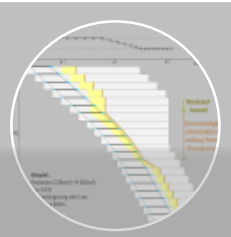
Mit smartrail 4.0 die Bahn im Griff – auch in Zukunft

Martin Messerli/ 26. Juni 2019

Agenda – was Sie erwartet:

- ✓ Etappierter Nutzen 2025 mit 41 Mio.
- ✓ Finanzierung Konzeptionsphase vom BAV gutgeheissen
- ✓ Zusammenarbeit mit Partner etabliert
- ✓ Internationale Abstimmung etabliert
- ✓ Europ. CCS Architektur RCA: Alpha Version liegt vor
- ✓ Techn. Kapazitätseffekte
- ✓ Etappierte Umsetzung

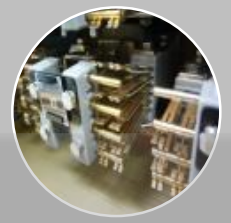


Fahrplan

- ✓ Techn. Machbarkeit der Durchgängigkeit End2End Bestellung, Planung, Steuerung, Lenkung, Fahren
- ✓ Skalierung Fahrplan-automatisierung über PoCs erwiesen
- ✓ Erste Verbesserungen in der Produktion

Betriebs-zentrale

- ✓ Machbarkeit Rangieren inkl. Warnung io
- ✓ Pilotierung DispoOp
- ✓ Teilautomatisierung bei Abweichungen über PoCs erwiesen
- ✓ Machbarkeit RTO One bewiesen → Pilot Olten + Ceneri
- ✓ Pilot Twann



Stellwerk

- ✓ PoC und Grundkonzept fertig.
- ✓ Risikoanalyse, Prototyp und Lastenheft in Erstellung.
- ✓ Kompatibel zur Alpha-Version der international abgestimmten RCA Architektur

Connectivity/ Lokalisierung

- ✓ Teststrecke für 5G inkl. neuem Standard-Standort im Bau, UIC Working Group Telco On-Board Architektur etabliert
- ✓ Automatisierung Messfahrten Zugspitze, Aufbau Big Data Plattform, erste Messfahrten Zugende
- ✓ AWAP LUW Produkt bereitgestellt, AWAP Light Softw. Vergabe

Zugführung

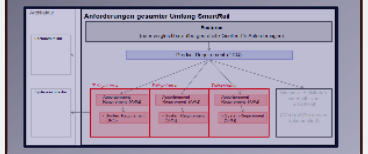
- ✓ Pilot GoA2@SOB L1LS Wettbewerb mit Konzepten abgeschlossen
- ✓ Erste Fahrzeug-Fernsteuerung nach Normenentwurf
- ✓ Fahrzeugplattform COAT – Demonstrator initiiert
- ✓ Studie BC GoA3/4 läuft

- ✓ Gesamtarchitektur inkl. Migrationskonzept erstellt

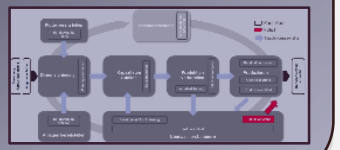
Funktionales Zielbild

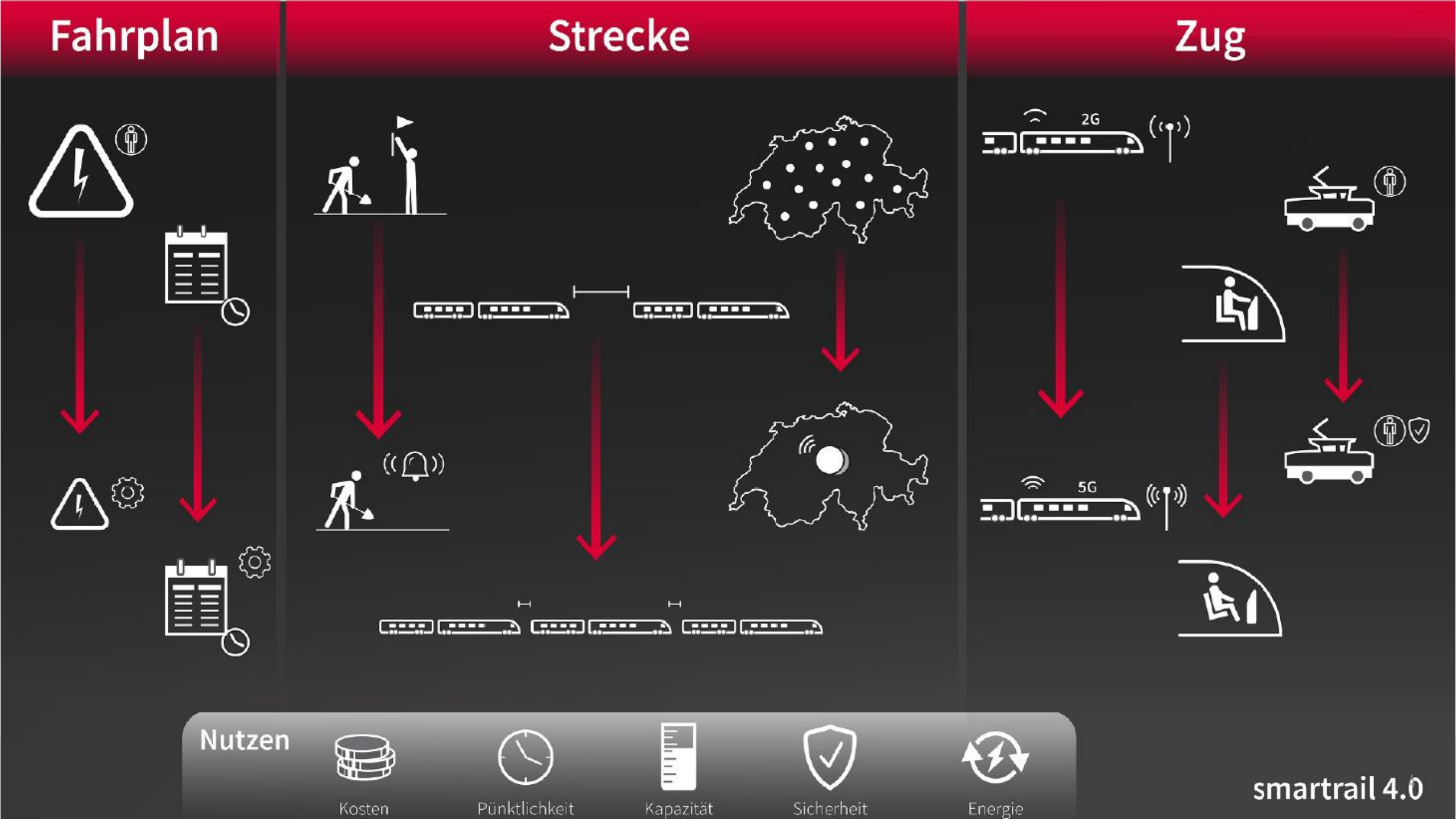
Facharchitektur

Anforderungen

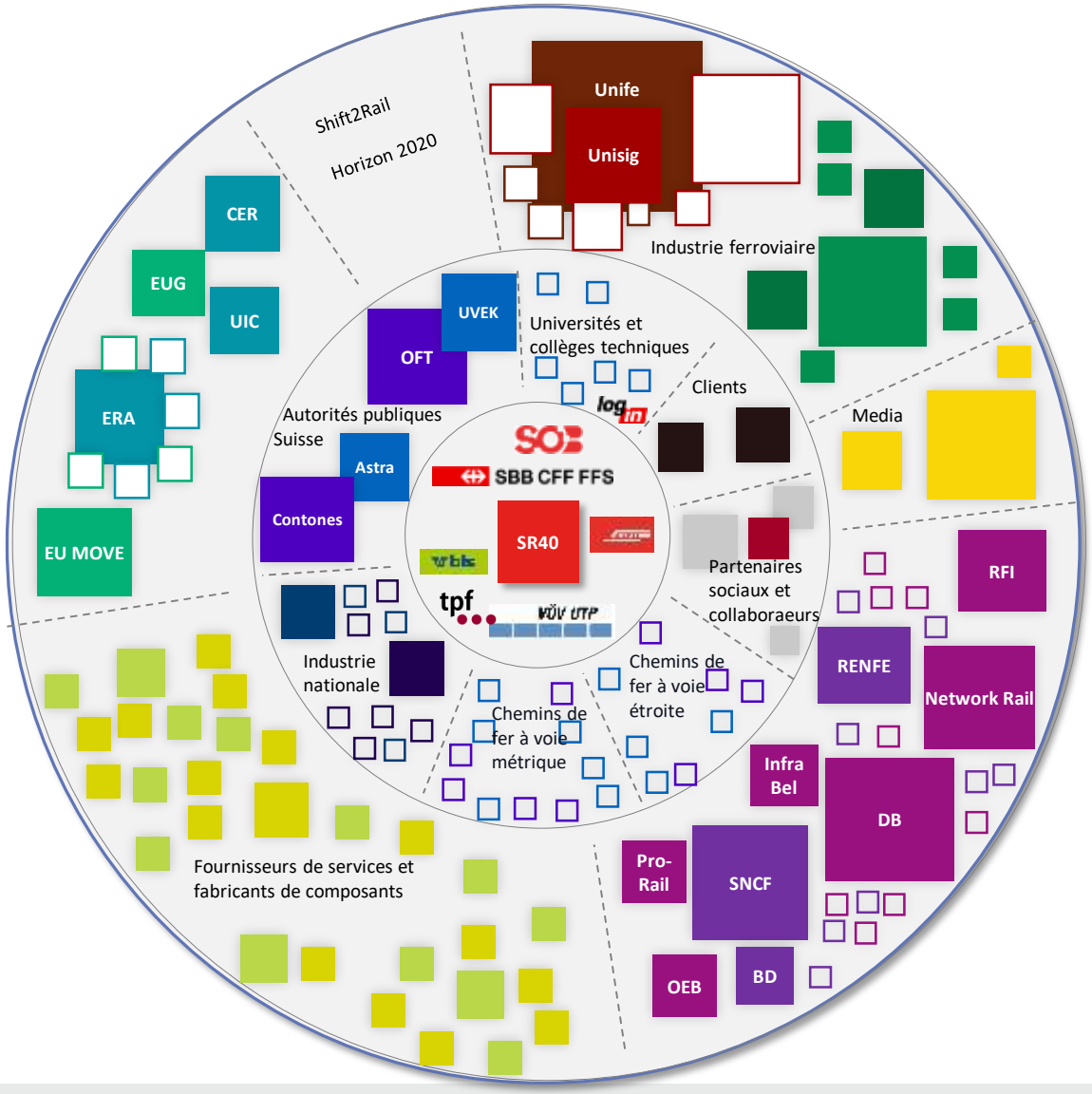


Geschäftsprozesse




Fahrplan
Strecke
Zug
2G
5G
Nutzen
Kosten
Pünktlichkeit
Kapazität
Sicherheit
Energie
smartrail 4.0

