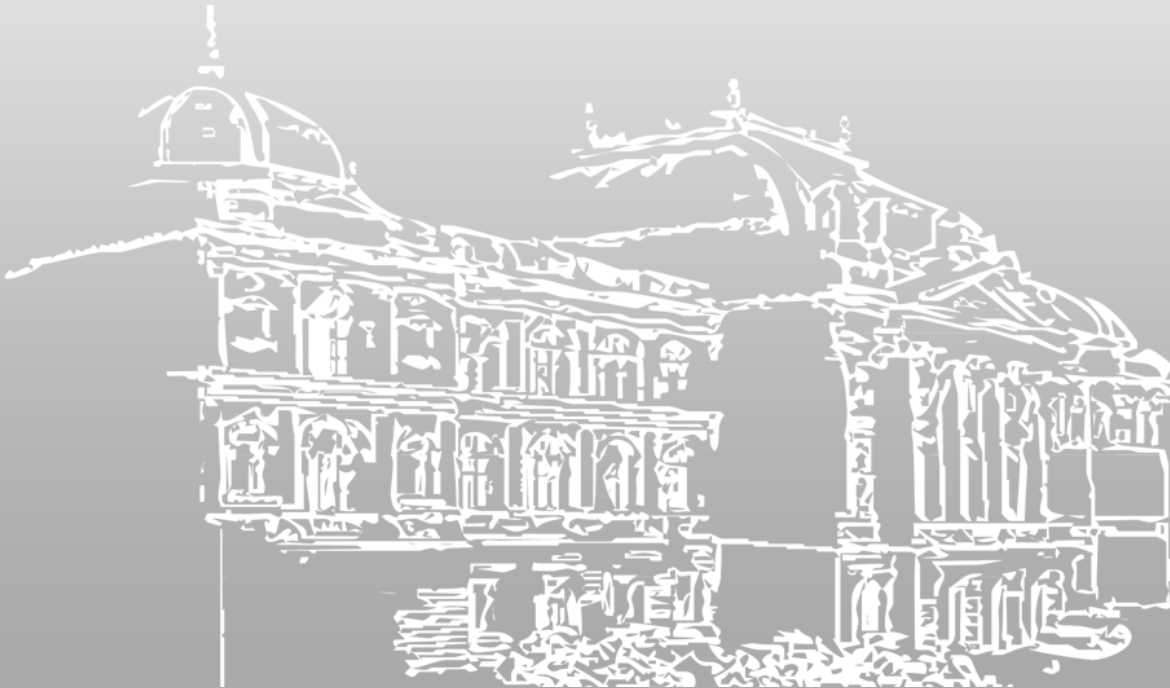




Lichtwellenleiter im Anlagenmanagement des Eisenbahnfahrwegs



Dipl.-Ing. Ivan Vidović

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

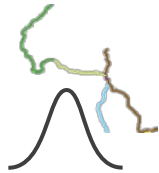
Technische Universität Graz

Strategisches AM

Anlagen- und
Kostendaten



Festlegung von
Standardsituationen



| Wochentag | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| W1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Generelle Strategien

Jährlicher Erneuerungs-
und instandhaltungsbedarf

Life Cycle Management



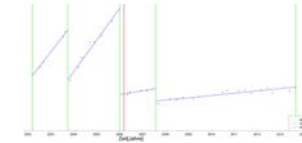
Abschnittsspezifischer
Instandhaltungsbedarf

Verschleissprognose

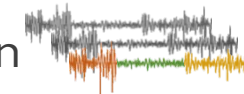
Komponentenspezifischer
Anlagenzustand



Auswertung
Verknüpfung
Stationierung



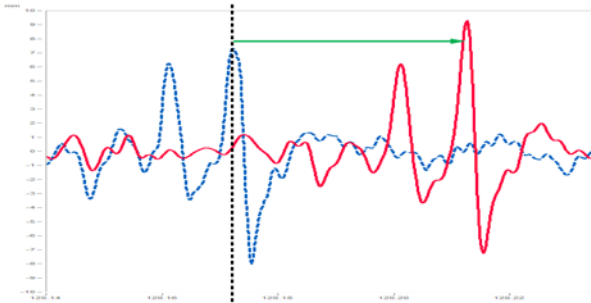
Messdaten



Technisches AM

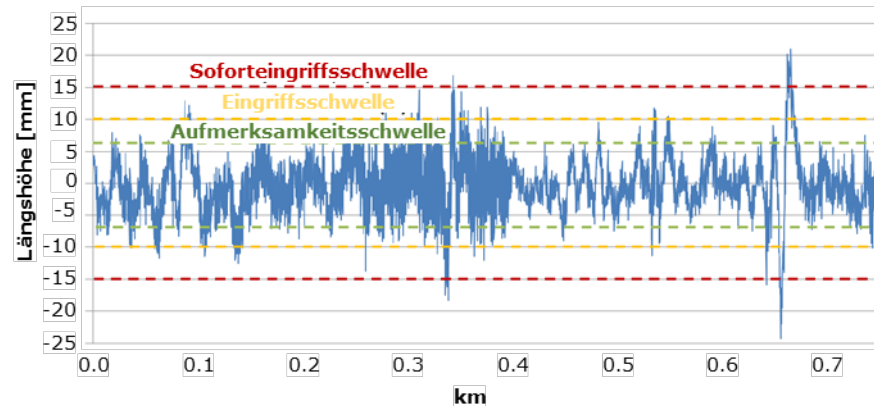
Technisches Anlagenmanagement Input

1) Exakt stationierte Messdaten



Sicherstellung, dass es sich bei der Messung immer um ein- und denselben Punkt handelt.

2) Definierte Grenzwerte



Bereits vor dem Erreichen definierter Grenzwerte Massnahmen planen und durchführen.

Technisches Anlagenmanagement Input

3) Zustandserfassung des Eisenbahnfahrwegs und rollenden Materials
mittels etablierter Messtechnik.

i) Gleismesswagen



Periodische (2-4 mal jährlich)
Zustandserfassung der Gleisgeometrie des
gesamten Netzes.

ii) Manuelle Inspektion



Bsp. Weichen: Periodische Erhebung
des Istzustandes der Komponenten
durch Inspektionspersonal.

iii) Ortsfeste Messstellen



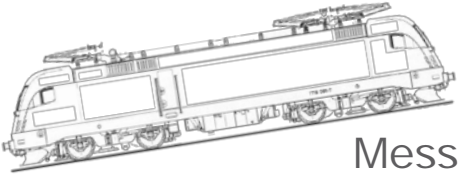
Überwachung des Zustands des
rollenden Materials an definierten
Stellen im Netz.



Technisches Anlagenmanagement Input

3) Zustandserfassung des Eisenbahnfahrwegs und rollenden Materials
mittels **innovativer** Messtechnik.

iv) On-board Measuring (OBM)



Messsysteme auf Regelzügen überwachen die Eisenbahninfrastruktur.

v) Smart Assets (SA)



Anlagen überwachen sich selbst und melden eine Fehlentwicklung.

vi) Fibre Optic Sensing



Kontinuierliche Überwachung mit Lichtwellenleitern.



Lichtwellenleiter...

- ① In Bündeln verlegt, bekannt als Glasfaserkabel.
- ① Übertragungsmedium in der Nachrichtentechnik.



... in der Eisenbahn?

- ① Telekommunikationsleitungen für die Leit- und Sicherungstechnik.
- ① Überwiegend in Kabeltrögen verlegt.

① Länge Glasfasernetz:



~9000 km;



~8000 km;

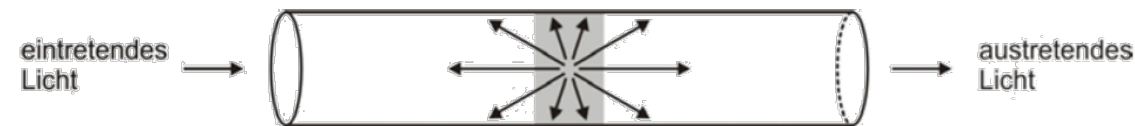


~14000 km

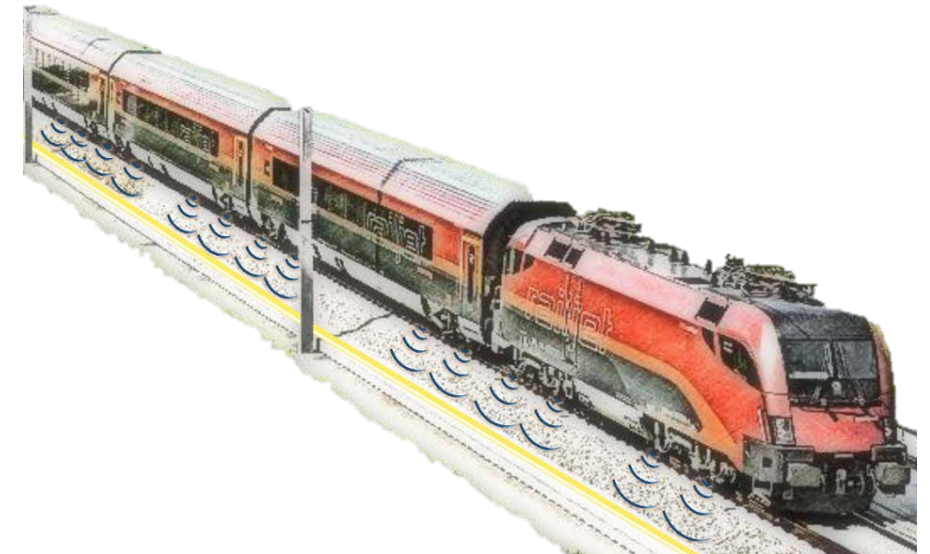


Distributed Acoustic Sensing (DAS)

- ① Basiert auf der Rayleigh – Streuung.
- ① Rückstreuung eines Teils des Signals aufgrund von Inhomogenitäten im Faserkern.



- ① Verwendung einer Faser von bereits installierten Glasfaserkabeln.
- ① Lichtwellenleiter ist wie ein Mikrophon mit tausenden Sensoren entlang der Strecke.
- ① Räumliche Auflösung: 10 m



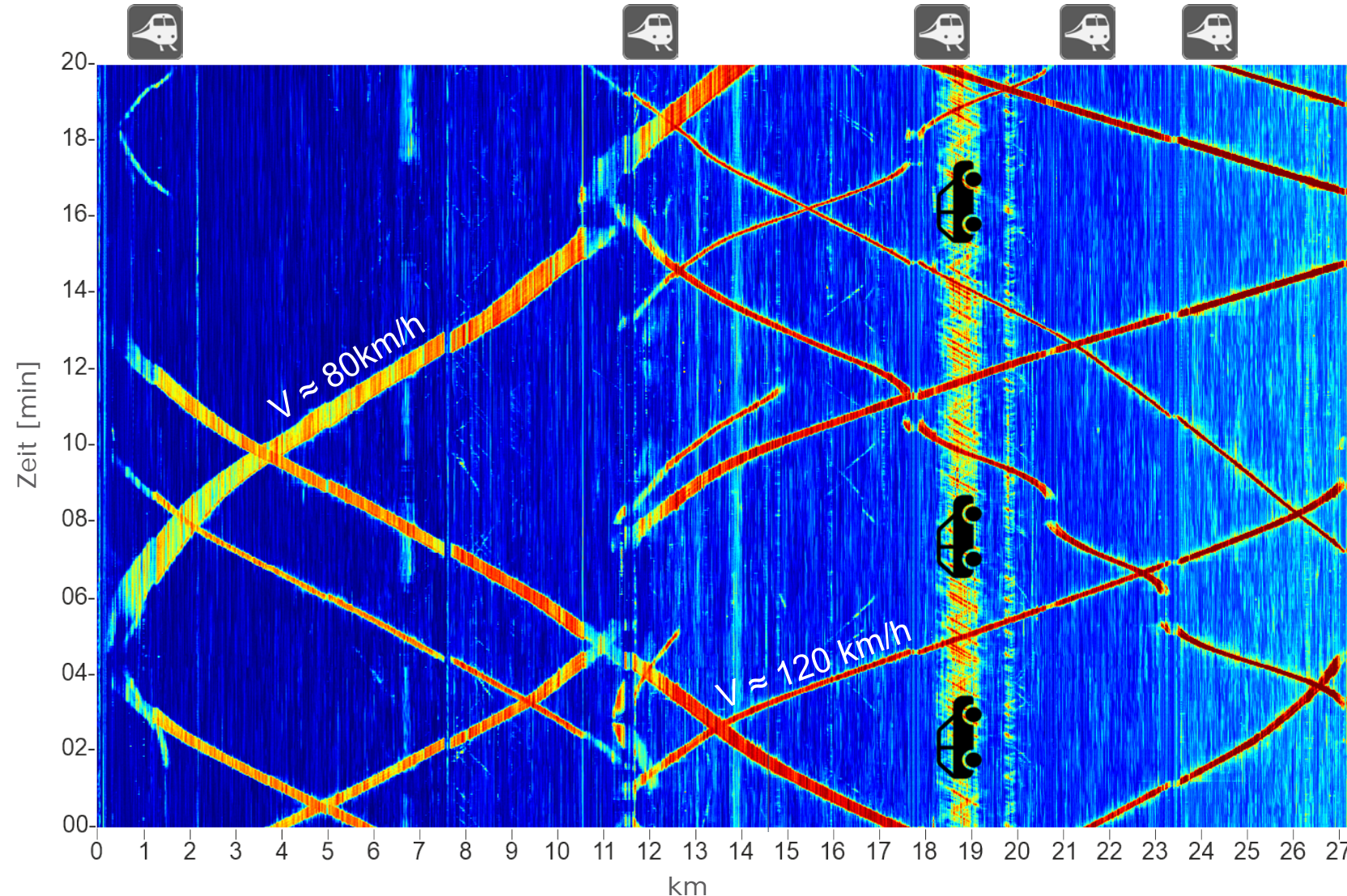



Pilotprojekt FOS – Forschungszusammenarbeit zwischen TU Graz & SBB

- ① Potentialuntersuchung von Distributed Acoustic Sensing für das Monitoring von Infrastrukturanlagen.
- ① Monitoring und Bewertung von Instandhaltungsarbeiten.
- ① Besonderes Augenmerk wird auf die Zustandsbeschreibung des Fahrwegs und seiner Komponenten gelegt.
- ① Zusätzliche Datenquelle für die Zustandserfassung- und beschreibung.
- ① Kein Ersatz vorhandener und etablierter Messsysteme.



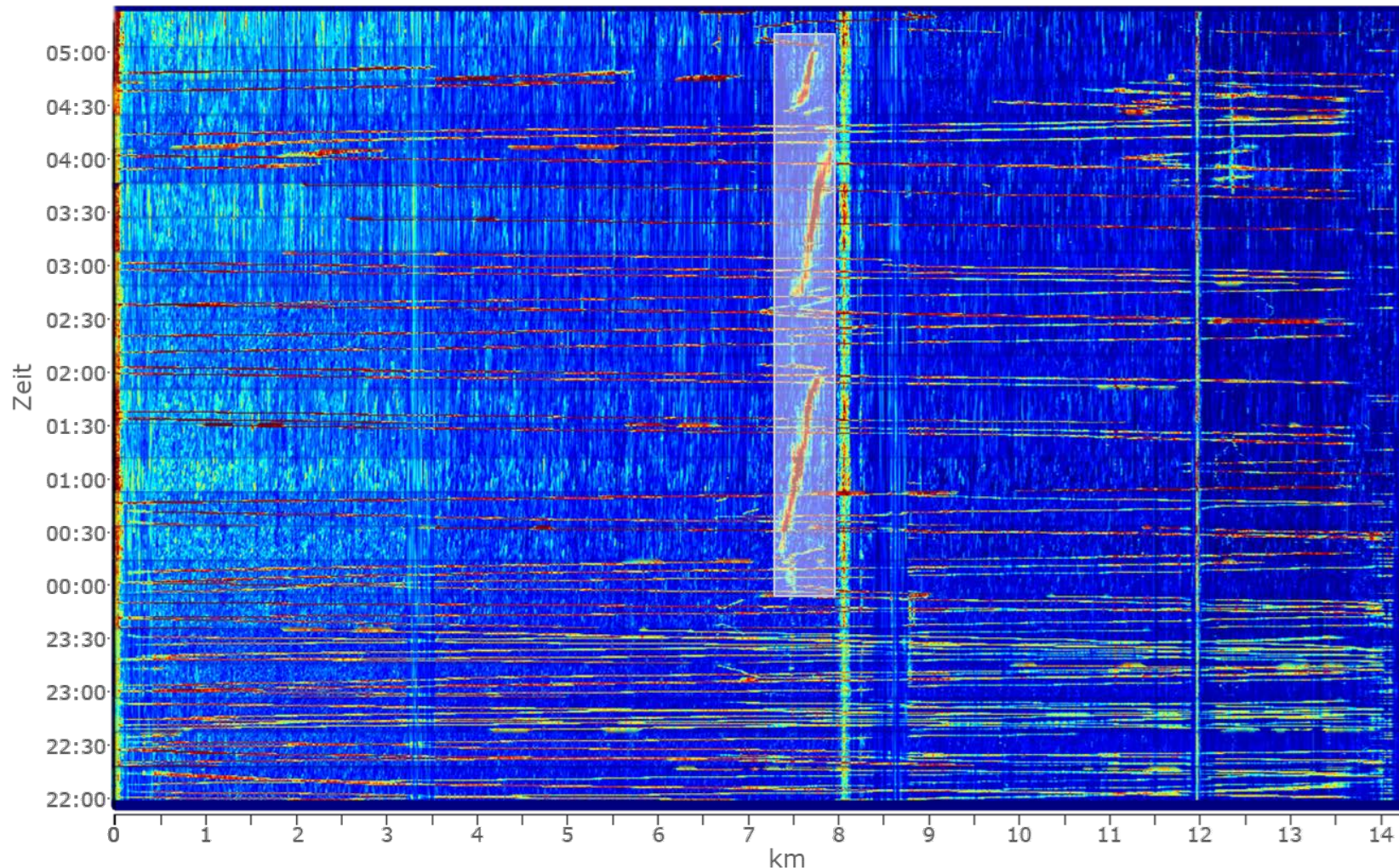
Wasserfalldiagramm



- ① Visualisierung von Ereignissen auf und neben dem Gleis.
- ① Echtzeitüberwachung des Zugverkehrs.
- ① Detektion von Hangrutschungen, Kabeldiebstählen uvm.
- ① Zustand des rollenden Materials.
- ① Ständige Lärmquelle: Autobahn parallel zur Eisenbahnstrecke. 



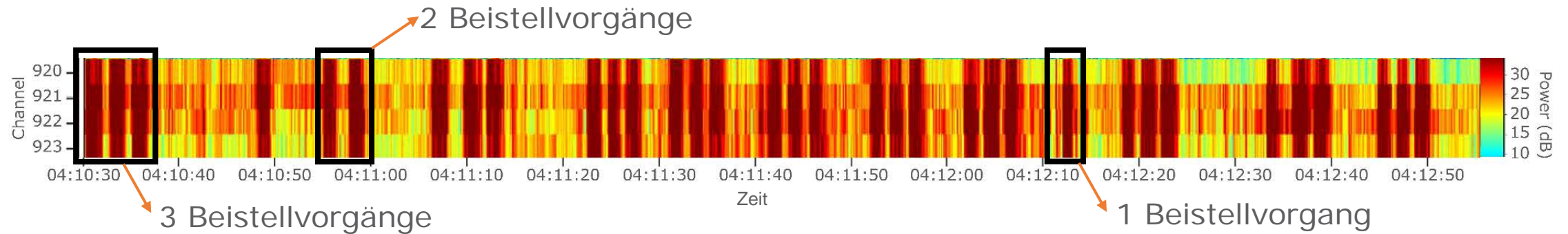
Monitoring und Dokumentation von Instandhaltung am Beispiel Stopfen



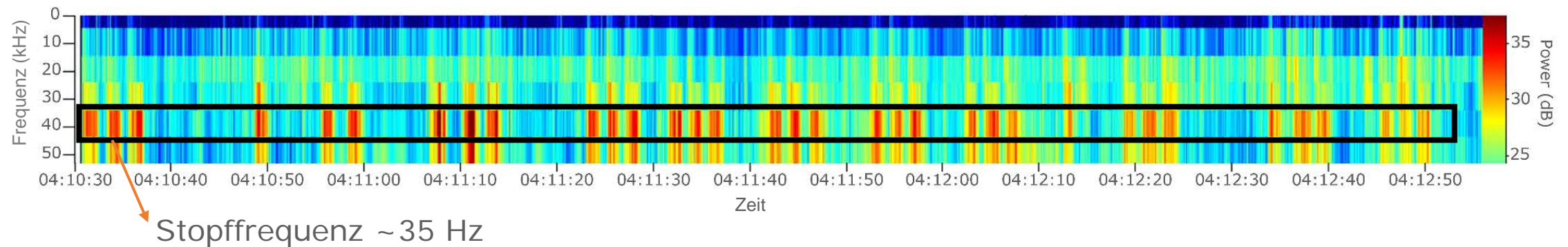
- ① 3 Stopfeinsätze.
- ① Stopflänge.
- ① Anfangs- und Endpunkt.
- ① Stopfgeschwindigkeit.
- ① Beginn und Ende der Arbeiten.

Monitoring und Dokumentation von Instandhaltung -Ermittlung entscheidender Stopfparameter

① Bestimmung der Anzahl der Beistellvorgänge und der Beistellzeit je Schwelle

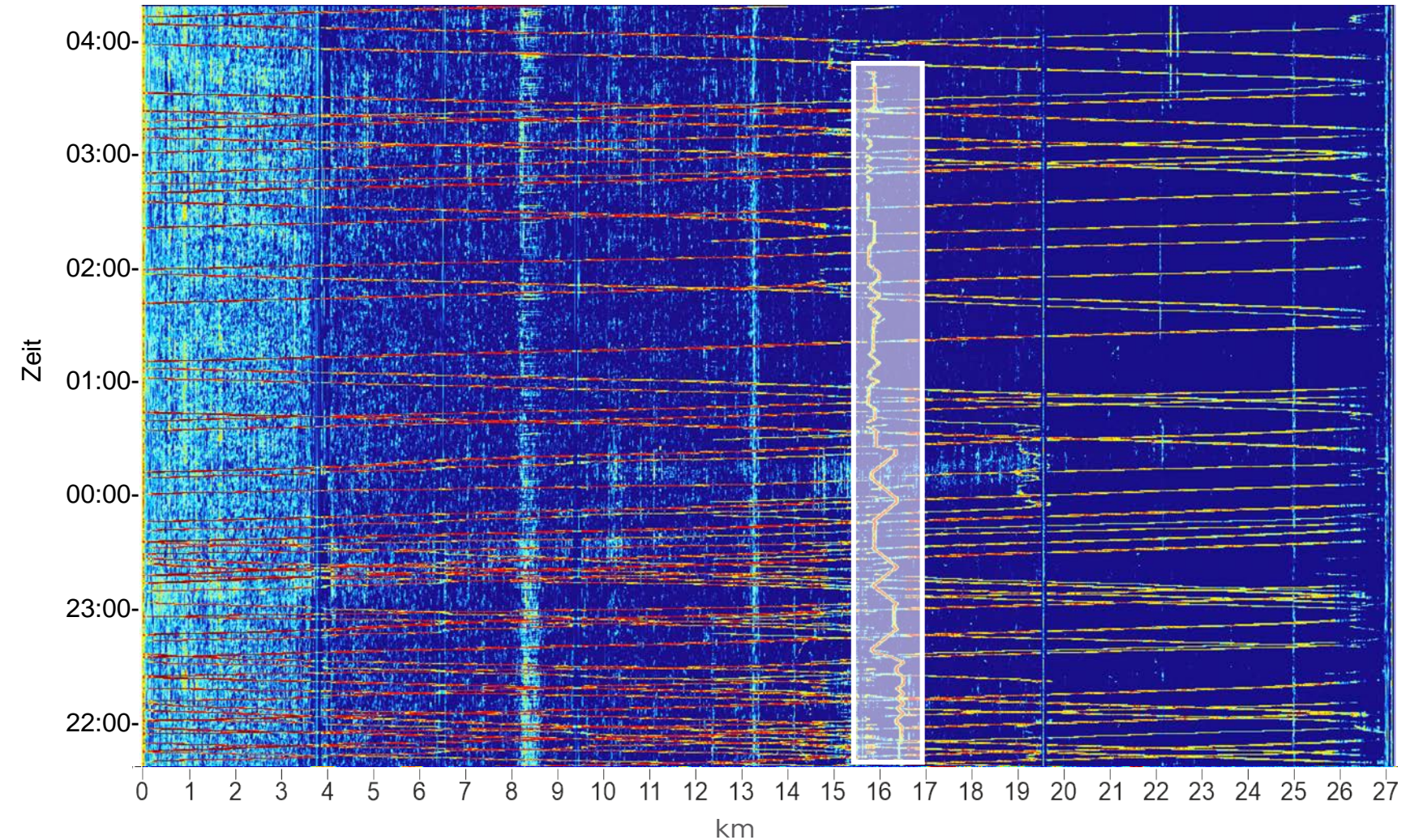


② Bestimmung der Stopffrequenz





Monitoring und Dokumentation von Instandhaltung am Beispiel Weichenschleifen

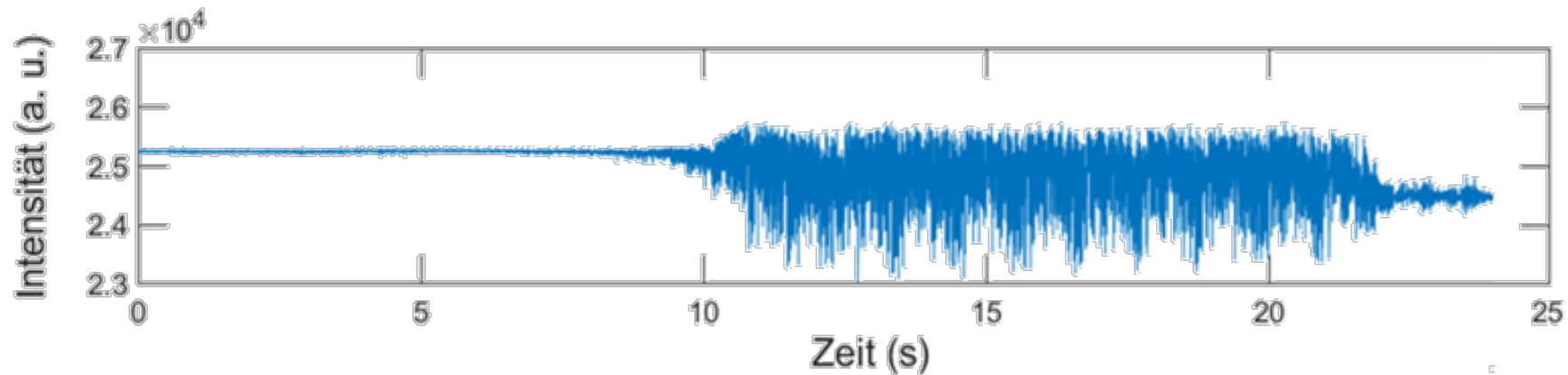


- ① Schleifen mehrerer Weichen.
- ① Anzahl der Überfahrten.
- ① Stammgleis & abzweigender Ast.



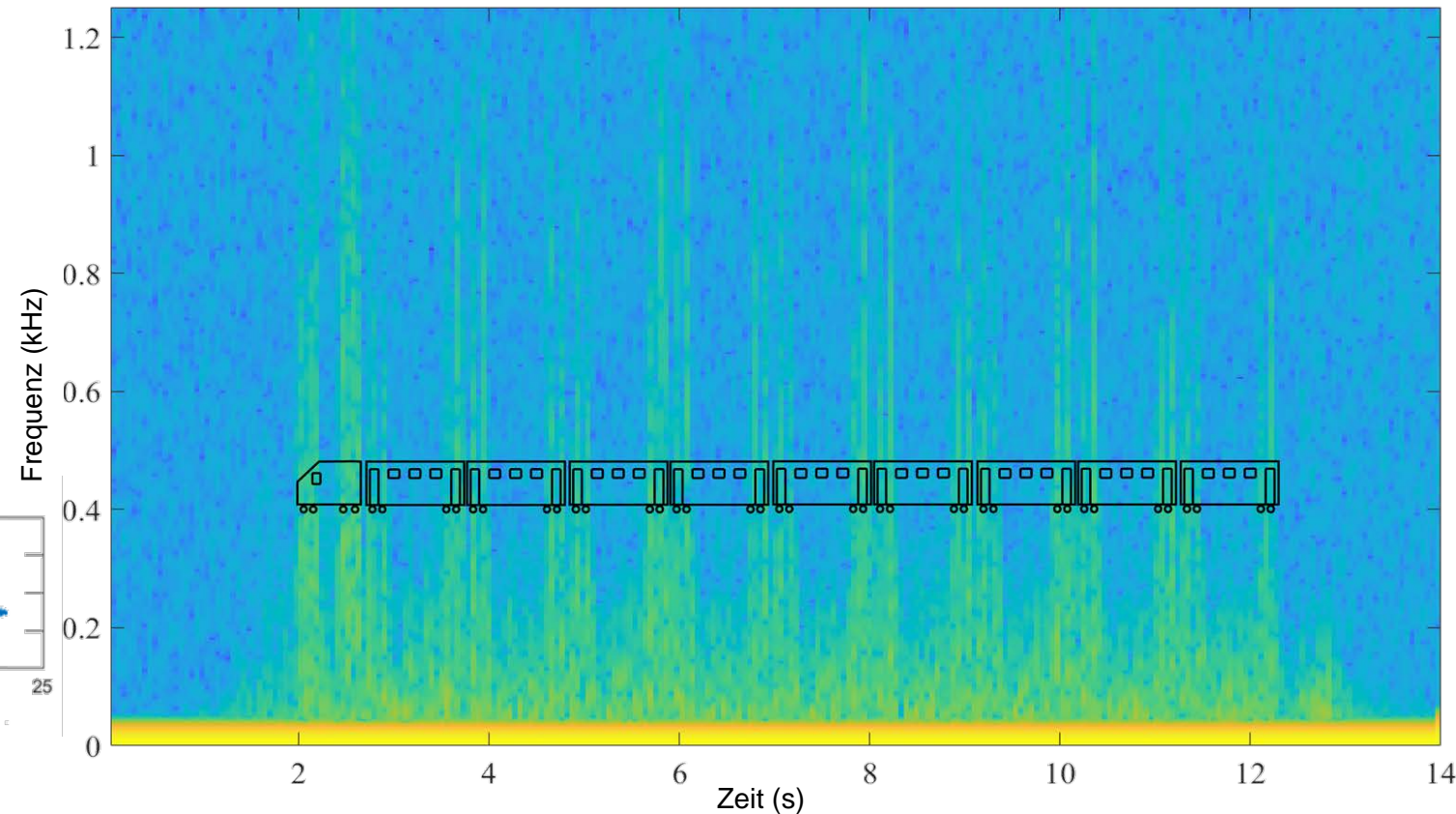
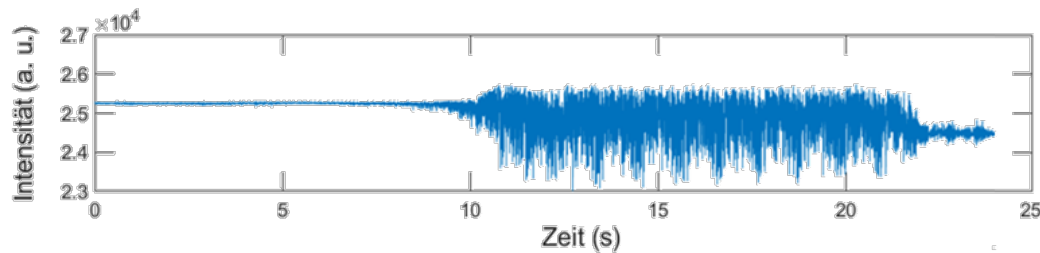
Erkenntnisse und theoretische Überlegungen

- ① Mittels Distributed Acoustic Sensing wird Reaktion des Fahrwegs auf die Belastung, das heißt jeder einzelnen Zugüberfahrt, sichtbar.
- ① Signalcharakteristik und -intensität hängen von Zugtyp und befahrenem Gleis ab.
- ① Insbesondere Stellen, die Lärm bzw. einen Schlag erzeugen, sind gut zu hören.
- ① Kurzzeitliche Fehler der Gleislage (z.B. eingefahrener Isolierstoss) sind insbesondere in höheren Frequenzbereichen sehr gut erkennbar.



