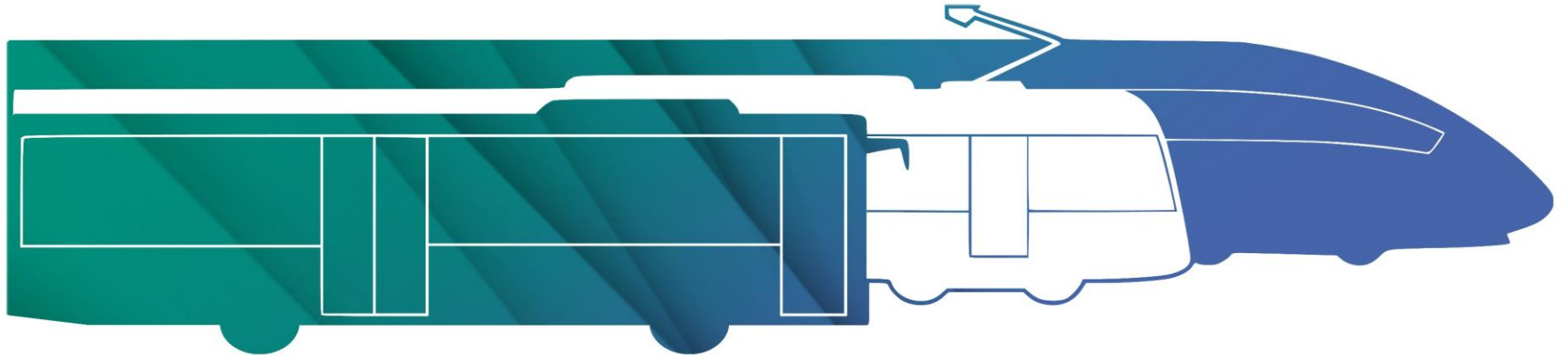
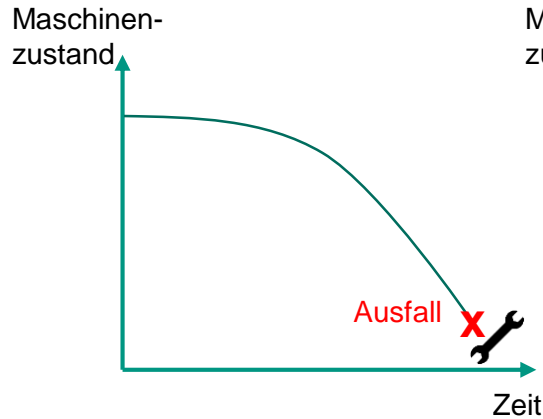


Predictive Maintenance – Wie mache ich meine Straßenbahn schlau?

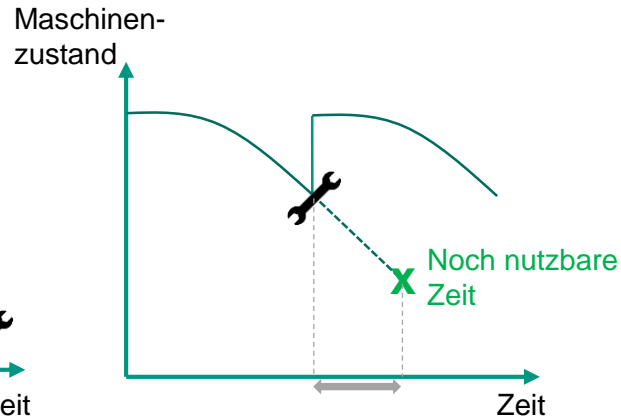
Markus Tesar
Institut für Fahrzeugsystemtechnik



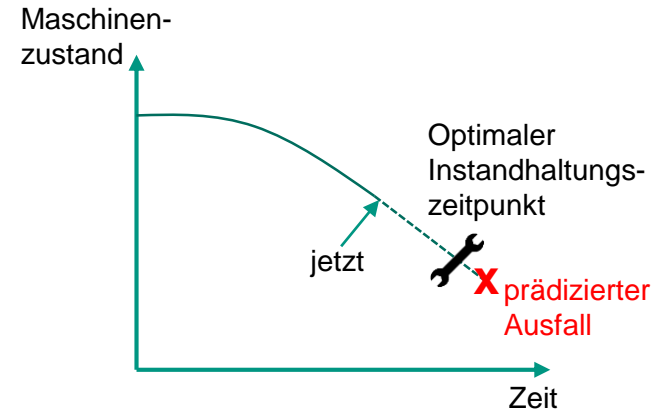
Motivation



Reaktive Instandhaltung



Präventive Instandhaltung



Prädiktive Instandhaltung

Leitfrage

Wie gestalte ich einen **datenbasierten Instandhaltungsprozess** und wie kann ich diesen **praktisch umsetzen**?

