

29.04.2026

Smart SKS / SKK

Systemführerschaft Interaktion Meterspur



WAS IST SKS & SKK ?

Spurkranzschmierung (SKS) & Schienenkopfkonditionierung (SKK)

«Kurzfristige» Massnahmen:

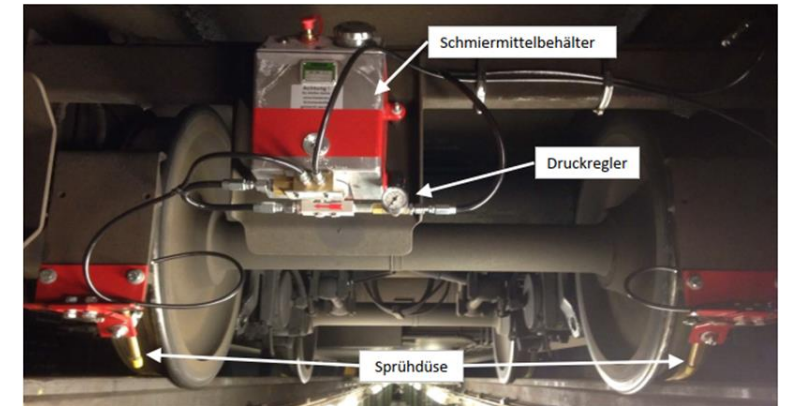
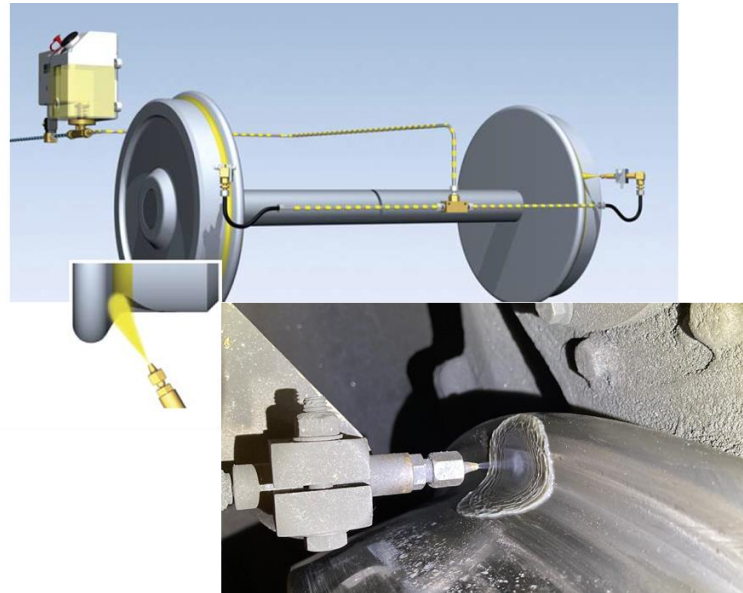
- ❑ Vermindern von Lärm aus dem Rad-Schiene Kontakt (Kurvenkreischen & Kurvenquietschen)
- ❑ Vermindern von Verschleiss im Rad-Schiene Kontakt

«Mittelfristige» Massnahmen:

- ❑ Optimieren Berührgeometrie von Rad und Schiene
- ❑ Optimieren Materialpaarung Rad und Schiene

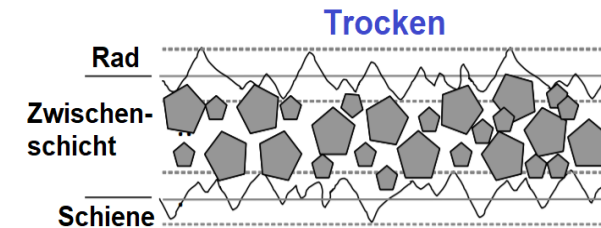
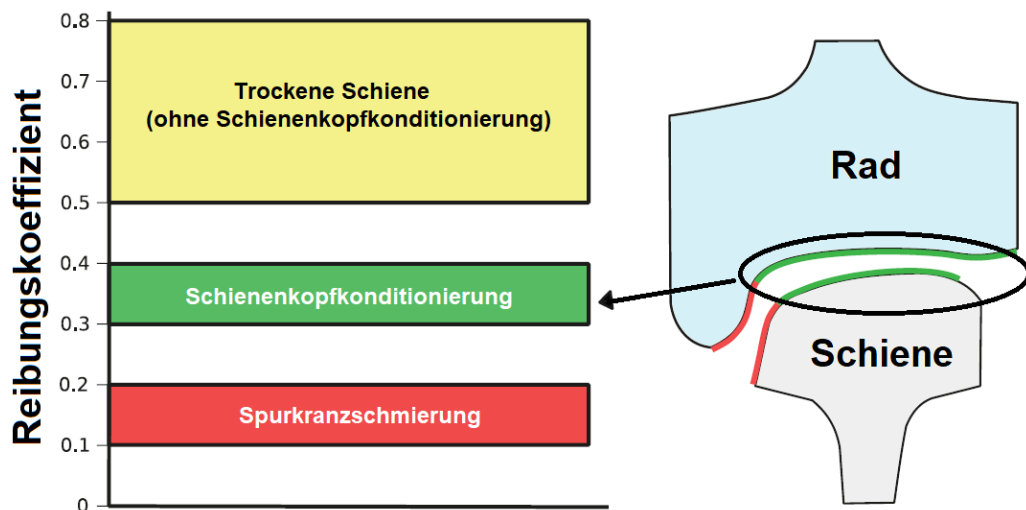
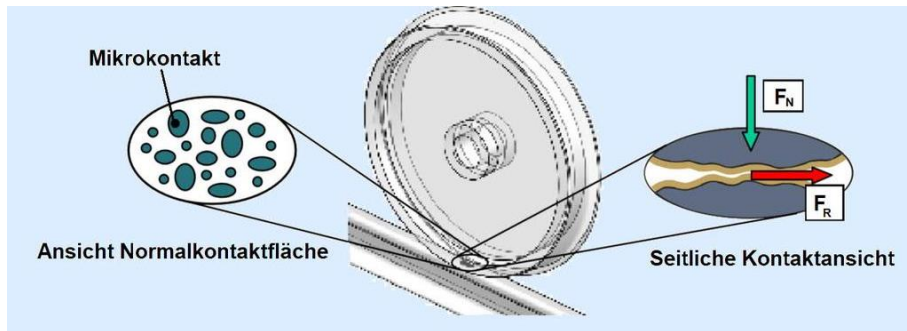
«Langfristige» Massnahme:

- ❑ Entwicklung Meterspurfahrwerk

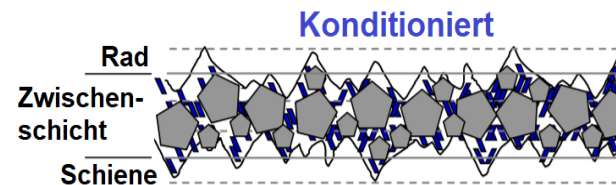


SCHMIEREN VS. KONDITIONIEREN

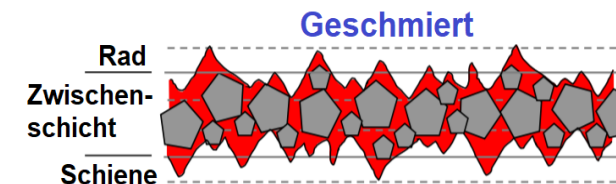
Ein kleiner aber feiner Unterschied.



