

FOS im Infrastruktur- Monitoring des Eisenbahnfahrwegs

Tagung – Lichtwellenleitersensorik im Eisenbahnwesen
Wien, 21.10.2020

voestalpine Railway Systems GmbH
www.voestalpine.com/railway-systems

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

Infrastruktur-Monitoring (1/2)

» Gleismesswagen



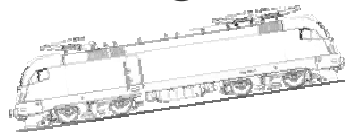
Periodische (2-4 mal jährlich) Erfassung der Gleisgeometrie

» Manuelle Inspektion



Periodische Erhebung des Istzustandes der Komponenten durch Inspektionspersonal

» On board Monitoring



Messsysteme auf Regelzügen überwachen die Eisenbahninfrastruktur und das rollende Material

Infrastruktur-Monitoring (2/2)

» Smart Assets



Intelligente Monitoring- und Diagnose-Systeme ermöglichen volldigitalisierte Überwachungskonzepte der Bahninfrastruktur

» Ortsfeste Anlagen



Auf individuelle Anforderungen zugeschnittene Überwachung des rollenden Materials

» Fibre Optic Sensing

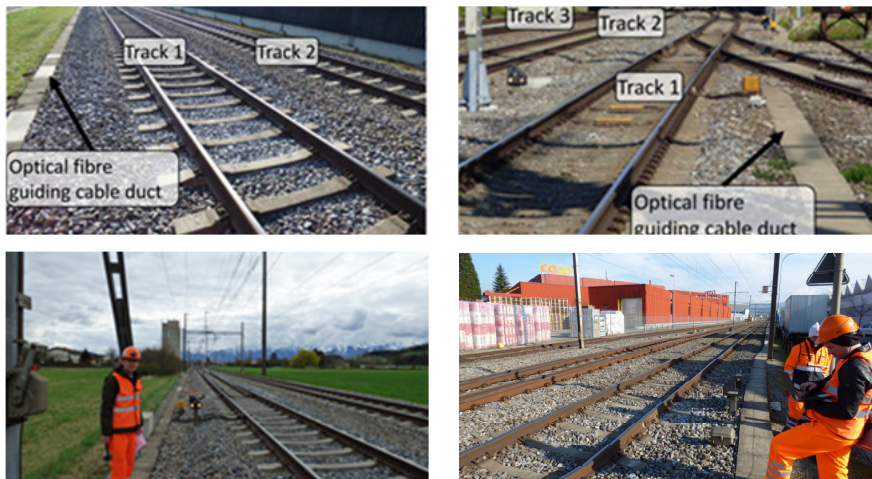


Kontinuierliche Überwachung der Infrastruktur und des rollenden Materials mit Lichtwellenleitern

Pilotprojekt FOS

- » Forschungszusammenarbeit zwischen TU Graz (EBW) & SBB
- » Potentialuntersuchung von Distributed Acoustic Sensing für das Monitoring von Infrastrukturanlagen
- » Monitoring und Bewertung von Instandhaltungsarbeiten
- » Besonderes Augenmerk liegt auf der Zustandsbeschreibung des Fahrwegs und seiner Komponenten
- » Kein Ersatz vorhandener und etablierter Messsysteme

Pilotprojekt FOS – Randbedingungen



OM	CalibrationPoint	Channel	OpticalDistance_m	Turnout No.	Track Category	Ballast Type	Ballast Thickness	Sleeper Type
308.422	108.422	14.30	14.30	14.30	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.434/NA	14.30	14.30	14.30	14	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.436/NA	14.31	14.30	14.30	14	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.439/NA	14.30	14.30	14.30	14	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.437/NA	14.30	14.30	14.30	14	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.438/NA	14.30	14.30	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.439/NA	14.31	14.30	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.438/NA	14.31	14.30	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.431/NA	14.31	14.30	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.433/NA	14.30	14.30	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.436/NA	14.29	14.29	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
308.438/NA	14.29	14.29	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel
108.47/NA	14.27	14.27	NA	NA	Main Track	1st class	21 - 35cm	Steel

