

Reto Germann (I-SR40)

# Migrationskonzept







smartrail 4.0

# Migrationskonzept

Vertraulichkeit: Intern

Zuletzt geändert: 18.12.2019 12:30

Zuletzt geändert durch: GERMANN RETO (I-SR40-PMO-PLP)

Dokumenten-Status: [in Arbeit | in formalem Review | **Freigegeben**]

Version: 1.1

Dateiname: 20191108 migrationskonzept v1.1.docx



# 1 Dokumenteneigenschaften

## 1.1 Dokumentenverfasser

Teil	Autor	Bemerkungen
Dokumentenowner	Reto Germann	
Teil Fahrzeuge	Beat Rappo	
Teil Connectivity	Daniel Grünig	Telecom SBB
Teil Zentrale Systeme	Christian Tobler	
Teil Anlagen	Reto Germann	Zahlen SOB und BLS wurden verifiziert und bestätigt.
Übrige Kapitel	Reto Germann	

## 1.2 Änderungsnachweise

Version	Datum	Autor	Änderungshinweise
0.1	20.6.19	rg	Grundversion, Inhaltsverzeichnis
0.2	29.7.19	ho	First Draft, redigierte Beiträge, Anpassung Kapitelstruktur
0.3	30.7.19	Ho/rg	Veränderung der Struktur, Inhaltsverzeichnis angepasst. Inhalt redigiert und zusammengefasst.
0.4	30.8.19	Ho/rg	Grundlage für Soundingboard und Coregroup und informelles Review
0.5	27.9.19 - 10.10.19	rg/to/br	Einarbeitung der Inputs des informellen Reviews. Neue Version wegen technischen Problemen des Sharepoint.
0.9	10.10.19	rg	Version für den formalen Review.
0.99	05.11.19	rg	Vorabversion für Extern (Steffen Schmidt)
1.0	08.11.19	rg	Version für Freigabe durch STASS
1.1	11.12.19	rg	Finale Version als Referenzdokument zu Konzeptbericht/Expertenbericht.
1.1	18.12.19	rg	Grafik Abbildung 48 mit neuer Grafik ersetzt.

### 1.3 Verarbeitete Reviews

Reviewer	Datum	Link Review-Bericht / Verifikationsbericht	Verarbeitung abgeschlossen am/vom
Diverse	09/10/2019	Informelle Reviews mit der Version 0.4/0.5	Inputs wurden eingepflegt durch die Verfasser des Berichtes.
Diverse	05/11/2019	Formaler Review	Einarbeitung der Befunde durch die Verfasser.

### 1.4 Freigabe

Version	Datum	Rolle	Freigebender / Gez.
0.9	10.10.19	Formales Review	Reto Germann
1.0		Freigabeversion für die STASS	STASS AV: 18.11.2019 STASS FZG: 13.11.2019 STASS P+B: 26.11.2019 STASS ZF: 19.11.2019
1.1.	18.12.19	Freigabe als Beilage zu Konzeptbericht	Reto Germann

# Inhalt

1	Dokumenteigenschaften.....	3
1.1	Dokumentenverfasser .....	3
1.2	Änderungsnachweise .....	3
1.3	Verarbeitete Reviews .....	4
1.4	Freigabe.....	4
2	Management Summary .....	8
3	Einleitung.....	11
3.1	Ziele und Zweck des Dokumentes .....	11
3.1.1	Zielsetzung .....	11
3.1.2	Zielgruppe des Dokuments.....	13
3.1.3	Abgrenzungen .....	13
3.1.4	Aktueller Stand und Ausblick.....	13
3.1.5	Kontext des Migrationskonzeptes.....	14
4	Ausgangslage.....	15
4.1	Anlagen.....	16
4.1.1	Ausgangslage der heutigen Anlagestruktur .....	16
4.2	Fahrzeuge.....	19
4.2.1	Heutige Ausstattungsvarianten.....	19
4.2.2	Anforderungen .....	21
4.2.3	Flottenstrategien - allgemein .....	22
4.2.4	SBB Personenverkehr inkl. Töchter Turbo, Tilo und Regionalps .....	22
4.2.5	SBB Cargo.....	23
4.2.6	SBB Cargo International.....	24
4.2.7	BLS Personenverkehr.....	24
4.2.8	BLS Cargo .....	25
4.2.9	SOB .....	25
4.2.10	Fahrzeuge anderer EVU.....	25
4.2.11	Infrastruktur Fahrzeuge (SBB, BLS, SOB und Private).....	26
4.2.12	Historische Fahrzeuge (SBB, BLS, SOB).....	26
4.3	Connectivity .....	27
4.3.1	GSM-R heute .....	27
4.3.2	Limitationen und Ausblick .....	28
4.4	Zentrale Systeme.....	28
4.4.1	Übersicht.....	29
4.4.2	NeTS-AVIS .....	30
4.4.3	Fahrplanerstellung .....	30
4.4.4	Anpassung bereits verplanter Züge.....	31
4.4.5	Rangieren .....	32
4.4.6	Disposition Zugverkehr und Störungsmanagement .....	32
4.4.7	Störungsprognosen .....	33
4.4.8	Beeinflussung Fahrverhalten.....	33
4.4.9	Baustellensicherung .....	33
4.4.10	Kommunikation/Schnittstellen .....	34
5	Zielarchitektur.....	36
5.1	Anlagen.....	37
5.1.1	Veränderungen im Anlagenportfolio.....	37
5.1.2	Anlagenmengen SBB .....	39
5.1.3	Anlagenmengen BLS.....	39
5.1.4	Anlagenmengen SOB.....	40
5.1.5	Veränderung der Anlagemengen (Zusammenfassung) .....	41
5.2	Fahrzeuge.....	41
5.2.1	Architektur COAT.....	42
5.2.2	Anforderungen .....	43

5.2.3	Architektur CCS-Platform-light .....	45
5.3	Connectivity .....	46
5.3.1	FRMCS Architektur.....	47
5.3.2	FRMCS Dienste und Funktionsschichten.....	48
5.3.3	Einbettung in die Systemlandschaft .....	50
5.3.4	Datennetz Architektur .....	51
5.3.5	Trassen Architektur.....	51
5.4	Zentrale Systeme.....	52
5.4.1	Übersicht.....	52
5.4.2	TMS-TOPO.....	55
5.4.3	TMS-COP .....	55
5.4.4	TMS-PAS.....	55
5.4.5	TMS-L (TMS-PE resp. TMS-IAD).....	56
5.4.6	TMS-ATO.....	56
5.4.7	Einheitlicher Arbeitsplatz BZ.....	56
6	Randbedingungen Regulation und Zulassungen.....	57
6.1	Regulation.....	57
6.1.1	Vorgaben und Regulation an EVU .....	57
6.1.2	Vorgaben und Regulation an ISB .....	57
6.1.3	Projektierungsregeln.....	59
6.2	Interoperabilität.....	60
6.2.1	Interoperabilitätsanforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes. ....	60
6.2.2	Geltungsbereich der Interoperabilitätsrichtlinie .....	60
6.2.3	Interoperables Hauptnetz .....	61
6.2.4	Interoperables Ergänzungsnetz.....	61
6.2.5	Netzzugangsverordnung / notifizierte nationale technische Vorschriften.....	62
6.2.6	Massgebende TSI-Normen .....	63
6.2.7	Auswirkungen der Interoperabilität auf SR40.....	65
6.2.8	Auswirkungen auf die Rolloutphasen .....	66
6.2.9	Erhaltung der Interoperabilität .....	67
6.3	Notwendige neue technische Spezifikationen und Standards .....	68
6.3.1	Connectivity .....	68
6.3.2	ETCS .....	68
6.3.3	FRMCS .....	69
6.4	Zulassungen .....	70
6.4.1	Anforderungen an die Fahrzeuge.....	70
7	Migrationsperimeter.....	71
7.1	Perimeter SR40 .....	71
7.1.1	Grenzregionen .....	71
7.1.2	Rangierbahnhöfe .....	73
7.1.3	Anlagen des Güterverkehrs.....	74
7.1.4	Abstellanlagen für Personenzüge.....	75
7.1.5	Migrationskonzept für Abstellanlagen.....	75
7.1.6	Schnittstellen zu nicht in SR40 integrierten ISB .....	76
7.1.7	Schnittstellen zu nicht in SR40 integrierte EVU .....	78
7.2	Rahmenbedingungen für die Ablösung bestehender Level 2 Abschnitte .....	79
7.3	Synergien / Berücksichtigung von Ausbauprojekten.....	81
7.3.1	Ausbauprojekte AS25 und AS35.....	81
7.3.2	Weitere Ausbauschritte nach 2035.....	81
8	Rolloutkonzept.....	82
8.1	Ablauf.....	83
8.1.1	Realisierungsschritte R1.1 – R1.3: 2019 – 2022.....	83
8.1.2	Realisierungsschritte R2.1 – R2.3: 2023 – 2024.....	83
8.1.3	Realisierungsschritte R3.1 – 3.3: 2025 - 2040 .....	83
8.1.4	Etappe des Rollouts R3.....	84

8.2	Prämissen für den Rollout R3.....	86
8.3	Auswirkungen auf den Bahnbetrieb.....	87
8.3.1	Betriebsart auf der Erprobungsstrecke.....	87
8.3.2	Betriebsart auf den isolierten Einzelsegmenten.....	90
8.3.3	Angestrebte Betriebsart auf dem Kernnetz.....	92
8.4	Anlagen.....	94
8.4.1	Umbaukonzept Sicherungsanlagen.....	95
8.4.2	Umbaukonzept Bahnübergänge.....	96
8.4.3	Inbetriebnahme und Rückbau.....	98
8.5	Fahrzeuge.....	99
8.5.1	Umrüstkonzept.....	99
8.5.2	Zeitbedarf und Ablauf Umrüstung.....	100
8.5.3	Einsatz aufgerüsteter Fahrzeuge.....	100
8.5.4	Aufrüstungszeitraum und Randbedingungen.....	101
8.6	Connectivity.....	104
8.6.1	Technologie.....	104
8.6.2	Standorte.....	104
8.6.3	Migration.....	104
8.7	Zentrale Systeme.....	107
8.7.1	Etappierung Schritt 1 (SR40 R1).....	107
8.7.2	Etappierung Schritt 2 (SR40 R2).....	110
8.7.3	Etappierung Schritt 3 (SR40 R3).....	111
8.7.4	Migrationsstrategie TMS.....	112
8.7.5	Anpassungen / Weiterentwicklung ILTIS.....	114
9	Weiteres Vorgehen: Migrationsplanung Kernnetz.....	118
10	Testkonzept.....	120
11	Rückfallszenarien.....	121
11.1	Szenarienbildung.....	121
11.2	Ausprägung der Szenarien.....	123
11.2.1	SR40 Ambition: Umsetzung gemäss heutigem Planungsstand bis 2040.....	123
11.2.2	Szenario 0: Base case - kein smartrail 4.0.....	123
11.2.3	Szenario 1: 3 Jahre Verzug – verzögerte Systembereitstellung.....	124
11.2.4	Szenario 2: 5 Jahre Verzug – TSI CCS oder Fahrzeugumrüstung.....	125
11.2.5	Szenario 3: 10 Jahre Verzug – kumuliertes Eintreffen von Toprisiken.....	126
11.2.6	Szenario 4: fehlende Lösung für Lokalisierung – 10 Jahre Verzug.....	128
12	Umgang mit den bestehenden Technologien.....	130
12.1	Anlagen.....	130
12.2	Fahrzeuge.....	131
12.3	Connectivity.....	133
12.4	Zentrale Systeme.....	133
13	Offene Punkte / Weiteres Vorgehen.....	134
13.1	Anlagen.....	134
13.2	Fahrzeuge.....	134
13.3	Connectivity.....	135
13.4	Zentrale Systeme.....	135
13.5	Überarbeitung Migrationskonzept.....	135
14	Verzeichnisse.....	136
14.1	Glossar / Glossar-Referenz.....	136
14.2	Grafik-Verzeichnis.....	136
14.3	Tabellenverzeichnis.....	137
14.4	Quellen / Referenzen.....	138

## 2 Management Summary

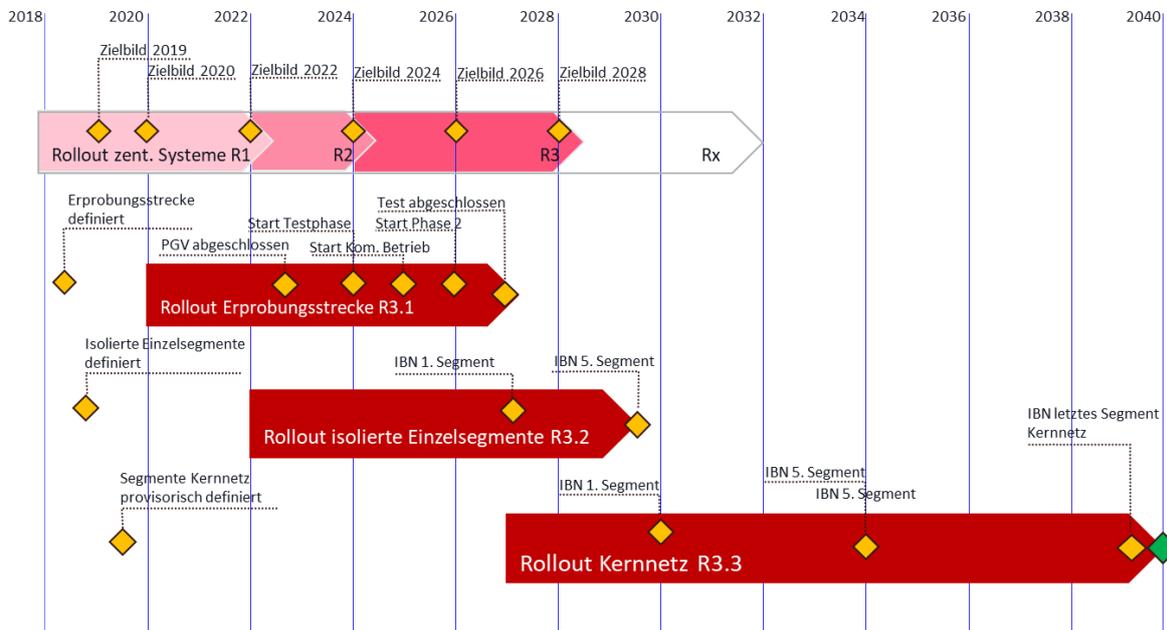
Die Einführung von smartrail 4.0 (SR40) umfasst auf der technischen Seite die Migration der vier Aspekte Anlagen, Fahrzeuge, Connectivity und zentrale Systeme sowie der dazugehörigen Prozesse. Dies erlaubt schliesslich in der gesamten Bahnproduktion Effizienz- und Kapazitätssteigerungen durch integrierte und optimierte Planung und Steuerung sowie signifikante Vereinfachungen an der Infrastruktur durch reduzierte Aussenelementmengen. Der gesamte Ablauf erstreckt sich über den Zeitraum von 2020, wenn die ersten isolierten Funktionen eingeführt und Grundlagen gelegt werden, bis 2040, wenn SR40 netzweit, auf allen Fahrzeugen, Anlagen und in allen Prozessen eingeführt sein soll. Der Funktionsumfang kann, insbesondere in den zentralen Systemen, je nach Ansprüchen der ISB modular angewendet werden.

Die Migration ist in drei Schritte unterteilt. In den Schritten R1 und R2 erfolgen noch keine Änderungen an Fahrzeugen und Anlagen, sondern sie fokussieren auf zentrale Prozesse und Funktionen. Im Schritt R1 von 2020 bis 2022 werden zunächst Unterstützungsfunktionen, erste Verbesserungen der bestehenden dispositiven und operativen Ebene und Grundlagen bereitgestellt. Aufbauend auf diesen, wird dann im Schritt R2 im Zeitraum 2023-2024 der Flächenbetrieb automatisiert, d.h. Planung, Zuglenkung, Betriebsführung und auch Rangierwarnungen werden in neue zentrale SR40-Systeme überführt.

Schritt R3 stellt schliesslich die Migration der Fahrzeuge und Anlagen in die SR40-Welt dar. Der Ausrüstungsstand und das Einsatzgebiet der Fahrzeuge sind entscheidend für die Migration der Anlagen. Dieser Schritt ist weiter unterteilt in 3 Etappen R3.1-R3.3. In Etappe R3.1 von 2024 bis 2026 wird der Betrieb auf Erprobungsstrecken aufgenommen, um erste Erfahrungen zu sammeln, die in die weiteren Schritte für den industriellen Rollout einfließen sollen. Hierbei werden noch nicht alle SR40-Funktionen verfügbar sein. In R3.2 wird dann auf isolierten Einzelstrecken der Rollout mit ersten Grundlagen des industrialisierten Rollouts vorgenommen, um Erfahrungen für die folgende Etappe zu sammeln. Diese Etappe beginnt 2027 und migriert die Strecken bereits mit dem vollen Funktionsumfang. Anders als in Etappe R3.1 sollten nach der Inbetriebnahme der Strecken keine wesentlichen neuen Release-Migrationen in den zentralen Systemen und auf den Anlagen nötig sein. Ab 2030 wird schliesslich unter Etappe R3.3 in 10 Segmenten das gesamte Kernnetz migriert. Die Erprobungsphase ist hierbei abgeschlossen und der Rollout R3.3. erfolgt industrialisiert mit erprobten und finalisierten Vorgehensweisen – es geht hierbei ausschliesslich um das «Doing», nicht mehr um das «Learning».

