)	x	x	(x)		(x)		(x)		
2		Dynamische Antwort auf regellose Gleislagefehler	(x)	(x)	x	x	x	x	x		
3	Quasistatisches Verhalten	Im Gleisbogen			x	x			x	x	
4		Im Gleisgegenbogen			x	x			x		
5	Befahrbarkeit von Gleisverwindungen										x

P3 Rad/Schiene

Bisherige Erkenntnisse Module 6 und 7

- Lastenheft aus dem Gesichtspunkt der Interaktion für die Verbesserung des Fahrwerks gestartet.

Bisherige Erkenntnisse



Umfragen bei den Bahnen und aus den Messungen

- Umfragen bei den Bahnen über Schäden und Verschleiss durchgeführt
- Kombination zwischen Bogenverteilung und Radsätzen der Bahnen erfasst
Vorstellung in welcher Richtung sich die Nominalprofile (Rad/Schiene) im Betriebseinsatz verändern
- Abweichung der Gleisgeometrie gegenüber der Soll-Lage festgestellt
- Verbesserung des Fahrwerks (Aufbau des Lastenheftes) aus dem Gesichtspunkt der Interaktion
- Die Verbesserung des Bogenlaufs wird verfolgt (Optimierung bei den bestehenden Fzg)

Hilfsmitteln

- Auswertung und Interpretation aus den erfassten Daten (automatisiert)
- Software Radkontakt/Gleiskontakt/Kontakt ist im Aufbau

Vielen Dank !


RAILplus
Die Meterspurigen
La voie métrique
A scartamento metrico

Fazite aus der Verschriftlichung 1/4

Auszug

Fazit 4:

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

Fazit 6:

Beim Fahrweg werden mit der Konzeption (Unterbau, Schwellentyp) wichtige Entscheide zu den Folgekosten im Lebenszyklus getroffen. Um die theoretische Nutzungsdauer zu erreichen, muss die notwendige Instandhaltung (regelmässiges Schienenschleifen und die Regulierung der Gleislage durch Stopfen) durchgeführt werden.

Fazit 9:

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.

Fazite aus der Verschriftlichung 2/4



Auszug

Fazit 10:

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.

Fazit 11:

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.

Fazit 12:

Die Radprofile in Verbindung mit der Spurweite, **den Schienenprofilen ??** in den Bereichen des Rad-Schienenkontaktes und der Einbauneigung der Schiene bestimmen die Laufeigenschaften in der Geraden aber auch den Verschleiss in den Bogen. Die vorhandenen Schienenprofile und gängigen Radprofile sind, hinsichtlich Verschleisses, suboptimal und müssen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit für die jeweiligen Einsatzgebiete besser aufeinander abgestimmt werden.

Insbesondere sind Verschleissprofile zu entwickeln, respektive weiterzuentwickeln.

Fazite aus der Verschriftlichung 3/4

Auszug

Fazit 13:

Auf Streckenabschnitten mit höheren Geschwindigkeiten (über 80 km/h) sollte die Spurweite auf 1003-1005mm erweitert werden, um den Sicherheitsabstand gegenüber dem instabilen Fahrzeuglauf zu erhöhen und den Bogenlauf nicht durch andere Massnahmen (z.B. Verkleinerung des Spurmasses) zu verschlechtern.

Fazit 15:

Das regelmässige, präventive Schienenschleifen während der Liegedauer der Schienen:

- erhöht die Liegedauer der Schienen, der Befestigungen und Schwellen
- verlängert die Durcharbeitungszyklen des Gleises und schont Schotter und Unterbau
- verbessert die Laufruhe der Fahrzeuge
- vermindert die Lärmentwicklung

Das Schienenschleifen ist hoch wirtschaftlich, sofern es richtig angewandt und qualitativ hochwertig ausgeführt wird.

Fazite aus der Verschriftlichung 4/4



Auszug

Fazit 16:

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.

Fazit 17:

Ein qualitativ hochwertiger Unter- und Oberbau ermöglicht eine qualitativ hochwertige Gleislage. Durch regelmässiges Ausrichten und Unterstopfen werden die dynamischen Kräfte verringert und damit die Lage und die vorgesehene Lebensdauer sowie der optimale Lebenszyklus unterstützt.

Fazit 18:

Wasser ist der Feind Nummer Eins des Fahrweges. Ohne eine gute, funktionierende Wasserhaltung sind die besten lebenszyklusorientierten Massnahmen wirkungslos.

Lösungsansätze 1/1

Auszug

Lösungsansatz 2 – hochwertige Radmaterialien:

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

Lösungsansatz 4 – einheitliche Radsatzdatenbank:

Maximale Radsatzlaufleistungen sind vom richtigen Reprofilierungszeitpunkt und dem richtigen Radprofil für den jeweiligen Verwendungszweck abhängig. Eine gemeinsame Radsatzdatenbank verbunden mit dem notwendigen Wissen, könnte die Informationstiefe verbessern, die Datenqualität erhöhen, die Möglichkeit zur Anwendung des Interaktionswissens sicherstellen und damit die Wirtschaftlichkeit nachhaltig steigern.