
Automatic Train Operation bei der SOB

Roger Dällenbach, Gesamtprojektleiter ATO-Pilot SOB

Vorstellung



Roger Dällenbach

Schweizerische Südostbahn AG

Geschäftsbereich Infrastruktur

Gesamtprojektleiter ATO-Pilot

Wirtschaftsing/EMBA

roger.daellenbach@sob.ch

ATO – Pilot bei der SOB

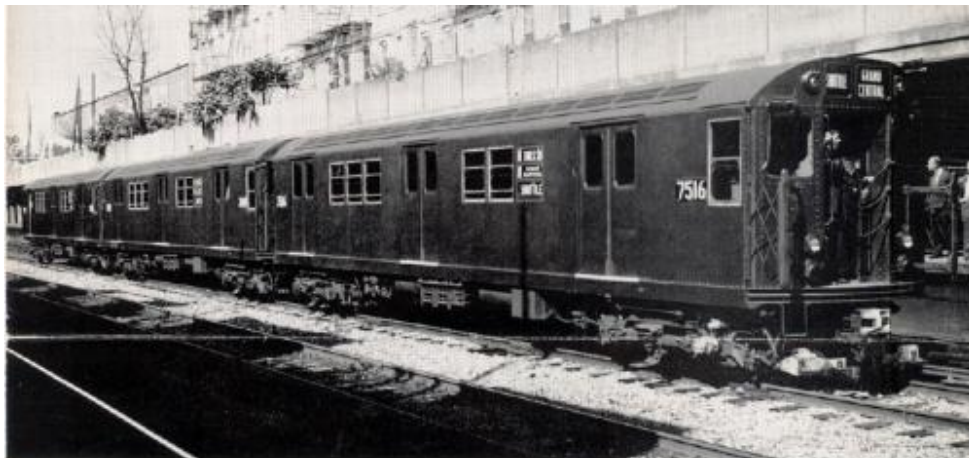
- Agenda
 - Was ist ATO? Ziele/Nutzen
 - Der ATO-Pilot der SOB
 - Human Factors bei ATO
 - Backup: Mögliche Weiterentwicklungen

ATO – Pilot bei der SOB

Erklärvideo Automation / ATO

ATO – Geschichte Automatisiertes Fahren

Erster Dokumentierter ATO Zug ist eine U-Bahnlinie in New York City 1962-1964. Erste Testfahrten fanden 1959 statt.



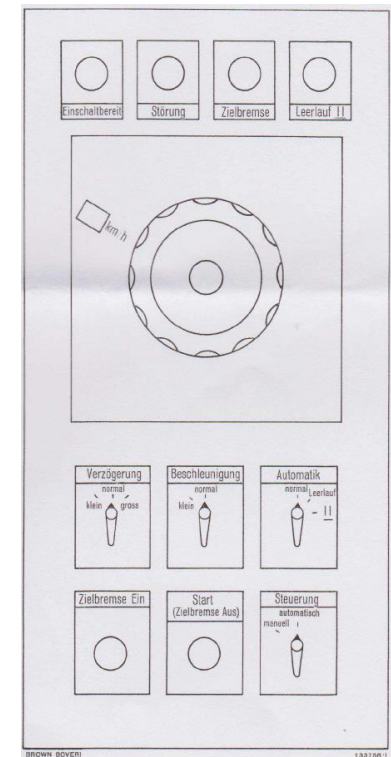
NEW YORK CITY solves another problem of rapid mass transportation

World's First Fully Automated Train Speeds Commuting Between Grand Central and New Utrecht Avenue Stations

1965 Fahr-Bremsautomatik Vorort-Pendelzug der Bodensee-Toggenburg-Bahn im fahrplanmässigen Betrieb. Punktförmige Informationsübertragung Gleis/Triebfahrzeug durch Dauermagnete im Gleis.



Der zweiteilige Pendelzug BDe 2/4 41 + ABt 141 der BT mit streckenbeeinflusster Geschwindigkeitsregelung und Zielbremsautomatik auf der Strecke bei Herisau



ATO heute

- ATO wird seit den ersten Anwendungen heute sehr oft bei Metros eingesetzt (weltweit gegen 250 Linien)
 - https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_automated_train_systems
- In der Schweiz: Metro Lausanne M2, Skymetro Flughafen Zürich
- **Bei Vollbahnen**
 - wenige Anwendungen (z.B. RioTinto Australien, Thameslink, CD)
- **Herausforderungen bei Vollbahnen (vs Metro):**
 - Offenes System mit Knoten, zugänglich (vs. geschlossenes System)
 - Unterschiedliche Zugskategorien (Güter-, Reisezüge, HGV, S-Bahnen)
 - Wettereinflüsse, Topographie, Adhäsionsverhältnisse
 - Unterschiedliche Zug-/Bremsreihen
 - Türpositionen uneinheitlich
 - Anforderungen an Interoperabilität



Ziele der ATO-Initiativen



Senkung Energiekosten von 10-15%

(Anteil Energiekosten an Gesamtkosten bei P 8% / Cargo 20% → Potential Reduzierung durch ATO ca. 1-3% der Gesamtkosten)

- Bestreben von Unternehmen, Politik und Gesellschaft umweltschonend und nachhaltig zu handeln
- Direkte und indirekte Wettbewerbs- und Kostendruck des Individualverkehr
- Umweltschutz, Energiereduktion reduziert Treibhausgasemissionen



Kapazität und Pünktlichkeit

- Verringerung Fahrzeitenstreuung zwischen Halte- / Durchfahrtspunkten
- Fahrplanstabilität und Pünktlichkeit durch Verflüssigung des Betriebs / Ausnutzung der streckenseitigen Kapazität / Reduzierung von Verspätungen



Lärmvermeidung

- Unnötige Halte vor Signalen vermeiden



Verschleissreduktion:

- Reduzierung mechanischer Verschleiss an Fahrzeugkomponenten und Infrastruktur durch unnötiger Brems- und Beschleunigungsvorgänge. Erhebliche Kostensenkung Instandhaltung und Wartung

