Graz University of Technology
Institute for Railway Engineering and Transport Economics

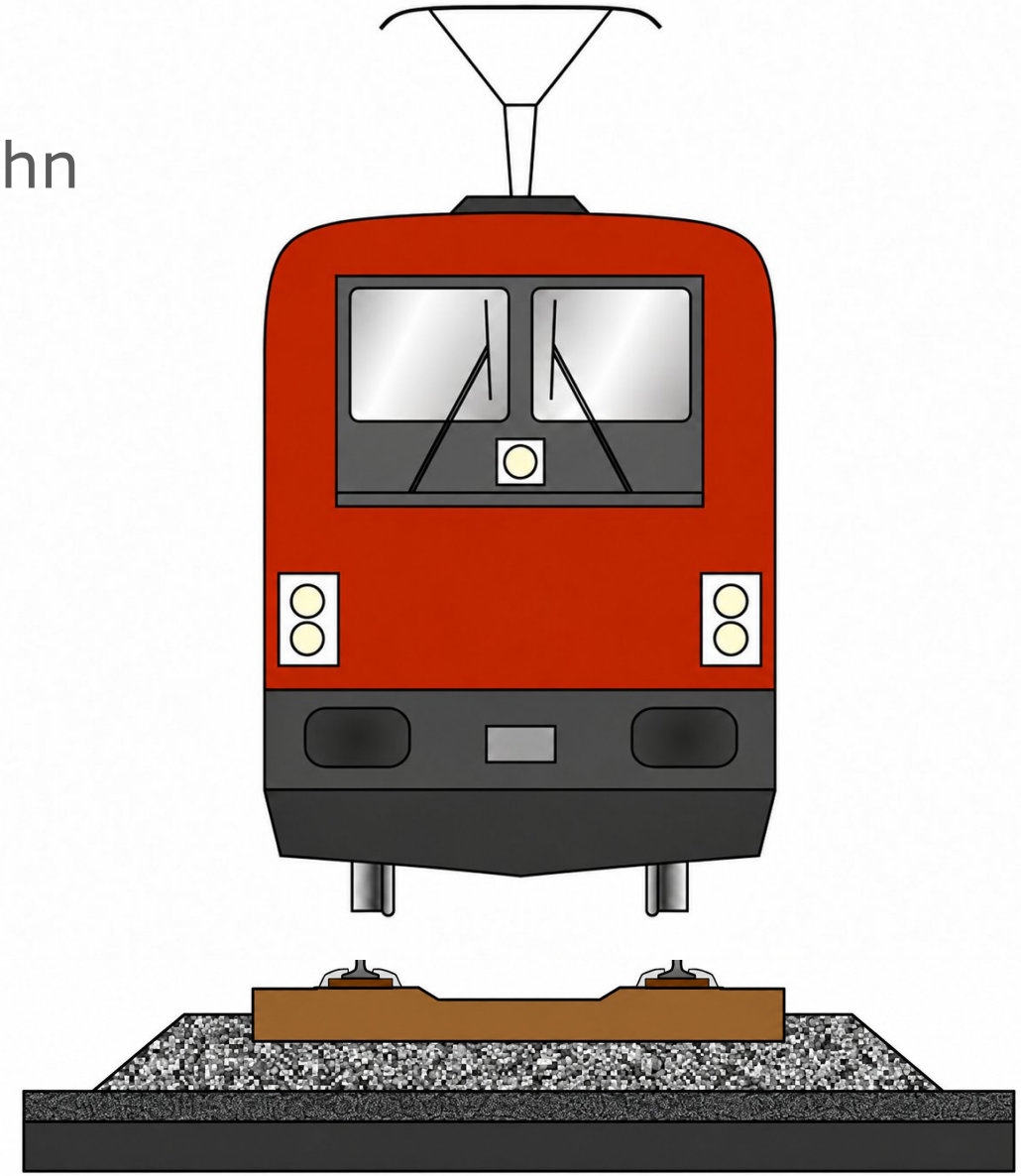
Beschleunigungsmessungen am Fahrzeug als Lückenschließer für die Infrastruktur

Graz, 20/11/2026

Dipl.-Ing. Ursula Ehrhart
tel: +43 316 873 4992
mail: ursula.ehrhart@tugraz.at
web: www.ebw.**tugraz**.at

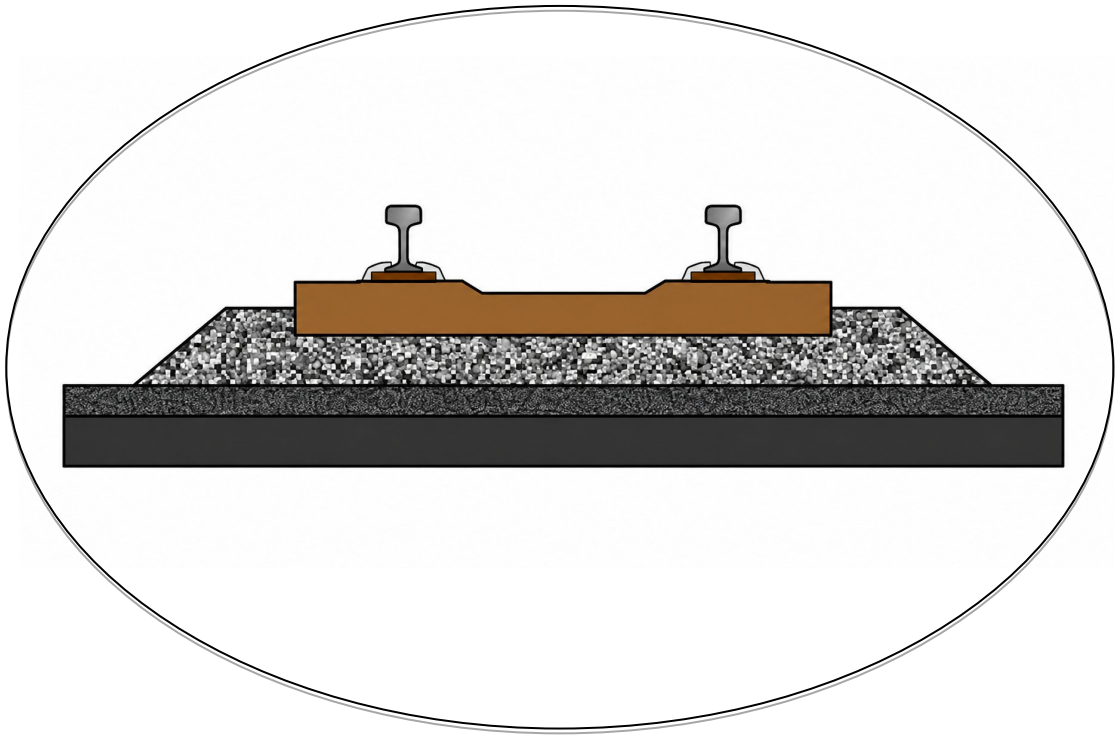
Ass.Prof. Dr.techn. Markus Loidolt
tel: +43 664 60873 4994
mail: markus.loidolt@tugraz.at
web: www.ebw.**tugraz**.at

