
Erkenntnisse aus dem Test-Betrieb ATO over ETCS L1LS der SOB

Roger Dällenbach
Markus Wachter

Schienenfahrzeugtagung Graz
5. April 2022

Agenda

- Mensch/Technik/Organisation MTO
- Technische Lösung ATO over ETCS L1 LS

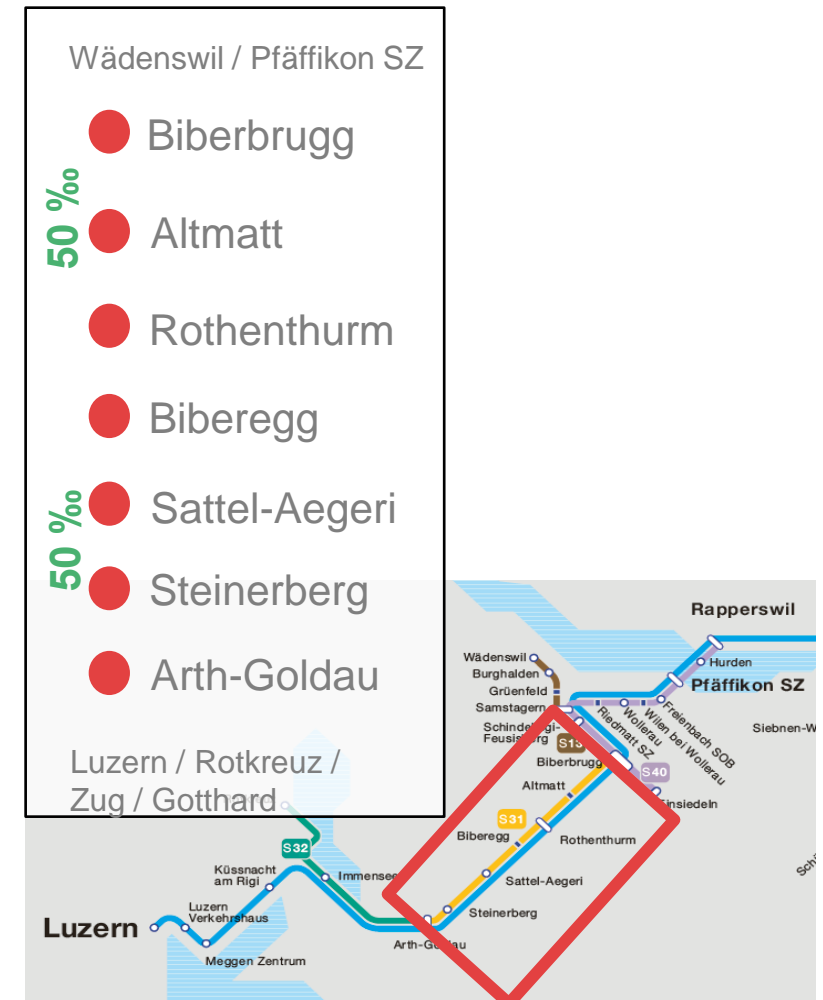
Mensch/Technik/Organisation MTO

Roger Dällenbach

Fahrassistenz, ATO GoA2 im S-Bahn Betrieb –
Auswirkungen auf das Lokpersonal

Problemstellung: MTO unter GoA2

- SOB: Betriebserprobung ATO GoA2 über ETCS L1LS
- Lokpersonal (LP): Höhere Sicherheitsverantwortung als bei GoA2 über ETCS L2
 - ETCS L2: LP überwacht Fahrbahn
Geschwindigkeit durch ETCS überwacht (SIL4)
 - ETCS L1LS: LP überwacht auch Geschwindigkeit
(ETCS L1LS ist non-SIL!)
- Lokpersonal muss unmittelbar eingreifen und Zugführung übernehmen können
- Fragestellungen beim teilautomatischen Betrieb:
 - Auswirkungen auf Reaktionsfähigkeit des Lokpersonals?
 - Entwicklung Ermüdung des Lokpersonals?
 - Situationsbewusstsein genügend ausgeprägt?



Studie - Erfahrungsaustausch / GAP Analyse

- Analyse mehrerer Studien (DLR, PWC, NASA et al) bezüglich Überwachungstätigkeiten
- Austausch mit Körperschaften mit ähnlichen Problemstellungen
 - Beinahe alle erhobenen Informationen basieren auf HGV/Fernverkehr (Haltekadenzen > 30min)
 - Die Basis ist dabei jeweils GoA1 Betrieb ohne Vsoll Regelung
- Realität auf SOB Linien:
 - IR: ø 9.47 Minuten zwischen zwei Haltestellen
 - S-Bahnen: ø 4.01 Minuten zwischen zwei Haltestellen
 - Heute: Betrieb mit Vsoll Regelung
- **Eigene Untersuchung erforderlich!**
Diese soll spezifisch auf die vorgesehene Betriebserprobung ausgelegt sein

Simulatorstudie: Organisation

- Wissenschaftliche Begleitung
 - ZHAW, Zentrum für Aviatik, Human Factors Forschungsteam
- Mobiler Simulator des Herstellers LocSim von RailPlus
- 30 Lokführende
 - Zentralbahn, Rhätische Bahn, SBB und SOB
- Notwendige Simulatoranpassungen:
 - ATO-Betrieb
 - Diagnosedisplay FLIRT3
 - SOB S31
(Biberbrugg – Arth-Goldau v.v.)