ATO – Automatisierungsgrade

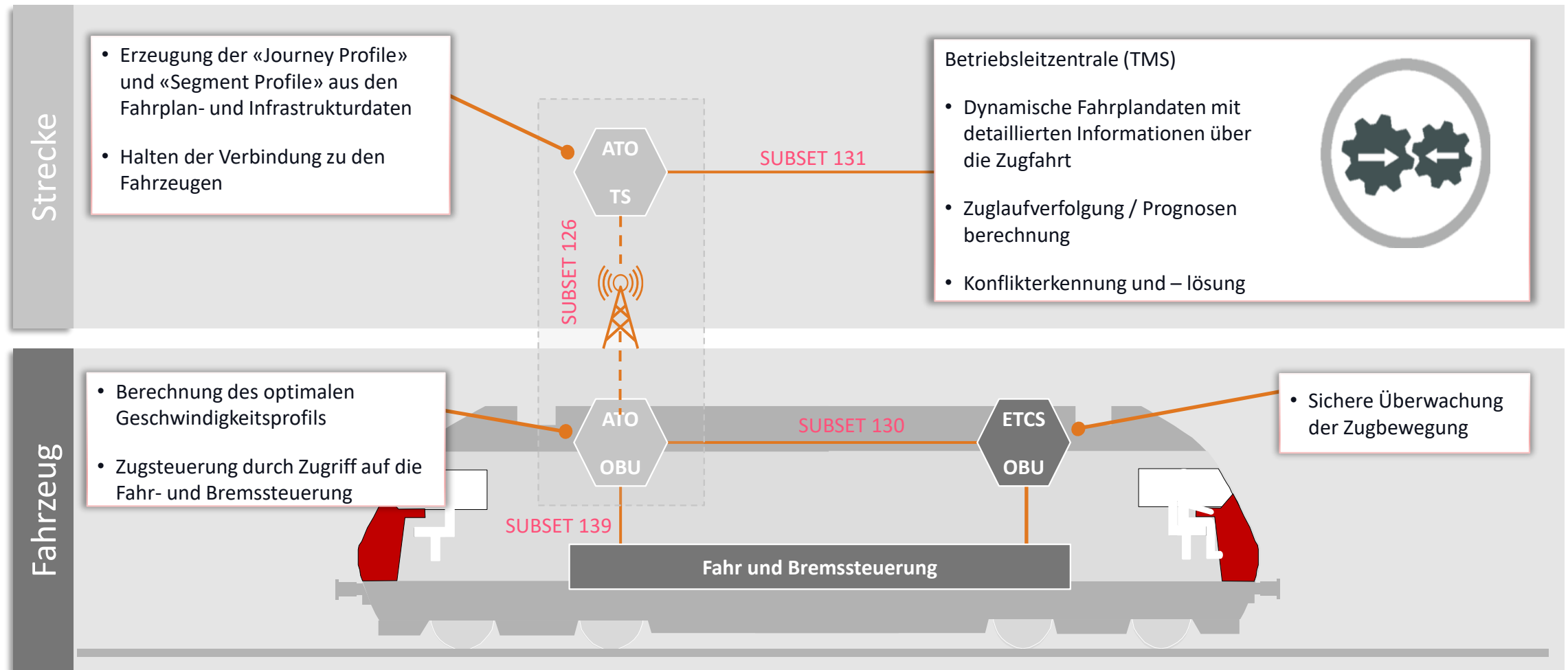
	Grad Automatisierung	Zugsteuerung	Freigabe Abfahrt	Zug fahren/stoppen	Türbedienung	Steuerung bei Störung von ATO
Manuell	GoA* 0 on sight (OS)	Fahrer ohne ATP**	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
	GoA 1 Non-automated Train ops (NTO)	Lokpersonal mit ATP**	Lokpersonal	Lokpersonal	Lokpersonal	Lokpersonal
Auto- matisiert	GoA 2 Semi-automatic Train ops (STO)	ATO und Lokpersonal mit ATP	Lokpersonal oder ATO	ATO	Lokpersonal Optional: ATO	Lokpersonal
Autonom	GoA 3 Driverless Train ops (DTO)	Fahrerlos	ATO	ATO	ATO Optional: Begleiter	Begleiter
	GoA 4 Unattended train ops (UTO)	Unbegleitet	ATO	ATO	ATO	Fernbedient durch Leitzentrale

Gemäss UITP / IEC 62267

*GoA = Grade of Automation

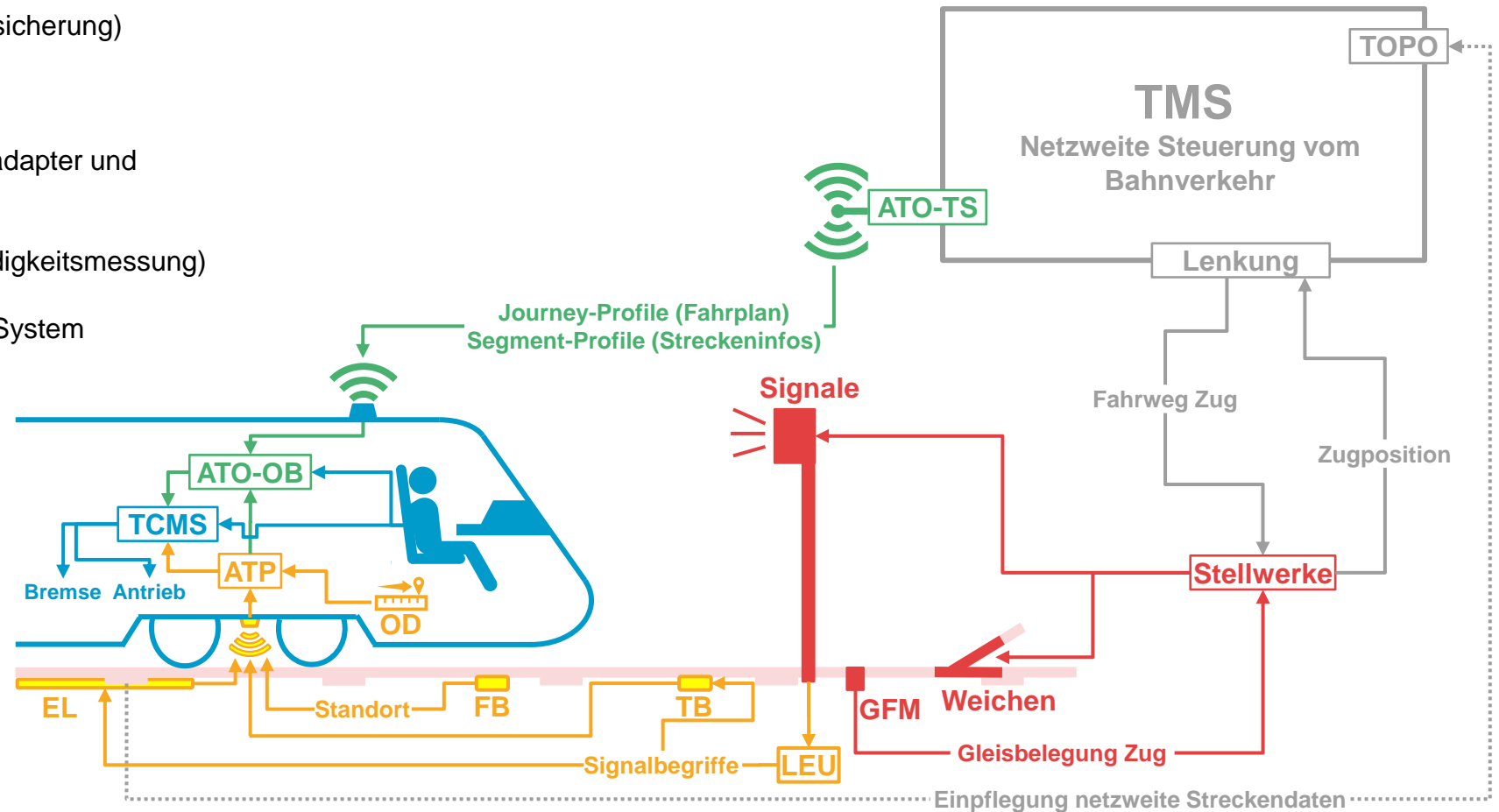
**ATP = Automatic Train Protection, Zugbeeinflussung