Gemeinsam zum Ziel



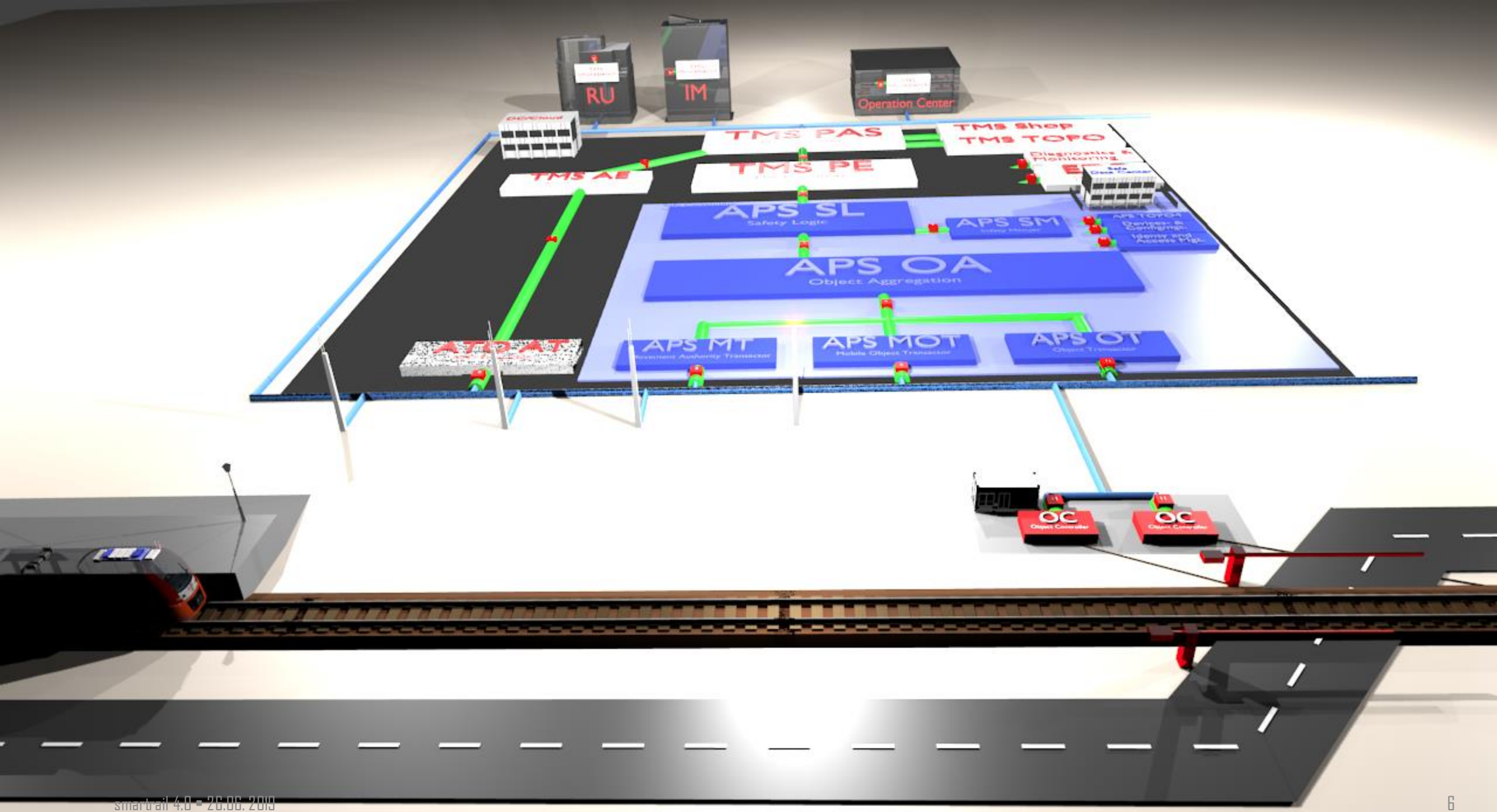
- Industrie.

- Internationale Organisationen.

- Branche Schweiz – unsere Partner.

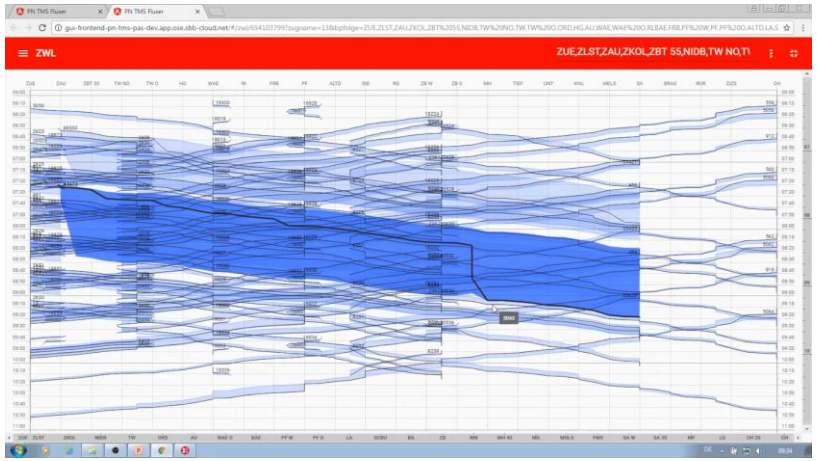
- Internationale Branche – unsere Partner.

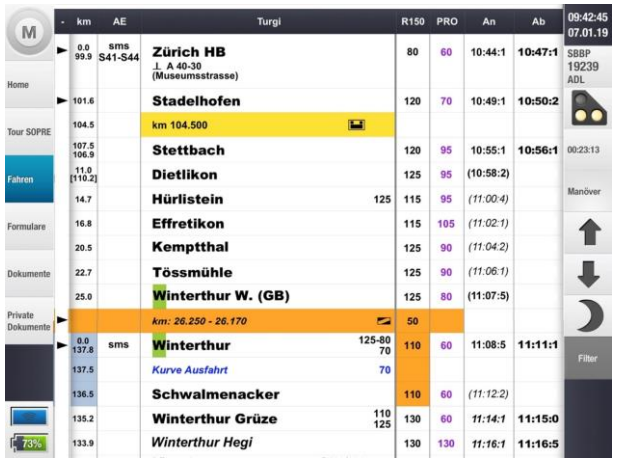
RCA OCORA ÖBB DB SNCF ...


RU
IM
Operation Center
TMS PAS
TMS PE
TMS shop
TMS TOPO
Diagnostics &
Monitoring
APS SL
Safety Logic
APS SM
APS OA
Object Aggregation
APS MT
APS MOT
Mobile Object Transactor
APS OT
OC
OC

smartrail4.0

Smartrail 4.0 beginnt bereits jetzt und wird die Berufsbilder verändern

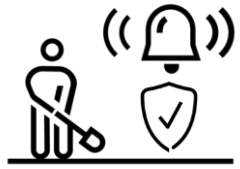
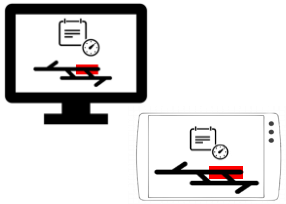
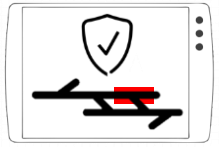
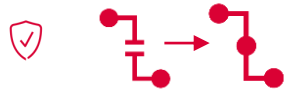

ZWL
ZUE,ZLST,ZAU,ZKOL,ZBT 55,NIDB,TW NO,T


km
AE
Turgi
R150
PRO
An
Ab
09:42:45
07.01.19
Home
Tour SOPRE
Fahren
Formulare
Dokumente
Private Dokumente
Zürich HB
Stadelhofen
km 104.500
Stettbach
Dietlikon
Hürlistein
Effretikon
Kempttha
Tössmühle
Winterthur W. (GB)
km: 26.250 - 26.170
Winterthur
Kurve Ausfahrt
Schwalmenacker
Winterthur Grüze
Winterthur Hegi
SBBP
19239
ADL
00:23:13
Manöver
Filter

Wirkung von smartrail 4.0 auf das Lokpersonal

	ADL eco 2.0	ADL 4.0	Warnfunktion Rangieren	Hilfsmittel im Gleisfeld	GoA2	MTC	ETCS Level 3
Rollout ab	2019	2021	2022	Schrittweise ab 2022	2027	2027	2027
Was ändert sich?							
Impact aufs Berufsbild	●○○○○	●●○○○	●○○○○	●●○○○	●●●○○	●○○○○	●●○○○
Nutzen							
Aufpassfelder	-					-	