Gliederung



Datenbasierter Instandhaltungsprozess



Fallstricke bei der Implementierung

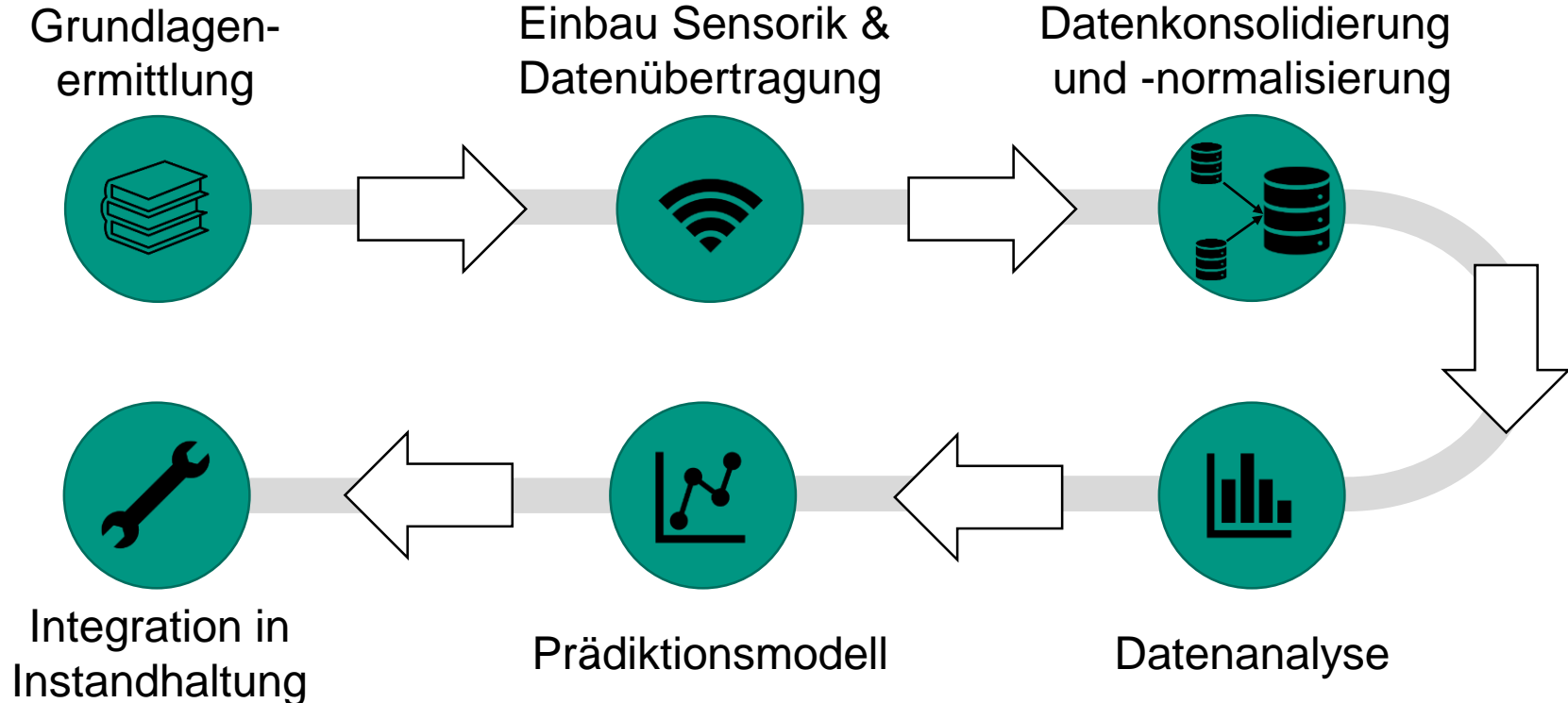


Fallbeispiel Karlsruher Messstraßenbahn



Zusammenfassung

Prozess Datenbasierte Instandhaltung





Datenerfassung

- ! Aufzeichnung vieler Daten ohne klare Zielstellung.

Datenkonsolidierung

- ! Keine Zusammenführung von Instandhaltungsdaten und Messdaten.

