

# «SmartRail 4.0» auf dem Weg

Martin Messerli  
Programmleiter  
«Prozesse & Anforderungen»

Bern, Juni 2018

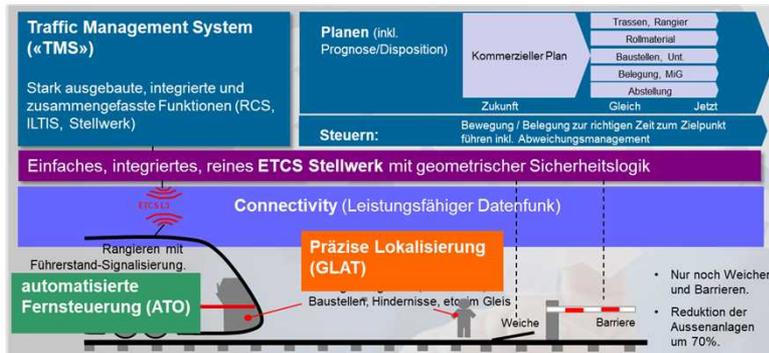
# SmartRail 4.0 - Vor einem Jahr ...

## Unsere Herausforderungen

Reduktion der Gesamtsystemkosten sind zwingend!

	<b>Gesamtsystemkosten</b> der Bahn steigen andere Verkehrsträger rechnen mit Einsparpotenzialen von 50%.
	Überlagerter Lifecycle Relais- und elektronische Stellwerke führt zu hohen <b>Ersatzinvestitionen mit Investitionsspitzen</b> .
	<b>Neue Technologien</b> beschleunigen Entwicklungen (Sicherheit, Kapazität, Flexibilität, Umweltfreundlichkeit).
	<b>ETCS L2</b> mit heutiger Stellwerksgeneration <b>ist aufwendig</b> und die volle Funktionalität von ETCS ist nicht voll genutzt. → schnelle Netzmigration bedingt optimierte Stellwerke

## Der Weg zum Ziel.



## Lösungsanalyse

neue Fähigkeiten sind notwendig.

Ziele	Höchste Kapazität	Niedrigste Kosten	Höchste Sicherheit	Schnellste Migration
neue Fähigkeiten				
	Zugintegrität (Detektion Zugende)	Automatisierung (Fahrdienst, Lokführung, Baustelle)	Migration auf bestehender Topologie	
	Moving Block (ETCS L3)	Weniger Aussenanlagen	Vollüberwachung der Objekte im Gleis (Zug, Mensch, etc.)	50 Stellwerke auf einmal
	Präzise Feinsteuerung der Züge/Wagen jederzeit	Offene Plattformen, Konzentration Stellwerke	Redundante technische Sicherheitsebene	Einfache automatisierte Projektierung
	Adaptive Lenkung	Energieeffizient Fahren		

## Zusammenfassung: Die Anforderungen, die die Zukunft stellt

<b>Always online</b>	Züge sind immer „online“. Immer lokalisiert, immer steuerbar
<b>Always safe</b>	Unabhängig von Betriebsprozessen und Anlagenlayout, kein „Factor Mensch“.
<b>Open safety</b>	Unabhängige Typenzulassungen dank generischem Protokoll zwischen Sicherheitssystem und Object Controller.
<b>Smart Localisation</b>	Kompatibilität Sicherheitssystem zu neuen Lokalisierungssystemen (mobile Lokalisierung, ETCS L3, Mensch im Gleis..)
<b>ETCS Stellwerk</b>	Komplette „Verschlankung“ der Sicherheitssysteme mit regelbasierter geometrischer Sicherheitslogik, Upgradefähigkeit
<b>Schnelle Migration</b>	Stellwerk-Innenanlage 10 x schneller und zum 1/2 Preis ersetzen. Industrielle Migration, grosse Segmente.
<b>Plug &amp; Rail</b>	Nur noch Topologie-Erfassung, dadurch stark vereinfachte Projektierung und Veränderung Anlage (inkl. Prüfung)
<b>Markttöffnung</b>	Vollständige Trennung Lebenszyklen Stellwerk und Object Controller (OC), einfache Produktherstellung/-zulassung

Voraussetzung: ETCS Führerstandsignalisierung und TSI Kompatibilität

# Programm SmartRail 4.0

Yves Zischek

## Querschnittsaufgaben:

**SR40**

Finanzierung/LV Matthias Gygax	Risk-Management Olaf Böggering	Businesscase Christian Combet	Businessarchitektur Stefan Unterberger	Transformation René Fraefel	Regulation&Vorschriften Adrian Mosimann
Systemarchitektur Markus Kuhn	Safety-Management David Grabowski	RAM-Management Markus Kuhn	Security-Management Urs Fuchser	Usability Franco Ehrat	Quality-Management Olaf Böggering