Verschleiss



Gewünschtes R/S-Reibungsniveau

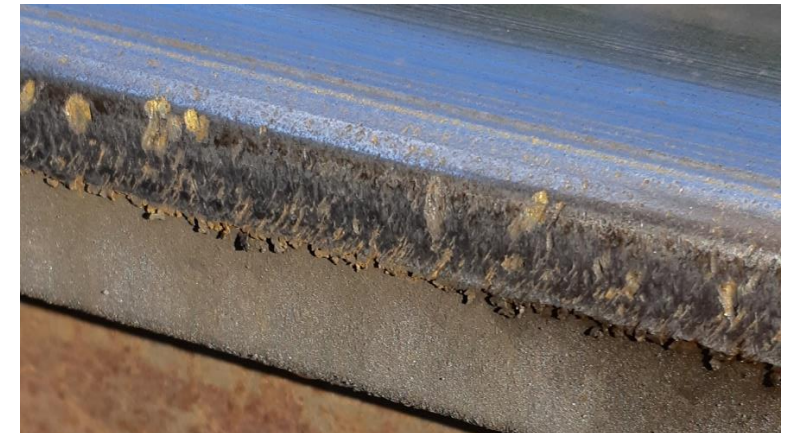


Verschleissarm

SMART SKK / SKS

Ausgangslage / Ziele

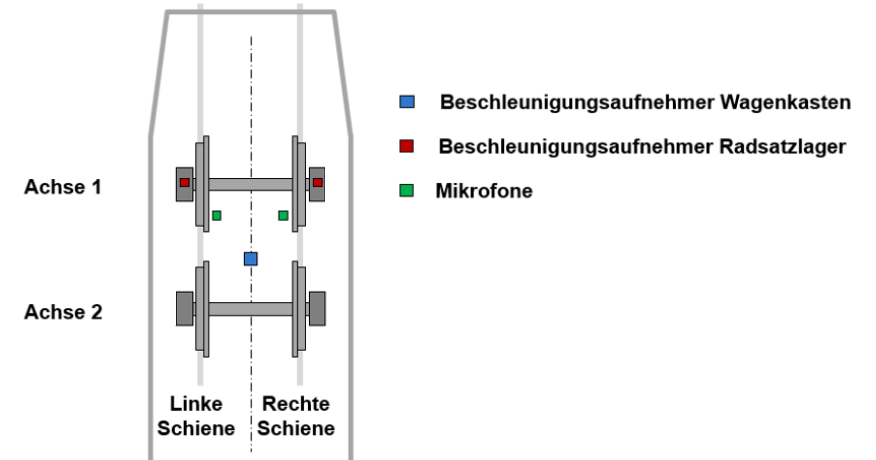
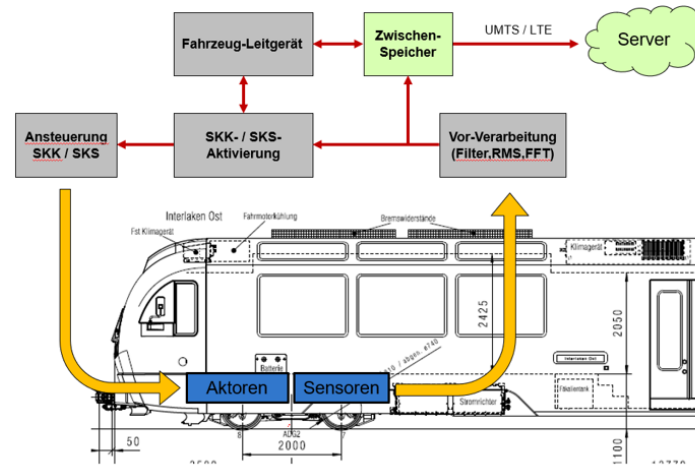
- Ausgangslage:
 - Über- und Unterschmierung kann gleichzeitig auftreten
 - Positive Erfahrungen mit SKK bei zb, MGB und tpf
 - Weg- / Zeitabhängiges SKS (es wird auch in der Geraden geschmiert)
- Ziele allgemein:
 - Optimierung Lebensdauer Rad und Schiene
 - Positives Kosten/Nutzen-Verhältnis
 - Lärmreduktion
 - Bedarfsgesteuerte Ansteuerung der SKS und SKK
 - Synergien zwischen M8 und M7 nutzen
- Projektziele M8 (Flachland bei der Zentralbahn):
 - Definition minimaler Systemanforderungen
 - Spezifikation für möglichen Softwarealgorithmus
 - Betriebserprobung durch nachrüsten eines Triebzuges
- Projektziele M7 (Steilstrecken bei der RhB):
 - PoC für Smart SKK / SKS in Steilstrecken
 - Definition minimaler Systemanforderungen für Steilstrecken
 - Erweiterung der Softwarespezifikation für Steilstrecken
- Idee:
 - Ein Zug schmiert und konditioniert für sich
 - Der Zug überprüft die Wirkung direkt



SMART SKK / SKS

Konzept / Architektur

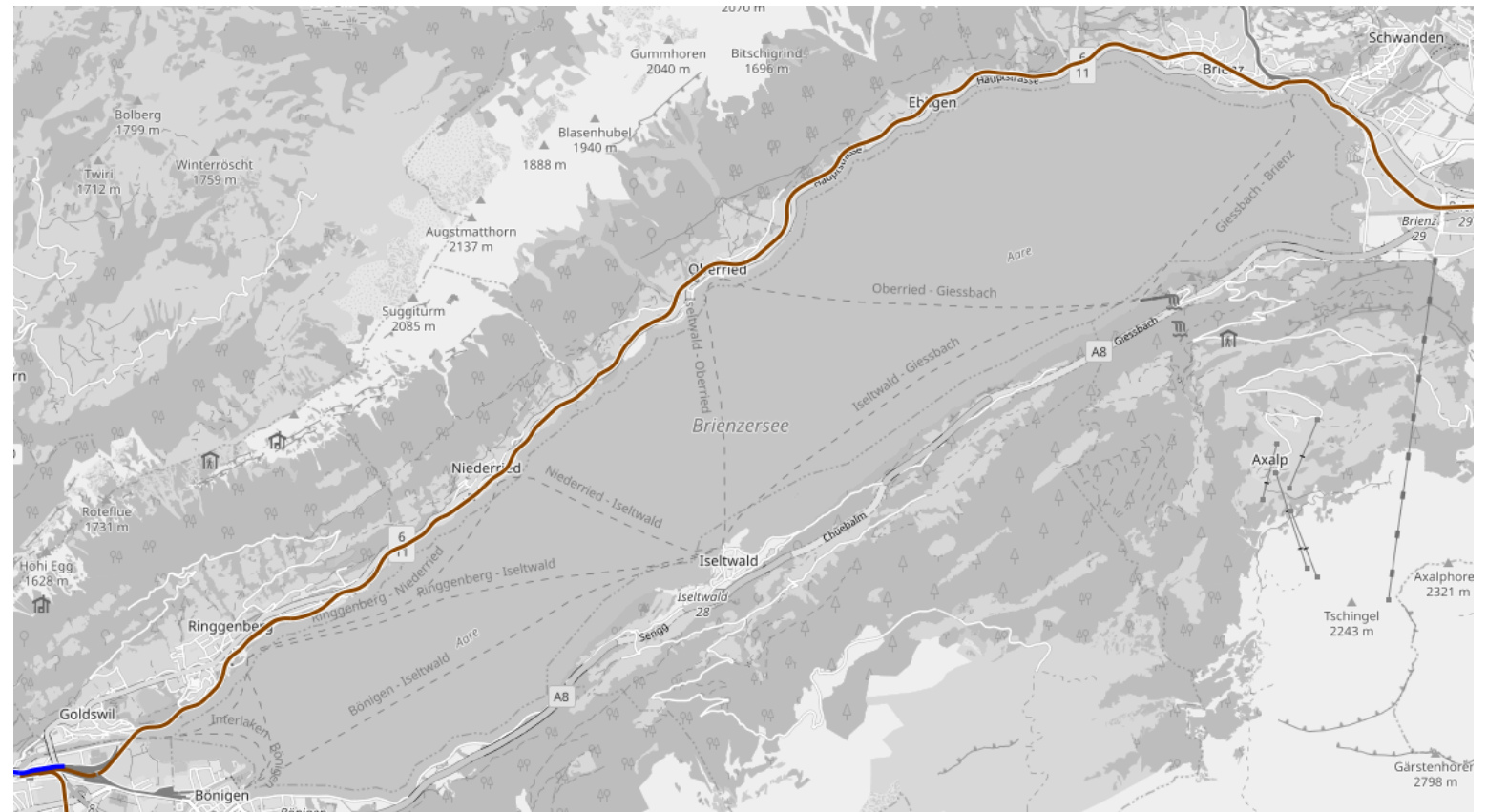
- Neu verbaute Hardware
 - Messtechnik
 - Mikrofone
 - Beschleunigungssensoren
 - IMU
- Applikation
 - SKS-Anlage mit 2 Pumpen
 - 2 Magnetventile (Standard)
 - SKK-Anlage mit 2 Pumpen
 - 4 Magnetventile (Dauersprühen möglich)