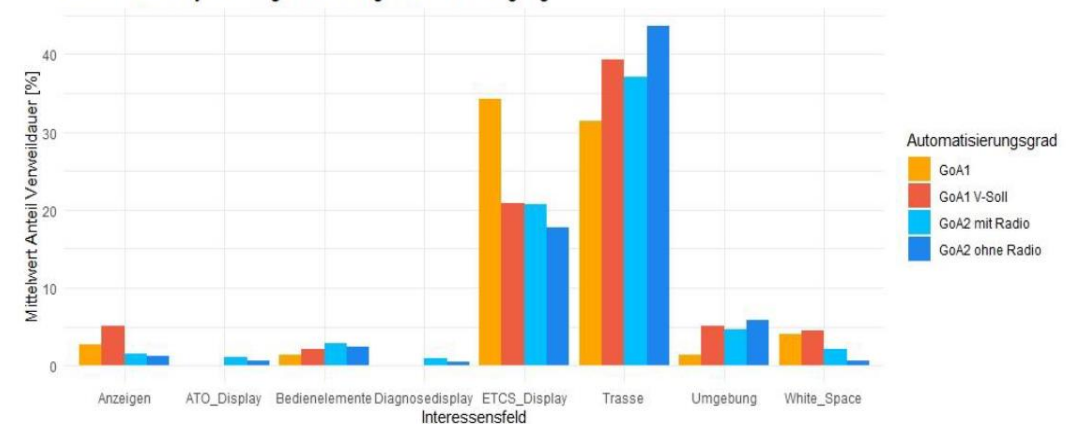
Simulatorstudie: Erfassung & Auswertung

- Störungen & Ereignisse:
 - Messung, Vergleich, Auswertung Reaktionszeiten unter GoA1, GoA1(Vsoll) und GoA2
 - *Ausfall Fahrstrom*
 - *Bahnübergang gestört*
 - *Signalrücknahme auf «geschlossen» nach Vorbeifahrt am Vorsignal*
 - *Nichteinleitung eines Fahrplanhaltes unter GoA2*

- Eyetracker:
 - Erfassung Verweildauer des Blickes auf definiertes Blickfeld
 - Auswertung bei festgelegten Szenarien

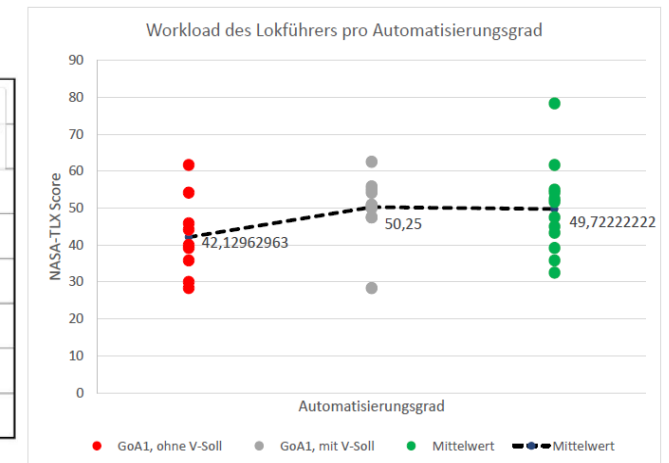
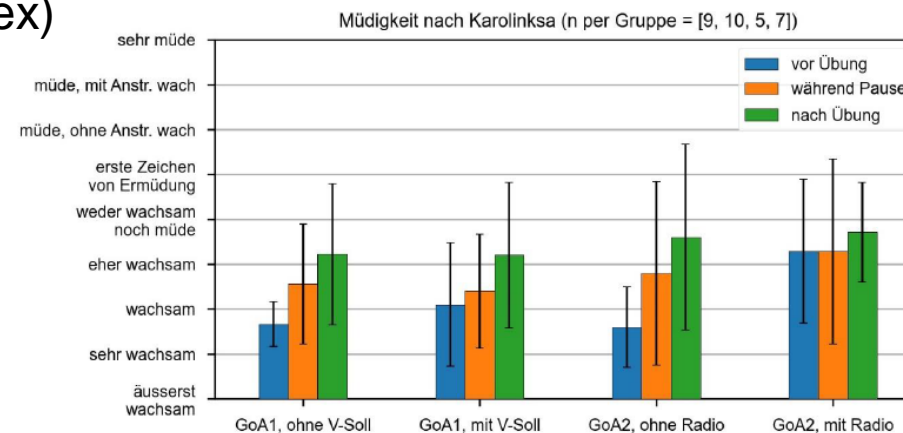
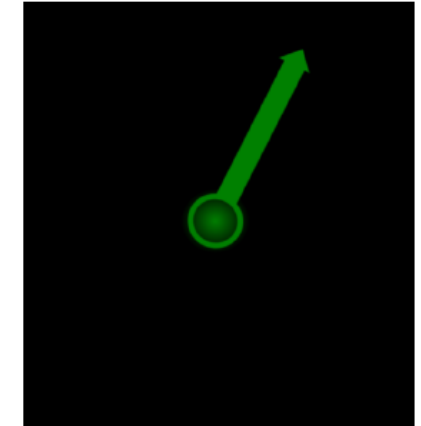
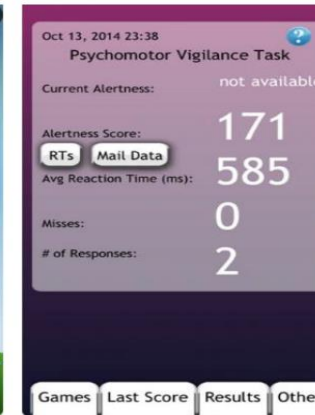


Unterschiede Eyetracking bei Störung von Bahnübergang



Simulatorstudie: Tests & Interviews

- Vigilanzmessung:
 - PVT (Psychomotoric Vigilence Task)
- Daueraufmerksamkeitsmessung:
 - Mackworth-Test
- Arbeitsbelastung
 - Interview
 - NASA-TLX (Task Load Index)
- Müdigkeit
 - Interview
 - Karolinska Skala



Simulatorstudie: Ablauf der Simulation

1. Interview:
 - Erfassung demographische Daten
 - Fragebogen Teil "Vor der Simulation" (Körperliches Befinden, Fatigue usw.)
 - Durchführung PVT
2. Fahrten 1 und 2
 - ohne Messungen, ohne Ereignisse
 - Vertraut machen mit Simulationsumgebung
3. Fahrt 3
 - mit Messungen
 - Ausfall der Fahrleitung
4. Pause
 - Befragung: Arbeitsbelastung (NASA TLX), körperliches Befinden
 - 10 min Pause für Lokpersonal
5. Fahrten 4 und 5
 - mit Messungen, ohne Ereignisse
 - Ermüdungsfahrten
6. Fahrt 6
 - Offenes Hauptsignal zurückgenommen
 - Bahnübergangs-Störung
7. Fahrt 7
 - GoA2: Fahrplanhalt wird nicht eingeleitet
 - Für nicht GoA2 simulierendes LP: Optionale Zusatzfahrt ohne Messungen
8. Abschluss (nach ca. 3 – 3½ Stunden)
 - Durchführung PVT
 - Befragung: Arbeitsbelastung, körperliches Befinden
 - Fragebogen: Subj. Meinungen zu Performanz/Automatisierung