Business Change Bau & Unterhalt: Veränderungen der kommenden Jahre

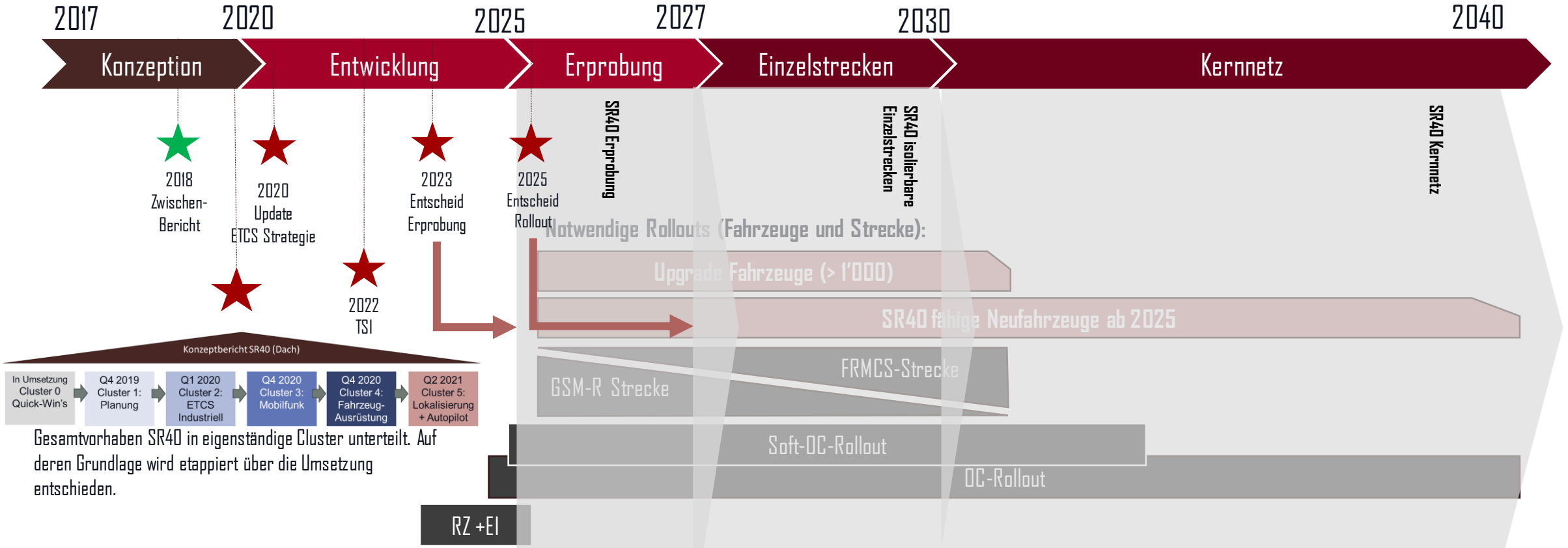
	Mobile Unterstützung Flächenprozesse	AWAP	TMS Shop	Selbstständige Arbeitssicherung	APS (ETCS-Stellwerk)	Lokalisierung (GLAT)
Rollout ab	2022	2024	2026	2026	2027	2027
Was ändert sich?	Mobile Hilfsmittel für Tätigkeiten im Gleis	 Automatisierung Warnung	 AVOR von Intervallen	 Einführen und Auflösen von Arbeitssicherung	Konzentration & Standardisierung	Reduktion Aussenanlage, Lokalisierung Objekte
Impact aufs Berufsbild	●○○○○	●●○○○	●○○○○	●●○○○	●●●○○	●●○○○
Nutzen						
Aufpassfelder						-

Wirkung von smartrail 4.0 auf den Betrieb

	EFA /ADAR / DispoOp	Störungsdauer-prognose	RTO «One» / RTO CH	TMS als führendes System	Autom. Rangieren / Regelbetrieb	Flächen-prozesse	Volle SR40 Funktionalität
Rollout ab	2020	2020	2020	2022	2024	2024	2026
Was ändert sich?	Aufhebung von Medienbrüchen. Direkter Durchgriff ALEA – RCS – ILTIS.	Verbesserte Qualität bei der Angabe der Störungsdauer.	Automatische Dispositionen Reihenfolgen und Fahrweg-änderung. (schrittweiser Rollout über mehrere Jahre)	TMS als führendes System. Verschmelzung Planungs- und Durchführungs-ebene.	Durchgängigkeit Planung – Produktion. Automatisierte Abstellbewirt-schaftung. Automatisiertes Rangieren.	Vereinfachte Kommunikation Fläche – BZ. Digitalisierung Checklisten.	Neue Betriebs-prozesse. Schrittweise aut. Abwicklung Störungsbetrieb Ab 2027: Volle SR40-Funktionalität. Automatisches Einlegen von Sperren.
Impact auf Rollen	●●●○○	●○○○○	●●○○○	●●○○○	●●●●●	●●●○○	●●●●●
Nutzen							
Aufpass-felder							

In Etappen ins Ziel – Schritt für Schritt

Von der Konzeption zum Rollout Kernnetz.



Gesamtvorhaben SR40 in eigenständige Cluster unterteilt. Auf deren Grundlage wird etappiert über die Umsetzung entschieden.

Das SR-Gesamtvorhaben wird in weitgehend unabhängige Entscheidungscluster unterteilt, um etappiert über den weiteren Fortgang zu entscheiden.

SR40 Cluster – Einführung und Beschreibung

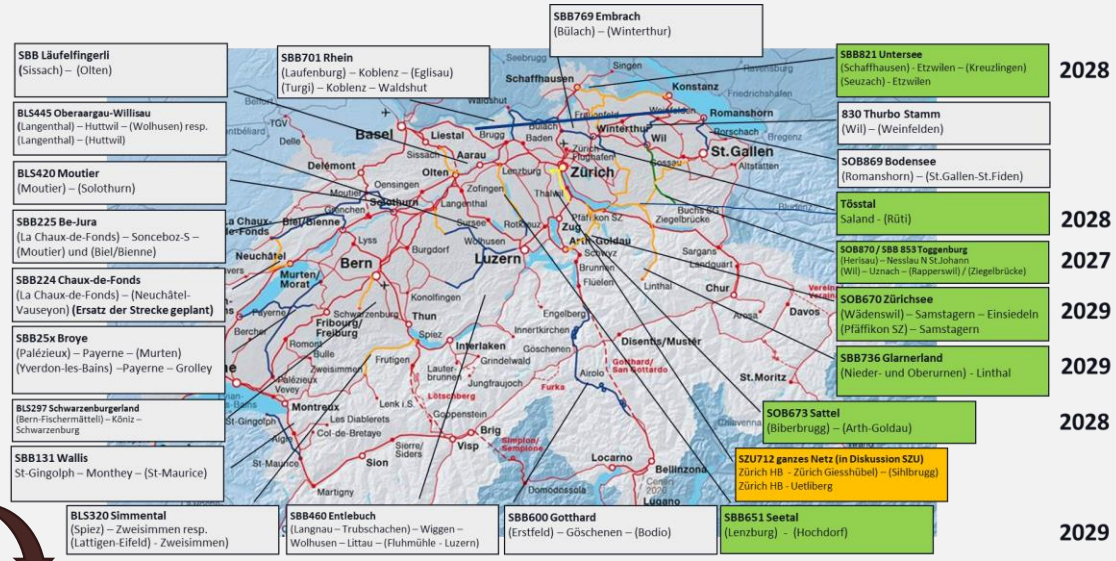
CLUSTER	0 Quick Win's heutige Produktion	1 Verkauf, Planung und Steuerung Kapazität	2 Führerstand-signalisierung industrialisiert	3 Mobilfunk (Connectivity)	4 Modularisierte CCS Fahrzeug-architektur	5 Lokalisierung (a) Autopilot (b) Erprobung (c)
BESCHREIBUNG	▪ Gehversuche mit dem neuen «TMS»	▪ Automatisierung im Bereich Fahrplan-planung und Betriebsführung ▪ Enabler für SR40	▪ Einführung „geome-trischer" Stellwerklogik ▪ Entwicklung Baukasten ETCS Stellwerk inkl. Leittechnik	▪ Entwicklung FRMCS Netzkonzept inkl. Auswahl eines Netzlieferanten	▪ Bereitstellung Bau-kasten für standardi-sierte CCS Fahrzeug-ausrüstung inkl. Vor-bereitung des fahrzeugseitigen Rollouts	▪ Bereitstellung sichere Echtzeit-Lokalisierung ▪ Bereitstellung ATO GoA2 Funktionalität ▪ Vorbereitung der Erprobung der Anwendung SR40
+ EFFEKT	▪ Effizienz Bahnproduktion ▪ Reduktion Fahrvari-anz (genauere Lokführer-Info) ▪ Energieoptimierung ▪ Kostenoptimierte Baustelle inkl. Warnfunktion	▪ Fahrplan stabil + verlässlich ▪ Besteller-Flexibilität ▪ Im Störungsfall sofort neuer Fahrplan mit minimierten Kunden-Auswirkungen ▪ Verbesserte Kunden-info im Störungsfall	▪ Günstiger Stellwerk-umbau und -betrieb ▪ Schnelle/einfache An-passungen ▪ Vollständige Zugüber-wachung ▪ Verbesserter Arbeits-schutz durch Warn-funktion Rangieren	▪ Flächendeckende Breit-bandabdeckung 5G für Bahnkommunikation (Voraussetzung für alle SR40- Features) ▪ Unterbruchsfrei telefonieren ▪ Surfen mit hoher Geschwindigkeit	▪ Schnelle Migration SR40 ▪ Kostenreduktion durch Skaleneffekte ▪ LC-Optimierung durch Modularisierung und Upgradefähigkeit ▪ Weniger Störungen durch Fahrzeuge	▪ Reduktion LC-Kosten ▪ + Kapazität durch dichteres Fahren (ETCS L3) ▪ Sicheres Rangieren ▪ + Kapazität durch Autopilot ▪ Energieoptimiertes Fahren ▪ Vorbereitung SR40-Erpro-bung/Rollout Mobilfunk

Migration SR40: iterative Abstimmung zwischen Fahrzeugen und Strecken notwendig

Fahrzeuge

- Insgesamt müssen schweizweit rund 2'300 Fahrzeuge migriert werden.
- Die SR40 Migration ist für SBB fahrzeugseitig vier mal so gross wie das Vorgaben „ETCS 2.Welle".
- Zum Fahrzeugrollout / Refitting läuft eine Konzept-untersuchung, denn neue Ansätze sind zwingend nötig.

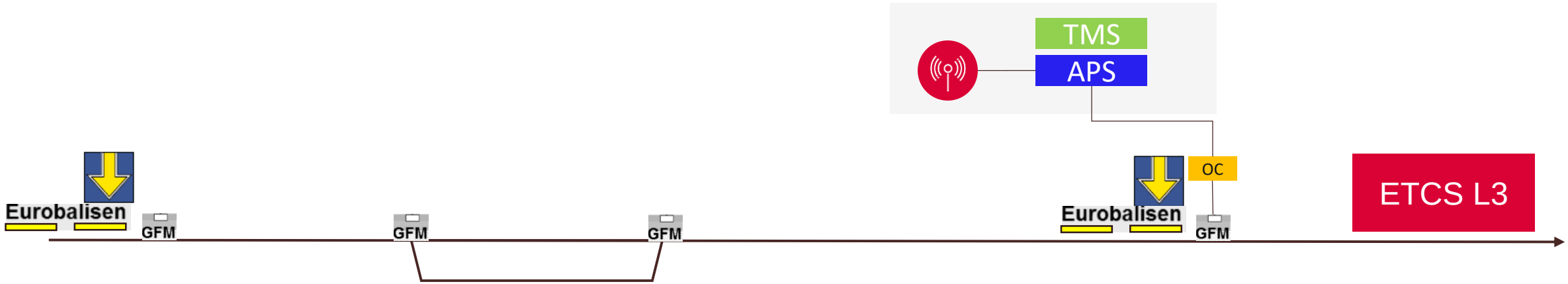
Strecke



Als **Erprobungsstrecken** sind geplant:
(Wil) – (Wattwil), (Wattwil) – Nesslau und
eine BLS Strecke (in Evaluation)

smartrail4.0
Planungsprämissen
Erprobungsstrecke

Zielbild Erprobungsstrecke als erster Schritt (Grundlage TSI2022)