Fehlerursache

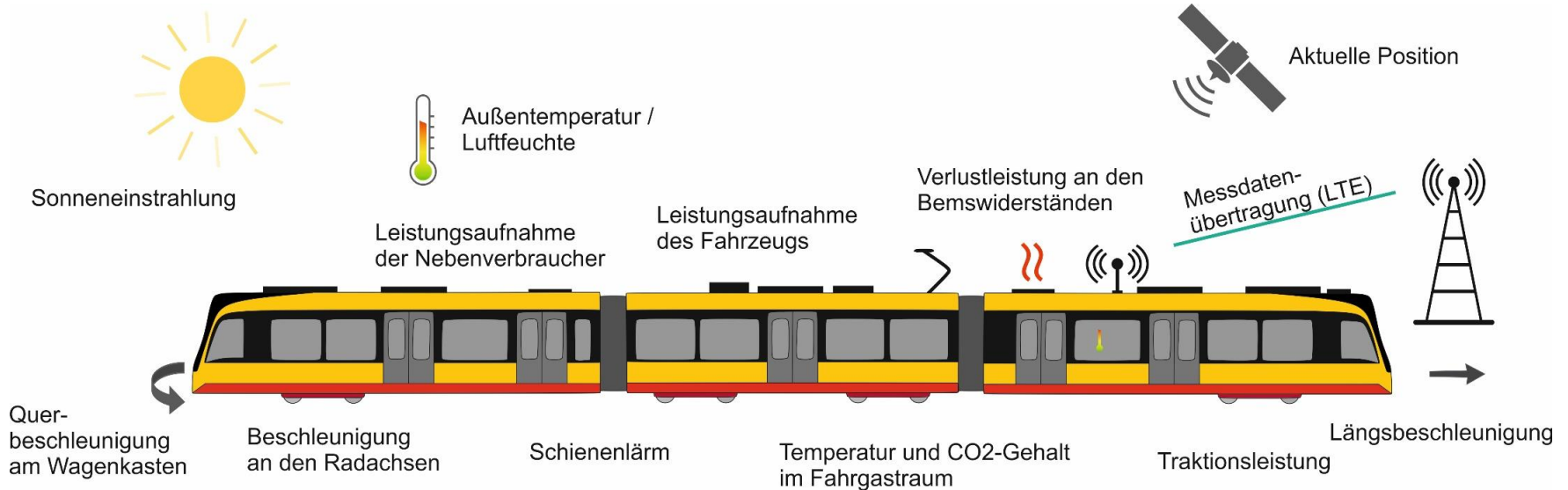
- ! Wodurch wird der Defekt verursacht?
Thermische, elektrische und / oder mechanische Ursachen?

Instandhaltungsart

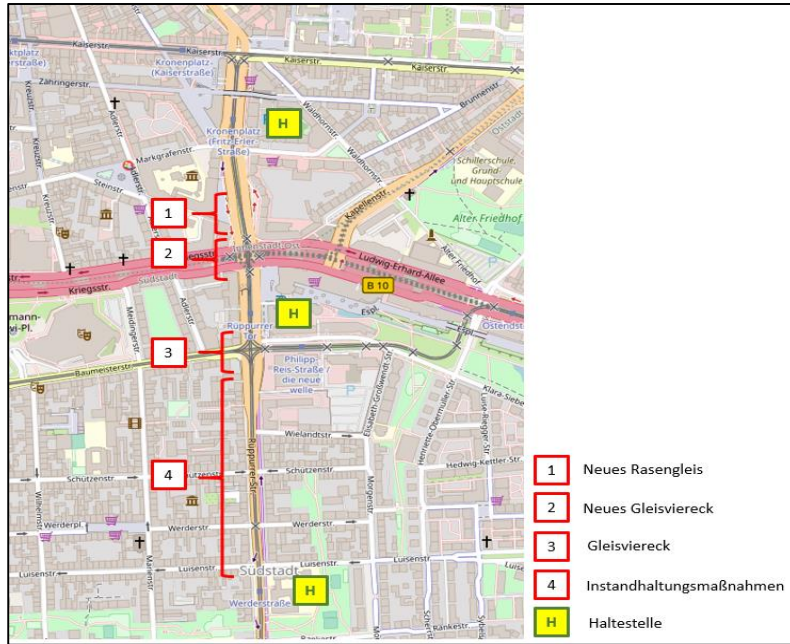
- ! Condition Based Maintenance bietet bereits erhebliche Effizienzsteigerung und ist einfacher zu implementieren als PM

Fallbeispiel Karlsruher Messtraßenbahn

Kooperationsprojekt zwischen AVG und KIT



Auswahl Streckenabschnitt



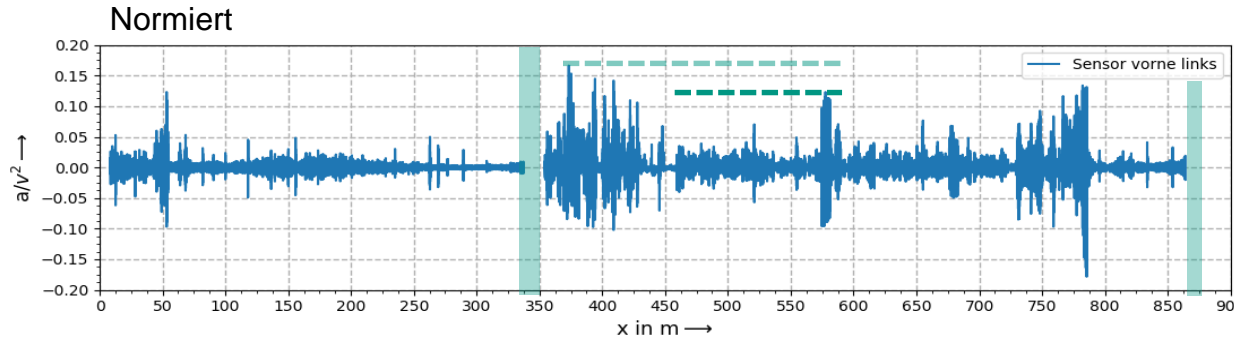
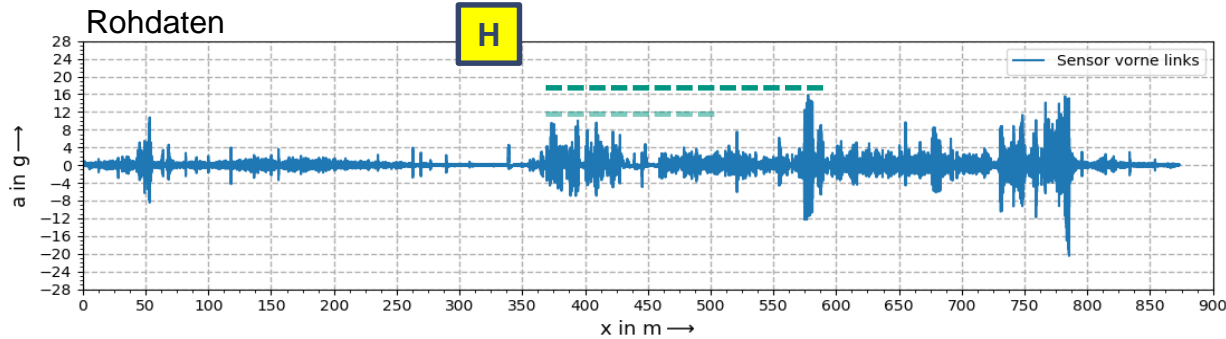
- Vielbefahrene Strecke
- Geplante Umbau- und Instandhaltungsmaßnahmen

Repräsentativer Datensatz als Grundlage für spätere Analyse

[2]

Zustandsüberwachung Schieneninfrastruktur

Analyse einer Überfahrt und Datennormierung

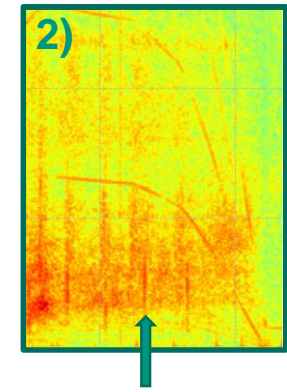
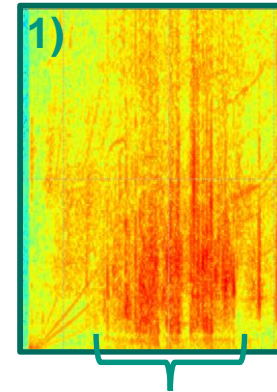
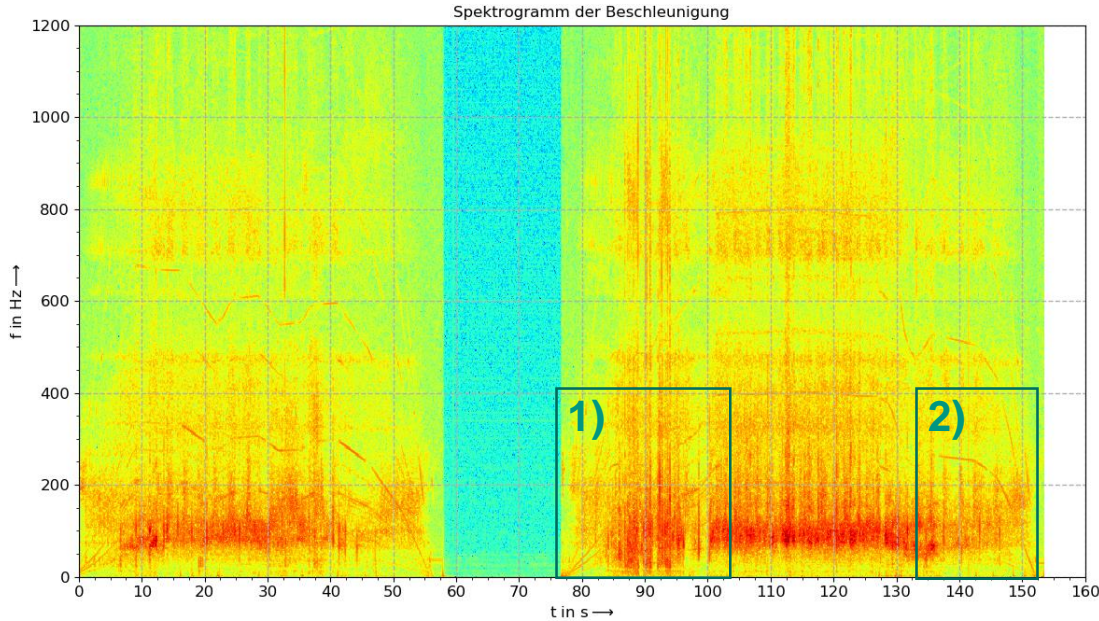


- Normierung mit v^2
- $v \geq 15 \text{ km/h}$

[2]

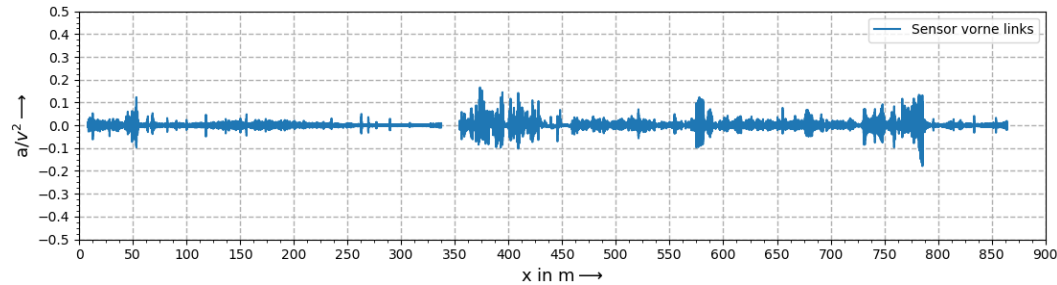
Zustandsüberwachung Schieneninfrastruktur

Datentransformation

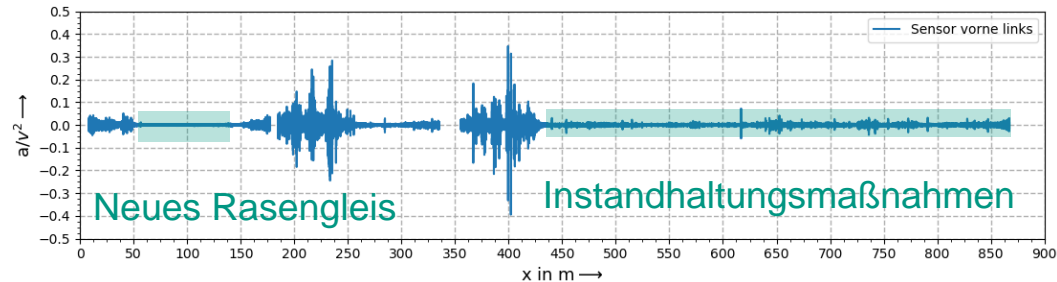


Umbaumaßnahmen

Vorher



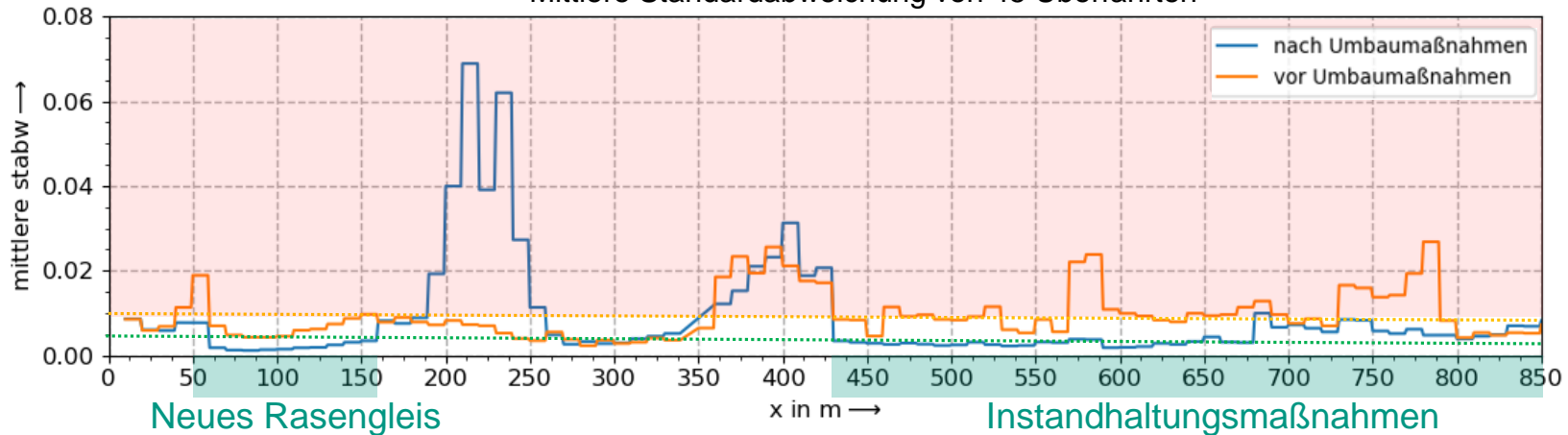
Nachher:



Standardabweichung
als Maß für den
Schienenzustand

Zustandsklassifikator trainieren

Mittlere Standardabweichung von 45 Überfahrten



- Standardabweichung $< 0,005$ **guter Zustand**
- $0,005 \geq$ Standardabweichung $\leq 0,01$ **mittlerer Zustand**
- Standardabweichung $> 0,01$ **schlechter Zustand**

Weitere Maßnahmen

- Grundlagenarbeit zur Erstellung von Degenerationsmodellen
 - Messfahrt im neuen Tunnel (Neuzustandsaufnahme)
 - Untersuchung weiterer Streckenabschnitte mit trainiertem Klassifikator
- Exakte Fehlerklassifikation der Schieneninfrastruktur
 - Digitalisierung aller Aufzeichnungen der Instandhaltung sowie der Streckenläufer
 - Kenntnis des jeweiligen Fehlers (Schlupfwellen, Schienenbruch, ...) um Klassifikation zu verbessern

Zusammenfassung

- Vorgehen bei der datengetriebenen Instandhaltung
- Fallstricke bei der Implementierung
- Ausrüstung eines bestehenden Fahrzeugs mit Messtechnik und einer Datenfernübertragung im Rahmen eines Kooperationsprojekts zwischen Verkehrsbetrieb und Wissenschaft
- Fallbeispiel zur zustandsbasierten Instandhaltung der Schieneninfrastruktur im Karlsruher Straßenbahnnetz
- Potentiale für weitere Maßnahmen aufgezeigt

Markus Tesar, M.Sc.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST)
Rintheimer Querallee 2 – Gebäude 70.04, Raum 034 – 76131 Karlsruhe

Telefon: +49 (0)721 / 608 – 4 1819

E-Mail: markus.tesar@kit.edu

Web: www.fast.kit.edu

Quellen

[1]: MathWorks: <https://de.mathworks.com/discovery/predictive-maintenance-matlab.html>

[2]: Philipp Kolb, Condition-Monitoring der Schieneninfrastruktur auf Basis von Machine Learning, Masterarbeit, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Fahrzeugsystemtechnik, 2020.