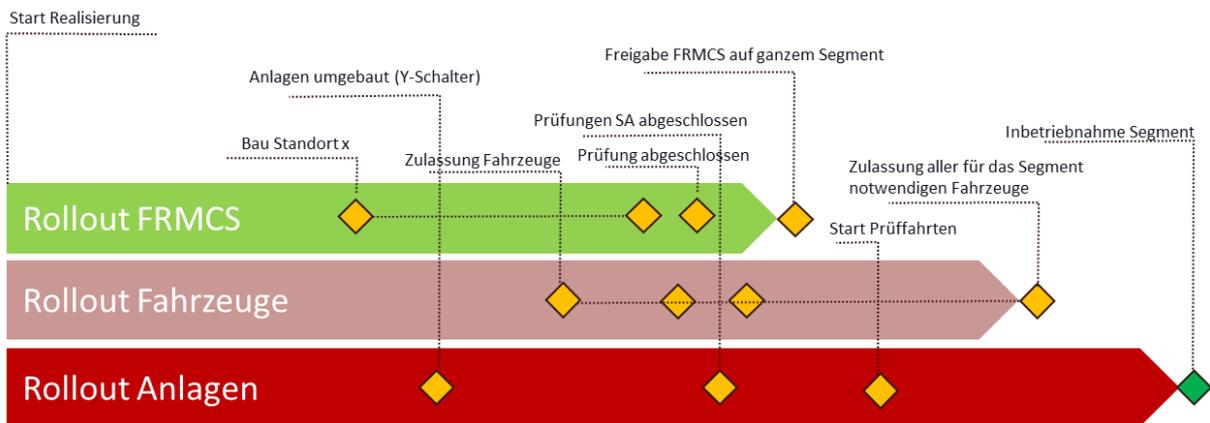
Gleichzeitig werden im ganzen Netz durch diverse Programme Veränderungen vorgenommen. Diese müssen in der Rolloutplanung berücksichtigt werden. Es gilt dabei abzuwägen, ob diese vor (konventionelle Technik) oder nach der Migration (einfachere Anpassung, weniger Elemente) der Anlagen erfolgen soll. Bezüglich dem STEP Ausbauschnitt 35 gehen wir davon aus, dass dieser weitestgehend vor der Migration umgesetzt wird. Sollten sich die Randbedingungen verändern, böten sich dabei Chancen einzelne Projekte direkt unter SR40 umzusetzen und so Synergien zu nutzen.

In der Abbildung 1 ist eine Übersicht über die Abhängigkeiten der zentralen Systeme und dem Flächenrollout ersichtlich.



**ABBILDUNG 1 ABHÄNGIGKEITEN ZWISCHEN DEN ZENTRALEN SYSTEMEN UND DEM FLÄCHENROLLOUT**

Innerhalb dieser einzelnen Schritte sind gegenseitige Abhängigkeiten vorhanden, die berücksichtigt und eingerechnet werden müssen. Ein Streckenabschnitt kann erst in Betrieb genommen werden, wenn die vorgängigen Bedingungen erfüllt sind. Erst wenn die Mobilfunkversorgung gewährleistet und genügend Fahrzeuge auf den neuen FRMCS-Standard auf- oder umgerüstet sind, kann in der Fläche auf die neue Technik umgeschaltet werden.



**ABBILDUNG 2 ABHÄNGIGKEITEN DES ROLLOUTS INNERHALB EINES SEGMENTS**

Neben der Migration der Anlagen, zentralen Systeme und Kommunikationssysteme, die weitgehend durch die ISB kontrolliert werden, sind spätestens in Schritt R3 Aufrüstungen der Fahrzeugtechnik nötig, die von den EVU mitzutragen sind. Die Standardisierung und Modularisierung der Fahrzeugarchitektur (COAT/OCORA) erlaubt Vereinfachungen und Beschleunigungen bei Änderungen. Allerdings müssen die Grundlagen zunächst definiert und entwickelt werden. Derzeit sind im betroffenen Perimeter

Fahrzeuge mit einer Vielzahl von Ausrüstungsständen im Einsatz bzw. in der näheren Zukunft zu beschaffen, die unterschiedliche Kompatibilitätsgrade mit SR40 haben. Ziel des Rollouts ist, besonders aufwändige Aufrüstungen zu vermeiden. Hierzu werden entsprechende Fahrzeuge ausgemustert, bevor ihre Einsatzgebiete migriert werden. Dennoch verbleiben grosse Fahrzeugmengen, die umzurüsten sind. Die Erfahrungen aus der ETCS L2 Einführung zeigen, dass dies ein zeitlich und ressourcenmässig anspruchsvolles Unterfangen ist.

Eine wichtige Randbedingung ist, dass die nötigen Zulassungen rechtzeitig vorliegen und Standards (z.B. TSI) bis 2022 bei den zuständigen Gremien verabschiedet werden. Diese dienen als Basis für die Entwicklung der Fahrzeuggeräte, welche für den Fahrzeug-Rollout ab 2024 bereit sein müssen. Besonders im Hinblick auf Übergangsfristen ist der Zeitplan eng, da eine späte Einführung auch spätere Abschaltung der Altsysteme nach sich zieht. Damit können diese möglicherweise das technische oder wirtschaftliche Lebensende vorher erreichen. Eine Reinvestition in bald obsoletere Systeme ist auf alle Fälle zu vermeiden.

Sollten Zwischenziele nicht erreicht werden, liegen Rückfallkonzepte und entsprechende Massnahmen vor, die die Verzögerung für das Gesamtprogramm minimieren.

## 3 Einleitung

Mit dem Projekt smartrail 4.0 soll die gesamte Bahnproduktion in eine voll digitalisierte und vernetzte Welt überführt werden. Dies bedeutet die Migration von ETCS Level 1 limited Supervision (L1LS) und Level 2 (L2) auf Level 3 (L3), also die Abkehr von der Nutzung diskreter Infrastruktureinheiten hin zur kontinuierlichen Nutzung. Zusammen mit einer zentralisierten, optimierten und automatisierten Planung und Lenkung und einem deutlich reduzierten Bedarf an Aussenelementen wie z.B. Signalen oder Gleisfreimeldern werden Kapazitätssteigerungen, Kostenreduktionen sowie eine höhere Zuverlässigkeit bei einem erhöhten Sicherheitslevel erreicht. Dies soll in mehreren Etappen bis 2040 umgesetzt werden.

### 3.1 Ziele und Zweck des Dokumentes

#### 3.1.1 Zielsetzung

Dieses Dokument beschreibt die zur Erreichung dieser Ziele nötigen Schritte je Teilsystem, welche Abhängigkeiten und Risiken zu beachten sind und wie die Migration zeitlich erfolgen soll. Es soll nicht ein Dokument sein, das sich nur als Beilage zum Konzeptbericht an das BAV richtet. Es soll auch eine Zusammenfassung aller bisherigen, für die Migration wichtigen Erkenntnisse beinhalten. Diese Dokumentation soll eine gewisse Nachhaltigkeit aufweisen, als Grundlage für die Wissensvermittlung dienen.

Der Aufbau des Dokumentes ist so gewählt, dass zuerst die Ausgangslage (Ist-Situation im Jahre 2019) und die Zielarchitektur (Soll-Situation 2040) beschrieben ist. Es wird dann darauf eingegangen, wie wir zum Ziel kommen (Randbedingungen Regulation, Interoperabilität, Migrationsperimeter, Rolloutkonzept). Weiter wird auf die Rückfallszenarien und die Obsoleszenz Problematik eingegangen.

Das Dokument wird auch nach der Freigabe (12/2019) weiter gepflegt. Wesentliche Erkenntnisse der nächsten Phasen werden in diesem Dokument ständig festgehalten.

Vertiefte Abhandlungen zu den Themen können den jeweils referenzierten Dokumenten entnommen werden, z.B. das Transformationskonzept MTP [\[1\]](#). Eine vollständige Liste der Dokumente kann der Übersicht der weiterführenden Literatur in Abschnitt 14.4 entnommen werden.

Weiter sollen auf die vom Zwischenbericht gestellten Fragen des BAV (Eckwerte) konkrete Antworten geliefert werden. In Tabelle 1 ist eine Übersicht über die Abschnitte, die die jeweiligen Eckwerte, welche die Migration betreffen, behandelt.

Eckwert	Behandlung in Abschnitt(en)
5 - Anlässlich des Workshops SR40 BAV- Branche vom 19/20. Juni 2018 haben die SBB die Reduktion des IOP-Hauptnetzes auf die beiden TEN-Korridore Basel - Domodossola und Basel Chiasso/Luino als Ziel vorgestellt. Dadurch soll für SR40 Freiraum bezüglich Lösungen und Umsetzungszeitraum für das neu zu entwickelnde digitale Stellwerk (ES) geschaffen werden. Das festgelegte interoperable Haupt- und Ergänzungsnetz ist für das BAV grundlegend. An der Anforderung, dass TSI konforme Fahrzeuge auf dem interoperablen Haupt- und Ergänzungsnetz grundsätzlich freizügig verkehren können, wird festgehalten.	Unter dem Kapitel "Randbedingungen Regulation und Zulassungen" wurde eingehend auf diese Problematik eingegangen.
8 - Fahrzeuge, welche die Anforderungen von TSI und NNTV CH erfüllen, müssen jederzeit auf dem interoperablen Netz verkehren und wo erforderlich rangieren können.	Ist im Kapitel "Randbedingungen Regulation und Zulassungen" abgehandelt worden.
19 - Mit dem Konzept SR40 ist aufzuzeigen, wie sichergestellt wird, dass die Fahrzeuge, welche den Anforderungen von TSI und NNTV CH genügen, jederzeit auf dem interoperablen Netz verkehren können. Für sich ändernde Vorgaben für die Fahrzeugausrüstungen sind geeignete Migrationsstrategien zu definieren.	Ist im Kapitel "Randbedingungen Regulation und Zulassungen" abgehandelt worden. Details zum Migrationskonzept für Fahrzeugausrüstungen und Anforderungen an interoperable Fahrzeuge werden 2020 im Detailkonzept, in ZUSA mit BAV erarbeitet.
37 -Dem BAV ist zum heutigen Zeitpunkt keine vollständig durchdachte Migrationsplanung bekannt. Die SBB haben ein detailliertes Migrationskonzept zu erstellen. Anhand von konkreten Pilotprojekten ist die praktische Tauglichkeit des Konzeptes nachzuweisen.	Die heute bereits bekannte Planung wurde im vorliegenden Migrationskonzept in diversen Kapiteln beschrieben. In der nächsten Phase werden die Details geplant und mit den EVU die Fahrzeugmigration bearbeitet.
38 - Die Leistungsfähigkeit des Eisenbahnsystems darf während der Migrationsphase nicht eingeschränkt werden. Auch während der Migration muss gewährleistet sein, dass Fahrzeuge, welche die Anforderung der TSI und der NNTV CH erfüllen, jederzeit auf dem für sie relevanten Teil des Netzes verkehren können.	Das Einsatzkonzept wurde im Rolloutkonzept im Kapitel "Rolloutkonzept" beschrieben. Details zum Migrationskonzept für Fahrzeugausrüstungen und Anforderungen an interoperable Fahrzeuge werden 2020 im Detailkonzept erarbeitet.
39 - Die SBB haben dem BAV in Anlehnung an die Inhalte der Strategie des BAV aufzuzeigen, wie während der Migrationsphase zu SR40 alle Angebote für den Personen- und Güterverkehr zeitgerecht zur Verfügung gestellt werden.	Im Kapitel "Synergien / Berücksichtigung von Ausbauprojekten" sind die Synergien zu den Ausbauprojekten beschrieben. Diese Fragestellung wird im Detailkonzept Migration 2020 vertieft behandelt.
40 - Die SBB haben dem BAV in Anlehnung an die Inhalte der Strategie des BAV aufzuzeigen, wie während der Migrationsphase zu SR40 die Abstimmung Angebot - Rollmaterial – Infrastruktur unter Berücksichtigung von Betrieb und Unterhalt sichergestellt wird.	Diese Fragestellung ist teilweise im Rolloutkonzept Kapitel 8 beschrieben und wird im Detailkonzept Migration 2020 vertiefter behandelt.

**TABELLE 1 VERWEISE AUF ECKWERTE DES BAV**

### 3.1.2 Zielgruppe des Dokuments

Das vorliegende Betriebskonzept richtet sich an folgende Leserschaft:

- **Mitarbeiter der Linienorganisationen**, die erfahren wollen, wie die Zusammenhänge und Abhängigkeiten unter SR40 aussehen werden, sei es im Allgemeinen als auch in konkreten Szenarien.
- **Transformationsverantwortliche**, die erfassen möchten, inwiefern sich die Rollen unter SR40 gegenüber den heutigen Prozessen verändern werden.
- **BAV**, welches als Aufsichtsbehörde die Migrationsabläufe verstehen möchte.
- **Führungskräfte**, die sich ein bisschen weiter mit SR40 befassen und die Zusammenhänge kennen wollen.
- **Business Analysten**, die ihre Anforderungsdokumente mit dem Gesamtkonzept abgleichen müssen.
- **Migrationsverantwortliche**, die – je nach Migrationsstrategie und -konzept – den Parallel- resp. Nebeneinander-Prozess von alt und neu organisieren und gestalten müssen.
- **Neue Projektmitarbeiter in SR40**, die – je nach Profil, Rolle und Auftrag im Projekt – einen Einblick in den betrieblichen Zielzustand gewinnen wollen / müssen, und dabei sich ein Bild machen können, wie SR40 in die heutige Bahnwelt migriert werden soll.
- Und natürlich auch weitere interessierte ....

### 3.1.3 Abgrenzungen

In diesem Bericht wird aus Redundanzgründen bewusst auf folgende Themen nicht eingegangen:

- **Finanzen:** Alle Finanzzahlen und deren Einfluss auf den Business Case können im separaten Dokument betrachtet werden [\[9\]](#)
- **Sourcing Strategie:** Wird in einem eigenen Dokument erwähnt [\[10\]](#)
- **Clustermodell smartrail 4.0** für Entwicklungs- und Erprobungsphase [\[13\]](#)
- Das **Abkürzungsverzeichnis** und **Glossary** werden zentral für alle Dokumente geführt.

### 3.1.4 Aktueller Stand und Ausblick

Das vorliegende Migrationskonzept bildet den nach heutigem Wissen absehbaren Migrationsgegenstand, welcher bis zum Zeithorizont 2040 verbaut werden soll, ab. Bis zum Erreichen des Zielzustandes vergehen noch 20 Jahre Entwicklungszeit, in der sich die technologischen Möglichkeiten, deren Einsatz und Auswirkungen noch konkretisieren werden. Das Migrationskonzept stellt somit eine Momentaufnahme dar. Es wird sich mit zunehmendem Wissen und in Abstimmung mit den Entwicklungsprojekten und der Linie und in enger Absprache mit dem BAV weiterentwickeln.

Das Migrationskonzept stellt eine Basis für die geplanten Rolloutphasen dar. Für jede Rolloutphase existiert eine andere Zielsetzung, die ersten beiden als Vorbereitung auf den für das Kernnetz zwingenden industriellen Rollout.

### 3.1.5 Kontext des Migrationskonzeptes

Das Dokument wurde als Anhang für den Konzeptbericht erstellt und dient in der Detaillierung den Generalisten, welche keine vertieften Kenntnisse der Materie ausweisen.

#### Dokumentpyramide

Einordnung in die Dokumentenstruktur

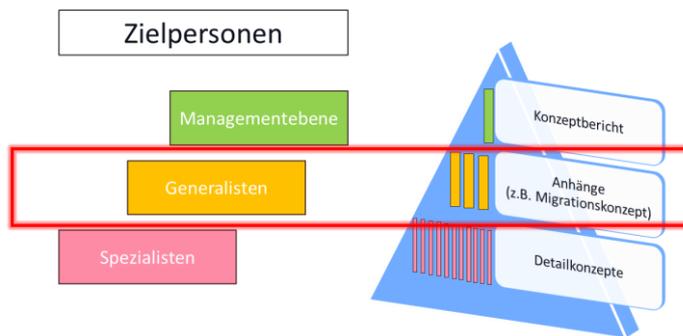


ABBILDUNG 3 EINORDNUNG MIGRATIONS KONZEPT IN DOKUMENTENPYRAMIDE SR40

## 4 Ausgangslage

Die Ausgangslage für die Migration umfasst die heutige Bahnwelt bzw. bisherige Planungen, die auf verschiedenen Technologiegenerationen und -konzepten aufbauend eine zunehmende Automatisierung erreichen. Diese Basisarchitektur basiert auf dem Ansatz des Konzepts ATR (Automation Telecommande Reseau / Fernsteuerkonzept SBB), das zum heutigen Zeitpunkt zu ca. 95% bezogen auf die Anzahl der Aussenanlageelemente umgesetzt ist. Mit diesem Umsetzungsprogramm wurde die Zielsetzung der automatischen Betriebsführung erreicht und es konnte der betriebliche Personalaufwand stark reduziert werden. Verschiedene Generationen von Sicherungsanlagen, Zugbeeinflussungssystemen und Kommunikationssystemen werden dabei durch zentrale IT-basierte Systeme zunehmend zentralisiert, gesteuert und automatisiert. Diese umfassen Anlagen in 4 Gruppen:

### 1. Aussenanlagen und Stellwerke

Die dezentrale heterogene Stellwerksarchitektur ist im Normalspurnetz schweizweit auf ca. 600 Standorte verteilt und kommuniziert mit dem Leitsystem ILTIS über Fernsteuereinrichtungen und seriellen Datenleitungen. Die einzelnen Stellwerke, heute funktionell gemischt mit SIL (Verschlusslogik) und NoSIL-Funktionen (z.B. Fahrstrassenspeicher), steuern die Aussenanlagekomponenten mit sternförmig angeordneten Kabelverbindungen an. Hierbei sind mechanische, elektromechanische, Relais- und elektronische Stellwerke im Einsatz. Die Strecken sind mehrheitlich mit Eurobalisen mit Signum/ZUB-Funktionen (P44) und ETCS L1LS ausgestattet. Auf einigen wenigen Strecken (Bahn-2000-Strecke, LBT, GBT, sowie teilweise deren Zulaufstrecken) ist ETCS L2 im Einsatz.