## P&A Businessprojekte (Anwendung):

**Prozesse & Anforderungen**  
Martin Messerli

Planung&Betrieb  
Marc Reber

Zugführung  
Michael Kaelin

Anlagenveränderung  
Walter Hohl

Fahrzeuge  
Beat Rappo

Gesamtmigration  
Reto Germann

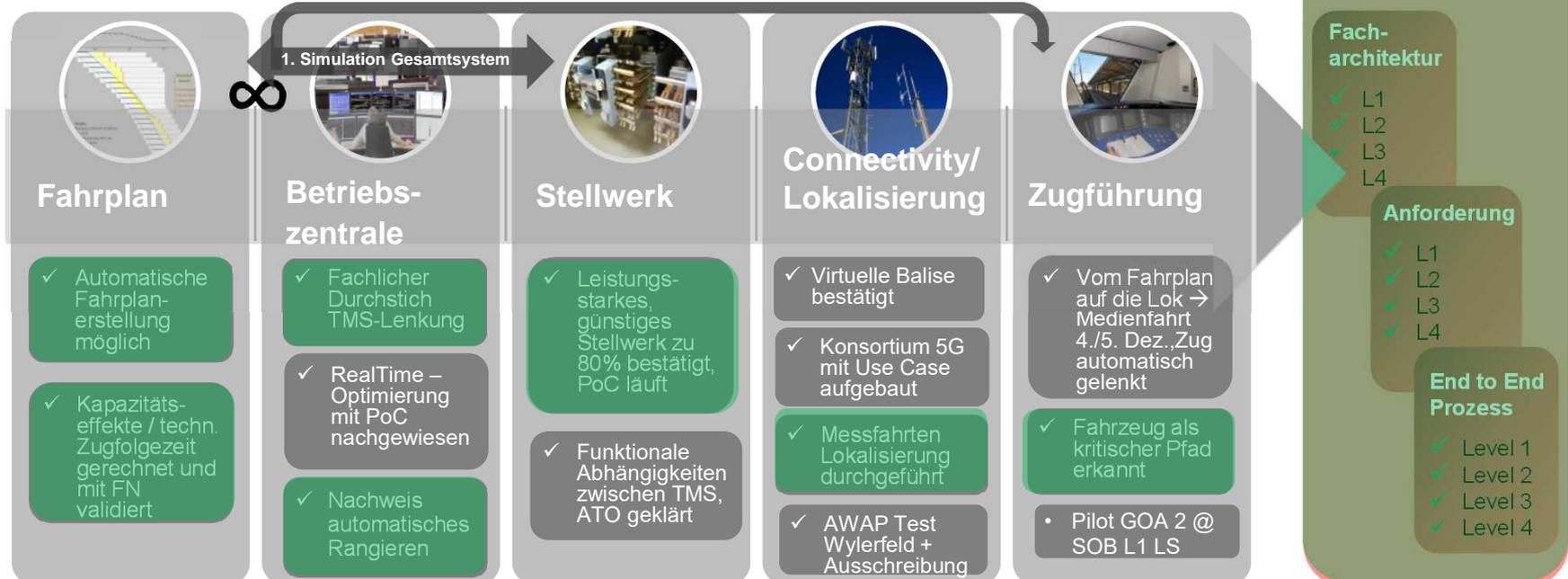
PL Erprobung  
Christoph Studer

## Umsetzungsprojekte (Baukasten):

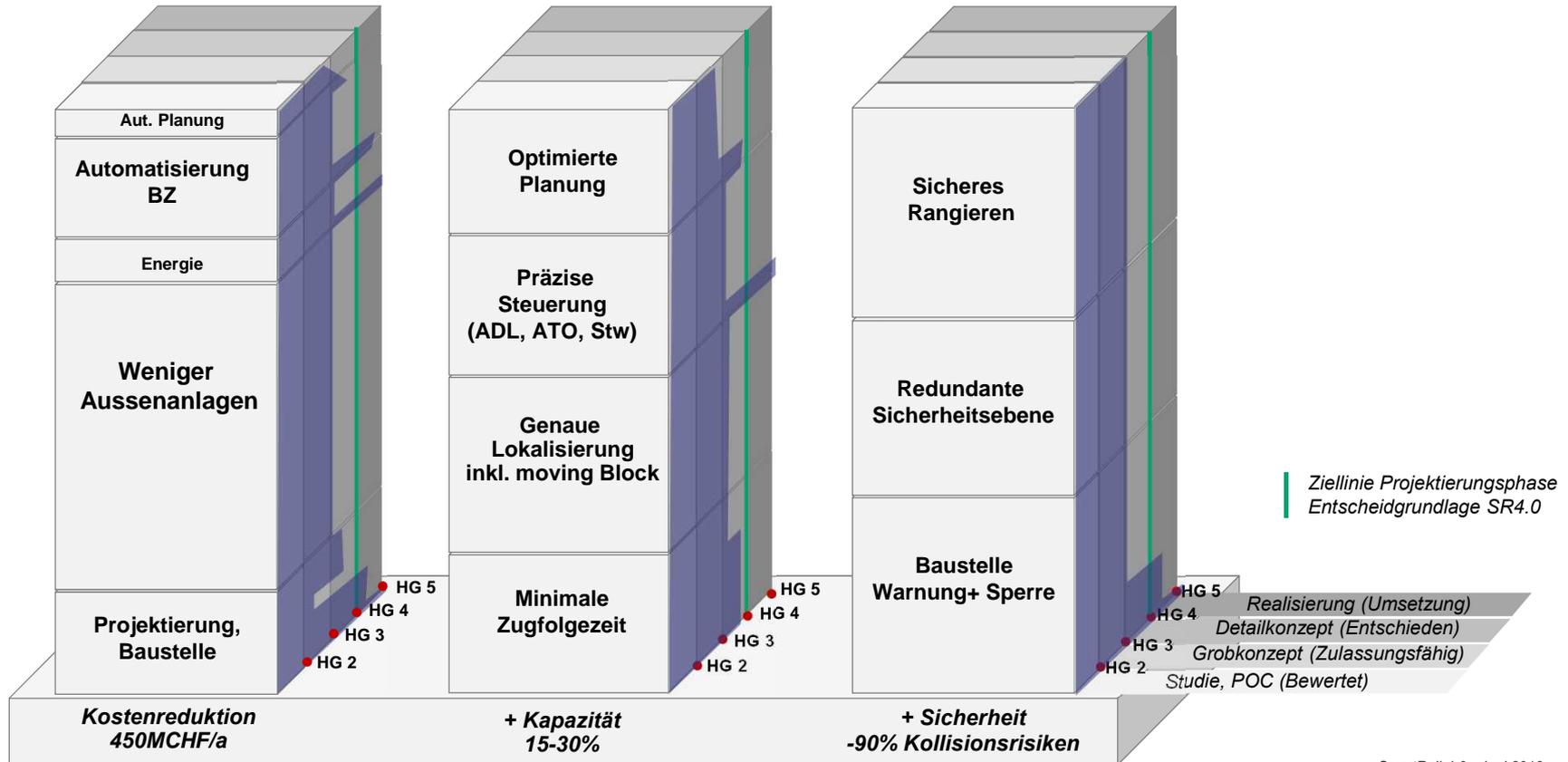
Kern SR40	<p><b>TMS</b> Hans Marti Traffic Management System</p> <p><b>PAS</b> Marcus Völker</p> <p><b>L</b> Marco Tami</p> <p><b>ATO-TS</b> Martin Kyburz</p> <p><b>GLAT-S</b> NN</p> <p><b>TOPO</b> NoSil Daniel Meier</p>	<p><b>ES</b> Steffen Schmidt ETCS Stellwerk</p> <p><b>ES-IA</b> David Grabowski</p> <p><b>OC</b> Martin Zehnder</p> <p><b>AMP</b> Steffen Jurtz</p> <p><b>Simulation</b> Christoph Reutlinger</p> <p><b>Rechenzentren</b> David Grabowski</p> <p><b>TOPO4</b> Benedikt Wenzel</p>	<p><b>LCS</b> Alex Brand Lokalisierung, Connectivity &amp; Security</p> <p><b>GLAT</b> Urs Ackermann</p> <p><b>CON</b> Robert Badetscher</p> <p><b>SEC</b> Andreas Merk</p>	<p><b>ATO</b> Ivo Abrach Automatic Train Operation</p> <p><b>ATO-Funktion</b> NN</p> <p><b>Architektur</b> Jack Schneider</p> <p><b>ATO-Pilot SOB</b> Roger Dällenbach</p> <p><b>ATO-Pilot SBB</b> Jens Nolte</p>
	<p><b>DispoOp</b> Roger Weiters</p> <p><b>EFA</b> Daniele Guidetti</p> <p><b>Hot CBT</b></p> <p><b>Eco 2.0</b> Matthias Tuchschnid</p>		<p><b>AWAP-L</b> Markus Kempfer</p>	
	Zusätze			

# Was haben wir bisher erreicht?

- ✓ Nutzen 2025 mit 41 Mio.
- ✓ Projektierungsphase vom BAV gutgeheissen
- ✓ Zusammenarbeit mit Partner etabliert
- ✓ Internationale Abstimmung in Gange
- ✓ Techn. Kapazitätseffekte
- ✓ Migrationsszenarien

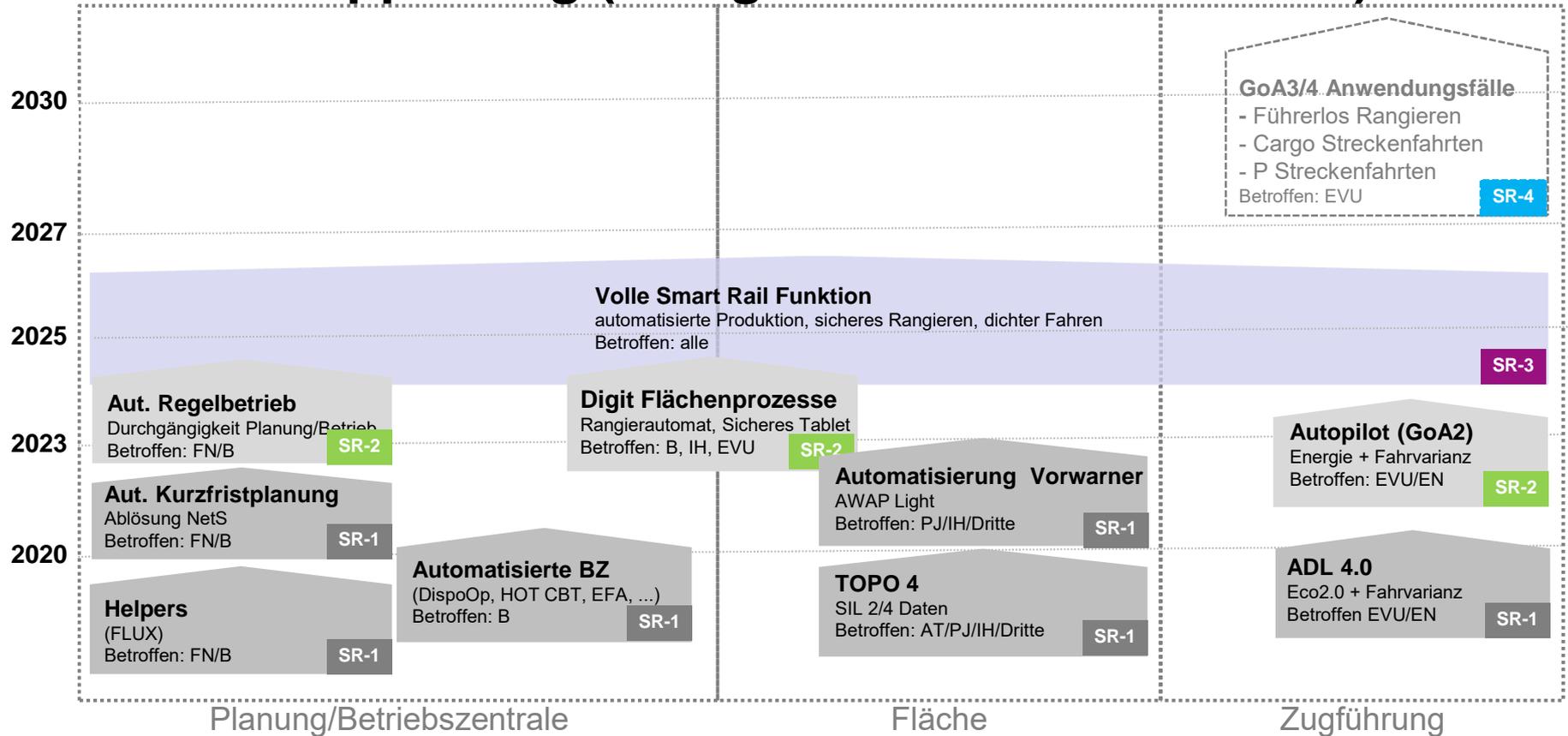


# Ausblick 2018: Nachweis „Ambitionslevel“ (Stand Ende 2018).



# Etappierung & Migration

# SR4.0 Etappierung (Fähigkeit zum Rollout bereit)



# Rolloutphasen SR4.0 - Erprobung und Rollout

## Migration Strecke

### SR40 Komponenten Connectivity:

- FRMCS Antennen
- Transfersystem

### GLAT

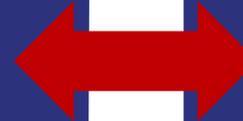
- GLAT-Zentrale
- AWAP+
- Tablet mit «si. Browser»

### TMS

- TMS-PAS und L
- TMS-ATO
- TOPO (NoSIL)
- TMS-App
- Rangierplanung
- ILTIS Adapter

### ES

- Rechenzentren
- ES-Funktion
- OC
- TOPO4
- Automatisierte Planung
- Level-Übergänge