- » Verwendung bereits verlegter Lichtwellenleiter (LWL)
- » Keine Änderung/Verbesserung der Lage des LWL
- » Kein Einfluss auf den operativen Betrieb
- » Verwendung von Standardeinstellungen
- » Verknüpfung von Anlagendaten und FOS

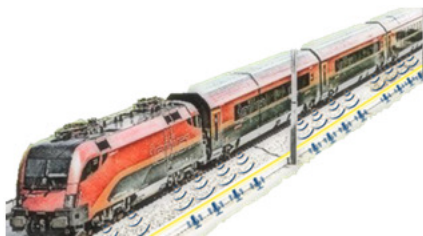
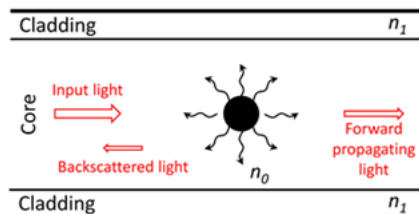
Systemspezifikation Opta Sense



- » Hauptbestandteile des Systems:
 - » Single Mode Glasfaser
 - » Interrogator Unit IU
 - » Processing Unit
 - » Control Unit
- » Reichweite: 0 – 50 km
- » Maximale Abtastrate: 20 kHz
- » Räumliche Auflösung: 7,5 – 20 m



Distributed Acoustic Sensing (DAS)



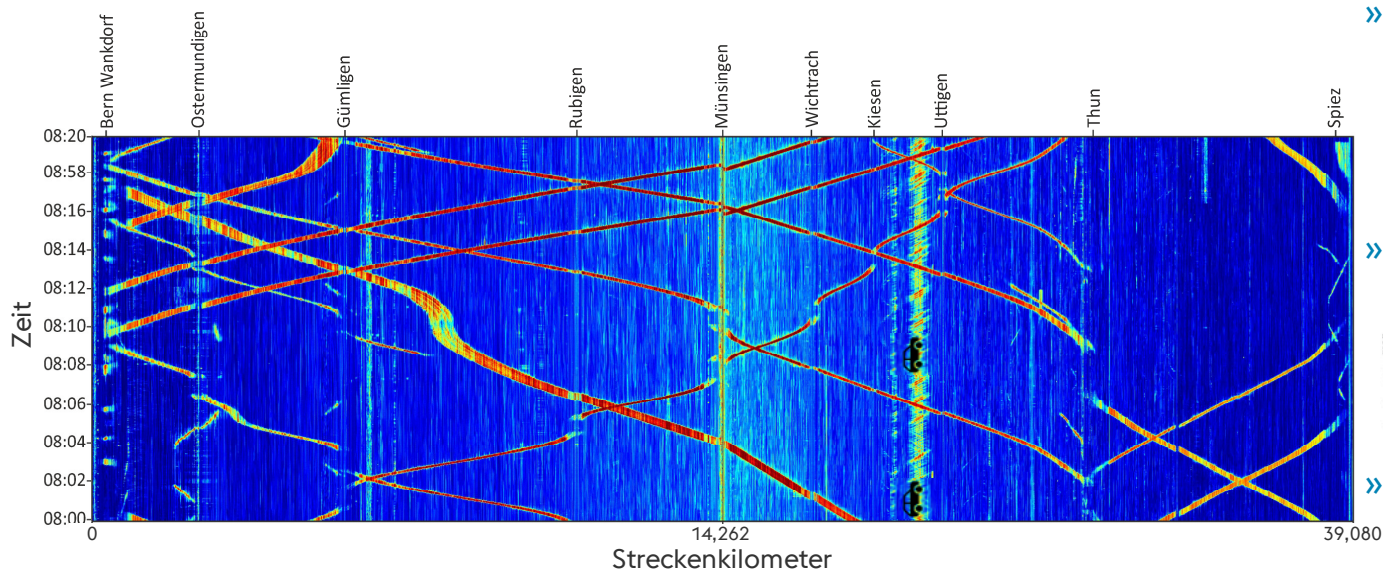
- » Basiert auf der Rayleigh – Streuung
- » Rückstreuung aufgrund von Inhomogenitäten
- » Verwendung eines Stranges bereits installierter LWL
- » Glasfaserkabel ist ein „Mikrophon“ entlang der Strecke