### 2. Fahrzeuge

Die Fahrzeuge sind je nach Einsatzort und Generation mit einem oder mehreren Zugbeeinflussungssystemen ausgerüstet (Signum, ZUB121/262, ETCS OBU) und können praktisch auf dem gesamten Streckennetz verkehren. Einschränkungen auf L2-Strecken gelten für Fahrzeuge, die nicht mit einer ETCS OBU ausgerüstet sind.

### 3. Connectivity (Kommunikation)

Das 2G-Netz auf dem Standard GSM-R ist ausgerollt, wobei diverse Nebenstrecken im Roaming betrieben werden, was jedoch den Funktionsumfang einschränkt. Der Einsatz auf den heutigen ETCS-L2 Strecken funktioniert gut, soll die Führerstandsignalisierung aber auch in Knoten eingesetzt werden, kommt diese Technologie an die Kapazitätsgrenzen. Weiter ist diese 2G-Technologie am Lebensende angelangt. Die Public Provider stellen den 2G Service ab Ende 2020 ein. GSM-R Roaming wird weiterhin mit dem 3G/4G Standard möglich sein (z.B. LTE-Roaming für Mesa 23-Geräte). Für Fahrzeuge mit fest eingebauten Cab Radio's, die 3G nicht unterstützen, wird eine Lösung mit mobilen Geräten angeboten, die jedoch gemäss BAV nur temporär und punktuell eingesetzt werden darf. Für die Zeit nach der Abschaltung von 3G, mit der ab 2024 gerechnet werden muss, muss die 4G Roaming Lösung, die heute auf Datenübertragung beschränkt ist, auf Sprachkommunikation erweitert werden.

#### 4. Zentrale Systeme

Im RCS-System regeln die Disponenten die dispositiven und kommerziellen Aufgaben zur Regelung des Zugverkehrs. Das ILTIS-Leitsystem, aufgetrennt in ca. 45 Zellen, technisch örtlich zentralisiert in den Betriebszentralen, dient den Zugverkehrsleitern als operatives System, mit welchem der Zugverkehr jederzeit händisch beeinflusst werden und der Fahrplan in Normalfall automatisch abgewickelt werden kann. Die beiden Systeme RCS und ILTIS laufen zurzeit bei der SBB und SOB systemtechnisch unabhängig voneinander. Durch den Disponenten getätigte Dispositionen in RCS müssen durch den Zugverkehrsleiter manuell in ILTIS nachgeführt werden. Bei der BLS ist bereits heute DispoOp im Einsatz, welches einen Durchgriff von RCS nach ILTIS ermöglicht. Während der verschiedenen Phasen der Planung (Fahrplan und Intervalle) kommen heute die Systeme NeTS, Viriato und RailSys zum Einsatz.

Diese Ausgangsarchitektur, am Beispiel der Struktur der SBB, ist in Abbildung 4 dargestellt.

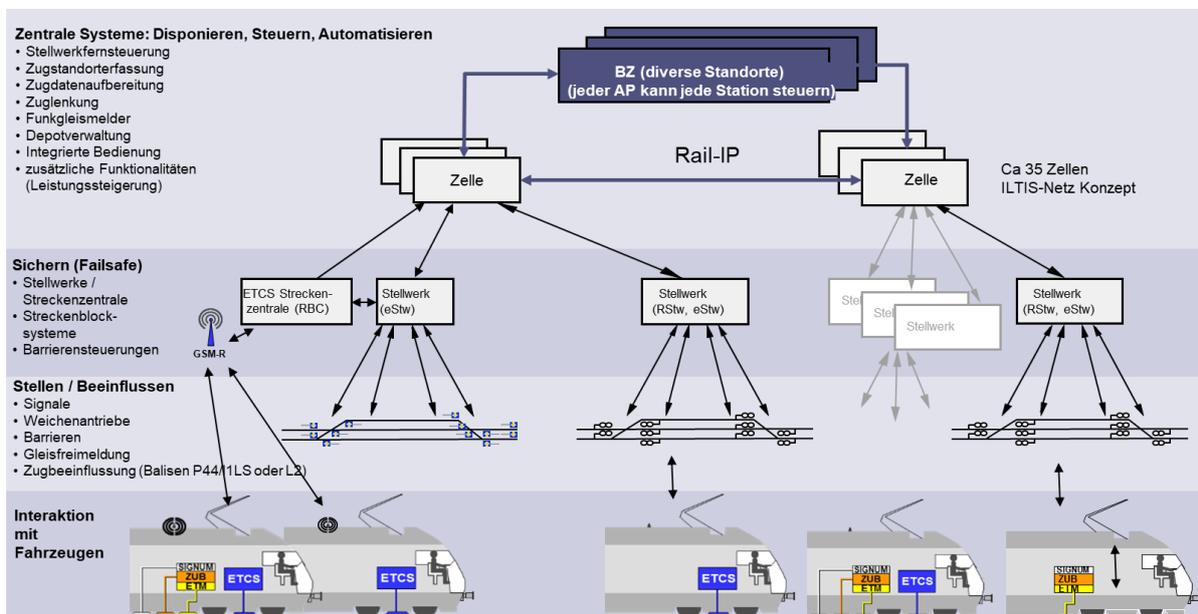


ABBILDUNG 4 HEUTIGE TECHNIK ZUGSICHERUNG UND -LENKUNG (STRUKTUR SBB)

### 4.1 Anlagen

Dieser Abschnitt beschreibt die Ausgangslage der Infrastrukturanlagen. Dies umfasst die aktuell eingesetzten Anlagentypen sowie die bis zum Migrationszeitraum des Kernnetzes (Start 2030) voraussichtlich umgesetzten Anlageveränderungen. Die Migration muss folglich die Adaption und Integration bzw. den Ersatz dieser Anlagen umfassen.

#### 4.1.1 Ausgangslage der heutigen Anlagestruktur

Die heute existierende Stellwerklandschaft basiert auf diversen Techniken, die miteinander über genormte, proprietäre Schnittstellen miteinander verbunden sind. Ca. 95% aller Anlagen wurden in den letzten 20 Jahren automatisiert und ferngesteuert und können heute von wenigen Betriebszentralen aus überwacht und beeinflusst werden. Das SBB-Automatisierungsprogramm ATR zur Optimierung des

Betriebsablaufs und Rationalisierung des Betriebspersonals läuft bis 2030 weiter, was dann einen Fernsteuergrad von nahezu 100% ergeben wird. Auch bei den übrigen Normalspurnetzbetreibern wird der Automatisierungsgrad entsprechend erreicht sein.

Die Stellwerke werden über die Leittechnik ILTIS vernetzt resp. ferngesteuert. Der Funktionsumfang wurde möglichst vereinheitlicht und die Bedienmöglichkeiten entsprechen den Möglichkeiten der lokalen Bedienung. Eine örtliche Bedienung ist nur noch bei Relais-Stellwerken und gleichzeitigen Umbauarbeiten vorgesehen. Im Störfall ist keine örtliche Bedienung mehr vorgesehen. Die örtliche Bedienung wird jedoch weiterhin für den Unterhalt zur Störungseingrenzung benötigt.

Die Technologie hat sich in den letzten 30 Jahren stark verändert: Die mechanischen und elektromechanischen Anlagen wurden mit dem Automatisierungsprogramm durch moderne elektronische Systeme ersetzt. Die diversen Relaisstellwerktypen wurden für die Automation adaptiert und über Fernsteuersysteme (rcs 95, RCI) an die Leittechnik gekoppelt. Die elektronischen Stellwerke werden über redundante serielle Datenverbindungen angeschlossen auf denen proprietäre Datentelegramme übertragen werden. Diese Zentralisierung und Automation ermöglichte es, steigende Verkehrsmengen mit immer weniger Personal zuverlässig abzuwickeln. Das Zugbeeinflussungssystem des ganzen Streckennetzes wurde bis 2018 mit dem Projekt "ETCS Netz" auf den Standard ETCS gehoben. Seither kann flächendeckend mit der Betriebsart L2 oder L1LS verkehrt werden. In Tabelle 2 ist das Mengengerüst dieser Elemente bei SBB-I mit Stand 01.07.2019 zusammengefasst. Für die BLS sind die entsprechenden Werte in Tabelle 4 sowie Tabelle 5 für die SOB in Tabelle 6 zusammengestellt. Bei der SOB sind dabei keine Veränderungen am Mengengerüst geplant.

2019 Typ	Anzahl Stellwerke	Anzahl Elemente <sup>1</sup> (ca.)	Anzahl Weichen/EV (ca.)	Anzahl BUE (ca.)
Relaisstellwerke	309	35'700	6'140	430
Elektronische Stw (Simis-C)	44	13'100	2'300	110
Elektronische Stw (Simis W)	37	10'400	1'850	105
Elektronische Stw (Elektra 1+2)	63	12'900	2'100	225
Elektronische Stw (Simis IS)	2	440	60	30
Altstellwerke (werden mit ATR ersetzt)	30	860	200	60
<b>Total (abgesetzte eStw nicht eingerechnet, ohne Ablaufstellwerke)</b>	<b>485</b>	<b>73'400</b>	<b>12'650</b>	<b>960</b>
<sup>1</sup> Signale, Weichen, Zugsicherung, Gleisfreimelder, Bahnübergänge Die Elementmengen können kurzfristig schwanken, deswegen stellen Angaben Näherungswerte dar.				

**TABELLE 2 MENGengerüst SICHERUNGSANLAGEN SBB (INKL. THURBO UND STB) STAND 01.07.2019**

Bis zur Migration der Stellwerke ins System SR40 werden durch die Substanzerhaltung, ATR und die STEP-AS25 und AS35 Ausbauprojekte grössere Veränderungen des Stellwerkportfolios erfolgen. Für die Migration der isolierten Einzelsegmente (ab 2027) sowie des Kernnetzes (ab 2030) wird deshalb mit dem in Tabelle 3, 5 und 6 dargestellten Mengengerüst ausgegangen.

2030 Typ	Anzahl Stellwerke	Anzahl Elemente <sup>1</sup> (ca.)	Anzahl Weichen/EV (ca.)	Anzahl BUE (ca.)
Relaisstellwerke	200	24'200	4'200	350
Elektronische Stw (Simis-C)	32	10'000	1'800	100
Elektronische Stw (Simis W)	40	12'700	2'300	170
Elektronische Stw (Elektra 1+2)	66	14'000	2'240	220
Elektronische Stw (Simis IS)	2	400	60	30
Altstellwerke (wurden mit ATR ersetzt)	0	0	0	0
Elektronische Stw (Typ noch nicht bekannt)	60	12'500	2'100	90
<b>Total (abgesetzte eStw in Stellwerkzahl nicht eingerechnet, ohne Ablaufstellwerke)</b>	<b>400</b>	<b>73'800</b>	<b>12'700</b>	<b>960</b>
<sup>1</sup> Signale, Weichen, Zugsicherung, Gleisfreimelder, Bahnübergänge Die Elementmengen können kurzfristig schwanken, deswegen stellen Angaben Näherungswerte dar.				

TABELLE 3 MENGengerüst Sicherungsanlagen SBB (inkl. Turbo und STB), Planung 2030

2019 Typ	Anzahl Stellwerke	Anzahl Elemente <sup>1</sup> (ca.)	Anzahl Weichen/EV (ca.)	Anzahl BUE (ca.)
Relaisstellwerke	59	4500	680	132
Elektronische Stw (Elektra 2)	17	2120	260	73
Diverse Barrieren Steuerungen				15
<b>Total (abgesetzte eStw in Stellwerkzahl nicht eingerechnet)</b>	<b>76</b>	<b>6'620</b>	<b>940</b>	<b>220</b>
<sup>1</sup> Signale, Weichen, Zugsicherung, Gleisfreimelder, Bahnübergänge, gemäss Auszug DfA vom 1.7.19 Die Elementmengen können kurzfristig schwanken, deswegen stellen Angaben Näherungswerte dar.				

TABELLE 4 MENGengerüst Sicherungsanlagen BLS Stand: 01.07.2019

2030 Typ	Anzahl Stellwerke	Anzahl Elemente <sup>1</sup> (ca.)	Anzahl Weichen/EV (ca.)	Anzahl BUE (ca.)
Relaisstellwerke	45	3600	550	105
Elektronische Stw (Elektra 2)	20	3200	400	100
Diverse Barrieren Steuerungen	(15)			15
<b>Total (abgesetzte eStw in Stellwerkzahl nicht eingerechnet)</b>	<b>65</b>	<b>6'800</b>	<b>950</b>	<b>220</b>
<sup>1</sup> Signale, Weichen, Zugsicherung, Gleisfreimelder, Bahnübergänge, gemäss Auszug DfA vom 1.7.19 Die Elementmengen können kurzfristig schwanken, deswegen stellen Angaben Näherungswerte dar.				

TABELLE 5 MENGengerüst Sicherungsanlagen BLS, Planung 2030 (Abschätzung)

2019/2030 Typ	Anzahl Stellwerke	Anzahl Elemente <sup>1</sup> (ca.)	Anzahl Weichen/EV (ca.)	Anzahl BUE (ca.)
Relaisstellwerke	15	850	140	42
Elektronische Stw (Simis W)	8	440	40	15
Elektronische Stw (Elektra 2)	3	180	30	2
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>1'470</b>	<b>210</b>	<b>59</b>
<sup>1</sup> Signale, Weichen, Zugsicherung, Gleisfreimelder, Bahnübergänge Die Elementmengen können kurzfristig schwanken, deswegen stellen Angaben Näherungswerte dar.				

**TABELLE 6 MENGENGERÜST SICHERUNGSANLAGEN SOB HEUTE SOWIE AUCH 2030 (KERNNETZ).**

Die nicht aufwärtskompatiblen Altsysteme (Schalterwerke, letztes mechanisches Stellwerk) werden mit den beauftragten ATR-Projekten bis 2025 abgelöst und müssen daher nicht weiter betrachtet werden. Neu gebaute elektronische Stellwerke werden mit einer neuen Systemsoftware aufgerüstet und sind damit aufwärtskompatibel als Multi-OC in die Architektur SR40 eingebunden.

Die bisher im 2011 definierte Zugbeeinflussungs-Strategie bei Substanzerhalt von Euro-ZUB/-Signum (P44) bzw. ETCS L1LS auf ETCS L2 mit Führerstandssignalisierung zu wechseln wird durch das vom BAV im 2019 verhängte Moratorium mit wenigen Ausnahmen (Lückenschluss, Anlageanpassungen) nicht weiter ausgeführt. Stattdessen werden Anlageveränderungen (Stw-Substanzerhalt und Anlageerweiterungen) bis zur Migration auf das SR40-System weiterhin mit Aussensignalen und dem Zugbeeinflussungssystem (Euro-ZUB/-SIGNUM resp. L1LS) geplant resp. gebaut. Ein Strategieupdate wird auf Basis SR40 per April 2020 erwartet.

## 4.2 Fahrzeuge

Aktuell verkehren Fahrzeuge mit unterschiedlichen Ausstattungen bzw. Fähigkeiten im schweizerischen Netz. Dies hängt von deren Einsatzgebiet und den für die jeweiligen Strecken notwendigen Zugsicherungssysteme ab. Grundlage für die Migration der Fahrzeugsysteme sind die für den Migrationszeitraum zu erwartenden Mengengerüste der Fahrzeuge und deren geplante Technologiestände. Geplante technische Nutzungsdauern sind dabei insoweit zu berücksichtigen, als dass die Umrüstung von Fahrzeugen mit geringer Restlebensdauer zum Umrüstzeitpunkt von den EVU nach Möglichkeit vermieden werden. In der Rolloutplanung für das Kernnetz wird nach Möglichkeit darauf Rücksicht genommen.

### 4.2.1 Heutige Ausstattungsvarianten

2019 verfügen 40% der Fahrzeuge der EVU mit Einsatz im Personen- und Güterverkehr in der Schweiz über ETCS-Ausrüstungen (> 1'000 Fahrzeuge). Folgende Ausrüstungsvarianten sind vorhanden:

#### 1. Fahrzeuge ohne ETCS-Ausrüstung (ca. 60%)

Diese Fahrzeuge besitzen als Zugbeeinflussungssysteme entweder ZUB121/ Signum und ETM für das Einlesen der Eurobalisen-Informationen oder die ZUB262, welches die Funktion ZUB/SIGNUM und ETM im System als eine Einheit abdeckt. Dabei werden die entsprechenden Telegramme (Paket 44) über ETM an die ZUB- und Signum-Auswerteeinheiten weitergeleitet,

welche damit die Fahrzeuge bei Missachtung der Geschwindigkeitsvorgaben beeinflussen. Diese Fahrzeuge können also nur Strecken mit Eurobalisen, welche mit dem nationalen Telegramm (P44) programmiert sind, befahren. Diese Fahrzeuge sind ausserhalb der heutigen ETCS Level 2 Strecken im Einsatz. Insbesondere bei Infrastrukturbetreibern sind auch noch Fahrzeuge ohne ZUB-Überwachung im Einsatz. Diese Fahrzeuge besitzen eine ETM-S-Ausrüstung, welche nur die Funktionalitäten Halt/Warnung der Zugbeeinflussung Signum besitzen.