Zielbild Erprobungsstrecke:

- ETCS Level 3
- **ohne** GLAT-Lokalisierung
- Einzelwagen ohne Zugschluss-Ortung
- ETCS BL3 SRS 3.4 ist möglich solange GSM-R / exkl. ATO (APS verlangt BL3). Mit FRMCS und ATO ETCS BL3 SRS >3.6, MTC noch nicht vorhanden

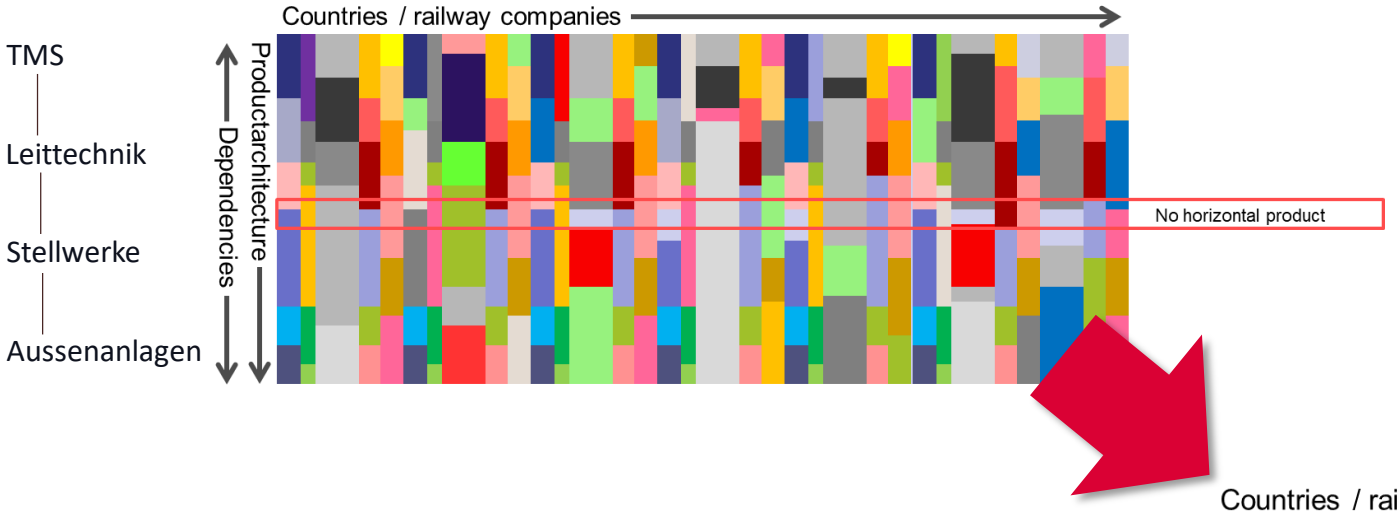
Notwendige Zusatz-Ausrüstung zum Zielbild SR40

- ETCS-Balisen in genügender Anzahl
- Durchgehend Gleisfreimeldung
- ETCS-Haltsignal

smartrail4.0

Gemeinsam in Europa – ein Standard

Harmonisierte Architektur mit klaren Schnittstellen



Heute: wenig Standardisierung

→ kleine Märkte

→ erschwerte Weiterentwicklung

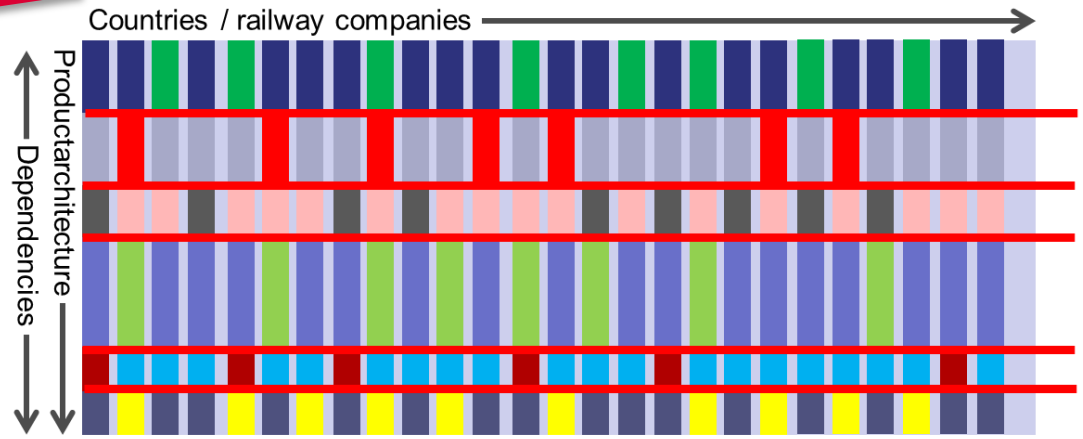
Ziel: Baukasten mit upgrade-fähigen Komponenten

→ Grössere Märkte

→ Weniger Komplexität

→ Höhere Innovations-/Erneuerungsrate

→ Breitere Anwendung (mehr und frühere Rollouts), dank besserem Preis-/Leistungsverhältnis



Breite internationale Zusammenarbeit in zwei zentralen Initiativen
Committment zu RCA: «Declaration of Intent» - unterschrieben von DB, NR und SBB

Diverse Arbeitsgruppen S2R

MoU mit SNCF (Lokalisierung)

Arbeitsgruppen UIC (FRMCS)

RCA

reference CCS architecture

- Aktive Infrastruktur Manager: DB, NR, ProRail, SBB, SNCF, TRV, InfraBel
- Patronat EUG und EULYNX
- Harmonisierung Architektur in Europa