## Migration Fahrzeuge

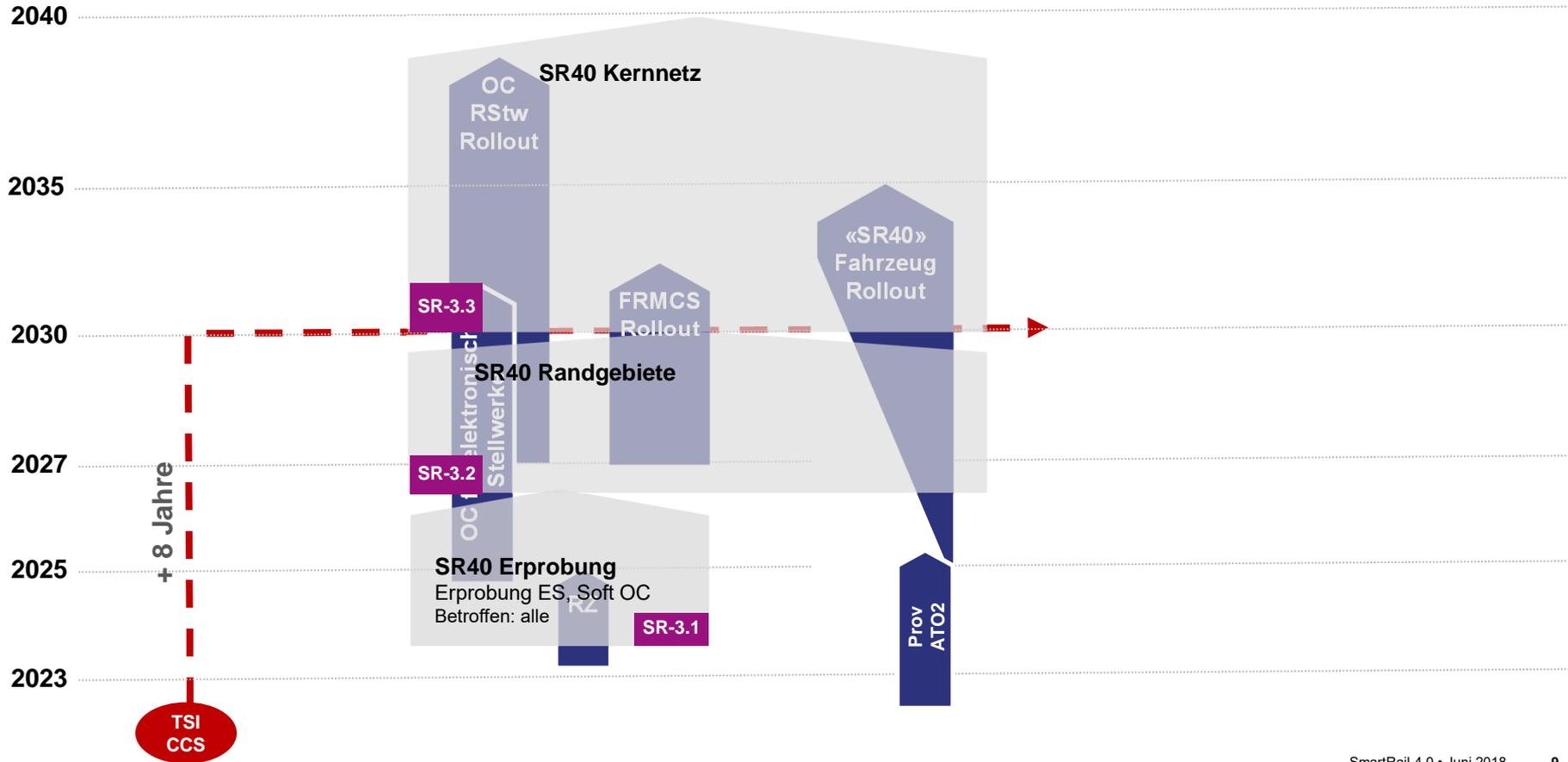


### Notwendige Fähigkeiten

#### Fahrzeug:

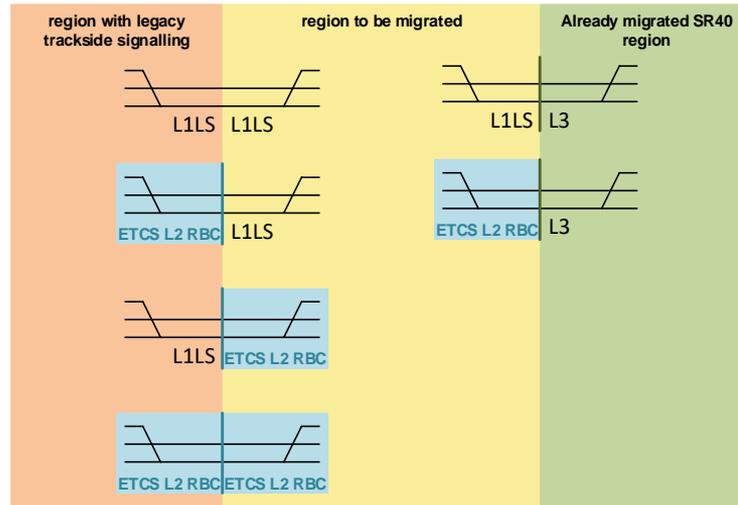
- FRMCS Unit
- ETCS Baseline 3.x
- ATO GoA 2 Onboard
- Virtuelle Balise (GLAT Onboard)
- Sichere Länge (Zugintegrität)
- Endgerät SR40 (MMI)