TESTSTRECKE

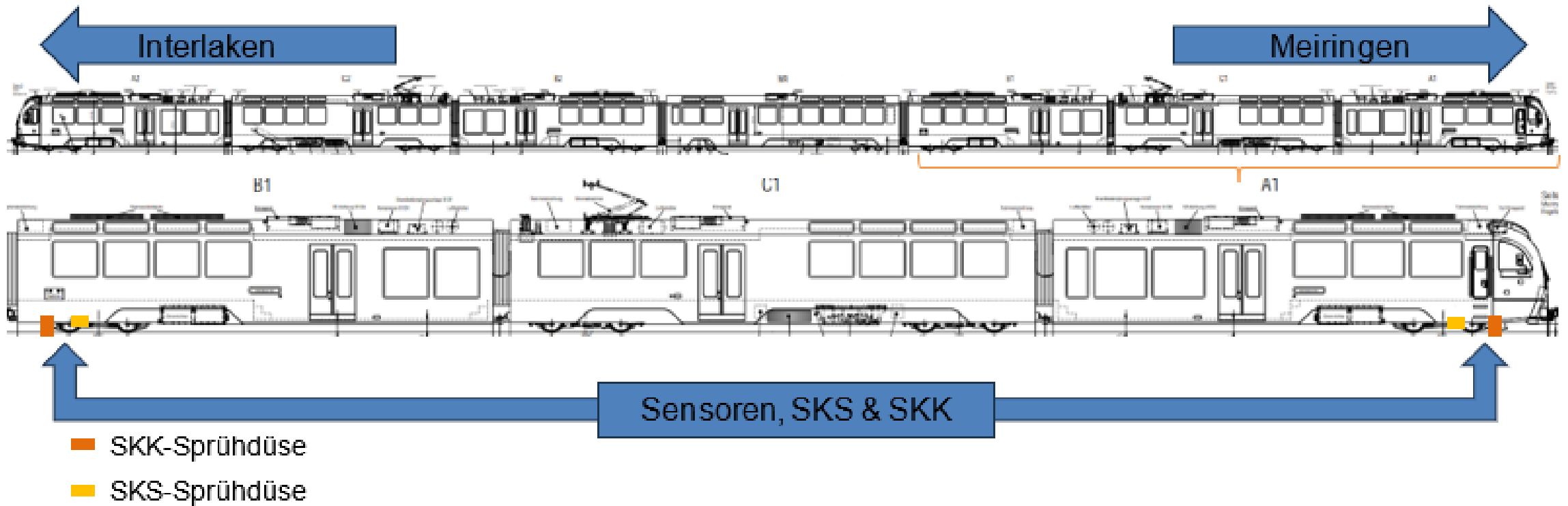
Interlaken – Brienz

- Steigung <math><45\text{‰}</math>
- SKK-Potential in vielen Kurven
- Übersichtliche Anzahl Fahrzeuge
- Vorhandene Menge SKS ist nicht extrem hoch
- Geofencing auf dieser Strecke



SMART SKK / SKS

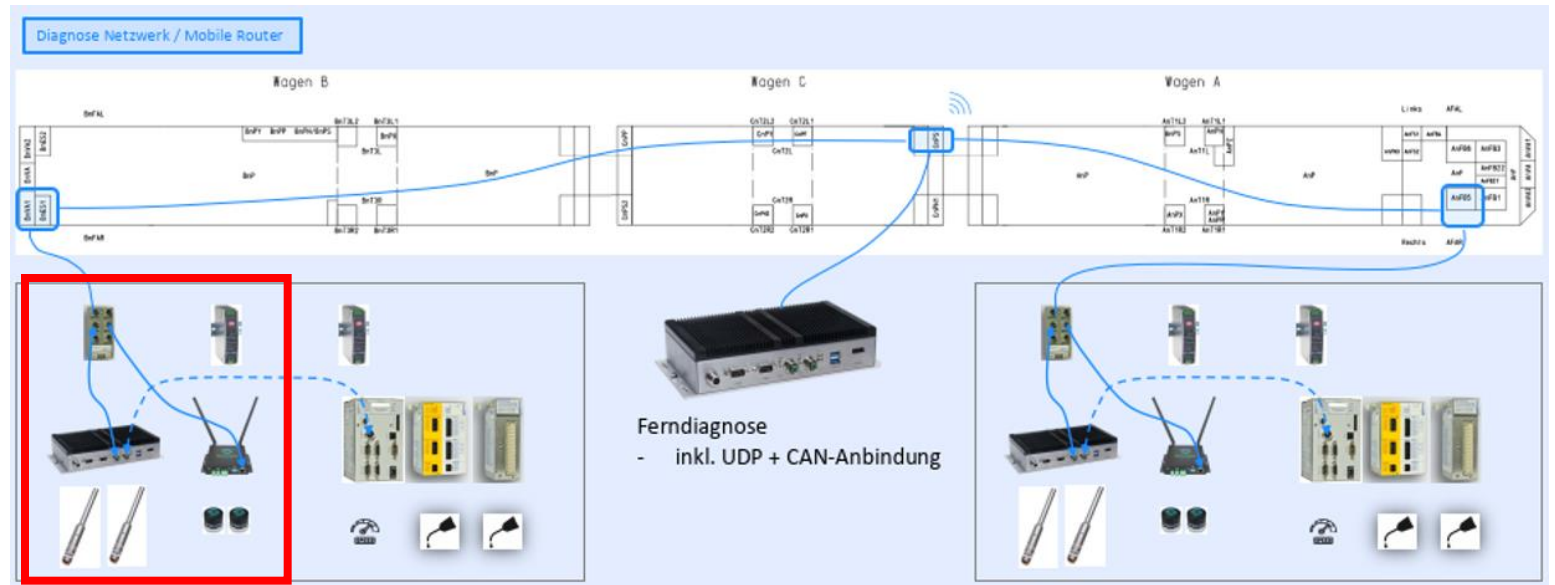
Konzept / Architektur



SMART SKK / SKS

Konzept / Architektur Adler

- Neu verbaute Hardware
 - Logik
 - 1 x Bahncomputer für Ferndiagnose & Intelligenz
 - 2 x Bahncomputer für Datenaufnahme und Aufbereitung
 - 2 x Selectron CPU für Ansteuerung SKK / SKS
- 1 Hauptcomputer mit Software, verbunden mit 2 Messknoten.