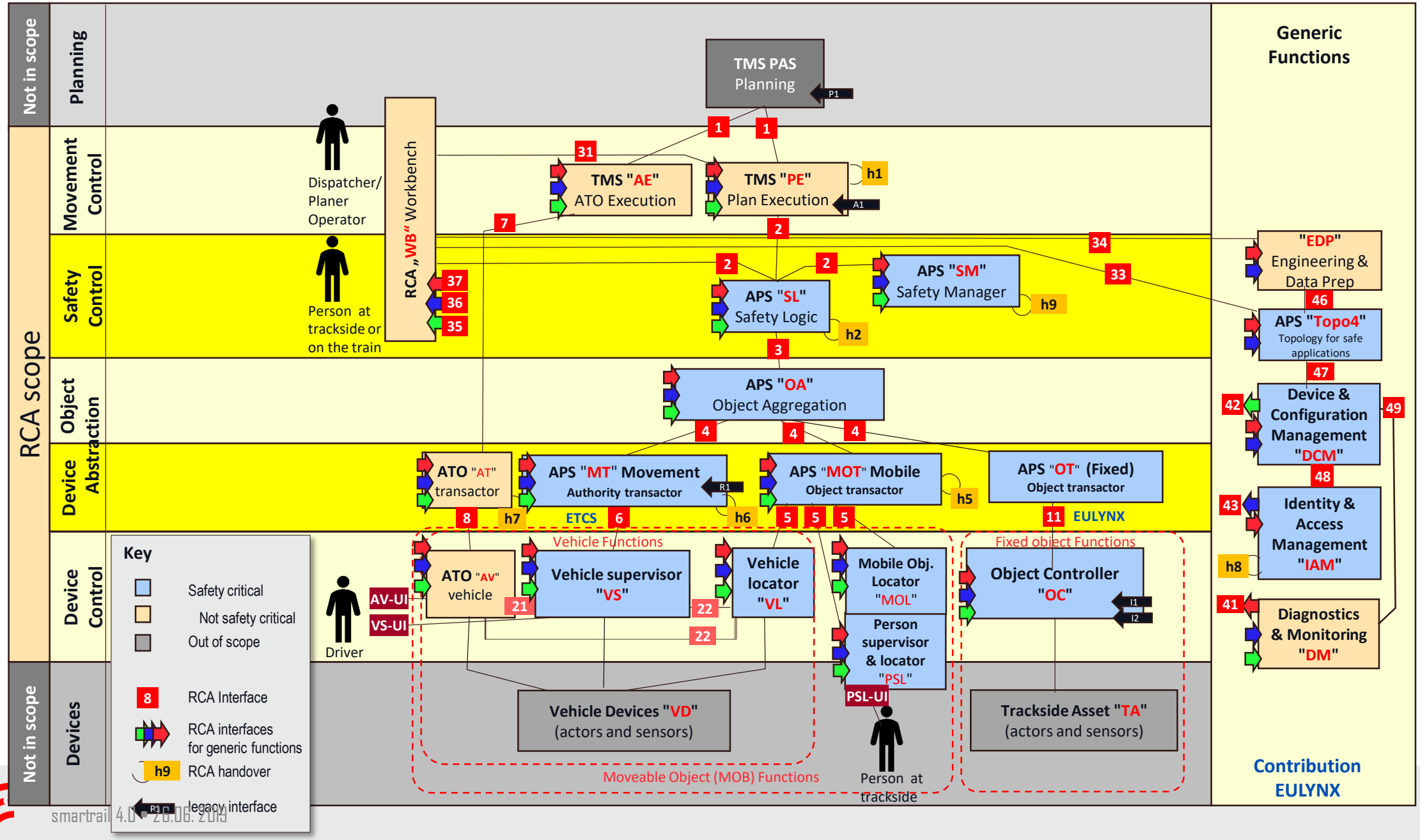
Engagement EULYNX

B Cargo für TO

MoU ÖBB mit 3 Kooperations-paketen

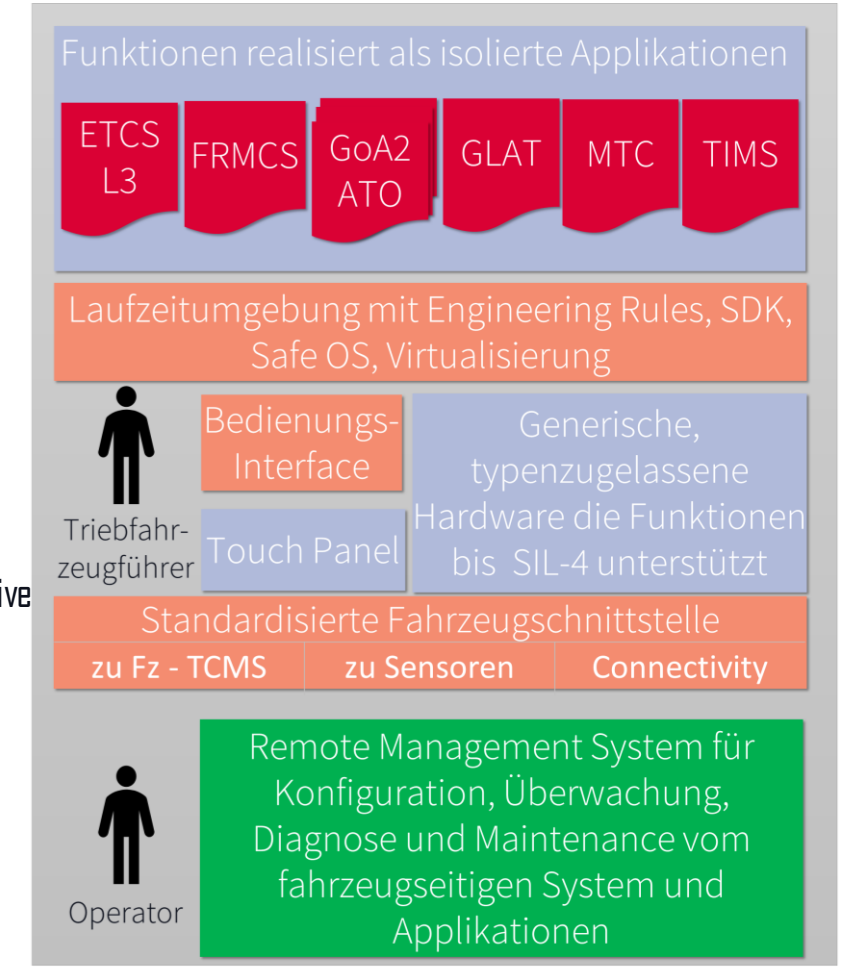
DACH-Gruppe mit DB und ÖBB

RCA Alpha


Not in scope
Planning
RCA scope
Movement Control
Safety Control
Object Abstraction
Device Abstraction
Device Control
Not in scope
Devices
Generic Functions
TMS PAS Planning
TMS "AE" ATO Execution
TMS "PE" Plan Execution
Dispatcher/ Planer Operator
Person at trackside or on the train
RCA „WB" Workbench
APS "SL" Safety Logic
APS "SM" Safety Manager
APS "OA" Object Aggregation
ATO "AT" transactor
APS "MT" Movement Authority transactor
APS "MOT" Mobile Object transactor
APS "OT" (Fixed) Object transactor
ETCS
EULYNX
Vehicle Functions
Fixed object Functions
ATO "AV" vehicle
Vehicle supervisor "VS"
Vehicle locator "VL"
Mobile Obj. Locator "MOL"
Person supervisor & locator "PSL"
Object Controller "OC"
AV-UI
VS-UI
PSL-UI
Driver
Vehicle Devices "VD" (actors and sensors)
Trackside Asset "TA" (actors and sensors)
Moveable Object (MOB) Functions
Person at trackside
"EDP" Engineering & Data Prep
APS "Topo4" Topology for safe applications
Device & Configuration Management "DCM"
Identity & Access Management "IAM"
Diagnostics & Monitoring "DM"
Contribution EULYNX
Key
Safety critical
Not safety critical
Out of scope
RCA Interface
RCA interfaces for generic functions
RCA handover
legacy interface

Lösungskonzept COAT
(CCS onboard application platform for trackside related functions):

- Vision: **Software statt Spezialhardware**
- **Modulares Zulassungskonzept**
- Funktionalitäten werden als am Markt frei verfügbare **Applikationen** realisiert
- Generische am Markt verfügbare, vorzertifizierte **Hardware** (für Funktionen mit Sicherheitsrelevanz / bis SIL-4)
- Europäisch spezifizierte, **standardisierte Architektur** und **Fahrzeugschnittstellen** → Initiative **OCORA mit DB, NS, ÖBB, SNCF, SBB**



Breite internationale Zusammenarbeit in zwei zentralen Initiativen

Diverse Arbeitsgruppen S2R

MoU mit SNCF (Lokalisierung)

Arbeitsgruppen UIC (FRMCS)

RCA

reference CCS architecture

OCORA

open CCS On-board reference architecture

Engagement EULYNX

MoU mit DB Cargo für ATO

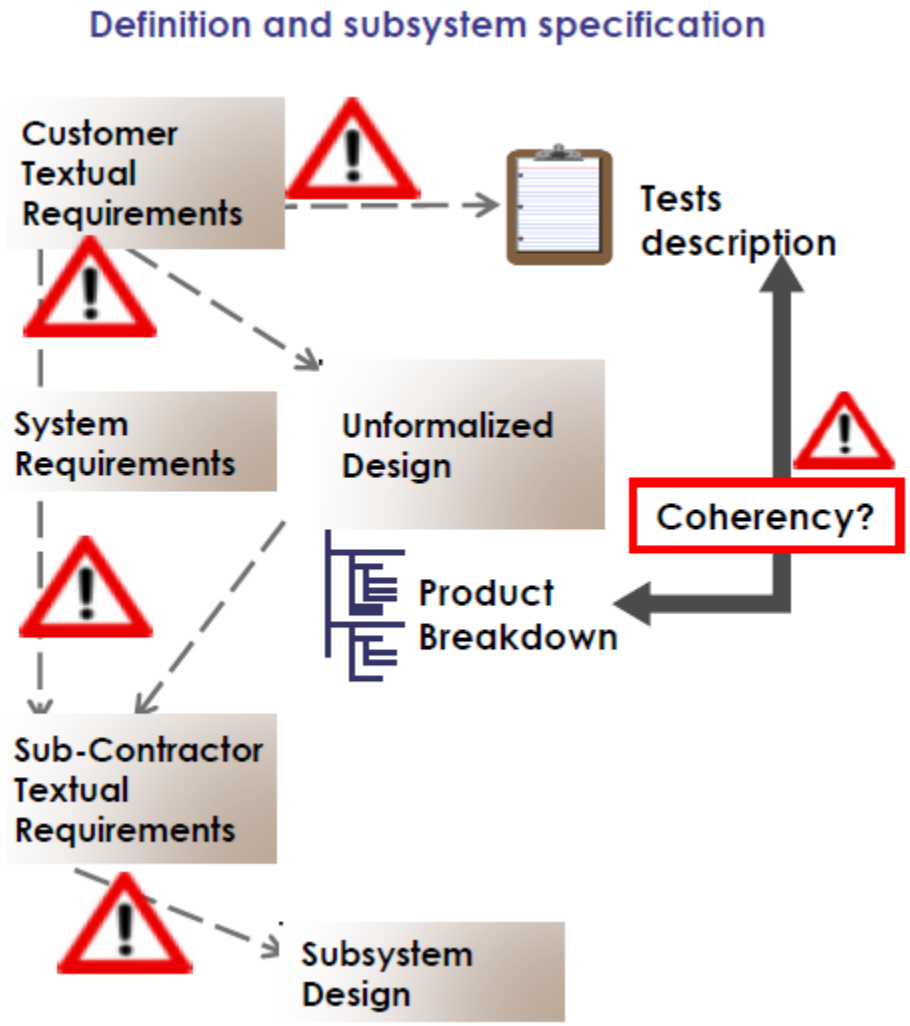
MoU ÖBB mit 3 Kooperations-paketen

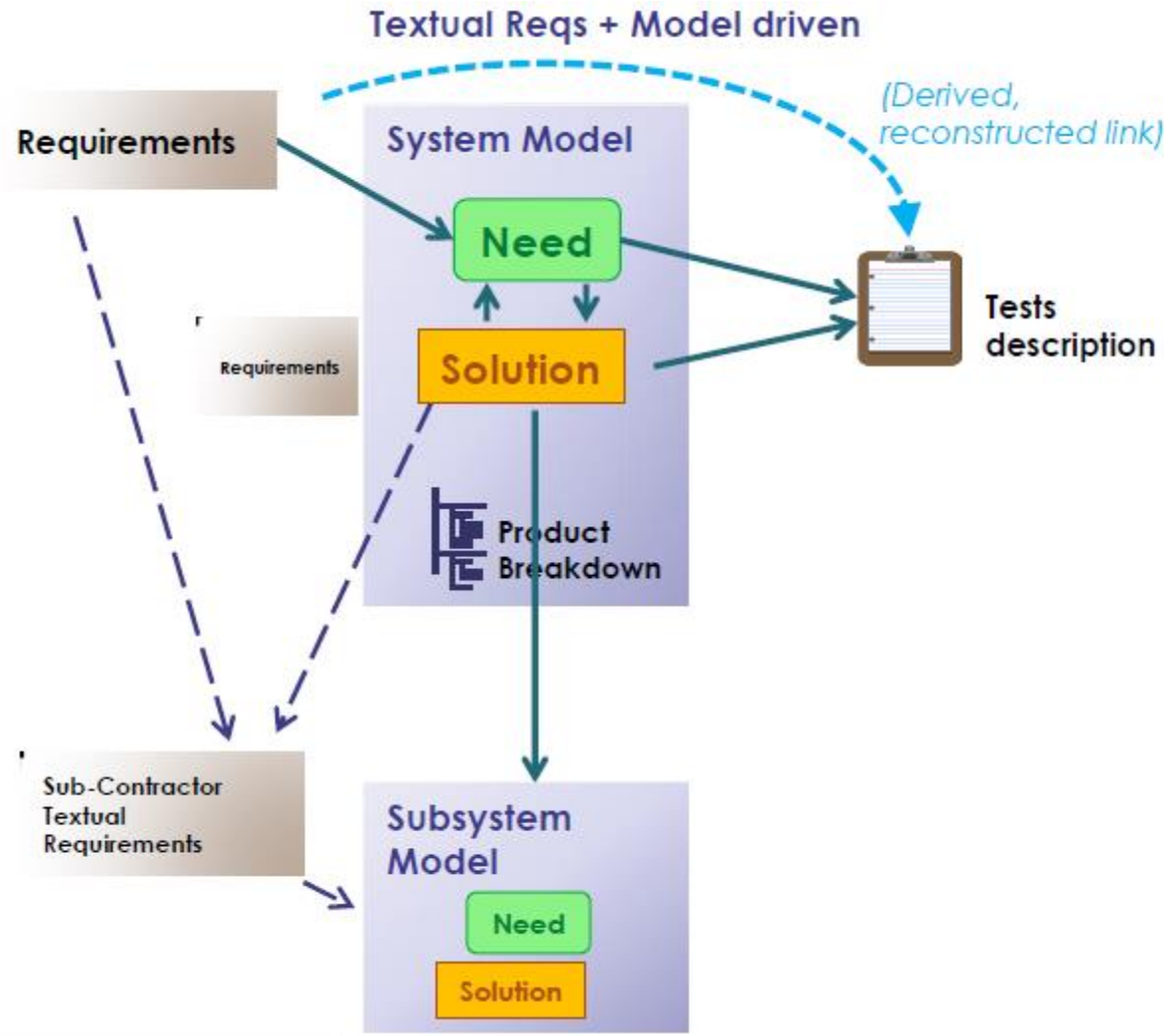
DACH-Gruppe mit DB und ÖBB

- EVUs - Gründungsmitglieder: DB, NS, ÖBB, SNCF, SBB
- Ziel:
  - Definition, Validierung und Förderung einer offenen CCS On-board Reference Architektur
  - Weiterentwicklung open source ETCS/ATP

smartrail4.0
Arcadia / Capella
Model Based Systems Engineering (MBSE)

