



M2C Expert Control



Faseroptische Sensorik für Sicherheitsrelevante Bahnanwendungen im Rahmen FoSSIL 4.0



Agenda

Fahrzeugbezogene FOS-Anwendungen

- Zugspitzenlokalisierung
- Zugintegrität
- Validierung der Ergebnisse

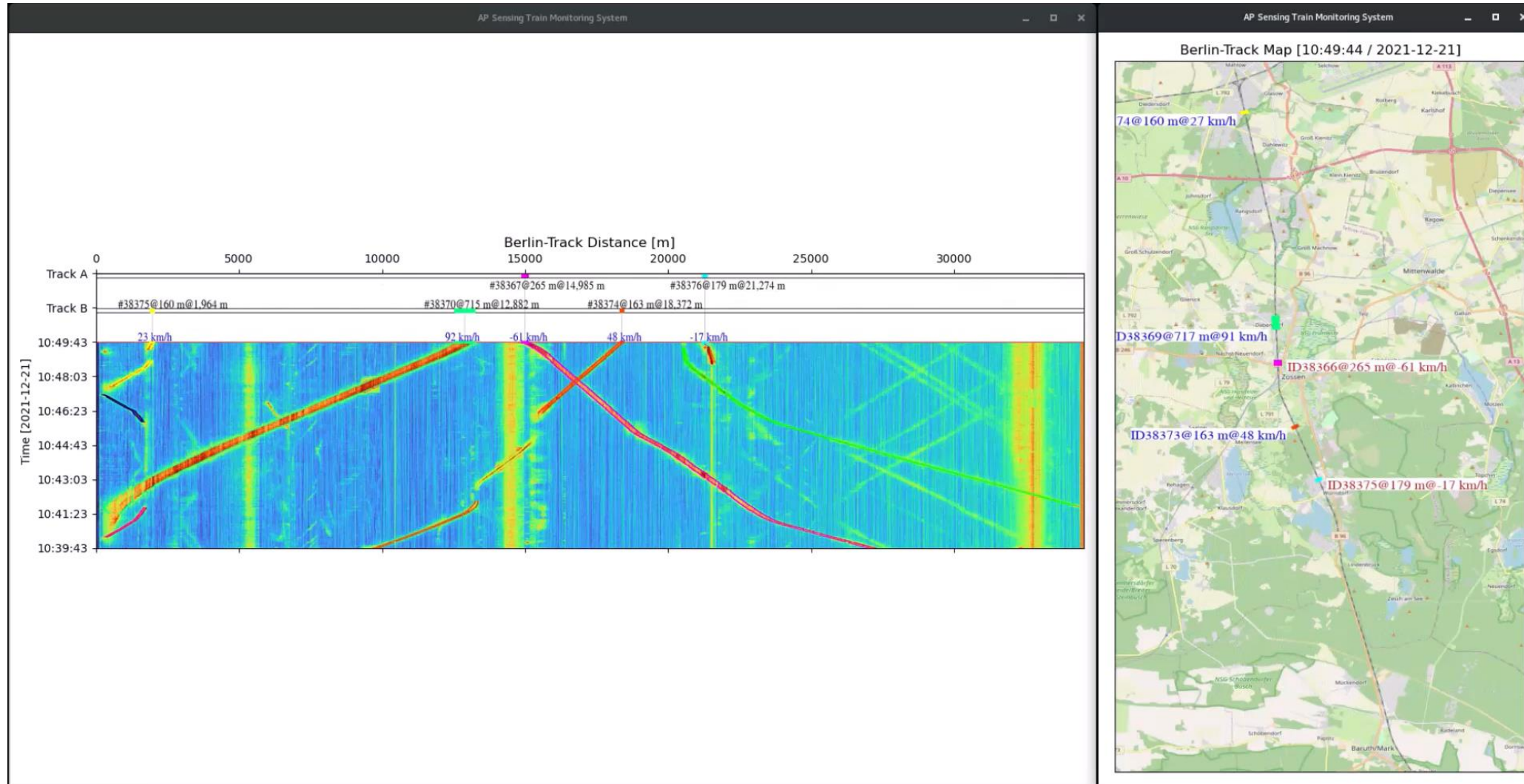
Infrastrukturbezogene FOS – Anwendungen

- Kabeldiebstahl

Normkonforme Entwicklung