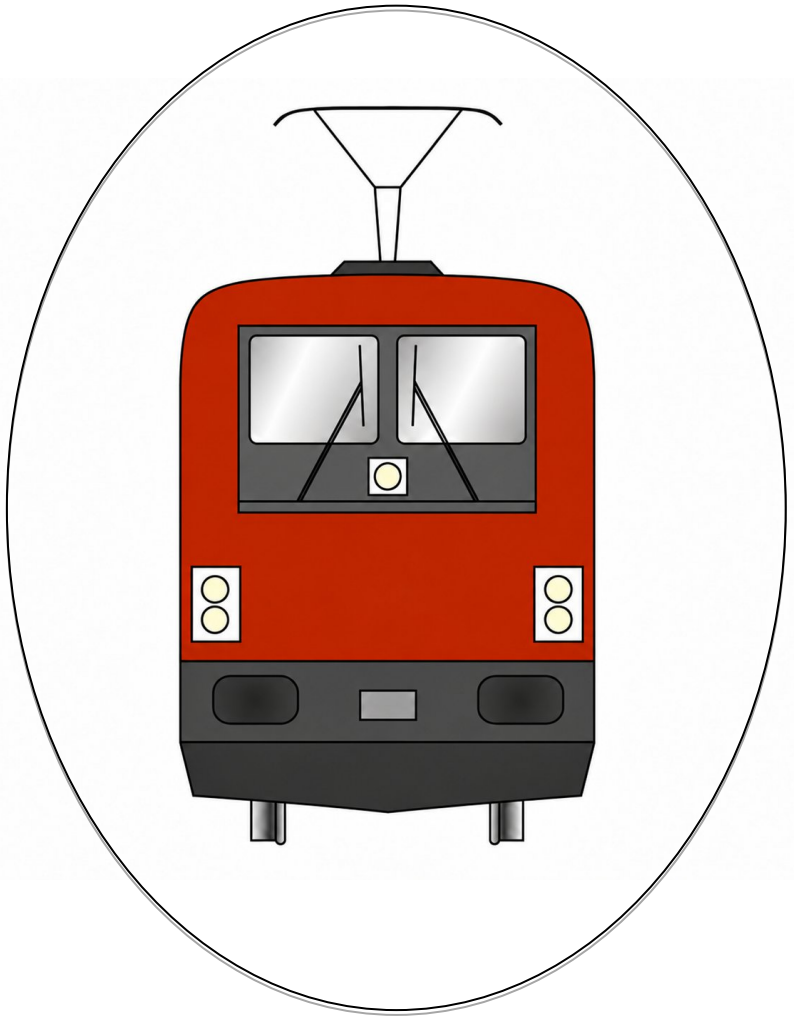
System Eisenbahn



*Bildquelle: Dissertation Bernd Luber

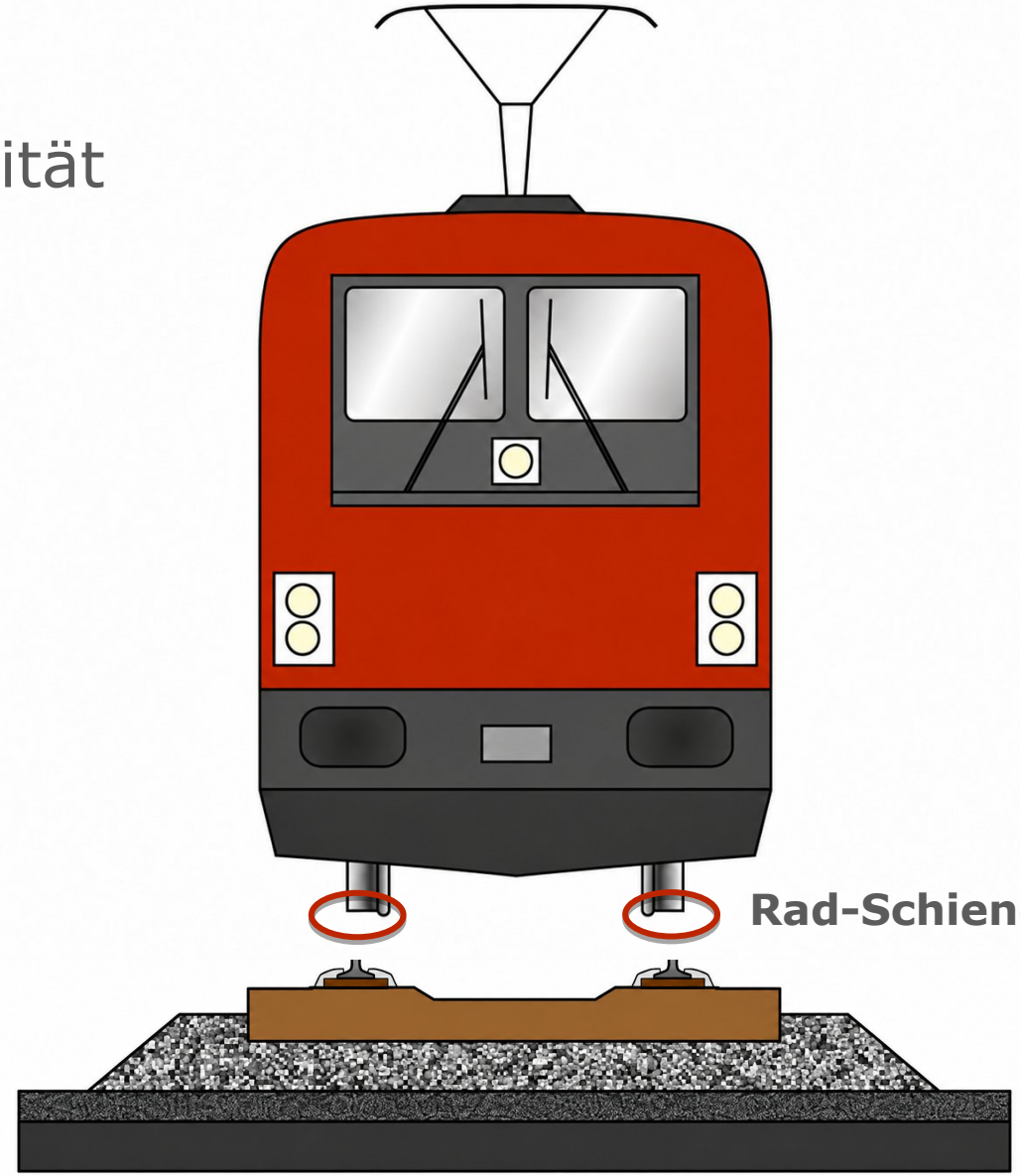
Organisatorische Realität des Systems





*Bildquelle: Dissertation Bernd Luber

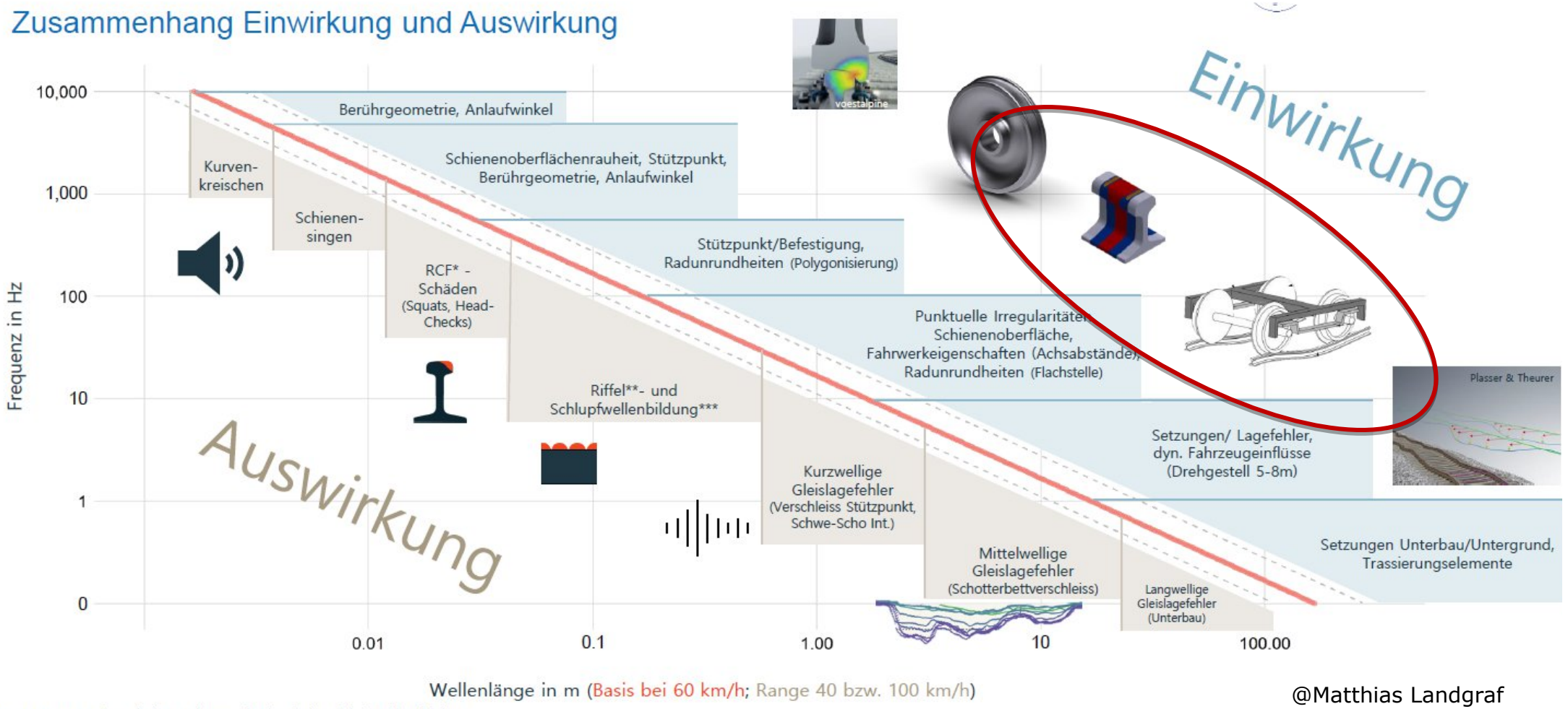
Technische Realität



Rad-Schiene-Interaktion

*Bildquelle: Dissertation Bernd Luber

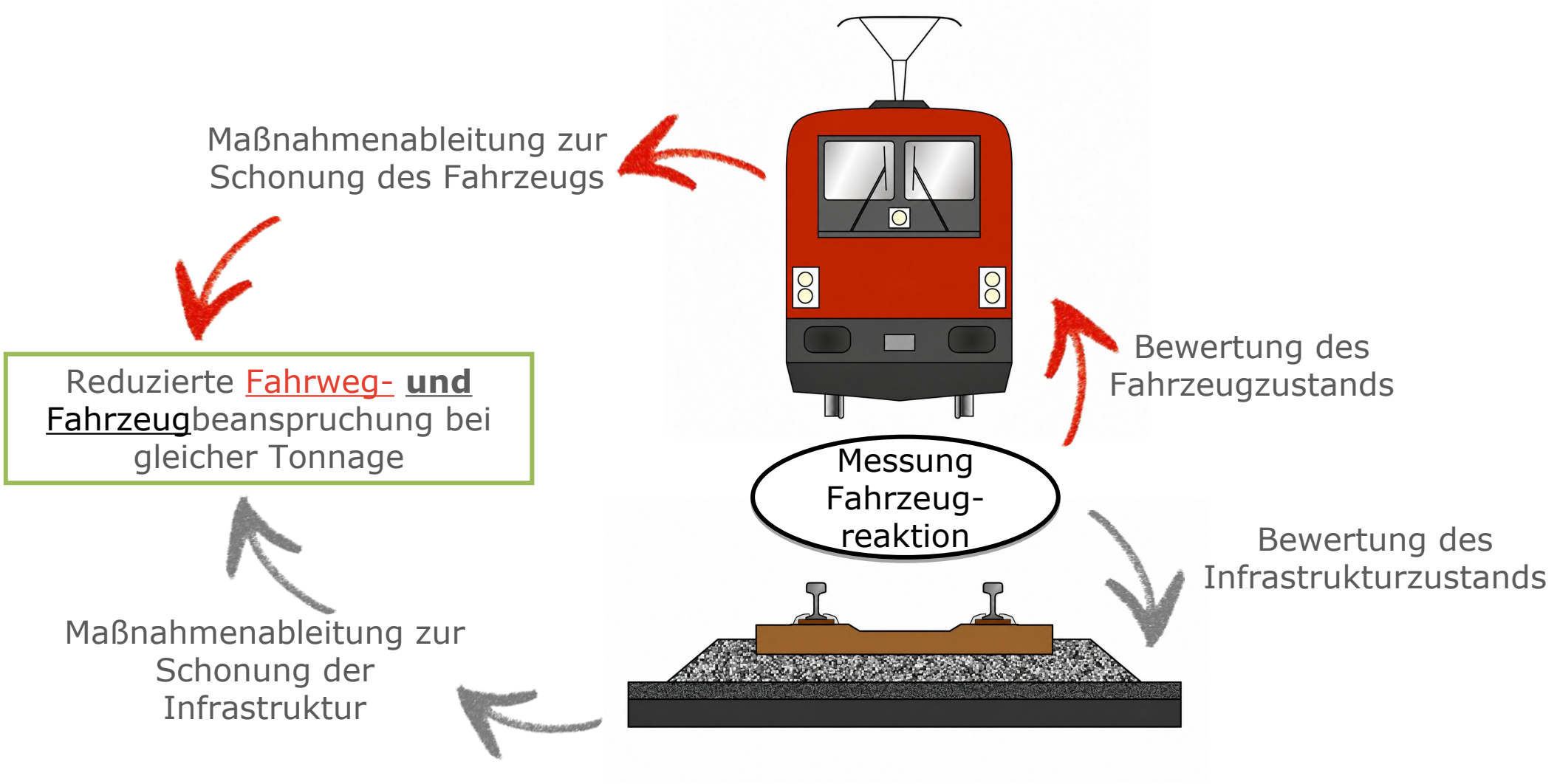
Dimensionen der Rad-Schiene-Interaktion



@Matthias Landgraf

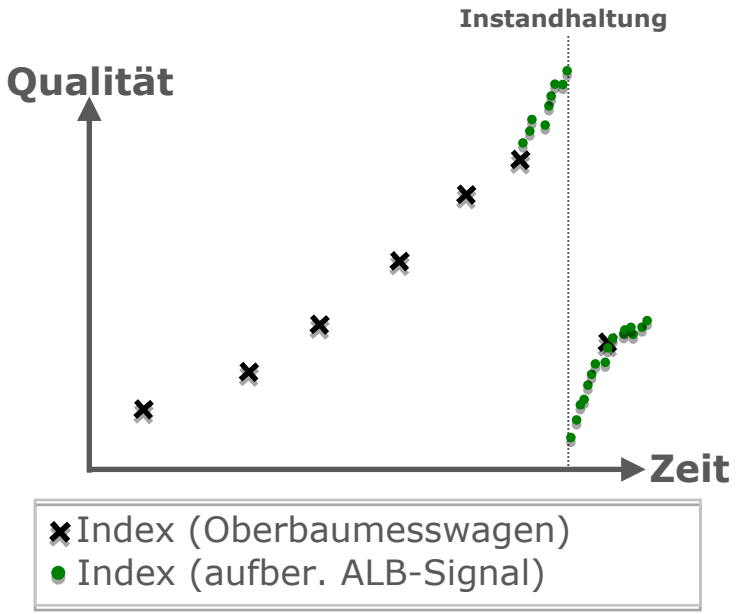
* Rolling Contact Fatigue; Ermüdungsschäden an Schienen und Rädern durch wiederholte Rollkontaktbelastung
** Wellenförmiger Verschleiss an Schienenoberflächen mit Wellenlänge 2-8cm auf Geraden und grossen Radien, betrifft beide Schienenstränge
*** Wellenförmiger Verschleiss an Schienenoberflächen mit Wellenlänge 5-30cm an der Innenschiene in engen Radien

Fahrweg- und Fahrzeuginspektion basierend auf Fahrzeugreaktionen



Konkrete Zielstellung dieses Vortrags

Verdichtung von Messfahrten



Defektkategorisierung

<1m Schienenoberflächendefekte

1-3m „Kurzwellige" Gleislagefehler (blinder Fleck vieler IMs)

3-25m „Mittelwellige" Gleislagefehler

Messdaten | Referenzdaten und Beschleunigungsmessdaten



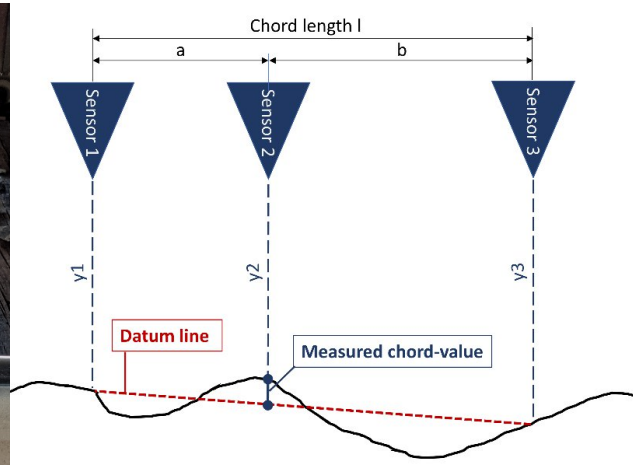
Gleismesswagendaten *als Referenz*

Oberbaumesswagen der ÖBB, LH nach EN 13848-1
3-4 Messfahrten pro Jahr seit 2005

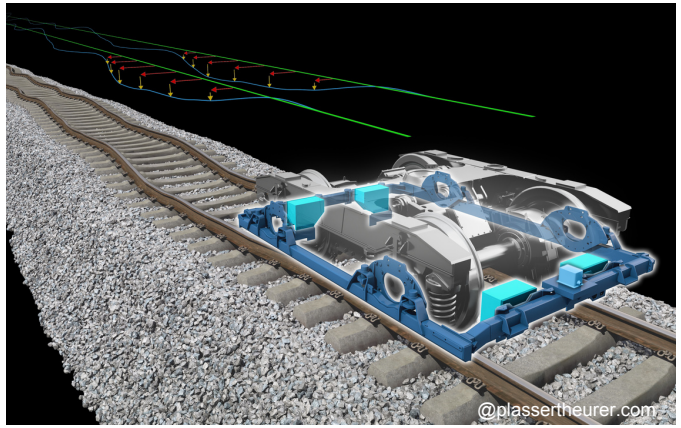
5 mm
SOF (0,02-1m)
Optische Sehnenmessung

25 cm
LH (3-25m)
IMU





Schienenoberfläche (SOF)
Optisches Sehnenmessverfahren mit drei Lasersensoren



Längshöhe (LH)
Inertiale Messeinheit (IMU)

Messdaten | Referenzdaten und Beschleunigungsmessdaten



Gleismesswagendaten *als Referenz*

Oberbaumesswagen der ÖBB, LH nach EN 13848-1
3-4 Messfahrten pro Jahr seit 2005

5 mm
SOF (0,02-1m)
Optische Sehnenmessung

25 cm
LH (3-25m)
IMU



Beschleunigungsmessdaten

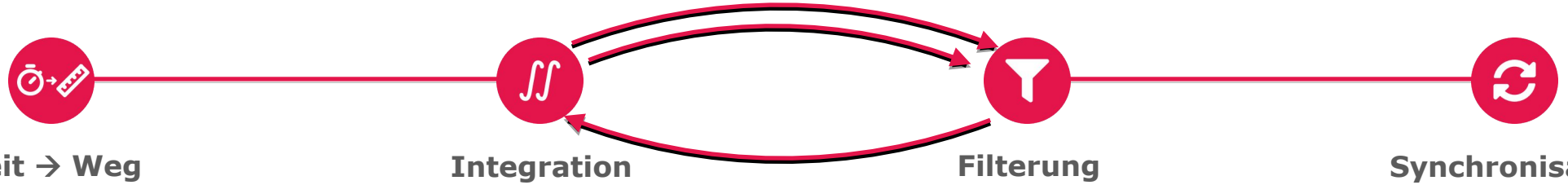
Zweiachsiger Güterwagen mit 17,5 t Achslast
3 Messkampagnen mit je 3-4 Überfahrten

10 kHz
Piezoelektrische Messung
Vertikalbeschleunigung

~3 mm
Messauflösung bei 100 km/h

Untersuchungsabschnitt: Überwiegend gerade – Schotteroberbau – Betonschwelle – V_{max} 140 km/h

Datenaufbereitung | Von der Beschleunigung zum Signal im Wegbereich



Zeit → Weg

Transformation der ALB-Signale von der Zeit- in die Wegdomäne

Integration

Vertikalbeschleunigung (m/s^2) wird zur vertikalen Radsatzbewegung (mm)

Filterung

Langwellige Anteile herausfiltern, Aufteilung in Wellenlängen-bereiche 3-25m, 1-3m und <1m

Synchronisation

Absolute und relative Synchronisation von ALB-, LH- und SOF-Signalen

Drei Wellenlängenbereiche – zwei Vergleichsgrundlagen

<1m **SOF-Fehler**

Referenz: Schienenoberflächensignal (SOF)

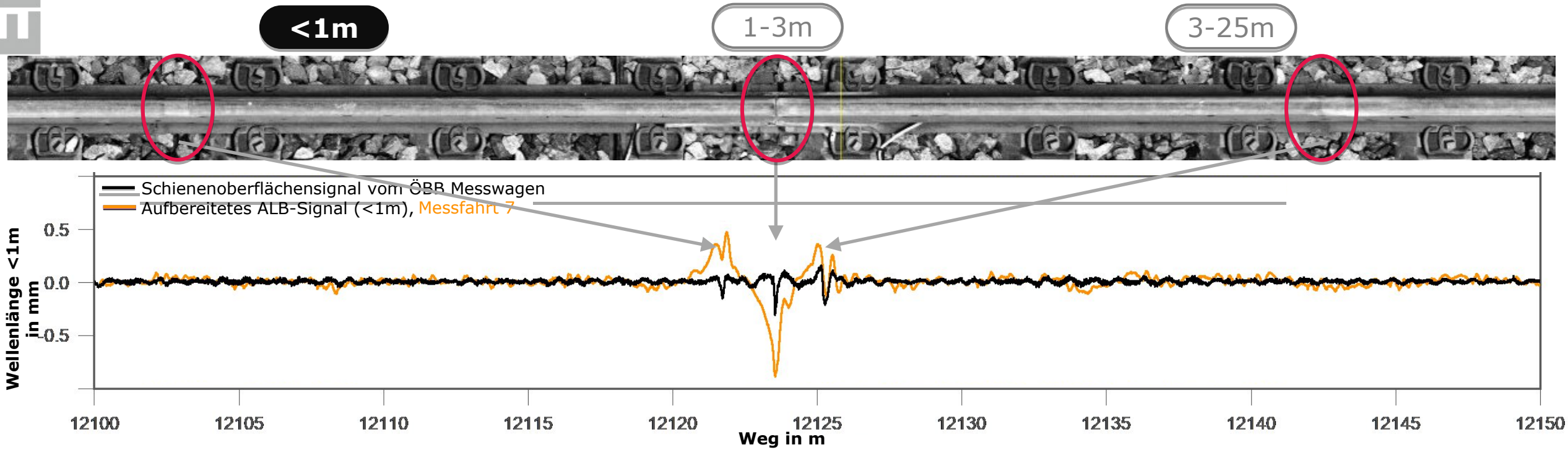
1-3m **LH-Fehler**

Referenz: -

3-25m **LH-Fehler**

Referenz: Längshöhensignal (LH)

Erkenntnisse | Signalvergleich mit den Referenzdaten

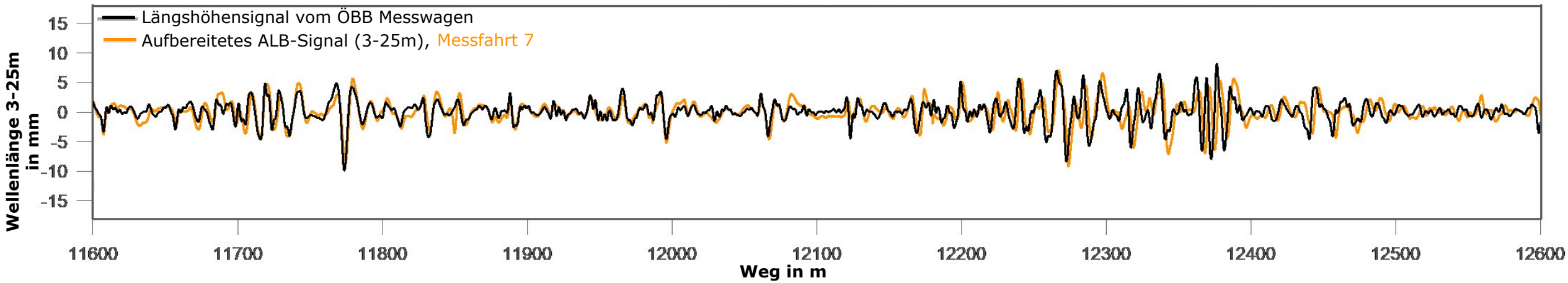


Signalcharakteristik aus dem aufbereiteten ALB-Signal <1m unterscheidet sich vom SOF-Signal.

Die Auswirkungen der Unstetigkeitsstellen in der Schienenoberfläche sind detektierbar.

Erkenntnisse | Signalvergleich mit den Referenzdaten

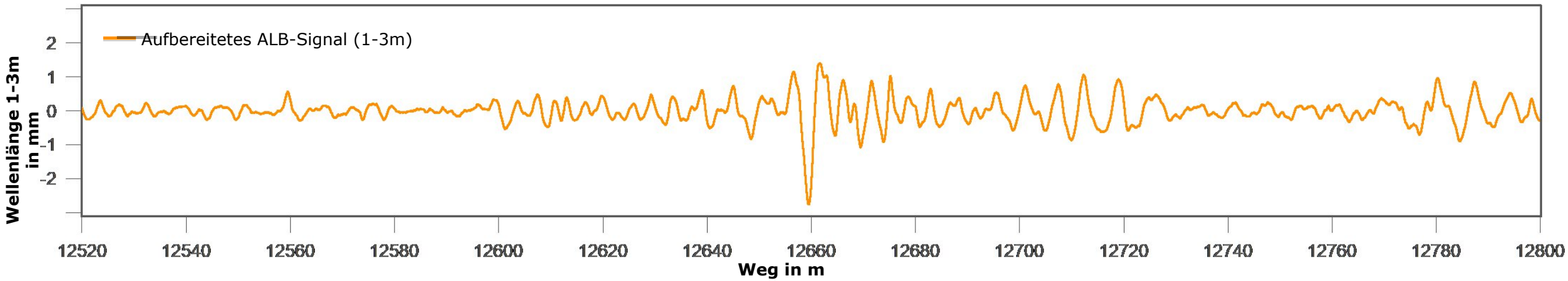
<1m | 1-3m | **3-25m**



Signalcharakteristik aus dem aufbereiteten ALB-Signal bei einer Wellenlänge von 3-25m zeigt Ähnlichkeiten zum LH-Signal.

Erkenntnisse | Signalvergleich mit den Referenzdaten

<1m | **1-3m** | 3-25m

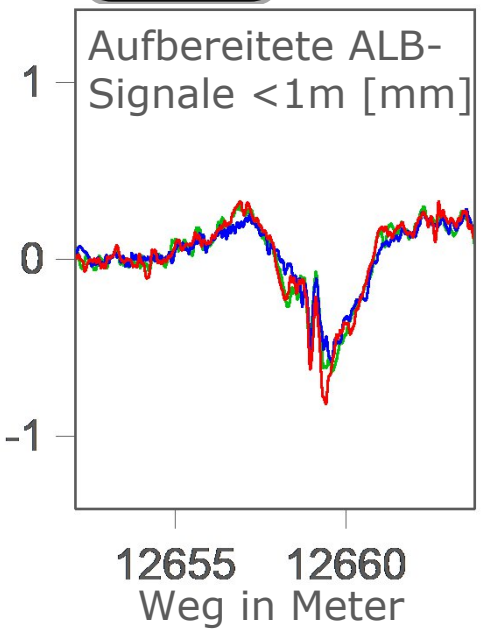


Kein Vergleich im Wellenlängenbereich 1-3m möglich.

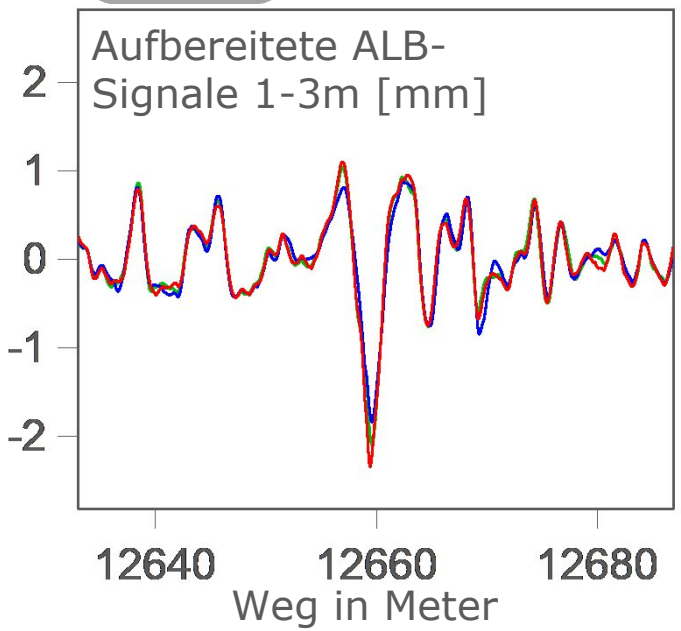
Die Auswirkungen von Defekten in der vertikalen Gleislage 1-3m sind detektierbar.

Erkenntnisse | Reproduzierbarkeit der ALB-Signale

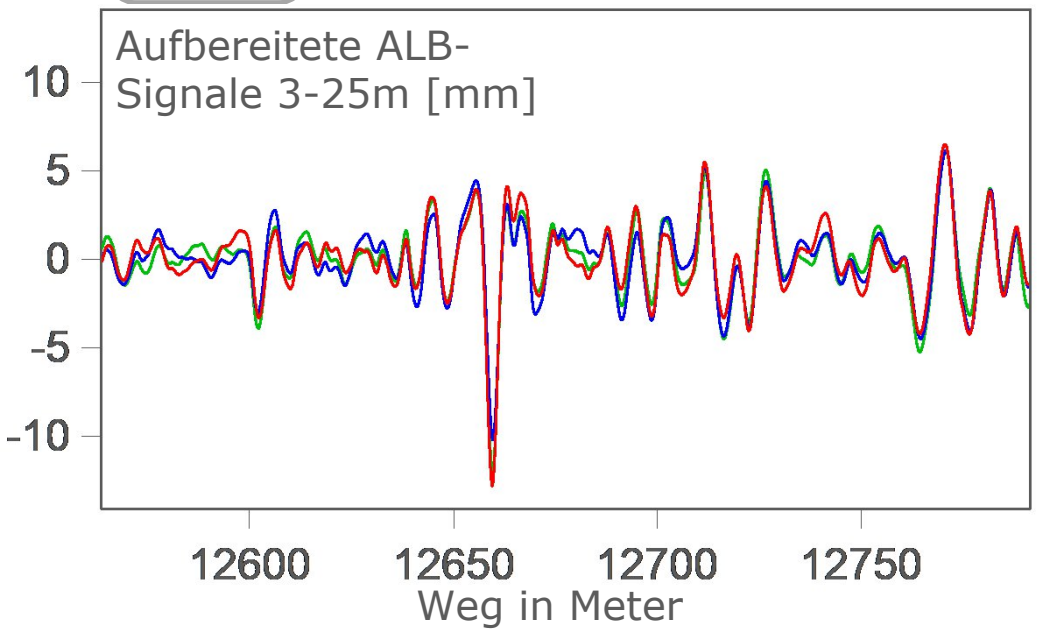
<1m



1-3m



3-25m

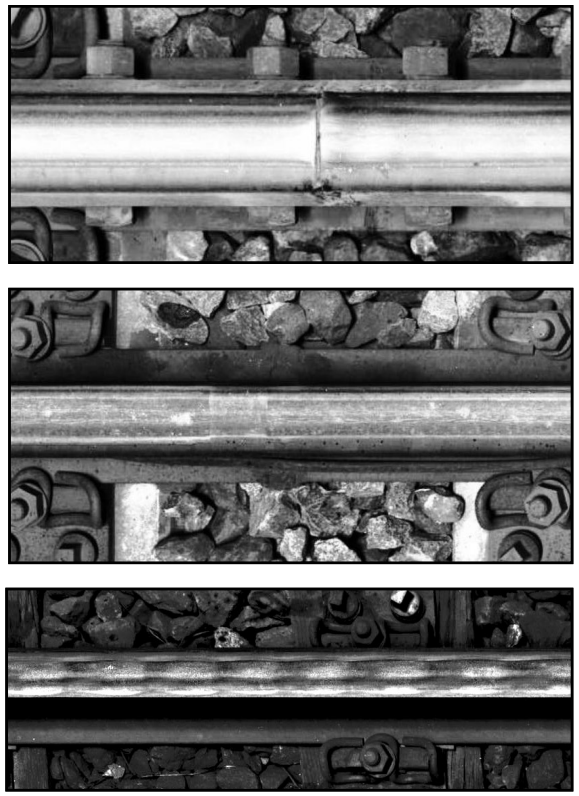


Die Methodik ist in allen drei Wellenlängenbereichen reproduzierbar! (Messfahrten innerhalb eines Tages)

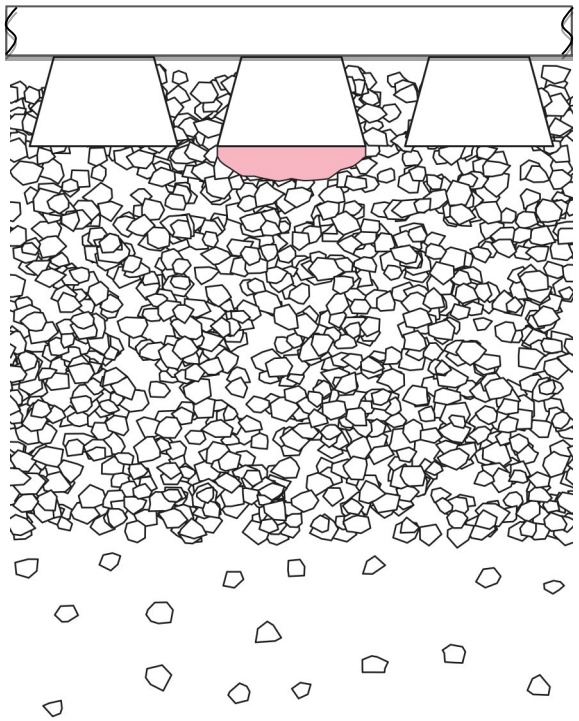
Amplitudenmaxima können streuen.

Zeitreihenanalyse | Je Gleisdefekt und Messfahrt ein Kennwert

<1m



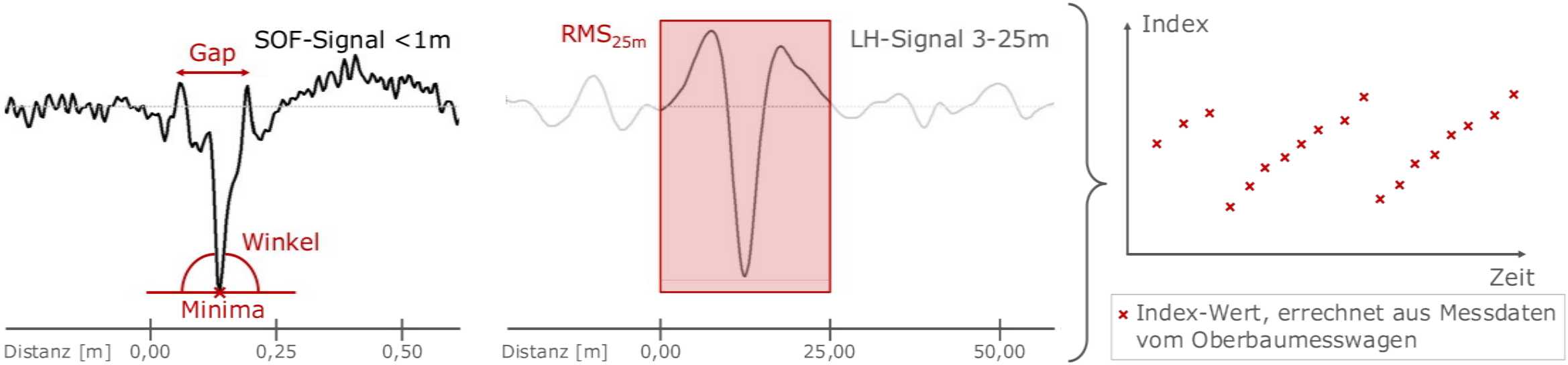
1-3m



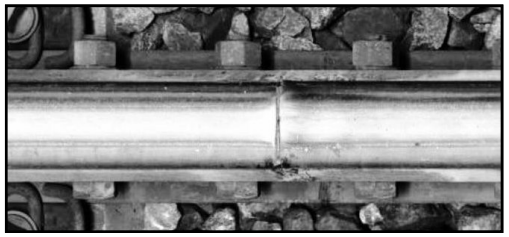
3-25m



Zeitreihenanalyse | Je Gleisdefekt und Messfahrt ein Kennwert



<1m **SOF-Fehler**



3-25m **LH-Fehler**



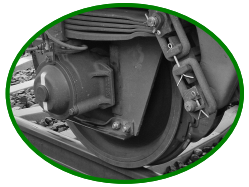
Zeit **Zeitreihe**

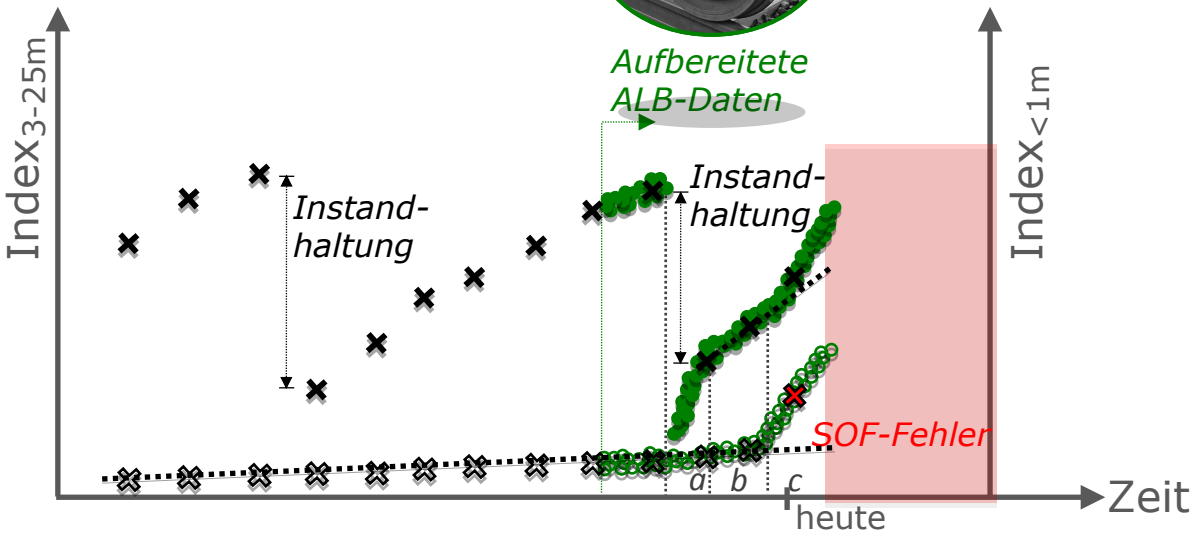
Je Defekt und Messfahrt ein Wert, daraus die zeitliche Entwicklung



Zeitreihenanalyse | ***Vision***

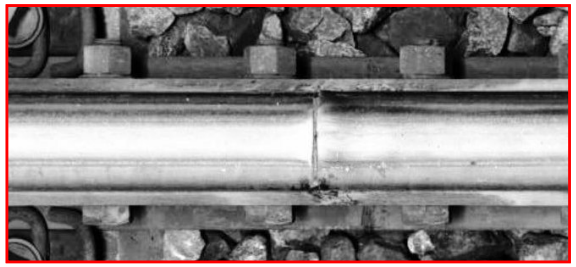


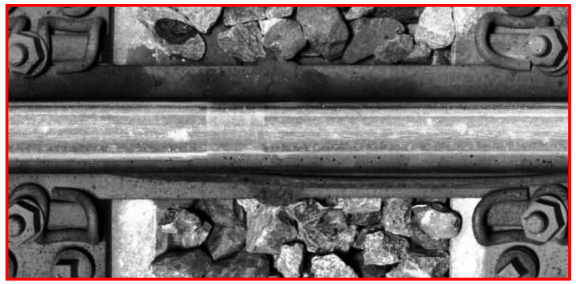




(a) Anfangssetzung in Gleislage nach Instandhaltung,
(b) Gleislageverschlechterung ohne SOF-Fehler,
(c) Gleislageverschlechterung bei vorhandenem SOF-Fehler

✖ $Index_{3\text{-}25m}$ (Oberbaumesswagen)	✖ $Index_{<1m}$ (Oberbaumesswagen)
● $Index_{3\text{-}25m}$ (aufber. ALB-Signal)	○ $Index_{<1m}$ (aufber. ALB-Signal)



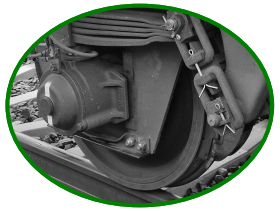




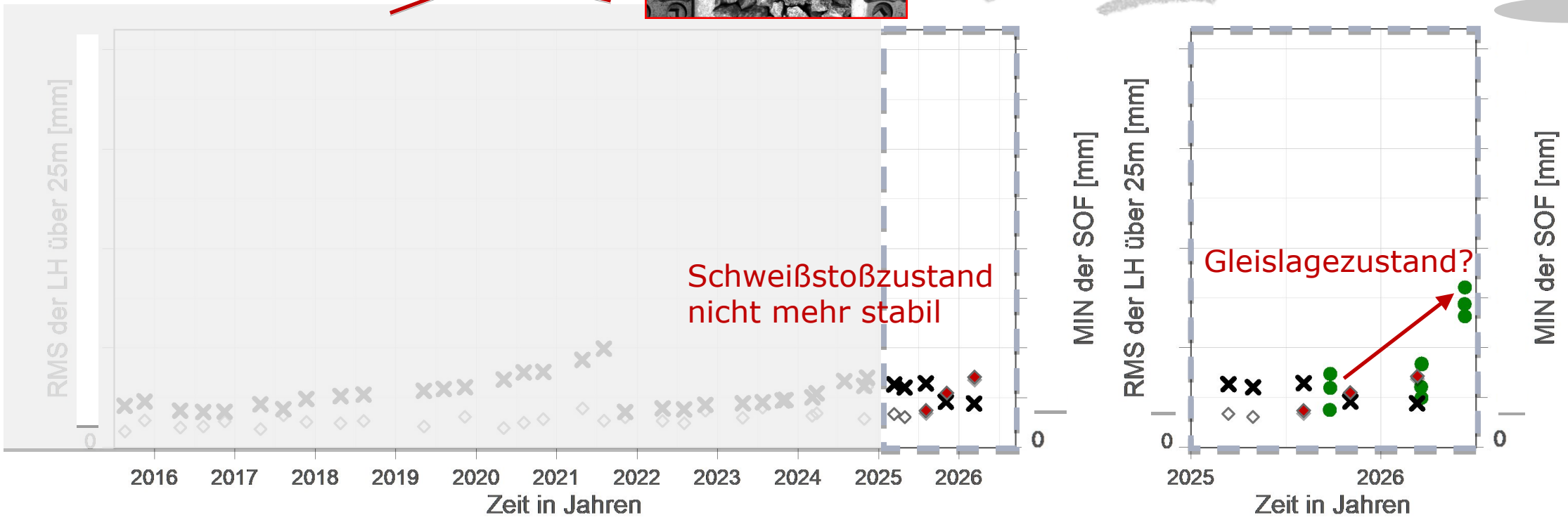
Zeitreihenanalyse | **Status quo**

Schweißstoß in stabilem Zustand





ALB-Messkampagne



Praktischer Nutzen – Beispiele

Infrastrukturbetreiber

Vielfältiger Input für die Infrastrukturbewertung

- Schienenoberflächendefekte
- Gleislage 1–3 m
- Gleislage 3–25 m
- Hohllagen?
- …

Abbildung der Wechselwirkungen mit verkehrenden Fahrzeugen

Fahrzeugbetreiber

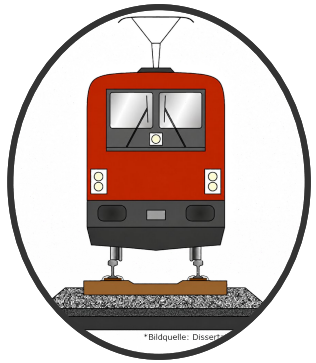
Vielfältiger Input für die Fahrzeugbewertung

- Radunrundheiten
- Flachstellen
- Lagerschäden?
- …

Abbildung der Wechselwirkungen mit der Infrastruktur

Fahrzeughersteller

Realistische Lastannahmen für verschiedene Randbedingungen (Fahrzeug- und Fahrwegzustände, Fahrwegdesigns etc.)



Systemsicht

Möglichkeit zur Reduktion der Fahrzeug- und Fahrwegbeanspruchung bei gleichbleibender oder wachsender Tonnage

Datenanalyse-Themen
Datenhoheit
Datenmenge, Aufwand
Interessenkonflikte
Fehlende Standards
…



web: ④ www.ebw.**tugraz**.at

Danke!
Fragen?

Dipl.-Ing. Ursula Ehrhart
tel: +43 316 873 4992
mail: ursula.ehrhart@tugraz.at
web: www.ebw.**tugraz**.at

Ass.Prof. Dr.techn. Markus Loidolt
tel: +43 664 60873 4994
mail: markus.loidolt@tugraz.at
web: www.ebw.**tugraz**.at