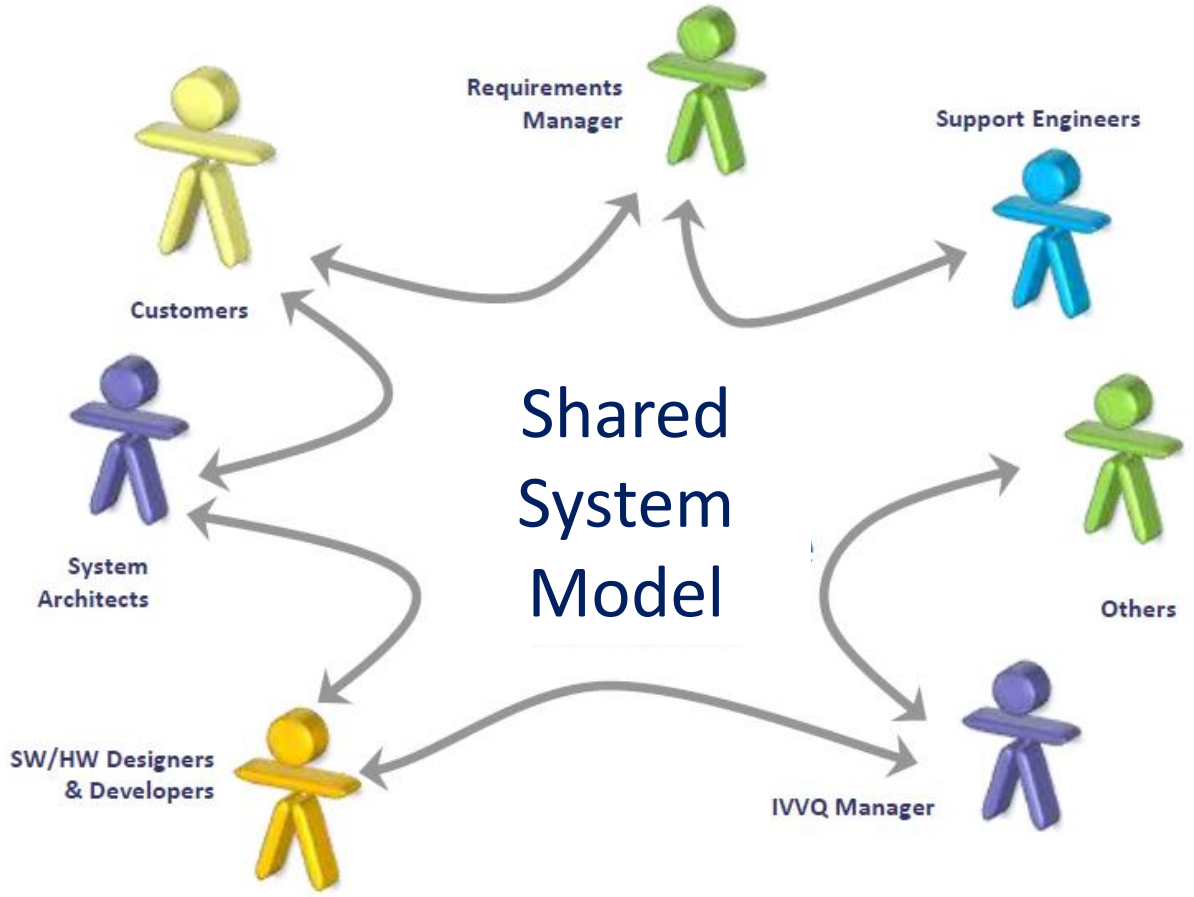
Text Requirements vs. Model Based





Model Based Systems Engineering (MBSE)

- Shared models with multiple views
- Collaborative workflow and unique reference
- Common unified language/concept



MBSE Methode

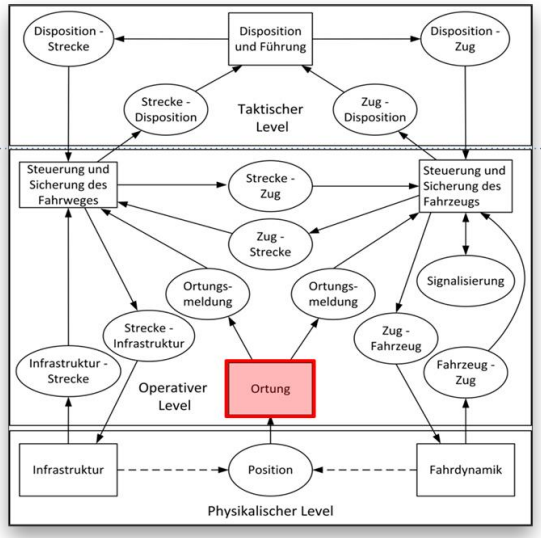
Tool supporting Arcadia

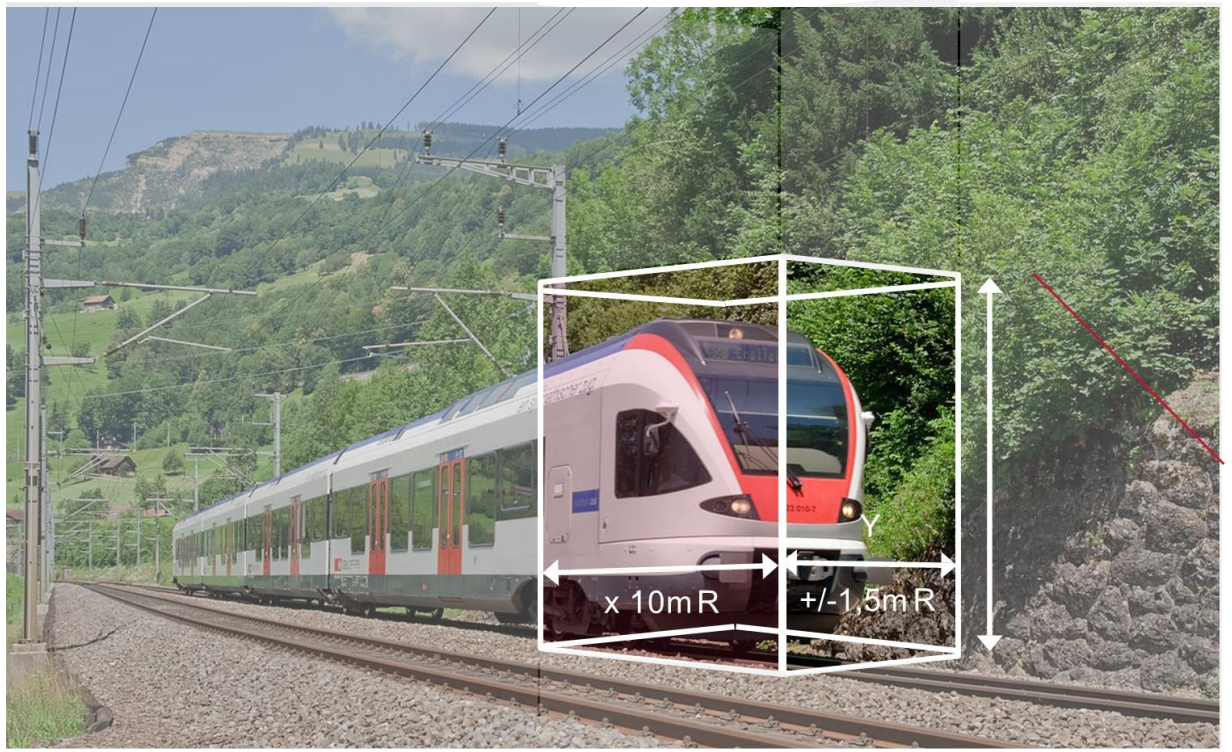
smartrail4.0

Einblick Lokalisierung

Anforderungen an die Lokalisierung

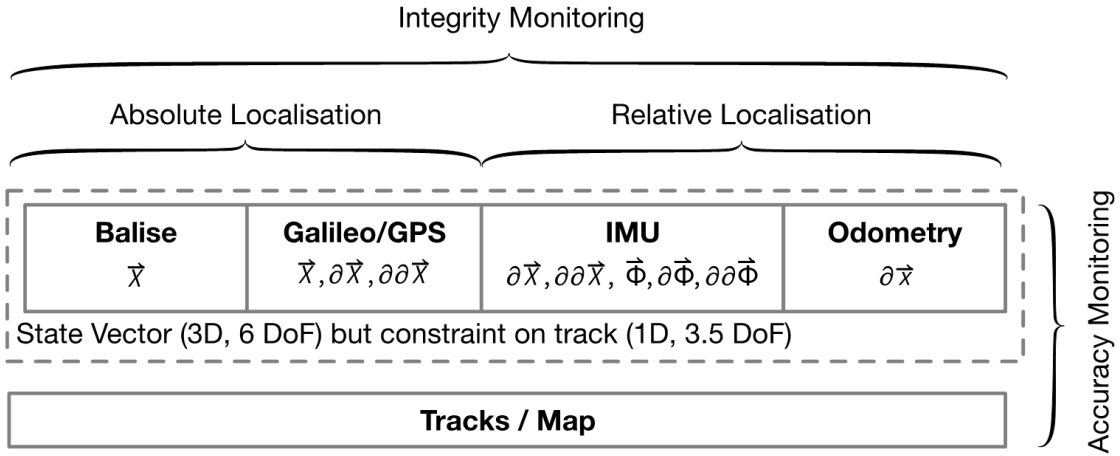
In einer Machbarkeitsstudie wurde ein Schema von Use Cases entwickelt, das zusammen mit den Sicherheitsanforderungen die Lokalisierungsleistung (Genauigkeit, Zuverlässigkeit (RAMSS)) liefert.