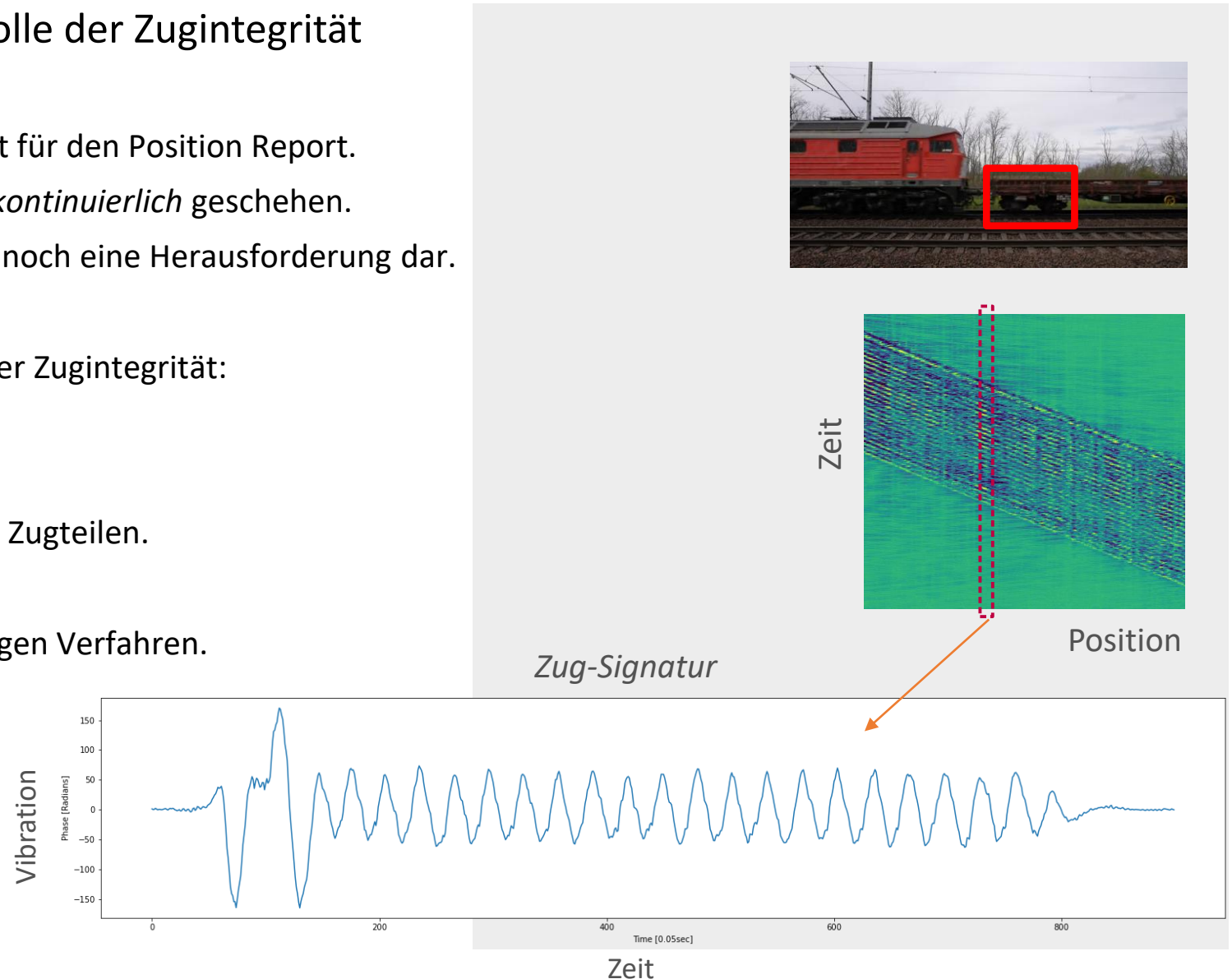
Großer Nutzen von FOS ohne Zulassung

FOS ermöglicht eine infrastrukturseitige Zugverfolgung in Echtzeit



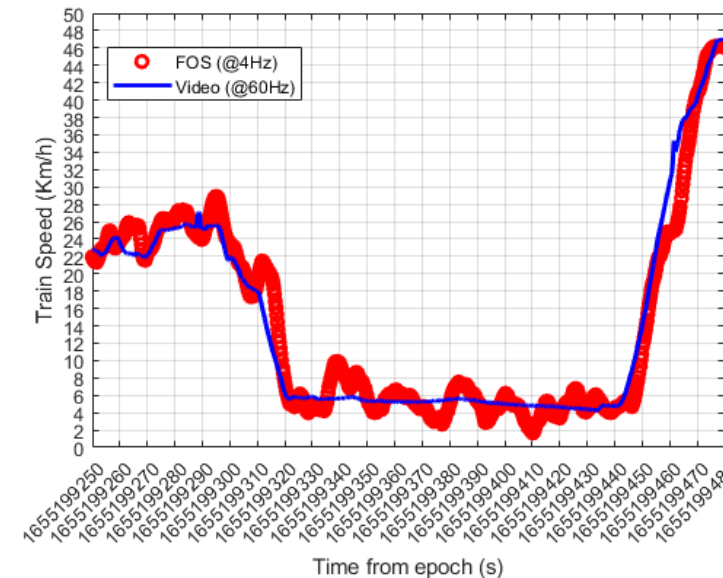
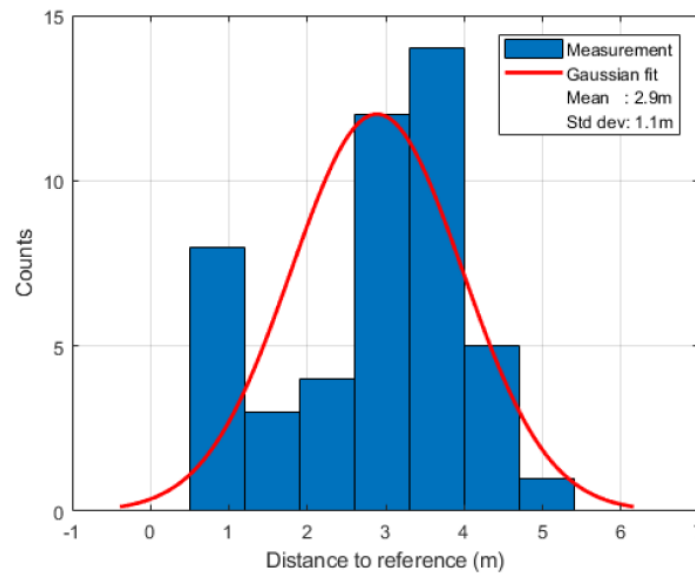
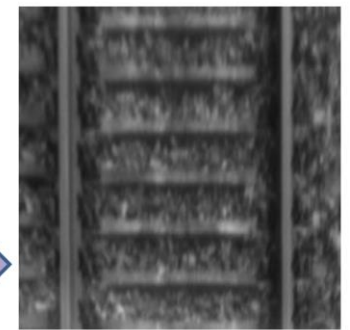
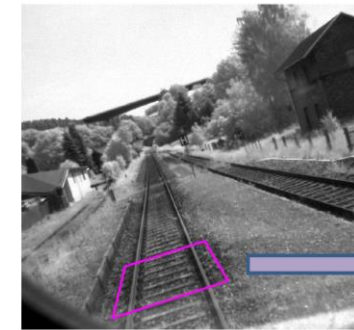
FOS bietet neue Möglichkeiten zur Kontrolle der Zugintegrität