SMART SKK / SKS

Integration

Schnellkupplung Pneumatik



SKK & SKS Tank



Schaltschrank Smart SKK/SKS



SMART SKK / SKS

Integration

Mikrofone



29.04.2026

Beschleunigungssensoren



Interaktionstag - Smart SKS/SKK

Seite 10

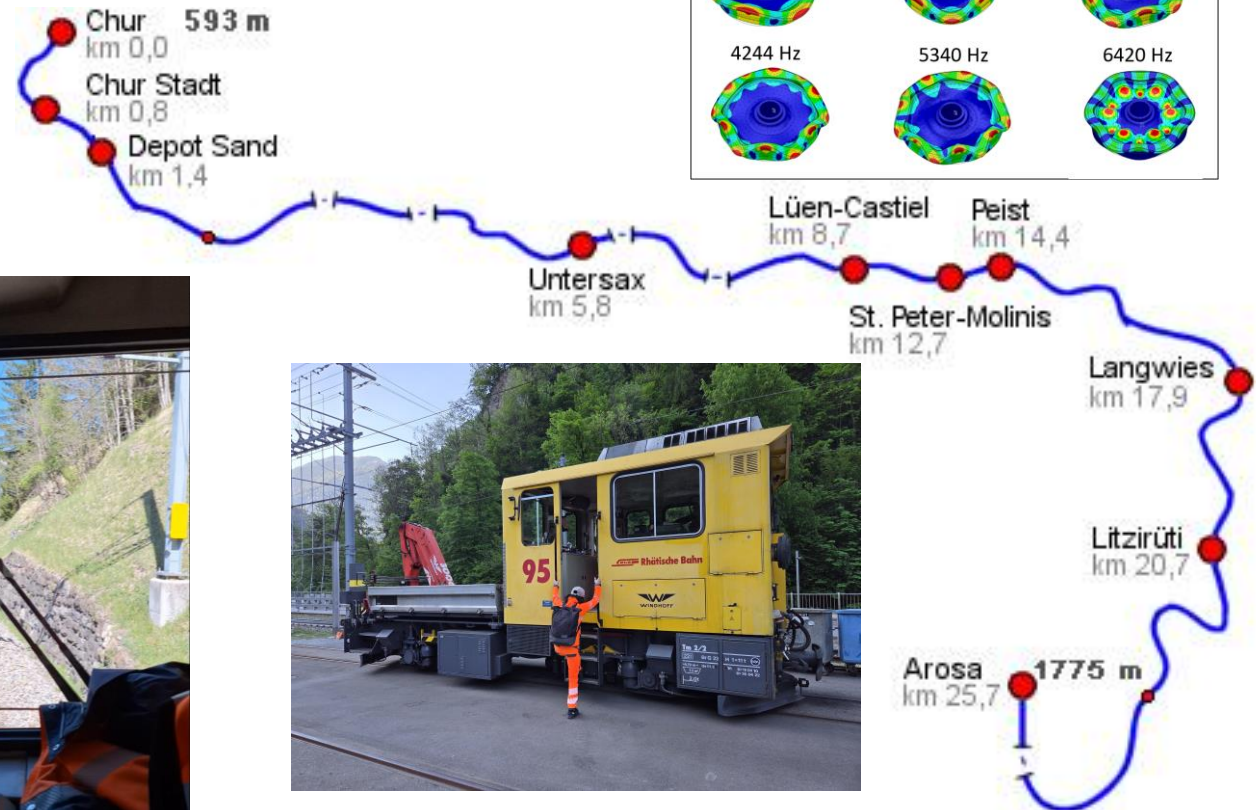
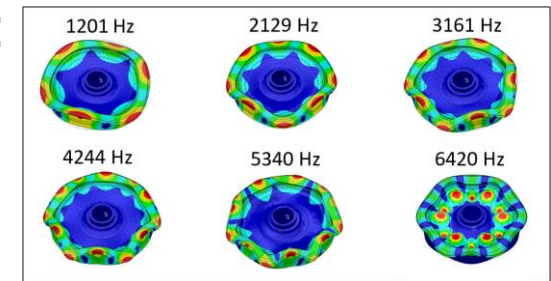
STEILSTRECKEN

Bei der RhB zwischen Chur und Arosa.

- Mit dem Bauaktor kreischt (76 Stellen) und quietscht es ordentlich zwischen Chur und Arosa.
- Fahrt vom 02. Mai 2025:
 - Ca. 1348 Hz (Kreischen)
 - Ca. 2716 Hz (Kreischen)
 - Ca. 3516 Hz (Kreischen)
 - Ca. 4688 Hz (Quietschen)
 - Ca. 7969 Hz (Quietschen)
- Schlupfwellen in 17 Bögen erkannt
- Bauaktor hat kein SKS
- SKK hat ein hohes Potential auf dieser Strecke!

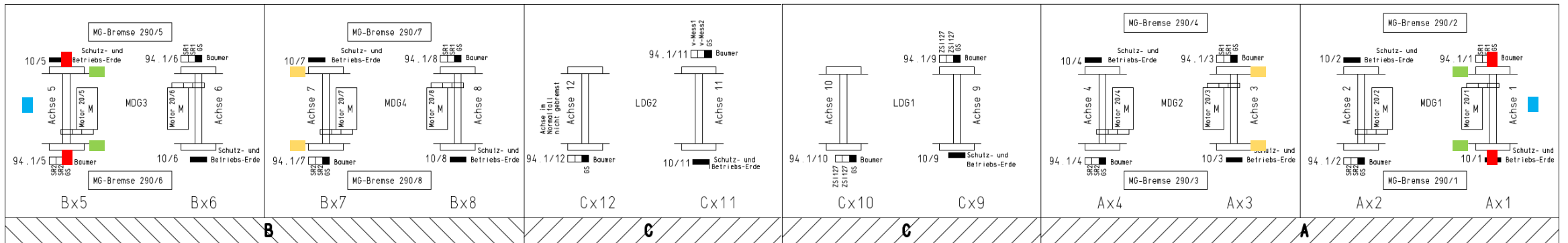


MGB-Komet:



SMART SKK / SKS

Konzept / Architektur



- SKK-Sprühdüse
- Beschleunigungs-Sensoren
- SKS-Sprühdüse
- Mikrofon

STEILSTRECKEN

Nachtversuche im Arosatunnel.

- Traktion und Bremsfähigkeit der ZTZ ist auch in 60‰ gewährleistet.

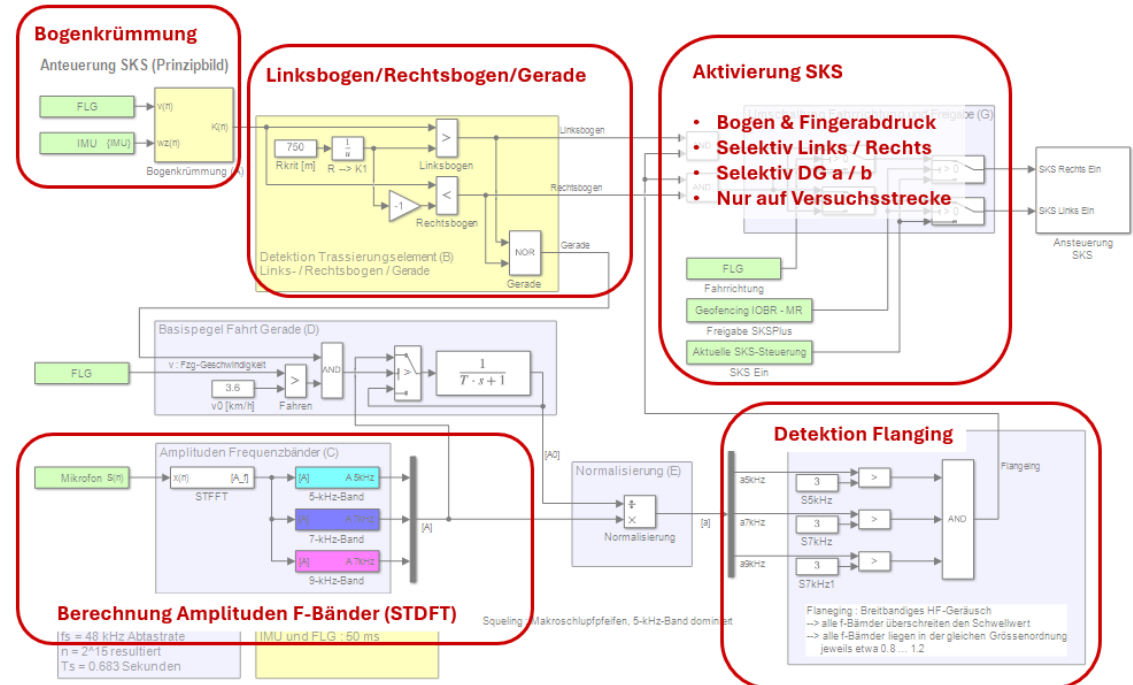
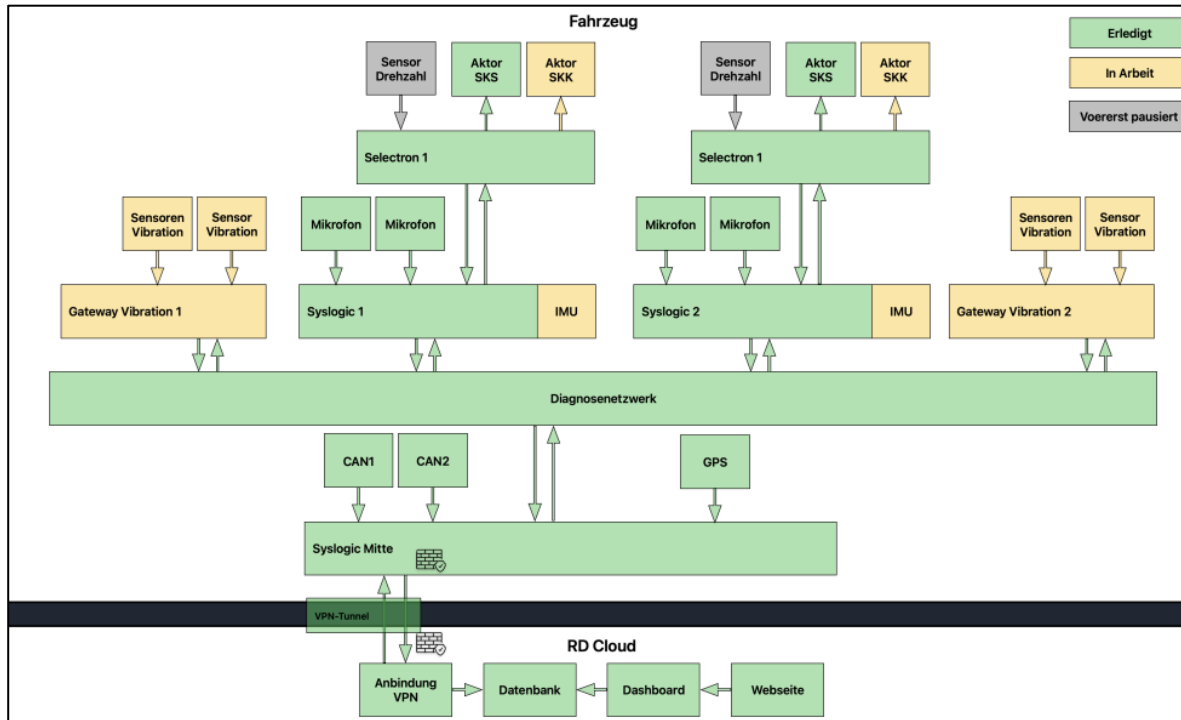


Zustand	Bremsweg
Trocken	43m
Konditioniert	46.25m (+7.6%)
Konditioniert + nass	51.29m (+19.3%)
Überkonditioniert	48.75m (+13.4%)

Lf: Dem Gefühl nach ist eine konditionierte Schiene wie sonst bei einsetzendem Regen.

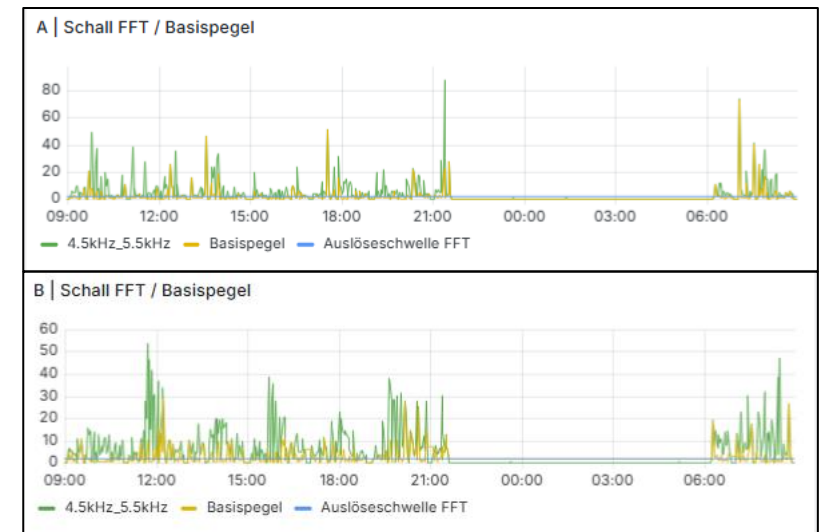
SMART SKK / SKS

Software & Logik



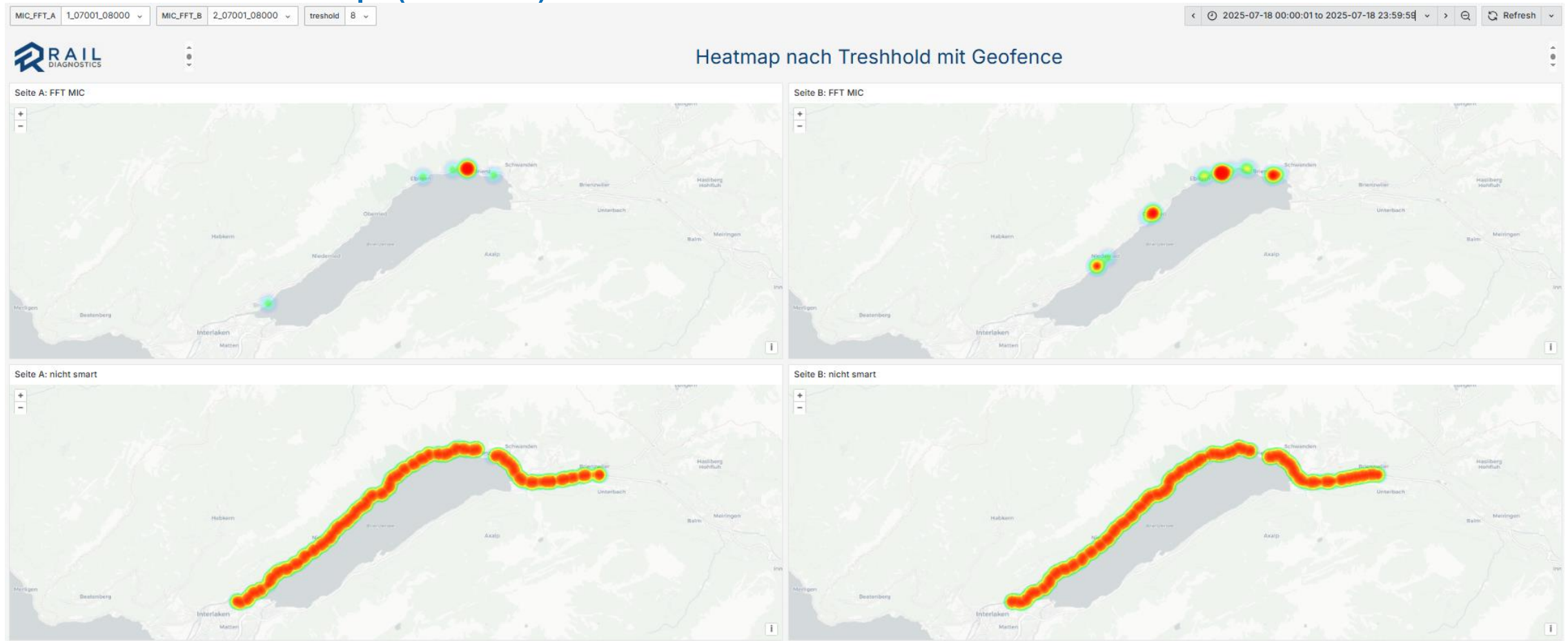
SMART SKK

Dashboard Übersicht



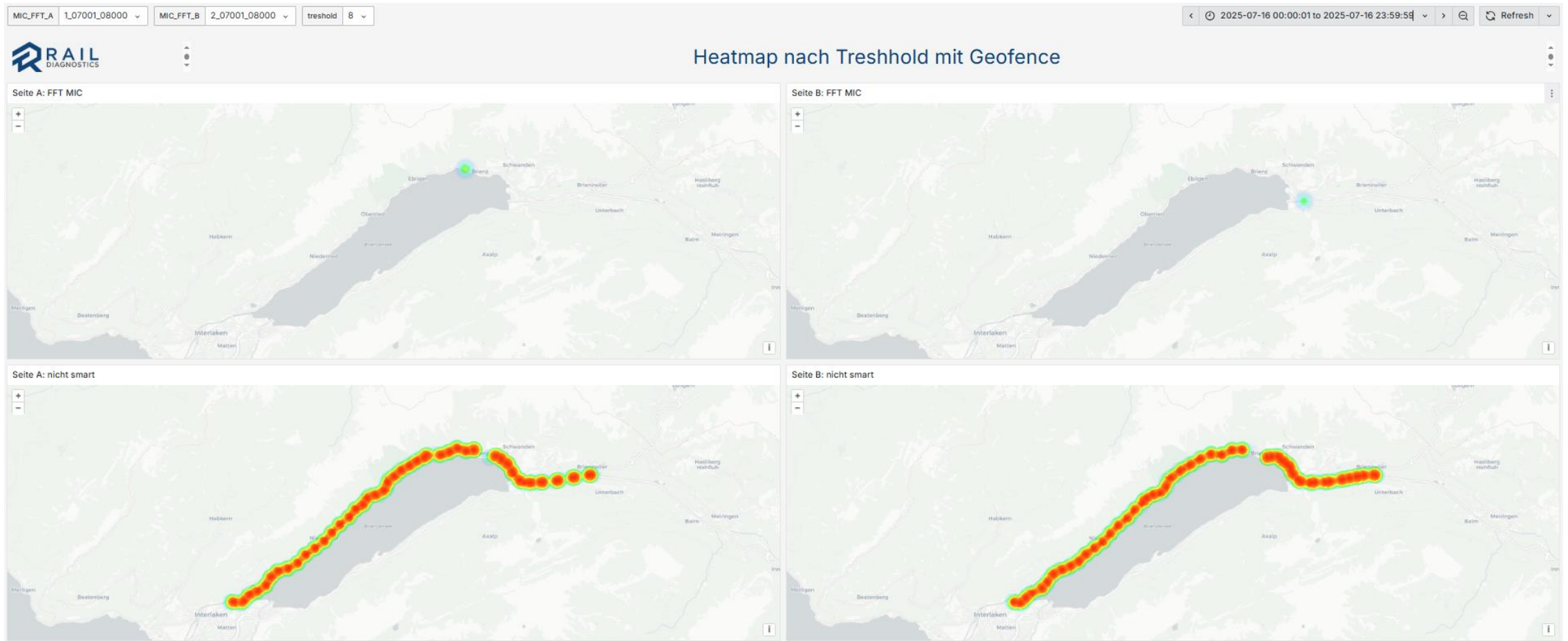
SMART SKS

Dashboard Heatmap (Sonne)



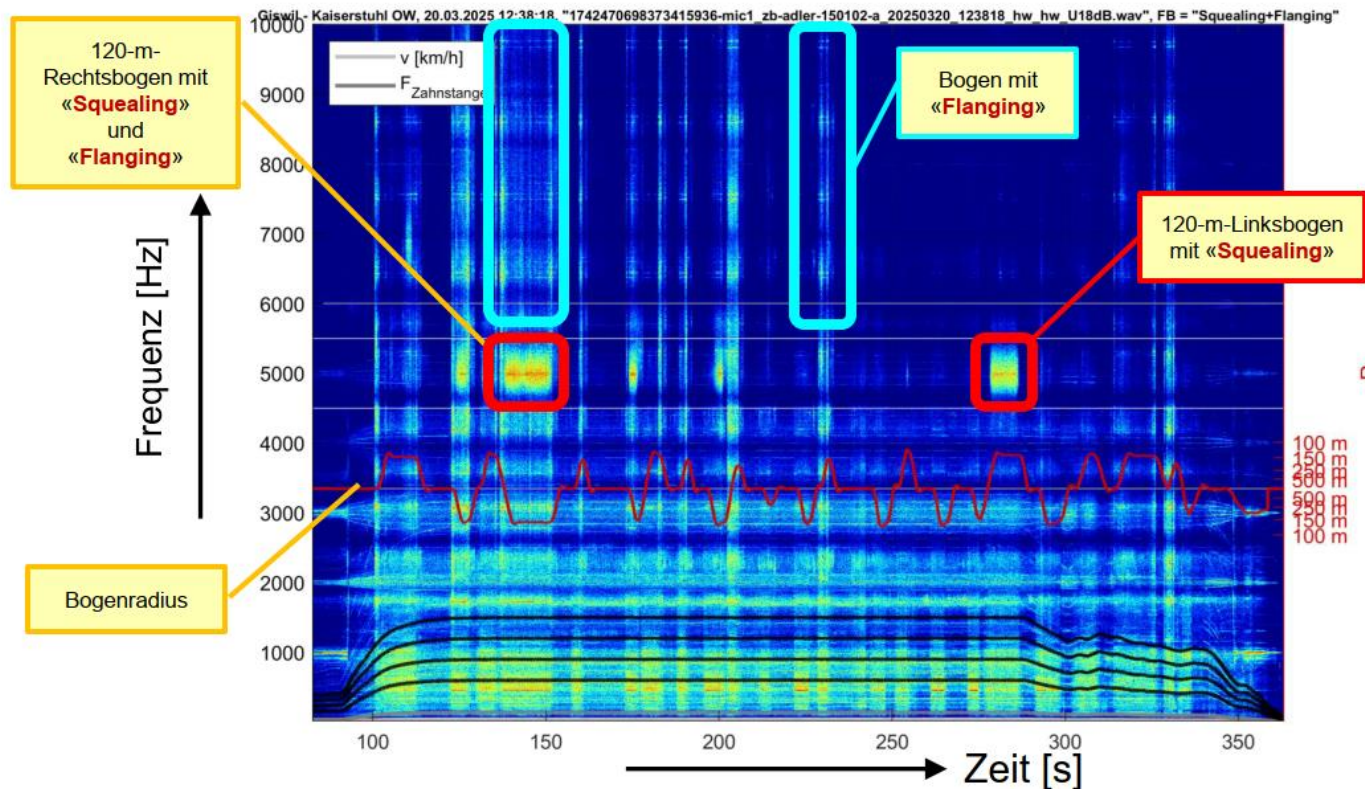
SMART SKS

Dashboard Heatmap (Regen)



SMART SKK / SKS

Datenanalyse / Auswertung



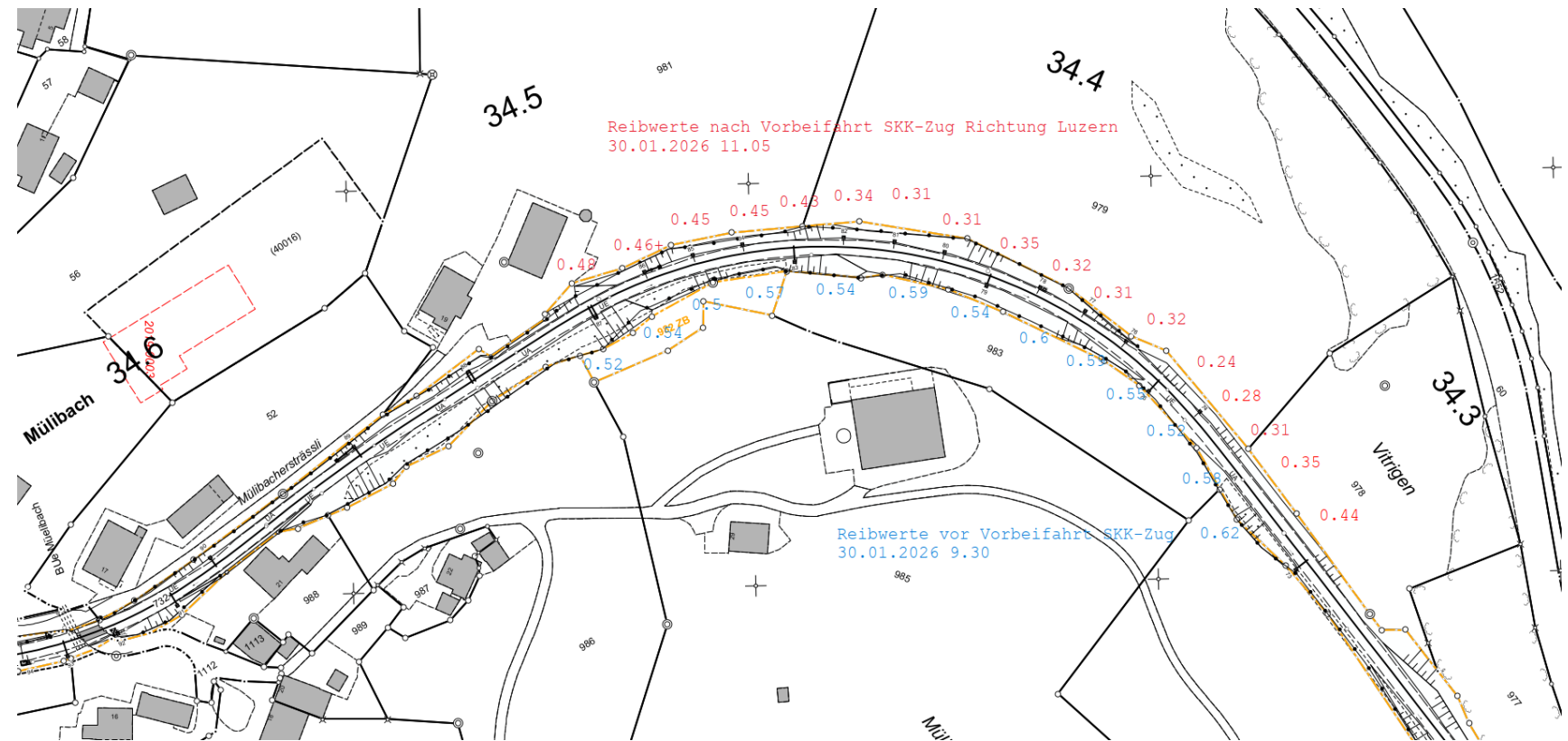
Smart SKK/SKS			
Effekt	Ursache/Entstehungsmechanismus	Detektion	Massnahme
Kurvenquietschen Flanging (zip-zip-zip)	<ul style="list-style-type: none"> Anlaufen des Spurkranzes an der AS mit trockenen oder feuchten Kontaktflächen Periodisches vertikales Aufklettern und Abrutschen des Spurkranzes → intermittierendes Geräusch Am 1. Radsatz im DG 	<ul style="list-style-type: none"> F-Band Schall 5 - 9 kHz <p>«Fingerabdruck»</p>	<ul style="list-style-type: none"> Schmierung der Kontaktflächen Intervention SKS an der AS
Squealing (tonales Kurvenkreischen)	<ul style="list-style-type: none"> Mikro-Reib-Schwingungen auf der IS 	<ul style="list-style-type: none"> F-Band Schall 2 - 6 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> Intervention SKK an der IS
Verschleiss von Spurkranz und Schienenflanke	<ul style="list-style-type: none"> Reibarbeit / Scherung in der Kontaktfläche Rad-Schiene 	<ul style="list-style-type: none"> F-Band Achslager-Beschleunigung oder Schall 	<ul style="list-style-type: none"> Schmierung der Kontaktflächen Intervention SKS an der AS
Reibschwingungen mit Polygon- und Schlupfwellenbildung	<ul style="list-style-type: none"> Mechanische Zwangsbedingungen (Rollradiendifferenz, Querkräfte) führen zu «Aufspannen von Federn» im Antrieb Zyklisches Überschreiten des Kraftschlussmaximums, v.a. auf trockenen Schienen 	<ul style="list-style-type: none"> TF Anteile Beschleunigung / Radsatz-Drehzahl 50 – 500 Hz (?) 	<ul style="list-style-type: none"> Konditionierung der Kontaktflächen Intervention SKK an der IS

Abkürzungen:
AS: Aussenschiene (im Bogen)
IS: Innenschiene (im Bogen)
TF: Tieffrequent, hier < 400 Hz
HF: Hochfrequent, hier > 2 kHz

SMART SKS / SKK

Reibwert Monitoring

- Reibwertmonitoring mit Tribometer
- Messung direkt nach Zugsdurchfahrt.
- Richtungsabhängigkeit durch die unterschiedliche Anzahl Achsen.
- Reibwerte kommen erwartungsgemäss um 0.2-0.3 herunter.
- Nur so viel wie nötig!