Pilotstrecke



- » Startpunkt: Bern Wankdorf Bahnhof
- » Endpunkt: Spiez Bahnhof
- » Streckenlänge: 39,080 km
- » 2 IUs in Münsingen Bahnhof
 - » Räumliche Auflösung: 10 m
 - » Abtastrate: 2,5 kHz
- » IU 1: Münsingen – Bern Wankdorf
 - » 1440 Channels; 14,262 Streckenkilometer
- » IU 2: Münsingen – Spiez
 - » 2724 Channels; 24,818 Streckenkilometer

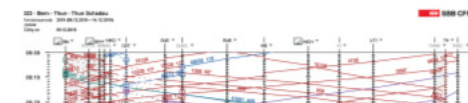
Wasserfalldiagramm



» Echtzeitüberwachung der Ereignisse und des Verkehrs entlang der Strecke

» Entspricht einem Bildfahrplan

» Rückschluss auf Zustand des rollenden Materials

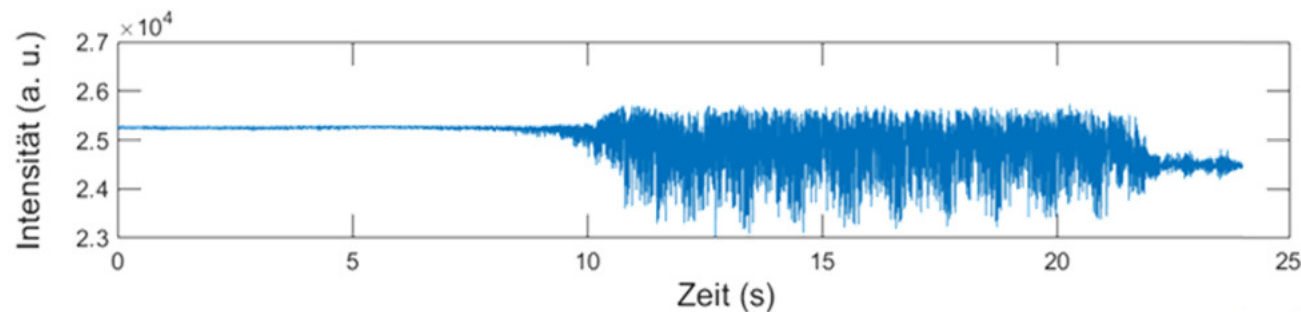


FOS im Infrastruktur-Monitoring

Theoretische Überlegungen



- » Distributed Acoustic Sensing spiegelt die Reaktion des Fahrwegs auf die Belastung wieder
- » Signalcharakteristik und -intensität hängen vom Zugtyp ab
- » Kurzzeitliche Fehler (z.B. eingefahrener Isolierstoß) sind insbesondere in höheren Frequenzbereichen sehr gut erkennbar



Detektion von Einzelfehlern (EF)

- » Bereich mit Einzelfehler
 - » Weiße Stellen im Schwellenbereich
 - » Fortgeschrittener Schotterverschleiß
- » Bereich ohne Einzelfehler
 - » Gute Gleislage
 - » Kein Schotterverschleiß.

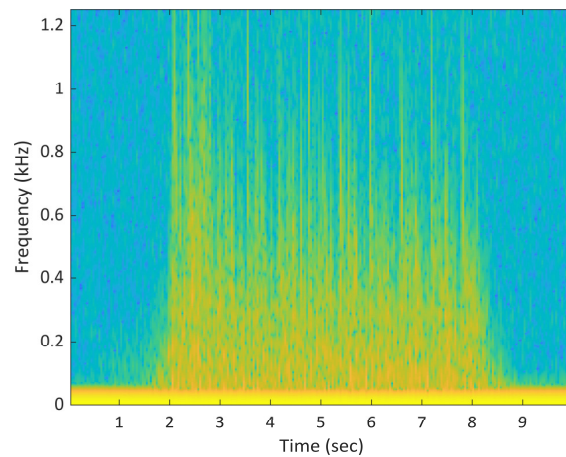


- » Unterscheidet sich das DAS-Signal des Spritzstoßes von einem Bereich ohne Einzelfehler?