Simulatorstudie: Hypothesen

Hypothese	Beschreibung	Erwartet	Resultat
H1	Die Müdigkeit des Lokpersonals erhöht sich mit der Zeit, egal welcher Automatisierungsgrad zur Anwendung kommt.	Bestätigung	Bestätigt
H2	Die Müdigkeit des Lokpersonals nimmt bei höheren Automatisierungsniveaus (GoA1 mit Vsoll Regelung und GoA2) mit der Zeit stärker zu als bei GoA1 ohne Vsoll Regelung.	Widerlegung	Widerlegt
H3	Die Arbeitsbelastung nimmt zwischen GoA1-Fahrten ohne Vsoll Regelung und GoA1-Fahrten mit Vsoll Regelung mehr ab als zwischen GoA1 mit Vsoll Regelung und GoA2 Fahrten	Widerlegung	Widerlegt
H4	Die Leistung des Lokpersonals ist ähnlich unter GoA1 mit Vsoll Regelung und GoA2 Modus	Bestätigung	Bestätigt
H5	Lokpersonal mit mehr Betriebserfahrung reagieren nicht schneller auf Ereignisse im GoA2 Modus als Lokpersonal mit weniger Erfahrung	Bestätigung	Bestätigt
H6	Ein Lokführer oder eine Lokführerin mit einer hohen Überwachungsfähigkeit nach Mackworth hat eine höhere Performanz in GoA2-Fahrten (schnellere Reaktionszeit)	Bestätigung	Widerlegt
H7	Der Blick des Lokpersonals unter GoA2 ist gegenüber GoA1 mit Vsoll Regelung öfter nach draussen gerichtet als auf das Führerpult.	Bestätigung	Bestätigt

Fazit

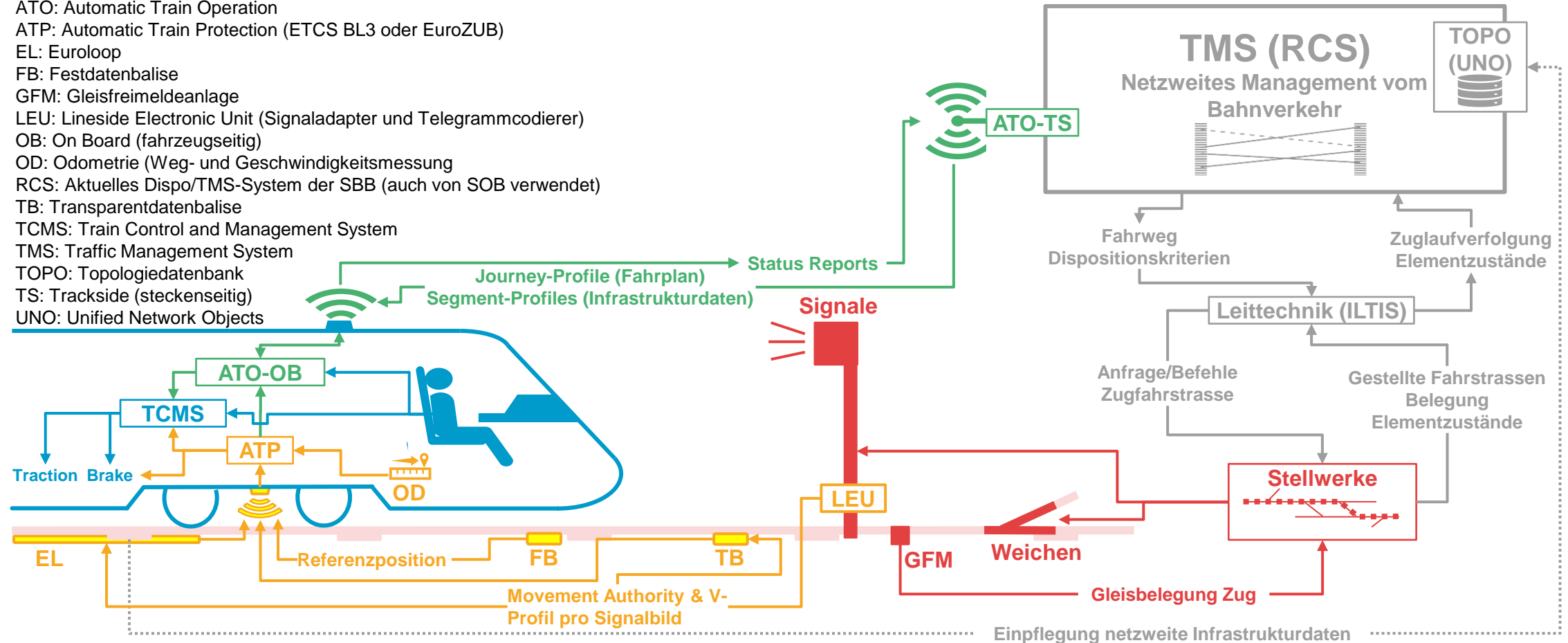
- Reaktionsfähigkeit Lokpersonal unter ATO (GoA2) im S-Bahnverkehr leicht besser als in aktueller Praxis (GoA1 mit Vsoll Regelung)
- Blick öfters nach draussen gerichtet
- GoA2 im Vergleich zu GoA1 (Vsoll Regelung) im Regionalverkehr:
 - keine signifikante Zunahme der Müdigkeit
 - keine schlechtere Performanz
- Massnahmen gegen Frustration und teilweise ablehnende Haltung / erhöhte passive Belastung bei allfälligem Rollout, z.B.
 - Abwechslungsreiche Dienstplangestaltung
 - ATO grundsätzlich freiwillig, nur in Stosszeiten bei starkem Verkehr verpflichtend
 - Vorgeschriebene Mindestfahrpraxis ohne ATO (Fertigkeits-/Fähigkeitserhalt)