Technisches Anlagenmanagement Datenanalyse

- ① Überführung des Signals aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich.
- ① Spektrogramm ist die bildliche Darstellung des Frequenzspektrums eines Signals.
- ① Im Spektrogramm wird bei der Überfahrt eines eingefahrenen Isolierstosses der Eintrag jeder Achse sichtbar.



Spritzstoss versus gute Gleislage

Spritzstoss

- ① Weisse Stellen im Schwellenbereich.
- ① Fortgeschrittener Schotterverschleiss.



Bereich mit „guter“ Gleislage ohne Einzelfehler

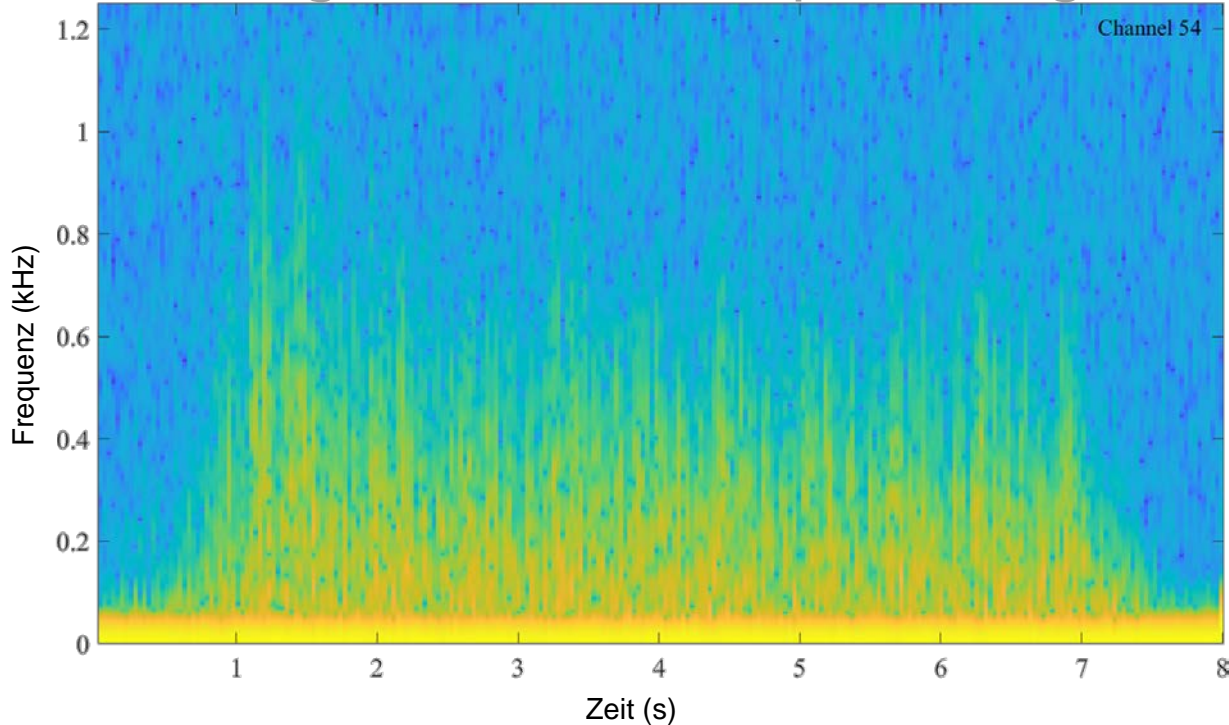
- ① Kein Schotterverschleiss.
- ① Bereich weist gute Gleislage auf.



Unterscheidet sich das DAS-Signal des Spritzstosses von einem Bereich ohne derartigen Fehler?



