

# ATO Aktivitäten in der Schweiz

Entwicklung bis Heute und  
in der Zukunft

Jens Nolte, Sonja Rühl  
Graz, 18.09.2023



# Agenda

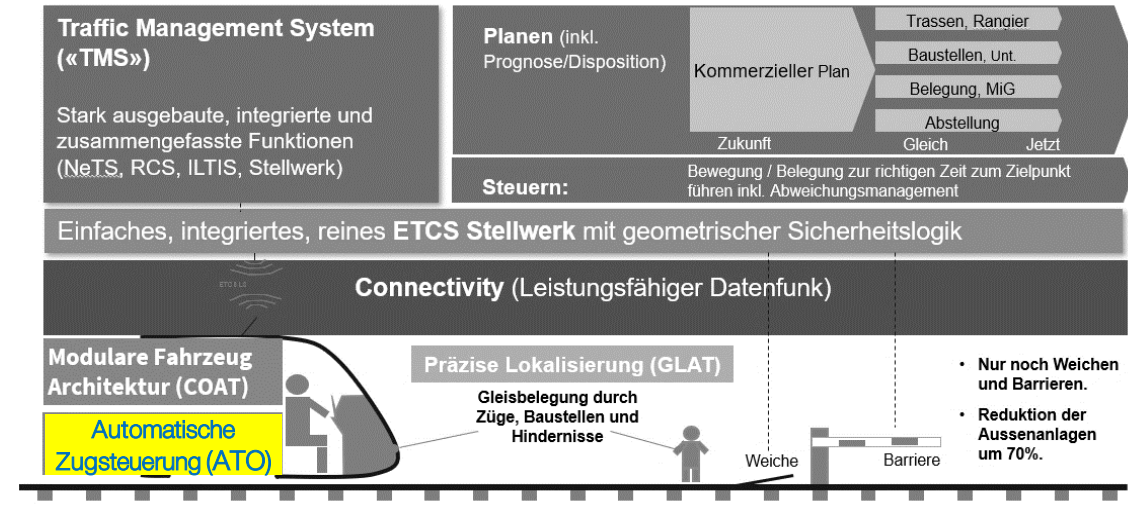
1. Die Anfänge
2. Versuchsfahrten der SBB
3. Versuchsfahrten anderer Bahnen in der Schweiz
4. Erkenntnisse aus den Pilotprojekten in der Schweiz
5. Weitere aktuelle Automatisierungs-Aktivitäten in der Schweiz
6. ATO Roadmap: Standardisierung, Verifizierung und Europe's Rail
7. Laufende und zukünftige SBB Aktivitäten im Umfeld der europäischen Standards
8. Fazit

# Die Anfänge

## Digitalisierungsprogramm smartrail 4.0



# Teilprogramm ATO in smartrail 4.0

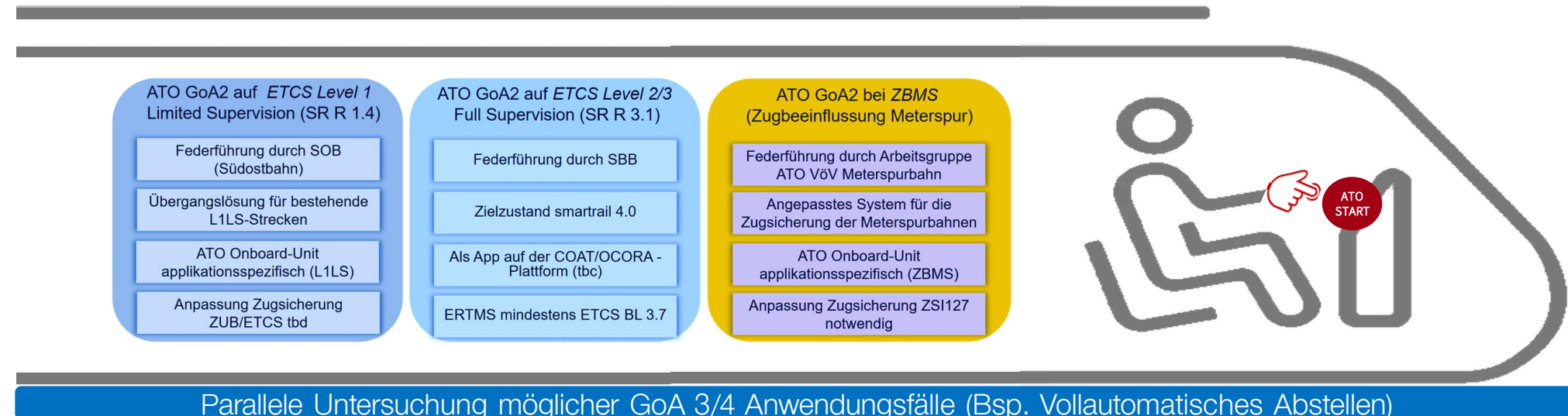


ATO als Enabler Technologie im Gesamtsystem smartrail4.0

Drei Themenfelder im Teilprogramm ATO

Ziele:

- Umgebungsspezifische Untersuchungen
- Synergienutzen der beteiligten Bahnen
- Untersuchung von Standardentwürfen