# Etappe «SR-3» Erprobung und Rollout

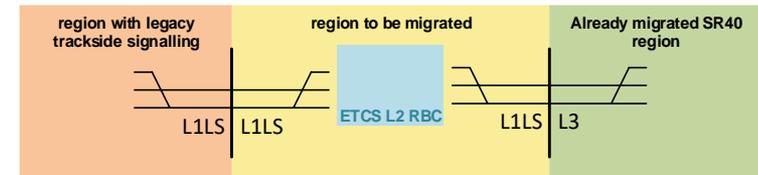


# Annahmen zu Grenzen einer Migrationsregion

- Nicht durch Stellwerk
- Nicht durch RBC, aber direkt anschliessend an RBC

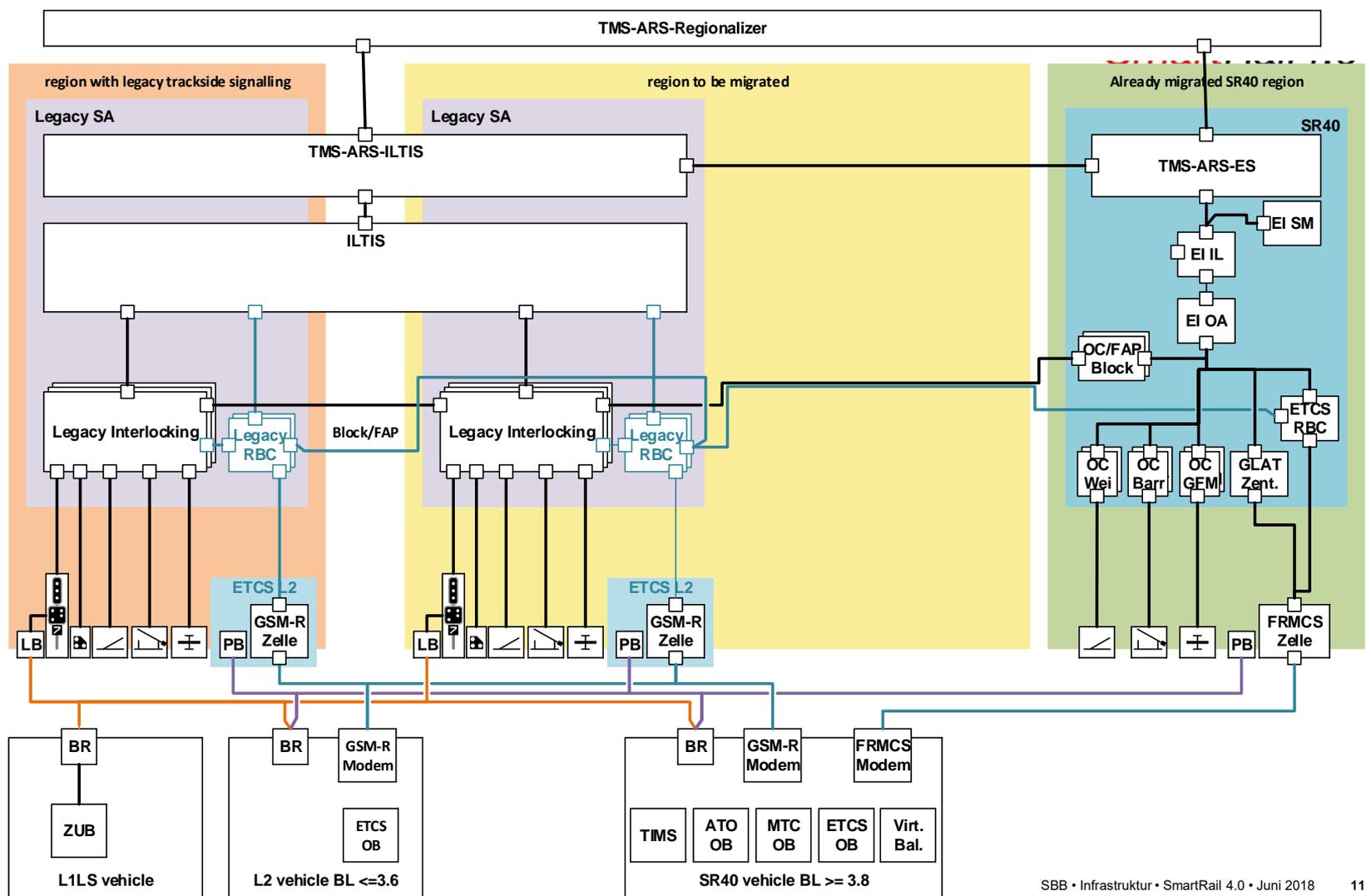


Mögliche Vereinfachung:  
Beschränkung auf L1LS

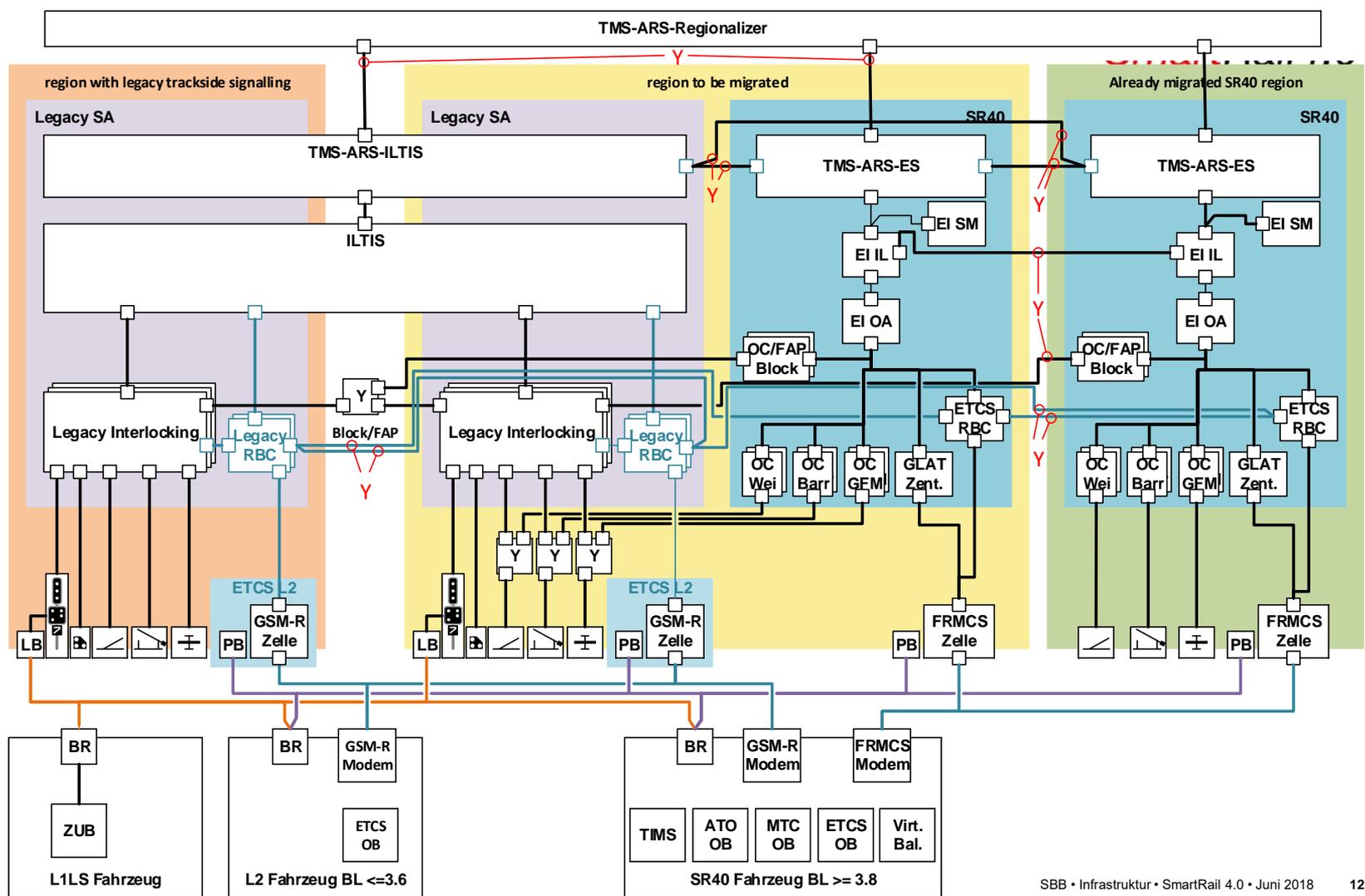


- Durch ILTIS-Zelle
- Neue ES-Region oder Erweiterung bestehender ES-Region

# Ausgangslage



# Parallel Betrieb





Fahrzeugarchitektur

# Optimiertes Konzept zur Fahrzeugausrüstung

## Bisheriger Vorgehensansatz

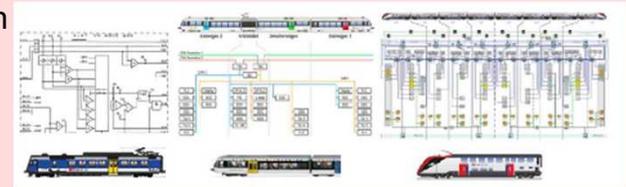
- Konventionelle Ergänzung von „Units“, „für jede Software ein eigener Kasten“
- ETCS Ausrüstung als vorhanden angen.
- Neu/Änderungen kommen z.B. hinzu...

Upgrade	Auslöser
Unit zum neuen Datenfunk	GSM-R End of Life
Unit für ATO und seine Kommunikation	Interoperabilität oder SR40
Unit zur mobilen Lokalisierung im Zug	Interoperabilität oder SR40
Unit Zugintegrität/Zuglänge (für ETCS L3)	Interoperabilität oder SR40
SR40 Endgerät (mobil, Bedienung z.B. für die Rangierautomatisierung)	SR40



## Analyse der Aufwandstreiber (auch ohne SmartRail 4.0)

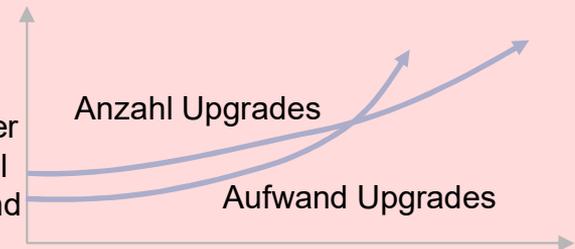
- 1** Mehr Komponenten  
 Mehr Vernetzung  
 Mehr Software  
 Mehr Releases  
 Mehr Elektronik



- 2** Mehr Auslöser für Upgrades und Releases



- 3** Diese Auslöser multiplizieren sich. Exponentieller Anstieg der Anzahl von Upgrades - und ihres Aufwandes.



# Optimiertes Konzept zur Fahrzeugausrüstung

Die bewährte Lösung: „Software statt Spezialhardware“. Das Prinzip:



# Optimiertes Konzept zur Fahrzeugausrüstung

## Neue optimierte Architektur

**Generische Software statt Fahrzeugmodell-spezifischer Hardware!**



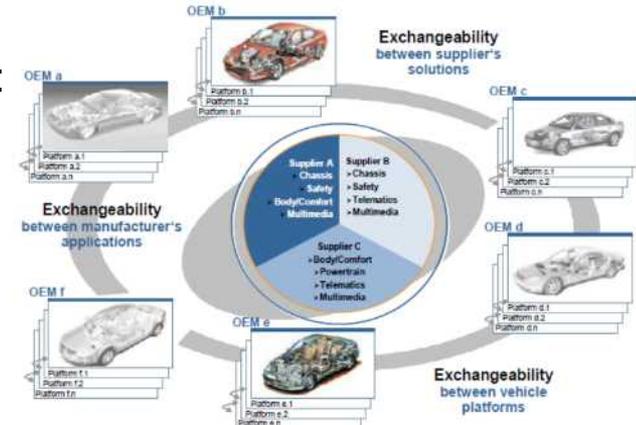
Vorbild Luftfahrt:  
Der **IMA** Standard



Vorbild Automotive:  
Der **AUTOSAR** Standard



Nicht mehr „viele Einzelsysteme“!



# Optimiertes Konzept zur Fahrzeugausrüstung

## Besserer Vorgehensansatz

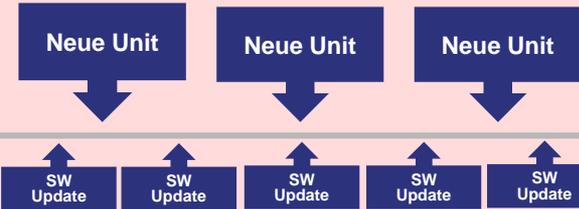
Erst die „Upgradeability“ der Fahrzeuge durch andere Architektur erhöhen

Modularität der Fahrzeugausrüstung  
 Standardschnittstellen  
 Einfache Austauschbarkeit  
 Modulare Zulassung  
 Remote Upgrades  
 „Software statt Hardware“