ATO – Systemarchitektur (nach ERA)

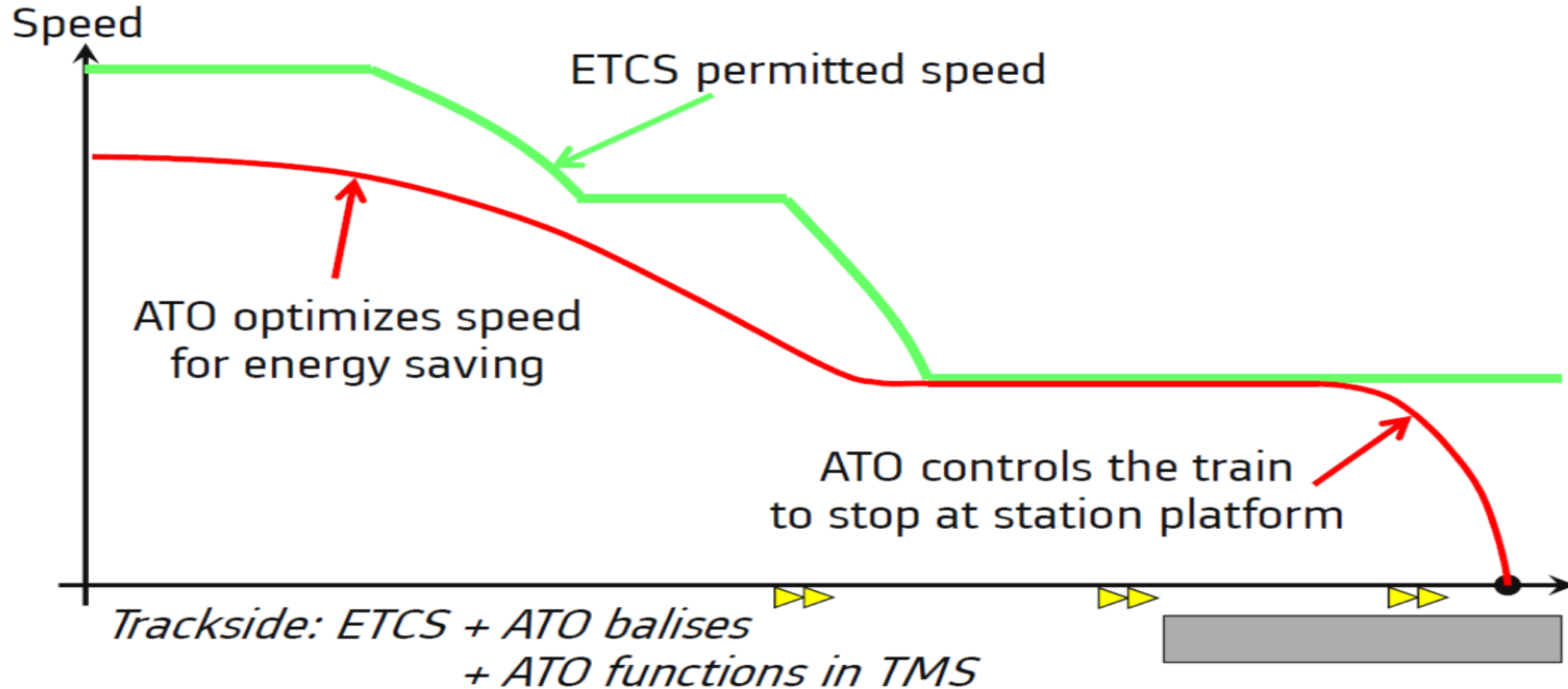


ATO GoA 2 over ETCS L1 LS: Funktionsweise

- ATP: Automatic Train Protection (Zugsicherung)
- FB: Festdatenbalise
- EL: Euroloop
- GFM: Gleisfreimeldeanlagen
- LEU: Lineside Electronic Unit (Signaladapter und Telegrammcodierer)
- OB: On Board (Fahrzeugseitig)
- OD: Odometrie (Weg- und Geschwindigkeitsmessung)
- TB: Transparentdatenbalise
- TCMS: Train Control & Management System (Fahrzeuggesteuerung)
- TMS: Traffic Management System (Verkehrsmanagementsystem)
- TOPO: Betriebstopologie
- TS: Trackside (Steckenseitig)



Funktion ATO



Pilotprojekt SOB: Pilotierung ATO über ETCS L1LS

Ansatz

Pilottest auf bestehender Infrastruktur (ETCS L1LS statt L2)

