

# Reinventing Infrastructure

auf dem Weg zur digitalen Eisenbahn

Melvin Zinngrebe  
Bern, 16.03.2023



# Über mich

**Name: Melvin Zinngrebe**

Alter: 32

Ausbildung: Bachelor of Arts, Master of Science, IPMA B,  
Professional Scrum Product Owner

Beruf: Project Manager

Werdegang:

Deutsche Bahn AG

- Junior Project Manager Hardware Development (2014-2015)
- Product Owner Betrieb Fahrkartenautomat (2015-2017)
- Leiter IT im Zug (2017-2019)

SBB AG

- Senior Project Manager Diagnostics, Monitoring, Device & Configuration Management Infrastructure (2020)
- Senior Business Project Manager (seit 2021)
  - Lebensverlängernde Massnahmen
  - Industrialisierter Rollout

Weiteres:

Co-Host of Podcast "Management by Projects"



LinkedIn



Podcast



# Bahn in der Schweiz und Deutschland - ein Vergleich.



Investitionen pro Schiene pro Kopf 2021

413 €<sup>1)</sup>

124€<sup>1)</sup>

Mehr als die dreifache Investition!



Pünktlichkeit Fernverkehr 2021:

91.2%<sup>2)</sup>

75.2%<sup>3)</sup>

Über 15%-Punkte besser!



Länge Schienennetz

3'200 km<sup>4)</sup> / 0.07km/km<sup>2</sup>

33'400 km<sup>5)</sup> / 0.09km/km<sup>2</sup>

Nur ein Zehntel des Netzes!

<sup>1)</sup> Allianz pro Schiene

<sup>2)</sup> SBB Reporting

<sup>3)</sup> Integrierter Bericht DB

<sup>4)</sup> Swissinfo.ch

<sup>5)</sup> Allianz pro Schiene

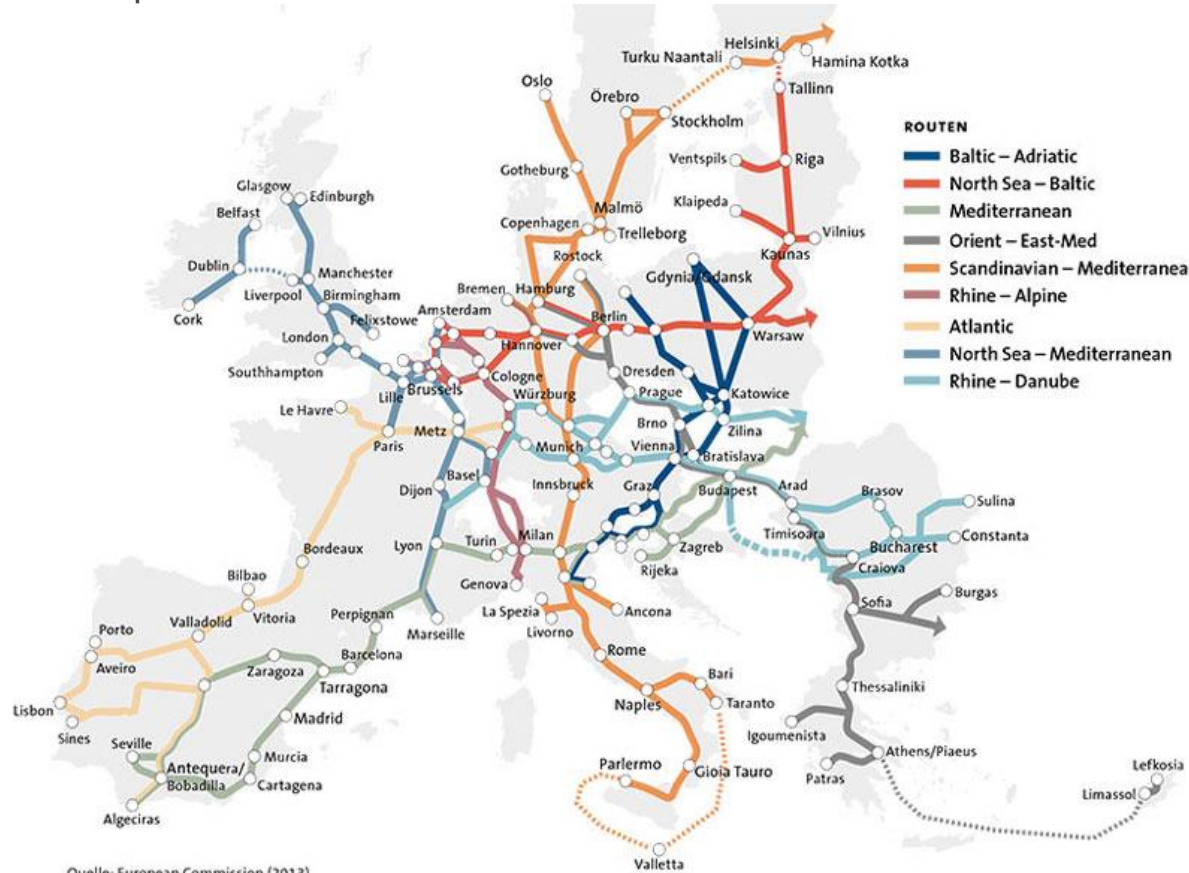


# Problemstellung

Politischer Wille und Ziele

# Der Verkehrsträger Schiene spielt eine wesentliche Rolle bei der Stärkung des europäischen Binnenmarktes.

## Transeuropäisches Verkehrsnetz TEN-T



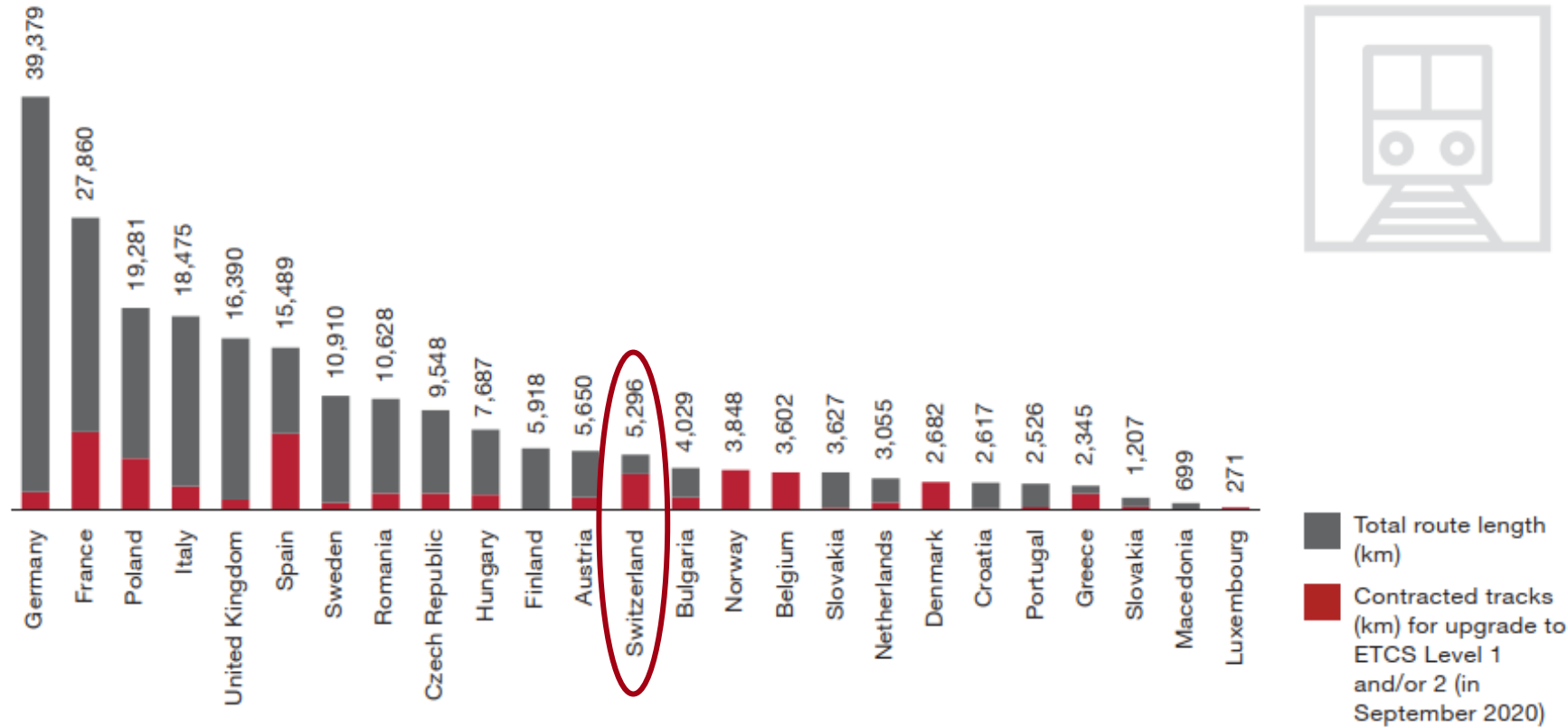
Quelle: European Commission (2013)

### Erläuterung:

- Das Transeuropäische Verkehrsnetz (TEN-T) soll die internationale Wettbewerbsfähigkeit Europas durch die Verbesserung der Erreichbarkeit der Regionen und Harmonisierungen im Grenzverkehr stärken.
- TEN-T umfasst Strassen, Eisenbahnen, das europäische Hochgeschwindigkeitsnetz, Binnenwasserstrassen, Flughäfen etc.
- Bis 2030 soll ein „Core Network“ umgesetzt sein. Dies umfasst die Elemente
  - Grenzüberschreitender Verkehr
  - Interoperabilität (Standardisierung von Schienennetzen)
  - Intermodalität zwischen den Verkehrsträgern

Die Interoperabilität auf der Schiene soll über das European Rail Traffic Management System (ERTMS) sichergestellt werden.

# Als Transitland hat die Schweiz ETCS ausgerollt



## Erläuterung:

- Mit dem Gotthard- und dem Ceneri-Basistunnel verfügt die Schweiz über zwei Alpenquerungen für den Güterverkehr
- U.a. um den Anforderungen des TEN-Korridors Rhine-Alpine gerecht zu werden, wurde das konventionelle Normalspurnetz bis 2018 flächendeckend mit ETCS Level 1 limited Supervision ausgestattet.
- Zusätzlich kommt auf einigen Strecken das moderne ETCS Level 2 mit Führerstandssignalisierung zum Einsatz.

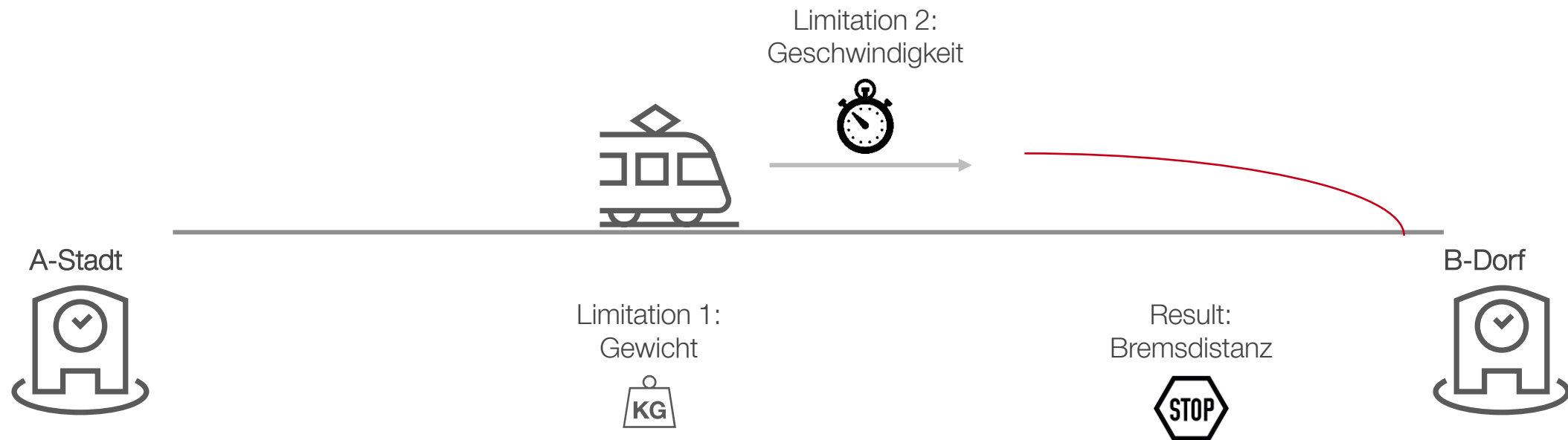


Sources: IRG-Rail Market Monitoring 2022, UNIFE ERTMS Deployment statistics, Strategy& interviews and desk research

Entnommen aus: Back on track – Solving the digitization challenge for Europe's rail sector, PWC, 2022



# Exkurs: wie funktioniert Bahnfahren?

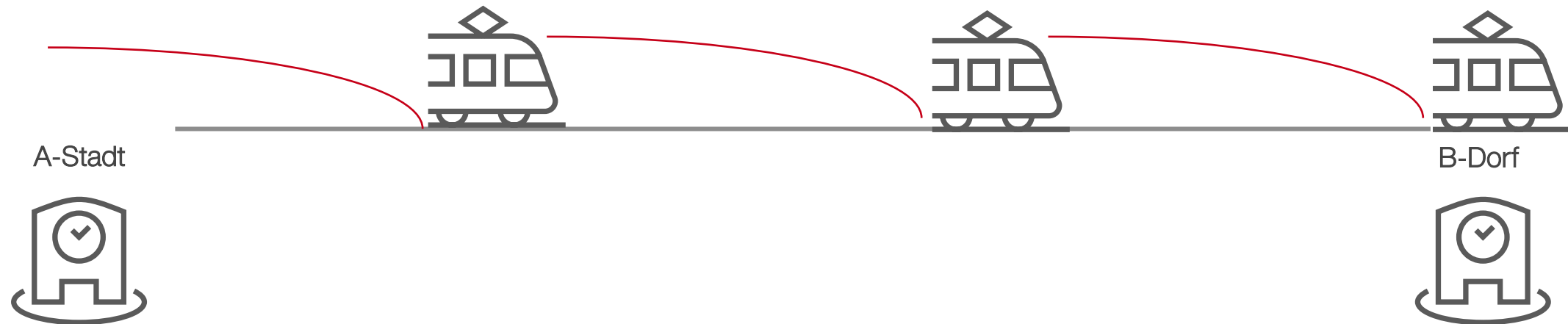




Stark vereinfacht

Die maximale Kapazität einer Strecke kann genutzt werden, wenn Züge im Bremsabstand fahren

Das "Platooning" automomer Lkw funktioniert ähnlich

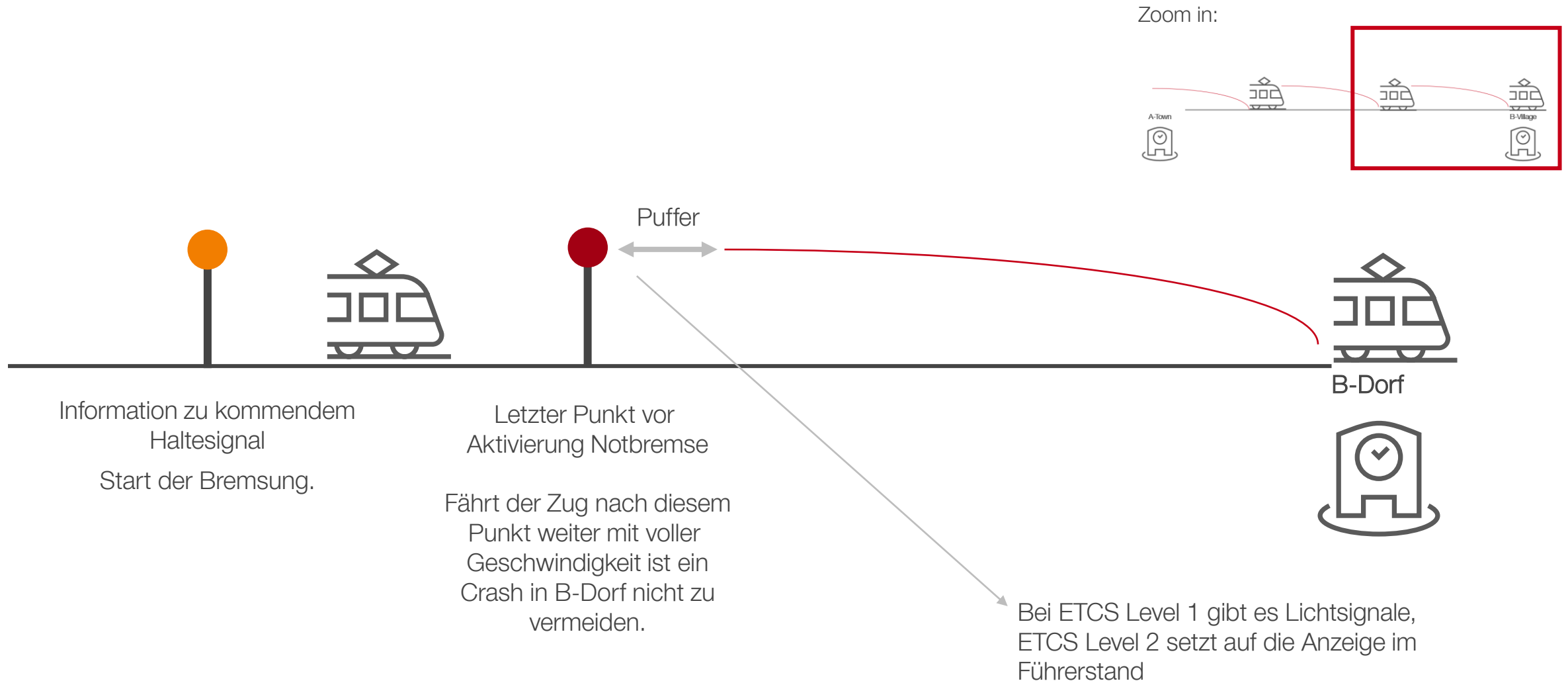






Stark vereinfacht

Um die Bremsdistanz einzuhalten, wird das Stoppsignal im Führerstand oder als Lichtsignal angezeigt.



# Für die Digitalisierung der Eisenbahninfrastruktur ist das Zusammenspiel von vier Bausteinen notwendig.

## Sicherungsanlagen / ETCS

- Nicht interoperable Komponenten wie Stellwerke, Weichen, Signale, Bahnübergänge
- Interoperabilitätskomponenten wie das Radio Block Center

### **Herausforderung:**

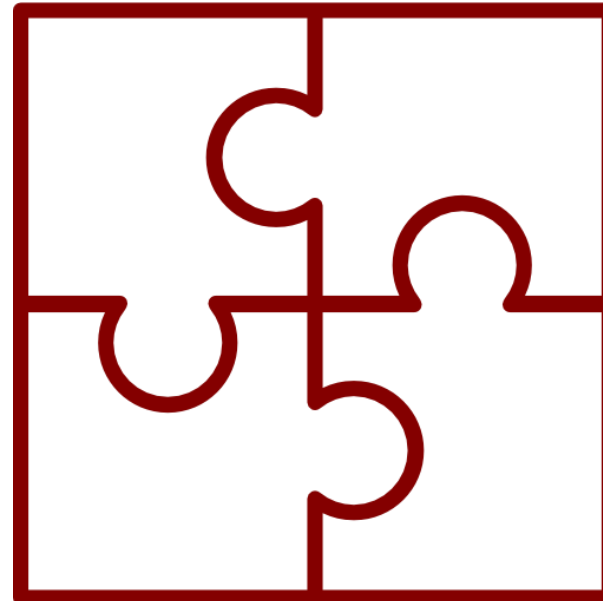
Die Umrüstung der Sicherungsanlagen kann erst erfolgen, sobald die Fahrzeugausrüstung abgeschlossen ist.

## Fahrzeugausstattung

- Auf Grund fehlender Aufwärtskompatibilität muss der Funktionsumfang der Fahrzeuge mindestens der Systemversion der Strecke entsprechen

### **Herausforderung:**

Für den Einsatz mit FRMCS müssen die EVU<sup>1)</sup> aus eigenen Mitteln ihre Fahrzeuge nachrüsten. Fahrzeuge für den Umbau aus dem Verkehr zu nehmen sehr teuer



## Future Rail Mobile Communication System (FRMCS)

- Das bisherige Eisenbahn-Funk-System GSM-R erreicht 2035 sein Lebenszyklusende und muss bis dahin Obsoleszenz-bedingt mit 5G Technik ersetzt werden

### **Herausforderung:**

Unkalkulierbare Risiken beim Rollout von bis zu 3'500 5G Antennen. Die finale TSI-Spezifikation<sup>2)</sup> für die Beschaffung von FRMCS-Komponenten wird erst 2026 erwartet.

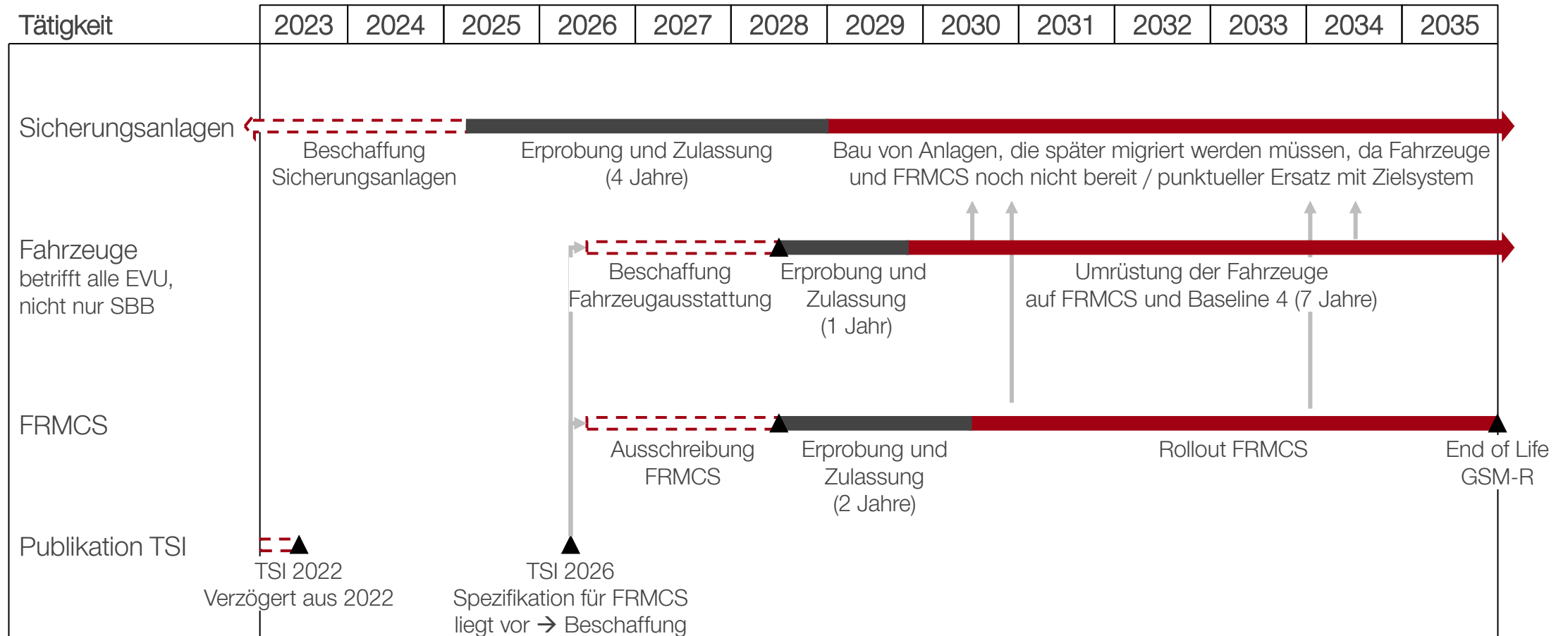
## Traffic Management System

- Planungssystem für die Erstellung des Fahrplans und dessen Operationalisierung in Echtzeit notwendiges IT-System

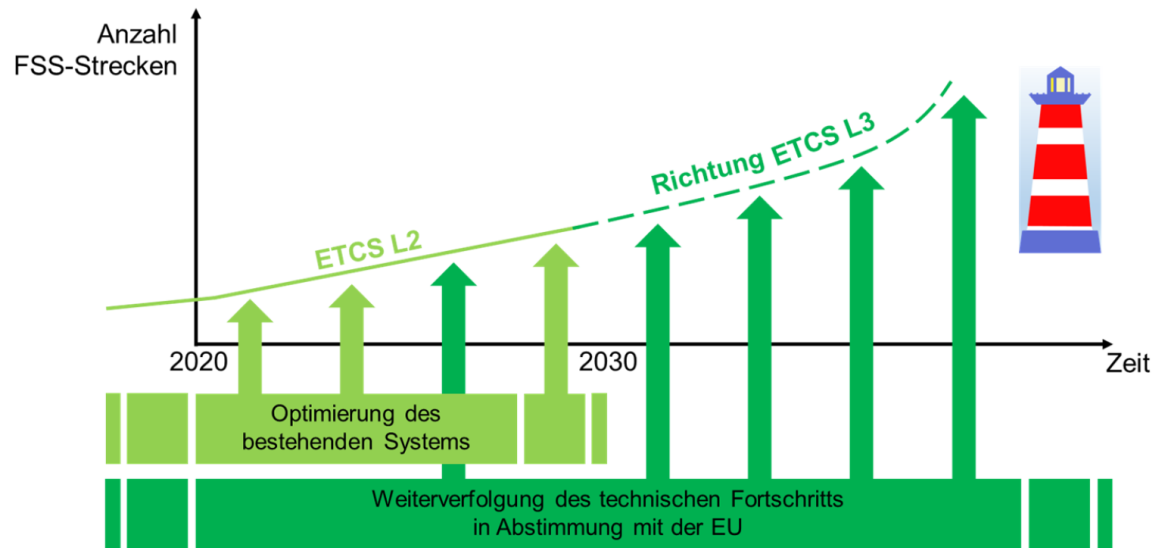
### **Herausforderung:**

Nutzen ist stark abhängig vom Ausbaustand des Gesamtsystem ERTMS

# Die Systemkomponenten ERTMS werden bestenfalls Anfang der 2030er Jahre zur Verfügung stehen.



# 2021: Bundesamt für Verkehr publiziert neue Strategie zur Weiterentwicklung der Bahnsteuerung



## Abkürzungen:

- FSS: Führerstandssignalisierung
- ISB: Infrastrukturbetreiber
- SBB I: SBB Infrastruktur
- BAV: Bundesamt für Verkehr
- SF ETCS: Systemführer ETCS
- GSM-R: bestehender Bahnmobilfunk
- FRMCS: zukünftiger Bahnmobilfunk
- L3: ETCS Level 3 (in Entwicklung)

ID	Massnahmen	Frist	Federführung
I2	Das <b>Normalspurnetz</b> ist <b>bedarfsorientiert auf FSS</b> (aktuell L2 mit GSM-R) <b>aufzurüsten</b> , um längere, zusammenhängende FSS-Strecken zu erhalten. Dabei sind Projektierung (Industrialisierung), Funktionalitäten und Betriebsabläufe zu optimieren und die Wahl der Strecken hat auf klaren bahnbetrieblichen und finanziellen Kriterien (kein Zwang ab 2025) zu basieren.	Ab 2023	ISB
I3	Technische Lösungen, die <b>L2 implementieren aber einen späteren, kostengünstigen Umstieg auf L3 erlauben</b> sind zu verfolgen. Dazu gehören hybride L2/L3-Lösungen und L3-taugliche Sicherungsanlagen.	Laufend	Industrie
I6	Die Umsetzung von ETCS auf den Grenzbetriebsstrecken (schweizerisches Hoheitsgebiet und angrenzendes Ausland) ist zu verfolgen. Gegebenenfalls hat eine Einflussnahme zu erfolgen, um unerwünschte Rückwirkungen auf die Schweiz zu verhindern.	Bis 2024	SBB I mit BAV
I8	<b>L3 mit FRMCS ist netzweit</b> zu implementieren.	Offen	ISB
I9	Das <b>Potential der bestehenden Systeme</b> ist für eine qualitativ hochstehende Bahnproduktion <b>auszuschöpfen</b> . Dabei ist der <b>Standardisierung und der Reduktion der Komplexität</b> ein hoher Stellenwert einzuräumen.	Bis 2024	ISB mit SF ETCS

# Zwischenfazit: Aus der ERTMS-Strategie lassen sich vier politische High-Level Anforderungen ableiten

## Anforderungen an die Weiterentwicklung der Bahnsteuerung



### Schweizweiter Einsatz von Führerstandssignalisierung

Das Migrationsszenario besteht zunächst aus einer bedarfsorientierten L2-Ausrüstung und einem netzweiten Einsatz von Level 3 mit FRMCS.



### Aufwärtskompatibilität

Es müssen Lösungen gefunden werden, die einen einfachen und kostengünstigen Umstieg von ETCS Level 2 auf Level 3 ermöglichen (Upgradability)



### Entwicklung von ETCS Level 3 und FRMCS

Die Industrie bietet heute weder für ETCS Level 3 noch für FRMCS Produkte. Die Entwicklung von europäisch standardisierten Produkten muss begleitet werden.



### Standardisierung und Komplexitätsreduktion

Sowohl die heutigen als auch die zukünftig eingesetzten Systeme müssen standardisiert werden und einen Beitrag zur Komplexitätsreduktion leisten.

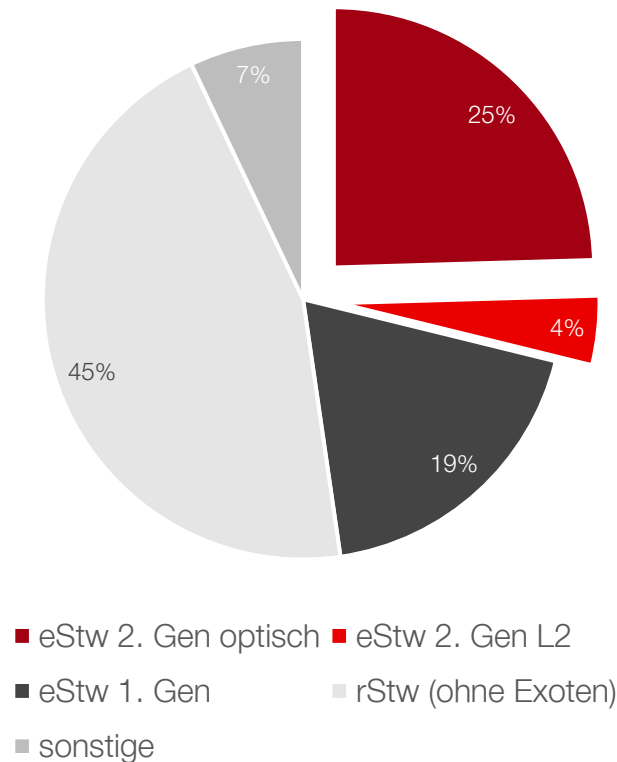


# Ausgangssituation

Anlagenstruktur Sicherungsanlagen

# Initiale Analyse: 50% der Stellwerke nicht FSS-fähig, weitere 45% nur bedingt upgradefähig

Verteilung der Stellwerksgenerationen gemessen am Wiederbeschaffungswert

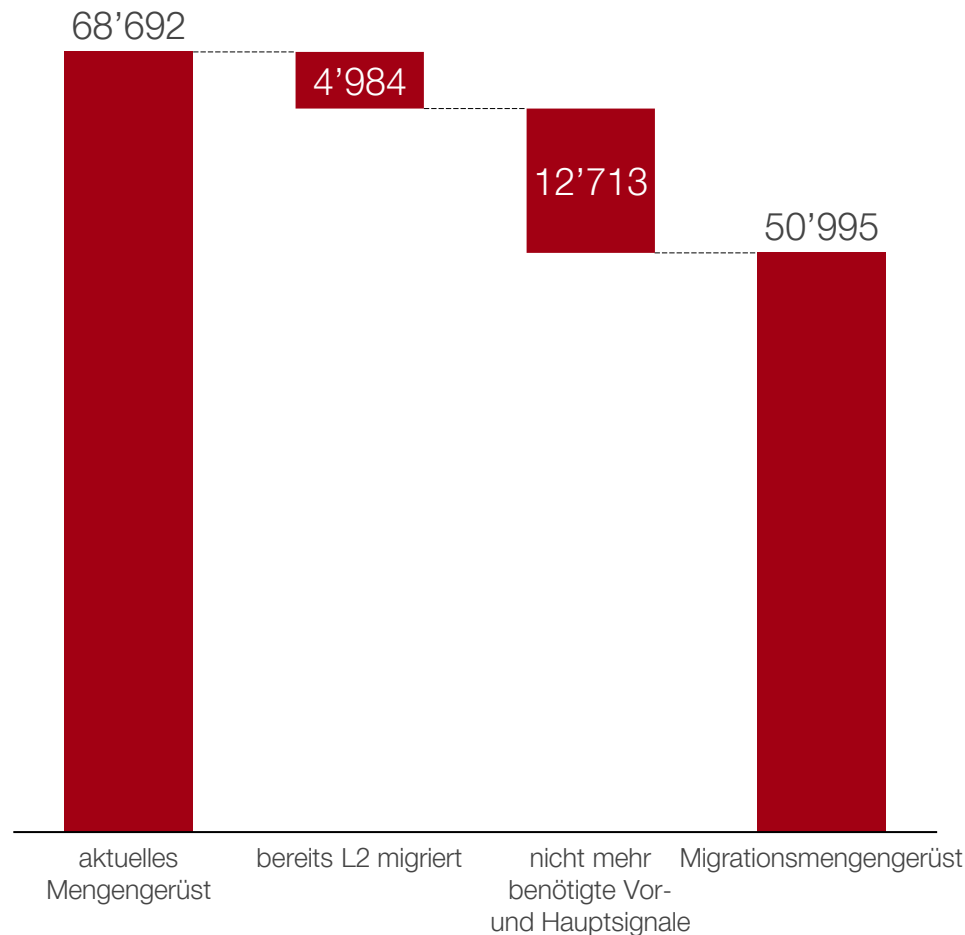


## Kommentar:

- Um eine initiale Abschätzung des Rolloutbedarfs vornehmen zu können, erfolgte eine Analyse der Anlagenstruktur.
- Knapp über **50%** der Stellwerke der SBB sind Relaisstellwerke. Diese sind per Definition nicht FSS-fähig und **müssen im Rahmen der Migration ersetzt werden.** (Grautöne)
- Bei rund **20%** der Anlagen handelt es sich um elektronische Stellwerke der 1. Generation. Diese Anlagen **befinden sich am Ende ihres Lebenszyklus** (schwarz)
- Nur rund **ein Drittel** der Stellwerke entspricht dem **aktuellen Standard**, den elektronischen Stellwerken der 2. Generation. Diese Anlagen sind FSS-fähig. (rot)
- Insgesamt werden **nur 4% der Anlagen heute mit FSS betrieben.** (hellrot)

# Bei heutiger Performance und Kosten wäre eine Investition über 30 Jahre notwendig.

## Herleitung des Migrationsmengengerüsts



## Kommentar

- Die Grundlage für den Rollout bildet das bestehende Mengengerüst. Basierend auf der Annahme eines L2-Rollouts beträgt das Migrationsmengengerüst rund 51'000 Elemente<sup>1)</sup>
- In den Jahren 2015-2019 wurden im Peak 2'034 Elemente pro Jahr ersetzt. Basierend auf dieser Performance benötigt ein FSS-Rollout rund 25 Jahre
- Nicht berücksichtigt sind in dieser Betrachtung Massnahmen zusätzlich zum FSS-Rollout (Substanzerhalt, Ausbauschritte, etc.)
- Unter der Annahme, dass 25% der Performance für nicht verschiebbare Massnahmen reserviert bleiben muss<sup>2)</sup>, müsste für den FSS-Rollout bei aktueller Performance mit über 33 Jahren Laufzeit gerechnet werden.

<sup>1)</sup> inkl. GFM ohne Blockverdichtung

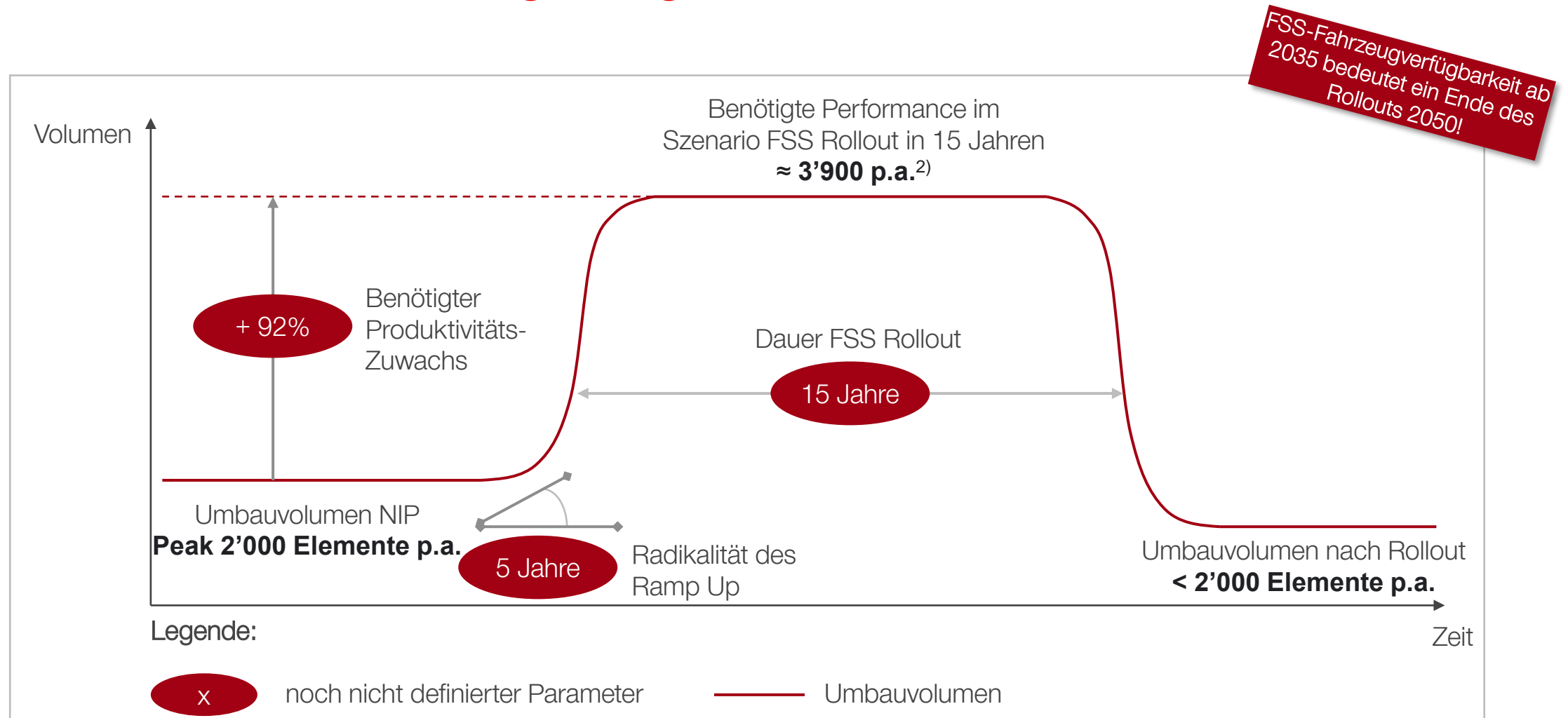
<sup>2)</sup> 75% von 2'034 ≈ 1'526 Elemente p.a.

50'995 Elemente / 1'526 Elemente p.a ≈ 33 Jahre





Für eine Migration in nützlicher Frist muss die Produktivität massiv gesteigert werden.



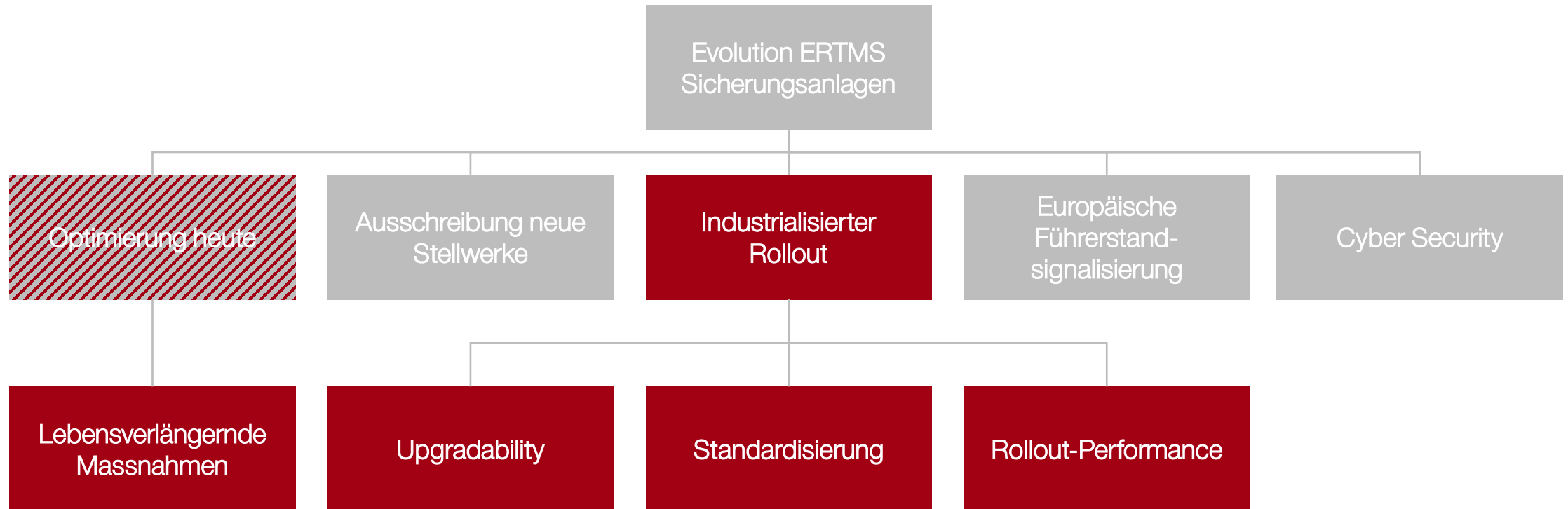
<sup>1)</sup> 50'995 Elemente / 15 Jahre  $\approx 3'400$  Elemente p.a. hinzu kommen 25% der  $\varnothing$  2'000 Elemente p.a. für Substanzerhalt, Ausbauschritte etc. mit ca. 500 Elementen.



# Setup und Vorgehen

Lösungsansätze

Für den Bereich Sicherungsanlagen wurde ein Projektportfolio mit fünf Themengebieten gebildet.

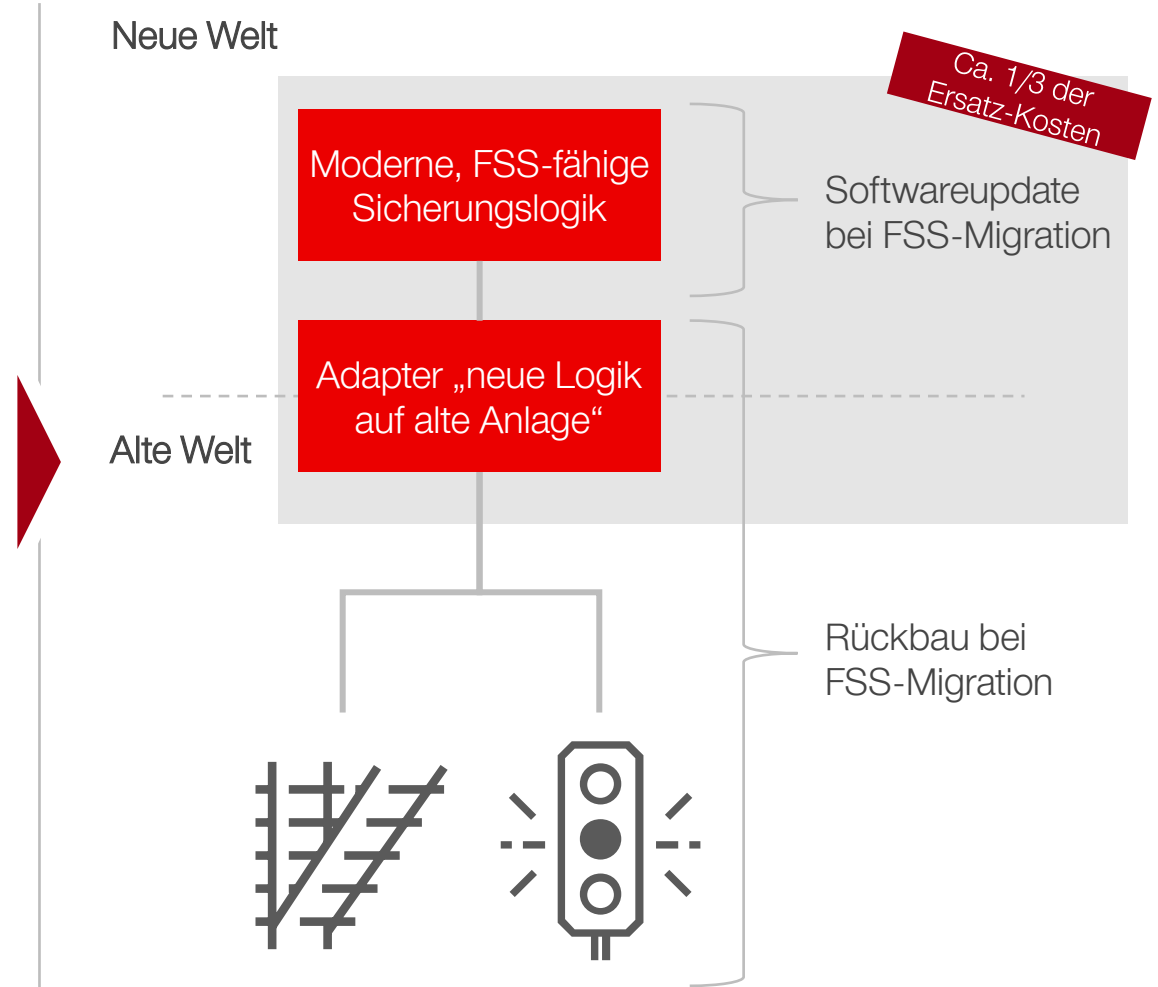


# Die Lebensverlängerung schafft den notwendigen zeitlichen Spielraum für die Rollout-Vorbereitung.





# Wegen langer Lebenszyklen muss der Bau neuer Aussenelemente vor dem FSS-Rollout verhindert werden.

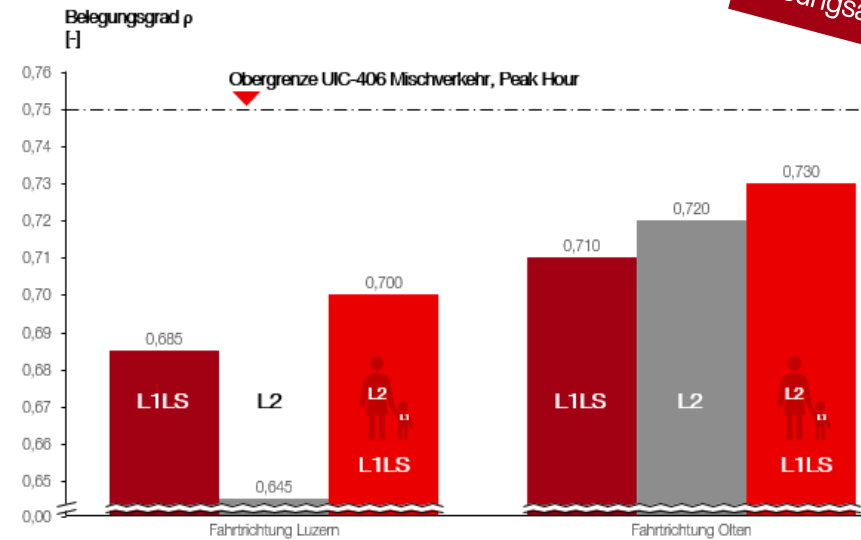




# Bei zwingenden Neubauten müssen die Anlagen weitest-gehend auf den FSS-Betrieb vorbereitet werden.

Upgradability

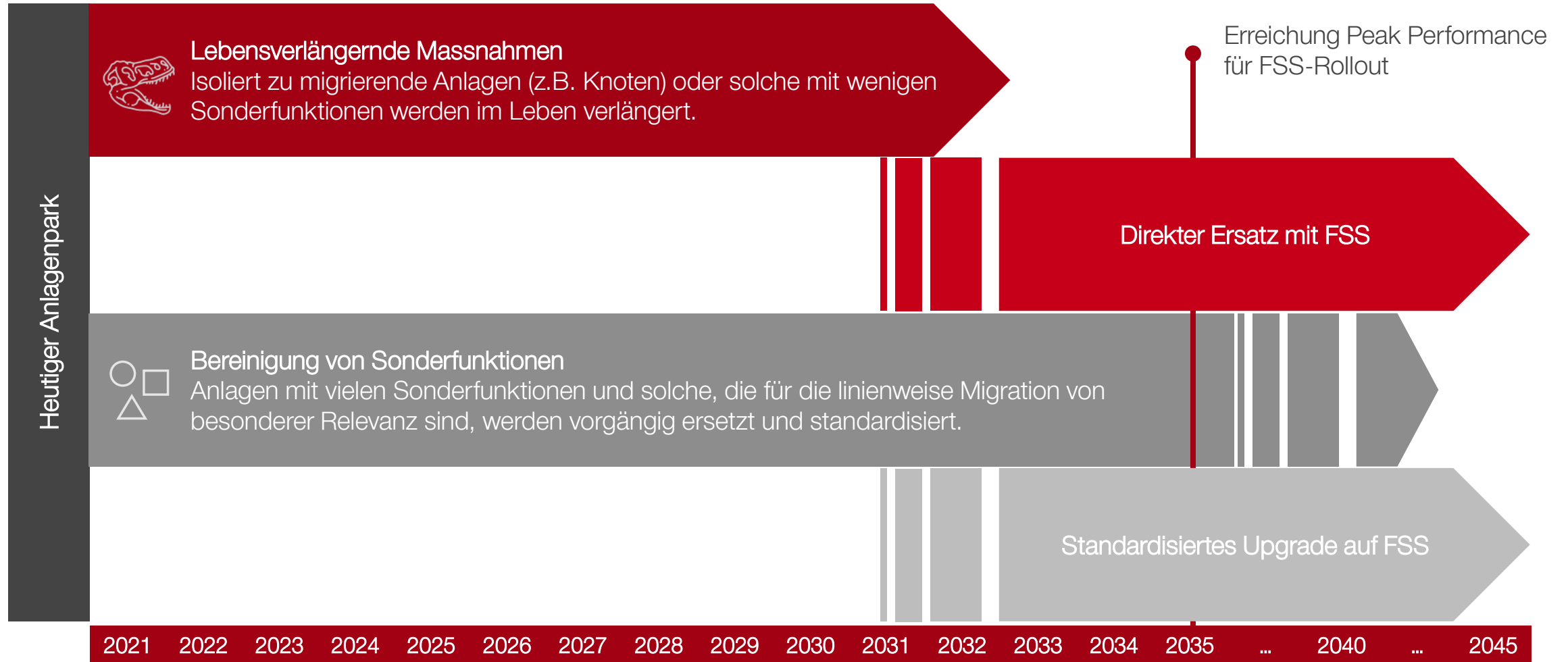
vereinfacht



## Erläuterung:

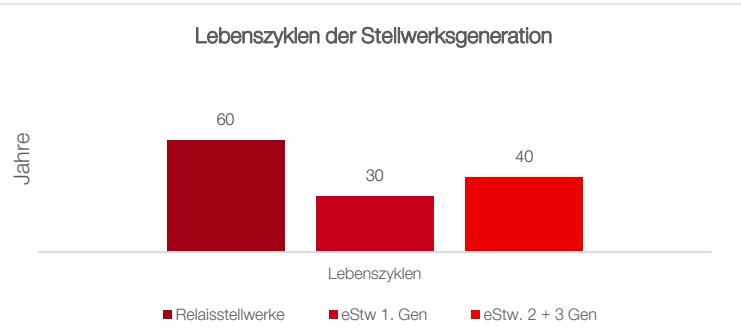
- Die Signalisierungskonzepte konnten unter Verletzung des Regelwerks so nah an einander gerückt werden, dass der Kapazitätsverlust <5% liegt.
- Nach erfolgtem Upgrade kann „artreines“ Level 2 ohne Kapazitätseinbussen gefahren werden.
- Studienergebnisse werden anhand Strecke Lausanne-Genf validiert.

# Lebensverlängernde Massnahmen und Upgradability ermöglichen die Vorbereitung des FSS-Rollouts.



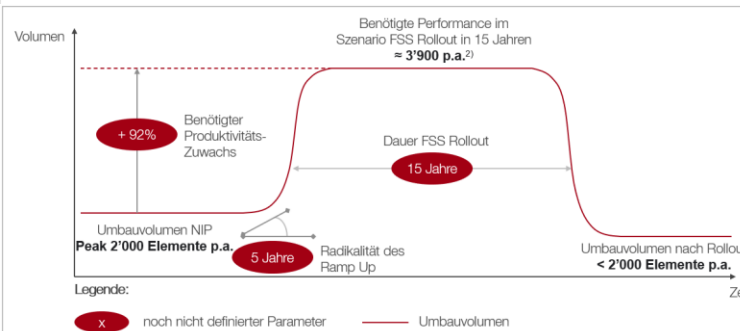
# Bei Rollout-Performance stehen Produktivität, Zeitraum und Fahrbarkeit während des Rollouts im Fokus.

## Verkürzung des Rollout-Zeitraums auf eine dem Lifecycle angemessene Frist



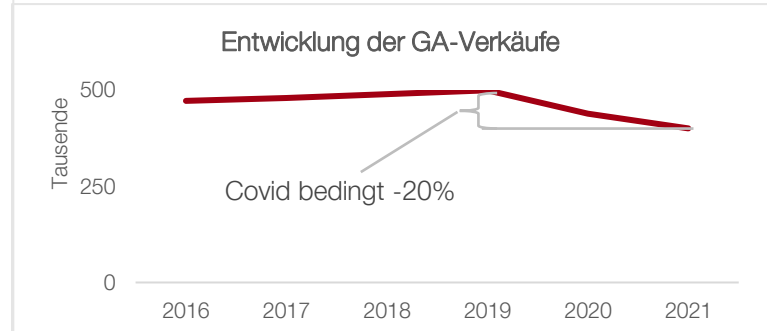
- Moderne elektronische Stellwerke werden mit einem **Lebenszyklus von 40 Jahren** kalkuliert.
- Ein Rollout von 20 Jahren und mehr bedeutet damit „nach dem Rollout ist vor dem Rollout“, da die ersten Anlagen (Vorserie) bereits die Hälfte ihres Lebenszyklus überschritten haben.
- Gleichzeitig führt ein konzentrierter Rollout zu einem **wiederkehrenden, konzentrierten Finanzbedarf** bei der Ersatzbeschaffung  
→ die neuen Anlagen erreichen ihren End of Life in einem engen Zeitfenster

## Temporäre Steigerung der Produktivität mit anschließender Reduktion auf unter vor-Rollout-Niveau



- Um den Rollout auf ein machbares und fahrbares Zeitfenster zu beschränken, muss die **Produktivität** während des Rollouts **gegenüber heute nahezu verdoppeln**.
- Nach dem Rollout ist jedoch ein deutlich niedrigeres Bauvolumen zu erwarten, da die Anlagen alle neuwertig sind.
- Ein **Personalaufbau** für den Rollout ohne Anschluss-Verwendung des Personals ist vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels **kritisch** zu bewerten.

## Wahrung der Fahrplanteue und Fahrbarkeit auch während des Rollouts



- **Mobilität ist eine Investitionsentscheidung.** Fehlendes Angebot führt direkt zu einem Rückgang der Nachfrage.
- Fahrgäste, die sich gegen ein Generalabonnement<sup>1)</sup> und für ein Auto entscheiden, sind **über Jahre nachhaltig verloren**.
- Die Umbauphasen müssen Fahrplankompatibel gestaltet; **Streckensperrungen wann immer möglich vermieden** werden



# Zur Erreichung der Rollout-Performance muss auf Skalierungseffekte der Industrie zurückgegriffen werden.





# Lessons Learned

# Die Erfahrungen nach zwei Jahren Projekt lassen sich übergeordnet in vier Punkten zusammenfassen.

## Do what you can do best, buy the rest

Bereits die Tätigkeiten, die zwingend von der eigenen Organisation ausgeführt werden müssen (Migrationsplanung, strategischer Personalaufbau ...) überfordern die Organisation.

- Nur konsequente Buy-Entscheidungen können dabei helfen, auf das wesentliche zu fokussieren. Machen Sie keine Experimente und keine Wetten auf die Zukunft!  
*«Bis Zeitpunkt X haben wir das erforderliche Know-How selbst aufgebaut»*

## Erst der Prozess, dann die Organisation, dann die Technik

Ingenieur-lastige Organisationen tendieren dazu, jedes Problem mit Technik lösen zu wollen und vernachlässigen die Potentiale von prozessualen und organisatorischen Veränderungen.

- Im Vergleich zu technischen Massnahmen lassen sich Prozesse und organisatorische Anpassungen viel schneller umsetzen und erproben.  
*«Wir brauchen dafür ein Tool»*

## Functional test-driven design

Die Beschreibung der funktionalen Anforderungen und der dazugehörigen Testfälle ist beim funktionalen 1:1-Ersatz mit einer neuen Technologie schwieriger als die technische Spezifikation.

- Es beschleunigt Entwicklungsvorhaben und reduziert die Anforderungen an die eigene Organisation, sich auf funktionale Aspekte zu beschränken.  
*«Wir wissen, wie das funktioniert»*

## Monopolistenverhalten vs. Expertenmeinung

Nur weil Bahnen als Monopolisten die einzigen sind, die Infrastruktur bauen, bedeutet das noch lange nicht, dass sie dies gut tun. Gegenüber selbsternannten Experten ist eine gesunde Skepsis angemessen!

- Welche Industrien haben ähnliche Herausforderungen, deren Ansätze sich ggf. übertragen lässt?  
*«Unsere Experten sind der Auffassung, dass ... »*

# Weitere Lessons Learned 1/3: schneiden Sie Ihr Entwicklungsportfolio einheitlich

## Horizontaler Schnitt:

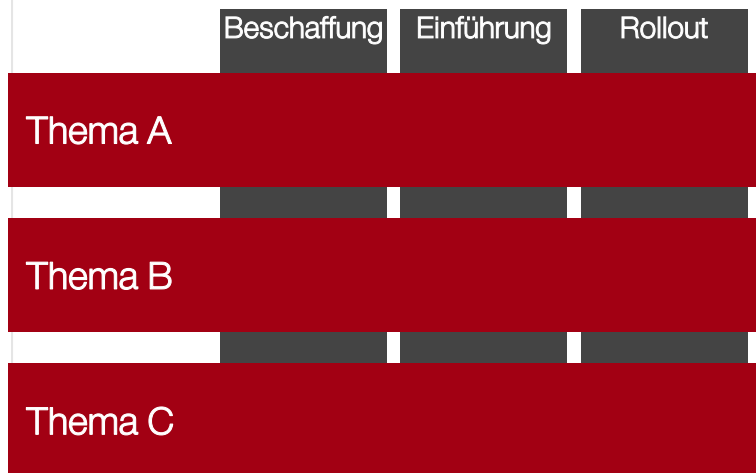
Alle Themen werden über alle Phasen von einem Team betreut.

### **Vorteil:**

Keine Handover zwischen den Phasen notwendig

### **Nachteil:**

Universelleres Know-How benötigt



## Vertikaler Schnitt:

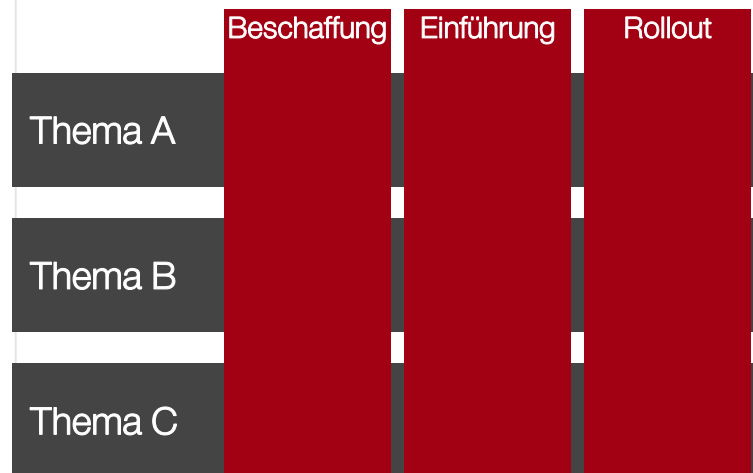
Alle Themen werden pro Phase von einem Team betreut

### **Vorteil:**

Stärkere Fokussierung und Skill-Bündelung möglich

### **Nachteil:**

Spätere Phasen müssen „die Suppe auslöffeln“



## Worst of both worlds

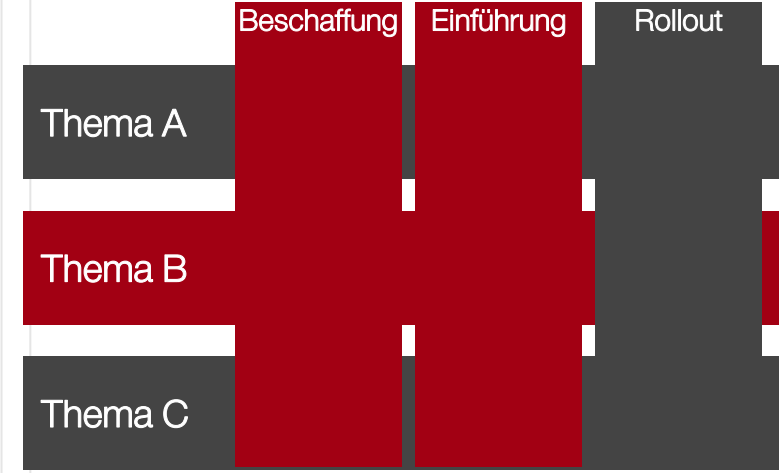
Irgendeine Mischung aus beidem

### **Vorteil:**

keiner

### **Nachteil:**

Unklare Verantwortlichkeit, Doppelarbeit, erhöhter Abstimmungsbedarf



# Weitere Lessons Learned 2/3: Mind the Verlustaversion

## Beispiel europäische Standardisierung:

### Annahme:

Die Spezifikation und Ausschreibung europäisch standardisierter Komponenten führt zu einem grösseren Markt und damit zu niedrigeren Preisen

### Operationalisierung:

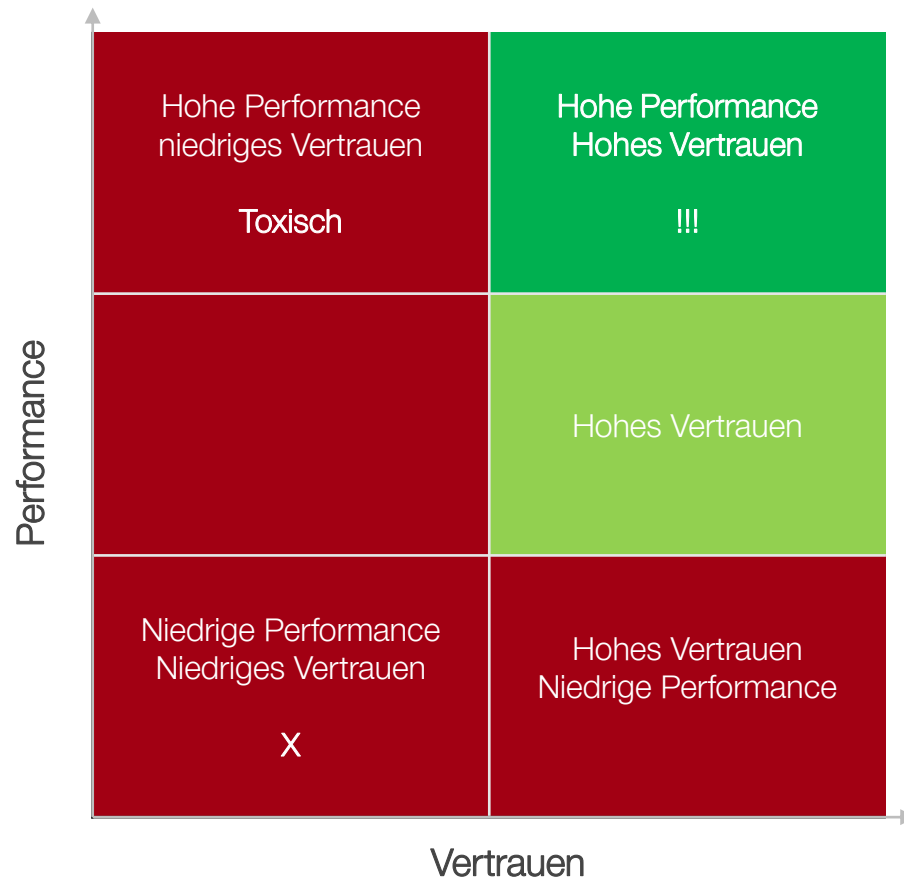
- Ca. 400% FTE arbeiten vier Jahre an europäischer Standardisierung (Gremienarbeit, Spezifikation etc.)
- Eigenes Los „Object Controller“ in Ausschreibung

### Reality Check:

- Zwei zusätzliche Anbieter für neue Komponente, die wegen Formfehlern in ihren eingereichten Unterlagen nicht selektiert werden konnten
- Grosse Anbieter müssen untereinander interoperabel sein  
→ Ansatz bei DB in Warnemünde gescheitert

- 1 „Wunsch“ und „Chance“ verwechselt  
Erfahrungen aus anderen Branchen haben gezeigt, dass eine Reduktion von Markteintrittsbarrieren zu niedrigen Preisen führen kann. Dieser Effekt ist aber kein Gesetz.
- 2 „Treffen sich zwei Monopolisten ...“  
Die Erarbeitung des Standards erfolgt über europäische Infrastrukturbetreiber – die in ihrem jeweiligen Land Monopolisten sind und entsprechend wenig Bereitschaft haben, Abstriche zu machen.
- 3 „Wir haben schon zu viel investiert“  
Durch die zähen Verhandlungen in Europa und die langen Time-to-Market entstehen schnell hohe Sunk Costs, die das Management nicht leichtfertig abschreibt und tendenziell eher weiter investiert
- 4 „wie viele davon haben wir noch?“  
Strukturell hat die Überprüfung von Projektannahmen und Prämissen gefehlt. Dadurch lässt sich nicht qualifiziert abschätzen, wie viele weitere Fälle von unbestätigten Annahmen verfolgt (und finanziert) werden.

# Lessons Learned 3/3: Gegenseitiges Vertrauen ist in Projekten mit langer Laufzeit wichtiger als Performance



## Kommentar:

- In Projekten mit langer Laufzeit lassen sich Fehler und Probleme nicht vermeiden. Die Leistungs- und Motivationskuve im Team gleicht einer Sinus-Kurve.
- Legen Sie beim Teambuilding mehr Wert darauf, Menschen um sich zu versammeln denen Sie vertrauen statt die besten Performer für sich zu gewinnen.
- Denken Sie dabei auch an die Personen, die heute noch junior sind, aber in 3-5 Jahren bei geeigneter Qualifizierung Grosses bewirken werden. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass Sie mit dem Team enden, mit dem Sie begonnen haben.