## **2. Fahrzeuge mit ETCS-Ausrüstung Baseline 2 und ZUB/Signum mit ETM (ca. 35%)**

Diese Fahrzeuge sind mit zwei Systemen ausgerüstet. Die ETCS-OBU ist bis auf wenige Ausnahmen mit der Version SRS b2.3.0d ausgerüstet und kann vielfach aus technischen Gründen nicht auf die Baseline 3 gehoben werden. Neben ETCS besitzen sie für das Fahren auf Strecken ausserhalb des ETCS Level 2 Perimeters die Zugbeeinflussungssysteme ZUB und Signum. Dabei werden die entsprechenden Telegramme (Paket 44) der Eurobalisen über ETM an die ZUB- und Signum-Auswerteeinheiten weitergeleitet, welche die im Streckenabschnitt zulässige max. Geschwindigkeit überwachen und bei deren Überschreitung warnen und ab einer gewissen Toleranzschwelle das Fahrzeug zwangsbremsen. Diese Fahrzeuge können derzeit in der gesamten Schweiz eingesetzt werden.

## **3. Fahrzeuge nur mit ETCS-Ausrüstung Baseline 3 (ETCS only) (ca. 5%)**

Diese Fahrzeuge verfügen nur über das ETCS Zugbeeinflussungssystem (Baseline 3, SRS 3.4.0) und sind damit in der Schweiz auf den mit L2 und L1LS ausgerüsteten Strecken einsetzbar und benötigen dadurch die Systeme ZUB/SIGNUM mit ETM für die Auswertung der nationalen Telegramme (P44) nicht mehr. Im Verhältnis zur Gesamtmenge umfasst dies bisher nur eine sehr kleine Gruppe neuer Fahrzeuge. Mit der Beschaffung neuer Fahrzeuge bzw. Flotten, wird sich dieser Anteil sukzessive erhöhen.

## **4. Fahrzeuge mit Zugbeeinflussungssystemen für den internationalen Einsatz**

Diese Fahrzeuge besitzen je nach Einsatzgebiet neben den Zugbeeinflussungssystemen für den Einsatz in der Schweiz zusätzliche Class B-Systeme für den Einsatz in andere Länder wie z.B. PZB/LZB für Deutschland/Österreich, SCMT für Italien, ATB für die Niederlande. Ihre ETCS-Ausrüstung kann auch in anderen Ländern eingesetzt werden. Bei Einsatz in anderen Stromsystemen besitzen sie ebenfalls die dafür notwendigen Ausrüstungen.

## **5. Fahrzeuge ohne Zugbeeinflussungssysteme**

Fahrzeuge, welche ausschliesslich als Rangierfahrt ausserhalb des ETCS Level 2-Netzes betrieben werden verfügen in der Regel über kein Zugbeeinflussungssystem.

Hierbei ist festzuhalten, dass der Ausrüstungsstandard Signum/ZUB mit ETM keine Zukunftsfähigkeit hat und in absehbarer Zeit das Ende des LC erreicht. Die Fahrzeugausrüstung wird das technische Lebensende erreichen, da die Produktion eingestellt bzw. die Technologie, wegen der vom BAV vorgegebenen ETCS-Strategie, abgekündigt wird. Die LCC werden damit aufgrund der Komplexität des Systems ETCS für die EVU steigen. Dafür kann als positiver Faktor die erhöhte Sicherheit, die mit SR40 erreichbare Kapazitätssteigerung und die Europa-Kompatibilität aufgeführt werden.

## 4.2.2 Anforderungen

Ausgehend von der Situation mit Signum/ZUB wurden im Rahmen der bisherigen Migrationsstrategie zunehmend ETCS-Ausrüstungen der Fahrzeuge (Lokomotiven, Steuerwagen und Triebzüge) vorgeschrieben.

Bis 2006 war auf dem schweizerischen Netz eine ETCS-Ausrüstung nicht nötig. Mit der Inbetriebnahme der Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist (Bahn-2000-Strecke) und des Lötschberg-Basistunnels (LBT), als ETCS L2 Strecken, wurde die entsprechende Ausrüstung für das Befahren dieser Strecken Voraussetzung. Seit 2014 wurde für neue Fahrzeuge eine ETCS-Ausrüstung vorgeschrieben und seit 2017 ist es möglich, Fahrzeuge mit nur ETCS-Ausrüstung (d.h. «ETCS-only», ohne Signum/ZUB) zuzulassen. In Abbildung 5 ist die bisherige ETCS-Strategie illustriert. Damit ist eine mit der Zeit zunehmende ETCS-Durchdringung des Fahrzeugparks zu erwarten. Aufgrund der teilweisen sehr langen technischen Lebensdauer der Fahrzeuge sind jedoch beträchtliche Teile des relevanten Fahrzeugparks nicht mit ETCS ausgerüstet.

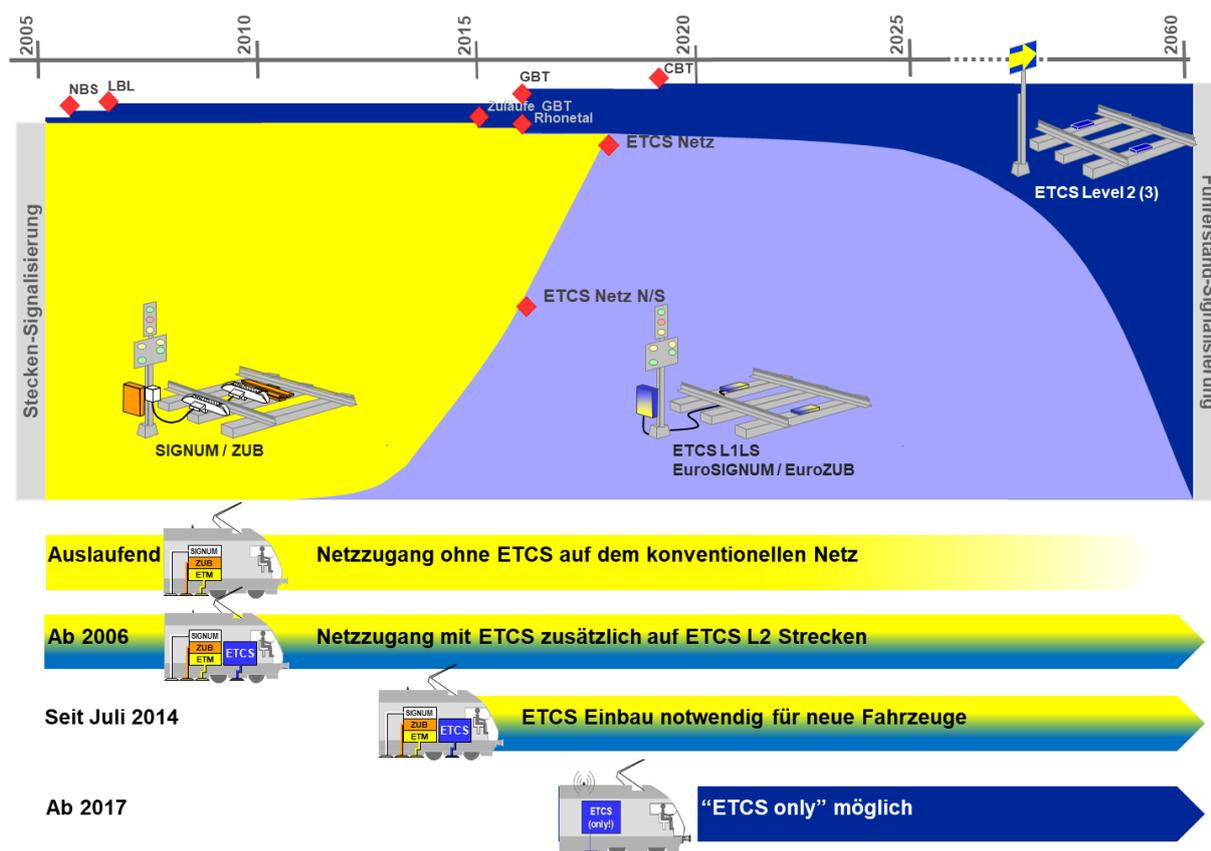


ABBILDUNG 5 ETCS-STRATEGIE

## 4.2.3 Flottenstrategien - allgemein

Aus Kostengründen muss darauf geachtet werden, dass diejenigen Fahrzeuge, welche nie auf ETCS-Level 2/3 Strecken zum Einsatz kommen, bis zu ihrem LifeCycle-Ende nicht auf ETCS umgerüstet werden müssen. Muss bei diesen mitten im Lebenszyklus stehenden Fahrzeugen die Zugbeeinflussung dennoch erneuert werden, kommen der 1:1-Ersatz der ZUB und Signum-Einrichtung oder aber eine Ausrüstung mit ETCS Baseline 3-Geräten (ETCS-only) in Frage. Gegen ETCS spricht in solchen Fällen, dass der Einbau und die Life Cycle Kosten der CCS-Ausrüstung von ETCS-Fahrzeugen wesentlich höher liegen, als bei Fahrzeugen, bei welche nur die ZUB/Signum-Ausrüstung erneuert werden. Je nach gewählter Zugsicherungs-Erneuerungsstrategie können noch bis zum Rolloutende Fahrzeuge mit der Funktion ZUB/Signum im Einsatz stehen.

Im Folgenden wird eine Übersicht über die Flotten der einzelnen EVU sowie der jeweiligen Ausrüstungsstände mit ETCS bzw. der Ausrüstungs- und langfristigen Einsatzplanung gegeben. Diese umfasst die wichtigsten Flotten, einzelne Fahrzeuge oder Sonderfahrzeuge (Baufahrzeuge, Messwagen) werden dabei weitgehend exkludiert.

## 4.2.4 SBB Personenverkehr inkl. Töchter Turbo, Tilo und Regionalps

In Abbildung 6 ist eine Übersicht über die voraussichtlich im Einsatz befindlichen Flotten der SBB Personenverkehr (inkl. Töchter) zusammengestellt.

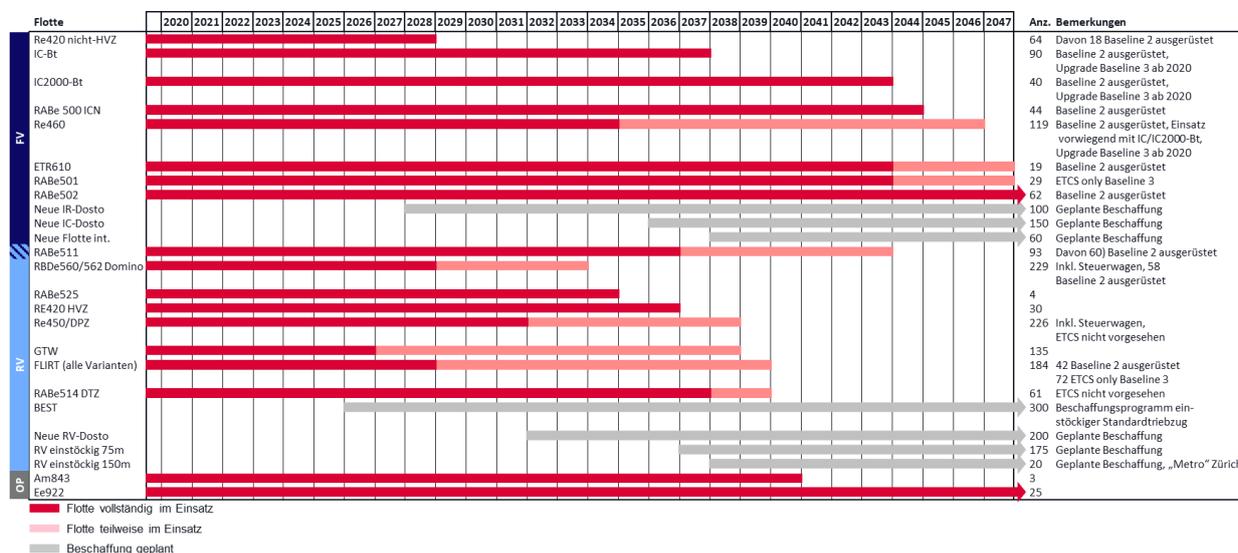


ABBILDUNG 6 AUSBLICK FLOTTE SBB PERSONENVERKEHR, STAND 26.07.2019

Im **Fernverkehr** stehen derzeit die Flotten RABe 500 ICN, IC-Bt, IC2000-Bt, Re420, Re460 und ETR610 im Einsatz. Alle diese Flotten werden ganz oder teilweise bis 2040 oder länger in Betrieb sein, was bedeutet, dass im Zuge mit der dann abgeschlossenen Migration alle SR40-fähig sein müssen. Einzige die Re420 werden bis 2028, mit Ausnahme der in den S-Bahn-Zürich HVZ-Kompositionen verwendeten Fahrzeugen, ausser Betrieb genommen. Hinzu kommen die in Auslieferung stehenden RABe501 Giruno, die mit Baseline 3 ausgeliefert werden und RABe 502 FV-Dosto, die bereits über Baseline 2 Ausrüstung verfügen und bei denen das Upgrade auf Baseline 3 bereits vorgesehen ist. Weitere neue

Flotten sind ab 2028, 2036 und 2038 geplant: Für den Fernverkehr ist für die Zeiträume ab 2028 und 2036 die Beschaffung von 100 Doppelstockzügen IR (Interregio) bzw. 150 Doppelstockzügen für den IC-Verkehr geplant. Ab 2038 sollen darüber hinaus 60 Einheiten an Fernverkehrsrollmaterial für den internationalen Verkehr beschafft werden.

Im **Regionalverkehr** stehen derzeit im Einsatz Re420 (HVZ), RABe511, FLIRT (RABe 521-524), Domino (RBDe560/562), Re450/DPZ, GTW (Turbo) und RABe525 NINA (RegionAlps). Hiervon sind 72 FLIRT bereits als ETCS-only Fahrzeuge ausgerüstet. Die Dominoflotte wird bis 2033 ausgemustert sein. Die Fahrzeuge der Zürcher S-Bahn Re450/Re514 sollen bis 2038 bzw. 2039 in Betrieb bleiben, aber bis zur Ausmusterung mit ZUB/Signum betrieben werden. Dies hat Implikationen für die Migrationsplanung auf Strecken, auf denen die Fahrzeuge eingesetzt werden. Effektiv muss die Migration der Strecken um Zürich damit am Ende des Rollouts erfolgen. In den Jahren 2026-2035 werden innerhalb des Projektes BEST (Beschaffung einstöckiger Standardtriebzug) rund 300 einstöckige Regionalverkehrsfahrzeuge als Ersatz von bei SBB Regionalverkehr sowie den Töchtern RegionAlps, Tilo und Turbo im Einsatz stehenden Domino, Flirt und GTW beschafft. Für 2032 ist die Beschaffung von 250 doppelstöckigen Fahrzeuge eingeplant, gefolgt von Beschaffungen für einstöckige Fahrzeuge für den Regionalverkehr (ab 2037, 175 Einheiten) und die S-Bahn Zürich (ab 2038, 20 Einheiten).

#### 4.2.5 SBB Cargo

SBB Cargo verfügt derzeit über ca. 450 Fahrzeuge verschiedenster Baureihen (vgl. Abbildung 7) Dies umfasst Fahrzeuge, die derzeit vermietet sind. Die Flotte befindet sich im Umbruch: Die Zahlen eher alter Baureihen (Re420/421, Re430, Tm232, Re620) ist sehr gross, aber abnehmend, während neue Lokomotiven (Eem923, Am843, Re482, Re484, Re474) in grosser Zahl zwischen 2000 und 2015 angeschafft wurden. Teile der älteren Fahrzeugflotte sind mit ETCS Baseline 2 ausgerüstet und sollen bis 2035 in Betrieb bleiben. Die nicht mit ETCS ausgerüsteten Fahrzeuge sollen jedoch bis 2025 ausgemustert werden. Fast alle in der Schweiz eingesetzten neueren Fahrzeuge verfügen über ETCS Baseline 2 oder sollen mittelfristig mit Baseline 3 ausgerüstet werden. Geplante Beschaffungen in den Zeiträumen ab 2023, 2037 und 2043 umfassen total 120 Fahrzeuge.

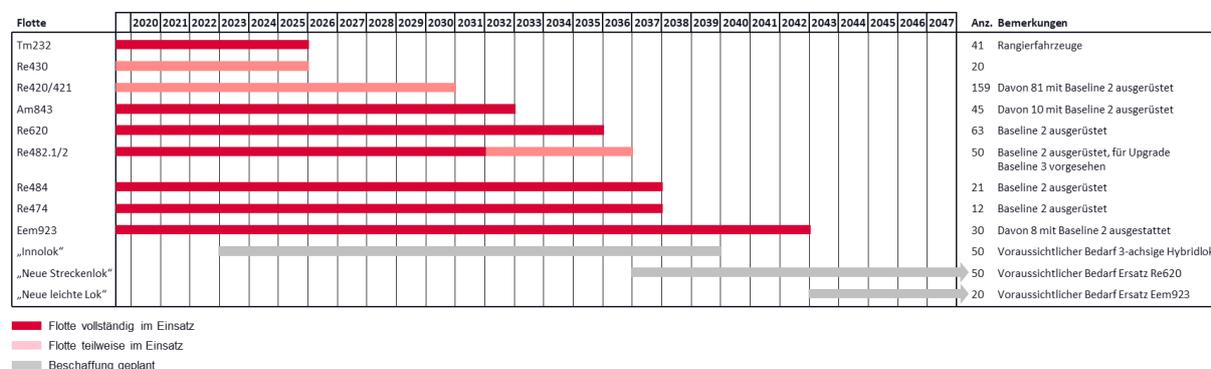
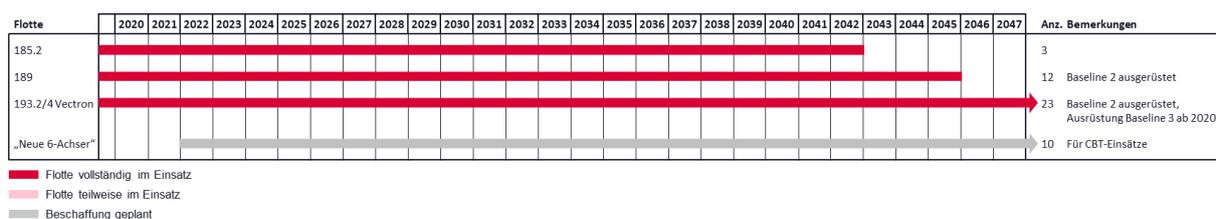


ABBILDUNG 7 AUSBLICK FLOTTE SBB CARGO, STAND 26.07.2019

## 4.2.6 SBB Cargo International

Die Flotte und Flottenplanungen für SBB Cargo international sind in Abbildung 8 zusammengestellt. Insgesamt verfügt SBB Cargo International über rund 40 Lokomotiven der Baureihen 185.2, 189 und 193.2/4 Vectron. Da SBB Cargo International nach dem Grundsatz «Asset light» arbeitet, sind die eingesetzten Fahrzeuge oft gemietet. Alle in der Schweiz zum Einsatz kommenden Fahrzeuge sind mit ETCS (Baseline 2) ausgerüstet. Aufgrund der recht jungen Flotte sind erste Ausmusterungen nicht vor 2042 geplant. Ab 2022 sollen ausserdem 6-achsige Lokomotiven für den Einsatz auf der ATG/ATC-Strecke angeschafft werden.

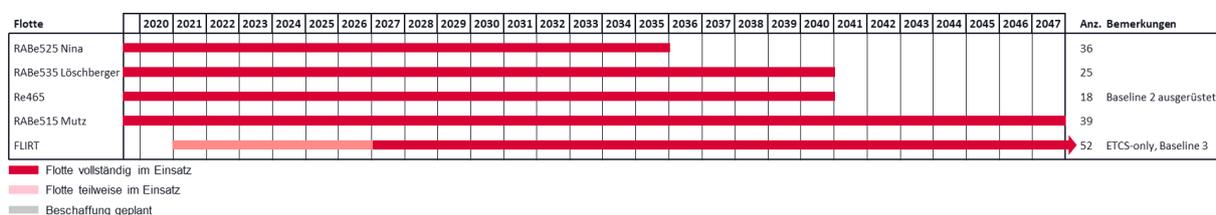


ABILDUNG 8 AUSBLICK FLOTTE SBB CARGO INTERNATIONAL, STAND 26.07.2019

## 4.2.7 BLS Personenverkehr

Die Flotte der BLS Personenverkehr sowie die voraussichtliche Entwicklung sind in Abbildung 9 dargestellt. Die Flotte von rund 110 Fahrzeugen besteht aus RABe525 NINA, RABe535 Lötschberger, RABe515 MUTZ sowie Re465. Die Fahrzeuge sind grösstenteils nicht mit ETCS ausgerüstet und sollen teilweise (RABe515) bis 2047 im Einsatz bleiben. ETCS-fähige Fahrzeuge umfassen 18 Re465, die bis 2040 betrieben werden sollen, sowie die in den kommenden Jahren abzuliefernden FLIRT 4, die mit ETCS-only (Baseline 3) ausgerüstet werden. Aktuell stehen ausserdem RBDe-Pendel und Re420 im Einsatz, die aber zeitnah ausgemustert werden und damit im relevanten Zeitraum definitiv nicht im Einsatz stehen werden.

Zurzeit planen die BLS den Betrieb von Fernverkehrsleistungen. Dadurch können zusätzliche Fahrzeugbeschaffungen mit einer CCS-Ausrüstung Baseline 3 SRS 3.4 oder 3.6 resultieren. Diese Beschaffungen sind zum jetzigen Zeitpunkt aber noch unklar.



ABILDUNG 9 AUSBLICK FLOTTE BLS PERSONENVERKEHR, STAND 26.07.2019

## 4.2.8 BLS Cargo

BLS Cargo verfügt über insgesamt ca. 100 Fahrzeuge der Baureihen Re425, 193, 186/187, Re485/486m und Re475 (siehe Abbildung 10). Diese sind bereits fast vollständig mit ETCS Baseline 2-Geräten ausgerüstet.



ABBILDUNG 10 AUSBLICK FLOTTE BLS CARGO, STAND 26.07.2019

## 4.2.9 SOB

Eine Übersicht über die Flotte der SOB und Planungen ist der Abbildung 11 zu entnehmen. Von den bestehenden Fahrzeugen der Baureihen RABe526 FLIRT I/II sowie Re456, Re446, RBDDe561/566 sind keine mit ETCS ausgerüstet. Es werden derzeit neue Fahrzeuge RABe526 FLIRT III beschafft, die alle als ETCS-only Fahrzeuge mit Baseline 3 ausgerüstet sind.

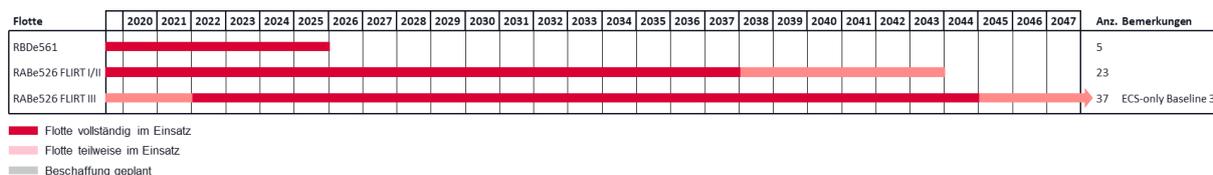


ABBILDUNG 11 AUSBLICK FLOTTE SOB, STAND: 26.07.2019

## 4.2.10 Fahrzeuge anderer EVU

Hierbei handelt es sich um in- und ausländische Unternehmen mit Fahrzeugen, welche nur in der Schweiz oder aber auch im internationalen Verkehr va. Cargo eingesetzt werden. Teilweise handelt es auch um eigentliche Fahrzeugvermieter wie beispielsweise MRCE (Rail Capital Europe), Captrain, ELL oder Railpool.

Fahrzeuge im durchgehenden internationalen Einsatz auf dem TEN-Korridor besitzen zurzeit eine ETCS Baseline 2-Ausrüstung sowie je nach Einsatzgebiete die jeweiligen nationalen Class B Systeme.

Bei international zugelassenen Fahrzeugen besitzen relevante Flottenteile wohl eine CH-Zulassung, stehen aber nie im Einsatz in der Schweiz. In diesem Zusammenhang muss mit dem BAV noch eine Lösung gefunden werden. Insbesondere muss geklärt werden, inwieweit Fahrzeuge mit heutiger CH-Zulassung bei einem ausschliesslichen Einsatz im Ausland überhaupt migriert werden sollen resp. welche Lösungsszenarien vertieft analysiert werden sollen.

EVU im Bereich Cargo und Lokvermietungen besitzen rund 300 Cargo-Loks. Davon besitzen rund 200 Loks eine Baseline 2, rund 100 Loks sind mit ETM und EuroZUB/EuroSignum ausgerüstet.

#### 4.2.11 Infrastruktur Fahrzeuge (SBB, BLS, SOB und Private)

Neben den EVU besitzen die I-Unternehmungen auch Fahrzeuge für das Rangiermanöver in den RB, den Streckenunterhalt, die Diagnose- und die Interventionseinsätze. Auch diese Fahrzeuge müssen bereits mit der ersten Etappe berücksichtigt werden.

Fahrzeuge der Infrastruktur-Unternehmen besitzen dabei sehr unterschiedliche CCS-Ausrüstungen. Baufahrzeuge, welche in Zügen geschleppt werden und grundsätzlich nur im gesperrten Gleis selbstfahrend im Einsatz stehen, besitzen heute keine Zugbeeinflussungsausrüstung.

Die SBB Infrastruktur besitzt 282 Fahrzeuge mit Zugbeeinflussung. Davon besitzen 128 Fahrzeuge eine Baseline 3, 48 eine Baseline 2 und 106 noch keine ETCS-Ausrüstung, jedoch nationale Zugbeeinflussungssysteme.

BLS Netz AG verfügt über insgesamt ca. 25 Fahrzeuge der Baureihen Am843, LRZ, Tm234/235/236 (ROBEL) Diese sind bereits zu 1/3 mit ETCS Baseline 2-Geräten ausgerüstet.

Die SOB-Infrastruktur verfügt über ca. 3 Fahrzeuge vom Typ Tm 501-503 Robel mit ZUB 262ct, und Integra.

Private Infrastruktur-Unternehmen (Bauunternehmen wie SERSA, Scheuchzer, Vanoli, Müller Gleisbau, etc.) besitzen ca. 30 Fahrzeuge mit Zugbeeinflussungseinrichtungen für Streckenfahrten und im Bereich des Gleisbaus ca. 200 Fahrzeuge mit eigenem Antrieb ohne Zugbeeinflussung.

Insgesamt ist im Bereich der Infrastruktur-Fahrzeuge mit 430 Fahrzeuge mit bestehenden Zugbeeinflussungssystemen (Signum oder ZUB/Signum oder ETCS) zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass 1/4 dieser Fahrzeuge bis zu der jeweiligen Migration noch ersetzt werden und bereits mit kompatibler Ausrüstung geliefert werden.

Zusätzlich ist mit ca. 600 selbstfahrenden Fahrzeuge ohne jeglichen Zugbeeinflussungssysteme zu rechnen. Sie werden grundsätzlich in Schleppfahrt überführt und verkehren dabei als Anhängelast eines Güterzuges. In Alleinfahrt verkehren sie ausschliesslich als Rangierfahrt. Diese Fahrzeuge benötigen in Zukunft für den Verkehr auf nicht mit GFM ausgerüsteten Gleisen zur Detektion eine Ausrüstung in reduzierter Ausführung (z.B. CCS-Platform-Light mit MTC). Dabei muss die Fahrzeugarchitektur angepasst werden, damit auf das Bremssystem eingewirkt werden kann. Die Ausprägung des Gerätes ist heute noch nicht klar.

#### 4.2.12 Historische Fahrzeuge (SBB, BLS, SOB)

Alle historischen Fahrzeuge, die in Zukunft über in SR40 migrierten Strecken verkehren wollen, müssen eine entsprechende kompatible Lösung aufweisen. Entweder verkehren diese Fahrzeuge mit einer ETCS ausgerüsteten Vorspannlok oder die Fahrzeugbesitzer bauen in ihre Fahrzeuge eine kompatible Fahrzeugausrüstung ein. In der nächsten Phase muss das Projekt SR40 mit den Fahrzeugbesitzern in Kontakt treten und eine Lösungsvariante ausarbeiten, welche anschliessend dem BAV zur Genehmigung unterbreitet werden kann.

Zur Klärung des Mengengerüsts historischer Fahrzeuge sind entsprechende Abklärungen beim Verband historischer Eisenbahnen am Laufen

Es besteht voraussichtlich die Möglichkeit, Ausbaumaterial, das beim Wechsel auf die COAT-Lösung anfallen wird, in die historischen Fahrzeugen einzubauen. Weiter besteht auch die Möglichkeit eine CCS-Platform-light Version einzubauen.

## 4.3 Connectivity

Aktuell umfasst die bahnrelevante Telekommunikation (Connectivity) IP Datentransportnetze und das private Mobilfunknetz basierend auf "GSM-R".

Die Datennetze gewährleisten primär die Konnektivität für die Leittechnik und je nach Typ auch die Vernetzung der Stellwerke. GSM-R nutzt auch die Dienste der Datennetze. Die zentralen GSM-R Systeme sind durch das SBB Datennetz verbunden und auch die Antennenstandorte werden grösstenteils durch die Datentransportnetzwerke der Bahnen erschlossen. Die SBB setzt für die Leittechnikvernetzung das bestehende 'Rail IP' ein und baut parallel dazu das neue unter dem Programmnamen "Datacom NG" laufende 'Rail Data' Netz auf. Die Migration soll bis 2021 abgeschlossen werden. Da der LC eines Datennetzes 8-12 Jahre beträgt, muss ab 2026 – 2028 bereits eine Nachfolgelösung gebaut werden, die dann auch als Basis für den Rollout von SR40 dienen wird.

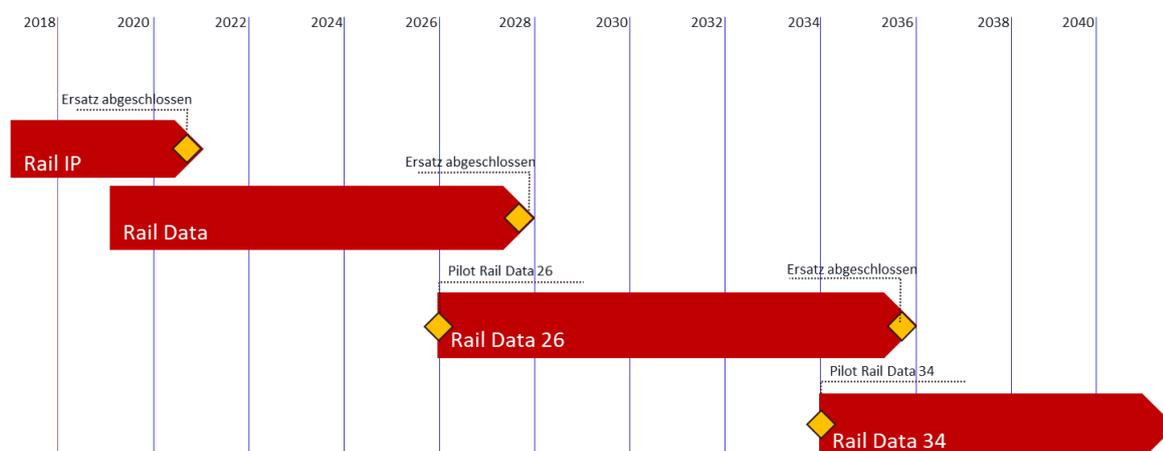


ABBILDUNG 12 LC SBB-DATENNETZE

Einige weitere ISB, wie die Zentralbahn, nutzten Datenservices der SBB Netze, die meisten anderen ISB setzen eigene Lösungen ein.

### 4.3.1 GSM-R heute

Das GSM-R basierte Mobilfunknetz wurde durch die SBB 2003 eingeführt und bis heute sukzessive ausgebaut. Die Technologie entspricht dem 3GPP Standard. Architektur und notwendige Leistungsmerkmale entsprechen den aktuellen UIC EIRENE Standards, welche in der anzuwendenden CCSTSI referenziert werden. Heute umfasst das GSM-R basierte Mobilfunknetz rund 1'200 Antennenstandorte, deckt aber noch nicht das gesamte Streckennetz ab. Gewisse Strecken werden

noch neu mit Antennenstandorten nachgerüstet. Die flächendeckende Versorgung ist aber nicht mehr vorgesehen. Diese Entscheidung wurde durch das BAV genehmigt. Die vorhandenen Lücken werden mittels National Roaming durch das GSM Netz von Swisscom geschlossen, die jedoch den GSM Betrieb per Ende 2020 einstellen wird. Ein Roaming über 3G und 4G gewährleistet die Weiterführung der exklusiven Datenkonnektivität und Voice-Funktionalitäten. Die dafür notwendigen Anpassungen der 'Cab Radio' Endgeräte auf 3G sind in ca. 90% der Fälle gewährleistet. Als Alternative für nicht anpassbare Fahrzeuge dienen 3G/4G-Mobiltelefone mit GSM-R SIM Karten.

SBB Infrastruktur hat für GSM-R die Systemführerschaft. Neben SBB wird GSM-R durch weitere ISB bzw. EVUs (z.B. BLS) genutzt. EIRENE in Verbindung mit GSM-R gewährleistet die mobile Konnektivität für ETCS, bahnkritische Sprach- und Text-Kommunikationsdienste (SMS) sowie betriebsunterstützende Kommunikationsanwendungen. Ende zu Ende Bahnkommunikationsdienste brauchen nebst dem Mobilfunknetz GSM-R zusätzliche Funktionen (z.B. Betriebstelefonanlagen oder Tunnelfunksysteme) die als eigenständige Plattformen angesehen werden und ein hohes Mass an Integration und Abhängigkeiten bedingen. Um den hohen Verfügbarkeitsanforderungen zu entsprechen, sind die zentralen GSM-R Netzelemente und die GSM-R Streckenversorgungen auf den heutigen ETCS L2 Strecken (GBL, LBL, NBS, ...) redundant aufgebaut.

#### 4.3.2 Limitationen und Ausblick

Die GSM-R Verkehrskapazität ist nebst der Limitierung durch das verfügbare Spektrum auch durch den Stand der Technologie begrenzt. Dies wirkt sich vor allem auf die Versorgung in einzelnen grösseren Bahnknoten, zum Beispiel der Region Léman, aus. Der weitere Einsatz von GSM-R ist nebst dem Anlagenzustand durch die Life Cycle- und Support Planung des Lieferanten bestimmt. Der Erhalt des Anlagenzustandes bedingt im verbleibenden Life Cycle den Ersatz oder Upgrade einzelner GSM-R Komponenten. Die Obsoleszenz des Gesamtsystems GSM-R tritt voraussichtlich zwischen 2030 und 2035 ein, da Nokia für GSM-R in diesem Zeitraum den Support einstellen wird.

Erste Machbarkeitsstudien zeigen ausserdem, dass die Funktionen von Datacom NG nur für erste einfache und isolierte 5G Mobilfunkanwendungen ausreichend sind. Ein vollständiger Ausbau von 5G benötigt ein Datennetz mit allen relevanten Funktionen. Gemäss heutiger Planung wird Rail Data im Bereich zwischen 2026 und 2028 durch ein Nachfolgesystem ersetzt. SBB Telecom führt diesbezüglich gegenwärtig eine Studie durch. Die Anforderungen von SR40 an die Datennetz-Konnektivität werden in diesem Rahmen mitberücksichtigt.

Aus den genannten Gründen ist der rechtzeitige Ersatz von GSM-R unabhängig von SR40 zwingend.