Architekturwettbewerb für beste Industrielösungen

Pilotierung mit mehreren Anbietern

Praktischer Test und realer BusinessCase

Umsetzung

Schritt A

Schritt B

Schritt C

Test Grundfunktionen

Mischverkehr

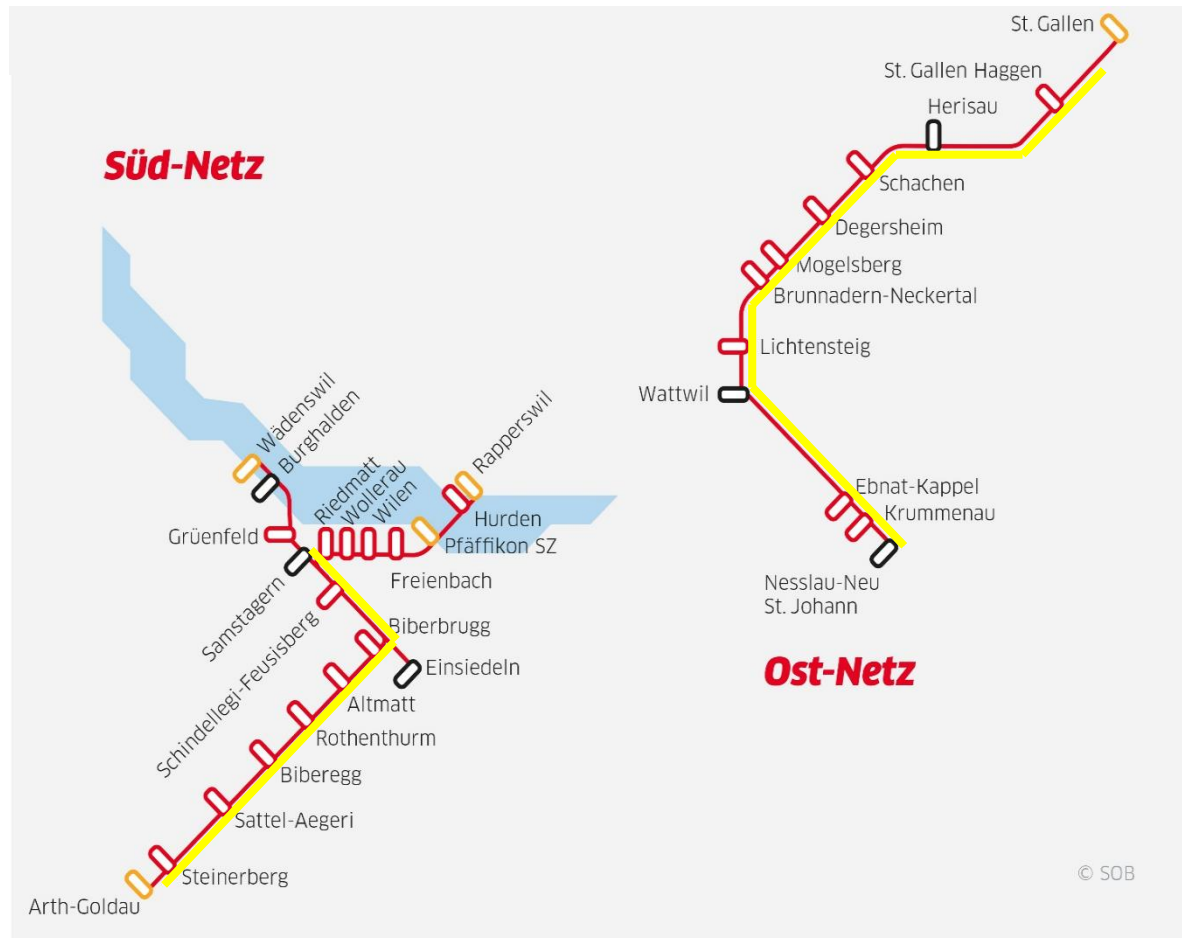
Kommerzieller Betrieb

Nachts

Nicht kommerziell

ATO auf
S-Bahn-Linie

ATO-Pilotprojekt SOB: Teststrecken



Ostnetz

- Strecke St. Gallen Haggen–Wattwil–Nesslau-Neu St. Johann
- Schritt A und B

Südnetz

- Strecke Samstageren–Biberbrugg–Arth-Goldau
- Schritt A und B

→ Schritt C: Vorgesehen ab Mitte 2023

→ Ziel: Nachweis Machbarkeit & Nutzen GoA2 über ETCS L1LS.

→ CH-Normalspurnetz: > 85% ETCS L1 LS.

ATO-Pilotprojekt SOB: Projektpartner RSE

- Nachrüst-Lösung für Bestandesfahrzeug
- NPZ, Baujahr 1985, ex. Régional Val-de-Travers, Transports Publics Neuchâtelois
- Integration moderner Software und Fahrzeugregler
- Einbau ATO-DMI in Führerstände

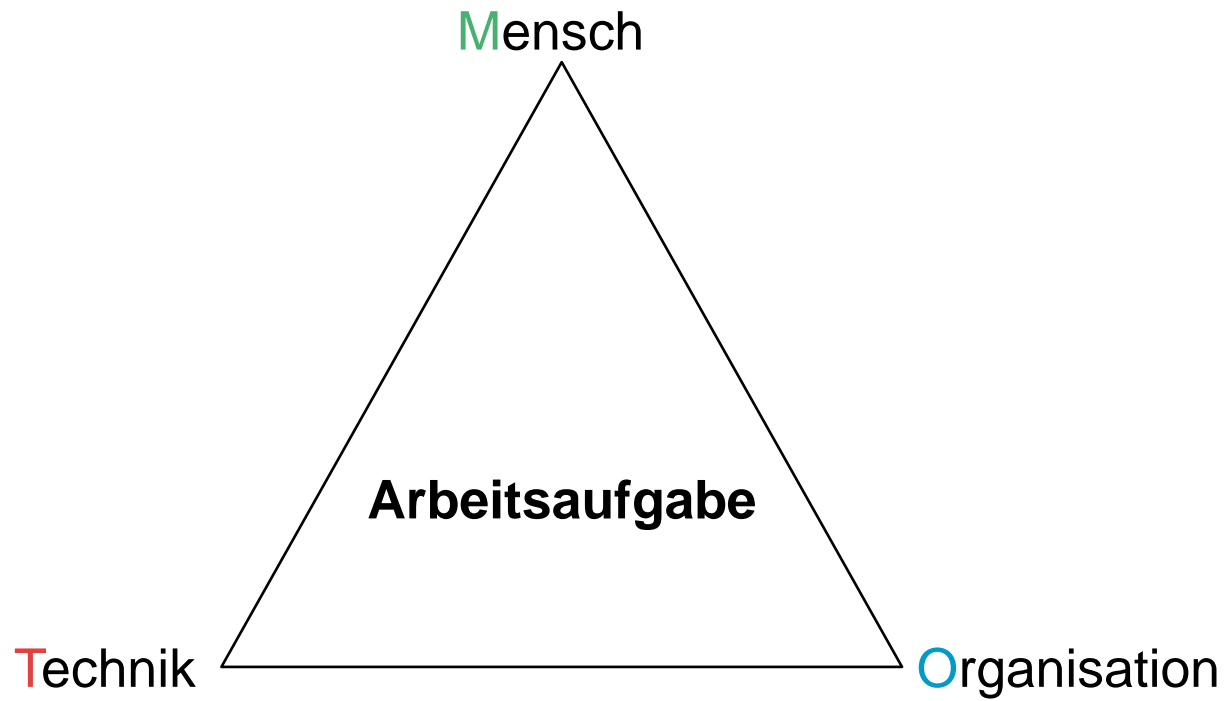


ATO-Pilotprojekt SOB: Projektpartner Stadler Signalling

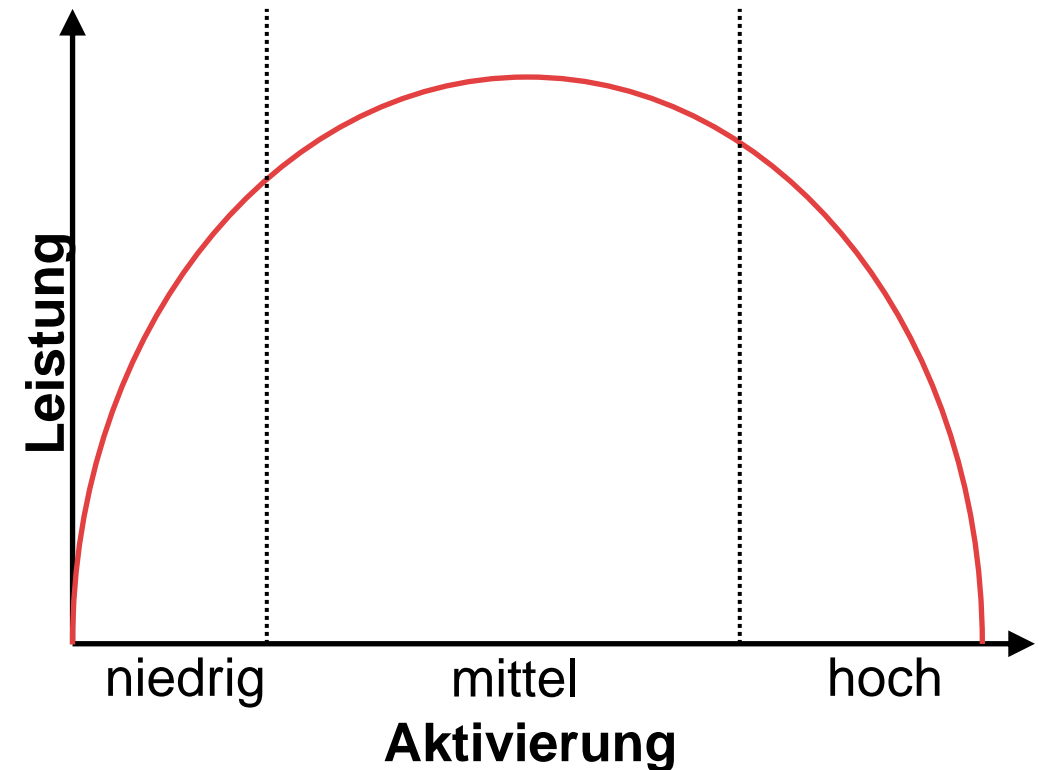
- Neufahrzeug mit eingebautem ATO-Rechner
- FLIRT 3 SOB, 10 Fahrzeuge, Baujahr 2019 bis 2021
- Integration ATO-Funktionalitäten und ATO-DMI in kommerziell eingesetztem Fahrzeug
- Nur zusätzlicher ATO-Rechner, ansonsten keine zusätzliche Hardware



Human Factors – um was geht's?

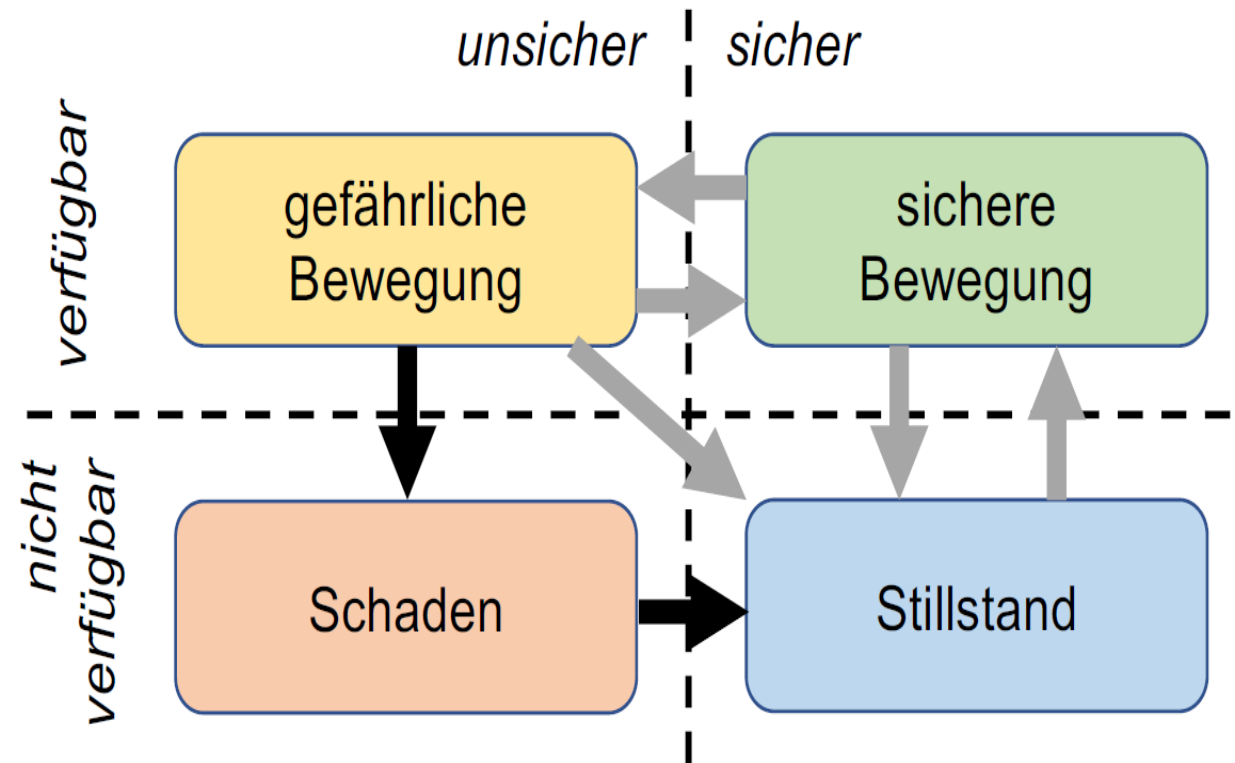


- Yerkes-Dodson-Gesetz: Zusammenhang zwischen menschlicher Forderung und Leistungsfähigkeit



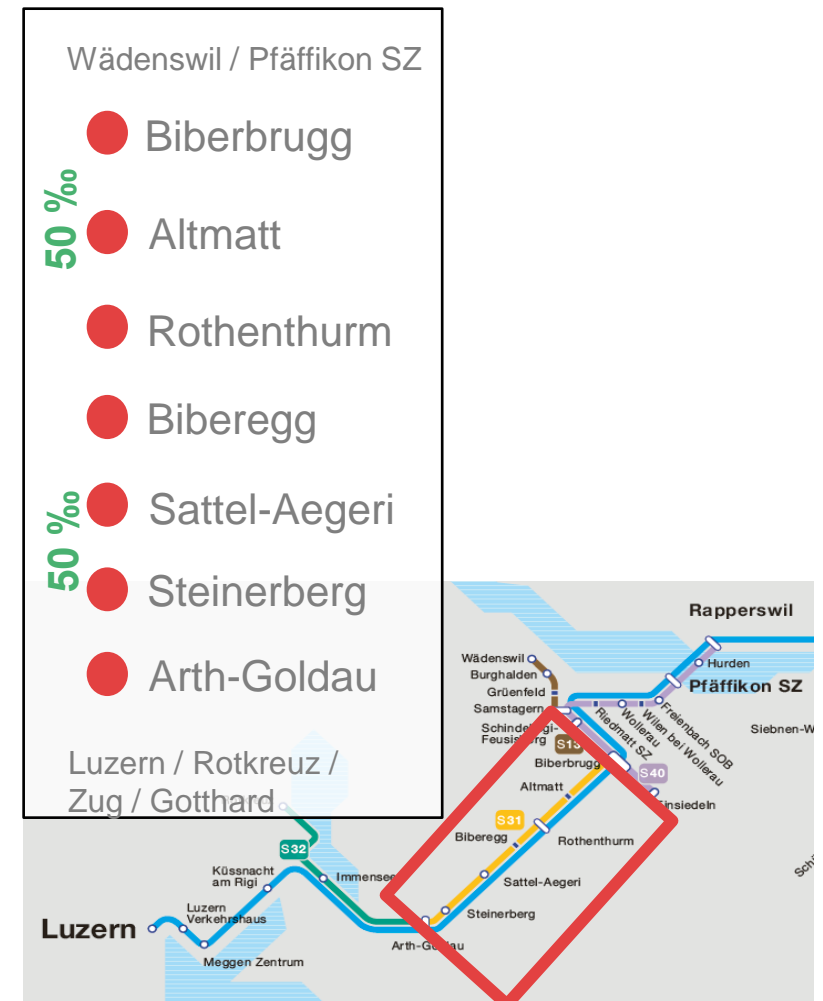
Herausforderungen

- Optimierung psychischer und physischer Beanspruchung
- Leistung und Produktivität des Lokpersonals (und Fahrdienstleitenden):
 - Übergang vom Bedienenden zum Überwachenden
 - Übermittlung von Informationen und Eingreifen in den ATO-Betrieb
 - Kompensation der verlorenen Aktivierung
 - Überwachungs- und Handlungskompetenz
- Grundsätzliche Anforderung
 - Verkehrsführung im sicheren und verfügbaren Zustand halten



Problemstellung: Human Factors / MTO unter ATO 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**
spezifisch auf die vorgesehene Betriebserprobung ausgelegt

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.)



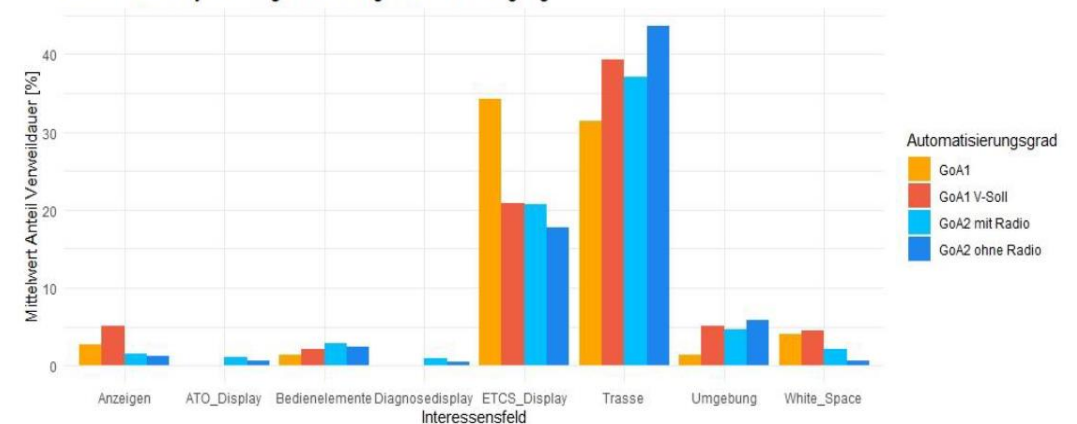
Simulatorstudie: Erfassung & Auswertung

- 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

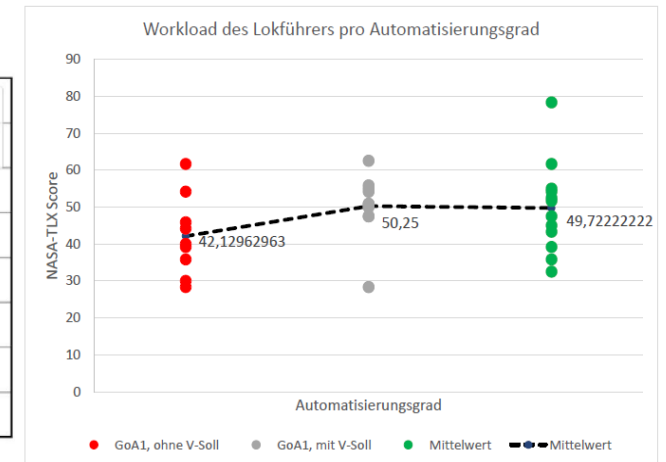
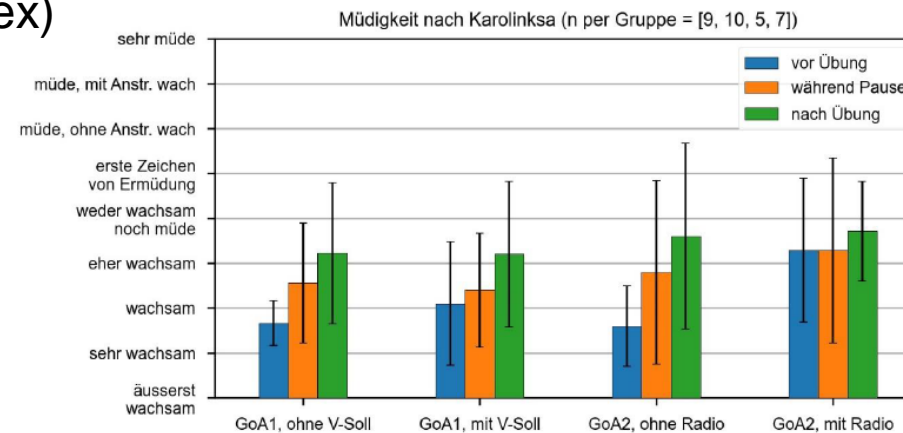
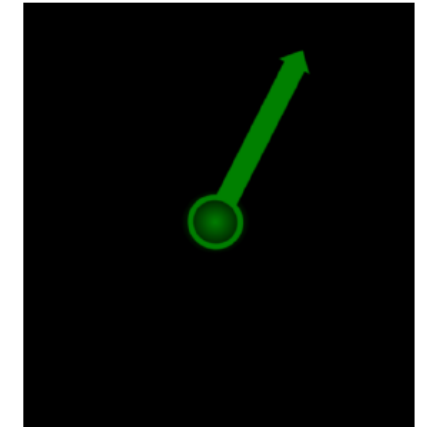


Unterschiede Eyetracking bei Störung von Bahnübergang



Simulatorstudie: Tests & Interviews

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



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)

Back up – mögliche Weiterentwicklungen

ATO-Pilot SOB – Weiteres Vorgehen



Automatisiertes Manövrieren: Ausgangslage und Zielsetzung



Ausgangslage

Aktuell werden 10 – 20% der Arbeitszeit für Rangierbewegungen aufgewendet (Bereitstellen/Remisieren, Aufstellen von Verstärkungseinheiten, Wegführen von Schwächungseinheiten)

Durch Automatisierung dieser Tätigkeiten könnte das Lokpersonal mehr für seine Kernaufgabe «Zugfahrten auf der Strecke» eingesetzt werden

Zusätzlich würden mit dieser Massnahme sowohl der Infrastrukturbetreiber wie auch das EVU von erhöhter Sicherheit im Rangierbetrieb profitieren.



Zielsetzung der Machbarkeitsstudie

Studie zur Machbarkeit am Beispiel Depot Samstagern

→ Das Fahrzeug soll automatisch am Abstellort aufgerüstet werden und autonom zum Abfahrort des Zuges im Bahnhof fahren. Nach Ende des Umlaufes soll das Fahrzeug ebenso automatisch abgestellt werden.

Betrachtet werden folgende Funktionen:

Automatisches Wenden/Auf-/Abrüsten/Bremsprobe

Rangierbewegung von/ins Depot unter GoA4

Stärken/Schwächen unter GoA4, respektive Voraufstellen für Stärken, Wegstellen beim Schwächen.

Automatisiertes Manövrieren: Betrachtungswinkel



Regelwerke (FDV):

- Was lässt das aktuelle Regelwerk zu?
- Inwiefern können geltende Regelwerke in der automatisierten Systemlandschaft abgebildet werden?
- Inwiefern müssten und könnten die Regelwerke angepasst werden?



Betriebsprozesse und Störungsmanagement:

- Wer löst das Manöver aus und überwacht? (Depot, BZ, oder ein eingeteilter Lf?)
- Umgang mit Störungen, Störungsbehebung (z.B. Helpdesk Rollmaterial)
- Intervention nach Ereignissen (z.B. Notstopp/Notfahrt/Hindernis ignorieren/Fernreset/Mobile Trouble Shooter)
- Akzeptables Niveau der Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit/Ausfälle
- Connectivity/Fernbedienung
- Auswirkungen auf die BZ

Automatisiertes Manövrieren: Betrachtungswinkel



Human Factors:

- (Wie) verändern sich Berufsbilder?
- Welche Berufsbilder entstehen neu?
- *Layout/Usability der Systeme*
- Job Enrichment

Technik:

Sensorik

- Welche Sensorik ist notwendig/verfügbar/wünschenswert/sinnvoll?
- Fahrzeugseitig/Infrastrukturseitig



Raumüberwachung/Verhinderung von Raumverletzungen und Kollisionen:

- Welche Raumüberwachung ist notwendig/verfügbar/wünschenswert/sinnvoll?
- Fahrzeugseitig/ Infrastrukturseitig
- Sind bauliche Massnahmen empfohlen/erforderlich? (z.B. zusätzliche Einzäunungen)

Automatisiertes Manövrieren: Betrachtungswinkel

Technik:

Fahrweg:

- Wie wird der Fahrweg sicher erkannt und überwacht? (Depotstellwerke/Handweichen)