Technische Lösung ATO over ETCS L1 LS

Markus Wachter

ATO GoA 2 over ETCS L1 LS Systemübersicht

ATO: Automatic Train Operation
 ATP: Automatic Train Protection (ETCS BL3 oder EuroZUB)
 EL: Euroloop
 FB: Festdatenbalise
 GFM: Gleisfreimeldeanlage
 LEU: Lineside Electronic Unit (Signaladapter und Telegrammcodierer)
 OB: On Board (fahrzeugseitig)
 OD: Odometrie (Weg- und Geschwindigkeitsmessung)
 RCS: Aktuelles Dispo/TMS-System der SBB (auch von SOB verwendet)
 TB: Transparentdatenbalise
 TCMS: Train Control and Management System
 TMS: Traffic Management System
 TOPO: Topologiedatenbank
 TS: Trackside (steckenseitig)
 UNO: Unified Network Objects



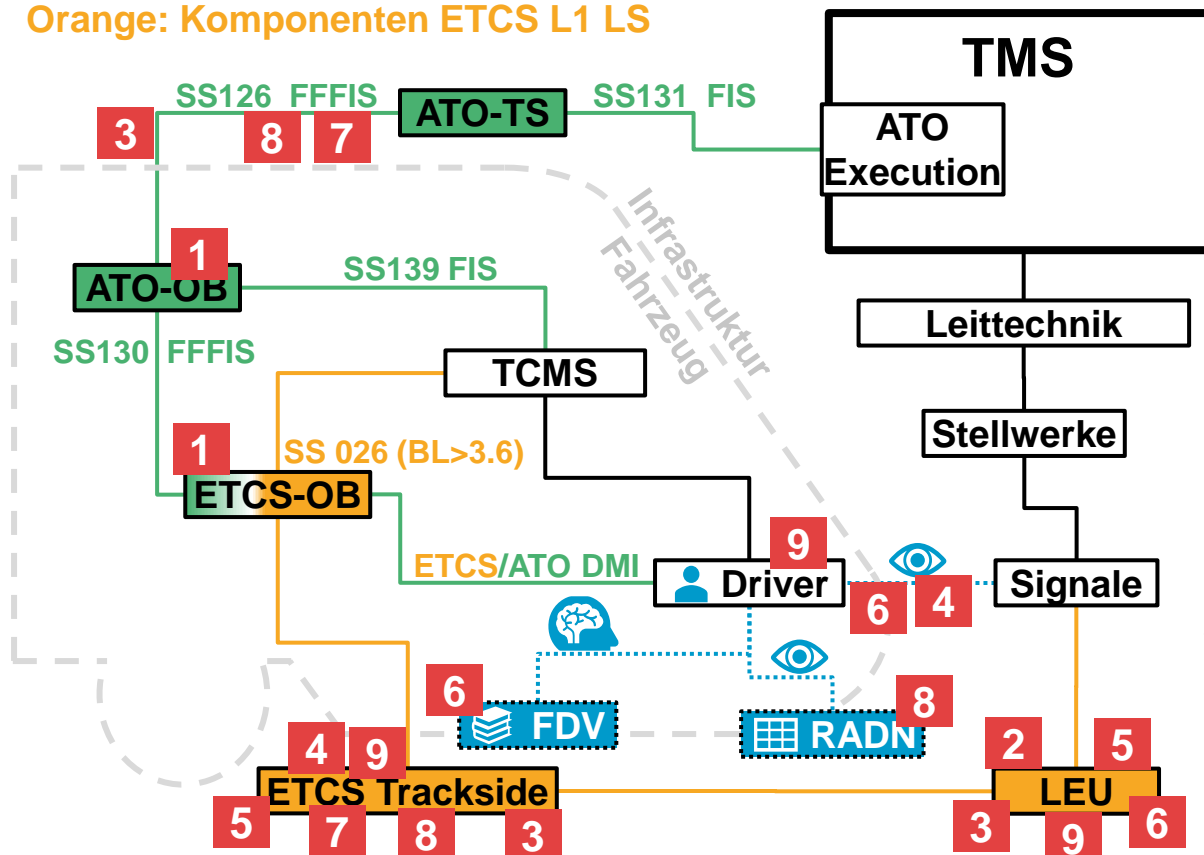
Spezifische Herausforderungen ATO GoA2 over ETCS L1 LS

- Entstehende TSI-Spezifikationen zu ATO GoA2 sind auf Strecken mit ETCS Full Supervision und die noch nicht existierende ETCS-OB Baseline > 3.6 mit ATO-Funktionen ausgelegt.
- ETCS Full Supervision wird in der Schweiz jedoch erst in Jahrzehnten Netz weit implementiert sein. Ein Rollout auf Strecken mit Aussensignalisierung als Zwischenlösung könnte Sinn machen, wenn man den Nutzen von ATO kurzfristig haben will. Aber...
- Auf technischer Ebene müsste ATO nicht nach SIL entwickelt werden. ETCS sollte als Sicherheitssystem von ATO bezüglich der sicheren Bewegung der Zugfahrt agieren.
- Die streckenseitige Zugbeeinflussungspunkte ETCS L1 Limited Supervision sind jedoch ein non-SIL System. ETCS-OB kann unter LS keine Sicherheitsverantwortung wahrnehmen. Auch Class B EuroZUB ist Non-SIL.
- Lokpersonal muss unter ATO weiterhin die zulässigen Geschwindigkeiten anhand Aussensignalisierung und Betriebsvorschriften (National Rules) beachten und wenn nötig eingreifen. Sind die entsprechenden Echtzeit-Daten für ATO digitalisiert?

Konflikte ETCS L1LS mit TSI-Spezifikationsentwürfe ATO over ETCS GoA2

Grün: System Requirements Specification ATO over ETCS (Subset 125)

Orange: Komponenten ETCS L1 LS



- Eine der Zwecke vom SOB-Pilot war die Untersuchung der Anwendbarkeit/Limiten der TSI-Dafts ATO auf herkömmliche Strecken mit ETCS L1LS
- Dabei hat die SOB mehrere Konflikte erkannt
- Hauptproblem ist die vereinfachte Projektierung von der ETCS L1 LS: Zum Teil ohne reale Maximalgeschwindigkeiten und Fahrerlaubnisse
- Die Überwachung der erlaubten Geschwindigkeiten nach Schweizer Vorschriften gehört nicht zu den Aufgaben der Zugbeeinflussung bei Aussensignalisierung