# Versuchsfahrten der SBB

# 2018-2020: ATO GoA 2 Verifizierungen & Versuchsfahrten

- Auf einen Technologie-PoC 2017 mit Verknüpfung von ETCS, C-DAS und AFB auf einem Fahrzeug folgten Verifizierungen von Normenentwürfen
  - ✓ ATO ist keine neue Technologie, sondern kann Verknüpfung bestehender Bordsysteme moderner Schienenfahrzeuge gesehen werden

ATO-OBU: Funktionsmuster, Phasenabhängige Funktionalität: Siemens  
 ATO-TS: Eigenentwicklung der SBB/smartrail 4.0  
 ETCS-OBU: Siemens (Baseline: SRS 2.3.0.d)

2018

2019

2020

## ATO2Basic Phase 1

- SS125/126 nach Normenentwurf. SS130/139: –
- Proof of Concept: Kommunikation ATO-TS-ATO-OBU
- Eingeschränkte Funktionalität
- Keine repräsentativen Messungen möglich

## ATO2Basic Phase 2

- SS125/126/130/139 nach Normenentwurf
- Funktionalität aller Interfaces
- Mehr Funktionalität implementiert
- Fahrplandaten werden durch RCS generiert und durch ATO-TS übermittelt
- Keine repräsentativen Messungen möglich

## Versuchsstrecke:

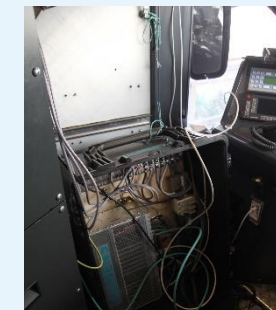
Lausanne-Villeneuve (ETCS L2)

## Versuchsfahrzeug:

Stadler FLIRT Vaudois (4-teiliger S-Bahn Triebzug)



- Überprüfung des Verhaltens der zukünftigen TSI-Normen für ATO unter GoA2
  - ✓ Subset 125 & Subset 126: Funktionen ATO-TS und ATO-OBU
  - ✓ Subset 130: Schnittstelle ETCS-OBU zu ATO-OBU
  - ✓ Subset 139: Schnittstelle ATO-OBU zu Fahrzeugsteuerung (TCMS)
- Überprüfung:
  - ✓ Keine negative Beeinflussung im CH-Bahnbetrieb durch zukünftige TSI-Normen
  - ✓ Steuerung durch TMS (anstehende Ablösung RCS) ist möglich
- PoC:
  - ✓ ATO GoA2 ist grundsätzlich auch mit ETCS Baseline 2.3.0.d möglich (allenfalls mit Adapter)



# Versuchsfahrten anderer Bahnen in der Schweiz

# DB Cargo Shift2Rail (IP5) ATO Cargo GoA2 Demonstrator

## Machbarkeit GoA2 gemäss Normenentwürfen im Güterverkehr

### Fahrzeug: Bombardier TRAXX 185.1

- ETCS OBU: Siemens Baseline 2.3.0.d
- OBU Lieferanten:
- Alstom
- AZD
- Hitachi (Ansaldo)
- Siemens

Beobachtung des speziellen Fahrverhaltens im Güterverkehr  
Tests mit 4 verschiedenen OBU Herstellern  
ETCS Anbindung wie ATO2Basic Phase 2 mit ETCS BL 2.3.0.d

Demonstration der Machbarkeit von GoA2 gemäss Normenentwürfen im Güterverkehr



**Cargo**

- Subset 125: Funktionen ATO-TS und ATO-OBU
- Subset 126: Schnittstelle ATO-TS zu ATO-OBU
- Subset 130: Schnittstelle ETCS-OBU zu ATO-OBU
- Subset 139: Schnittstelle ATO-OBU zu Fahrzeugsteuerung (TCMS)

