



Selbstlernende Schienenkopfkonditionierung (i-SKK)

Projektbeschreibung


Stefan Keiser, Bernmobil

Felix Saur, Yves Kohler, PROSE AG

Management Summary

Aufgabenstellung

Lärmbelastung 
durch Strassenbahnen

Ökologische Belastung
durch Schmiermittel 

Verschleiss 
Rad- & Schiene



Forschungsprojekt

Selbstlernende Schienenkopfkonditionierung (SKK) 


Projektziel:

POC auf einer Streckenlinie von Bernmobil



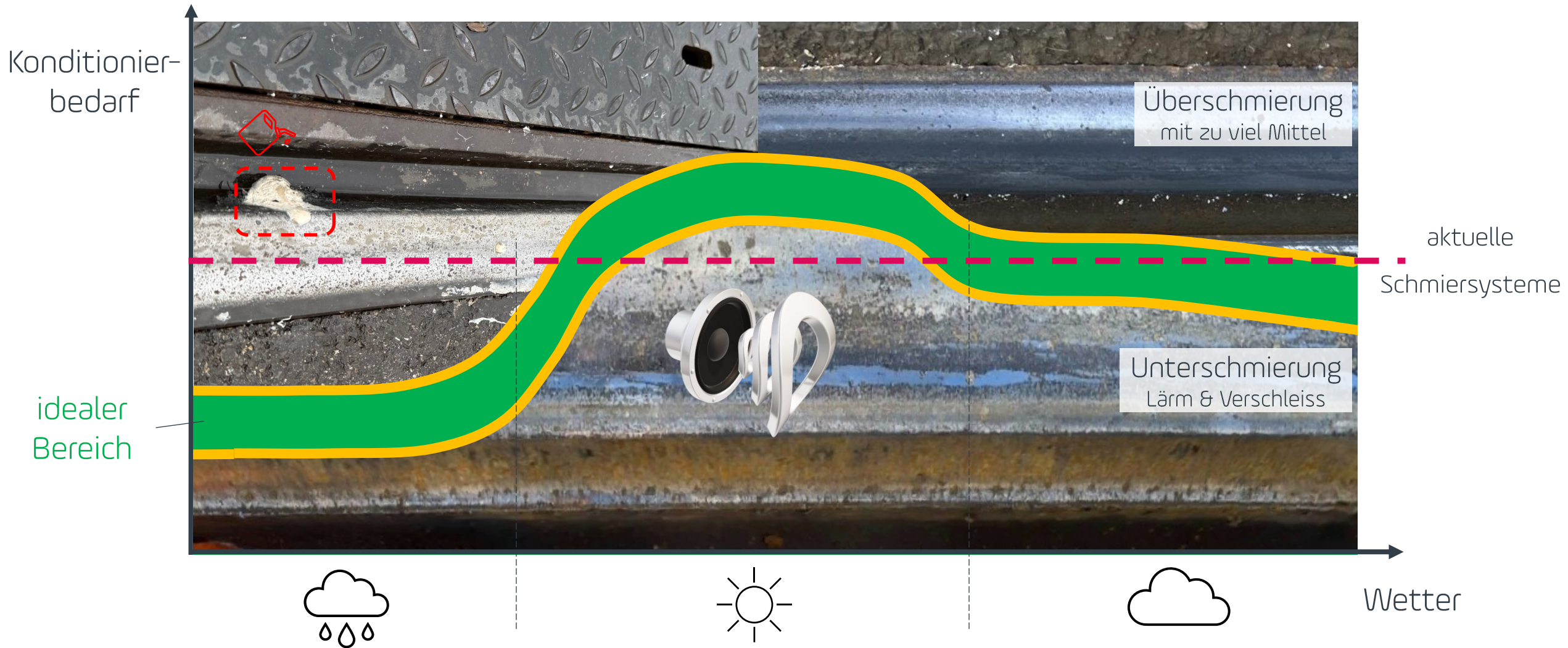