→ L1LS-Daten sind für ATO nicht vollständig

SS: Subset

FFFIS: Form Fit Function Interface Specification

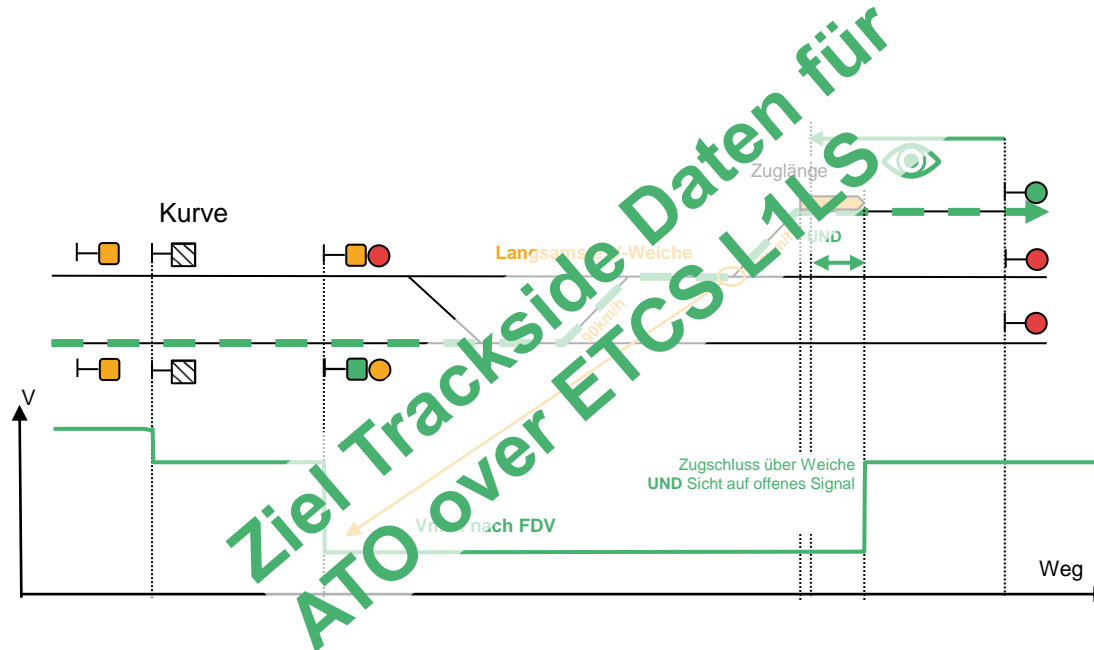
FIS: Functional Interface Specification

RADN: Streckentabelle mit V-MAX Strecke pro Zugkategorie

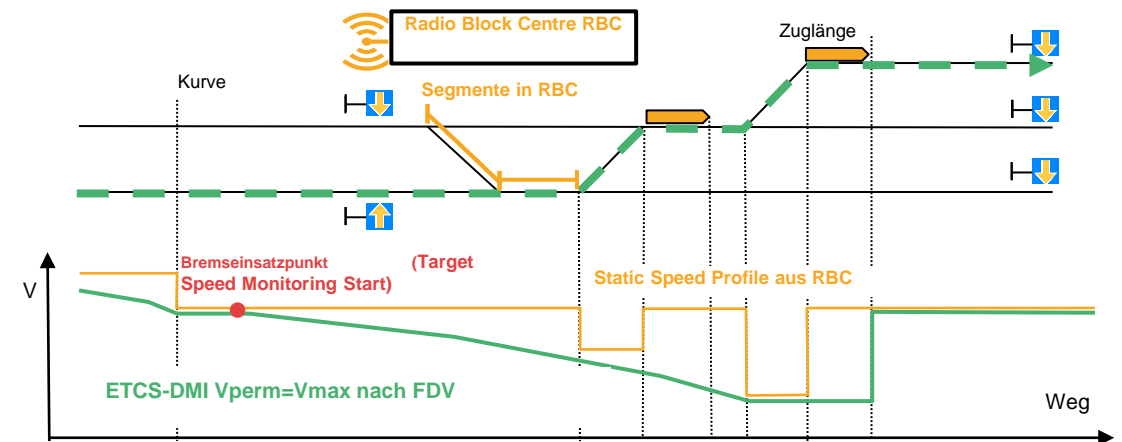
FDV: Fahrdienstvorschriften (“national rules”)

Herausforderung Digitalisierung von V-MAX für ATO bei Aussensignalen

Erlaubte Geschwindigkeiten in der Schweiz nach Fahrdienstvorschriften FDV bei Aussensignalisierung
Schweiz: Für ATO aktuell nur begrenzt digitalisiert. ETCS-Daten bei L1LS-Strecken limitiert brauchbar



Führerstandssignalisierung ETCS L2: Digitalisierte Daten aus V-MAX ETCS brauchbar für ATO