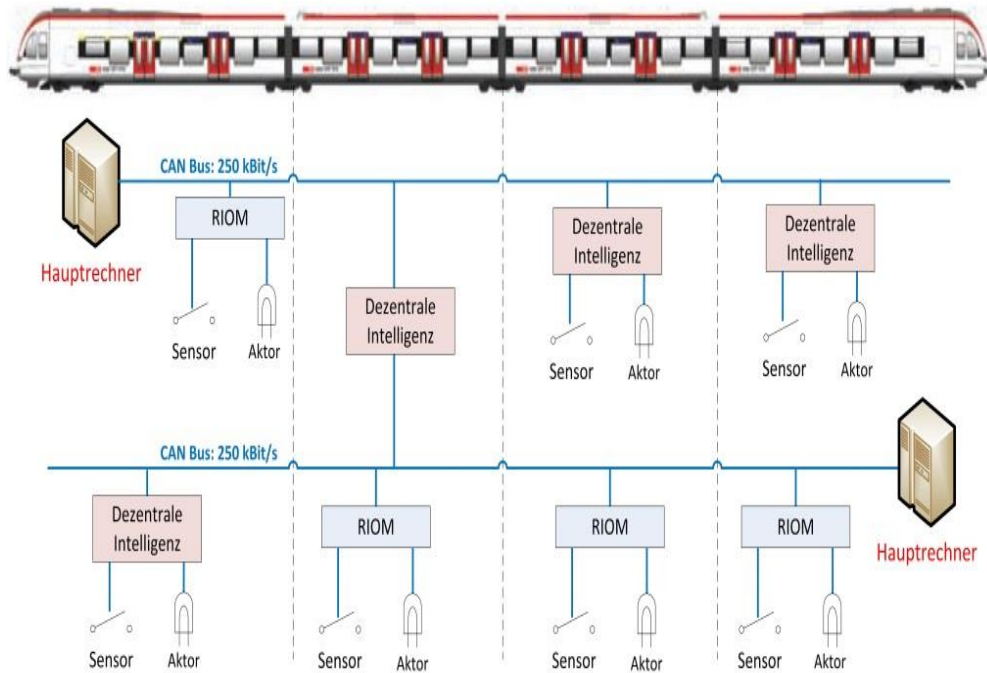
Datalink/Telecom/Connectivity:

- Was ist erforderlich, z.B. zum sicheren Auslösen eines Fern-Notstopps?

RAMS-Betrachtung:

- Welche SIL (Safety Integrity Level / Sicherheitsintegritätsniveau) sind erforderlich?
- Wie lassen sich diese erreichen, sowohl infrastruktur- wie auch fahrzeugseitig?
- Umgang mit Störungen, Störungsbehebung
- Intervention (Notstopp/Notfahrt/Hindernis ignorieren/Fernreset/Mobile Störungsequipe etc.)
- Akzeptables Niveau der Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit/Ausfälle

Automatisiertes Manövrieren: Technische Voraussetzungen



Automatisierungen auf der Fahrzeugleittechnik:

- Aufrüsten (kalt/warm), zeit- oder fernausgelöst
- Prüfung der Sicherheitseinrichtungen (bedingt – notwendig, wenn Rangierbewegungen überwacht)
- Bremsprobe/Bremsprobe auf Wirkung
- Zugdateneingabe/Verifikation
- Abrüsten
- Wenden (Gegenführerstand aufrüsten)

Herausforderung: Zulassung (Anpassung Regelwerke)

Automatisiertes Manövrieren: Technische Voraussetzungen



Erkennungssystem:

- Fahrweg erkennen aufgrund Weichenstellung, Zwergsignalen, Weichenzungenlage – während Fahrt und im Stillstand (Overlay zu `ATO-Yardside`?)
- Hindernisfreiheit überwachen (Lichtraumverletzungen, Fahrzeuge, Gegenstände) – während Fahrt und im Stillstand
- Klassifizierung von Objekten (Mensch, Tier, Signal, Fahrzeug, Zug, Baum, Schiene, Weiche, usw.) – während Fahrt und im Stillstand
- Annäherungssensorik (Prellbock, Fahrzeug) – Eingriff auf ATO-OB
- Noteingriff

Herausforderung: Klimatische Verhältnisse

Alternativen Prüfung: Ortsfeste Erkennungssysteme

Automatisiertes Manövrieren: Technische Voraussetzungen



Schnittstelle zu Infrastruktur (ATO-Yardside`*):

- Fahrwegübermittlung aufgrund der Informationen aus dem (Depot)-Stellwerk
- Schnittstellen müssten sowohl infra- wie fahrzeugseitig aufgebaut werden
- Bei ETCS-Mode «Shunting» soll künftig die Bewegung überwacht werden, nicht jedoch im Depot!

* Kein offizieller Begriff – in Anlehnung an ATO-Trackside

Herausforderung: Proprietäre Systeme?

Alternativen Prüfung: Genügt das Erkennungssystem, zusammen mit einem als «JP» hinterlegten Depotplan?

Automatisiertes Manövrieren: Technische Voraussetzungen



ATO-Onboard

- Eine taugliche ATO-OB ist vorausgesetzt.
- Die Umsystemanbindung (Fz-Leittechnik, Erkennungssystem, Stellwerkleittechnik, Ortsfeste Erkennungssysteme) ist mit der aktuellen ATO-Pilotausrüstung nicht gegeben!

Herausforderung: Wesentliche Teile des Systems dürften SIL-Anforderungen unterliegen

Alternativenprüfung:

- 1.) Fernüberwachung der Rangierbewegung durch Depot oder BZ-MA (zur SIL-Vermeidung)*
- 2.) Fernsteuerung statt ATO durch Depot oder BZ-MA*
- 3.) Nur Depotbereich: stationäre Überwachung (Zaun, Kamera, etc.) + 1 automat. Rangiergerät (Schnittstelle zum Fzg wird ebenfalls benötigt)

* *Erfordert sichere oder überwachte Kommunikationsverbindung*

Back up

ATO – Geschichte Automatisiertes Fahren



- In Deutschland war die BR103 die erste Serienlok, welche über eine Vsoll-Regelung verfügte



- In der Schweiz wurde die Vsoll-Regelung (Geschwindigkeitssteuerung) mit den NPZ erstmalig in einer Serienmaschine eingeführt



- Der ICE 1 ermöglichte den AFB-Betrieb mit Linienzugbeeinflussung (LZB)

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