Ergebnis

-98,5% 
Lärmreduktion
Kurvenquietschen¹

bis zu -60% 
Reduktion
Schmiermittel²

-12% 
Verschleissreduktion
Lauffläche¹

Ziel: intelligente Schienenkopfkonditionierung

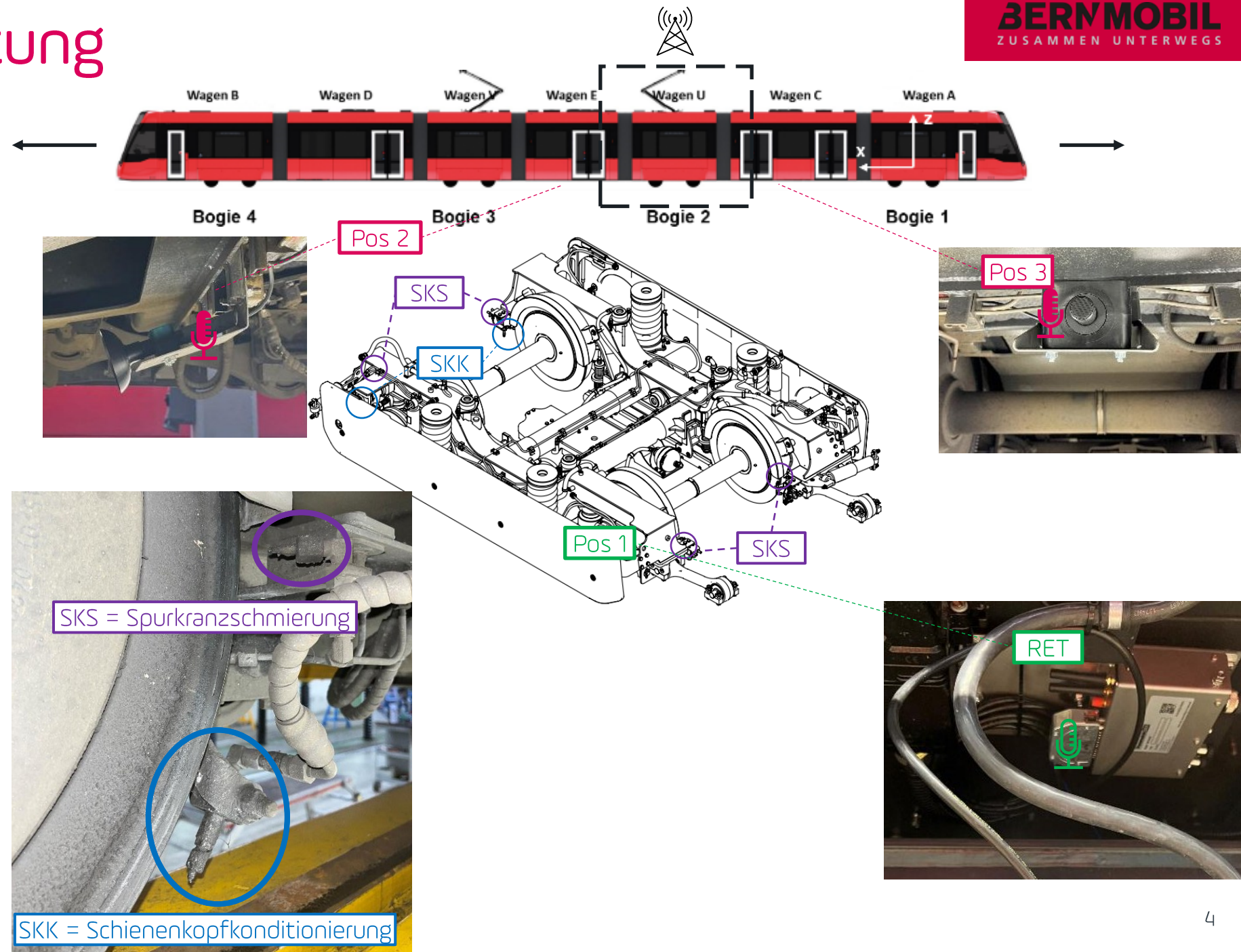


Ziel: die zu entwickelnde i-SKK prognostiziert und erkennt jederzeit und überall auf dem Streckennetz den witterungsabhängigen Konditionierungsbedarf und löst an den entsprechenden Punkten eine Konditionierung aus