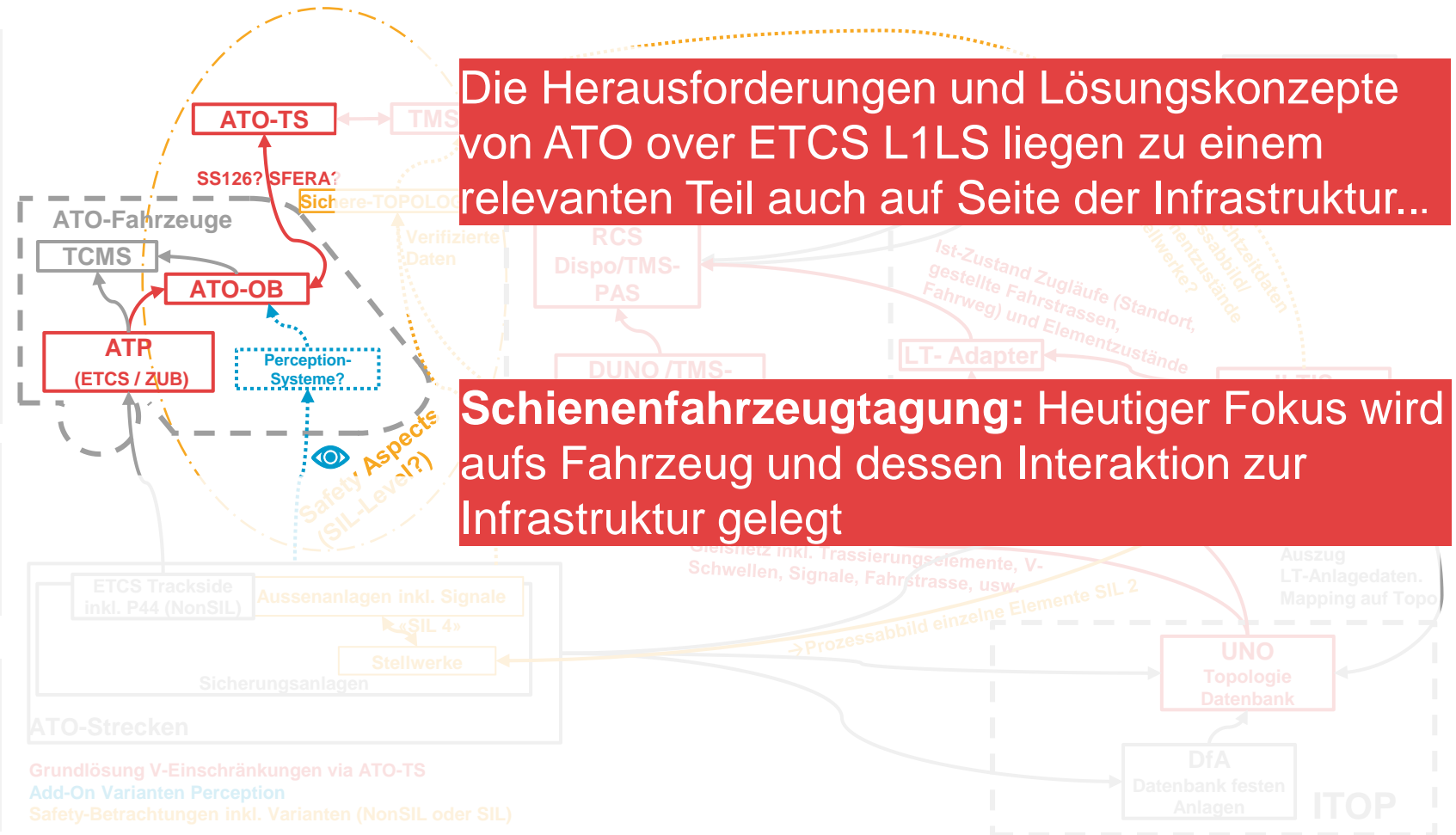
Übersicht technische Lösung inkl. Varianten

Grundlösung signalisierte Einschränkungen nach FDV via ATO-TS inkl. Untersuchung Kommunikationsprotokolle Fahrzeug-Strecke (Subset 126 oder SFERA)

Betrachtungen fahrzeuginterne Architektur und Schnittstellen zwischen ETCS/ZUB und ATO

Potential/Nutzen Add-On Perception für Erkennung Signale und erlaube Geschwindigkeiten

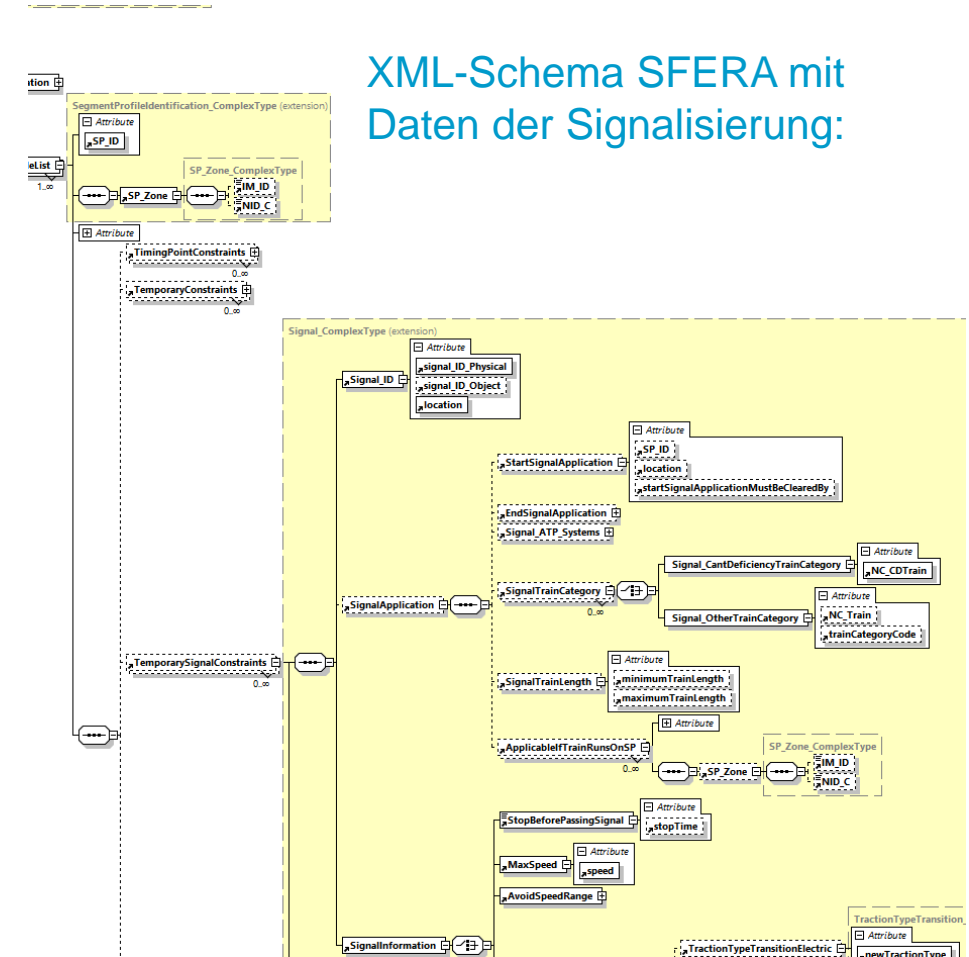
Safety Betrachtungen inkl. Untersuchung Möglichkeiten Erreichung SIL-Level ATO-Zugfahrt (Max. SIL 2)



Potential SFERA für ATO mit ETCS L1LS / ClassB

- IRS SFERA der UIC ist ein neues Kommunikationsprotokoll für DAS und ATO
- SFERA könnte einen ATO-Betrieb auf Strecken mit Aussensignalisierung ermöglichen inkl. in Kombination mit ETCS L2 Strecken
- Das Format ist aufwärtskompatibel zu TSI Subset 126: (SFERA=Superset von Subset 126)
- Erlaubt die Abbildung von signalisierten Einschränkungen die für ATO erwartet werden
- Für L1LS/ClassB-Strecken bietet SFERA viel mehr Möglichkeiten
- **SOB ist Teil der SFERA User Group und gestaltet SFERA aktiv mit**