## 4.4 Zentrale Systeme

In diesem Kapitel werden die zentralen Systeme (z.B. Planungssysteme, dispositive und operative Systeme, weitere Hilfsmittel) beschrieben, die als funktionale Hilfsmittel von der langfristigen Planung bis hin zum operativen Betrieb aktuell im Einsatz stehen und physikalisch zentral angeordnet sind. Die dort angewendeten Prozesse werden diskutiert und die jeweiligen Zielsysteme in der Welt von SR40

genannt. Die Planung- und Betriebsführung-Systeme werden grundsätzlich durch folgende Nutzer angewendet:

- EVU (Angebotsentwicklung, operatives Verkehrsmanagement)
- ISB (Planung und Betriebsführung, Projekte, Instandhaltung)
- Dritte
- Trasse CH / TSV
- Bund (UVEK)

#### 4.4.1 Übersicht

Die heute angewendeten zentralen Systeme bzw. Funktionen lassen sich in ca. 10 Gruppen zusammenfassen (vgl. Tabelle 7). Diese umfassen Funktionen von der langfristigen Planung und Trassenbestellungen über Rangier- und Dispositionsanwendungen bis zum Betrieb inkl. Störungsmanagement und der Kommunikation. Der heutige Zustand ist historisch gewachsen. Die verschiedenen Anwendungen sind proprietär entwickelt worden und erfordern viele manuelle Prozesse. Die verschiedenen Systeme sind nicht vernetzt, die Daten sind nicht durchgängig konsistent. Eine relevante Schwierigkeit sind anlagenspezifische Sonderlösungen, welche durch verschiedenste systemtechnische Hilfslösungen ausgeglichen werden. Diese Hilfslösungen sind jedoch nicht in den Quellsystemen hinterlegt, sie können damit einfach umgangen werden. Im Zuge der Migration in die Welt von SR40 erfolgen eine Homogenisierung, Zentralisierung und Vernetzung. Eine zentrale Rolle werden dabei die Funktionen des TMS spielen.

Funktion	System(e) heute	Bemerkungen	System(e) SR40
Trassenbestellung	NeTS-AVIS	Geringe Standardisierung und Automation, hoher Aufwand für manuelle Bearbeitung und Rückfragen	TMS-COP
Fahrplanerstellung über alle Zeithorizonte (inkl. Intervall- Abstell-, Verstärkungs- und Unterhaltsplanung)	Viriato, NeTS-Plan, RCS, RailSys (excl. Bausstellenlogistik )	Keine Automation, viel manuelle Arbeit und persönliches Detailwissen nötig, keine Durchgängigkeit der Daten, keine vollständige Abbildung des Betriebs, Unterschiedliche Topologien in verschiedenen Systemen, fehlende durchgängige Konsistenz in den Daten für die Fahrzeitberechnung, fehlende systemtechnische Unterbindung von technisch nicht fahrbaren Trassen	TMS-PAS (Kurz-/Mittel-/Langfristplanung, Intervall-/Linienplanung)
nachträgliche Anpassungen bereits verplanter Züge (inkl. Anpassungen bei Abstellungen, Unterhalt und Umläufen)	NeTS-Plan, RCS, ILTIS	in NeTS nicht möglich, daher Workaround ohne automatische Nachführung der Informationen, manuelle Nachbearbeitung nötig und Abbildung in Kundeninformationssystemen nicht immer korrekt	ÄvT, TMS-PAS

Rangieren	Keine speziellen Systeme, unüberwachte Bewegungen, manuelle Einstellungen via ILTIS	Keine Überwachung, keine Zugsbeeinflussung, keine Warnung der Lokführer	Warnfunktion Rangier, Rangierlenkung TMS-PAS
Disposition Zugverkehr	RCS, ADL, HOT, ALEA, ILTIS	Viele manuelle Eingriffe nötig, Störungsmanagement erfolgt mit wenig Assistenz, erfordert hohen Koordinationsaufwand und bindet Ressourcen	RTO One, RTO CH, automatisch ablaufender Regelbetrieb (TMS)
Störungsprognosen	-	Erfolgt vollständig manuell	Automatische Störungsdauerprognose
Beeinflussung Fahrverhalten	ADL, RCS	Automatisch und manuell generierte Fahrempfehlungen zu Vermeidung unnötiges Beschleunigen/Bremsen	Eco2.0 (Zwischenlösung) ADL4.0 TMS-ATO
Baustellensicherung	-	Oft manuelle Sicherung durch Vorwarner	AWAP
Kommunikation/Schnittstellen	NeTS (AVIS, Plan), UNO, ZLR, RCS (Dispo, ADL, ARS, HOT, ALEA), Kundeninformation (Info+), Leittechnik, I-Prix, Stellwerke, 200+ weitere IT-Systeme SBB	Vielzahl von nicht oder nicht vollständig integrierten Systemen, die viele manuelle und parallele Handlungen erfordern, damit aufwändig und fehleranfällig	DispoOp, EFA, ADAR (Zwischenlösung zur Eliminierung von Medienbrüchen)  TMS (Durchgängigkeit Planung & Produktion)

**TABELLE 7 HEUTIGE ZENTRALE SYSTEME**

#### 4.4.2 NeTS-AVIS

Das heutige Trassenbestelltool NeTS-AVIS ist wenig anwenderfreundlich, sowohl für die EVU als auch für die Infrastrukturbetreiber. Die Bedienoberfläche forciert die Nutzung von Standardangaben nicht, sodass diese oftmals als Freitext eingegeben werden und nicht strukturiert in einem Standardvorgehen bzw. algorithmisch auswertbar sind bzw. ganz fehlen. Weiter erfolgt keine Prüfung auf Mindestkriterien. Dies führt dazu, dass der Bearbeitungsaufwand durch eine aufwändige einzelfallweise Interpretation sowie Rückfragen sehr hoch sein kann.

In SR40 wird diese Funktion durch das TMS-COP bereitgestellt. Das zukünftige Bestelltool eliminiert gleichzeitig die oben beschriebenen Mängel des heutigen NeTS-AVIS.

#### 4.4.3 Fahrplanerstellung

Die Fahrplanerstellung von der strategischen Langfristplanung bis hin zur konfliktfreien, gleisgenauen Jahres- und Tagesplanung von Intervallen und kapazitätsnutzenden Objekten (inkl. Rangierfahrten, Abstellungen) erfolgt heute über alle Zeithorizonte komplett manuell. Dies gilt ebenso für kurzfristige Planungsanpassungen (Änderung von Umläufen, geänderte Abstellungen, etc...).

Die Granularität der Topologiedaten detailliert sich von der strategische Langfristplanung (nur Topologieskizzen) bis zur Mittel- und Kurzfristplanung kontinuierlich. Der Planer benötigt umfassende Kenntnisse zu Betrieb, Vorschriften und lokalen Gegebenheiten. Mehr als 700 Planungsvorgaben müssen von den Planern berücksichtigt werden. Die Planer können heute nicht auf Tools zur Konflikterkennung oder Einhaltung von Planungsvorgaben zurückgreifen. Darüber hinaus werden je nach Fristigkeit die unterschiedlichen Systeme Viriato, NeTS-Plan, RailSys und RCS genutzt, was breite Toolkenntnisse erfordert. Bei der Bearbeitung/Erstellung von Fahrplänen in nachgelagerten Systemen (NeTS-Plan, RCS) erfolgt keine Aktualisierung in die vorgelagerten Systeme (Viriato, NeTS-Plan) hinein. Rangierfahrten werden (sofern vorgängig bekannt) sowohl in Viriato wie auch in NeTS-Plan und RCS lediglich in Form von Belegungsobjekten geplant und müssen im Betrieb auf dieser Grundlage abgeleitet werden. Bei besonders kurzfristigen und singulär vorkommenden Fahrten (z.B. Rangieren Cargo und Baudienste) erfolgt keine Planung.

Aus der Planung werden heute definierte Imprime (Jahres- und Tagesfahrplan) generiert. Extrazüge, Intervalle und Abweichungen zum Jahresfahrplan werden zusammengefasst und den operativen Stellen mittels Tagesbogen zur Verfügung gestellt. In grossen Knoten dienen diese oftmals auch den EVU's als Informationsquelle.

Mit SR40 werden die verschiedenen Fristigkeiten im Planungssystem TMS über alle Zeithorizonte zusammengefasst. Die Reduktion der Anzahl Systeme reduziert die Komplexität sowie benötigte Toolkenntnisse und die weitgehend automatisierte Planung aller kapazitätsnutzenden Objekte unterstützt den Planer gegenüber heute massiv. Welche Imprime aus der Fahrplanplanung zukünftig noch in welcher Form benötigt werden, muss in enger Zusammenarbeit mit den EVU's im Detail noch ausgearbeitet werden.

#### 4.4.4 Anpassung bereits verplanter Züge

Änderungen an einmal in NeTS geplanten und an weitere Abnehmersysteme verständigte Züge sind heute nachträglich nicht mehr möglich. Sind Anpassungen wie geänderte Verkehrszeiten oder Umleitungen nötig, (z.B. aufgrund von Bauarbeiten, Störungen oder Events), wird der Zug ausfallen gelassen und ein neuer Zug mit der Nummer eines Extrazuges eingeplant. Die Abänderung der Zugnummer bedeutet wiederum Mehraufwände in den nachgelagerten Prozessen bei ISB und EVU sowie in der Abrechnung. Weiter können die Kundeninformationssysteme nicht in jedem Fall den Ersatz eines Zuges durch einen anderen korrekt verarbeiten bzw. anzeigen. Dies bedeutet auch zum Kunden hin Defizite in der Kommunikation, die die Nutzung von z.B. Ersatzzügen erschweren können. Werden kurzfristig innerhalb eines Tages Umleitungen geplant, können diese über RCS durchgeführt werden, ohne dass dies in NeTS abgebildet werden muss. Da jedoch kein Informationsfluss von RCS zu NeTS erfolgt, werden diese Änderungen in NeTS nicht nachgeführt und stehen nicht für die automatische Verrechnung zur Verfügung.

Aufgrund der Dringlichkeit wird die Thematik «Änderung verständigter Trassen» (ÄvT) bereits im aktuellen Planungssystem NeTS umgesetzt. Im zukünftigen TMS ist die nachträgliche Anpassung von Planungen kein Problem mehr.

#### 4.4.5 Rangieren

Rangierbewegungen werden in den Stellwerken, die mit Zwergsignalen ausgerüstet sind, zwar stellwerkstechnisch gesichert (Fahrstrassen mit entsprechender gegenseitiger Sicherung der Infrastrukturelemente), anders als Zugsfahrten aber nicht überwacht. Das heisst, dass zum Beispiel nach Missachten eines Signals keine Zwangsbremmung erfolgt. Ebenso wenig können Lokführer bei Vorbeifahrt an Halt zeigenden Signalen, gewarnt werden. Die Verantwortung für die Vermeidung gefährlicher Situationen liegt damit allein beim Fahrdienstleiter, auch wenn an kritischen Stellen Schutzeinrichtungen bestehen, die z.B. durch Entgleisungsvorrichtungen Kollisionen verhindern sollen (Dokument "Konzept Warnfunktion Rangier" [12]). Auch auf Strecken, die mit ETCS L2 ausgerüstet sind, wurden diesbezüglich keine Verbesserungen erreicht. Beim Verzicht auf die Rangiersignale hat sich sogar eine Verschlechterung ergeben. In Zukunft sollen der Rangierassistent und die Rangierlenkung (automatisches Rangieren) überwachte und jederzeit gesicherte Fahrten sicherstellen. Damit sinkt die Belastung und der Personalbedarf. Weiter wird die Sicherheit wesentlich erhöht.

#### 4.4.6 Disposition Zugverkehr und Störungsmanagement

Die Überwachung und Disposition erfolgt in der Betriebszentrale mittels RCS und ILTIS. Entstehen durch zeitliche Abweichungen (verspätete oder verfrühte Züge) Fahrplankonflikte, müssen diese manuell gelöst werden. Dies geschieht durch die Disponenten Bahnverkehr (DBV). Auswirkungen auf den Verkehrsablauf und Reisende müssen sie dabei ohne starke Unterstützung durch RCS oder andere Systeme abwägen. Nur an wenigen Orten mit HOT-Unterstützung (Hub-Optimierungs-Technologie) stehen Tools zur automatischen Erkennung und Lösung von z.B. Einfädelungskonflikten zur Verfügung, die mit Signaltiefhaltung oder ADL-Lenkung den Verkehr auf die Konfliktpunkte hin optimieren. Folgeauswirkungen der Optimierungen auf den Verkehr ausserhalb der HOT-Gebiete werden nicht in die automatische Behandlung einbezogen.

Dort, wo die DBV manuell eingreifen müssen, können sie auf ihre Erfahrung und Systemkenntnis zurückgreifen, die Lösungsfindung ist aber dennoch nicht immer optimal. Wenn bei grösseren Störungen Umleitungen oder (Teil-)Ausfälle nötig werden, müssen diese mit den EVU abgestimmt werden, wobei für Einzelzüge sogenannte vorbehaltene Entschlüsse angewendet werden können. Für anlagenbedingte Einschränkungen kommen generische ALEA-Lösungskonzepte zum Einsatz, die jedoch situativ auf das jeweils vorliegende Störungsbild angepasst werden müssen. Die manuelle Disposition bzw. das Störungsmanagement bei grösseren Störungen binden Kapazitäten, welche für manuelle Optimierungen in den übrigen Regionen fehlen.

Schliesslich sind Rangierfahrten als nicht-Zugfahrten nicht im System erkennbar (da nicht angezeigt) und werden in der Regel auch nicht in der Planung berücksichtigt. Sie sind zudem nicht automatisch durchführbar. Rangierfahrten müssen jeweils manuell und im Einzelfall unter Berücksichtigung der Verkehrssituation durch die Zugverkehrsleiter geführt werden.

In Zukunft sollen diese Funktionen durch RTO One, RTO CH sowie den automatisch ablaufenden Regelbetrieb effizienter und in höherer Qualität ausgeführt werden. Da zukünftig alle Bewegungen verplant sind, werden bei der Entscheidungsfindung auch Rangierbewegungen berücksichtigt.

#### 4.4.7 Störungsprognosen

Belastbare Prognosen über die Dauer und das Ausmass von Störungen sind nötig, um einerseits planen zu können, wann zum Regelfahrplan zurückgekehrt werden kann und andererseits den Reisenden verlässliche Prognosen zu geben. Je nach Störungsursache haben die Reisenden Verständnis für Einschränkungen und Verzögerungen, sie erwarten jedoch belastbare Prognosen über Verlauf bzw. Ende von Störungen. Derzeit werden die Prognosen situativ und ausschliesslich erfahrungsbasiert durch die Mitarbeitenden erstellt. Die Qualität der Störungsprognosen ist zwar unter Berücksichtigung der Umstände hoch, allerdings bindet dies Ressourcen in Situationen mit ohnehin höherer Arbeitsbelastung und die Qualität könnte weiter gesteigert werden.

Im Rahmen von SR40 soll die Störungsdauerprognose daher automatisiert erfolgen.

#### 4.4.8 Beeinflussung Fahrverhalten

Lokführer orientieren sich bei ihrer Arbeit an minutengenauen Verkehrszeiten gemäss Dienstfahrplan. Dabei schätzen sie selbst ein, z.B. aufgrund ihrer Erfahrungen mit bestimmten Zügen, was die optimale Geschwindigkeit ist, um den jeweils nächsten Haltepunkt pünktlich zu erreichen. Fahren sie dabei schneller als notwendig, besteht das Risiko, dass sie Konfliktpunkte vorzeitig erreichen und abgebremst werden, wenn die Konfliktpunkte noch durch andere Züge belegt sind. Ohne eine laufende Kenntnis der Verkehrslage ist es den Lokführern nicht möglich, die für den Verkehrsablauf jeweils optimale Geschwindigkeit zu antizipieren und sie verlassen sich auf Erfahrungswerte bzw. in ihrer Ausbildung vermittelten Philosophien. Früher wurden Lokführer angehalten, immer mit der jeweils höchsten zulässigen Geschwindigkeit zu fahren, sodass möglichst Puffer entstehen bzw. gehalten werden, die die Betriebszentralen als Spielräume nutzen können, um den Verkehr zu optimieren. Heute liegt der Fokus stärker auf wirtschaftlichem Fahren, was bedeutet, dass die Lokführer zum Beispiel die Geländetopologie ausnutzen sollen. Durch die inhomogenen Fahrweisen werden exakte Prognosen erschwert. Mit der adaptiven Lenkung werden heute Fahrempfehlungen an die Lokführer ausgegeben. Diese können automatisch generiert werden, z.B. in RCS zur Vermeidung von unnötigem Bremsen/Anhalten ausdisponierten Konflikten oder auch manuell durch die ZVL in der BZ eingegeben werden. Für sekundengenaue Fahrempfehlungen fehlt heute aufgrund unterschiedlicher und zu ungenauer Prognosemodelle die Basis.

Mit den in SR40 realisierten Anwendungen ADL Eco 2.0, ADL 4.0 soll die Fahrvarianz weiter verkleinert werden. Durch möglichst exakte Vorgaben an die Lokführer wird deren Fahrweise homogener. Bei Fahrten mit GOA2 ist präzises Fahren zukünftig auch automatisiert möglich.

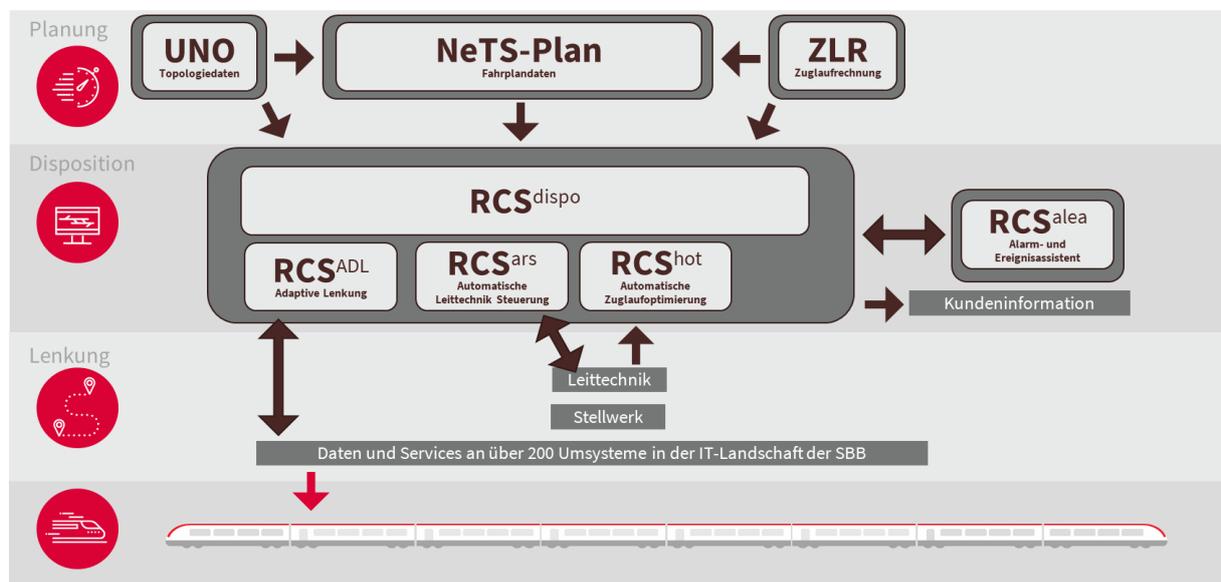
#### 4.4.9 Baustellensicherung

Zur Baustellensicherung müssen je nach Ort und Situation Vorwarner in Annäherungsdistanz zur Baustelle eingesetzt werden, die nahende Züge melden, sodass die Bauarbeiter den Gefahrenbereich rechtzeitig verlassen können. Dadurch entsteht ein hoher Personalaufwand für das Warnen und entsprechend hohe Kosten. Aufgrund des für die Vorwarner und Sicherheitswärter nicht bekannten Fahrwegs werden viele „Fehl-Warnungen“ generiert, welche die Effizienz der Baustelle beeinträchtigen.

Mit dem automatischen Warnsystem AWAP werden diese Funktionen in SR40 automatisiert, wodurch die Kosten stark reduziert werden können.

#### 4.4.10 Kommunikation/Schnittstellen

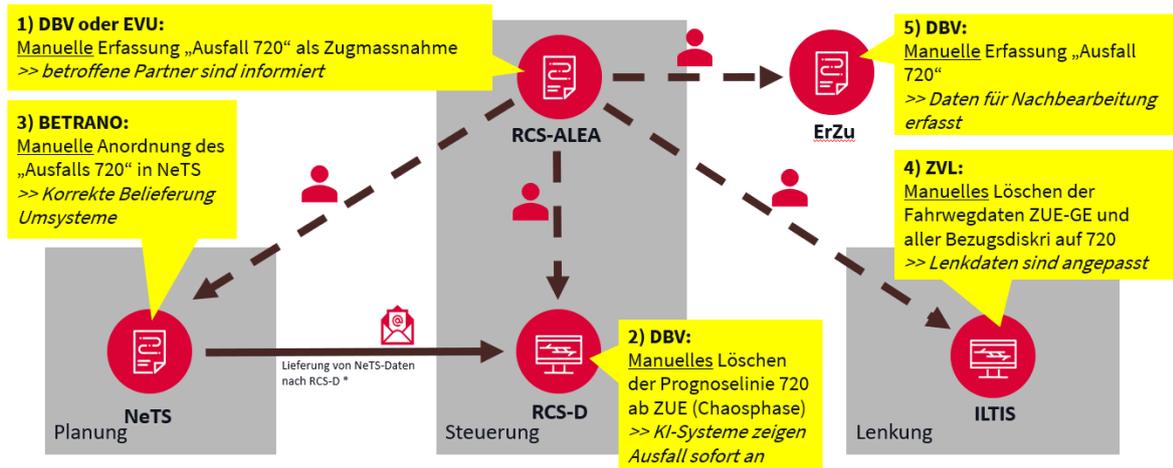
Die heutige Systemlandschaft um die Betriebszentralen ist historisch gewachsen und besteht aus einer Reihe verschiedener Systeme, die verschieden aufgebaut und nicht vollständig miteinander integriert sind (vgl. Abbildung 13). Diese Systeme erfüllen verschiedene Funktionen entlang von Prozessschritten, wobei die Schnittstellen nicht immer voll durchgängig sind. Zum Beispiel werden Planungsdaten von NeTS an RCS übergeben, Änderungen im RCS werden aber nicht in NeTS nachgeführt.



**ABBILDUNG 13 ABHÄNGIGKEITEN ZU NETS IN DER BZ AM BEISPIEL DER SBB**

Um betriebliche Massnahmen durchzuführen ist es schliesslich oftmals nötig, diese mehrfach manuell in den verschiedenen Systemen zu erfassen. Dies ist sowohl sehr aufwändig als auch mit einem hohen Fehlerpotential verbunden, wodurch die Daten in den verschiedenen Systemen inkonsistent und somit nicht mehr eindeutig zuordenbar sein können. Dies kann auch Auswirkungen auf den Betrieb haben, wenn z.B. Trassenkonflikte bestehen, die zu weiteren Verspätungen führen können.

In Abbildung 14 ist beispielhaft gezeigt, was bei einem hypothetischen Fall eines Lokdefekt mit anschliessendem Zugsausfall nötig wäre. Nach der manuellen Erfassung der Massnahme werden ebenfalls manuell die Anpassungen in NeTS, DBV und ZVL separat durchgeführt, um alle Implikationen abzubilden. Aufgrund der manuellen Arbeit in einer potentiell stressreichen Situation können dabei Fehler passieren, die eine spätere Auswertung, vor allem wenn sie regelbasiert geschehen soll, nahezu verunmöglichen.



**ABBILDUNG 14 BEISPIELPROZESS ZUGSAUSFALL**

Durch SR40 sollen alle diese Schritte von der Bestellung bis zu Abrechnung integriert und automatisiert ablaufen, was den Aufwand senken und die Qualität erhöhen soll.

## 5 Zielarchitektur

Dieser Abschnitt beschreibt die Systemarchitektur im Rahmen von SR40, wenn die Migration beendet ist. Die Herleitung der Zielarchitektur wird im Konzeptbericht [\[2\]](#) detailliert beschrieben. Die SR40 Zielarchitektur sieht vor, dass alle Anlagen und Fahrzeuge, in der neuen Umgebung eingebettet sind und die volle Funktionalität im Zusammenspiel TMS mit APS (ES) gegeben ist und ist in Abbildung 15 zusammengefasst. Dieses Zielbild umfasst:

- Das heutige dispositive RCS-System und das operative ILTIS-Leitsystem gehen bis 2040 in TMS ein. Dies umfasst darüber hinaus auch Planungsfunktionen (Viriato/Nets/Railsys).
- Die dezentrale Stellwerksarchitektur wird entschlackt und in SIL (APS) und NoSIL (TMS) aufgetrennt und in einigen wenigen zentralen Rechenzentren migriert. Dabei werden die bestehenden Aussenanlagekomponenten mit Kabel übernommen und mit einem neuen Interface angesteuert.
- Das GSM-R Netz wird voraussichtlich durch das neue und wesentlich leistungsfähigere 5G Netz auf dem Standard FRMCS abgelöst (Connectivity).
- Alle selbst fahrenden Fahrzeuge müssen mit dem neuen Fahrzeuggerät (COAT) und den erforderlichen funktionalen APP's oder einem gleichwertigen System ausgerüstet werden und können damit uneingeschränkt auf dem Streckennetz verkehren.
- Object Controller (OC) steuern jeweils die Infrastrukturelemente, wie z.B. Barrieren oder Weichen zentral aus dem heutigen Technikraum oder dezentral an der Gleisanlage bei den betroffenen Elementen.
- Die Schnittstellen zu den Aussenanlagen der bestehenden elektronischen Stellwerke sollen als Multi-OC übernommen werden.

Durch die Reduktion der Elementmengen auf der Infrastruktur können stark Kosten für Installation und Instandhaltung der Elemente auf der Strecke eingespart werden. Weiter erlauben die zentralisierte und optimierte Steuerung bei gleichzeitig genauerer Ortung der Züge und Wegfall fester Blockabstände, zusammen mit der feineren Steuerung der Züge zur Verkehrsflussoptimierung, lokal unterschiedliche Kapazitätssteigerungen von 0 - 20% erreicht werden. Die Herleitung der Kapazitätseffekte sind im Dokument Konzept Kapazität ersichtlich [\[14\]](#).

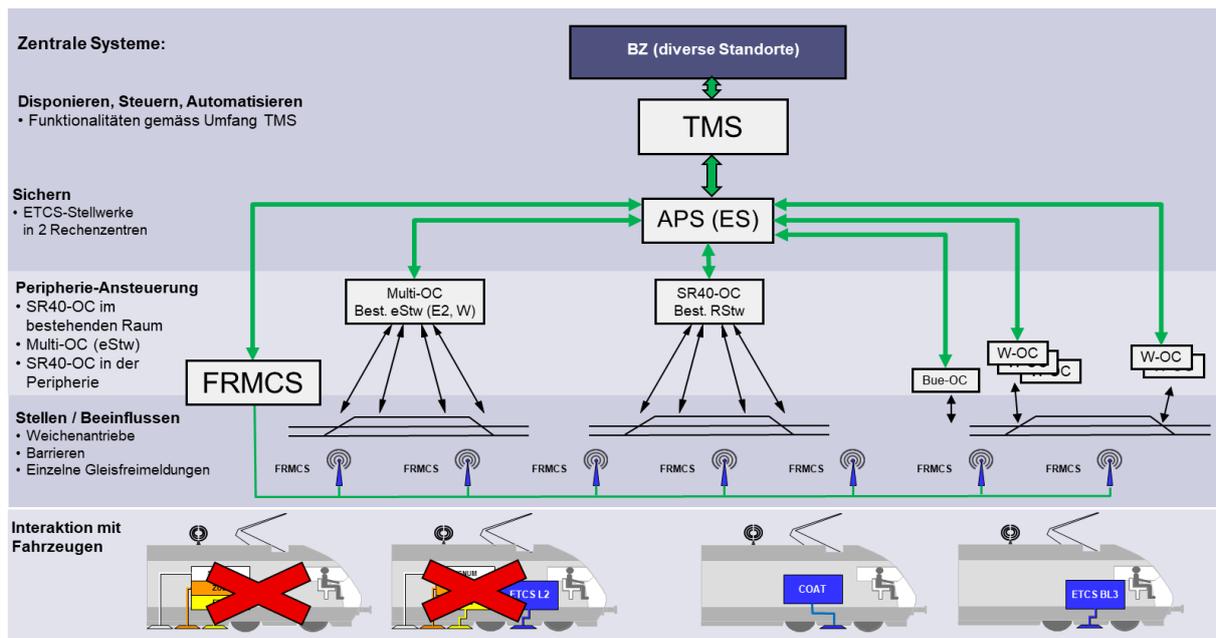


ABBILDUNG 15 ZIELARCHITEKTUR NACH BEENDIGUNG DES ROLLOUTS.

## 5.1 Anlagen

Mit smartrail 4.0 werden die Anlagen durch eine stark reduzierte Menge an Aussenelementen deutlich vereinfacht, was zu Kostenreduktionen führt. Demgegenüber entstehen in Zusammenhang mit der Erweiterung der Fähigkeiten von ETCS L2 auf L2 Ind. resp. L3 inkl. virtueller Balise sowie ATO Mehrkosten für die Fahrzeugausrüstung. Weiter werden durch generische Projektierungsregeln mit einem hohen Standardisierungsgrad auch die Aufwände für Installation und Instandhaltung der verbleibenden Elemente deutlich reduziert. Die Steuerung der Elemente erfolgt über das ETCS-Stellwerk (APS, auch ES genannt), das auf einer geometrischen Sicherheitslogik basiert. Dieses wirkt dann über die Object Controller (OC) auf die jeweiligen Aussenelemente ein.

### 5.1.1 Veränderungen im Anlagenportfolio

Mit der vollen Funktionalität von SR40 wird sich das Anlagenportfolio stark reduzieren: Mit der Ausrüstung der Fahrzeuge mit dem Fahrzeuggerät COAT und der Vollfunktion GLAT können die Zugspitze und der Zugschluss für alle Züge (Personenverkehr, Cargo und Unterhalt) in genügender Genauigkeit bestimmt und die Zugsintegrität gewährleistet werden. Dies umfasst, z.B. im Güterverkehr oder bei Baufahrzeugen, die Ausrüstung von Wagen mit "Tags". Diese ermöglichen eine Ortung und ermöglichen erst den Verzicht auf die Gleisfreimelder. Da nicht alle 170'000 potentiell in der Schweiz verkehrenden Güterwagen "getagt" werden können, sind in Bahnhöfen mit regelmässigen Rangierverkehr weiterhin Gleisfreimelder notwendig. Weiter werden sämtliche Fahrerlaubnisse über die Fahrzeuggeräte angefordert bzw. auf das Fahrzeuggerät ausgegeben und überwacht. Damit entfällt der Bedarf für ortsfeste Signale. Das bedeutet, dass im Normalfall der Aufenthalt aller Fahrzeuge bekannt ist und unberechtigte Bewegungen erfasst und entsprechend reagiert werden kann. Dabei kann sowohl auf die Infrastruktur als auch auf die Fahrzeuge zu- und eingegriffen werden, um unzulässige Situationen zu unterbinden. Spezifisch kann dann auf heute wesentliche Elemente verzichtet werden:

- **Hauptsignale** werden durch die Führerstandssignalisierung ersetzt.
- **Zwergsignale** werden in einer 2. Phase durch die Führerstandssignalisierung ersetzt, wenn das Zugsende und die Zugintegrität in der notwendigen Genauigkeit sicher erfasst werden können und die Rangierkompositionen mit entsprechenden Fahrzeuggeräten ausgerüstet sind.
- **Gleisfreimeldesysteme** (Achszähler und Gleisstromkreise) werden nahezu vollständig abgebaut, da die Ortung und Belegungserfassung der Züge durch GLAT erfolgt. Dies nicht nur abschnittsweise, sondern genau auf die Zuglänge eingegrenzt.
- **Schutzelemente** wie z.B. Flankenschutzweichen werden vielfach obsolet, da durch die lückenlose Erfassung und Überwachung aller Bewegungen Gefahrensituationen kaum noch entstehen können und bei Eintreten effektiv eingegriffen werden kann. Fahrzeuge oder Wagen ohne Detektionsmittel oder Schutzmittel dürfen in Gleisen ohne Gleisfreimeldemittel nicht mehr abgestellt werden. Ist das regelmässige Abstellen von ungetaggtten Wagen weiterhin notwendig, sind GFM und je nach Risikobetrachtung, weitere Schutzmassnahmen erforderlich.
- **Tafeln** werden nur noch sehr beschränkt benötigt. Auf Kurventafeln, ETCS-Haltetafeln, etc. kann weitestgehend verzichtet werden.

Für den Betrieb der Anlagen werden weiterhin noch folgende Elemente benötigt:

- **Weichen** (einfache Weichen, EKW, DKW, Schnellfahrweichen mit einem / mehreren Motoren)
- **Bahnübergangsanlagen** mit der gleichen technischen Ausprägung wie bisher (Motoren, Wechselblinker, Akustik, VRA, Raumüberwachung)
- **Ortungsbalisen (Fix Data Balisen)**, als Anmeldebalken für die Initialisierung von startenden Zügen und für die Synchronisation der Odometrie, da eine genügende Genauigkeit von GLAT vorläufig nicht gewährleistet werden kann (Strecken und Tunnel).
- **Gleisfreimeldeabschnitte** im Übergangsbereich zu nicht-SR40 Infrastrukturen oder bei speziellen Abstellungen ohne Positionsüberwachung. Bei fehlendem Tagging der Einzelwagen im Güterverkehr müssen auf den Bahnhöfen, auf denen regelmässig rangiert wird, die GFM noch beibehalten werden.
- **Schutzelemente** (Entgleisungsvorrichtungen, Schutzweichen, Entgleisungweichen) im Übergangsbereich zu nicht-SR40 Infrastrukturen und wo Wagen abgestellt werden dürfen.
- **Tafeln** werden teilweise noch für die Rückfallebenen benötigt (z.B. Kilometrierung, Halteorttafeln).

Diese Elemente werden dabei an die Object Controller angeschlossen und sind über genormte Schnittstellen mit dem ETCS-Stellwerk (ES/APS) verbunden. Balisen sind autonome Elemente und benötigen keine Verkabelung.

Mit Umsetzung von SR40 können die Aussenelementmengen stark reduziert werden auf das als Beispiel für die SBB- in Tabelle 8 zusammengefasste Mengengerüst. Während die Elementzahlen für Weichen und Bahnübergänge in etwa konstant bleiben, kann die Zahl der Haupt- und Zwergsignale, Gleisfreimelder und vieler Schutzelemente reduziert werden. Diese sind mehrheitlich nur noch in

Übergangsbereichen zu nicht-SR40-Infrastrukturen, als begrenzte Rückfallebene sowie in besonderen Anlagenteilen mit konventioneller Sicherung nötig.