- ETCS Level 3 erfordert die bestätigte Zugintegrität für den Position Report.
- Für Kapazitätssteigerungen sollte dies möglichst *kontinuierlich* geschehen.
 - Aber: Gerade bei Güterzügen stellt dies aktuell noch eine Herausforderung dar.
- FOS ermöglicht drei Methoden zur Feststellung der Zugintegrität:
 - Durch die kontinuierlich ermittelte Zuglänge.
 - Durch die ermittelte Anzahl der Drehgestelle.
 - Durch die direkte Erkennung von abgetrennten Zugteilen.
- FOS ist *infrastrukturseitig*: **Redundanz** zu zugseitigen Verfahren.



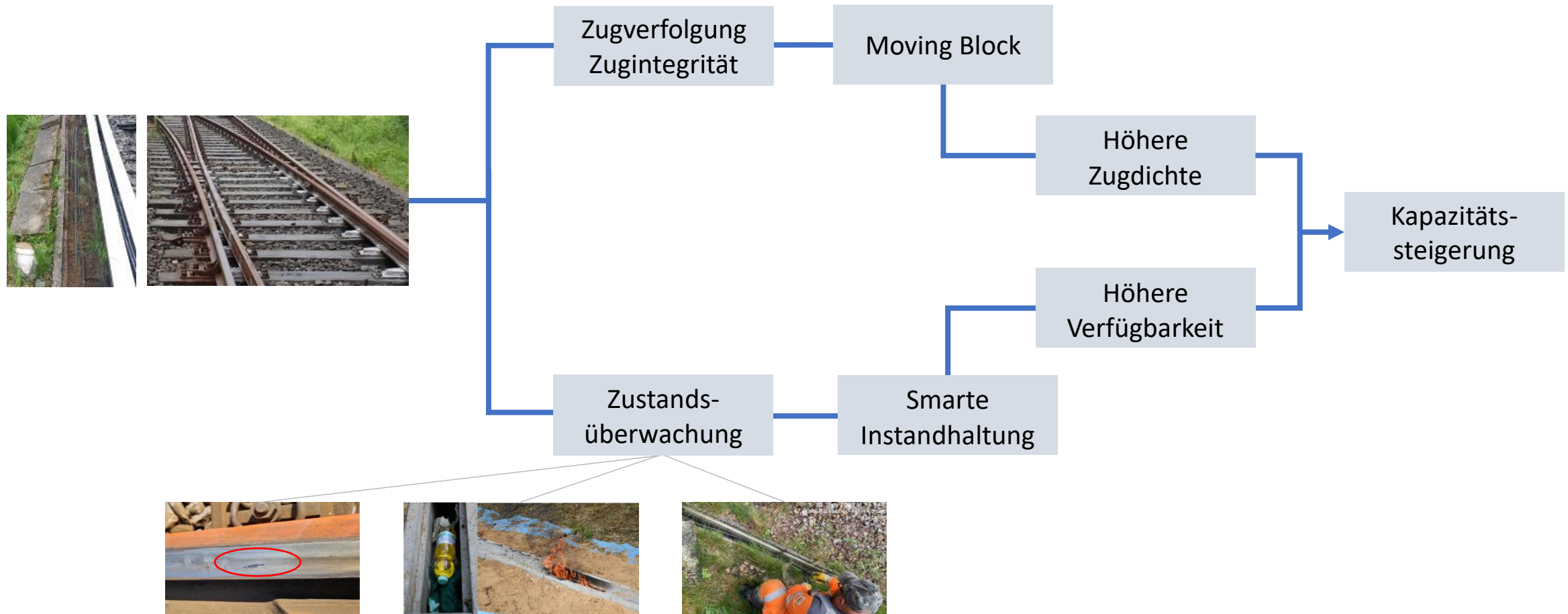
Die Algorithmen wurden am „Digitalen Testfeld Bahn“ in Annaberg-Buchholz mittels optischer Odometrie verifiziert

- Transferierbarkeit der eingesetzten Modelle.
- Niedrige Geschwindigkeit (5 km/h): ✓
- Anfahren des Zuges: ab ca. **1.5 km/h** erkannt.
- Genauigkeit Position: **3m** (+/- 1.1m).
- Genauigkeit Geschwindigkeit: **0.4 km/h** (+/- 1.6 km/h).



FOS kann einen Beitrag zur Steigerung der Netzkapazität leisten

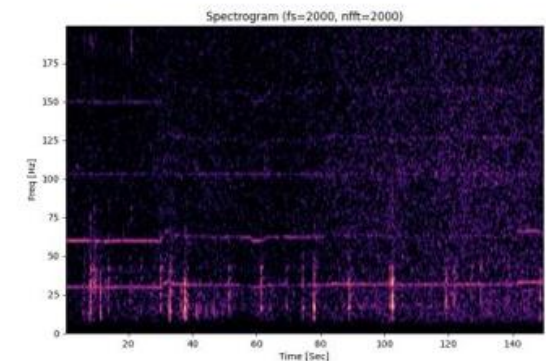
FOS nutzt vorhandene Telekom-Kabel als Sensor und kombiniert mehrere Anwendungsfälle (Infrastruktur und Zug)