XML-Schema SFERA mit Daten der Signalisierung:



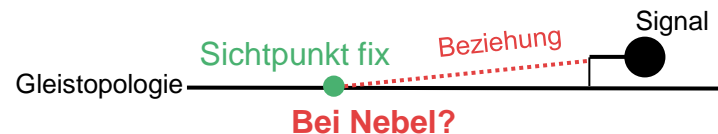
Add-On Perception-Systeme

Mit rein optischer Signalerkennung lässt sich ein digitales V-Max für ATO nicht abbilden. Die resultierende Zieldistanz (von wo bis wo gilt die Geschwindigkeit?) ist unbekannt. In Kombination mit einem weiterentwickelten ATO-Trackside können aber Perception-Systeme trotzdem sehr viel Sinn machen

Mögliche Anwendungen:

Ende/Änderung signalisierte Geschwindigkeit nach Vorschriften in Abhängigkeit von Sichtbarkeit für Lokpersonal auf eine Tafel oder Signal.

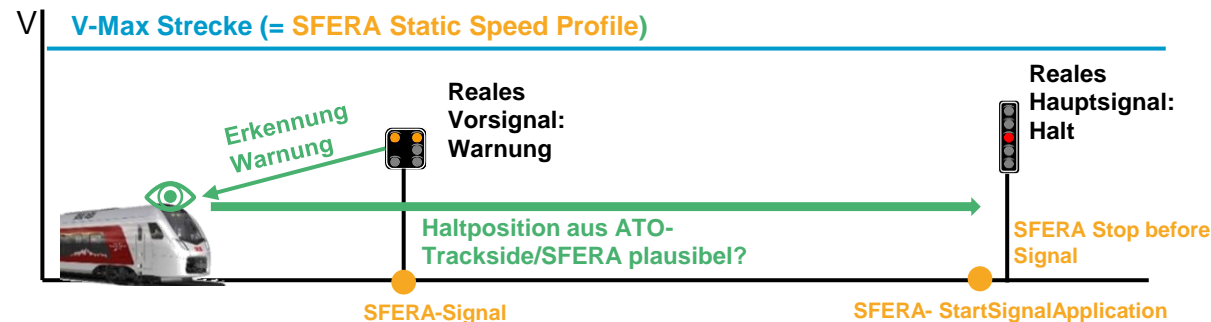
Topologiedaten für
ATO-Trackside:



Perception:

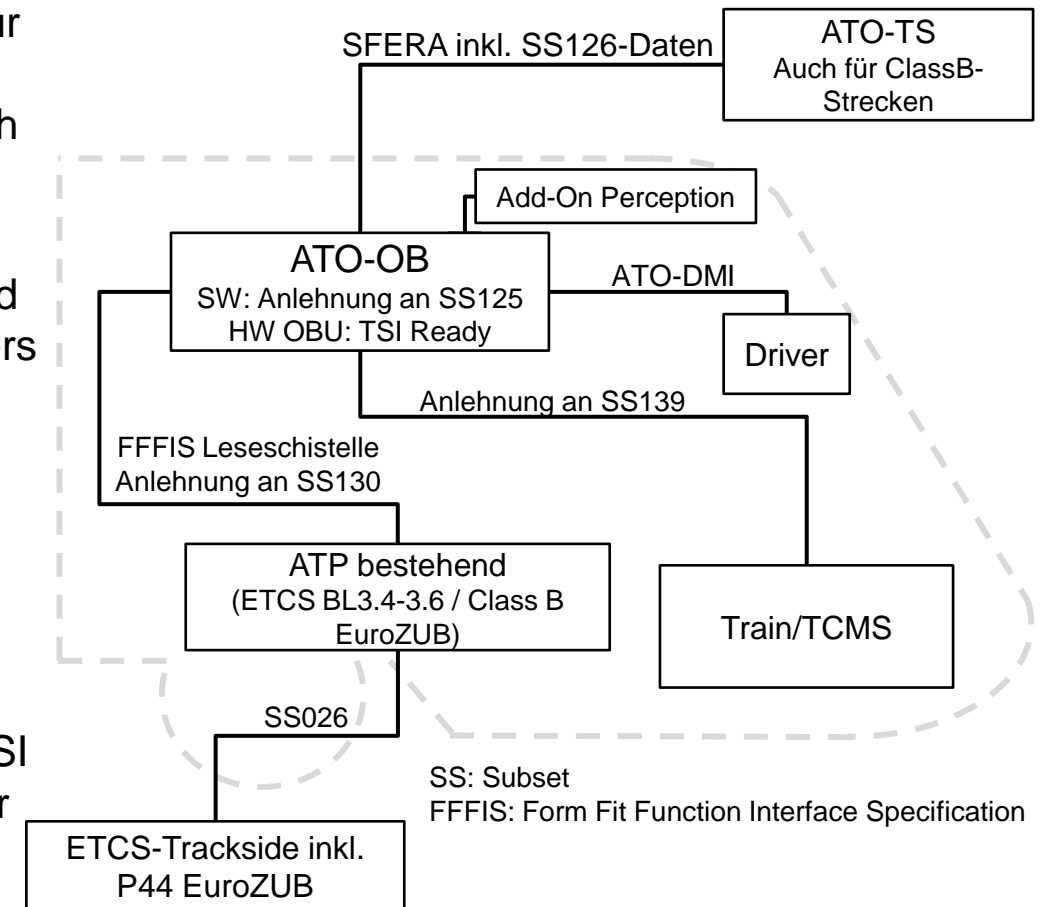


Erhöhung Datenredundanz mittels Plausibilitätscheck Daten aus ATO-Trackside



Mögliche Architektur für bestehende Fahrzeuge ohne ETCS-BL >3.6

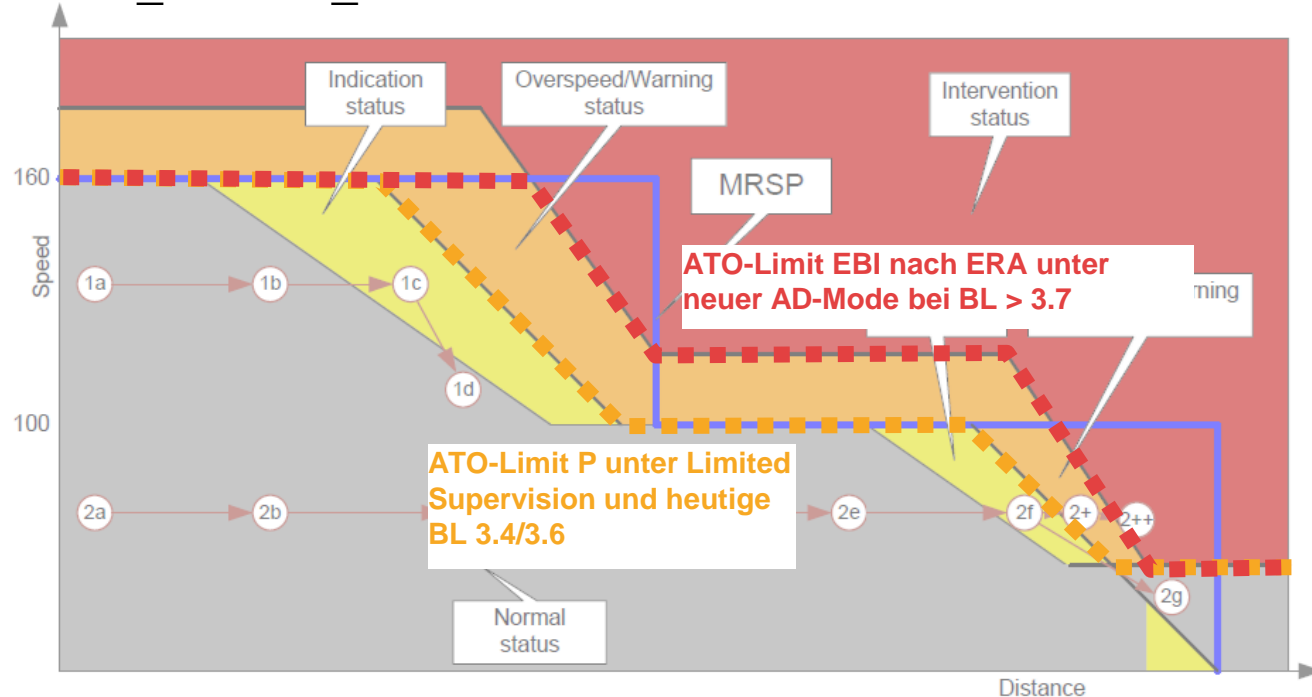
- Die Inkompatibilität der entstehenden TSI 2022 betrifft nicht nur die streckenseitige Zugbeeinflussungspunkte ETCS L1LS, sondern auch die aktuellen ETCS-Fahrzeugausrüstungen nach Baseline 3.4/3.6.
- Man kann die meisten Regeln der TSI jedoch anwenden oder zumindest daran anlehnen für eine schweizerische Lösung und nur dort abweichen wo es technisch und betrieblich nicht anders geht.
- Die Inkompatibilität entsteht auf Level Applikation. Eine ATO-OBU könnte somit TSI-Ready entwickelt werden, sollte das Fahrzeug in Zukunft auf ETCS BL >3.6 upgegradet werden.
- Auch mit ATO over Class B (ZUB) kann man an vieles der TSI anlehnen.
- Eine Lösungsvariante, bei welcher SW ATO-OB 100% nach TSI entwickelt wird (inkl. FFFIS-Schnittstellen mit Zwischenadapter zu bestehendem ATP) ist aufgrund der funktionalen Anforderungen aus SS125 nicht möglich.



ATO mit existierende BL3 ETCS-OB Mode Limited Supervision

- ATO-OB sollte nie über *Permitted Speed P* Kurve fahren in Mode Limited Supervision und BL3.4/3.6
- Unter TSI ATO mit Baseline >3.6 verschwindet unter AD-Mode Overspeed/Warning damit ATO-OB ans Limit der EBI Kurve fahren kann (Emergency Brake Intervention) bei Target Speed Monitoring

ERA_ERTMS_015560 ETCS DRIVER MACHINE INTERFACE:

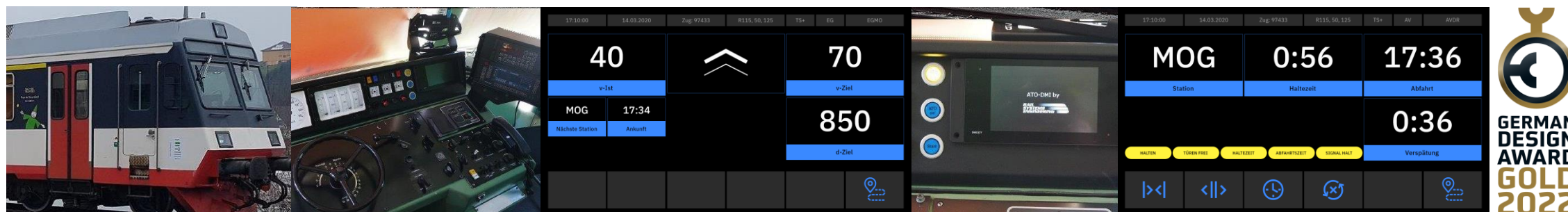


ETCS- DMI in Mode Limited Supervision bei Overspeed-Status:



ATO-DMI muss nicht zwingend im ETCS-DMI integriert sein...

Eigenes DMI von Industriepartner Rail Systems Engineering auf Bestandsfahrzeug mit Class B EuroZUB:



DMI auf Diagnosedisplay von Industriepartner Stadler Signalling auf neuem Fahrzeug mit ETCS BL3.4:



Kontakt

Schweizerische Südostbahn AG
Geschäftsbereich Infrastruktur
Abteilung Bahn-Automation
Schützengasse 3
8001 Zürich

Roger Dällenbach
Gesamtprojektleiter ATO-Pilot
Mobil +41 79 619 46 06
roger.daellenbach@sob.ch

Markus Wachter
Teilprojektleiter ATO
Mobil +41 79 894 24 84
markus.wachter@sob.ch