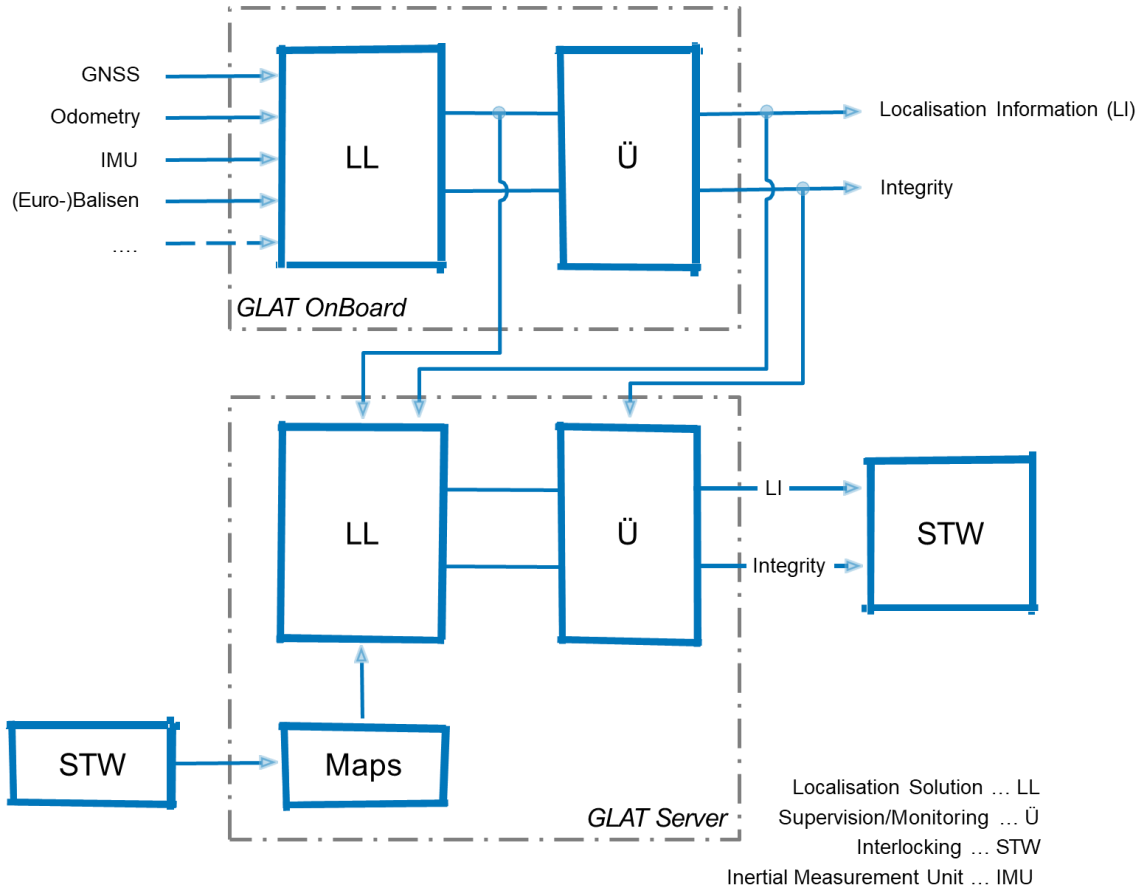
Prof. DDr. Schnieder

Funktionen und Architektur

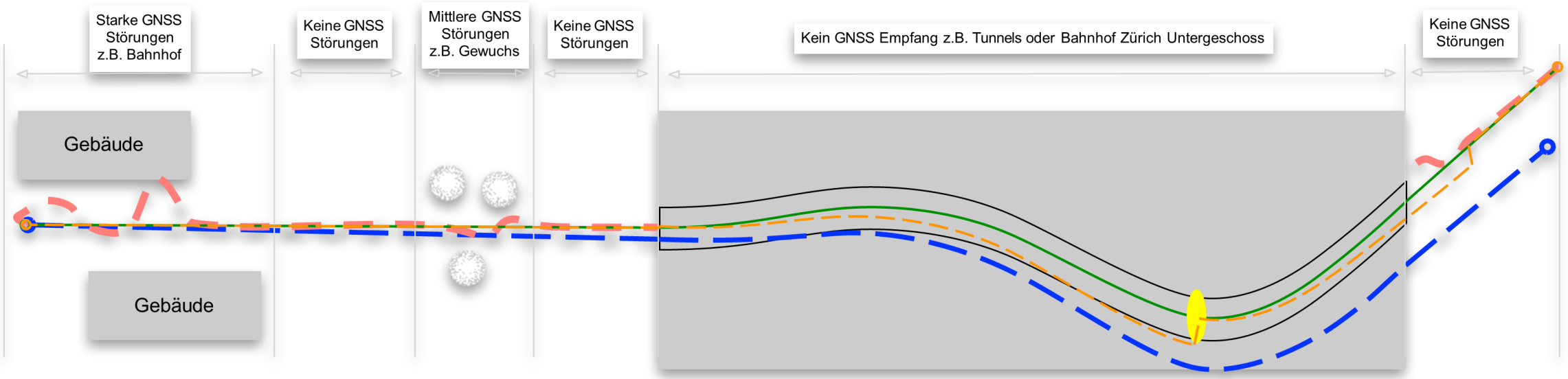


Current Approach:

- Multi Sensor On-Board Unit (OBU)
- Multi Layer Architecture



Lokalisierung – notwendige Genauigkeit dank Triggerpunkten (GNSS, Balisen)



GNSS — genau in Bereichen ohne GNSS Störungen

INS (IMU + ODO) — glatter Verlauf aber driftende Position über Zeit und Weg

TrainTransponder — genauer, glatter Verlauf bei allen GNSS Empfangssituationen, driftende Position über Zeit und Weg in Bereichen ohne GNSS und «Korrektur» bei ETCS Balisen oder bei Wiedereintritt in Bereiche ohne GNSS Störungen.

Ground Truth — wahrer Verlauf der Position

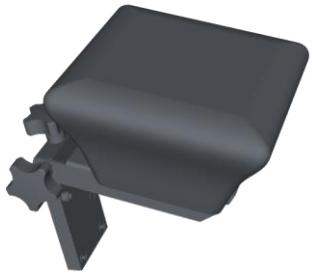
ETCS Balise als genaue, absolute Positionsreferenz

Funktion GLAT Onboard Unit (OBU) / «Train Transponder»

GNSS, INS (IMU + ODO), ETCS Balisen und «Ground Truth»

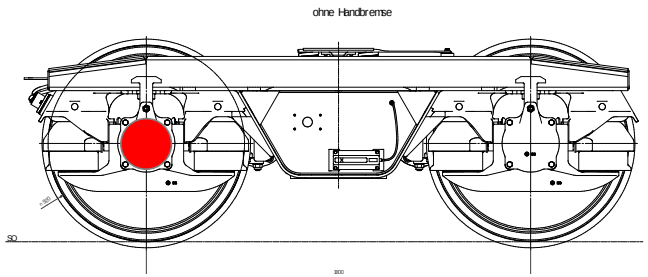
Zug Ende Tag (ZET), aktuelle Varianten

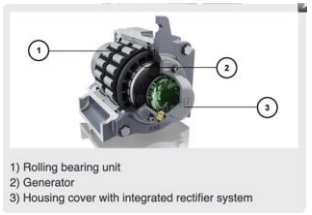
«Zug Ende Tag (ZET)» / Variante 1, Q3/4 2018



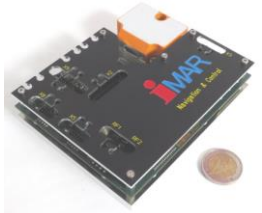
Zugende-(signal)
- Reach RS+ (L1)
- Tallysman Antenne
- Akku
- Autonomie ca 30h

«Zug Ende Tag (ZET)» / Variante 2, Q1/3 2019



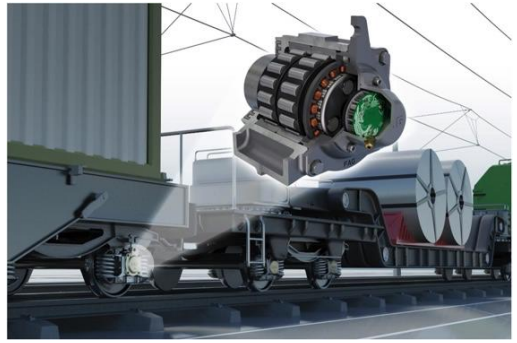


FAG/Schäffler Achs-Generator
- Odometrie
- Energieversorgung (bis 100W)



iNAT M200 Modul
- GNSS (ublox F9)
- STIM300 IMU
- Sensorfusion
- Datenspeicher

GNSS Antenne
- omnidirektional
- kleine Bauform



Integriertes Radachsen Modul
- eine IPx Box (energieautark)
- Sonderzulassung
- Montage und Betrieb am Mewa12

smartrail4.0

Pilot ATO 2 Basic
Beobachtetes Fahrverhalten
Testfahrten

Pilot ATO 2 Basic

Im Rahmen von smartrail 4.0 wird in Zusammenarbeit mit der Siemens Mobility AG die Entwürfe der TSI-Normen von Shift2Rail für GoA2 auf ihre Anwendbarkeit überprüft.

Anfang April 2019 wurden Testfahrten (ohne Fahrgäste) zwischen die regulären S-Bahn Züge auf der Strecke Lausanne-Villeneuve (ETCS L2) eingereiht.

Die Fahrplanvorgaben (Journey Profiles) wurden dabei vom RCS (Rail Control System) der SBB erstellt und via über das ATO-TS an die ATO-OBU (On Board Unit) übermittelt.

Bei der ATO-OBU handelt es sich um ein Funktionsmuster mit dem Fokus auf Funktionstests der Schnittstellen Subset 125 und 126 zur Anbindung an die ATO-TS, mit nicht vollständig implementierter Funktionalität. Performancemessungen waren nicht Bestandteil der Testphase.