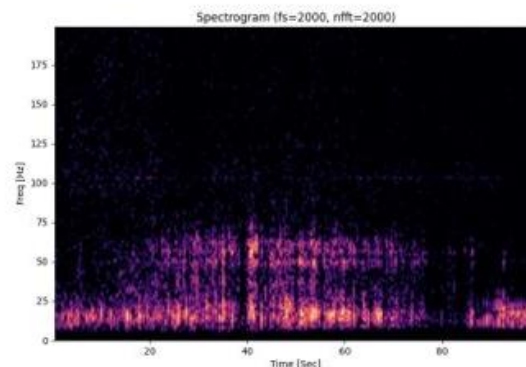
FOS erkennt Manipulationen an der Bahn-Infrastruktur und ermöglicht frühzeitige Alarmierung

- Ziel: Detektion und Ortung von Manipulationen an der Bahninfrastruktur.
- Simulation verschiedener Angriffe im „Digitalen Testfeld Bahn“.
- FOS ermöglicht
 - Erkennung von Personen am Gleis.
 - Erkennung von Manipulation am Kabelschacht (Kabeldiebstahl).
 - Alarmierungszeit: ≤ 25 Sekunden.

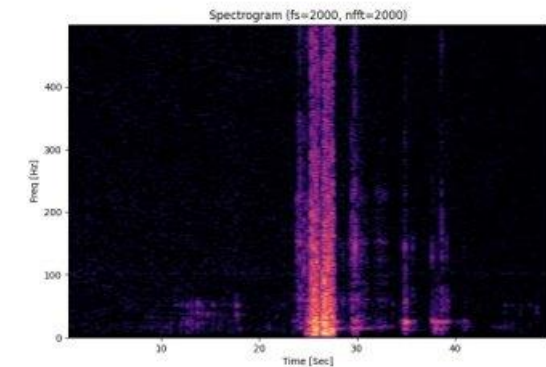
Kabel aufziehen



Fußschritte



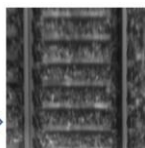
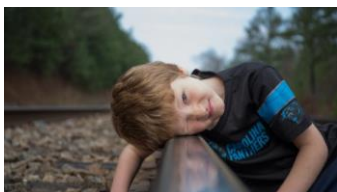
Kabel trennen



Normkonforme Entwicklung und Standards

Machbarkeit und Proof of Concept vs. Normkonformität und Standardisierung für eine mögliche Zulassung

Fokus?



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Agenda

Fahrzeugbezogene FOS-Anwendungen

- Zugspitzenlokalisierung
- Zugintegrität
- Validierung der Ergebnisse

Infrastrukturbezogene FOS – Anwendungen

- Kabeldiebstahl

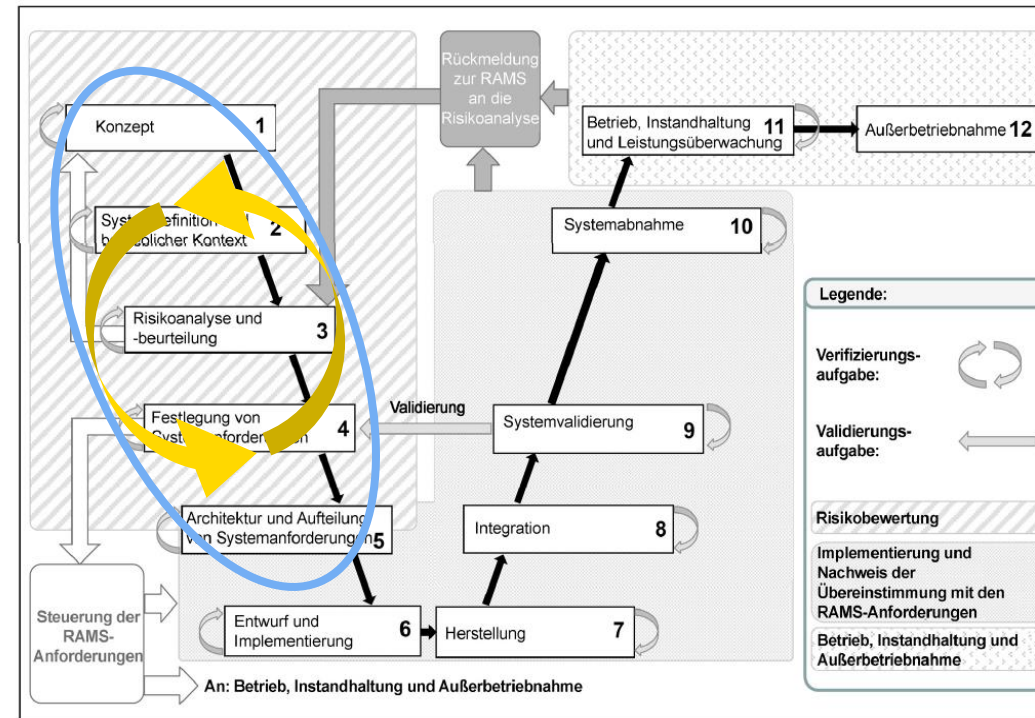
Normkonforme Entwicklung

Großer Nutzen von FOS ohne Zulassung

Normkonforme Entwicklung und Standards

- Eruierung der Anwendungsfälle
 - Zugspitzenlokalisierung
 - Zuglänge
 - Zugvollständigkeit
 - Fahrtrichtung
- Testfahrten mit Referenzsystemen
- RA(M)S Merkmale bereits bestehender GFM Komponenten abgeglichen

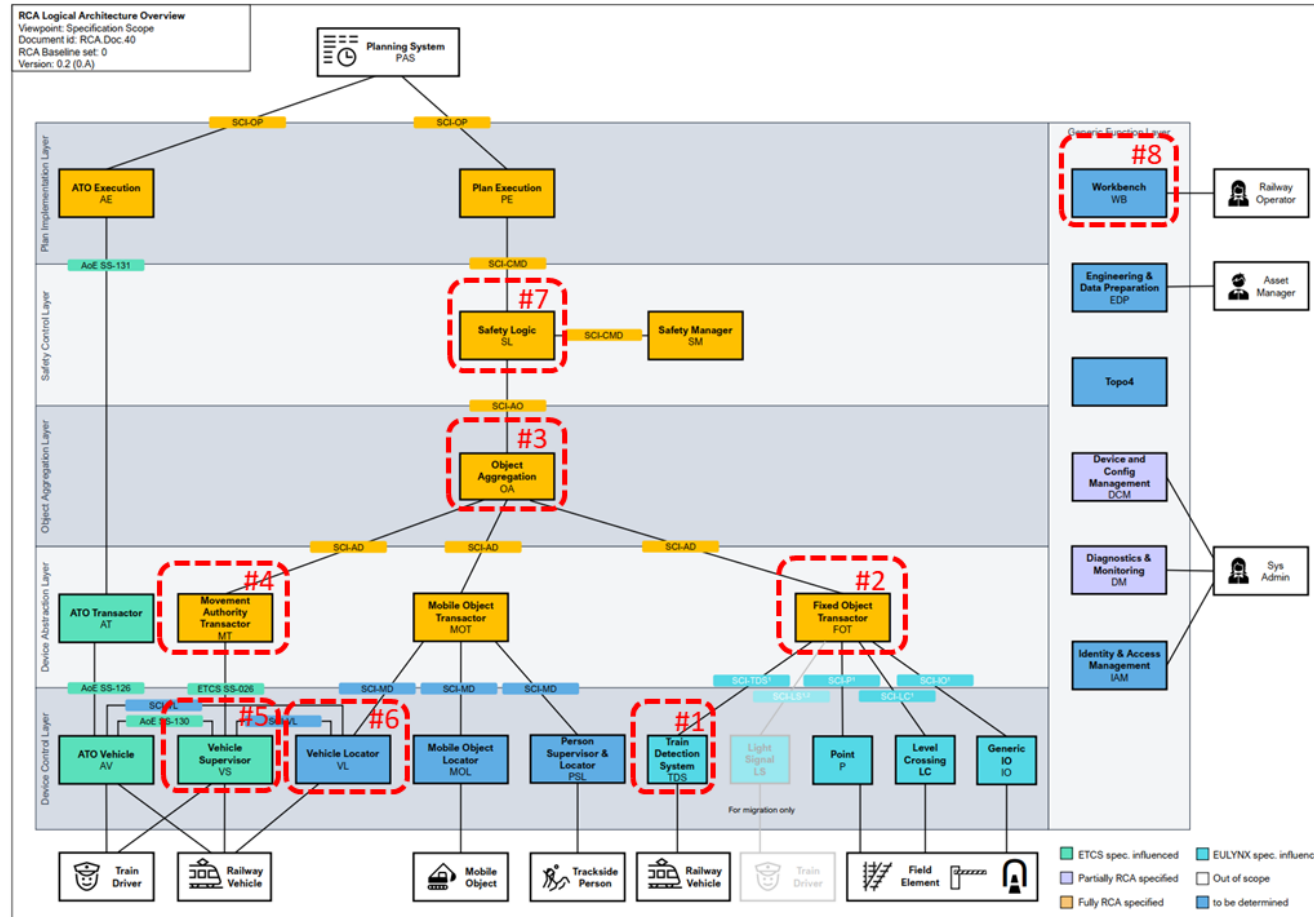
V-Zyklus



- Vorgehen gem. EN 50126-1 2017
 - Erstellung Systemkonzept und Systemdefinition inkl. RA(M)SS Plan
 - Erstellung einer Risikoanalyse
 - Erstellung von Anforderungen
 - Erstellung von Systemarchitektur unter Einbezug der RCA

Normkonforme Entwicklung und Standards

Systemdefinition FOS-GFM/TIM-System in der RCA

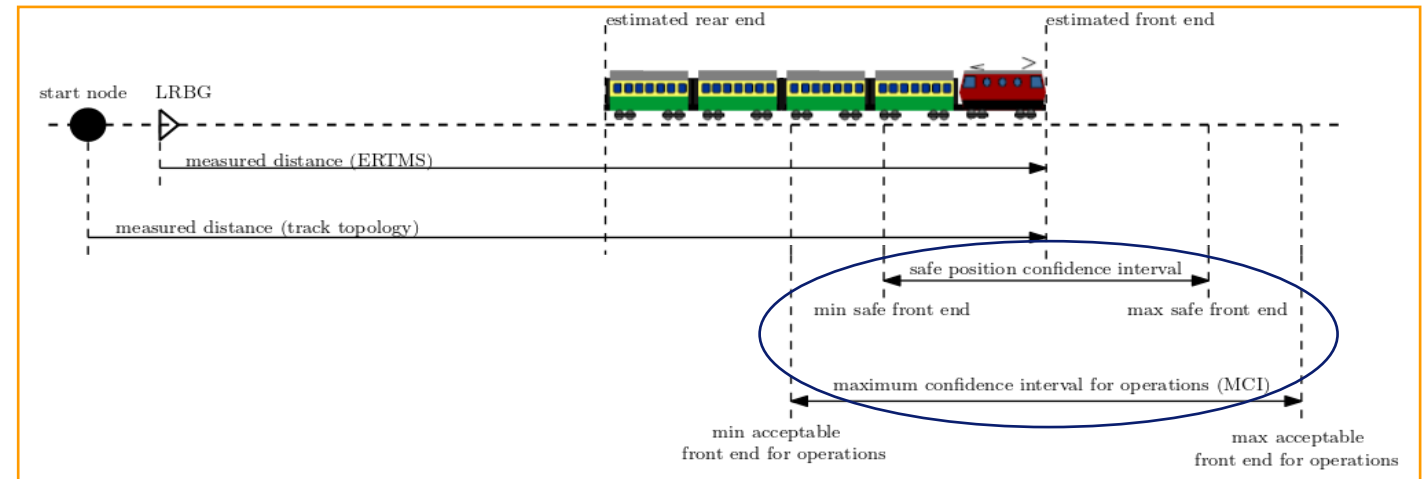
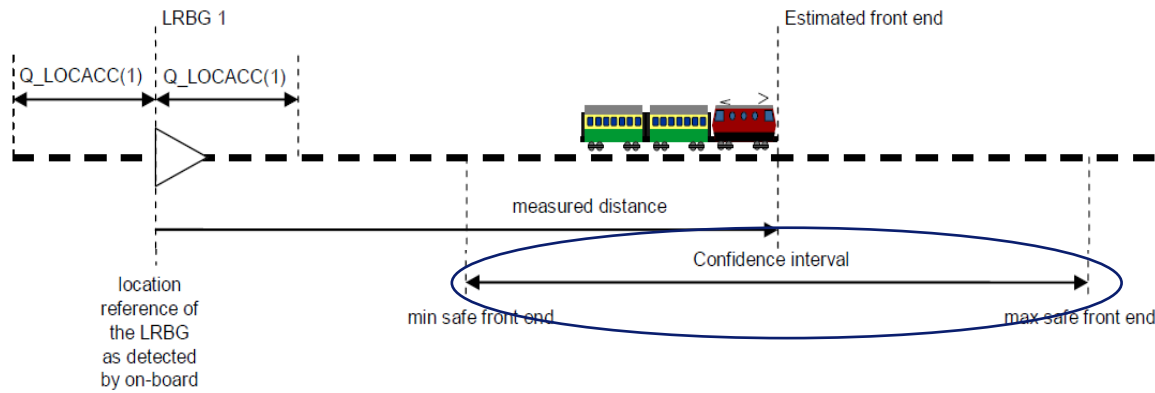


Reference CCS Architecture (RCA)

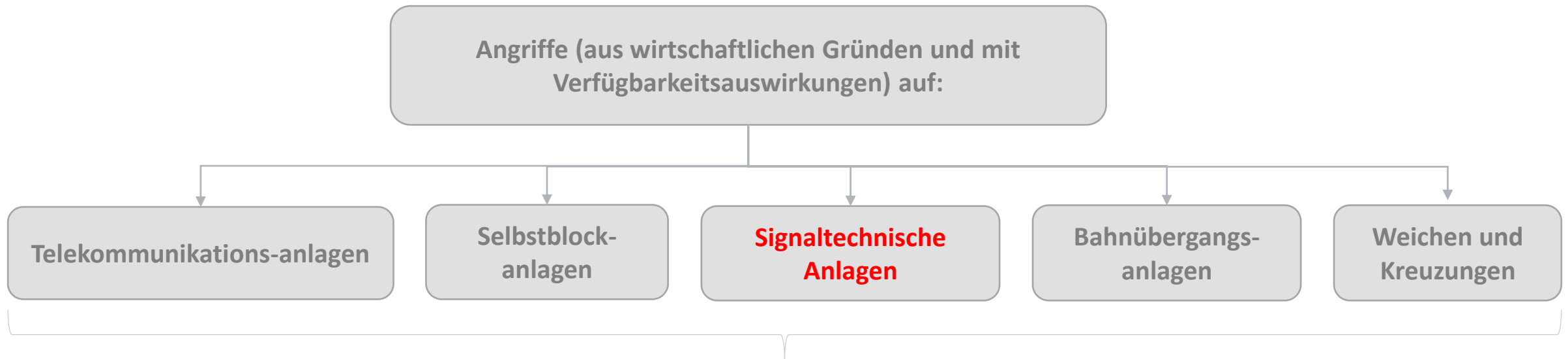
- CCS → Control, Command and Signalling
- Standardisierte Komponenten
- Standardisierte Schnittstellen
- Einfache Integration von neuen Komponenten
- Herausforderung:
 - Fortschritt des Standards
 - Integration FOS
 - Migration in den Bahnbetrieb

Normkonforme Entwicklung und Standards

Sichere Position innerhalb des confidence intervals innerhalb von ERTMS und FOS

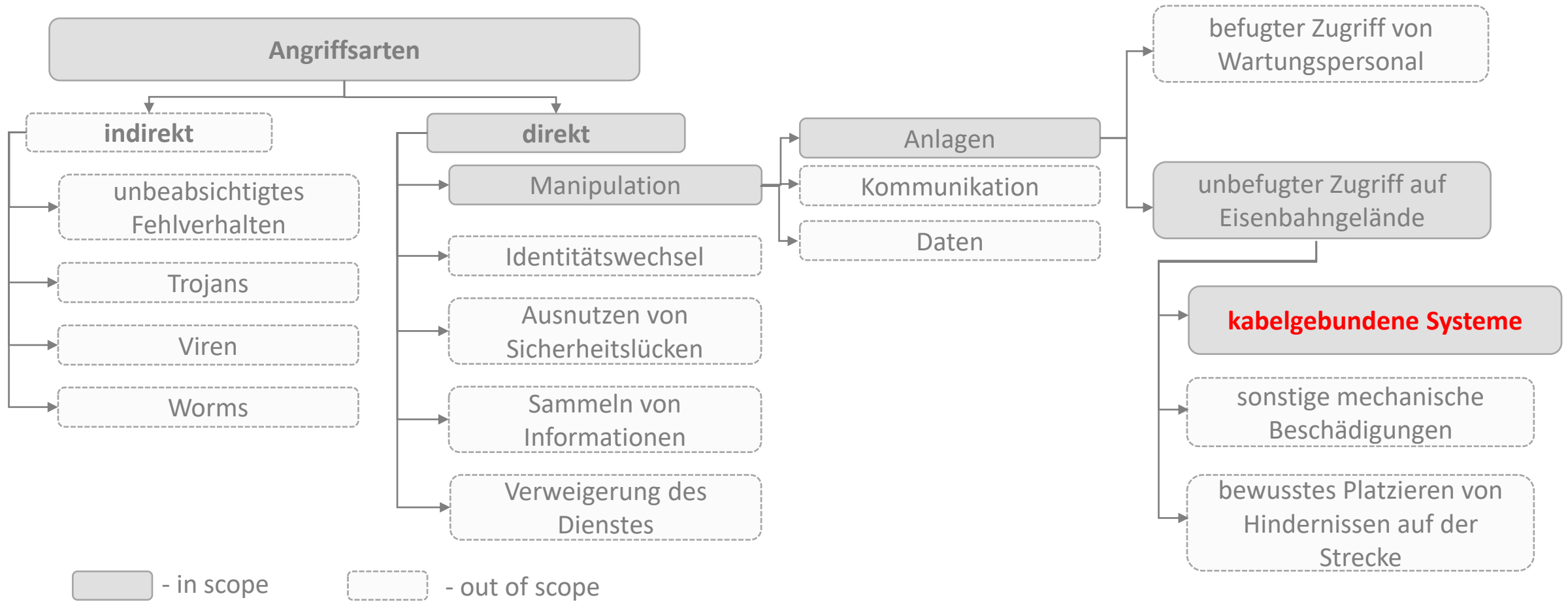


Bahnbetrieb und LST-Anlagen verteidigen: Analyse der Verfügbarkeitsauswirkungen von Kabeldiebstahl



Ziel: Mehrwert von FOS für die Verfügbarkeit von LST-Anlagen erurieren.

Kabeldiebstahl im Visier: Bedrohungsanalyse für LST-Anlagen



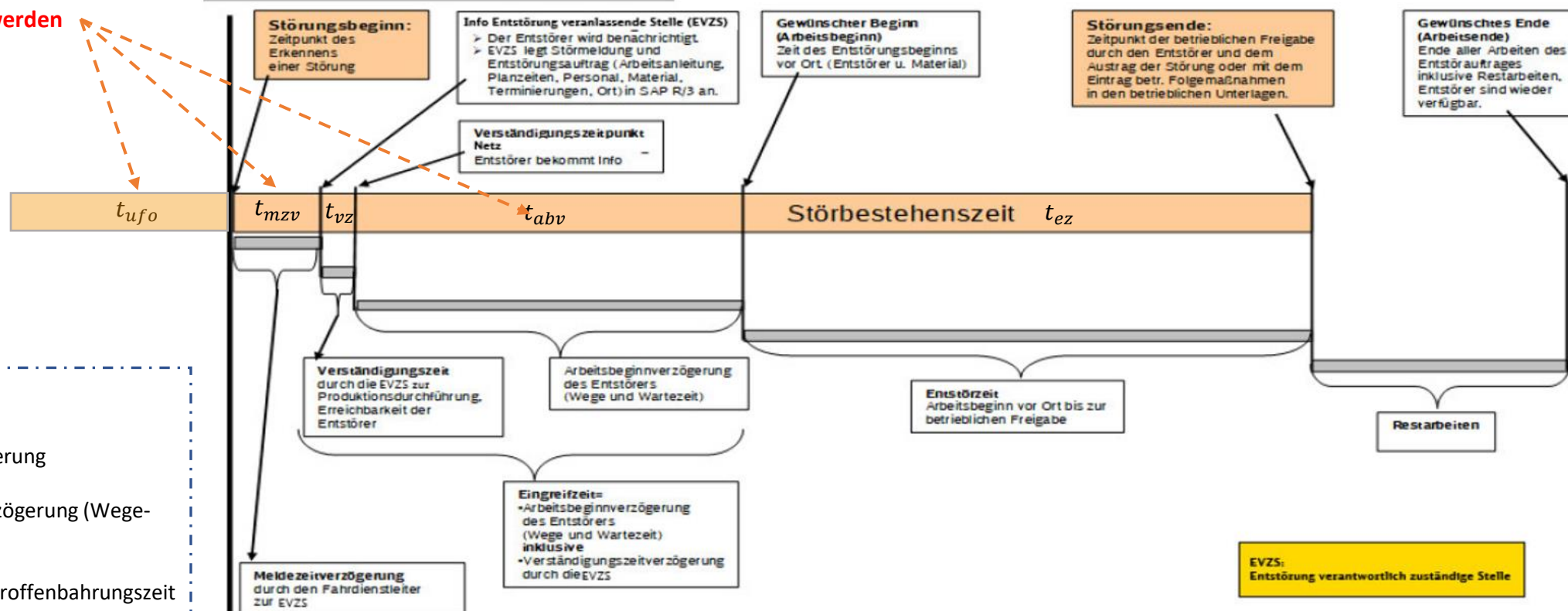
Grafik angepasst nach Quelle: Schlehuber et al. (2020) Security Architecture for Railway Signalling

Eine kurze mittlere Reparaturzeit (MTTR) nach dem Angriff ist für eine hohe Verfügbarkeit entscheidend

Zeitanteile können durch das FOS-System reduziert werden

Zeitstrahl „Phasen der Störbestehenszeit“

DB NETZE



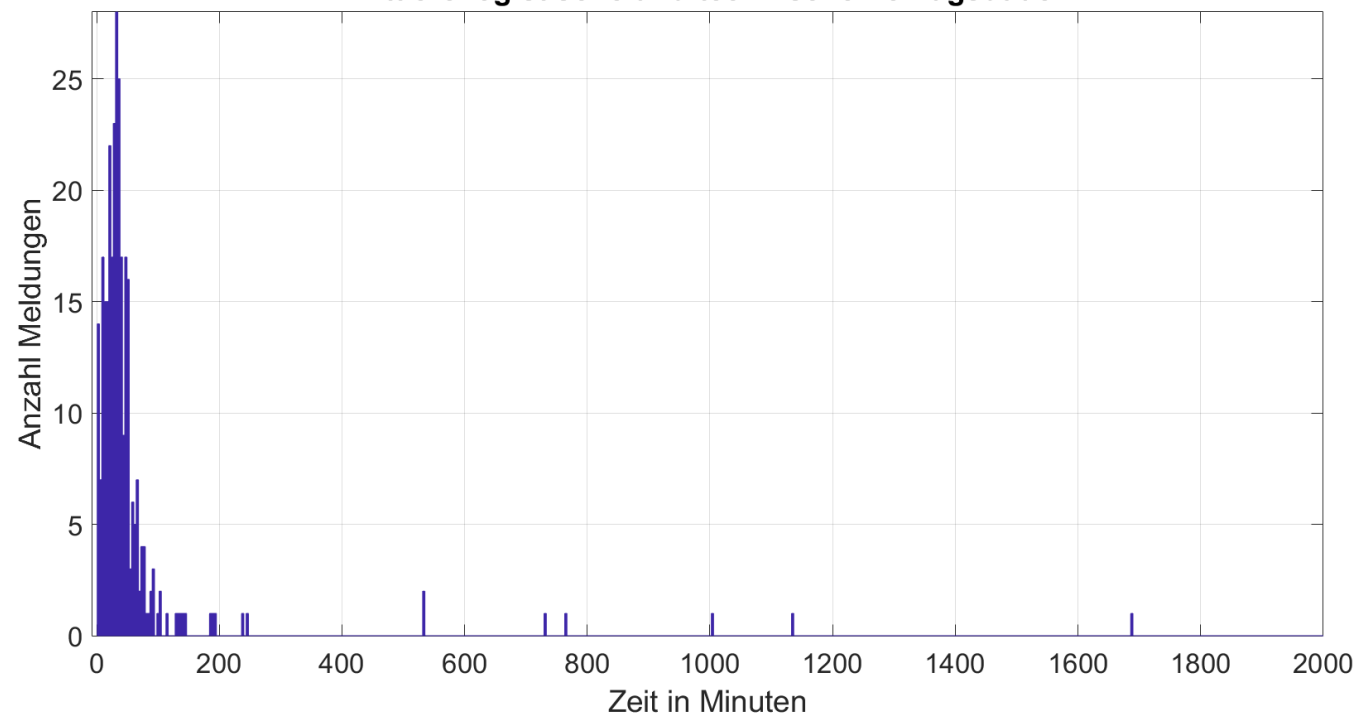
Legende:

t_{mzv} - Meldezeitverzögerung
 t_{vz} - Verständigungszeit
 t_{abv} - Arbeitsbeginnverzögerung (Wege- und Wartezeit)
 t_{ez} - Entstörungszeit
 t_{ufo} - unbekannte Fehleroffenbahrungszeit

Quelle: DB Netz AG

Auswertung der Störmeldungen zu Buntmetalldiebstahl im Zeitraum 01.08.2020-31.08.2023

Mittlere logistische und technische Verzugsdauer



Störungsmeldungen Buntmetalldiebstahl:

- Zeitraum 01.08.2020 – 31.08.2023
- Anzahl Meldungen: 305
- Verspätungsminuten: 193647
 - Davon MLD+MTD: 66710
 - Verteilungsfunktion: Logarithmische Normalverteilung mit Mittelwert bei 32.78min
 - 20% der Meldungen > 55min

Objektgruppe	MUFT in min	MAD in min	MLD+MTD in min	MRT in min	MTTR-MUFT in min
LST	---	4.70 ± 2.37	32.78 ± 3.11	252.98 ± 2.08	324.09 ± 2.17

Zusammenfassung

Fahrzeugbezogene FOS-Anwendungen (Zugspitzenlokalisierung / Zugintegrität)

- Zug wird zuverlässig erkannt und verortet
- Zuglänge wird zuverlässig ermittelt
- Erfolgreiche Validierung der Ergebnisse mittels optischer Odometrie
- FOS ermöglicht eine höhere Zugdichte im Netz

Infrastrukturbezogene FOS-Anwendungen (Kabeldiebstahl)

- Detektion und Ortung von Manipulationen an der Bahninfrastruktur. Reaktionszeit < 25s
- FOS reduziert die MTTR und erhöht die Verfügbarkeit

Normkonforme Entwicklung

- Phasen 1-5 gem. EN 50126
- Architektur gem. RCA

Großer Nutzen von FOS ohne Zulassung

- Verbesserung der Verfügbarkeit durch FOS



M2C Expert Control



FoSSIL 4.0 Partner



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!



Wir freuen uns auf Ihre Fragen !



Robert Arndt
Dipl.-Ing. (FH)
Authorized Officer

M2C ExpertControl GmbH
Industriestraße 12
82194 Gröbenzell
robert.arndt@m2cec.com



Bernd Drapp
Dr. rer. nat.
Innovation Director

AP Sensing GmbH
Herrenberger Str. 130
71934 Böblingen
bernd.drapp@apsensing.com