Vergleich von Spektrogrammen



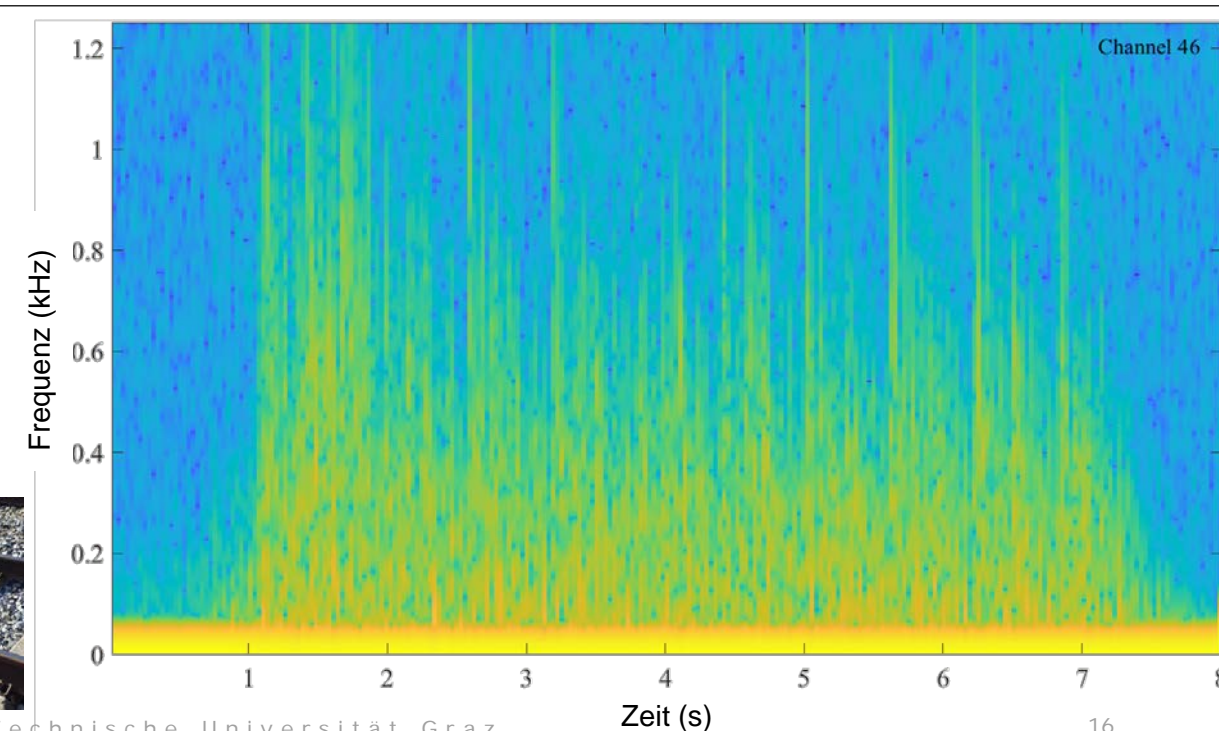
Bereich mit „guter“ Gleislage

- ① Zugfahrt bis ca. 350 Hz erkennbar.
- ① Eintrag einzelner Achsen kaum zu sehen.
- ① Signal in höheren Frequenzbereichen kaum präsent.



Spritzstoß

- ① Zugfahrt bis ca. 400 Hz erkennbar.
- ① Kurzweiliger Fehler der Gleislage präsent in hohen Frequenzbereichen. Eintrag einzelner Achsen gut zu sehen.



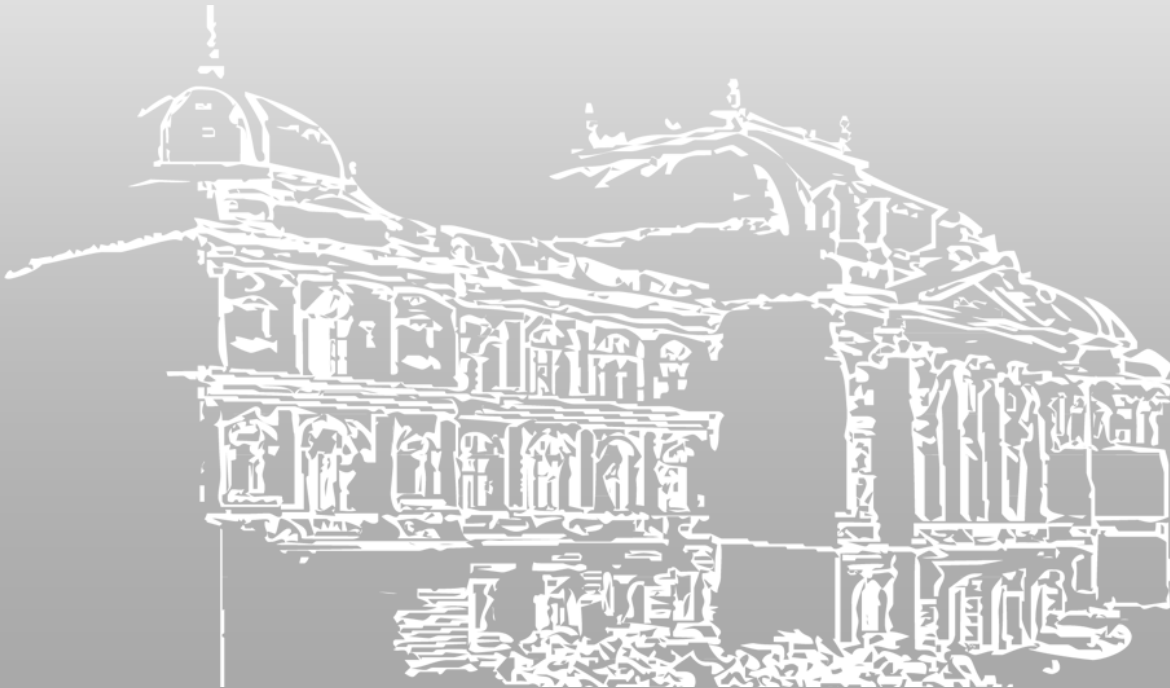


Zusammenfassung

- ① DAS stellt nicht nur im Anlagenmanagement eine zusätzliche (neue) Datenquelle dar.
- ① Es ermöglicht ein kontinuierliches und holistisches Überwachen und Bewerten des Fahrwegzustands und von Instandhaltungsarbeiten.
- ① Sowohl eine Unterscheidung zwischen „guter“ und schlechter“ Gleislage als auch Trend- und Zeitreihenanalysen sind möglich.
- ① Zustandsüberwachung und –beschreibung von Isolierstößen.
- ① Bereits installierte Lichtwellenleiter können benutzt werden.
- ① Es bedarf keiner zusätzlicher streckenseitiger Installationen.



Lichtwellenleiter im Anlagenmanagement des Eisenbahnfahrwegs



Dipl.-Ing. Ivan Vidović

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

Technische Universität Graz