Fahrzeugausrüstung

Installierte Messtechnik im Lauffahrwerk des Tramlinks:

- 1 Messsystem RET 4xxx
- 1 „internes“ Mikrofon
- IoT-Gateway
- IMU
- 2 externe Mikrophone
- GPS- & LTE-Antenne



↓

15 Fahrzeuge:

- 12 Tramlink Ultra-S
- 2 Tramlink V60
- 1 Combino V60

Funktionsweise i-SKK



1.	Fahrzeuge sammeln und synchronisieren Messdaten und senden diese verorteten (Audio-)Rohdaten via LTE an eine Cloud
2.	Auf der Cloud werden über einen Wetterdienst meteorologische Daten gespeichert und zeitlich mit den Messdaten synchronisiert.
3.	Die Audiorohdaten werden zu einem "Quietschindex" (QI) umgewandelt, der die Stärke des Kurvenquietschens quantifiziert.
4.	Der QI wird präzise auf dem Streckennetz verortet, um ein Lärmmapping zu ermöglichen. Die KI schlägt aus einer Quantilsbetrachtung eine Grundkonditioniertrate für jeden Lärmhotspot vor.
5a.	Die ermittelten Lärmhotspots müssen Betreiber bestätigt werden, wobei die Grundkonditioniertrate manuell vom Betreiber geändert werden kann, um z.B. bei jeder Überfahrt eines Trams an einem bestimmten Streckenpunkt zu Konditionieren. Dies wird als präventive bzw. vorbeugende Konditionierung bezeichnet.
5b.	Das KI-Modell antizipiert anhand der Wetterprognose wann und wo auf dem Streckennetz eine Konditionierung zu erfolgen hat. Dies wird als automatische prognostische Konditionierung bezeichnet.
5c.	Sollte trotz 5a. Und 5b. ein Lärmevent von den Trams gemessen werden, veranlasst die i-SKK, dass das folgende Tram bei der nächsten Überfahrt am temporären Lärmhotspots konditioniert. Dies wird als reaktive Konditionierung bezeichnet und dient als Kontrollinstanz der Funktionsfähigkeit der i-SKK.
6	Der Konditionierbedarf eines Hotspots wird durch die Grundkonditioniertrate sowie mit dem der präventive, prognostische und reaktive Anteil der Konditionierung ist das Fahrzeug jeweils eine Konditionierung am entsprechenden Lärmhotspot aus.

Übersicht Messung auf PoC-Strecke

Daten bezüglich Messungen auf der PoC-Strecke	
Strecke	Kursaal - Wankdorf: Teillinie 9
Anzahl Fahrzeuge	5
Fahrzeugtyp	Tramlink
Radtyp	UltraS
Messdauer	17.02.25 - 30.06.25 (133 Tage)
i-SKK aktiv seit	04.03.25; 11 Uhr Zeitzone UTC
Anzahl verwendete Mikrophone	15 (5*3)
Datenmenge auf PoC-Strecke	1 TB (999,46 GB)
Anzahl Messungen auf PoC-Strecke	136'171
Anzahl Messdateien	1'234'461
Durchschnittlicher Datenupload pro Fahrzeug und Monat	77 GB
Anzahl GPS-SKK Punkte	11
Ausgelöste Konditionierbefehle	47'200
Verwendete Konditioniermittelmenge	47,2 l
Temperaturbereich	-9 °C bis +34 °C
Tage mit Niederschlag	60
Tage unter 0°C	25
Tage über 25°C	35
Tage mit Schneefall	0