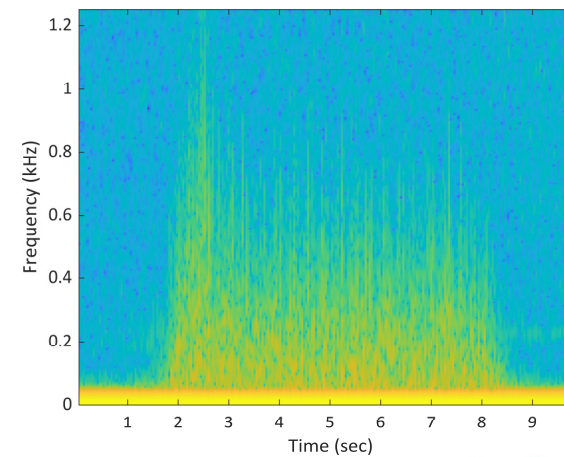
Monitoring von EF – Spektrogramm



- » Bereich mit Einzelfehler
 - » Kurzwelliger Fehler
 - » Eintrag jeder Achse sichtbar

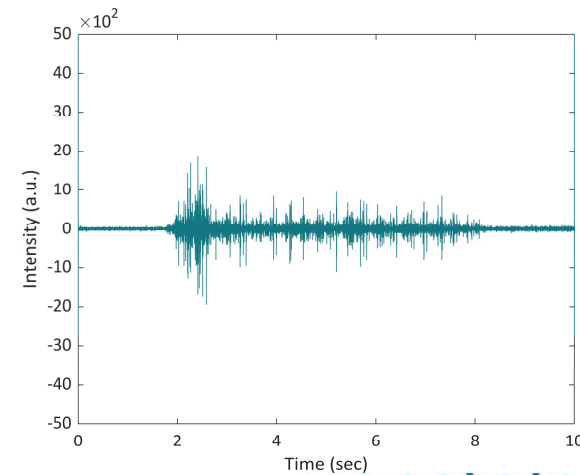
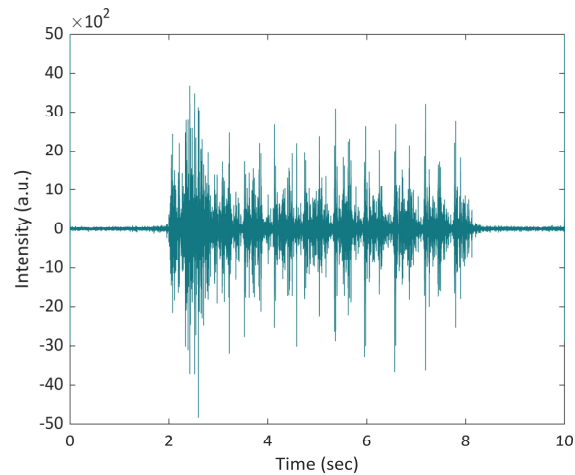


- » Bereich ohne Einzelfehler
 - » Zugfahrt sichtbar bis ~400 Hz
 - » Höhere Frequenzen kaum präsent



Monitoring von EF – Hochpassfilter

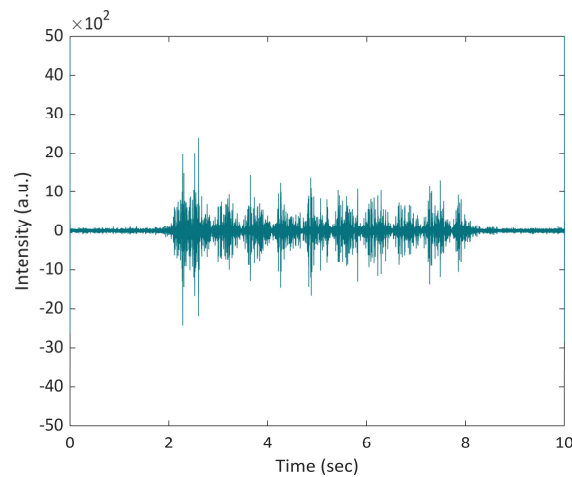
- » Bereich mit Einzelfehler
 - » Hohe Amplituden nach Filterung
 - » Eintrag der Achsen deutlich sichtbar
- » Bereich ohne Einzelfehler
 - » Geringe Ausschläge
 - » Eintrag der Achsen nicht eindeutig



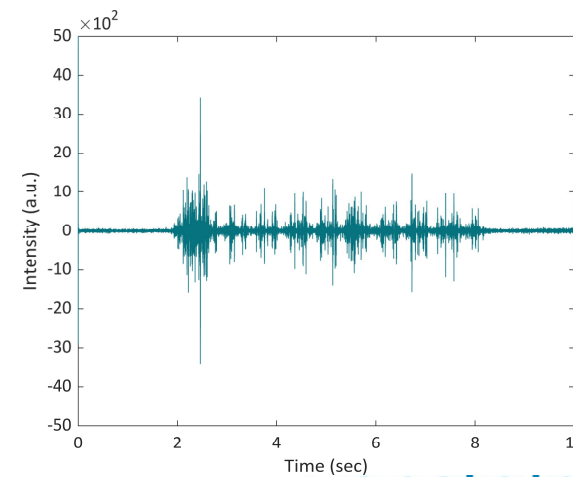
Monitoring von EF – Der Einfluss von Instandhaltungsmaßnahmen



- » Bereich mit Einzelfehler
 - » Einzelfehler beseitigt
 - » Reduktion der Amplituden



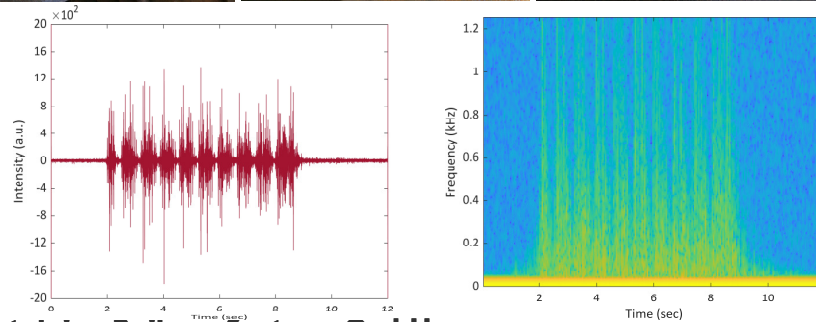
- » Bereich ohne Einzelfehler
 - » Verbesserung der Gleislagequalität
 - » Ähnliches Signalmuster wie zuvor