WIRTSCHAFTLICHKEIT SMART SKS / SKK

Wann es sich lohnt. Und wann nicht.

Smart SKS / SKK lohnt sich in 3 Fällen gegenüber dem konventionellen SKS / SKK:

1. Grundlegende Probleme mit der konventionellen SKS
2. Mehr als 10-20 SKK-Stellen auf dem Netz
3. SKK in Adhäsionssteilstrecken (> 45‰ Gefälle)

Erwartende quantifizierbare **Einsparungen** durch SMART SKK/SKS:

- Verlängerung Lebensdauer Schiene + Gleis
- Verminderter Unterhalt an Schiene (Schleifen/Fräsen)
- Einsparung des Verbrauchs von SKS-Mittel
- Verminderter Verschleiss an Rad -> längere Laufleistung

Potential neuer Bögen zur Verlängerung der Lebensdauer von Schiene und Gleis

Grundlage für die Einsparungen pro Bogen: [Schlussbericht zur Betriebserprobung SKK auf der Strecke Täsch - Zermatt](#)

	Einsparungen pro Bogen [CHF]	Bögen bisher	Einsparungen Standard SKK [CHF]	Bögen zb-Netz (mit Radius < 250m)	Einsparungen Smart SKK [CHF/Jahr]
Schiene	15'000	6	90'000	202	3'030'000
Gleis	5'159	6	30'952	202	1'042'063

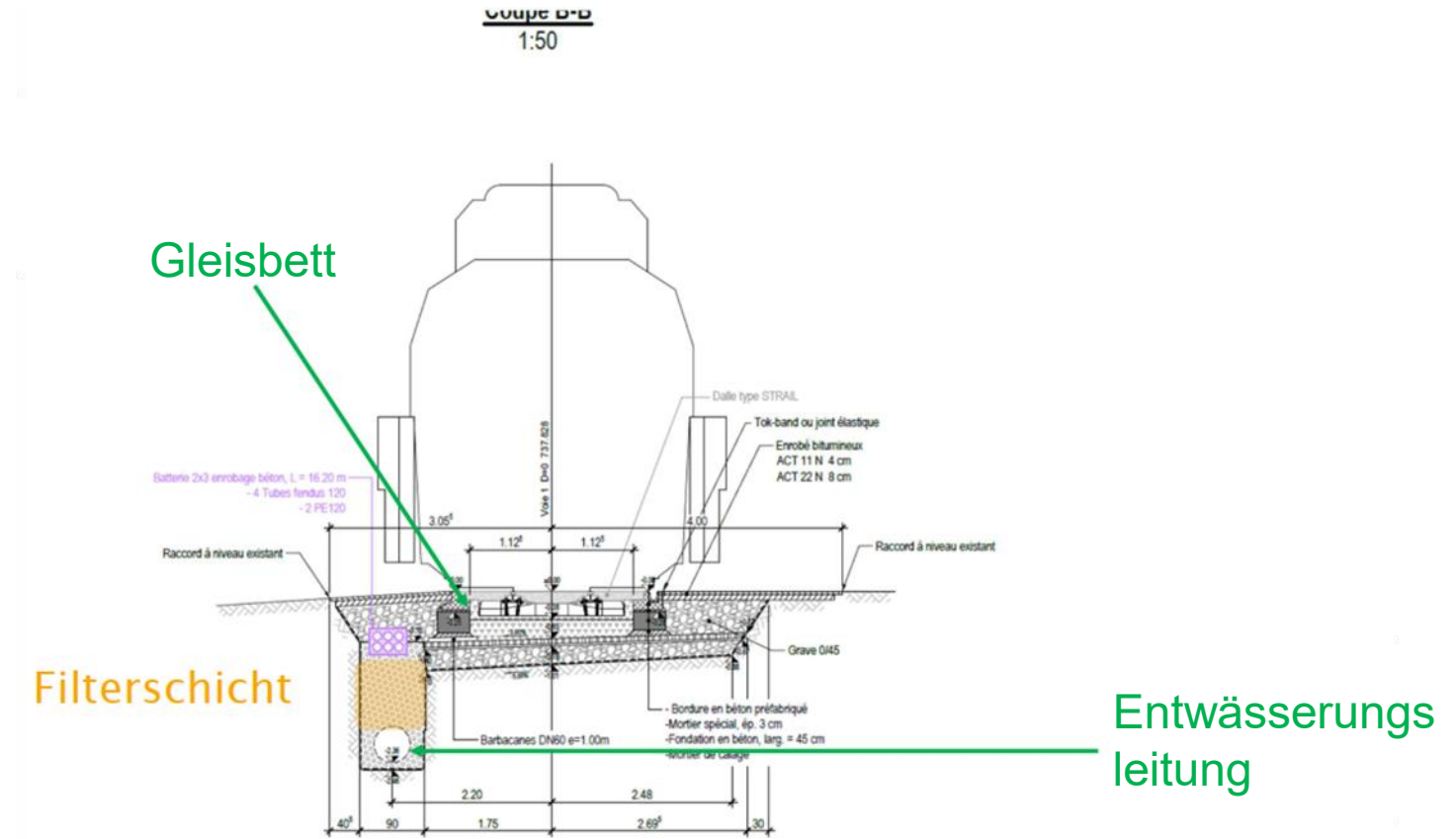
Potential zur Einsparung des Verbrauchs von SKS-Mittel

	Verbrauch Mittel ohne Smart SKS [kg]	Preis pro kg	Einsparungen Mittel	Kosten ohne Smart SKS [CHF/Jahr]	Einsparungen mit Smart SKS [CHF/Jahr]
SKS Mittel Einsparungen	1'400	40	50%	56'000	28'000

ÖKOLOGIE

Umweltverträglichkeitsabklärung von SKK

- Im Schotterbett ist die Anwendung von SKK vertretbar. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Stoffe in den Stein- und Kiesschichten (Filterschicht) haften bleiben.
- Die feste Fahrbahn stellt je nach Entwässerung ein Spezialfall dar.
- Forschungsprojekt „Umweltfreundliche Reibungsmodifikatoren“ mit dem BAFU und Industrievertretern.



SMART SKS / SKK

Smart SKS / SKK muss industrialisiert werden.

- Der Erfolg von Smart SKS / SKK ist absehbar. Es wird funktionieren und es wird wirtschaftlich sein.
- Um für die Umwelt und bei den Bahnen wirklich einen Mehrwert zu generieren, **muss** Smart SKS / SKK auf die Züge und auf das Gleis gebracht werden.
- Synergiepotential mit «Digitaler Zug». Smart SKS / SKK könnte zu vielen weiteren intelligenten Systemen auf dem Zug synergetisch genutzt werden.
- Bisher ernsthaftes Interesse an einem Rollout haben: zb, RhB, AVA
- Das Meterspurzentrum unterstützt gerne dabei 😊



METERSPURZENTRUM INTERAKTION

Unsere Mission.



*Die Sicherheit des Bahnbestriebs liegt zu jeder Zeit bei der Bahn.

Farbencodierung: Durch die jeweilige Bahn finanziert / Vom Gesamtprojekt finanziert / Vom Forschungsprojekt finanziert

VIELEN DANK FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!

KONTAKT

 Die Zentralbahn.

Friedrich-Christian Walther

+41 (0) 79 621 36 66

Flottenmanager / PL RAILplus P3 Interaktion Rad/Schiene

friedrich-christian.walther@zentralbahn.ch



Nik Ritter

+41 (0) 79 108 64 92

CO-Leiter MSZ Interaktion

nikolaus.ritter@zentralbahn.ch