2018 **2019** **2020** **2021 ff.**

ATO2Basic Phase 1
- SS125/126 nach Normenentwurf. SS130/139: –
- Proof of Concept: Kommunikation ATO-TS-ATO-OBU
- Eingeschränkte Funktionalität
- Keine repräsentativen Messungen möglich

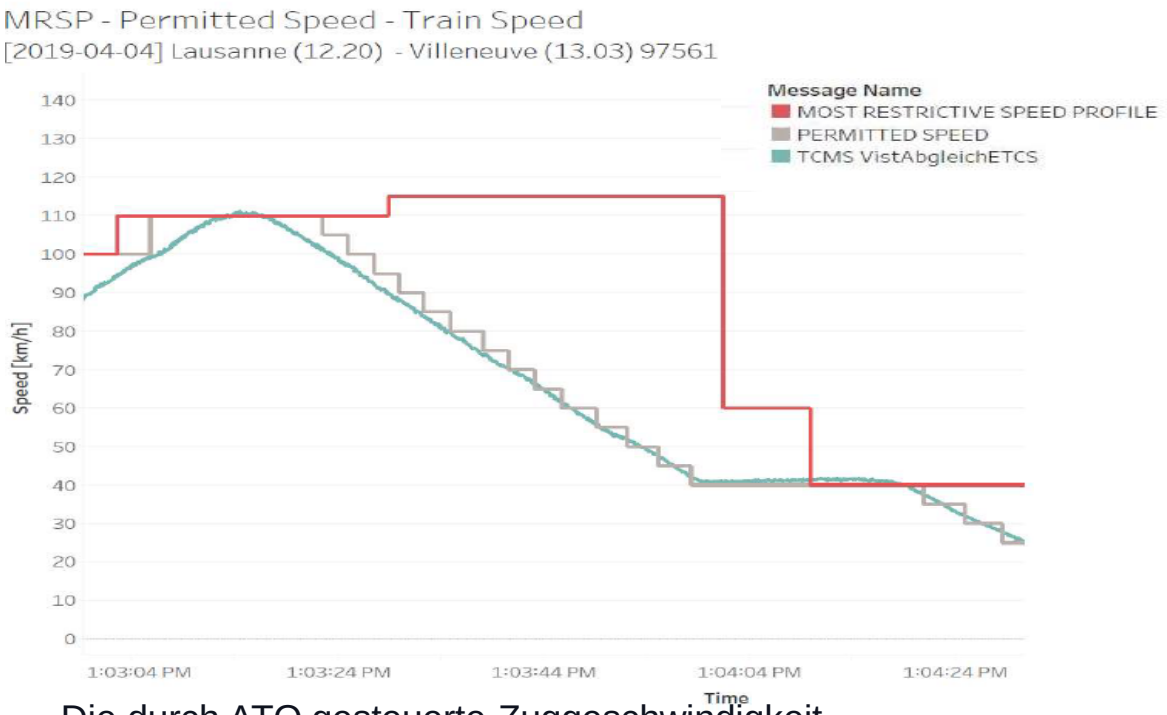
ATO2Basic Phase 2
- SS125/126/130/139 nach Normenentwurf
- Funktionalität aller Interfaces
- Mehr Funktionalität implementiert
- Fahrplandaten werden durch RCS generiert und durch ATO-TS übermittelt
- Keine repräsentativen Messungen möglich

ATO2Basic Phase 3 (ff.)
- SS125/126/130/139 nach TSI Norm
- Verifikation der Ergebnisse Phase 1&2 nach erfolgter Normierung
- Ab dieser Phase repräsentative Messungen möglich

Beobachtung Fahrverhalten (140 km/h, entspricht ca. 38 m/s)

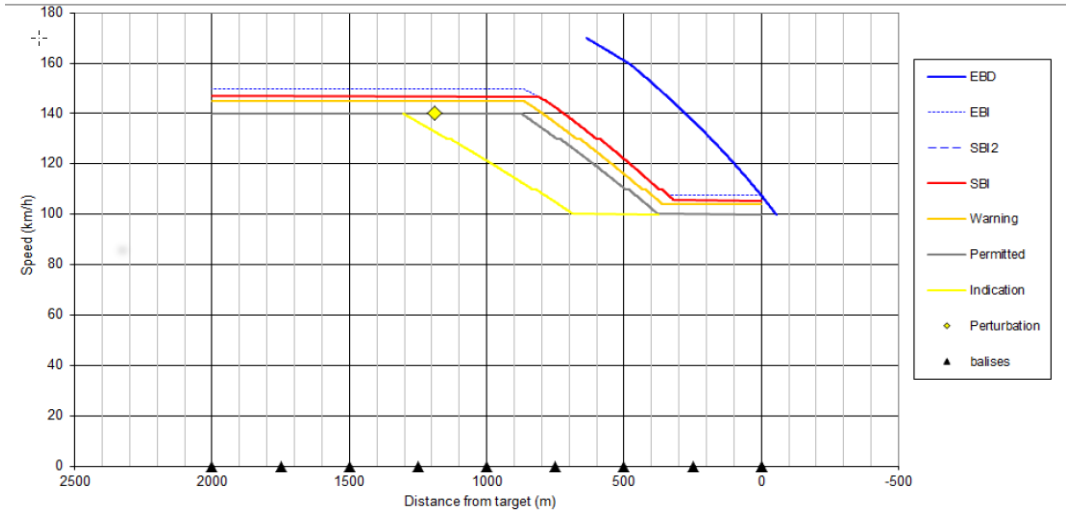
Exemplarische Darstellung einer Fahrt bei schlechter Adhäsion

Aufzeichnung Lausanne-Villeneuve



Die durch ATO gesteuerte Zuggeschwindigkeit folgt der permitted Speed Kurve von ETCS

Prinzipdarstellung Bremskurven ETCS



Initial speed (km/h)	Distance from target (m)							Release speed (km/h)
	Perturbation	Indication	Permitted	Warning	SBI	EBI	StartRSM	
140,00	1190,23	1309,16	874,81	796,46	718,68	718,68	N/A	N/A

Gegenüberstellung zu ETCS Geschwindigkeitskurven

- Differenz zwischen Gelb (Indication) und $V_{permitted:}$ ca. 12 sec
- Differenz zwischen $V_{permitted}$ und Orange macht ca. 2 sec aus

Kapazitätssteigerung GoA2 liegt in der Reserve zwischen gelber Indication Kurve (gelb) und $V_{permitted}$ (grau)

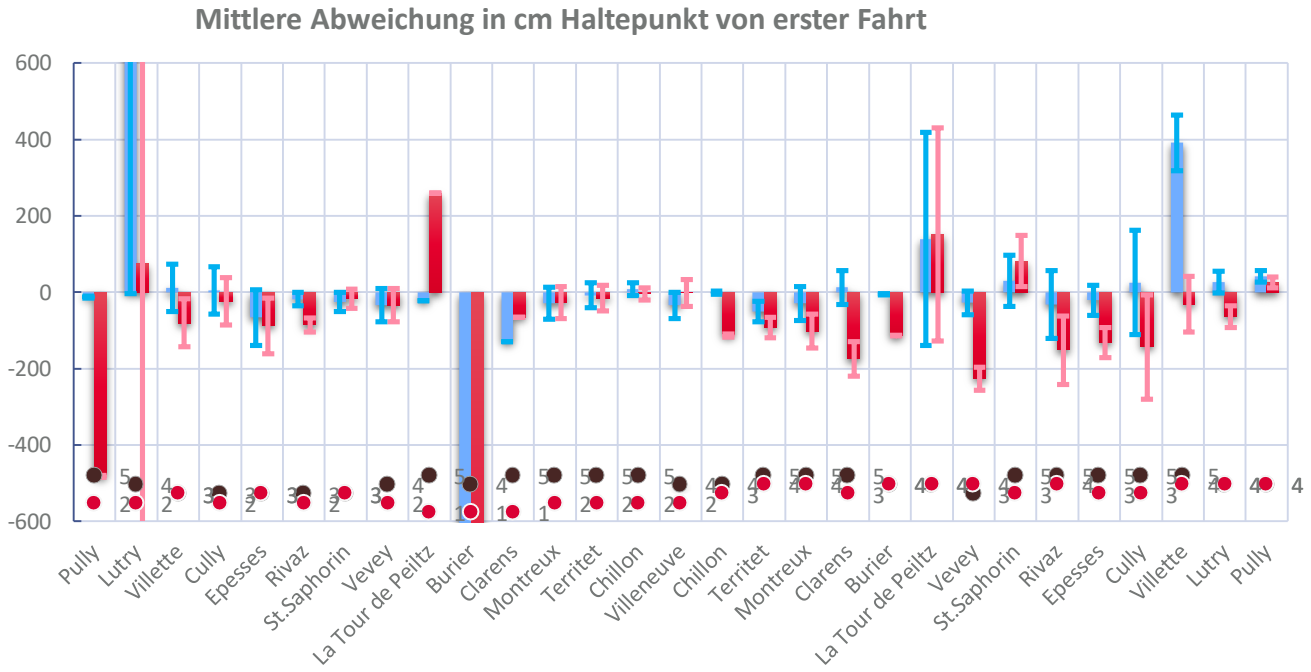
Beobachtung Anhalteverhalten: Stichprobenmessungen
Nicht repräsentative Beobachtungen während der SS125/126 Interfacetests

Referenz: erste Fahrt (Vergleichsfahrt) bei guter Adhäsion (Keine Relation zu kommandierter Halteortposition)

Anhalteort wurde markiert und bei Folgefahrten das Delta gemessen

Kein statisches Journey Profile, sondern dynamisch durch RCS → Fahrverhalten dynamisch, verkehrsabhängig

- Vergleichswerte gemischt gute/schlechte Adhäsion (Anzahl der Stichproben im Diagramm angegeben)
- Über-/Unterschiessen: Tendenziell wird häufiger vor als hinter der Markierung angehalten.
- Genauigkeit: In der Regel akzeptabel, es gibt jedoch Ausreisser an einigen Stationen.



Erste Resultate sind besser als erwartet!

- Keine Auffälligkeiten bei SS125/126
- Ohne optimierte Algorithmen
- Adhäsionsregelung in OBU noch nicht implementiert

Info:

- Die breiten Balken sind die mittlere Abweichung von der Markierung
- In der Mitte der breiten Balken ist die Varianz der Stichproben hellblau (Trocken) bzw. hellrot (Regen) mit dünnen Balken dargestellt
- Die Punkte repräsentieren die Anzahl der Stichproben an den jeweiligen Halteorten

Fazit

smartrail4.0

Einblick TMS

TMS-KapaPlanung: Flux One Etappen (Helper)

FluxOne – Schrittweise ans Ziel

Wir erhöhen in jeder Etappe die Komplexität.

Aktuell haben wir Etappe 2 abgeschlossen und starten nun mit Etappe 3.

TMS

The Traffic Management System of the Future

Fazit.

Mit smartrail 4.0 auf die Herausforderungen der Bahn reagieren; nur gemeinsam als Branche sind wir erfolgreich und können die Herausforderungen meistern, ein günstiges und skalierbares System der Zukunft zu bauen

smartrail 4.0 ist in der frühen Phase der Konzeption, liefert aber bereits ab 2020 ersten konkreten Nutzen; der volle Nutzen materialisiert sich nach Hochlauf ab 2040

Etappierte Einzelentscheide statt Big Bang; Entwicklungsphase startet im Januar 2020.

Vorbereitung von smartrail 4.0 mit Erprobung ab 2025 erfordert Aufbau von zusätzlichen Ressourcen parallel zur heutigen «RUN» Organisation; Ramp up ist bereits gestartet.

Die Zukunft der Eisenbahn bleibt physikalisch, nutzt aber die Stärken der neuen Technologien. Wir haben so die Bahn im Griff, auch in Zukunft.

Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit