SBB CFF FFS

Erfahrungen in der Schweiz
mit ETCS und wie ist der weitere
Weg von ERTMS

ERTMS in der Schweiz «heute-morgen-übermorgen»

Jens-Erik Galdiks
SBB Infrastruktur
TU Berlin, 20. November 2023

Kurz persönlich:

Name: Jens-Erik Galdiks
Alter: 50 Jahre
Ausbildung: Wirtschaftsingenieur / Dipl. Kfm. / Jurist
Wohnhaft: Region Basel
SBB: seit 2008

Positionen bei der SBB

- 2008-2010 Senior Programm Manager - SBB Cargo
- 2011-2021 CTO - Head of Rolling Stock Technology and Innovation - SBB Cargo
- 2021 Leiter ERTMS Evolution Sicherungsanlagen – SBB Infrastruktur

Kontaktdaten: jens-erik.galdiks@sbb.ch / +41 79 772 54 55

Agenda

1. ETCS Level 2 heute
2. Strategie und Weg in die Zukunft
3. Die ERTMS-Strategie von 2021 und die «bedarfsorientierte Umsetzung»
4. Die Aktivitäten und der Stand der Dinge bei der «bedarfsorientierten Umsetzung»
5. Die ERTMS-Strategie von 2023, Upgradefähigkeit und der Weg zum FSS-Rollout
6. Herausforderungen und Optimierungen im weiteren FFS Rollout

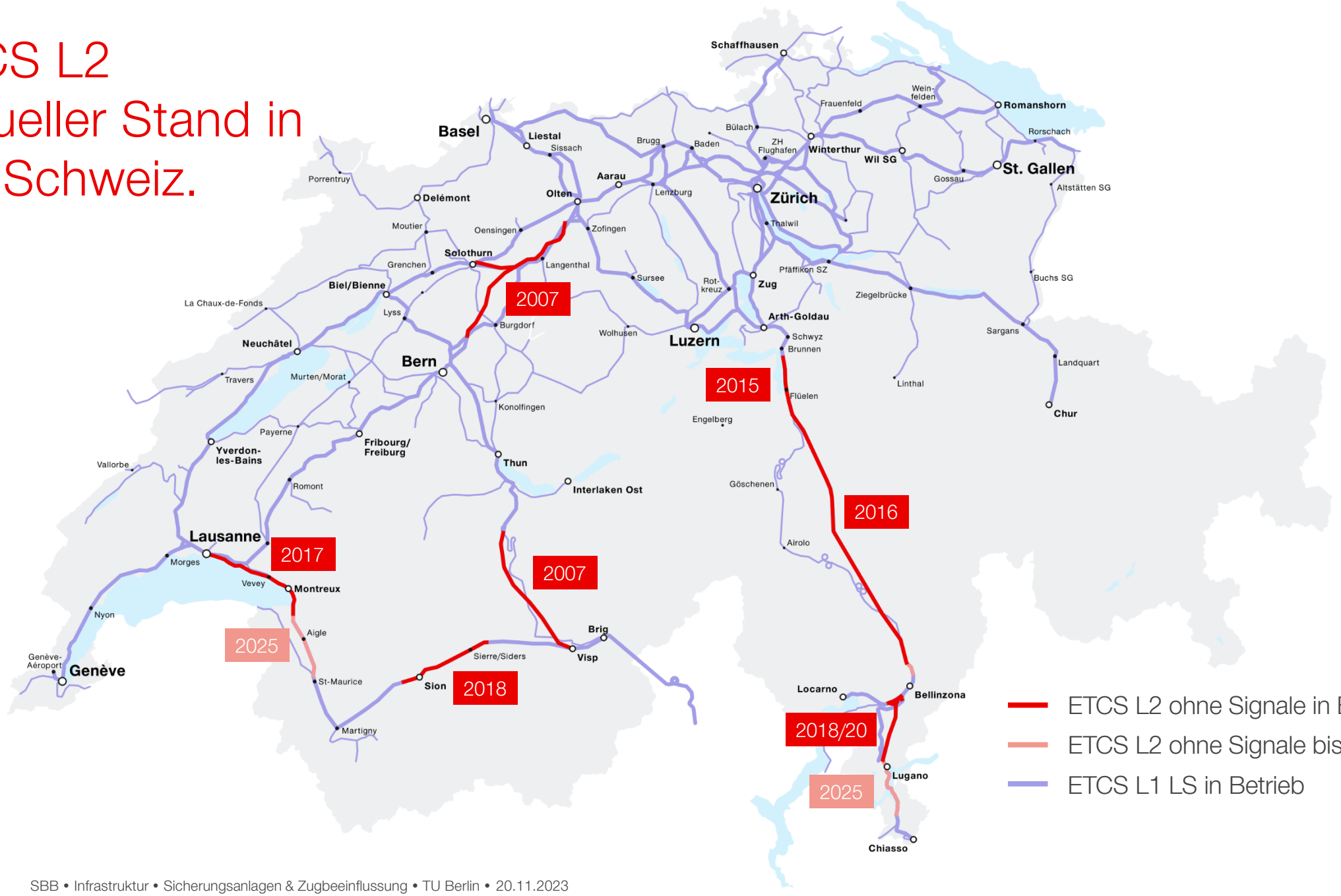
Die Bahnsicherung der SBB – Unser Weg in die Zukunft.

01

ETCS Level 2 «heute»

250km ETCS L2 im operativen Betrieb

ETCS L2
Aktueller Stand in der Schweiz.



ETCS L2 bei der SBB.
Von den ersten Gehversuchen zur Planung eines Rollout.

Meilensteine Strecken

- 2002 Pilotstrecke Zofingen–Sempach
- 2007 Bahn-2000-Strecke & Lötschberg-Basistunnel
- 2015/16 Gotthard-Basistunnel & Zulaufstrecken
- 2017/18 Genfersee, Giubiasco & Wallis
- 2020 Ceneri-Basistunnel

2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025

Meilensteine Regulation

- Ende 1990er Systementscheid L2 für Schweizer 200-km/h-Neubaustrecken.
- 2006 Entscheid Migration Kernnetz auf ETCS L1LS.
- 2019 Neuorientierung BAV. Temporeduktion bzgl. FSS.
- 2021 ERTMS-Strategie: «Bedarfsorientierte Umsetzung» von ETCS L2.
- 2023 Update der ERTMS-Strategie: Grundsätzlich ETCS L2 Umsetzungskonzept FSS

ETCS L2 in der Schweiz.
Zahlen & Fakten.

400
Züge pro Tag im L2-Bereich Giubiasco/Ceneri

250
km Strecke mit ETCS L2

> 30
unterschiedliche ETCS-Fahrzeugausrüstungen

0.2%
Anteil der Zugfahrten unter L2 mit ETCS-Störung

2018
Abschlussjahr der netzweiten L1LS-Ausrüstung

3800
km Strecke mit ETCS L1LS

> 1 Mio.
Zugfahrten unter L2.

3
streckenseitige ETCS-L2-Lieferanten

15-55%
Güterverkehrsanteil auf den L2-Strecken

1100
ETCS-taugliche Loks und Triebwagen

2007
Jahr der Eröffnung der ersten Strecken mit ETCS L2

02

Strategie und Weg in die Zukunft

Umsetzung ETCS Level 2

ETCS L2 bei der SBB.
Handlungsbedarf & Chancen.

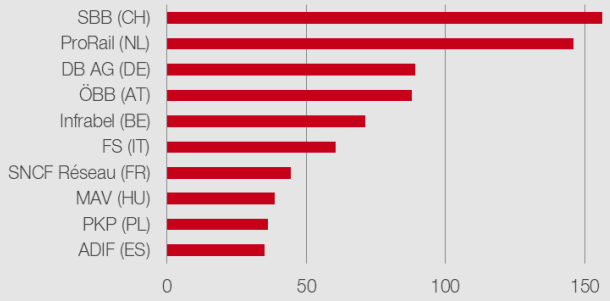
+51%
Wachstum Personenverkehr Bahn 2010-2040

+100%
Angestrebte Veränderung Modalsplit ÖV bis 2050 (BAV).

+40%
Maximaler Kapazitätsgewinn durch neue Fahrpläne im Ausbauschritt 2035.

20 Züge
Anzahl Züge pro Stunde und Richtung auf der Doppelspur Heitersberg 2035 (Mischverkehr).

+45%
Wachstum Schienengüterverkehr 2010-2040



Durchschnittliche Anzahl Züge pro Strecke und Tag 2019.
Quelle: UIC, ProRail. SNCF und ProRail: 2018.

Substanzerhalt

- Relaisstellwerke, eStw
- heterogene Ausprägung
- Spezialitäten
- Know-how Sicherung
- Fachkräftemangel
- Obsoleszenzproblematik
- Digitalisierungsdruck

Viertelstundentakt im Fernverkehr: Der nächste Quantensprung im Schweizer öV.

Auf Strecken mit hoher Nachfrage führt die SBB den Viertelstundentakt ein – zum Beispiel Genève–Lausanne, Bern–Zürich, Zürich–Winterthur und Luzern–Zürich. Dies macht den öV noch attraktiver.

ERTMS - Reasons Why

Die aktuellen und kommenden Anforderungen stellen eine grosse Herausforderung für die SBB dar.
Hier ist ERTMS ein Teil des Lösungsweges.

01 Steigender Bedarf an Kapazität

Eine steigende Nachfrage in der Mobilität aufgrund des Bevölkerungswachstums und des sich verändernden Mobilitätsverhaltens erfordert eine Erhöhung der Kapazität. Hinzu kommt die angestrebte Verlagerung im Güterverkehr, welche ebenfalls zusätzliche Kapazitäten erfordert.

02 Nachhaltiger Ausbau

Die Digitalisierung der Eisenbahn ist ein ökologisch und ökonomisch nachhaltiger Ausbauschritt zur Erhöhung der Kapazität und der Flexibilität bei gleichzeitiger Reduktion der CO_2 Emission.
Teure Ausbauten können somit teilweise vermieden oder optimiert / zumindest verzögert werden.

03 Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahn

Eine durchgängige Digitalisierung und Automatisierung der Bahnproduktion und die damit verbundenen Möglichkeiten der Effizienz- und Wirtschaftlichkeitserhöhung steigert die Leistungsfähigkeit und die Wettbewerbsfähigkeit des Bahnsystems gegenüber anderen Verkehrsträgern.

04 Substanzerhalt und Obsoleszenz

Die Bahnen stehen vor einer zunehmenden Welle von Systemablösungen (End of Life Ersatz, z.B. GSM-R, Stellwerke). Bestehende Systeme werden die Anforderungen der Zukunft nicht mehr erfüllen und es bietet sich die Chance standardisierte technolog. Entwicklungen umzusetzen.

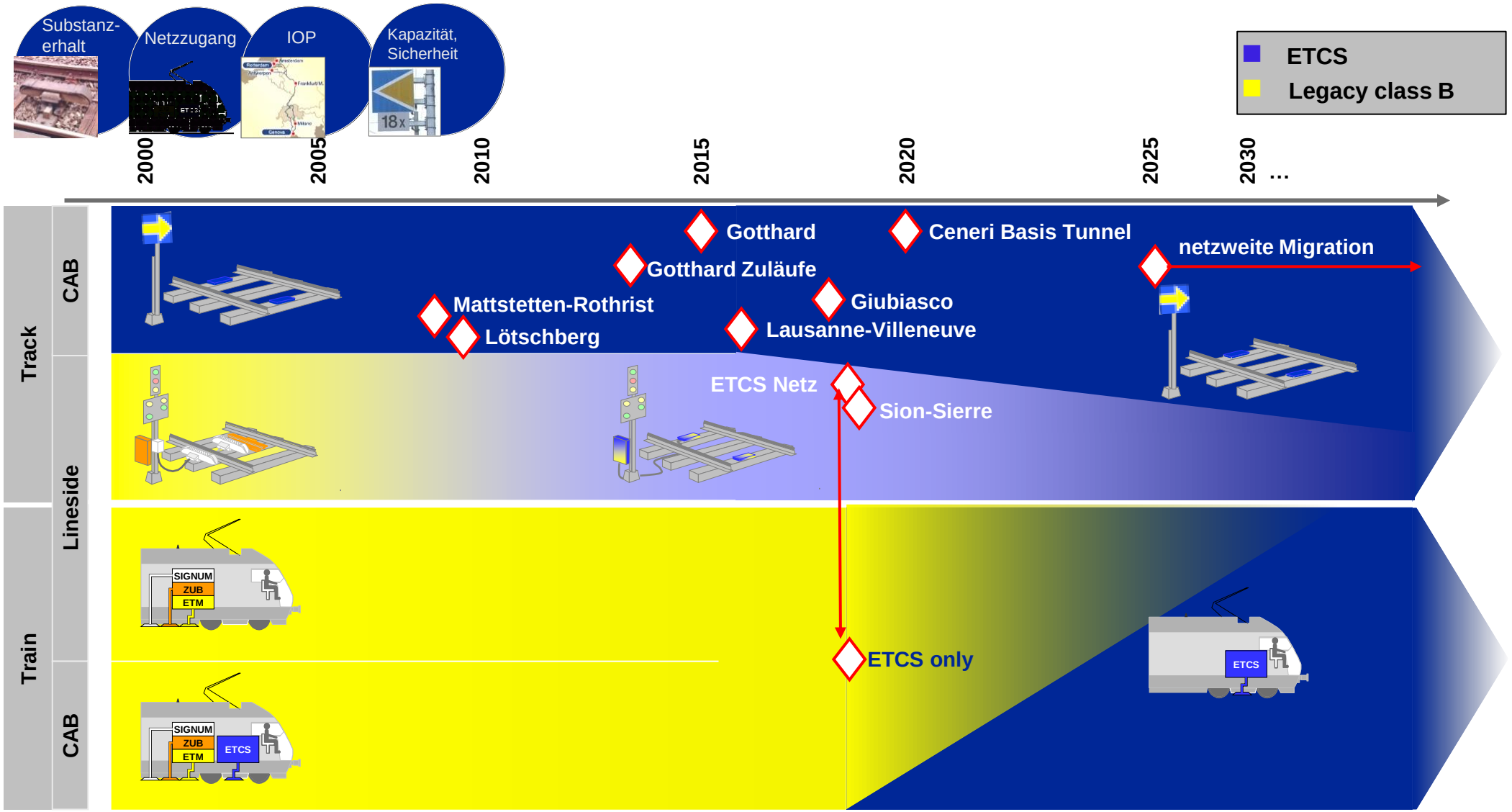
05 Komplexität im Bahnsystem

Die Koexistenz von vielen verschiedenen Generationen von Technologien und Systemen im Bahnsystem erschweren den Betrieb und erhöhen die Komplexität beim Ausbau und Unterhalt des Bahnsystems.

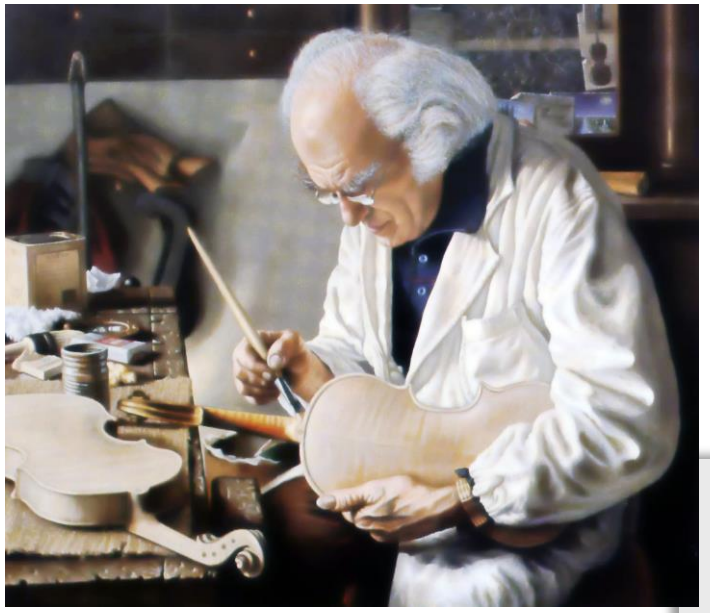
06 Knowhow- und Fachkräfte-Mangel

Die Verfügbarkeit der Fachkräfte und ihr Knowhow für den Betrieb und die Weiterentwicklung der bestehenden Systeme ist nicht mehr gewährt. Dieses Problem wird sich in der nahen Zukunft noch weiter verschärfen. Die Digitalisierung und Automatisierung ist ein explizites Mittel dagegen.

ERTMS Strategie.



Herausforderungen und Transformation.
Vom Kunsthandwerk zur industriellen Produktion



Enabler der Transformation
Digitalisierung
Standardisierung
Komplexitätsreduktion
Harmonisierung

Mit begrenzten finanziellen Mitteln mehr Anlagen in kürzerer Zeit (auf ETCS L2) migrieren

Bundesamt für Verkehr Schweiz (BAV)
<ETCS / ERTMS Strategie>

BAV-Strategie 2014
Update 2019

Vision für öV und Güterverkehr im **Jahre 2030**

Ziele und Aufgaben BAV

ETCS-Strategie 2000
ETCS-Strategie 2011
Update 2019
Festlegung 2020

2000: Grundsätze zur Migration von Signum/ZUB zu ETCS

2011: Ausrüstungspflicht Fahrzeuge ab **2014** (BL3), Rollout ETCS L2 ab **2025**

2019: Update auf Basis Erkenntnisse und in Folge SR40

2020: Festlegungen im Zusammenhang mit Obsoleszenz ZUB121

ERTMS-Strategie
Stand 2021

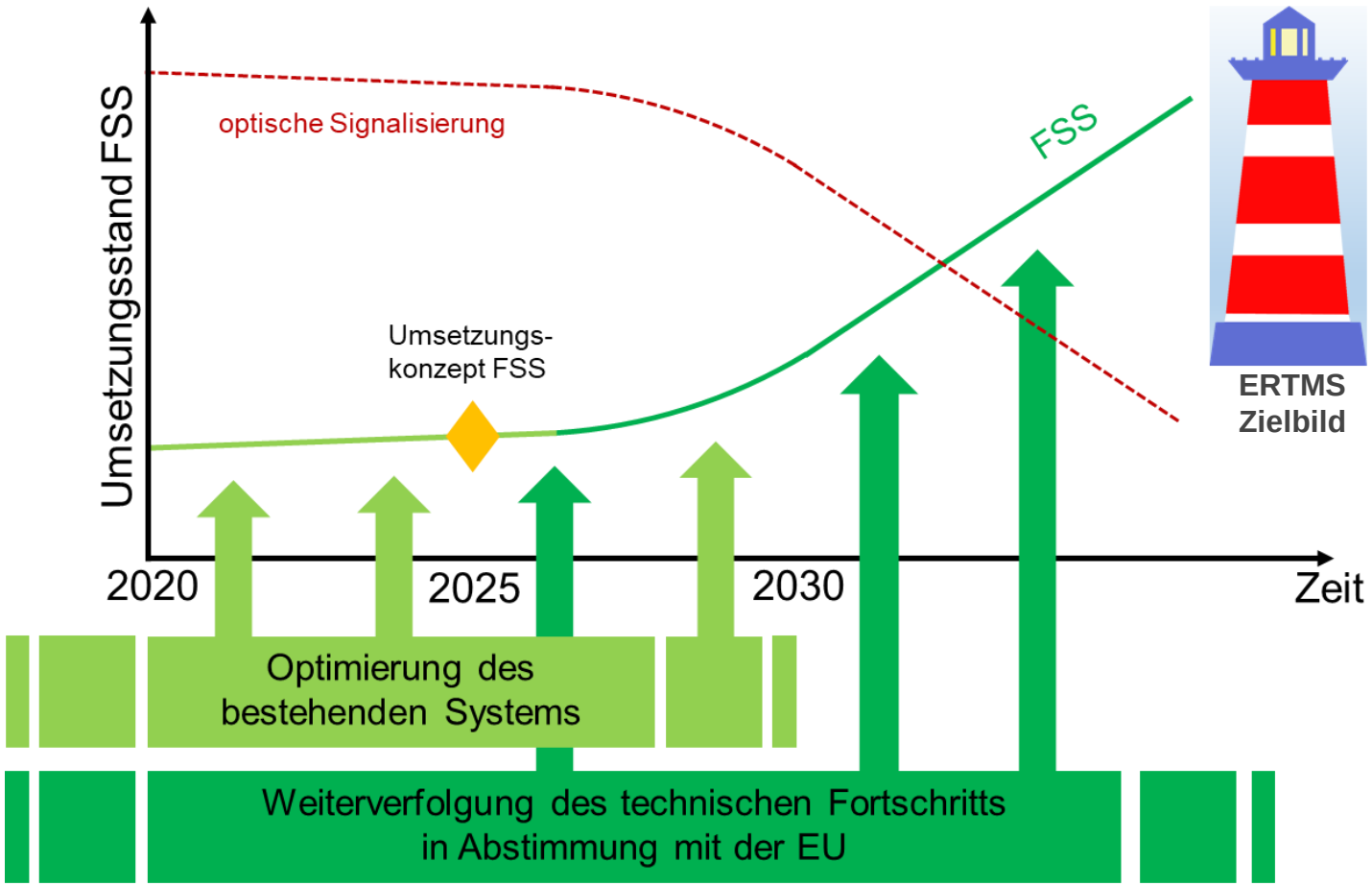
2020: ERTMS-Strategie auf Basis Überprüfung ETCS-Strategie
Festlegung ERTMS-Zielbild und Massnahmen
Beinhaltet die gesamten Sicherungsanlagen (inkl. ETCS) und Funk

2021: Freigabe durch Direktion BAV am 8.3.2021

2023: Publikation der aktualisierten ERTMS Strategie seitens BAV

Information neuer ERTMS Strategie 2023
https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/publikationen/bav-news-blog/24-2023.html

Die neue ERTMS-Strategie des BAV wird die Umsetzung von ETCS L2 beschleunigen.



«Neubauten und Erneuerungen werden mit FSS (ETCS L2) realisiert».

Substanzerhalt und Ausbau mit FSS (ETCS L2)

Optische Signalisierung nur noch «in Ausnahmefällen».

Infrastrukturbetreiber müssen bis 2025 ein verbindliches Umsetzungskonzept für FSS vorlegen.

Herausforderungen in der Schweiz

- Grosse Fahrzeugflotte mit BL2
- Alle RBC SRS 2.3.0d
- Anstehender Substanzerhalt GSM-R - FRMCS
- Um- und Neuausrüstungen Fahrzeuge (Finanzierung)
- Standardisierungskampagnen (EULYNX, RCA, OCORA)

Dauerbrenner / Fragestellungen

Kapazitätseinflüsse von FSS (ETCS L2)

- Betriebliche Szenarien (wenden, starten, Rangieren)
  - Fahrdynamik
    (Bremskurven, Geschwindigkeitsänderungen, Fahrverhalten Lokpersonal)
  - Rolloutfähigkeit der Führerstandsignalisierung (FSS) / Softwareupgrade der Fahrzeugausrüstungen
  - Modellierung der Bremseigenschaften der Züge
  - Bremseigenschaften der Güterzüge
- Kapazität in Knoten
- KnowHow-Erhalt in der Branche (Bahnen und Industrie)

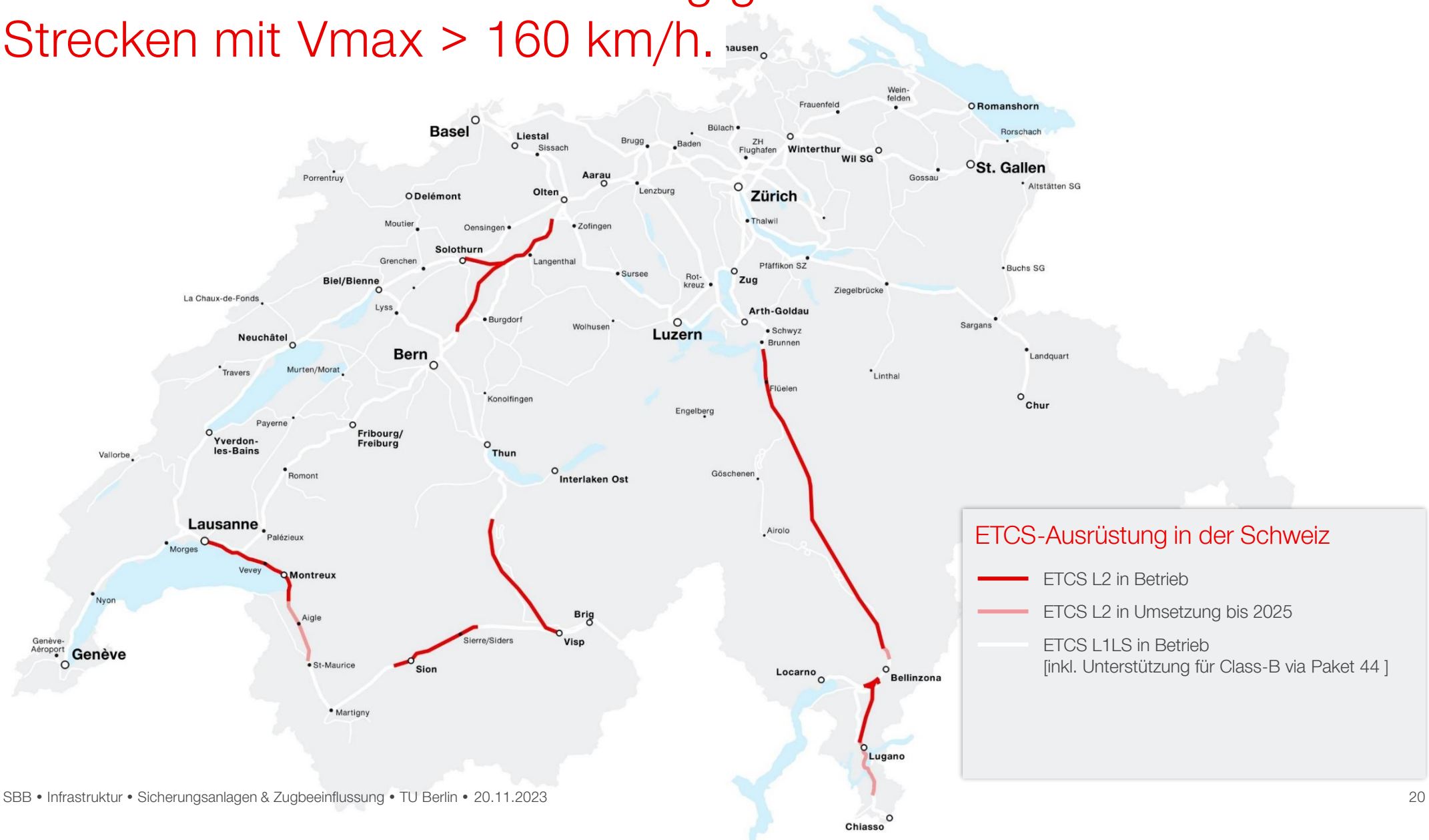
Chancen der «neuen ERTMS Strategie» Schweiz

- Zielbild der **Interoperabilität** ist bestätigt
- Die ERTMS Strategie hat **klar definierte Massnahmen**
- Die wichtigen und relevanten Themen sind erkannt und es wird nach **Lösungen gesucht**
- Die **langfristige Perspektive** ist aufgezeigt und zeigt einen klaren Weg
- Die gesamte Branche ist angesprochen und es braucht den Effort aller Marktteilnehmer und ein **verlässliches Umsetzungskonzept** für ISB – EVU - Fahrzeughalter und Industrie

03

Die ERTMS-Strategie von 2021 und die «bedarfsorientierte Umsetzung»

ETCS L2 in der Schweiz bislang grossmehrheitlich für Strecken mit Vmax > 160 km/h.

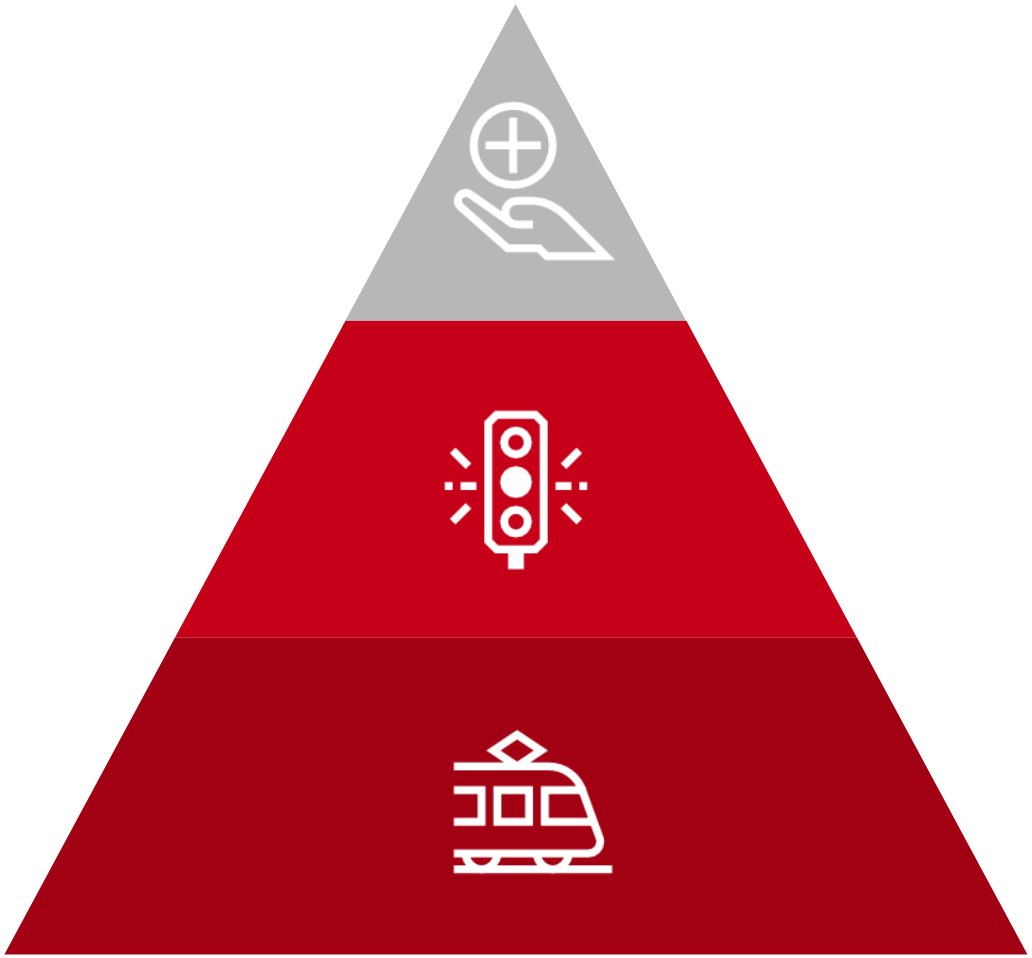


ETCS-Ausrüstung in der Schweiz

- ETCS L2 in Betrieb
- ETCS L2 in Umsetzung bis 2025
- ETCS L1LS in Betrieb
  [inkl. Unterstützung für Class-B via Paket 44]

Ausgangslage – bedarfsorientiert aus Sicht SBB

ETCS Level 2 zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort



3. Verkehrliche Anforderungen

Priorisierung von Strecken mit hohen verkehrlichen Anforderungen, insbesondere bei Mischverkehr.

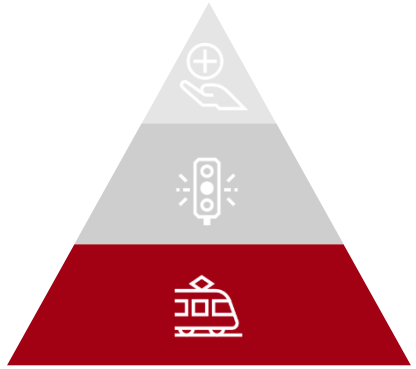
2. Stellwerke

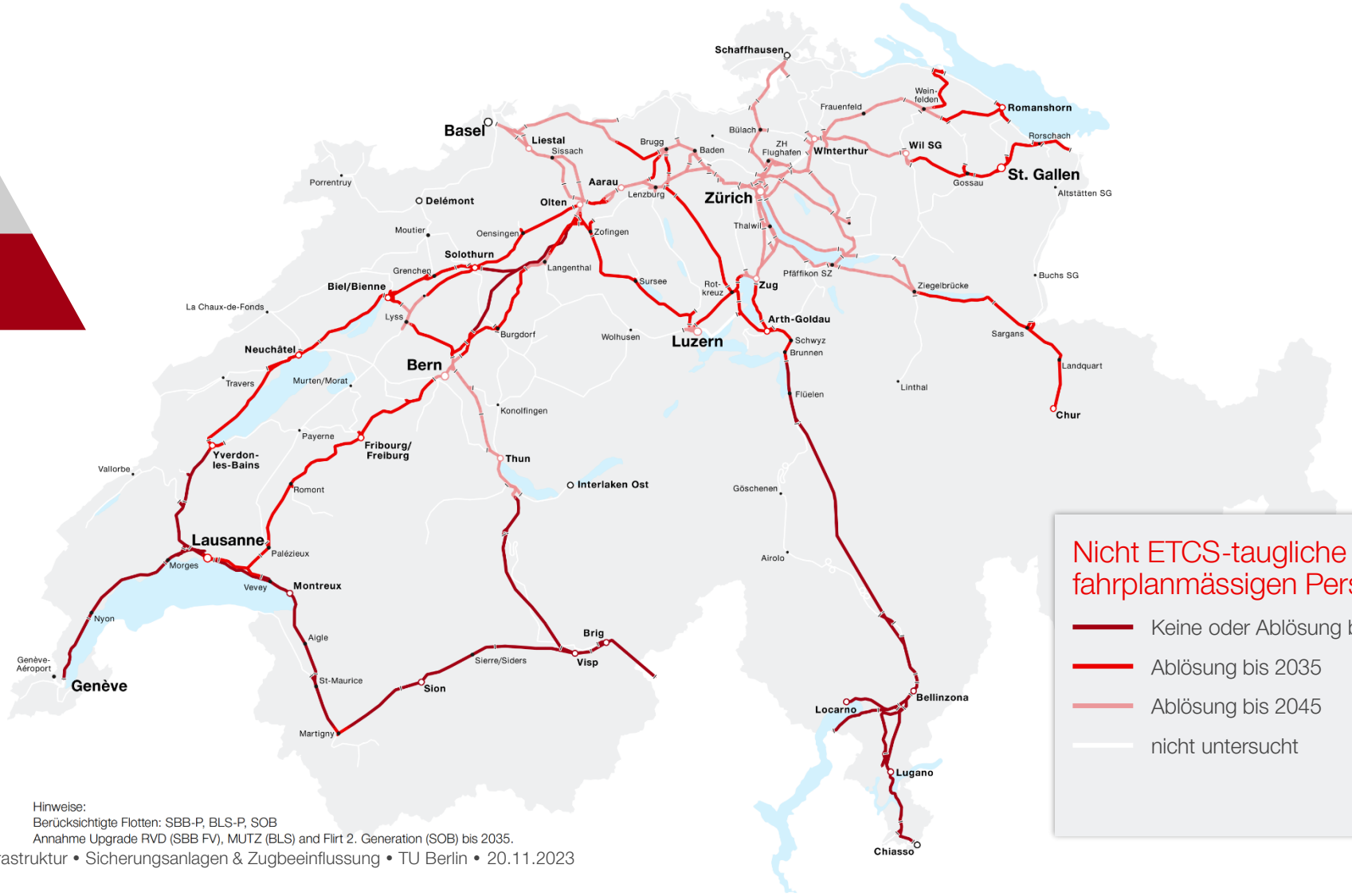
Umstellung zum Zeitpunkt mit optimierten Wertverlust bei Stellwerken (Optimaler IBN-Zeitpunkt ± alle 40 Jahre).

1. Rollmaterial

Umstellung auf Level 2 nur, wenn Rollmaterial Level-2-tauglich (IBN Neufahrzeuge oder bereits geplante Aufrüstungen Bestandesflotte).

Fahrzeuge: Bis 2035 verkehren auf den meisten SBB-Strecken auch Fahrzeuge ohne ETCS-Ausrüstung.



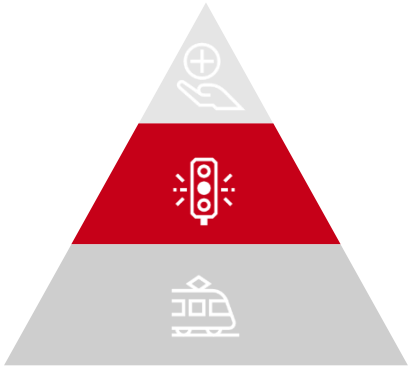


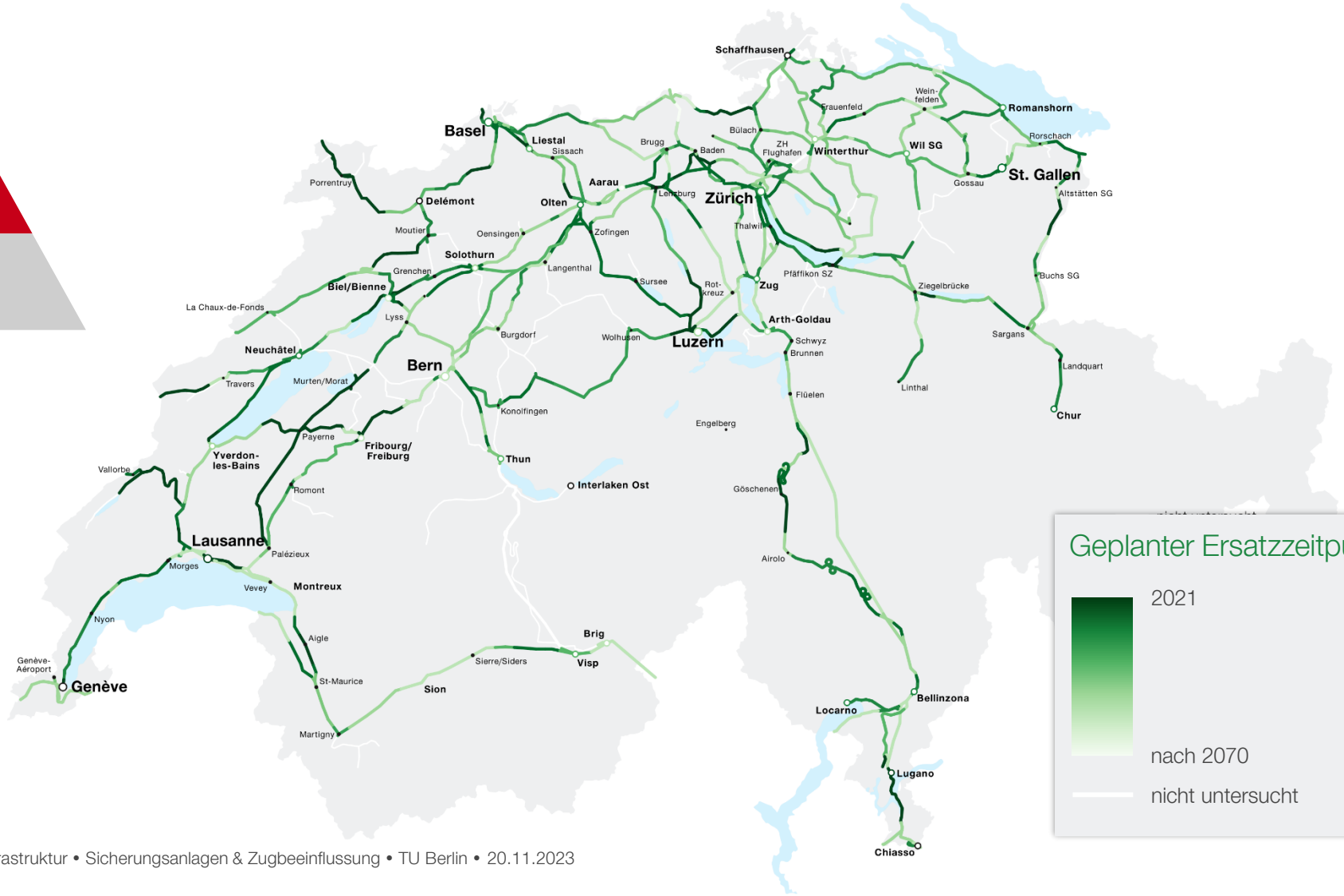
Nicht ETCS-taugliche Fahrzeuge im fahrplanmässigen Personenverkehr

- Keine oder Ablösung bis 2025
- Ablösung bis 2035
- Ablösung bis 2045
- nicht untersucht

Hinweise:
Berücksichtigte Flotten: SBB-P, BLS-P, SOB
Annahme Upgrade RVD (SBB FV), MUTZ (BLS) and Flirt 2. Generation (SOB) bis 2035.

Stellwerke: Inhomogene Restlebensdauern führen zu Wertverlusten bei streckenweiser Umstellung auf ETCS L2.





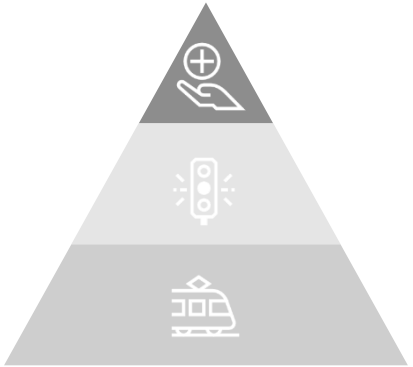
Geplanter Ersatzzeitpunkt Stellwerke

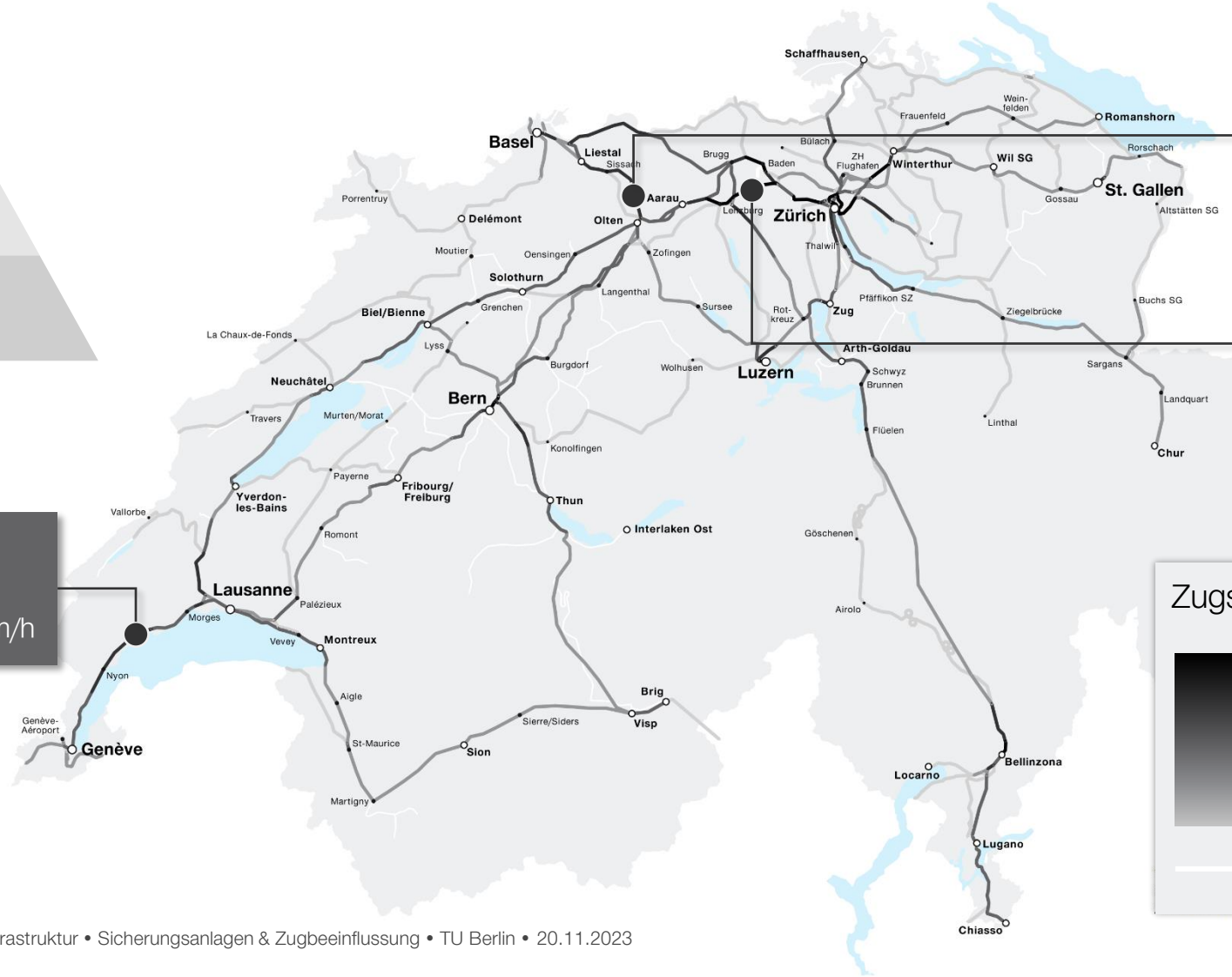
2021

nach 2070

nicht untersucht

Bahnbetrieb: Einführung des Viertelstundentakts stellt hohe Anforderungen an Zugfolgezeiten.





Hauenstein
16 Züge/h/Rtg.
Mischverkehr bis 140 km/h

Heitersberg
22 Züge/h/Rtg.
Mischverkehr bis 140 km/h

Genfersee
bis 15 Züge/h/Rtg.
Mischverkehr bis 160 km/h

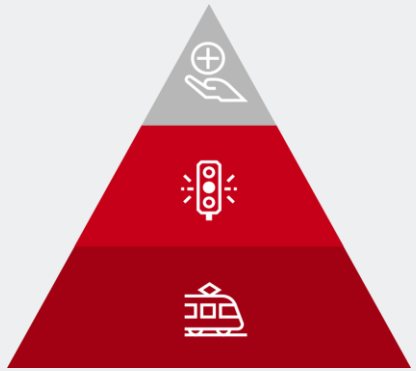
Zugsmengen im Zielfahrplan AS35

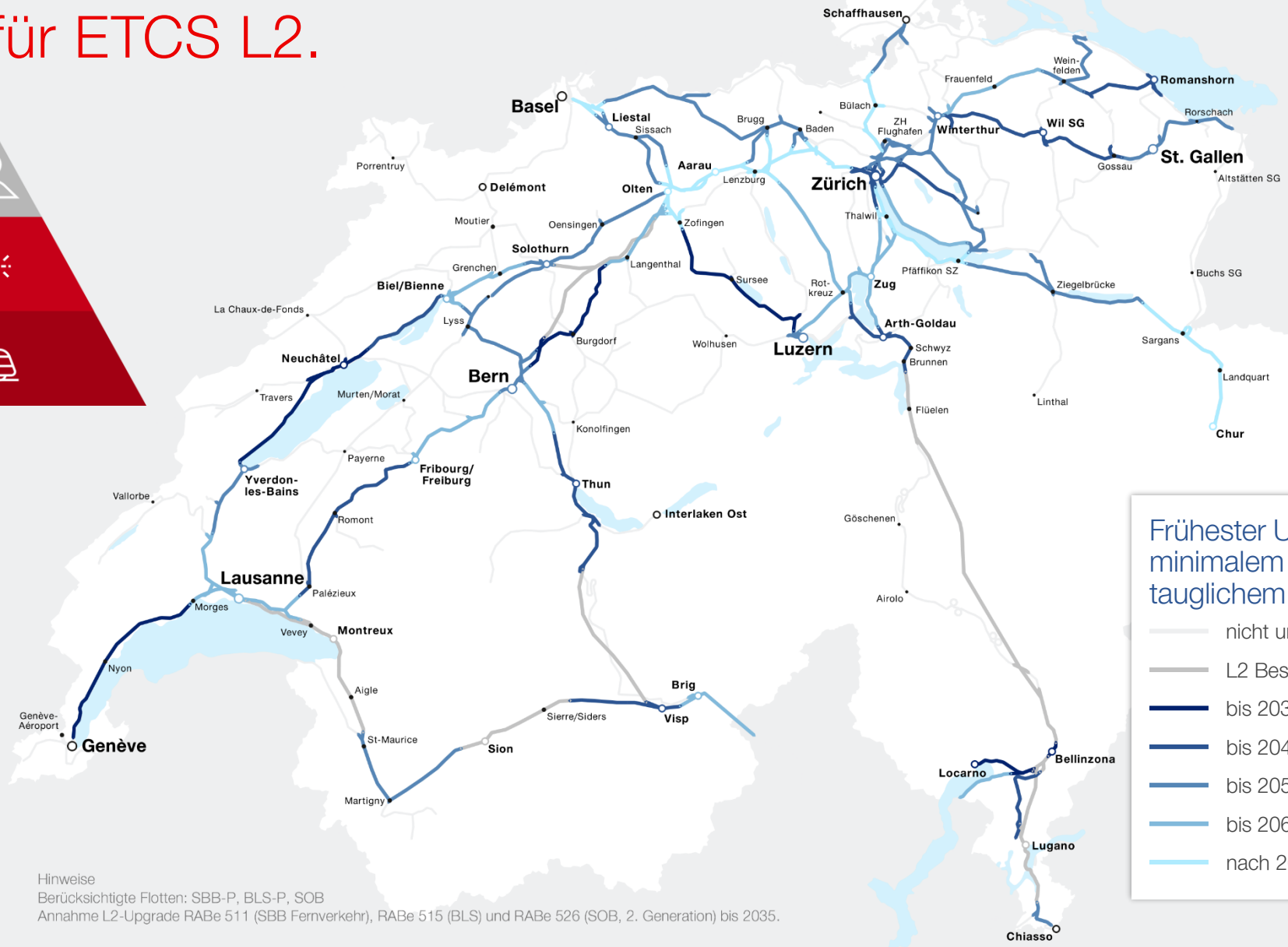
≥ 15 Züge pro Stunde und Richtung

≤ 6 Züge pro Stunde und Richtung

nicht untersucht

Bedarfsorientierte Umsetzungszeitpunkte für ETCS L2.





Frühester Umsetzungszeitpunkt L2 mit minimalem Wertverlust und ETCS-tauglichem Rollmaterial

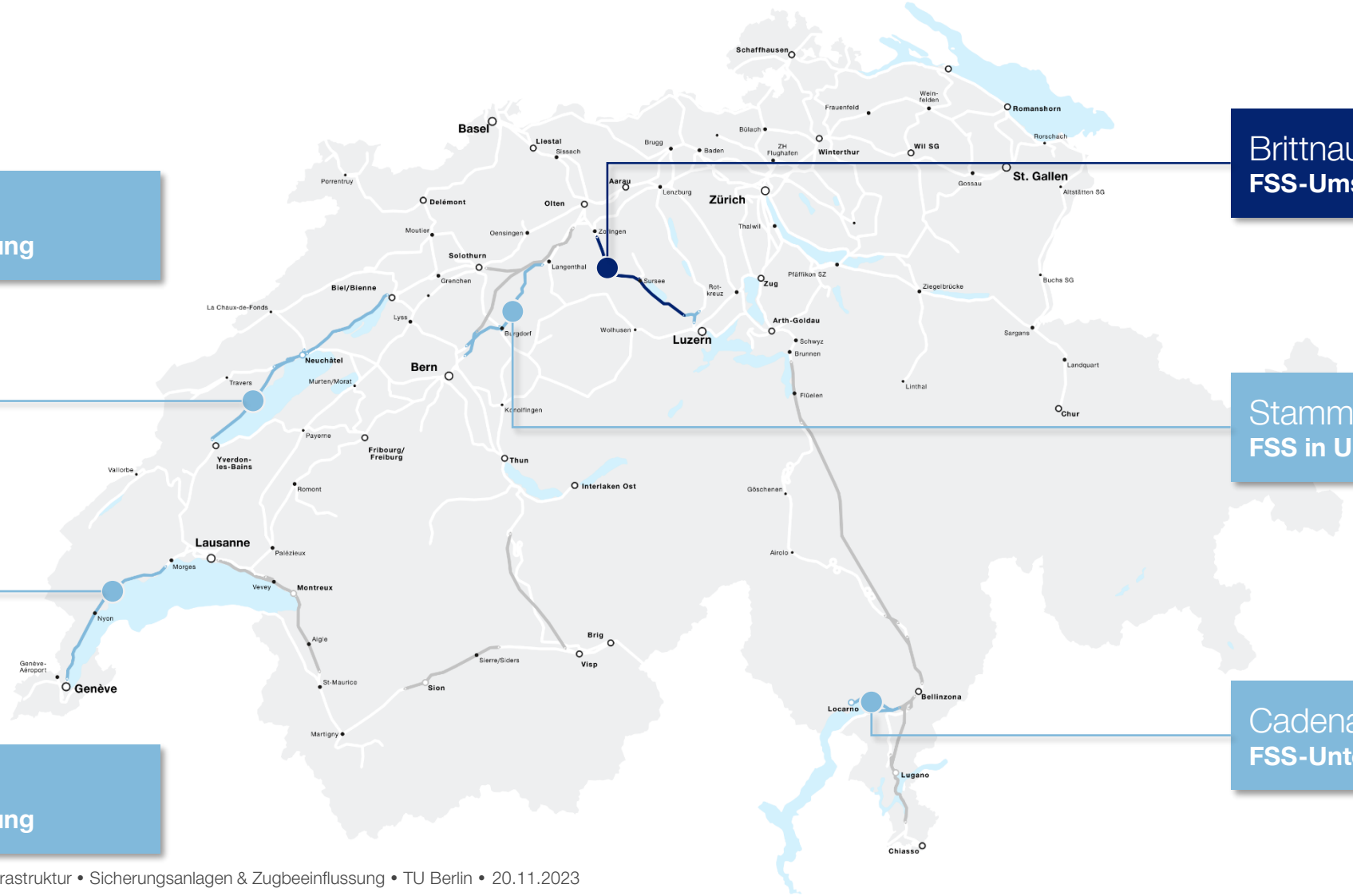
- nicht untersucht
- L2 Bestand / in Umsetzung bis 2025
- bis 2035
- bis 2045
- bis 2055
- bis 2065
- nach 2065

Hinweise
Berücksichtigte Flotten: SBB-P, BLS-P, SOB
Annahme L2-Upgrade RABe 511 (SBB Fernverkehr), RABe 515 (BLS) und RABe 526 (SOB, 2. Generation) bis 2035.

04

Die Aktivitäten und der Stand der Dinge bei der «bedarfsorientierten Umsetzung»

«Bedarfsorientierte» Umstellung auf ETCS L2 für eine Strecke beschlossen, weitere Strecken werden untersucht.



Jurasüdfuss
FSS in Untersuchung

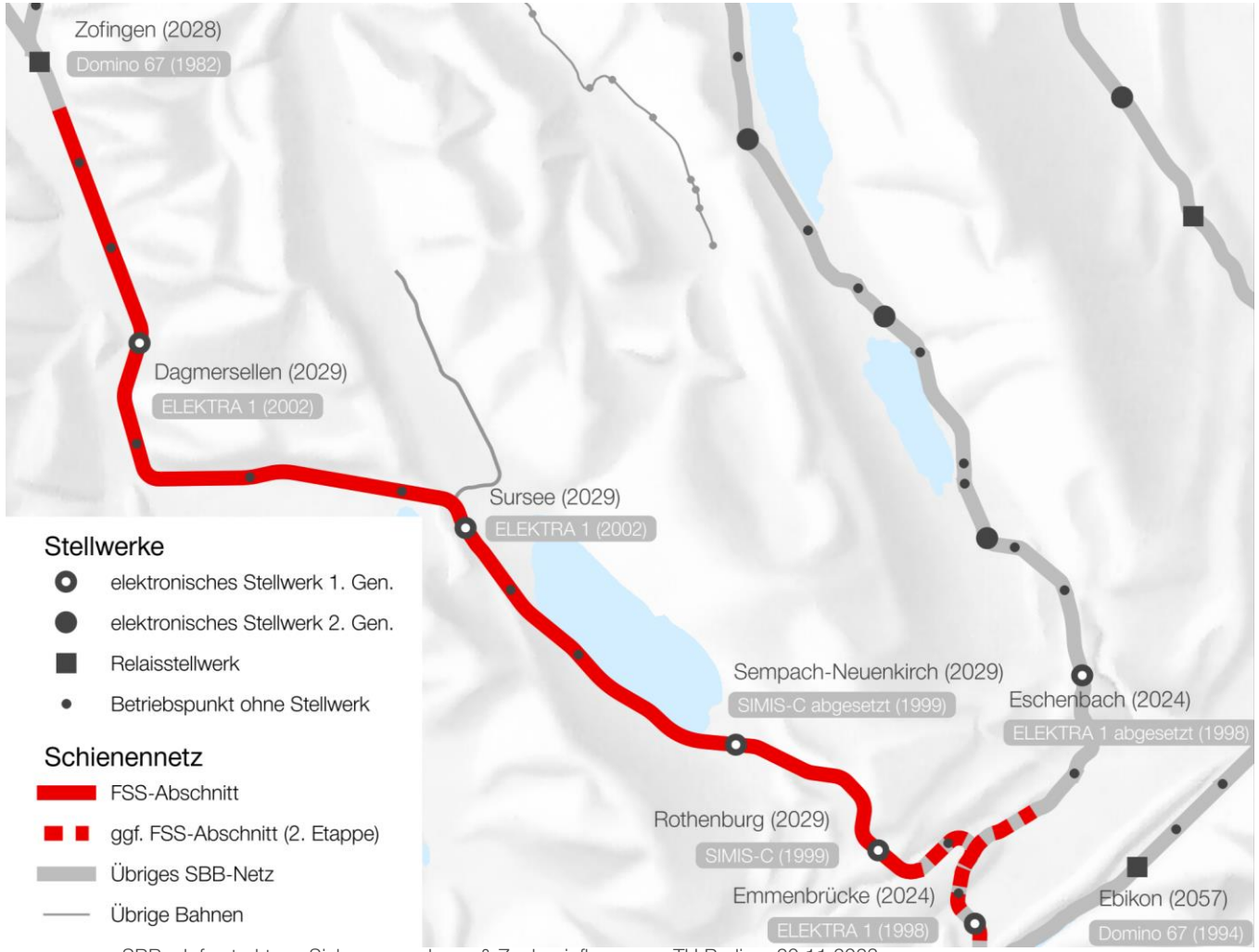
Brittnau – Rothenburg
FSS-Umsetzung beschlossen

Stammlinie
FSS in Untersuchung

Cadenazzo–Locarno
FSS-Untersuchung geplant

Arc Lémanique
FSS in Untersuchung

FSS-Studie Brittnau–Rothenburg: FSS bietet Vorteile, die grösste Herausforderung sind die Abhängigkeiten.



Kapazität und Betriebsqualität unter FSS leicht besser als mit LSS.

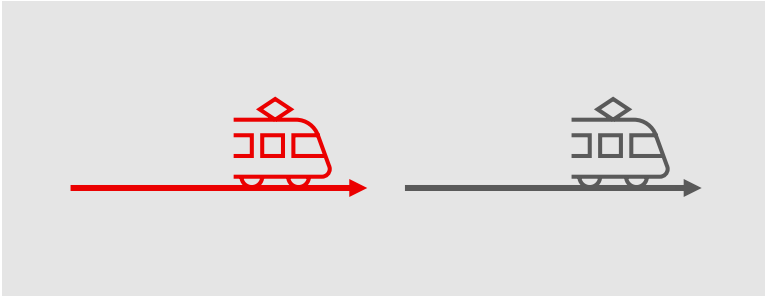
Kosten vergleichbar mit LSS-Lösung

ETCS-Rollmaterial verfügbar, erfordert aber Umplanungen bei den EVU

Der Teufel liegt im Detail: Aufarbeitung aller baulichen und technischen Abhängigkeiten vor Auslösung des Vorprojekts.

Erfolgreiche Umsetzung erfordert eine gesamtheitliche Streckensicht.

FSS-Studie Brittnau–Rothenburg: Grossmehrheitlich positive Effekte auf Stabilität und Kapazitätsreserven

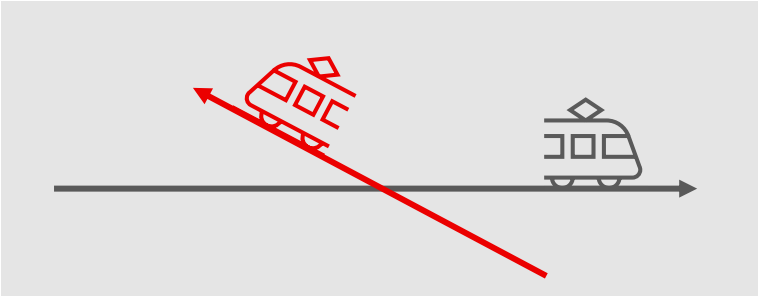


Folgefahrten

⊕

Kürzere Zugfolgezeiten

→ typischerweise -10% bis -15%

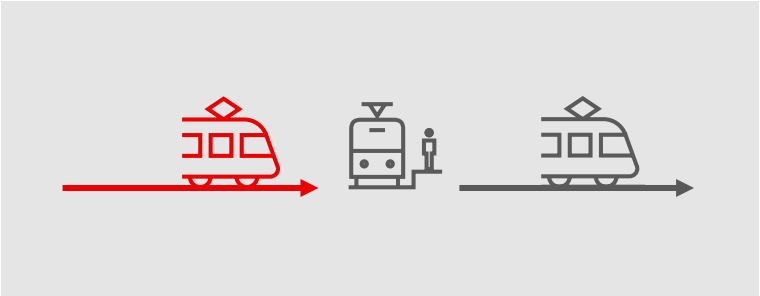


Abkreuzungen

⊕ bis ⊖

Kürzere/längere Konfliktdauer

→ Variiert. Stark Orts- & Zugsabhängig.



Wiederbelegung Perron

⊕

Kürzere Wiederbelegungszeiten

→ Bis zu knapp – ½ Minute

Grossmehrheitlich höhere Fahrplanstabilität

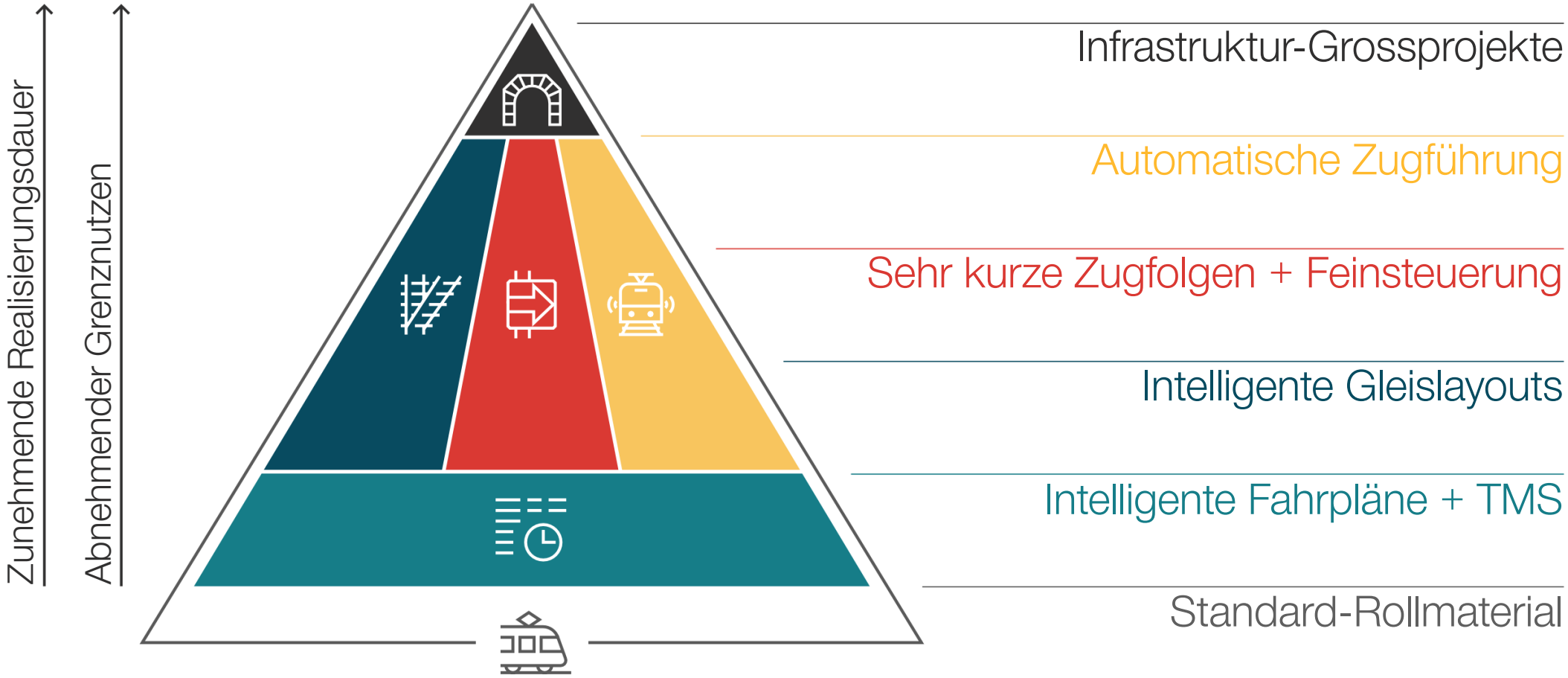
→ Geringere oder gleiche Folgeverspätungen

→ 5% bis 15% mehr Verspätungsabbau

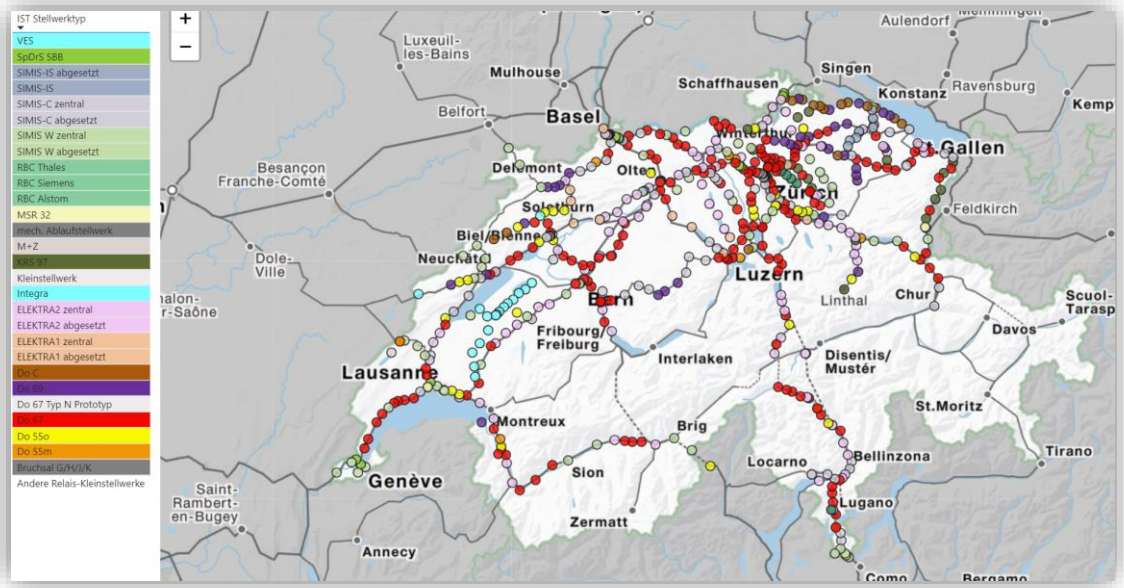
05

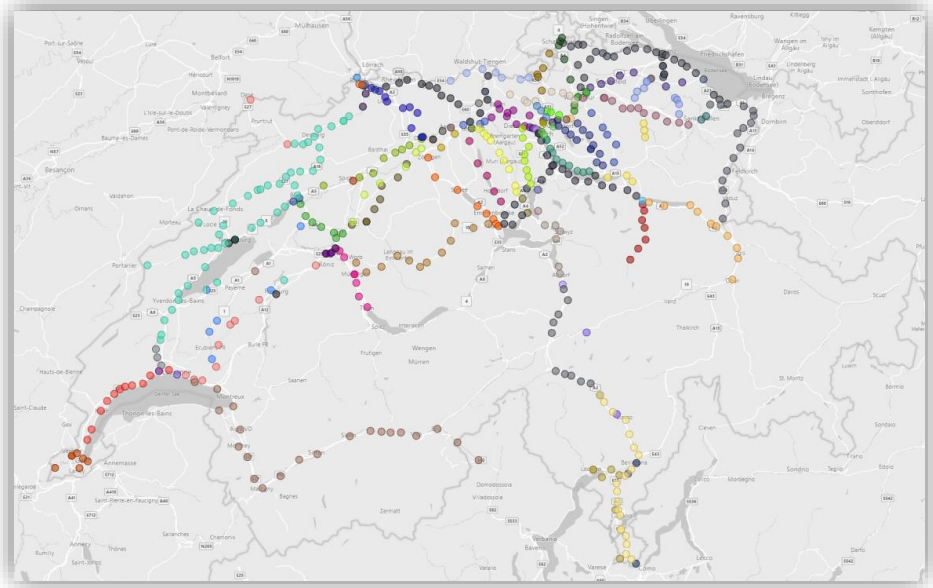
Die ERTMS-Strategie von 2023, Upgradefähigkeit und der Weg zum FSS-Rollout

ERTMS im Kontext von Ausbau & Erweiterung des Netzes



Es gilt aus der heutigen heterogenen Stellwerkarchitektur sinnvolle Clusterlogik und einen resultierende Ablaufplanung zu erarbeiten





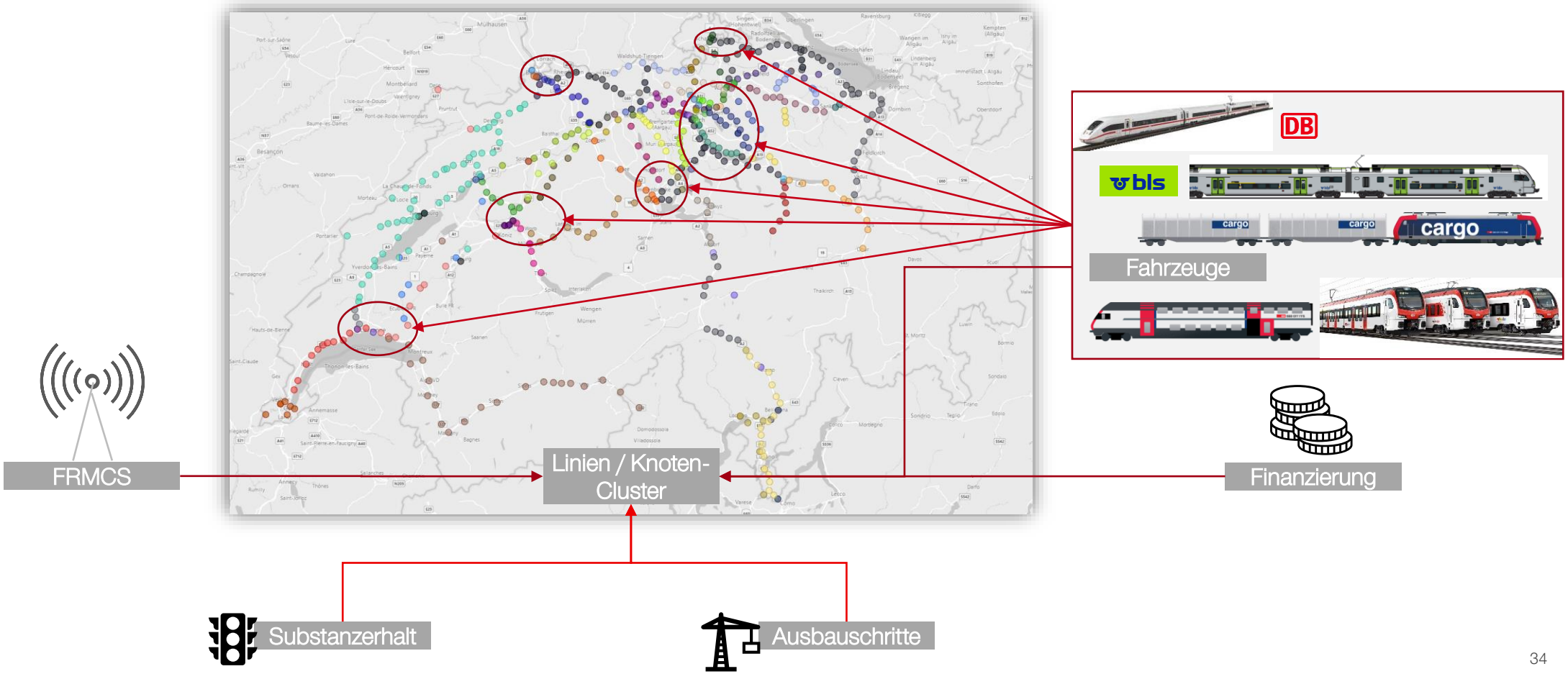
Heute

- Heterogene Technologien über die gesamte Anlagenarchitektur

Übermorgen → Zielbild

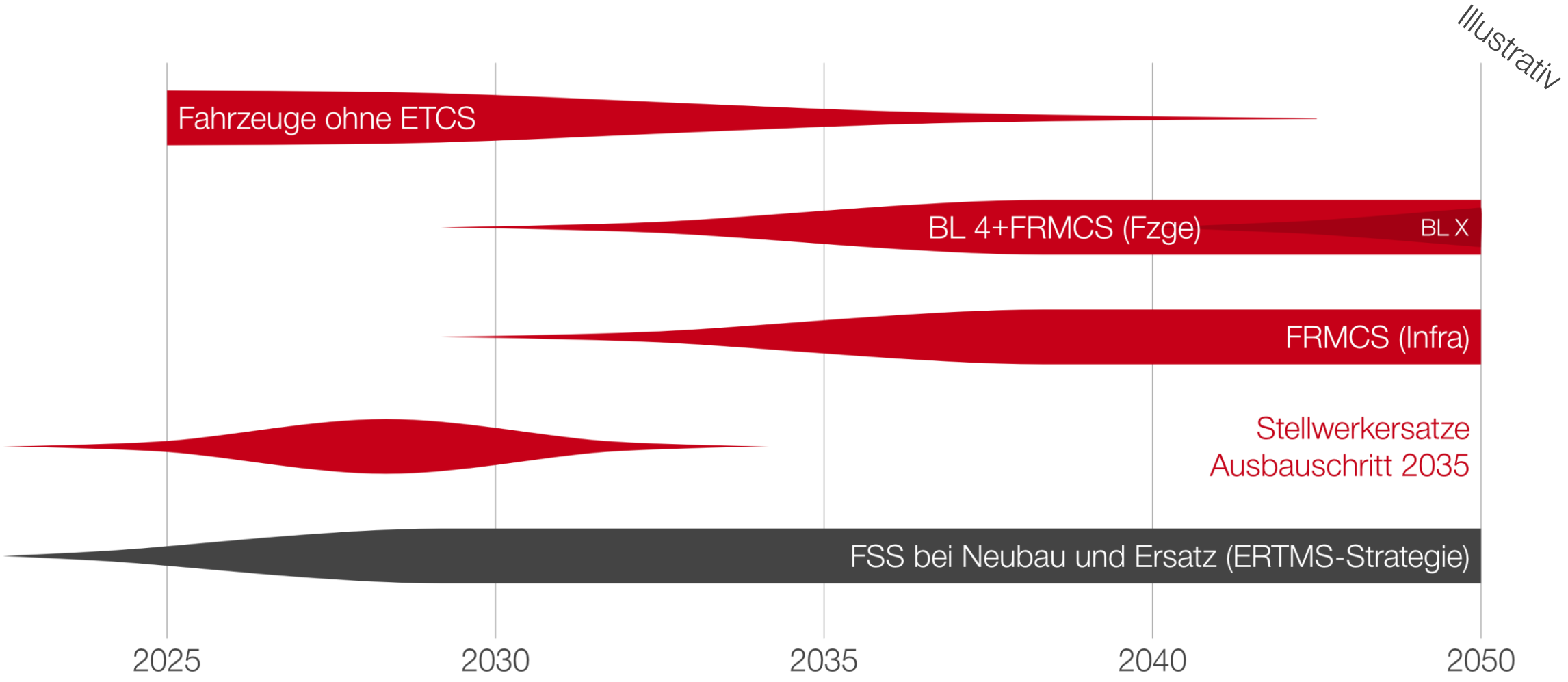
- Konsolidierung STW Standorte
- Zonenlogik (LT-RBC-STW)
- Flächendeckend FSS

Planungsmodell Migration zu FSS (ETCS-L2) im Zeitraum 2030 - 2050: Abschnittsweise Umrüstung in Kombination mit FRMCS Rollout und ETCS-Upgrade der Fahrzeuge.



C2 – Internal

Schwierigkeiten bei der Umsetzung: Inkompatible Zeitachsen bei Fahrzeugen, ERTMS und Ausbau bis 2035.



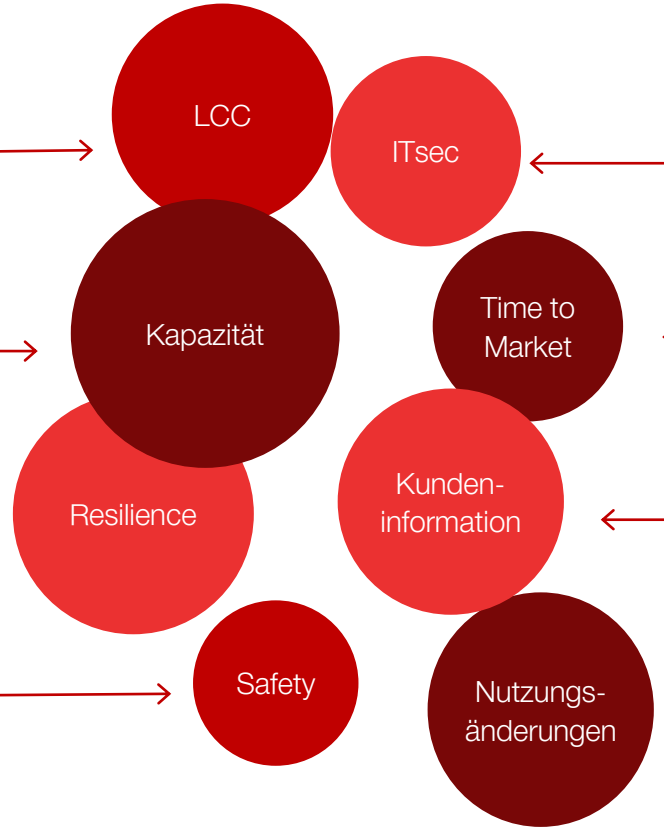
Geschäftsanforderungen aus dem ERTMS Zielbild

Minimierung der Lebenszykluskosten
- Weniger Aussenelemente
- Entkopplung der Lebenszyklen durch Modularisierung
- Verbesserte Automatisierung und Monitoring

Kapazitätserhöhung
- Erhöhtes Verkehrsvolumen oder Fahrplanstabilität

Verbesserung der Systemresilienz
- Verkehren in “degraded modes”
- Weniger Komponentenausfälle
- Zustandsbasierter Unterhalt
- Reduktion der Kompatibilitätsrisiken

Reduktion der Safety-Risiken
- Ständig verbundene und geortete Fahrzeige



State of the art IT Security

Schnelle funktionale Anpassungen
- Funktionale Umsetzungen in nicht Sicherheitsrelevanten Systemen

Echtzeit Kundeninformationen
- Präzise Kundeninformationen auf Basis von breit vernetzten Systeminformationen über den Produktionsstatus

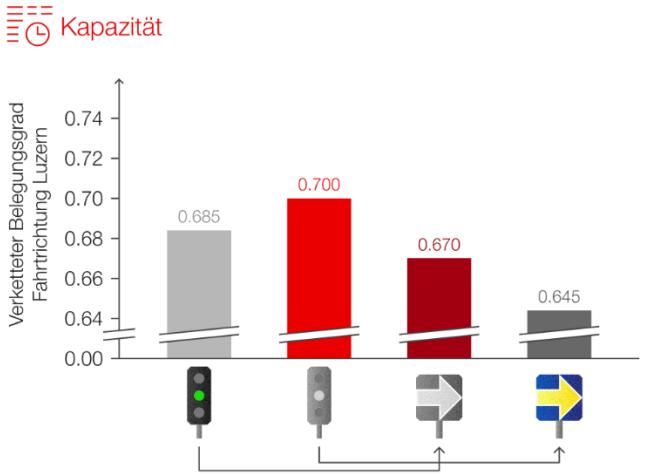
Anpassbarkeit
- Schnelle Anpassung an geänderte Nutzung

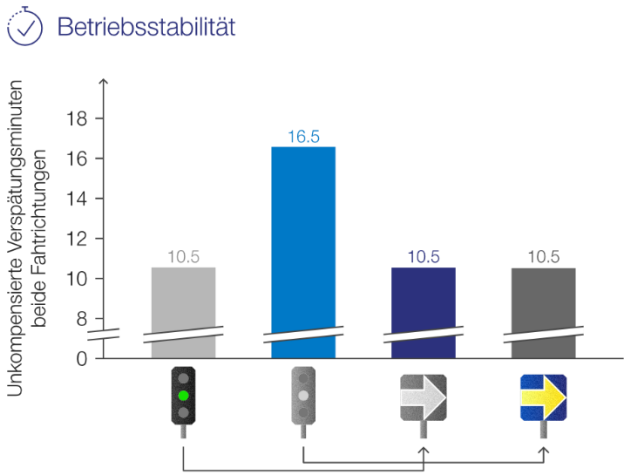
die **Bewältigung der Migrationsherausforderung** von über 50’000 Elementen in einem Zeitraum <15 Jahre

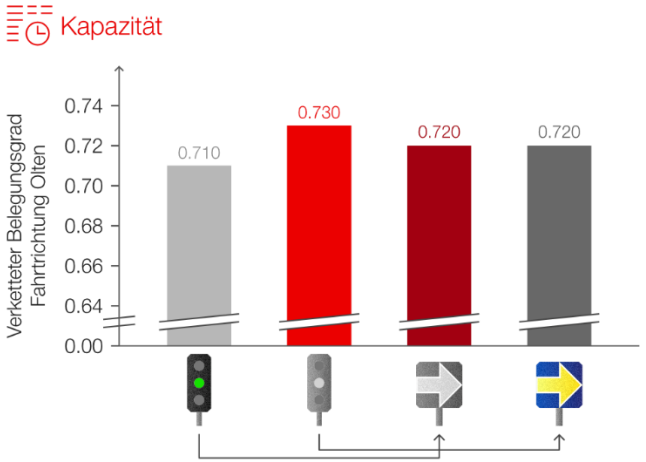
die **Beschleunigung der gesamten Prozesskette** sowie die Erhöhung des Durchsatzvolumens ohne Personalmehrung auf Seiten SBB

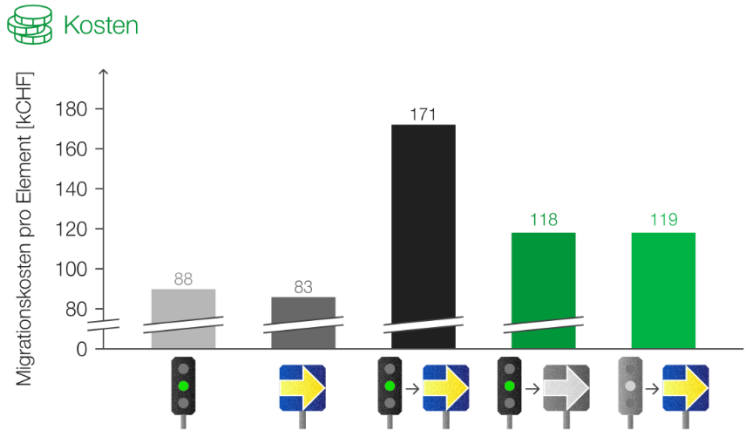
Studie Olten–Luzern zeigt den Business Case für «Upgrade-ability» auf, es verbleiben aber Herausforderungen.

Erste Analysen









- Kosten rund 30% niedriger als bei 1:1-Ersatz für die Migration.
- Ca. 70% der GFM-Abschnitte werden übernommen.
- Kompromisse bei der Signalisierung beeinträchtigen entweder Kapazität oder Stabilität.
- Angleichung der Projektierungsrichtlinien als Enabler für Upgradability.
- Vertiefung anhand weiterer Fälle notwendig.

Upgradability im weiteren Sinne ist zentral für die FSS-Migration nach 2030

bis 2035

Fahrzeugeinsatz & Fahrzeugausrüstungen
- Enge Zusammenarbeit mit den EVU
  - Planungssicherheit schaffen
  - Finanzierung klären

Integration in die Ausbauschritte
- Enge Zusammenarbeit mit Netzentwicklung
  - Einzelfallbetrachtung
  - Stärkerer verkehrlicher Fokus

Technische Lösungen weitertreiben
- Hürden für Upgradability abbauen
  - Regelwerke angleichen
  - Bremskurven

FSS-Umsetzungskonzept

- Erstellt bis 2025
- Zeigt FSS-Migrationspfad bis und mit Rollout auf
- Enge Abstimmung mit Ausbau, Substanzerhalt, Technologie, Regulation, EVU und Infrastruktur-Zielbildern

ab 2035

Upgradability im weiteren Sinne
- Aufwärts- und Abwärtskompatibilität aller Systemkomponenten
- Updates vereinfachen

Integration Ausbauschritte/Substanzerhalt
- FSS als Standard
- Verkehrliche Treiber
- Finanzierung von Lückenschlüssen

Technische Chancen nutzen
- Feinsteuerung, ATO, Hybrid L3, …

06

Herausforderungen im weiteren FFS Rollout

Erfahrungen ETCS L1 (LS)
Erfahrungen gemeinsam L1 und L2

ETCS L1 LS (Gesamtnetz)

- ETCS ≠ ZUB
- Impacts auf das Fahrverhalten
- Komplexität nimmt zu (Zusätzliches Zugbeeinflussungssystem)
- Akzeptanz der Lokführer
- Neue Abhängigkeiten (Bremskurven zu «flach») -> Kapazität
- Störungsverhalten mit grossen betrieblichen Impacts (Loop)

ETCS L1 und L2

- Odometrie erfüllt die heutigen Erwartungen nicht
- Notwendige Fahrzeugupgrades führen zu hohen Kosten bei den EVU (geringe Akzeptanz von ETCS bei den EVU / Fahrzeughaltern)
- «Schweizerische» Bremsrechnung führt zu Ziel-Systemkonflikten
- ETCS ist «*noch*» nicht rolloutfähig (Know How, Projektierungs- und Umbauprozesse)
- ETCS L2 in Knoten (Fokus Betriebsprozesse)

Erfahrungen ETCS L2

ETCS L2 Strecken

- Heute stabiler und zuverlässiger Betrieb (NEAT, NBS v>160 km/h)
- Einzelereignisse mit grossen betrieblichen Impacts
- Aufwand in der Projektierung ist aktuell höher als bei optischer Signalisierung (neue Abhängigkeiten, Automatisierung …)
- Verlagerung von Störungen und Instandhaltung Infrastruktur -> Fahrzeuge
- Unterschiede für den Anwender (Lokführer / Fahrdienstleister)

SBB CFF FFS

Fragen?

BACKUP

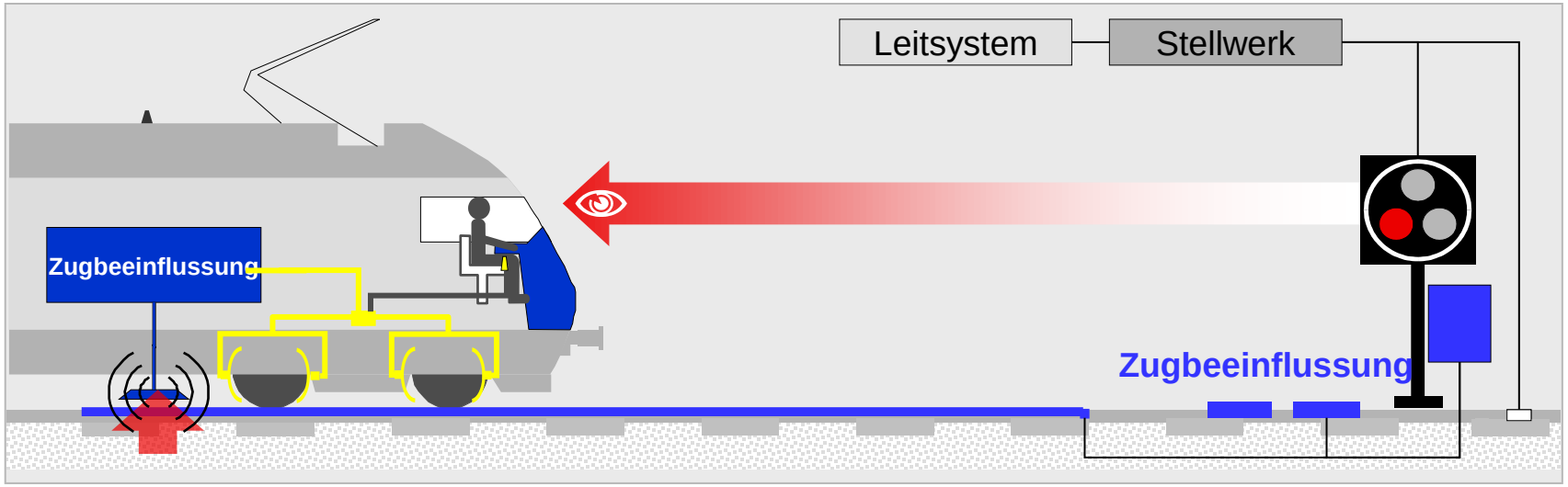
Agenda.

1. Was ist Zugbeeinflussung (Zugsicherung)
2. In der Schweiz angewendete Funktionen und Systeme
3. Ausrüstungsmethode
4. Technologieersatz mit ETCS
5. ETCS allgemein

Grundlagen Zugbeeinflussung.

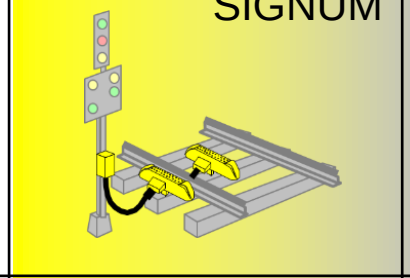
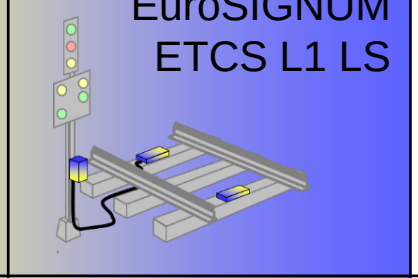
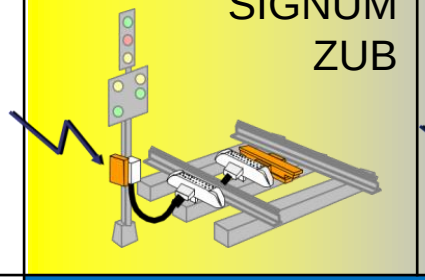
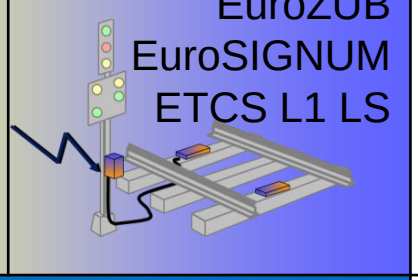
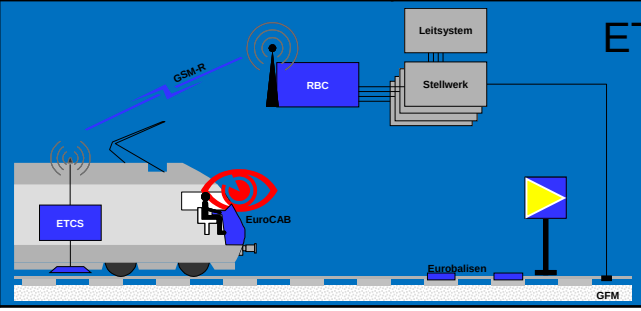
Was ist Zugbeeinflussung?

- Aufgabe:
  - Verhinderung von Kollisionen und Entgleisungen aufgrund Nichtbeachtung der Signale und der zulässigen Geschwindigkeit
- Funktionsweise:
  - Überwacht die Zugfahrt
  - Kommandiert das Bremssystem



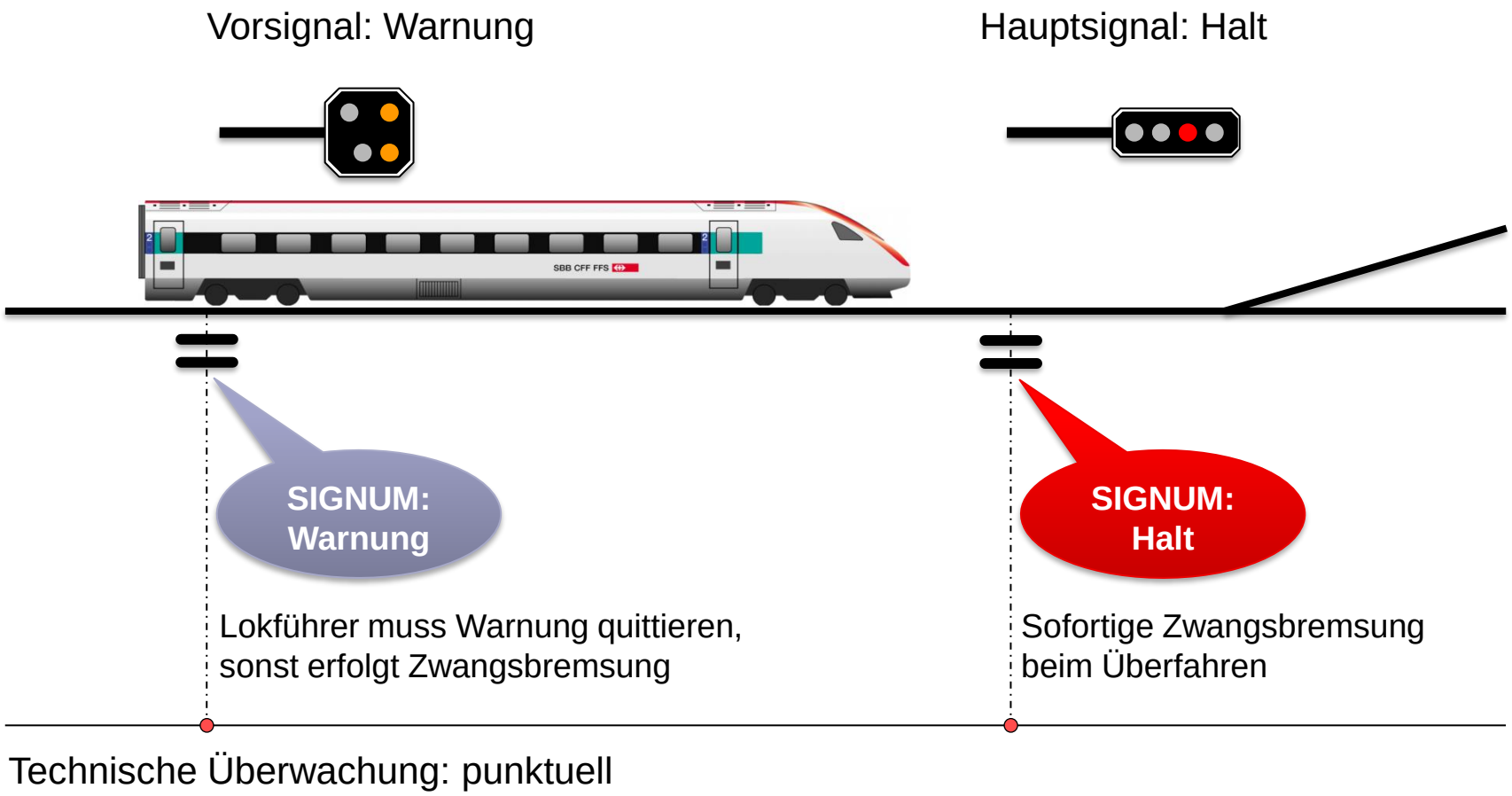
Grundlagen Zugbeeinflussung.

In der Schweiz angewendete Funktionen und Systeme.

Funktionalität	Systeme / Technologie		Einsatzbereich
Punktförmig Halt / Warnung	SIGNUM 	EuroSIGNUM ETCS L1 LS 	Bei jedem Signal
Abschnittsweise Geschwindigkeits-überwachung	SIGNUM ZUB 	EuroZUB EuroSIGNUM ETCS L1 LS 	Bei Signalen mit erhöhtem Gefährdungspotential
Kontinuierliche Geschwindigkeits-überwachung	ETCS L2 		Bei Geschwindigkeiten > 160 km/h und ab 2025 netzweit

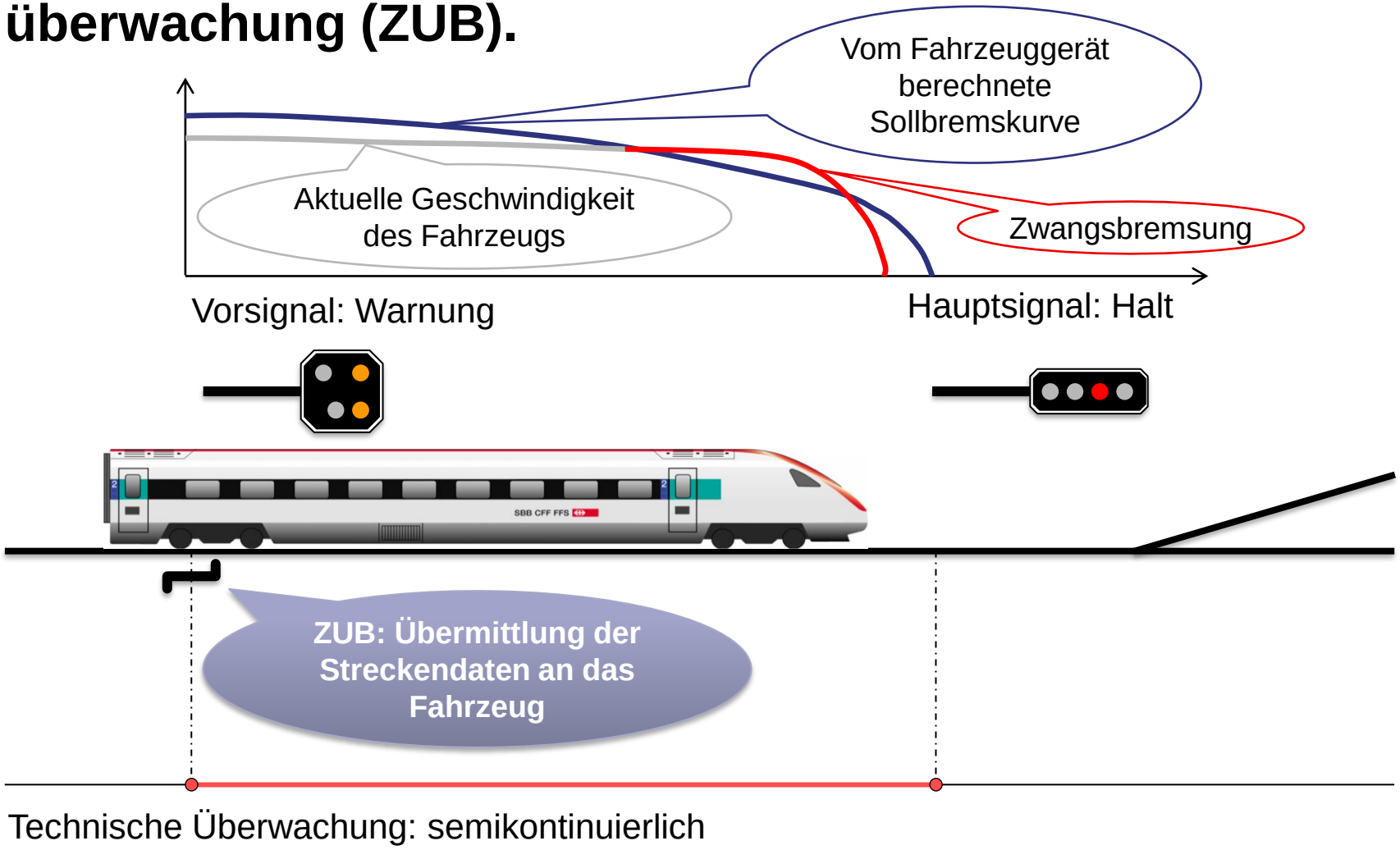
Grundlagen Zugbeeinflussung.

Funktionalität Halt / Warnung (SIGNUM).



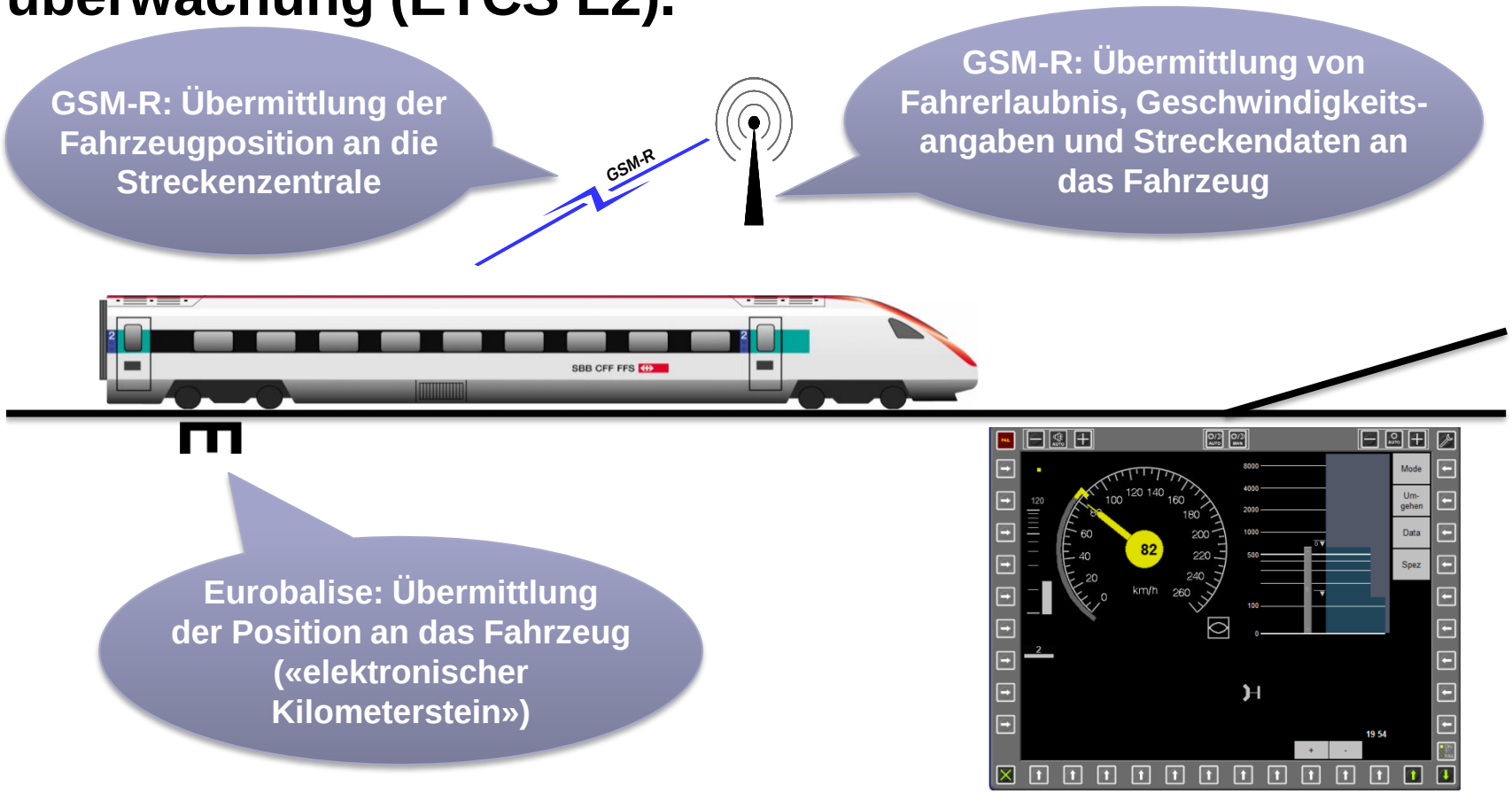
Grundlagen Zugbeeinflussung.

Funktionalität abschnittsweise Geschwindigkeits-überwachung (ZUB).



Grundlagen Zugbeeinflussung.

Funktionalität kontinuierliche Geschwindigkeits-überwachung (ETCS L2).



Technische Überwachung: kontinuierlich

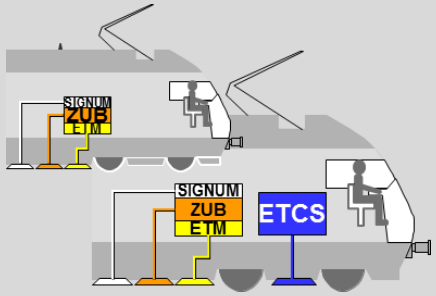
Grundlagen Zugbeeinflussung.

Technologieersatz mit ETCS

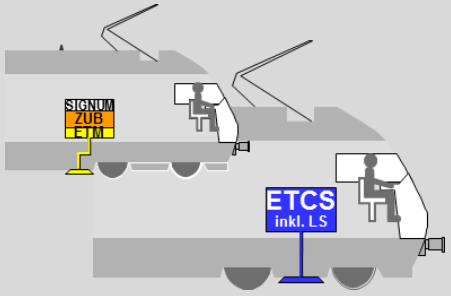
① Systeme sind am Ende des Lebens-zyklus (gem. NZB)

→ Zeitgemässes, modernes System

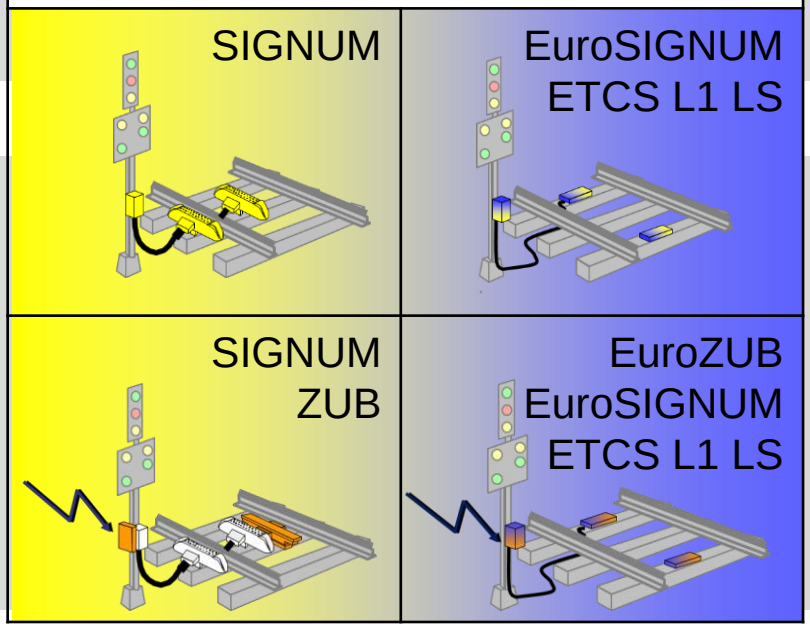
② Mehrfachaus-rüstungen notwendig



→ Plattformreduktion, Kostenreduktion



Systeme / Technologie

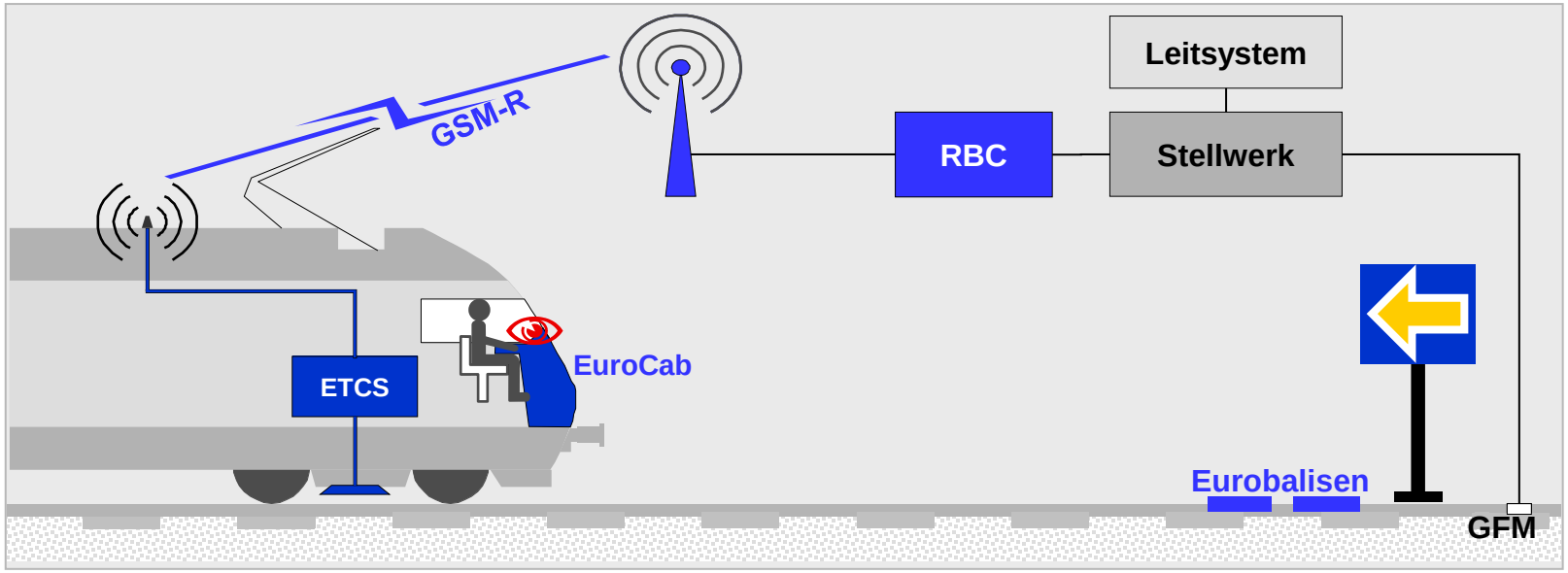


③ Nicht kompatibel zu Europa

2011 → **2018**

→ Kompatibilität zu Europa

Grundlagen Zugbeeinflussung.

ETCS L2

- Vollüberwachung (kontinuierliche Geschwindigkeitsüberwachung) mit Führerstandsignalisierung
- Fahrerlaubnis und Geschwindigkeitsangaben werden laufend an das betreffende Fahrzeug gesendet
- Einfachere Signalisierung und kürzere Blockabstände