### Versuchsstrecke Sion-Sierre (ETCS L2)



2019

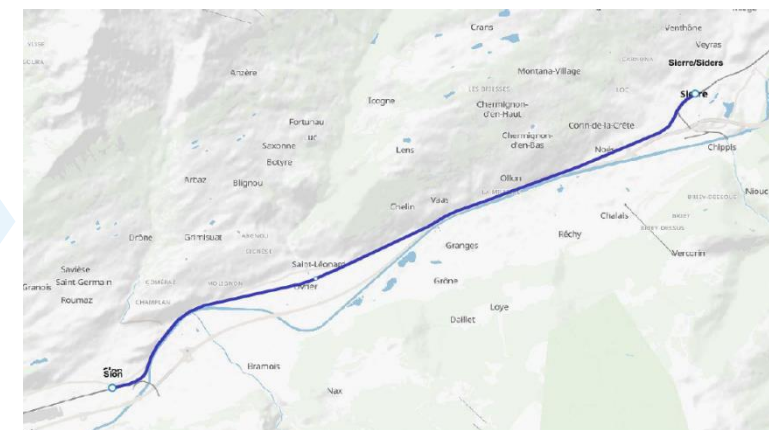
09 / 2020

12/2020

Entwicklung

Einbau

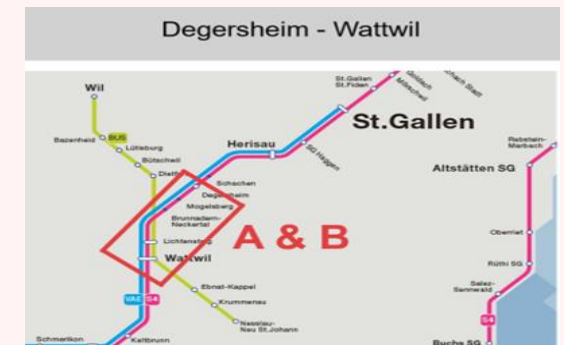
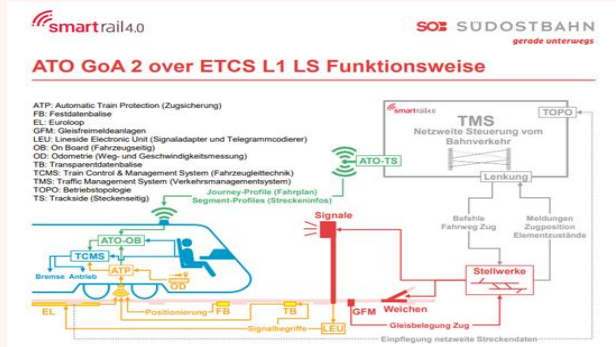
Versuchsfahrten





# SOB & Meterspurbahnen

## ATO over ETCS L1LS & ATO over ZBMS

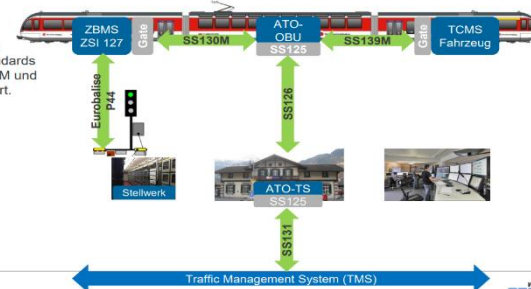


Meterspurbahnen

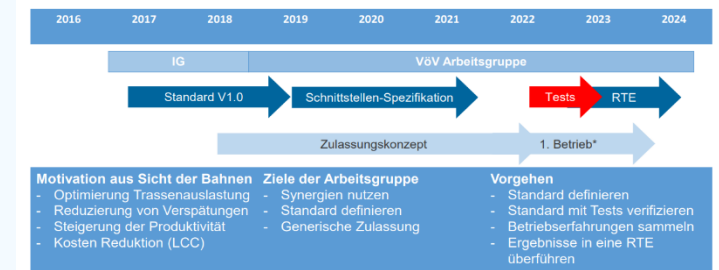


### Mit Standardschnittstellen den Markt öffnen

Basierend auf den europäischen Standards wurden die SS130M und SS139M spezifiziert.



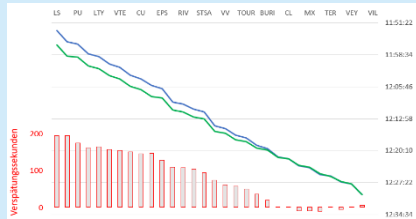
### Die Meterspurbahnen organisieren sich.



# Erkenntnisse aus den Pilotprojekten

# ATO GoA2 – Erkenntnisse aus Fahrten mit TSI-Entwürfen

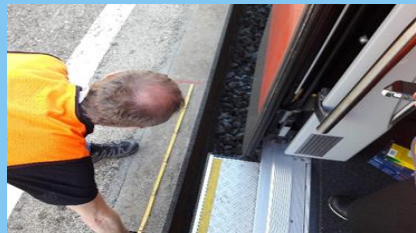
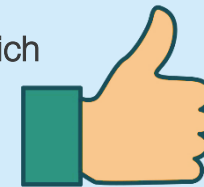
Die Schweiz hat ein stark belastetes Schienennetz im Mischverkehr mit Zugfolgezeiten in Knoten, die 70-90 Sekunden erreichen können. Der Betrieb wird kontinuierlich optimiert, um Sekunden, oder deren Bruchteile, zu gewinnen.



## Pünktlichkeit:

Abweichung ATO zu fahrplanmässiger Ankunftszeit im Sekundenbereich  
ATO fährt eng an den Bremskurven, dies reduziert Verspätungen deutlich

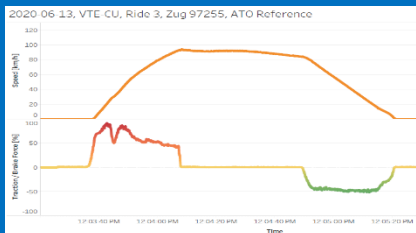
→ Abbildung zeigt Verspätungsreduzierung



## Anhaltegenauigkeit:

SR40 Anforderung +/- 1.5m eingehalten zu >97%  
Aktuell bestehende Anforderungen zu 100% eingehalten

(Basis: Qualifizierte Messungen mit empfohlenen Balisenpositionen vor dem Haltepunkt)



## Energiesparpotenzial:

Industrieanangaben von bis zu 42% Sparpotenzial sind plausibel  
Mit Einzelmessungen wurden bis zu 37% gemessen