**Günstige und schnelle Upgrades**

## Bisheriger Lebenszyklus bezüglich Upgrades

Erstausrüstung

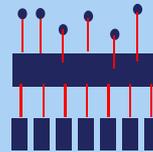


**Jedes mal Zulassung des Gesamtfahrzeugs**

„SW“=Software

## Lebenszyklus mit hoher „Upgradeability“ (Neufahrzeug)

Erstausrüstung

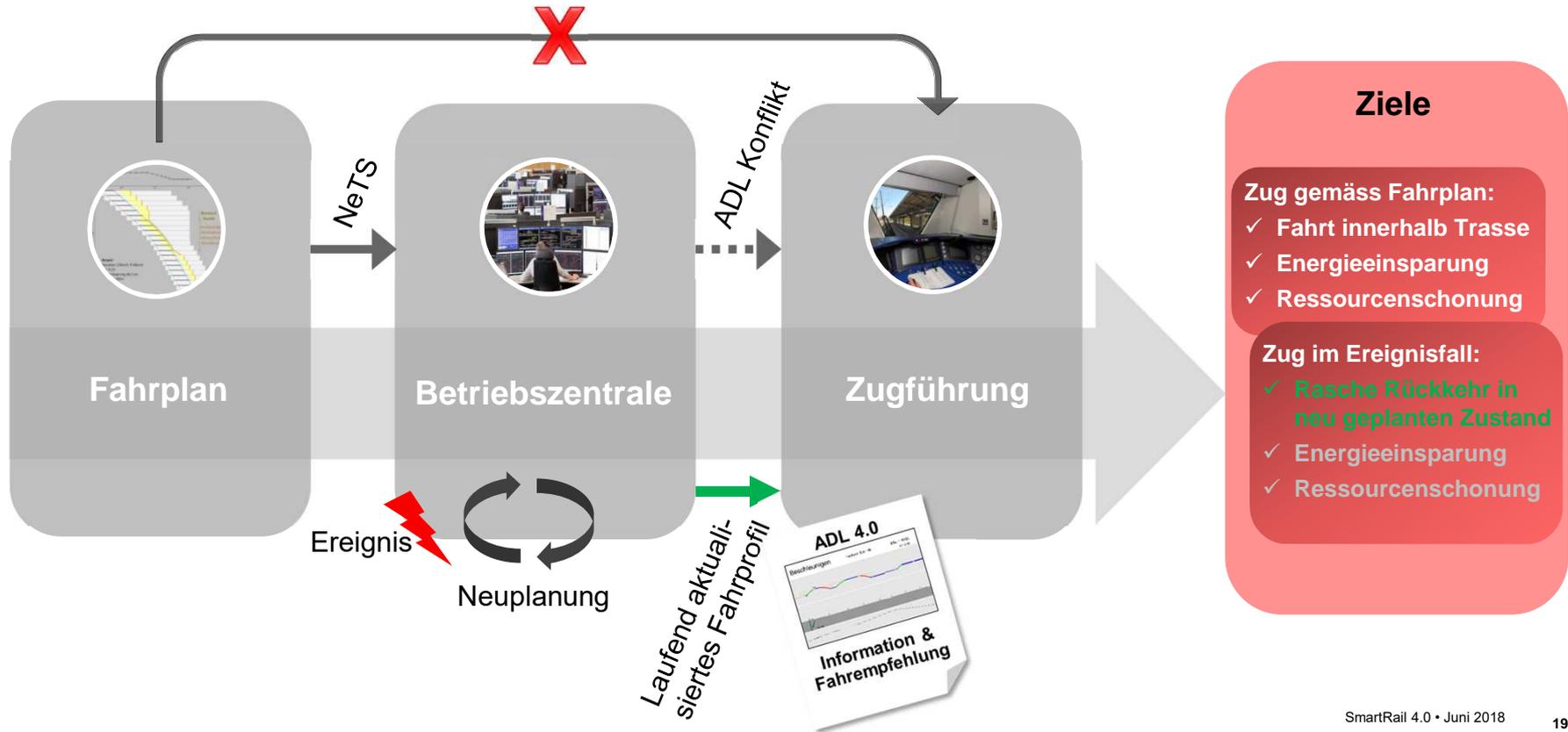


**Zulassung nur des neuen Softwaremoduls**

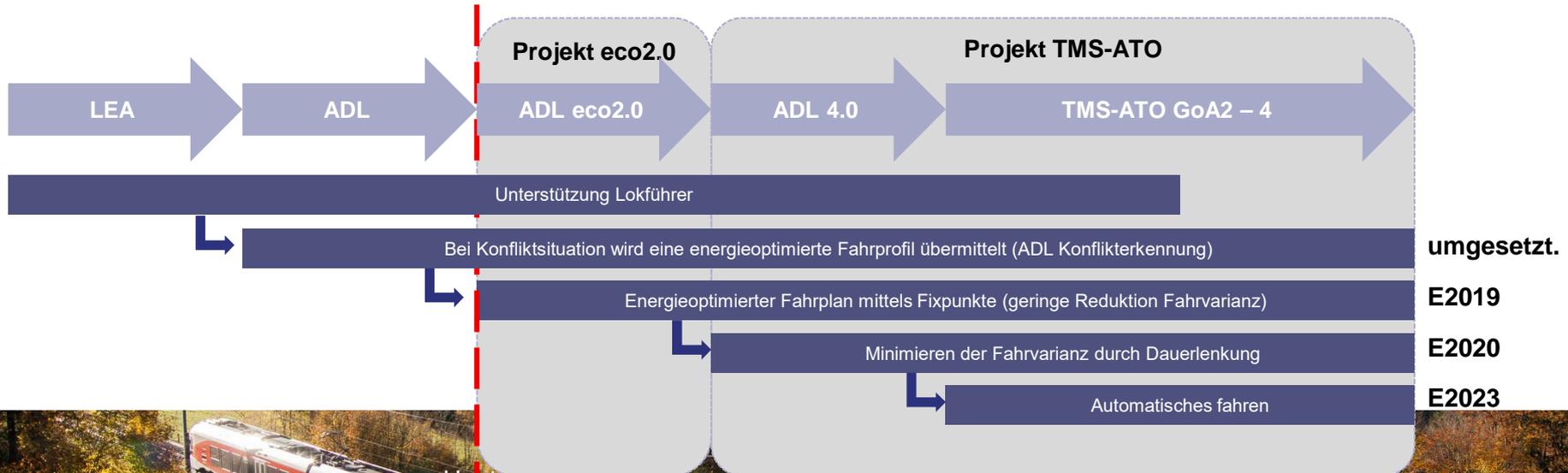
A high-speed train is captured in motion, blurred to convey speed, as it travels along a track. The background shows a scenic landscape with mountains and a town under a sunset sky. The train is white with blue and red accents. The tracks are in the foreground, and a fence with graffiti is visible on the right. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, indicating the time is either dawn or dusk. The overall scene is dynamic and modern.

Roadmap Weiterentwicklung  
ADL zu ATO

# ADL 4.0 - ein erster Schritt Richtung ATO.



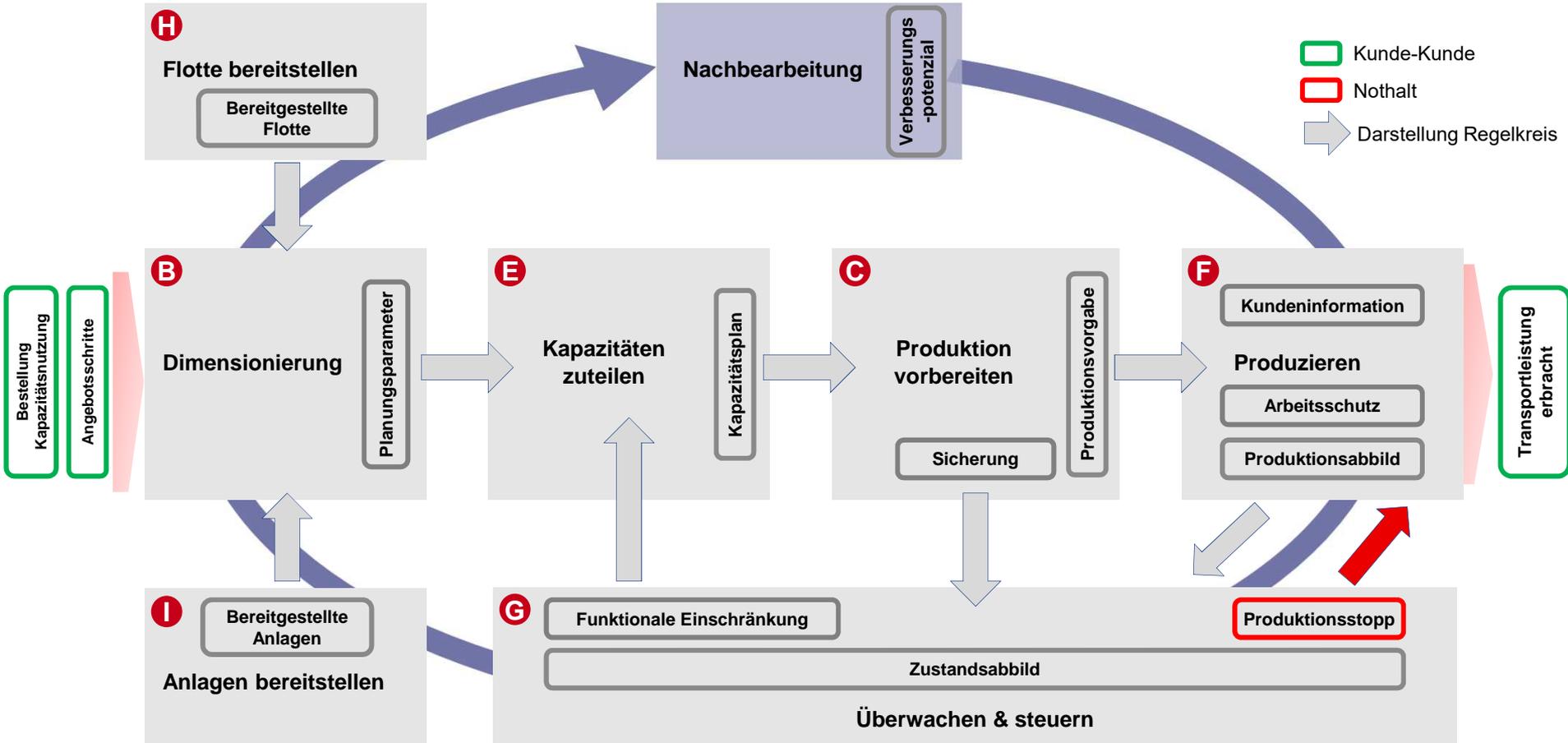
# ATO - Entwicklungsschritte.



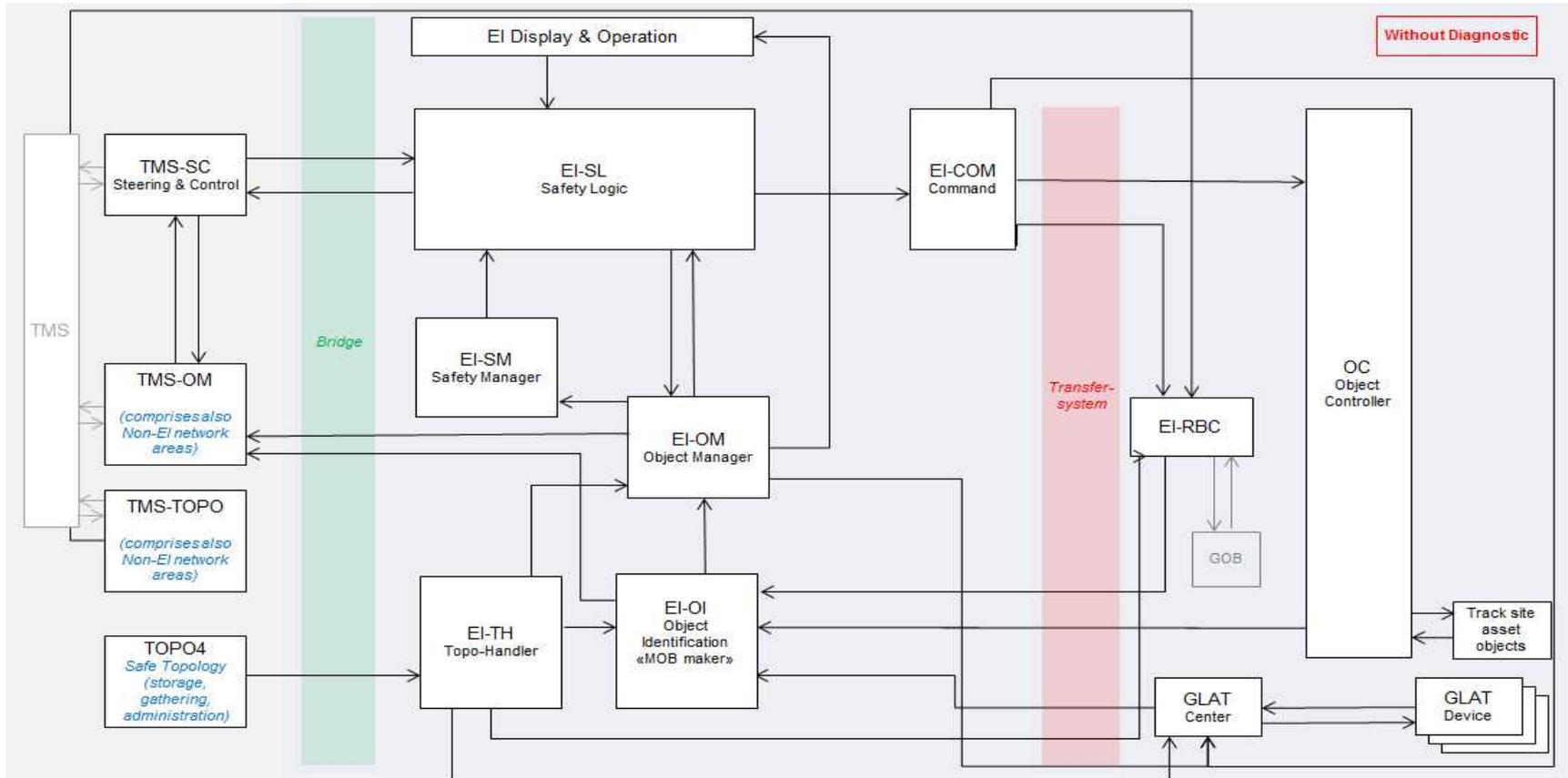
A high-speed train is captured in motion, blurred to convey speed, as it travels along a railway track. The scene is set during a sunset or sunrise, with a warm, golden glow in the sky. In the background, there are mountains and a town. The foreground shows the railway tracks and a fence with graffiti. A semi-transparent grey box is overlaid on the bottom left of the image, containing the text.

Prozesse, Funktionale  
Architektur, Simulation

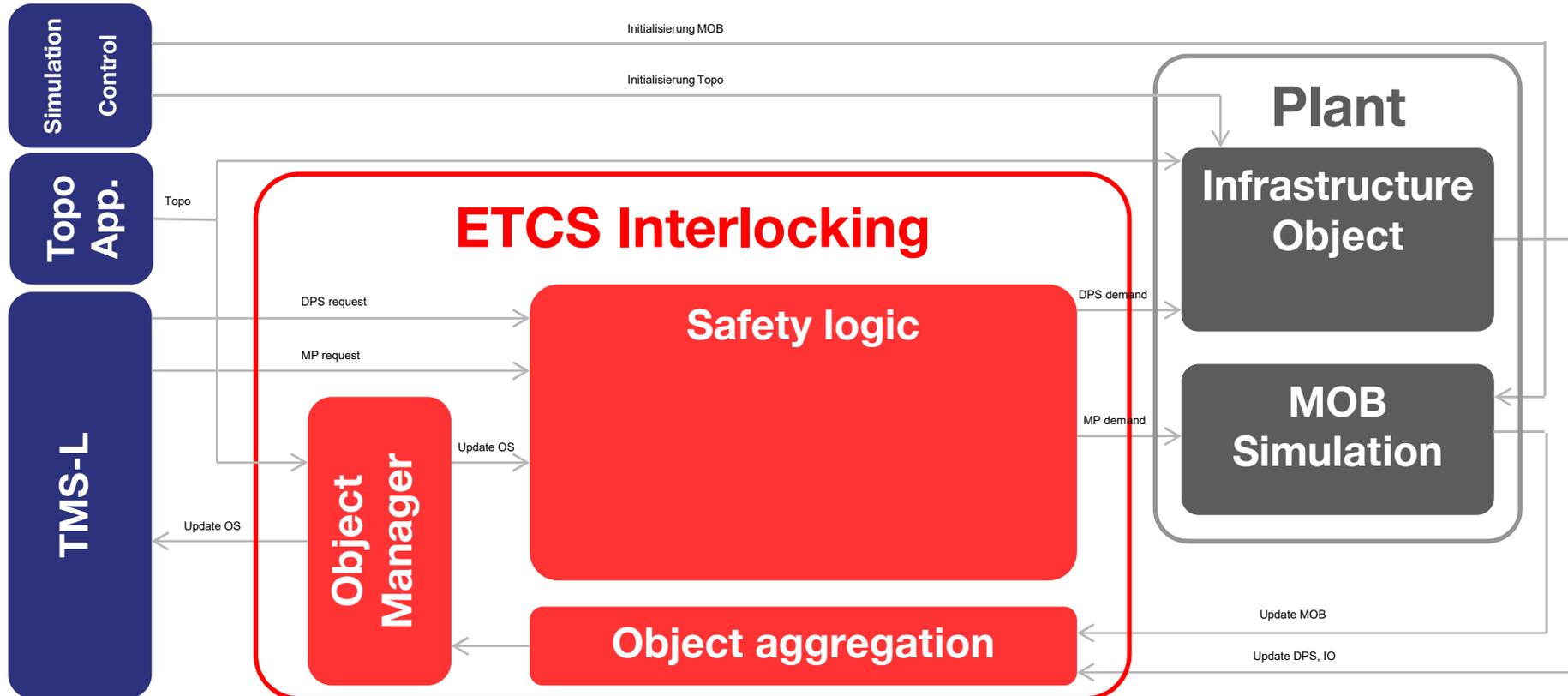
# SmartRail4.0 End2End Prozess – Level 1



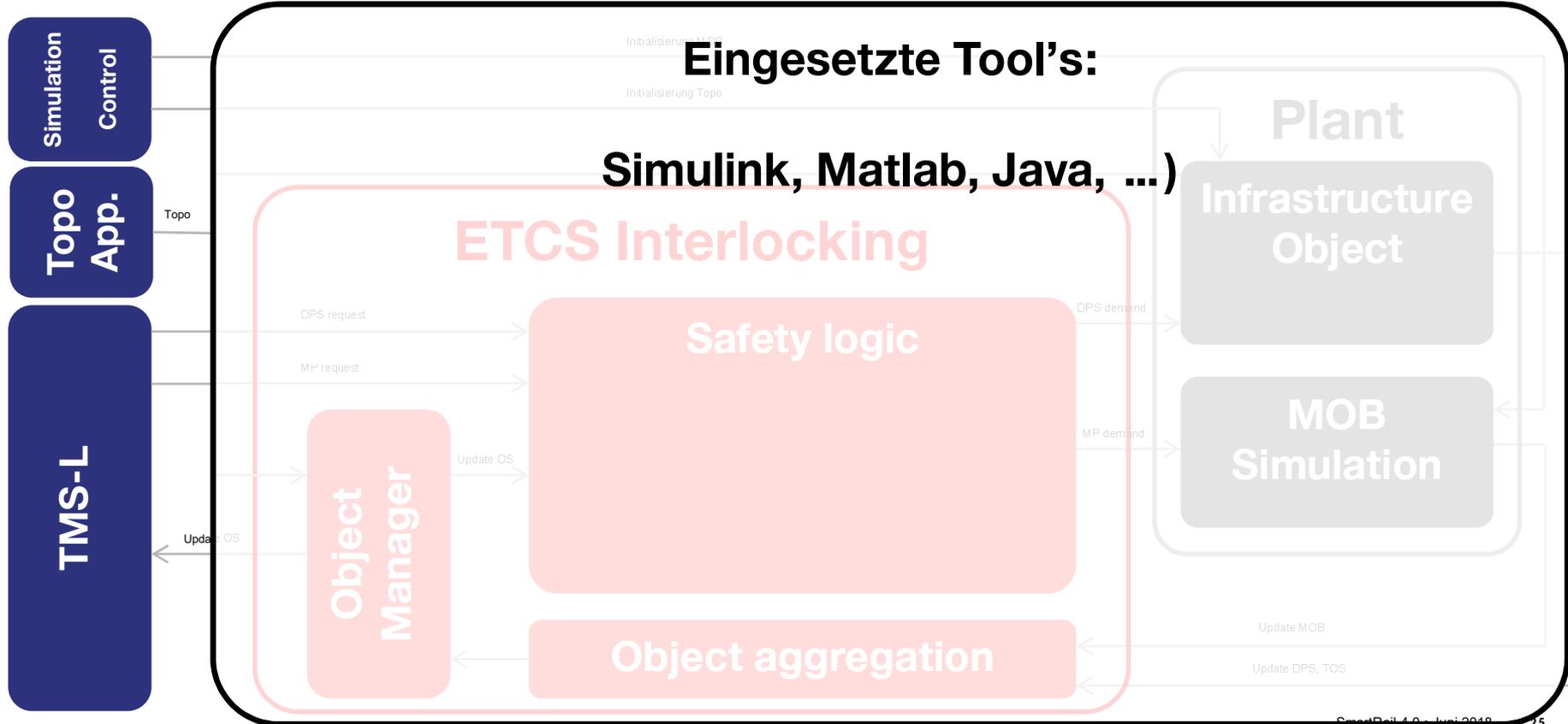
# Funktionale Architektur SmartRail 4.0



# Ziel ist eine Simulation der Architektur



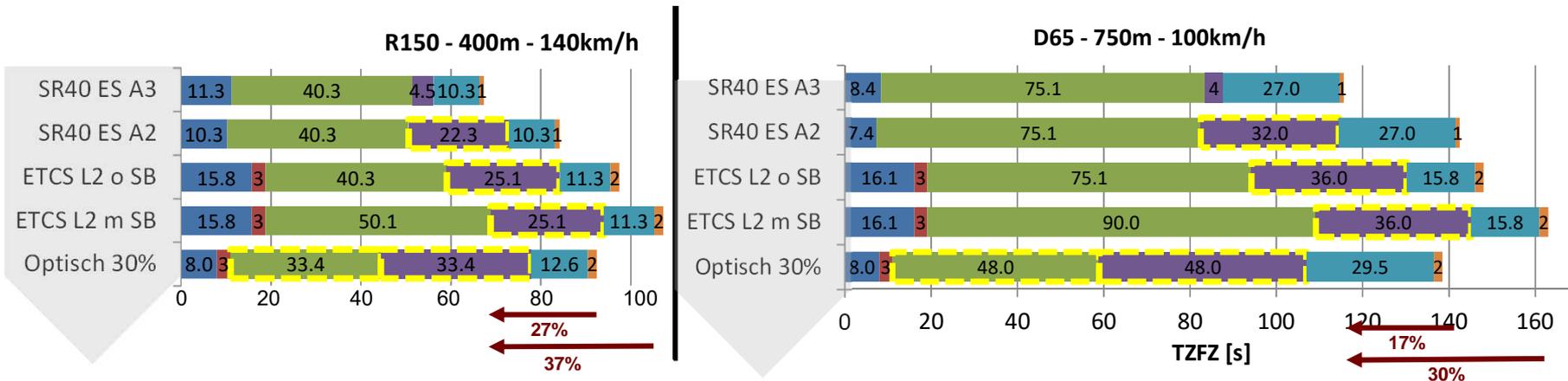
# Ziel ist eine Simulation der Architektur



Effekte auf die  
technische Zugfolge

# Resultierende technische Zugfolgezeit aufgrund der in der Schweiz gültigen Regeln/Anwendung

- Fahrstrassenbilddzeit
- Fahrzeit im Blockabschnitt
- Ergonomiezeit
- Räumfahrzeit
- Annäherungsfahrzeit
- Fahrstraßenauflösezeit
- Abhängig von verbauter Infrastruktur