Ergebnis: Lärmreduktion POC-Strecke

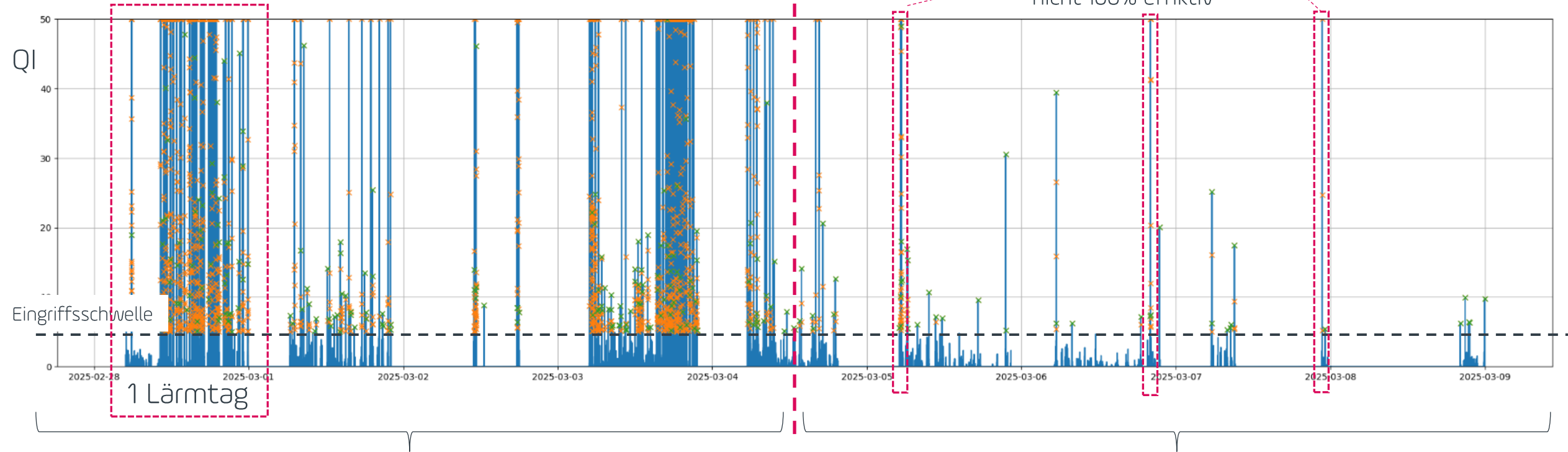
Fahrzeug: Tramlink 919 mit Ultra-S
Zeitraum: 28.02.25 – 09.03.25
PoC-Strecke: Kursaal – Wankdorf – Kursaal

-98,5% Lärmreduktion

konstante Wetterbedingungen:
trocken, sonnig, -2°C bis +14°C

SKK aktiviert

stationäre Anlagen,
nicht 100% effektiv



4,5 Tage: Referenz

4,5 Tage: intelligentes SKK System aktiv

716 Lärmevents – eines Trams

56 Lärmevents – eines Trams

davon 30 Lärmevents bei stationären Anlagen

- **Angebotskonzept** des Betreibers hat einen grossen Einfluss auf Ausstattungsumfang und Ergebnis
- Verzicht auf stationäre Anlagen nur im Zusammenhang mit SKS
- Robuste, aber **keine Highend-Hardwareausrüstung benötigt** (bsp. Mikrofon)
- Die **Datenarchitektur** hat einen grossen Einfluss auf die (zukünftigen) **Betriebskosten** – LCC
- **Balanceakt** zwischen möglichst **grosser Datenmenge** für die KI und **minimaler Datenmenge** bezüglich Kosten
- **Potenzial des akustischen Monitorings** hat Erwartungen übertroffen
- Entwicklung eines repräsentativen **Quietschindex (QI)** war extrem **zeitaufwändig und komplex**
- Gewähltes **KI-Modell** ist einfach und robust -> zukünftige Optimierungen denkbar
- Das hocheinfedernde Rad (Ultra-S) zeigt ggü. herkömmlichem Rad (V60) deutlich höhere Quietschereignisse
- Bei identifizierten **Lärm-Hotspots** ist eine Reduktion der Konditionierung bei Niederschlagsmengen oberhalb 2 mm pro Quadratmeter und pro Stunde möglich.

Vielen Dank!

Felix Saur

+41 79 618 79 90

Felix.Saur@prose.one



PROSE AG

Monbijoustrasse 35

3011 Bern

Schweiz

+41 52 262 75 00