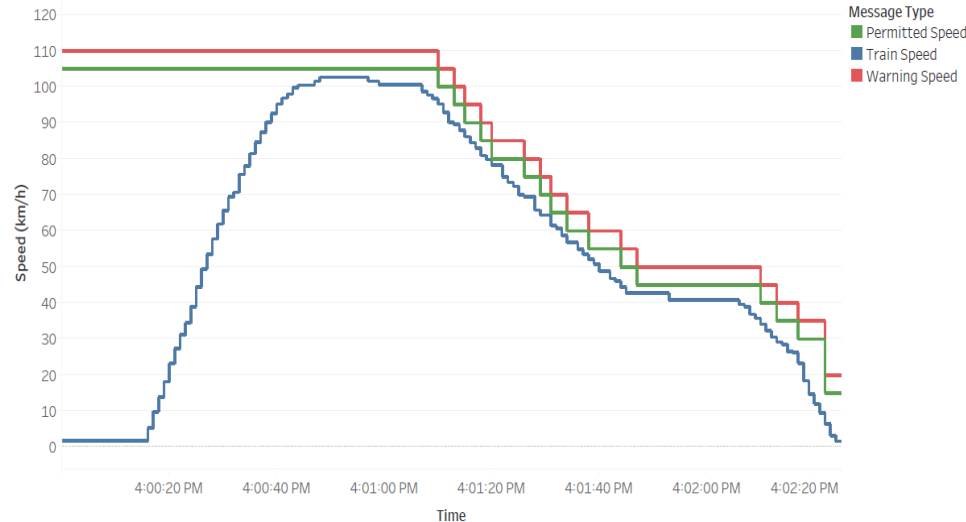
(Nicht statistisch signifikant)



# ATO GoA2 – Permitted Speed vs. Fahrzeuggeschwindigkeit

2020-02-23, Zug 97179, LS-VIL

Datenquelle: JRU data (TELOC data)



## Wozu trägt enges Fahren an der Bremskurve bei?

Weniger Pufferzeit/Reserve erforderlich



Höhere Fahrplanstabilität → Höhere Kapazität



Höhere Pünktlichkeit / Verspätung aufholen



Reduktion der Zugfolgezeit

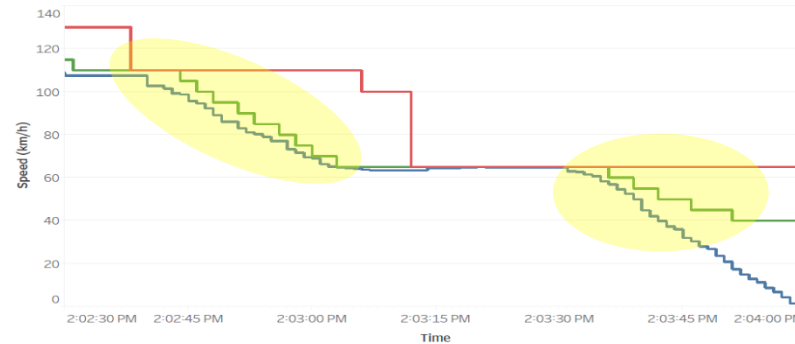


# ATO GoA2 – Bremseffizienz (ATO vs. Manuell)

## ATO

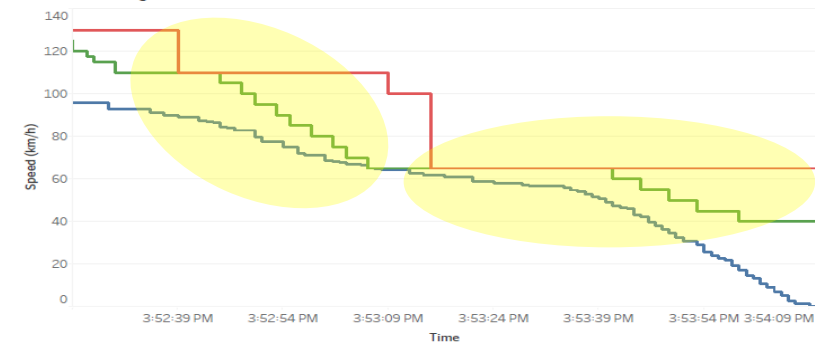


2020-07-25, Ride 5 Braking, Train 97171, ARD-SIE  
Datenquelle: JRU data (TELOC data)  
ATO Driving



## Manuelles Fahren

2020-07-25, Ride 7 Braking, Train 97173, ARD-SIE  
Datenquelle: JRU data (TELOC data)  
Manual Driving



Rot: Most Restrictive Speed Profile (MRSP)

Grün: ETCS permitted Speed

Blau: Fahrzeuggeschwindigkeit (ATO/manuell)



# ATO GoA2 – Verspätungen aufholen



# ATO GoA2 – Fahren mit ATO vs. Manuelle Fahrt

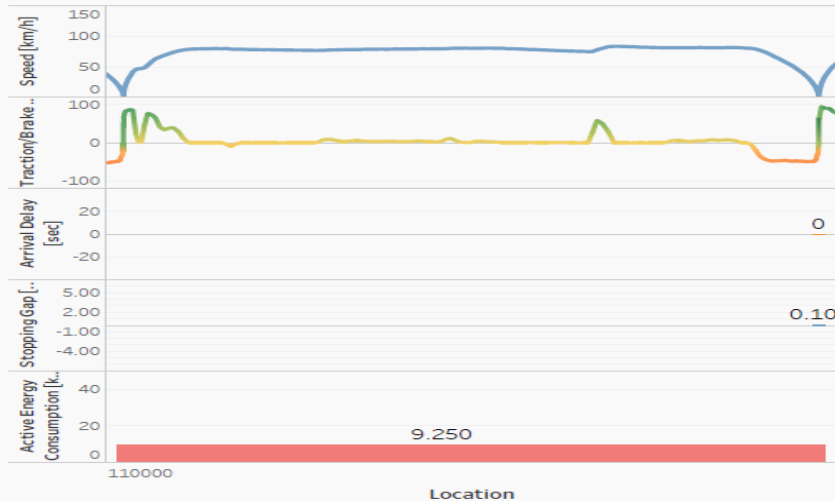
## ATO



2020-07-25, Ride 5 Overview, Train 97171, SION-SIERRE

### ATO Driving

Data source:  
Location / Speed / Traction / Brake %: TCMS data  
Delay: TCMS data and Planning data (test protokol)  
Stopping gap: Field test measure data  
Energy consumption: EMS data

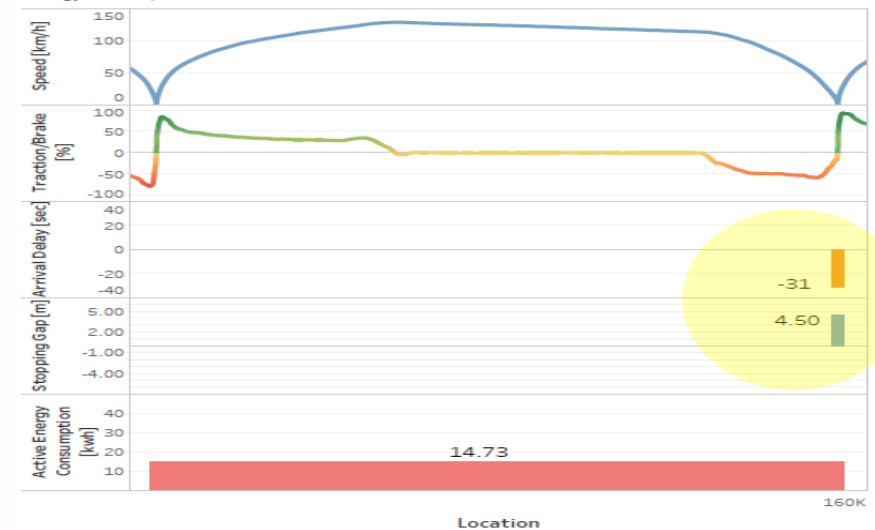


## Manuelles Fahren

2020-07-25, Ride 7 Overview, Train 97173, SION-SIERRE

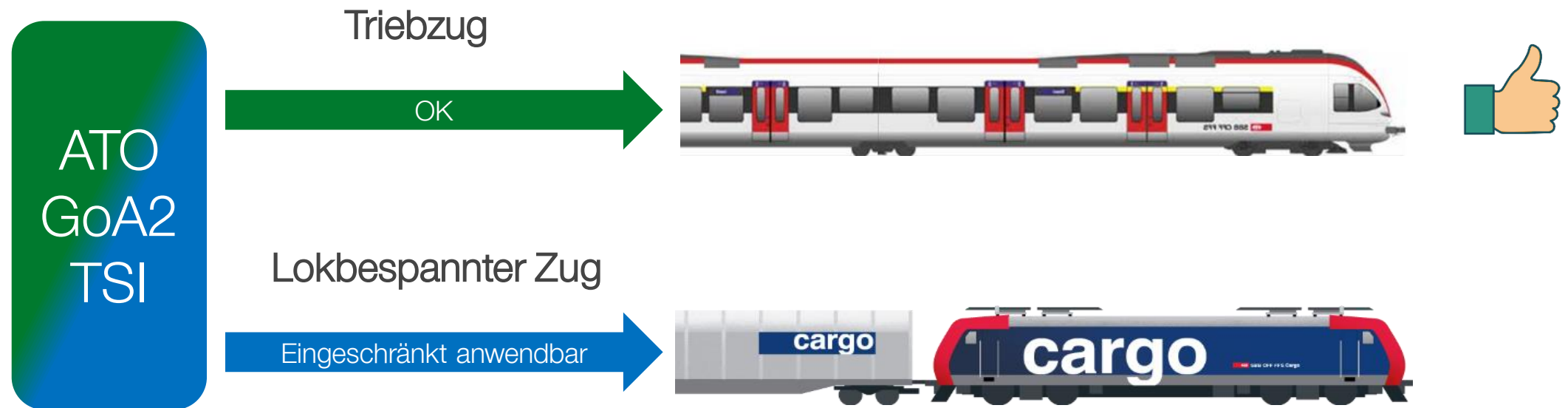
### Manual Driving

Data source:  
Location / Speed / Traction / Brake %: TCMS data  
Delay: TCMS data and Planning data (test protokol)  
Stopping gap: Field test measure data  
Energy consumption: EMS data



# ATO Spezifikation GoA2 TSI-23 aus Sicht SBB

ATO-GoA2 gemäss TSI ist interoperabel, erfordert aber in einigen Anwendungsfällen manuelle Interventionen des Lokführers bei lokbespannten Zügen.



# ATO over ETCS L1 LS SÜDOSTBAHN

## Pilotprojekt: ATO over ETCS L1LS (auf bestehender Infrastruktur) & Analyse MTO Faktoren

### 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?

05.04.2022 SOB ATO-Pilot @ Schienenfahrzeugtagung Graz R. Dällenbach / M. Wachter

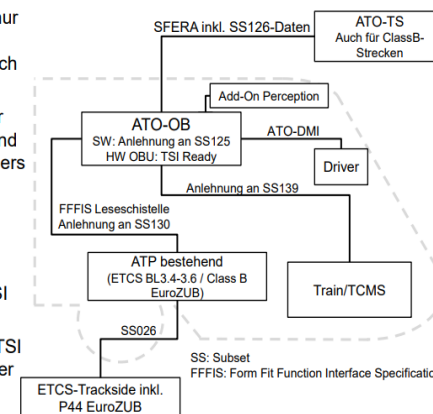
14

### 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 Performance

### ende Fahrzeuge ohne ETCS-BL >3.6

etrifft nicht nur  
CS L1LS,  
ösungen nach  
wenden oder  
he Lösung und  
ch nicht anders  
Eine ATO-  
sollte das  
et werden.  
ies der TSI



anlehn.

- Eine Lösungsvariante, bei welcher SW ATO-OB 100% nach TSI entwickelt wird (inkl. FFIS-Schnittstellen mit Zwischenadapter zu bestehendem ATP) ist aufgrund der funktionalen Anforderungen aus SS125 nicht möglich.

05.04.2022 SOB ATO-Pilot @ Schienenfahrzeugtagung Graz R. Dällenbach / M. Wachter

20

ablehnende Haltung / erhöhte passive

bei starkem Verkehr verpflichtend  
(Fertigkeits-/Fähigkeitserhalt)

M. Wachter

11

# Weitere aktuelle Automatisierungs- Aktivitäten in der Schweiz



# ATO bei Strassen- Zahnrad- und Meterspurbahnen



Die BLT nahm den Betrieb der **neuen Waldenburgerbahn** zum Fahrplanwechsel am 11. Dezember 2022 auf. Fahrzeuge und Infrastruktur sind mit einem digitalen Zugsteuerungs- und Zugsicherungssystem (**CBTC**) ausgerüstet, was im Meterspurbereich einen neuen Standard setzt, und die Skalierung hin zu einem **vollautomatischen Betrieb** ermöglicht



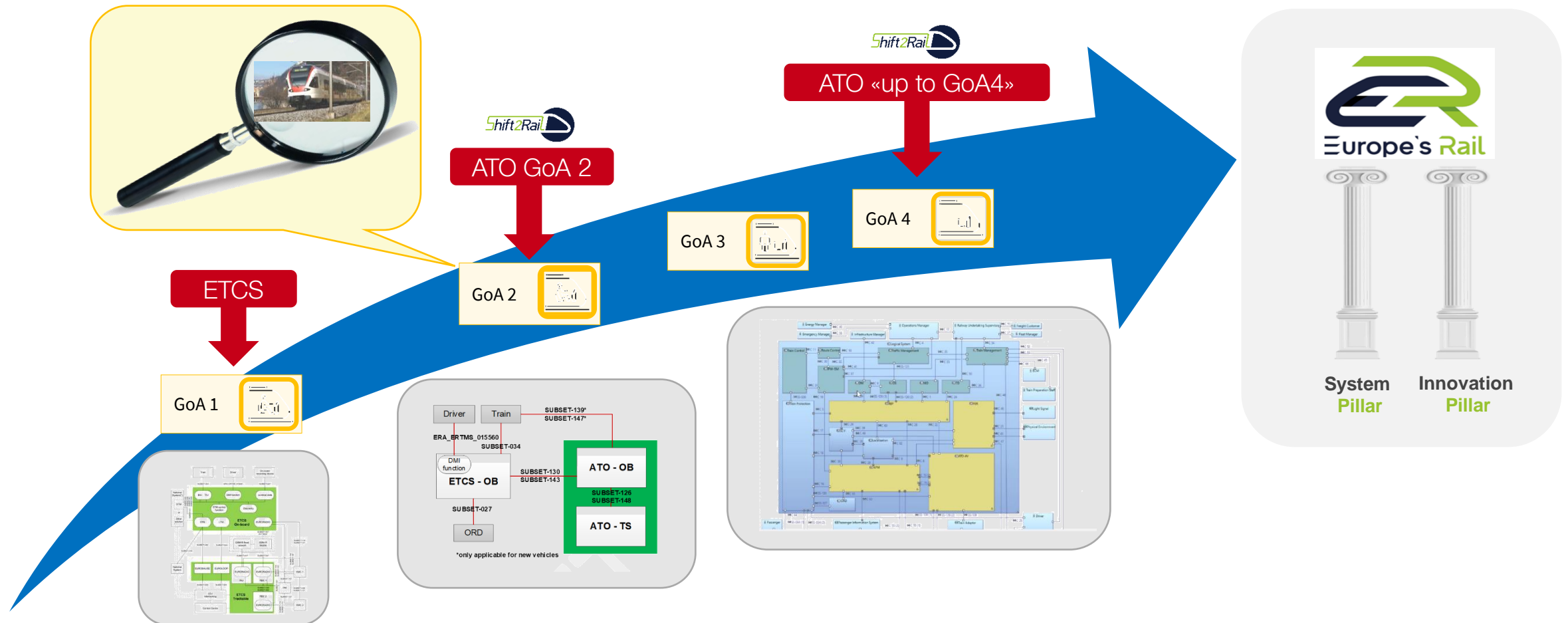
Die von den Appenzeller Bahnen betriebene Zahnradbahn Rheineck-Walzenhausen (RhW) wird im Rahmen einer Erneuerung mit einem **CBTC** System für **vollautomatischen und fahrerlosen Betrieb** ausgerüstet. Als voraussichtlich erste Anwendung in nicht abgeschlossenen Bereichen ist die Inbetriebnahme für 2026 geplant.



Bei der RBS resultieren mit dem neuen Wendegleis in Bätterkinden halbstündlich unproduktive Leerfahrten zum Wenden der Züge. Ziel: Durch **Vollautomatisierung der unproduktiven Fahrten** kann mit dem gleichen Lokführerbestand mehr Verkehrsleistung erbracht werden

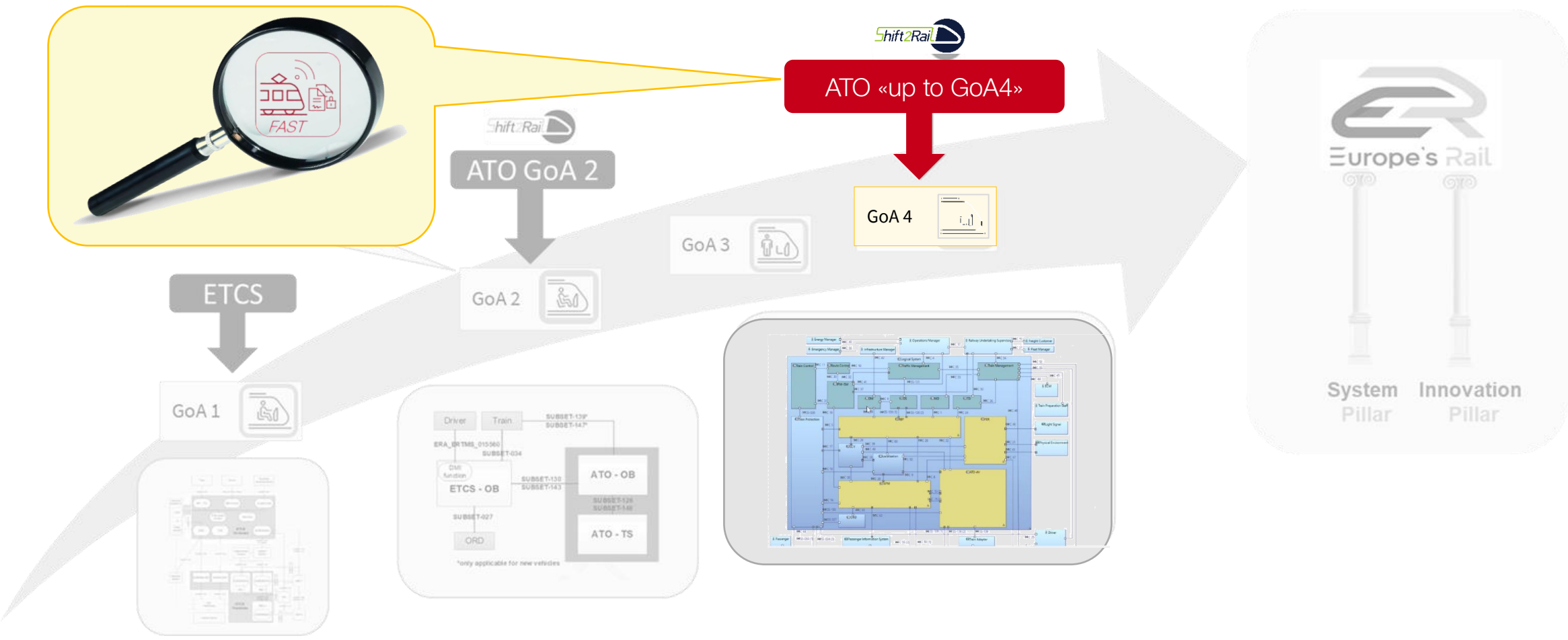
# ATO Roadmap: Standardisierung, Verifizierung und Europe's Rail

# Automation – Standards auf dem Weg zur Vollautomatisierung



# Laufende und zukünftige SBB Aktivitäten im Umfeld der europäischen Standardisierung

# FOKUS: ATO “Up to GoA 4” → Testen der Spezifikationsentwürfe





# Projekt FAST (Full Automation Specification Testing) – Vorgehen und Zielsetzung



Etappierte Überprüfung der ATO TSI Normenentwürfe («Up to GoA4») auf ihre Anwendbarkeit mittels Proof of Concepts



- Rechtzeitige Einbringung von Befunden in die Normierung
- Sicherstellung der Anwendbarkeit der zukünftigen TSI-Normen
- Sicherstellung der Normenkonformität für laufende und anstehende Normenveränderungen und Entwicklungen
- Grundlagenarbeit für künftig geplante Entwicklungen und Anwendungsprojekte bei den Schweizer Bahnen

# Projekt FAST – Inhalt und konkrete Vorhaben

## Phase 1 (2023-2024)

- PoC A – Erweiterte Anforderungen Remote Operation
- PoC B – Untersuchung und Überprüfung Anwendbarkeit Driving Rules
- PoC C1 – Fahrzeug-Aufrüsten in GoA 3/4 ohne ETCS
- PoC C2 – Signal - Hindernis Assistenz ohne Einbindung TCMS

## Phase 2 (2025-2028)

- PoC D - Automatisches Rangieren in spezifischer Umgebung

## Phase 3 (2029-2032)

- PoC E - Automatische Überfuhr

# Fazit

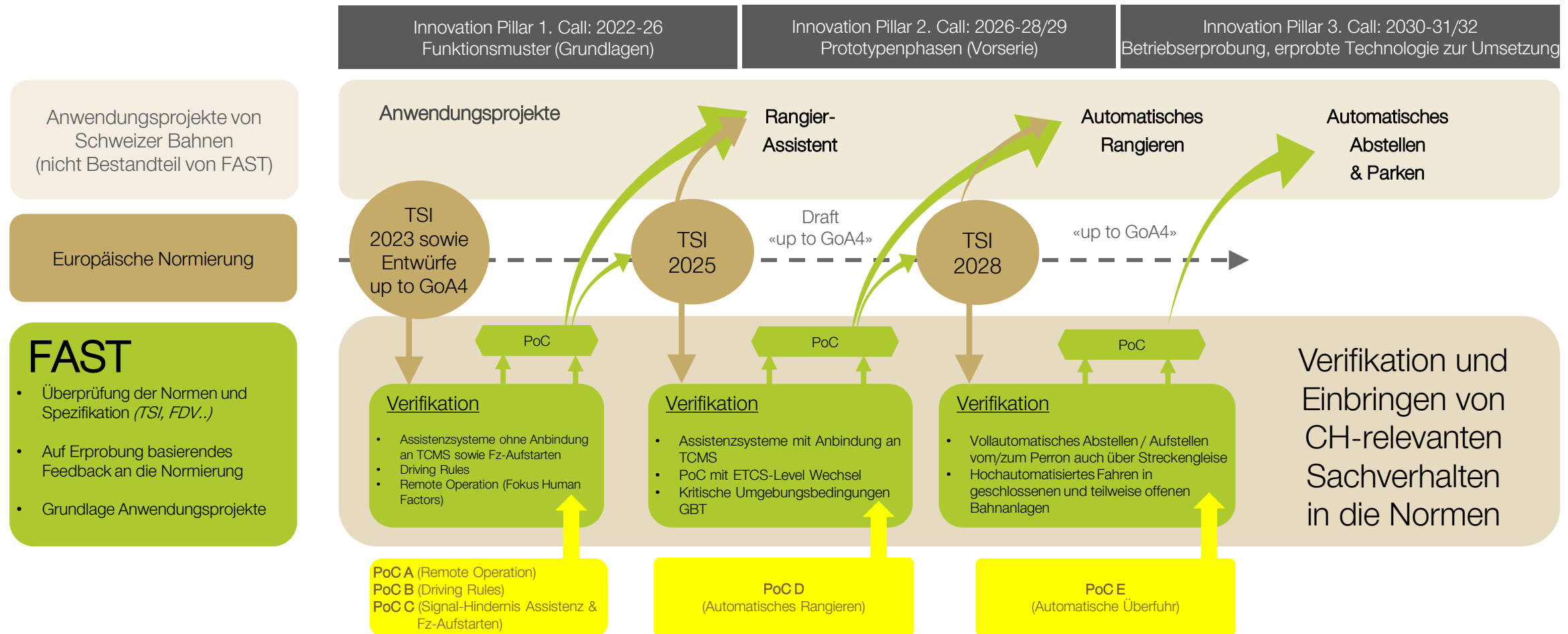
# Fazit

- Der Weg hin zu vollautomatischen Schienenfahrzeugen für breite Anwendung ist noch lang und nicht trivial.
- Mit fortschreitender Technologie und im Zuge der europäischen Standardisierungsaktivitäten können erste Nutzenpotenziale realisiert werden.
- Mit dem Projekt FAST der SBB werden die Normierungsgrundlagen evaluiert.

# BACKUP



# Projekt FAST – Abhängigkeiten und Veranschaulichung der Interaktionen in der Schweiz und Europa



## Quellen:

- [8] Dällenbach, R., Wachter, M: Erkenntnisse aus dem Test-Betrieb ATO over ETCS L1LS der SOB, (2022) Schienenfahrzeugtagung Vorträge 2022
- [9] Böhler, J.: Human Factors – Rolle Lokpersonal (2022) Informationstag Bahnjournalisten Schweiz (2022)
- [10] Linie 19 – Das BLT Magazin zur Erneuerung der Waldenburgerbahn, S. 5 (2018) 006272105\_WB\_Magazin\_221\_RZ.indd (blt.ch)
- [11] Stadler Rail: Jahresmedienkonferenz 2020 Info Fachmedien, S. 25 (2020) Präsentation Medienkonferenz
- [12] Internetauftritt der Appenzeller Bahnen – Projektinformation Projekt ATO RhW - Appenzeller Bahnen
- [13] Florin, C.: Die Zukunft der Bahnautomation - Informationstag Bahnjournalisten Schweiz (2022)
- [14] Schweizer, A.: Vollautomatische Leerfahrten (eCAB) Forschungsprojekt RBS/VöV – Informationstag Bahnjournalisten Schweiz (2022)
- Informationstag Bahnjournalisten Schweiz (2022)
- ATO over ETCS L1 LS Erkenntnisse und Umsetzungsansätze (PDF)
- L1LS Testkonzept Schritt A und B ATO-Pilot SOB - Prozess (1) (PDF)
- Branchenlösung ATO auf GoA2 Meterspur-Tram (1) (PDF)