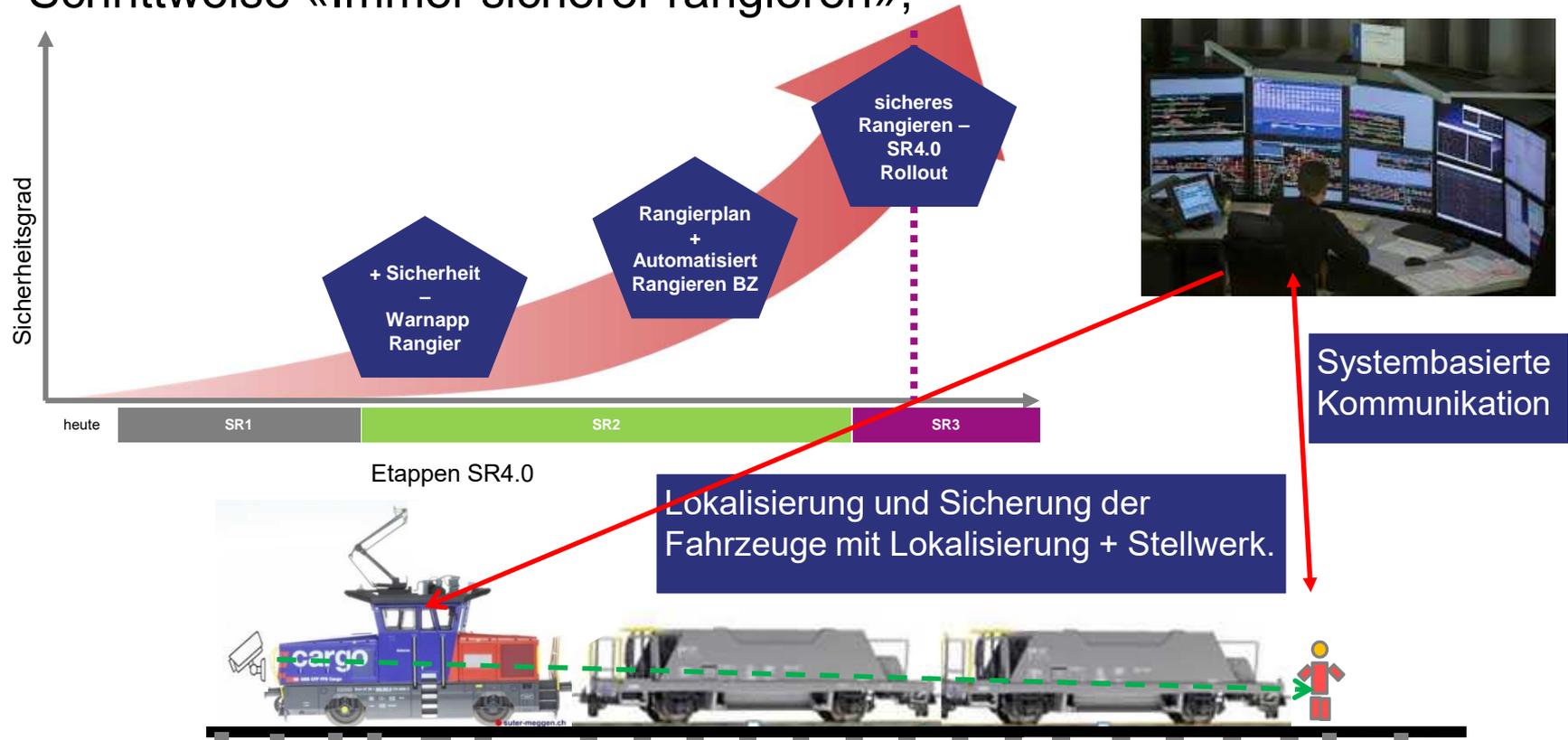


Variante:	Stellwerksfunktionalität:	ETCS-Modus:	ATO:	Lokalisierung:
SR40 ES A3:	geometrische Sicherheitslogik +	ETCS L3 +	GoA2 +	virtuelle Balise + Integrität → Ziellösung
SR40 ES A2:	geometrische Sicherheitslogik +	ETCS L2 +	GoA2 +	GFM
ETCS L2 o SB:	Fahrstrassenlogik +	ETCS L2 (ohne Service Brake) +	GFM	
ETCS L2 m SB:	Fahrstrassenlogik +	ETCS L2 (mit Service Brake) +		GFM
Optisch 30%:	Fahrstrassenlogik +	optische Signalisierung +		GFM

(gut optimierte Strecke, 30% neben dem theoretischen Optimum)

# Rangiersicherheit

Schrittweise «Immer sicherer rangieren»,



A high-speed train is captured in motion, blurred to indicate speed, as it travels along a track. The background shows a scenic landscape with mountains and a town under a sunset sky. The train is white with blue and red accents. The tracks are in the foreground, and a fence with graffiti is visible on the right. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, suggesting dusk or dawn. The overall scene is dynamic and modern.

Erste Ergebnisse  
Traffic Management (TMS)

# Traffic Management System (TMS) - Zielzustand

Planung

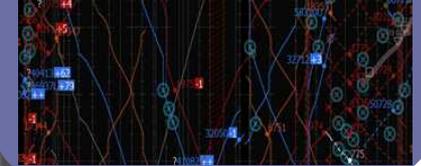
## TMS – Produktions-Automatisierungs-System

Kapazitätsplanung



Automatische Kapazitätsplanung  
Automatische Produktionsabwicklung

Kapazitätssteuerung



Lenkung

## TMS – Lenkung

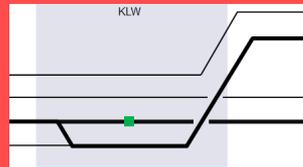
integrierte Lenkung inkl. ILTIS-Steuerung

## TMS – ATO

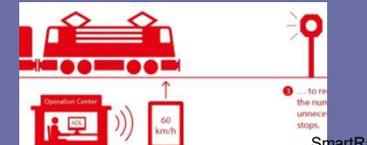
direkte Zugsteuerung



Bedienung Stellwerk + Leittechnik



Steuerung Fahrzeug

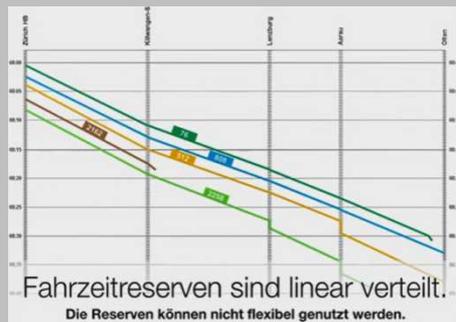


# Traffic Management System (TMS)

## Automatische Fahrplanerstellung.

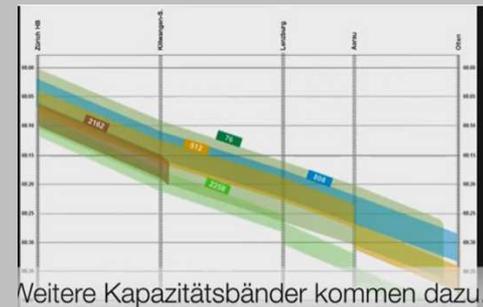
### Heute

- Manuelle Fahrplanerstellung
  - Fahrplanplaner muss 700 Vorgaben kennen
  - Reihenfolge der Züge sind starr
- Planung + Durchführung getrennt



### Morgen

- Planung mit Kapazitätsbändern
  - Neu flexible Nutzung der Fahrplanreserven
  - Höhere Stabilität Fahrplan
- Planung + Durchführung vereint



# TMS-Lenkung - Maximale Flexibilität

durch optimale Nutzung der Kapazitäten.

- TMS-L muss in der Migrationsphase sicherstellen, dass die ES und ILTIS-Welt ab einer Bedienoberfläche gesteuert werden können.
- Das «System» muss für den Bediener aus einem «Guss» daher kommen!
- TMS-L ist das verbindende Element zwischen Bestehendem und Neuem!



# TMS-Lenkung - Maximale Flexibilität

durch optimale Nutzung der Kapazitäten.

- Heute werden die Fahrwege gem. Projektierung für jede Zugskategorie statisch reserviert.
- **Künftig wird die benötigte Infrastruktur individuell pro Zug berechnet und entsprechend reserviert.**
- L bestimmt dynamisch für jeden Zug zum richtigen Zeitpunkt die Bewegungserlaubnis

# TMS-Lenkung

## Proof of Concept (PoC) – laufende Aktivitäten

Zugfahrten		<p>Konzept für die dynamische Berechnung der Reservationszeiten für jeden Zug individuell.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>👉 PoC fachlicher Durchstich / Umsetzung Konzept «Trigger»</li> </ul>
Rangierfahrten		<p>Automatisierung Rangierbetrieb auf den Bestandssystemen (ILTIS).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>👉 PoC Rangieren / Implementierung eines vollständigen Prozessabbildes inkl. einer Rangierverfolgung in Luzern.</li> </ul>
Oberfläche – Bedienung		<p>Bedienung für bestehende sowie neue Systeme auf einer Oberfläche.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>👉 Einheitliches Topo-Modell – Darstellung der Informationen / Bedienung ab einem GUI</li> <li>👉 Zusammen mit UX Bedien- und Darstellungskonzepte erarbeiten</li> </ul>
Verfügbarkeit Architektur		<p>hochverfügbare Architektur – Design BC Anforderungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>👉 Verschiedene AR-Ansätze werden erarbeitet und mit Hilfe eines PoC validiert.</li> </ul>

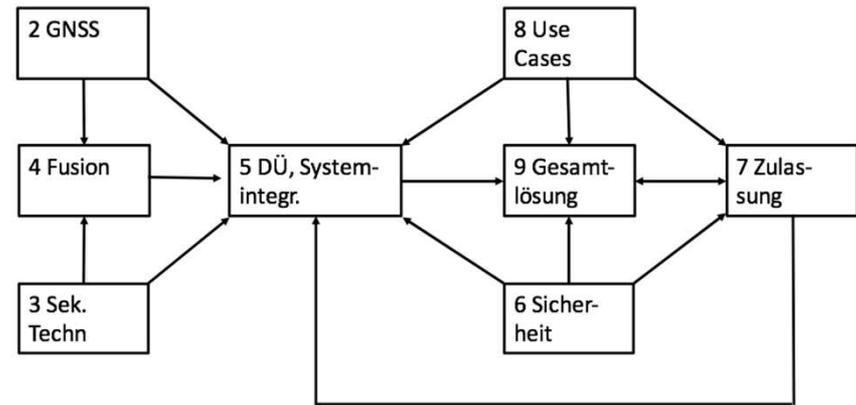
A high-speed train is captured in motion, blurred to indicate speed, as it travels along a track. The background shows a scenic landscape with mountains and a town under a sunset sky. The train is white with blue and red accents. The tracks are in the foreground, and a fence with graffiti is visible on the right. The overall scene is set during the golden hour of sunset.

# Erste Ergebnisse Lokalisierung

# GLAT Lokalisierung - Machbarkeitsstudie 2017

## Inhalt

- Erhebung Stand der Technik:  
Erarbeitung der Sensoren
- Messungen: 3 Reihen  
(GNSS + Sekundäre Techniken).
- Simulationen mit Sensorfusion.
- Use Cases: Gefährdungsblätter mit  
Anforderungen für Lokalisierungsobjekte
- Beurteilung “Zulassungsfähigkeit”,  
Entwicklungsdauer, Umsetzbarkeit  
und Kosten
- Gesamtlösung bzw. Lösungskombination:  
Morphologischer Kasten



# GLAT Lokalisierung - Machbarkeitsstudie 2017

## Ergebnisse GNSS allein

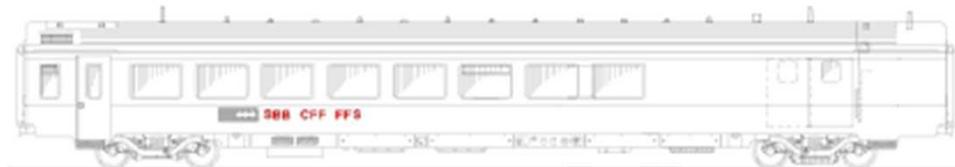
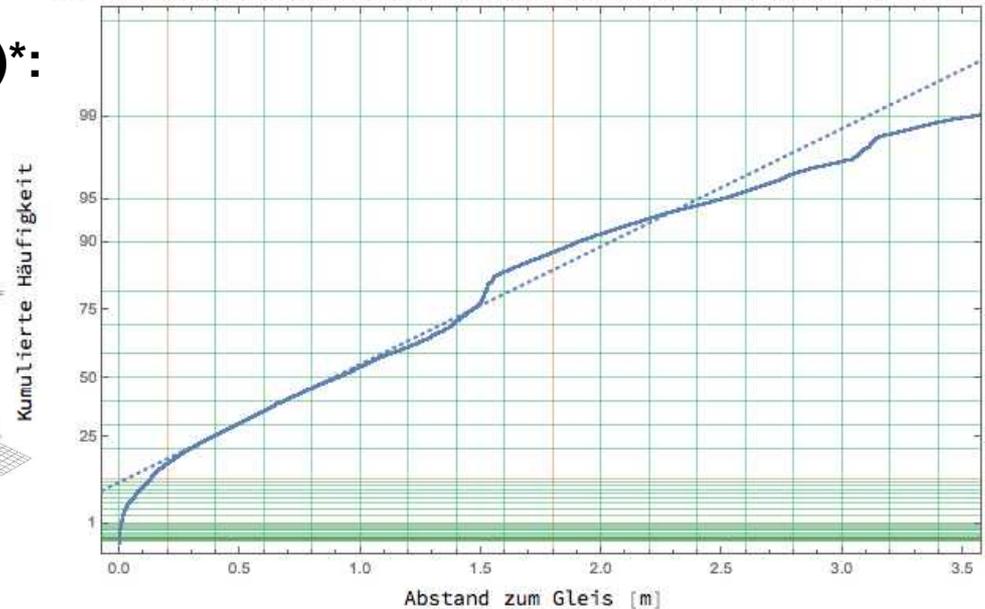
### Abstand zum Gleis (i.e. Fehler)\*:

- 50% innerhalb 1 Meter
- **75% innerhalb 1,5 Meter  
(Grenze „gleisgenau“)**
- 90% innerhalb 2 Meter
- 97% innerhalb 3 Meter



Basis: GNSS mit mehreren Satellitenkonstellationen (z.B. GPS + Galileo) und Korrektursignalen

GPS+GAL+EGNOS, 10Hz, RTK SBB Bern (volle Linie), Rayleigh (gestrichelte Linie)



\*Ergebnisse geben eine gute Indikation, sind aber noch nicht statistisch relevant  
Nicht berücksichtigt: Tunnels

# GLAT Lokalisierung - Machbarkeitsstudie 2017

## Ergebnisse Trägheitsnavigation

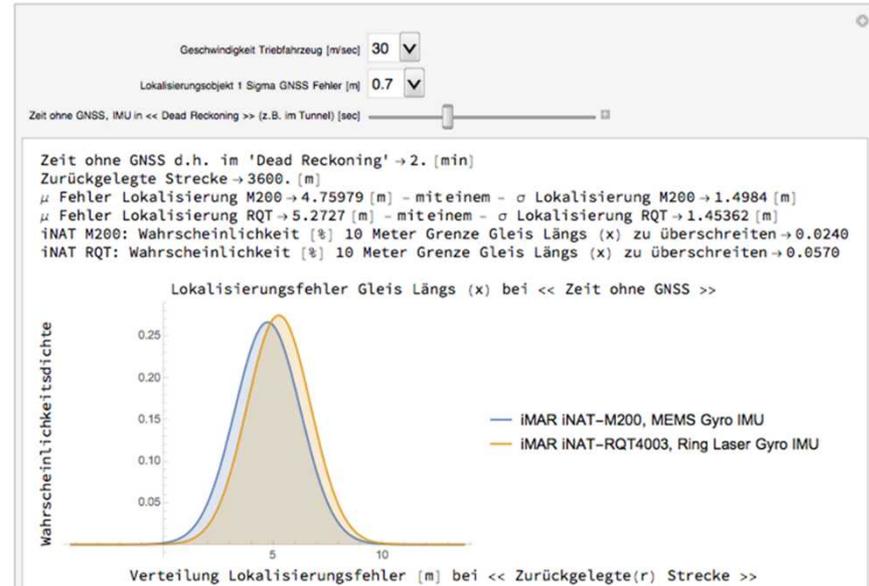


IMU Einheit mit MEMS (Halbleiter)  
Gyroskopen (eingesetzt bei RhB)



IMU Einheit mit Ring Laser  
Gyroskopen (fest verbaut  
auf SBB Messwagen TC)

IMU = Inertial Measurement Unit  
(Trägheitsnavigation)



Erkenntnis: eine gute Odometrie-gestützte IMU erlaubt eine verlässliche Positionierung wenn das GNSS Signal fehlt.

**Dabei können Distanzen von ca. 3 km überwunden werden, ohne dass der Positionierungsfehler 10 m übersteigt.\***

\* resp. nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit

# GLAT Lokalisierung - Machbarkeitsstudie 2017

## Zwischenstand der Erkenntnisse



- **Lokalisierung Zugspitze** (Virtuelle Balise)
  - **Machbarkeit** mittels Kombination von GNSS, IMU, Odometrie und genauer Karte **grundsätzlich gegeben**. Architektur noch zu verfeinern / optimieren (auch hinsichtlich Kosten).



- **Lokalisierung Zugende** (mittels Tag)
  - **Machbarkeit** mittels Kombination von GNSS, IMU und genauer Karte noch nicht abschliessend geklärt. **Weitere Vertiefung notwendig (inklusive geplante Messungen 2018)**.



- **Lokalisierung Mensch** (mittels Tag)
  - Gleiselektive Lokalisierung nur mittels Tag zur Zeit noch nicht möglich. Im Bedarfsfall zusätzliche Infrastruktur notwendig.  
→ **Anforderung wurde um 4 Jahre zurückgestellt.**



- **Lokalisierung mobile Warnanlage**
  - Mit AWAP sollen Warnanlagen zur Plausibilisierung bereits mit einfachem GPS lokalisiert werden.

A high-speed train is captured in motion, blurred to indicate speed, as it travels along a track. The background shows a scenic landscape with mountains and a town under a sunset sky. The train is white with a blue and red stripe. The tracks are made of steel rails on wooden sleepers with gravel ballast. A chain-link fence with graffiti is visible in the foreground on the right. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, suggesting dusk or dawn. The overall scene is a mix of modern infrastructure and natural beauty.

# SIL4 Topologie

# Topologiedaten:

Das ETCS Stellwerk benötigt sie «immer fehlerfrei»

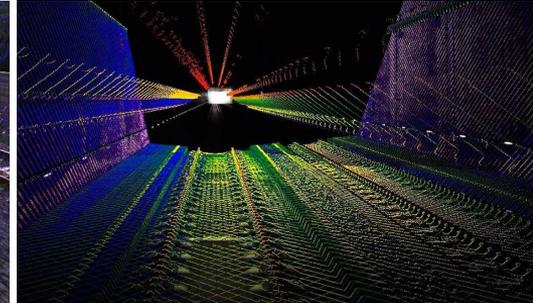
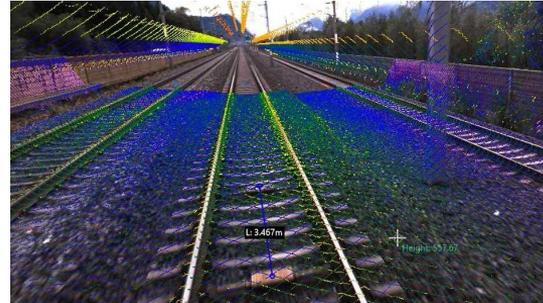
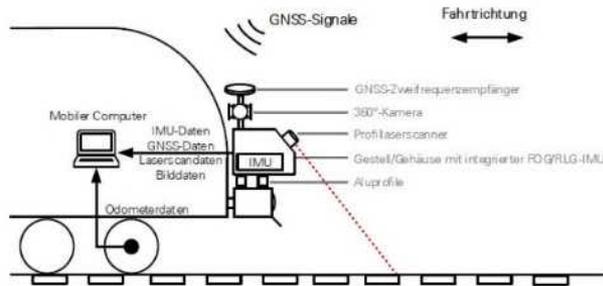
- Mit rein menschlichen Erfassungs- und Prüfprozessen kann dies für grosse Netze nicht gewährleistet werden.
- Es ist eine technologisch gesicherte Erfassung über mehrere Kanäle erforderlich, die verglichen werden können
- Insbesondere muss sichergestellt werden, dass Anlagenveränderungen im Alltag immer sofort erfasst werden.



# Topologiedaten:

PoC für die Evaluierung der richtigen Erfassungstechnologien

- Nachweis, dass Punktwolken als Erfassungstechnologie für TOPO4 geeignet sind.
- Nachweis, dass automatische ein Erkennung anhand von Punktwolken machbar ist.





 SmartRail4.0

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

# Konzeptunterlagen aus der laufenden Projektarbeit.

Ihr Inhalt ist in Bearbeitung und kann sich somit noch jederzeit ändern.

[Homepage von SmartRail 4.0: https://smartrail40.ch/de/publikationen.html](https://smartrail40.ch/de/publikationen.html)

- [SR40 Programm 45-Published SR40 Zweck und Optimierungsziele \(PDF, 821 KB\)](#)
- [SR40 Programm 45-Published SR40 Business Summary \(PDF, 299 KB\)](#)
- [SR40 Programm 45-Published SR40 Preliminary Customer Requirements \(PDF, 280 KB\)](#)
- [ES TOPO4 45-Published Functional Concept \(PDF, 1.5 MB\)](#)
- [ES Object Controller 45-Published Subconcept OC TOPO \(PDF, 1.1 MB\)](#)
- [ES Object Controller 45-Published Subconcept Modes of Operation and Configuration \(PDF, 664 KB\)](#)
- [ES Object Controller 45-Published Subconcept CP-to-L Translation \(PDF, 965 KB\)](#)
- [ES Object Controller 45-Published Concept Umbrella Document \(PDF, 1.3 MB\)](#)
- [ES Innenanlagen 45-Published General Concept ETCS Interlocking \(PDF, 918 KB\)](#)

Feedbacks zu den Konzeptentwürfen an [sr40@sbb.ch](mailto:sr40@sbb.ch) sind willkommen!