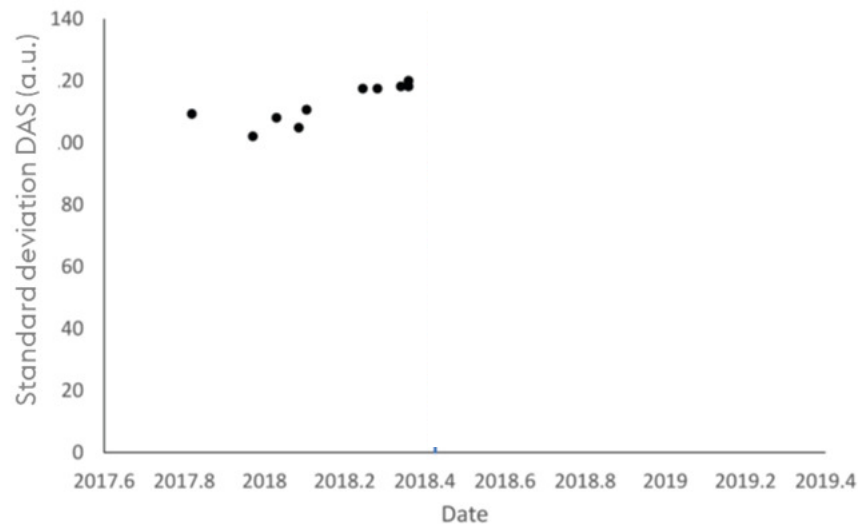
Monitoring von Weichen – Herzstück



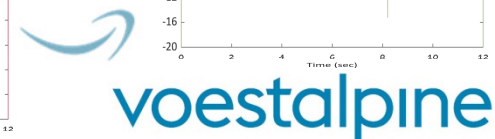
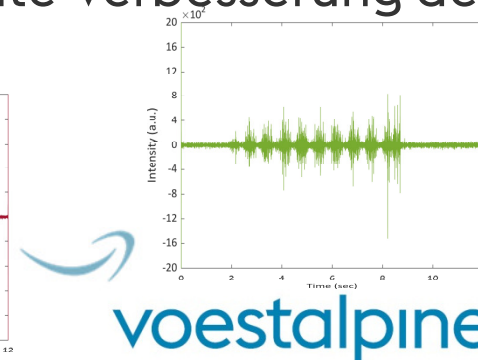
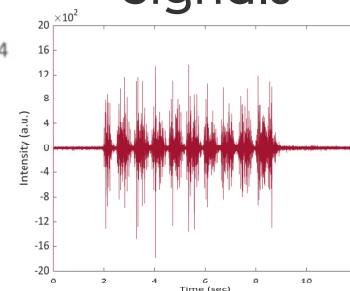
- » Zahlreiche Defekte
 - » Oberflächenschienenfehler
 - » Ablätterungen
 - » Bruch des Herzstücks
- » Defekt im Signalmuster erkennbar
- » Hohe Amplituden im gefilterten Signal



Weichenherz – Zeitreihenanalyse



- » Komponententausch
 - » Schienenwechsel
 - » Kleinarbeiten
 - » Herzstückwechsel
- » Beseitigung des Fehlers
- » Signifikante Verbesserung des Signals



Monitoring von Instandhaltungsmaßnahmen



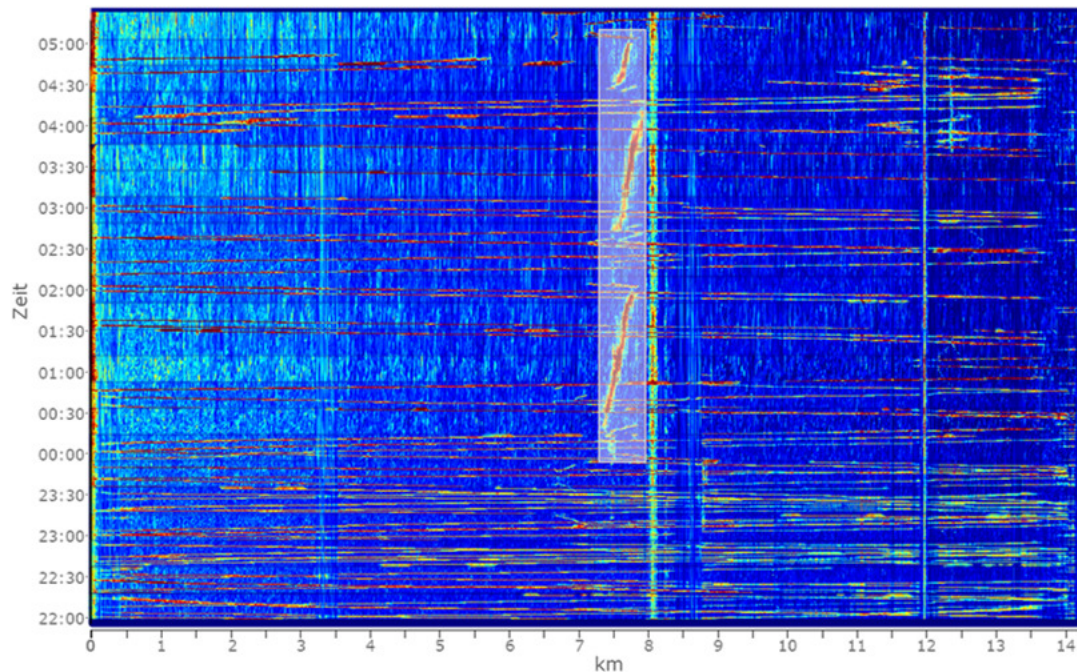
- » Häufigste Instandhaltungsarbeiten am Gleis
 - » Stopfen
 - » Schleifen
- » Vergleich zwischen geplanten und ausgeführten Arbeiten

The image shows two overlapping 'Maintenance plan' documents. The left document is a simple table with three columns: Type, Date, and Section. The right document is a more detailed table with four columns: Type, Date, Section, and Executed. The right document shows a green checkmark in the 'Executed' column for the first row and a red 'X' for the second row.

Maintenance plan		
Type	Date	Section
—	—	—
—	—	—

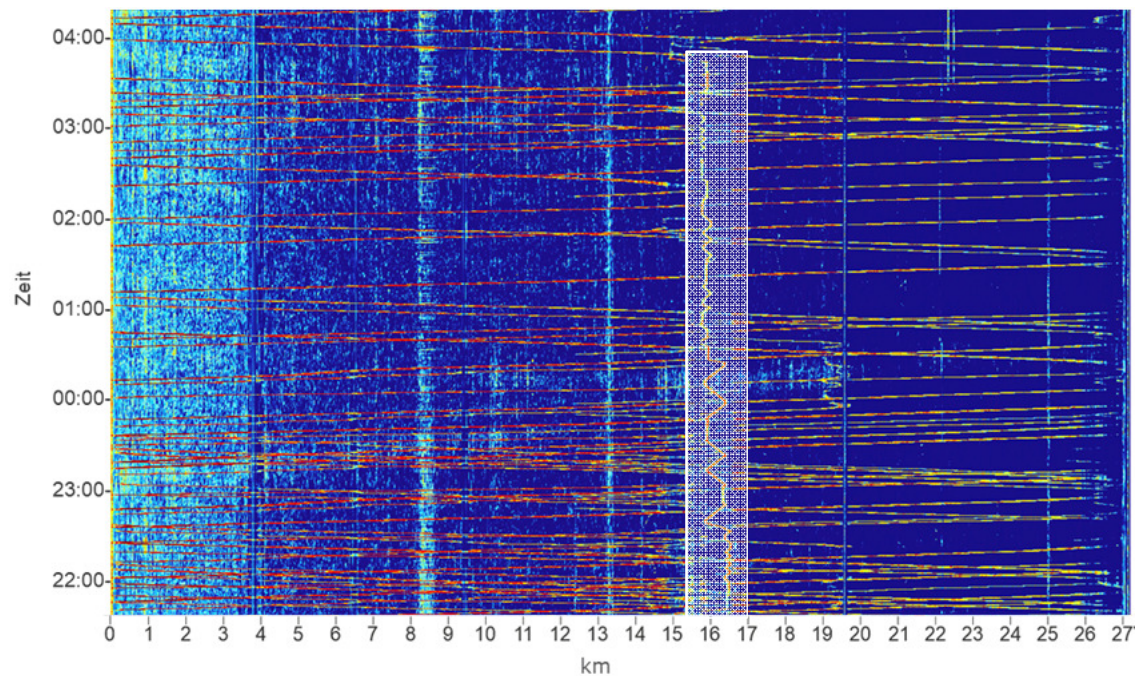
Maintenance plan			
Type	Date	Section	Executed
—	—	—	✓
—	—	—	✗

Monitoring von Instandhaltungsmaßnahmen



- » Stopfen
- » 3 Stopfeinsätze
- » Anfang und Ende der Arbeiten (Zeit & Ort)
- » Länge des gestopften Abschnittes
- » Stopfgeschwindigkeit

Monitoring von Instandhaltungsmaßnahmen

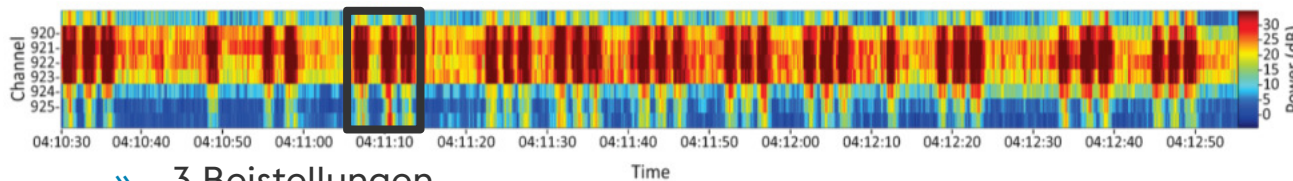


- » Schleifen
- » Anzahl bearbeiteter Weichen
- » Anzahl der Überfahrten
- » Stammgleis & abzweigender Ast

Stopfen – Bewertung wesentlicher Parameter



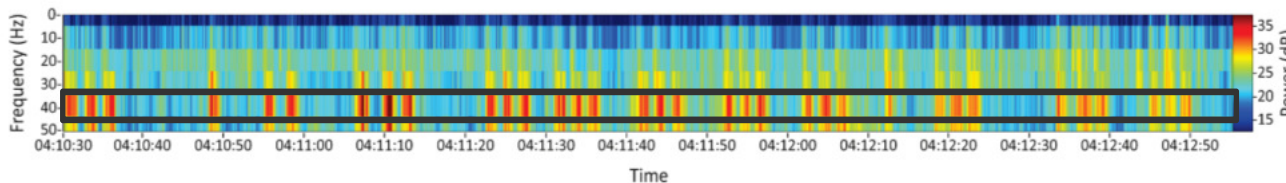
- » Bestimmung der Anzahl der Beistellvorgänge und der Beistellzeit je Schwelle



- » 3 Beistellungen
- » ~1,2 sek/Beistellvorgang



- » Bestimmung der Stopffrequenz



- » Stopffrequenz ~35 Hz

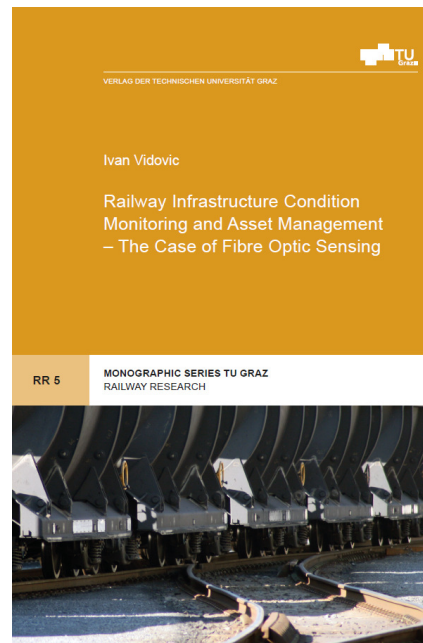
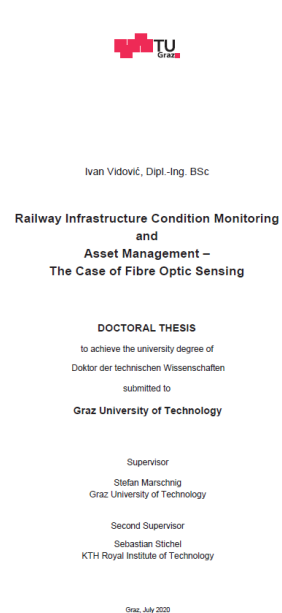
- » Anzahl der Beistellungen
- » Beistellzeit
- » Frequenz

Zusammenfassung

- » **DAS** bietet für Betreiber von Eisenbahninfrastrukturen ein breites Anwendungsspektrum
- » Kontinuierliche & holistische Überwachung des Eisenbahnfahrwegs
- » Verwendung bereits installierter Lichtwellenleiter
- » Es bedarf keiner zusätzlicher streckenseitiger Installationen
- » Detektion & Identifikation von Einzelfehlern
- » Monitoring und Dokumentation von Instandhaltungsarbeiten

- » Zu lösen gilt es:
 - » Lage und Position des Lichtwellenleiters (Sensors)
 - » Datenmenge
 - » Ortsauflösung
 - » Integration in existierende Systeme erforderlich

Ergebnisse – Pilotprojekt FOS



- » Projektberichte (SBB intern)
- » Vorträge, Paper & Dissertation
- » Railway Research Reihe RR5
 - » E-Book: (https://www.tugraz-verlag.at/open-access-e-books/?orderby=release_list)

VIELEN DANK!

DI Dr. Ivan Vidovic

T. +43/664/883 249 56

ivan.vidovic@voestalpine.com

voestalpine Railway Systems GmbH
www.voestalpine.com/railway-systems

voestalpine

ONE STEP AHEAD.