### 5.1.2 Anlagenmengen SBB

Elemente	Anzahl	Bemerkungen
APS	2-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechenzentren mit Serverpark, möglichst an den Standorten der Betriebszentralen.</li> </ul>
Weichen, EV	12'500	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rückbau von EV und SW wird das leicht höhere Mengengerüst infolge Anlageerweiterungen mehr als kompensieren.</li> </ul>
Bahnübergänge	950 <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leichte Reduktion durch Aufhebung von Anlagen infolge Baus von Unter-/Überführungen.</li> </ul>
Gleisfreimelde-systeme	10'000	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pro Systemübergang in SR40-Bereich 1-2 GFM</li> <li>Alle Gleise auf denen noch rangiert wird, werden mit GFM ausgerüstet (Teambahnhöfe Cargo)</li> <li>Regelmässig auf Gleisen ohne GFM verkehrende Fahrzeuge (z.B. Unterhalt) werden zur ständigen Positionsbestimmung und Überwachung mit Zugendetags ausgerüstet.</li> <li>auf Gleisen ohne GFM werden abgestellte Wagen ohne Tags mit mobilen Tags gesichert und das Gleis wird gesperrt.</li> </ul>
Zwergsignale	1'000	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonen mit umschaltbaren Lokalbereichen.</li> <li>Anlagen, die mit GFM ausgerüstet bleiben</li> </ul>
Hauptsignale	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Als Randsignale Im Übergangsbereich zu nicht integrierten ISB resp. Grenzbahnhöfen.</li> </ul>
Balisen (passiv)	17'000 <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Festdatenbalisen zur Initialisierung beim Eingleisen resp. Aufstarten nach Systemausfall.</li> <li>Erhöhung der Ortungsgenauigkeit durch Synchronisierung.</li> <li>Synchronisierung der Zugschlussdetektion (TED)</li> </ul>
<sup>1</sup> Beinhaltet auch die BUE in den nicht in SR40 integrierten Anlagen (z.B. Anschlussgleise) <sup>2</sup> Berechnungsgrundlage: 7900 km Gleis, alle 500m wird eine Balise montiert, alle Systemübergänge erhalten eine Balise		

**TABELLE 8 SBB-MENGENGERÜST ELEMENTE SR40 NACH BEENDIGUNG DES ROLLOUTS (2040)**

Basis für die Mengengerüste der Aussenanlage sind Elementtypen, die vorgängig mit dem LC-Management von AT-SAZ vereinbart wurden.

### 5.1.3 Anlagenmengen BLS

Elemente	Anzahl	Bemerkungen
APS	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechenzentren mit Serverpark, möglichst an den Standorten der Betriebszentralen.</li> </ul>
Weichen, EV	950	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rückbau von EV und SW wird das leicht höhere Mengengerüst infolge Anlageerweiterungen mehr als kompensieren.</li> </ul>
Bahnübergänge	220 <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leichte Reduktion durch Aufhebung von Anlagen infolge Baus von Unter-/Überführungen.</li> </ul>
Gleisfreimelde-systeme	1'000	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pro Systemübergang in SR40-Bereich 1-2 GFM</li> <li></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Gleise auf denen noch rangiert wird, werden mit GFM ausgerüstet (Teambahnhöfe Cargo)</li> <li>• Regelmässig auf Gleisen ohne GFM verkehrende Fahrzeuge (z.B. Unterhalt) werden zur ständigen Positionsbestimmung und Überwachung mit Zugendetags ausgerüstet.</li> <li>• auf Gleisen ohne GFM werden abgestellte Wagen ohne Tags mit mobilen Tags gesichert und das Gleis wird gesperrt.</li> </ul>
Zwergsignale	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonen mit umschaltbaren Lokalbereichen.</li> <li>• Anlagen, die mit GFM ausgerüstet bleiben</li> </ul>
Hauptsignale	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Als Randsignale Im Übergangsbereich zu nicht integrierten ISB resp. Grenzbahnhöfen.</li> </ul>
Balisen (passiv)	1'700	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festdatenbalisen zur Initialisierung beim Eingleisen resp. Aufstarten nach Systemausfall.</li> <li>• Erhöhung der Ortungsgenauigkeit durch Synchronisierung.</li> <li>• Synchronisierung der Zugschlussdetektion (TED)</li> </ul>
<sup>1</sup> Beinhaltet auch die BUE in den nicht in SR40 integrierten Anlagen (z.B. Anschlussgleise)		

**TABELLE 9 BLS-MENGENGERÜST ELEMENTE SR40 NACH BEENDIGUNG DES ROLLOUTS (2040)**

#### 5.1.4 Anlagenmengen SOB

Elemente	Anzahl	Bemerkungen
APS	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechenzentren mit Serverpark, möglichst an den Standorten der Betriebszentralen.</li> </ul>
Weichen, EV	220	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückbau von EV und SW wird das leicht höhere Mengengerüst infolge Anlageerweiterungen mehr als kompensieren.</li> </ul>
Bahnübergänge	55 <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leichte Reduktion durch Aufhebung von Anlagen infolge Baus von Unter-/Überführungen.</li> </ul>
Gleisfreimelde-systeme	500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro Systemübergang in SR40-Bereich 1-2 GFM</li> <li>• Alle Gleise auf denen noch rangiert wird, werden mit GFM ausgerüstet (Teambahnhöfe Cargo)</li> <li>• Regelmässig auf Gleisen ohne GFM verkehrende Fahrzeuge (z.B. Unterhalt) werden zur ständigen Positionsbestimmung und Überwachung mit Zugendetags ausgerüstet.</li> <li>• auf Gleisen ohne GFM werden abgestellte Wagen ohne Tags mit mobilen Tags gesichert und das Gleis wird gesperrt.</li> </ul>
Zwergsignale	50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonen mit umschaltbaren Lokalbereichen.</li> <li>• Anlagen, die mit GFM ausgerüstet bleiben</li> </ul>
Hauptsignale	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Als Randsignale Im Übergangsbereich zu nicht integrierten ISB resp. Grenzbahnhöfen.</li> </ul>
Balisen (passiv)	850 <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festdatenbalisen zur Initialisierung beim Eingleisen resp. Aufstarten nach Systemausfall.</li> <li>• Erhöhung der Ortungsgenauigkeit durch Synchronisierung.</li> <li>• Synchronisierung der Zugschlussdetektion (TED)</li> </ul>
<sup>1</sup> Beinhaltet auch die BUE in den nicht in SR40 integrierten Anlagen (z.B. Anschlussgleise)		

**TABELLE 10 SOB-MENGENGERÜST ELEMENTE SR40 NACH BEENDIGUNG DES ROLLOUTS (2040)**

### 5.1.5 Veränderung der Anlagemengen (Zusammenfassung)

Mit dem Konzept SR40 können so (vgl. Abbildung 16) bis zu 65% aller Aussenanlagenelemente eingespart werden, wenn bei der Entwicklung aller geplanten Komponenten eine genügende Genauigkeit erreicht wird. Dies führt zu beträchtlichen Kostenreduktionen durch einerseits deutlich weniger zu beschaffende und zu installierende Elemente sowie durch im weiteren Lebenszyklus deutlich weniger nötige Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten. Die nicht mehr benötigten Elemente werden nach der erfolgreichen Inbetriebnahme und nach dem Nachweis der geforderten Verfügbarkeit in der Innenanlage und Aussenanlage zurückgebaut.

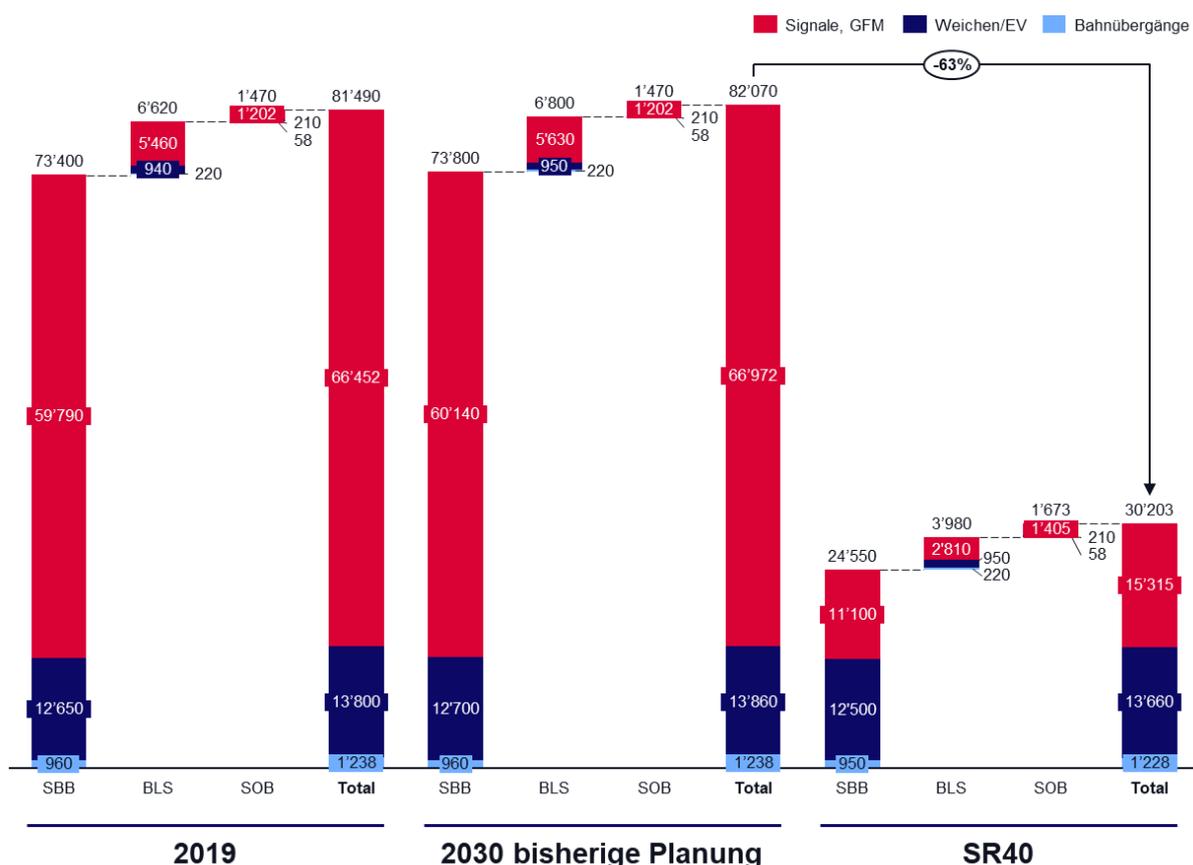


ABBILDUNG 16 ELEMENTMENGEN: AUSGANGSLAGE UND ZIELBILD SR40 (SBB-I) (AKTIVE KOMPONENTEN)

### 5.2 Fahrzeuge

Die Zielarchitektur SR40 für alle selbstfahrenden Fahrzeuge sieht eine starke Standardisierung vor, die zu Vereinfachungen von Prozessen und Kosteneinsparungen führen soll. Gegenüber einer konventionellen CCS-Ausrüstung sollen mit der Fahrzeugarchitektur COAT die für zusätzliche Funktionalitäten notwendigen Fahrzeugausrüstungen, den Unterhalt sowie die Updates/Upgrades der CCS-Ausrüstung anfallenden Mehrkosten reduziert werden. Nachfolgend werden die Architektur sowie die auf dem Weg dorthin zu erfüllenden Anforderungen beschrieben.

### 5.2.1 Architektur COAT

Smartrail 4.0 sieht eine Standardisierung und Modularisierung der Fahrzeugarchitektur vor, die durch COAT erreicht werden soll. Mit COAT wird eine standardisierte Architektur entwickelt, welche auf jegliche Art von selbstfahrenden Schienenfahrzeugen eingebaut werden kann. Durch die Möglichkeit, Systeme per Funkverbindungen zu aktualisieren, werden die Prozesse für Bugfixing und Updates bedeutend vereinfacht. Die Zulassungsprozesse sollen mit dieser standardisierten Fahrzeugarchitektur ebenfalls stark vereinfacht werden, indem die einzelnen Funktionalitäten unabhängig vom Gesamtsystems zugelassen werden. Hierzu müssen sie in einem standardisierten und klar definierten Umfeld ihre spezielle Funktion erfüllen, die Systemumgebung kann aber vorausgesetzt werden, sodass diese nicht Teil der Zulassung ist. Heute müssen aufgrund der nicht durchgehenden Standardisierung bei Änderungen der Teilsysteme oftmals die CCS-Ausrüstung aller Flotten neu zugelassen werden. Durch die Modularisierung mit COAT soll also künftig jede Funktionalität einzeln zulassungsfähig sein. Dies führt zu einfacheren inkrementellen Verbesserungen und deutlich günstigeren Verfahren. Dies ist besonders wichtig, da die CCS «Game Changer» (ATO, FRMCS, ETCS Level 3 Moving Block mit Vehicle Locator) nicht nur grosse Potentiale bergen, sondern auch durch mehr Onboard Units und Updates ein Komplexitätsrisiko darstellen können. Neben den Investitionen steigen damit auch die Kostenrisiken über den ganzen Life Cycle (Upgrades, Updates, neue Funktionalitäten), wenn durch eine Modularisierung und Standardisierung die Risiken nicht reduziert und eingegrenzt werden können.

Im Gegensatz zu Eisenbahnfahrzeugen sind in im Flugzeug- und Automobilbau derartige modulare, standardisierte Architekturen für Fahrzeug-/Flugzeugkomponenten bereits eingeführt. Dies legte schon zu Beginn von smartrail 4.0 die Entwicklung eines vergleichbaren Systems für die künftig stark vernetzten (smarten) Schienenfahrzeuge nahe. Es gilt zu beachten, dass neben den mit Software/Apps gelösten Fähigkeiten in der Regel immer auch Sensorik/Aktorik über die standardisierten Schnittstellen angeschlossen werden muss. Bei Updates/Upgrades ist neben der Software allenfalls auch die Hardware betroffen.

Die angestrebte Architektur der Fahrzeuganwendung besteht damit aus den nachfolgenden Elementen:

- Standardisierter Kern mit:
  - Safety und Security
  - allgemeinverwendbarer, austauschbarer Rechner
  - zugehörige Peripherie für Bedienung und Wartung
  - Betriebssystem
  - Entwicklungsumgebung
- Funktionen als isolierte Applikationen
- Adapter zu Fahrzeugschnittstellen, z.B. Sensoren und Aktoren, Bremssysteme, Traktion

Dabei stammt die Bordtechnik vom Fahrzeuglieferanten, ist jedoch soweit offen standardisiert, dass sie eine offene Plattform für die weitere Ausrüstung darstellt. Die OBU für alle Fahrzeugtypen wird mittels Open Source Ansatz jedoch vereinheitlicht und es kommen damit nur voll kompatible Produkte ggf. von mehreren Lieferanten infrage. Bordtechnik und OBU kommunizieren über eine Standardschnittstelle,

die offen spezifiziert ist und einmalig in allen Fahrzeugen durch die Fahrzeughersteller über Adapter installiert oder nachgerüstet wird. Die OBU kann über Funkverbindungen mit neuer Software aktualisiert werden, die nur einmalig durch die Sicherheitszulassung freigegeben werden muss. Ist im Fahrzeuggerät ein Hardwareersatz nötig (z.B. Datenfunkmodul), so ist nur eine einzige Typenzulassung erforderlich und nur eine neue Komponente für alle Fahrzeuge gekauft werden – die aufwändige Zulassung des gesamten Systems mit allen Komponenten kann so wesentlich verringert werden. Es erfolgt eine Baureihenzulassung für die Integration der typenzugelassenen OBU in einem weiteren Fahrzeugtyp. Abbildung 17 zeigt den Aufbau der COAT-Fahrzeugarchitektur.

Für die Implementierung des Datenaustausches von ETCS über FRMCS wird aufgrund informeller Aussagen von Seite ERA die ETCS Baseline 3 mit einer SRS-Version 3.8 nötig sein. Die SRS-Version 3.6 besitzt bezüglich Connectivity eine Kompatibilität zu GSM-R CS und GPRS/PS, aber keine 5G/PS Connectivity.

### COAT - CCS onboard application platform for trackside related functions Architektur

Lösungsteile:

- 1 Generischer Safety Case für Applikationen für die erstmalige Anwendung. Generische Bewertung für Applikationsupdates, Validierung auf Referenzsystem mittels Impactanalyse
- 2 Standardisierte Fahrzeugschnittstelle zu:
  - a. Fahrzeug / TCMS (Bsp. CANopen, MVB, etc.)
  - b. Sensoren und Aktoren (Bsp. EBA, Odometrie, Radar, LiDAR, Camera, etc.)
  - c. Strecke / Zentrale über FRMCS Gateway
- 3 Anbindung an Remote Trackside Management System
- 4 Standardisiertes Bedienungs-Interface zur Bedienung der Applikationen
- 5 Laufzeitumgebung, lauffähig auf unterschiedlichen am Markt erhältlichen, typenzugelassenen Hardware die Funktionen bis SIL-4 unterstützt
- 6 Blueprint Zulassung Baureihen-/ Flottenintegration

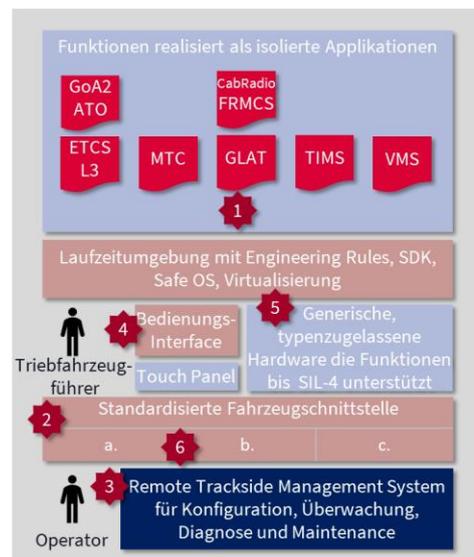


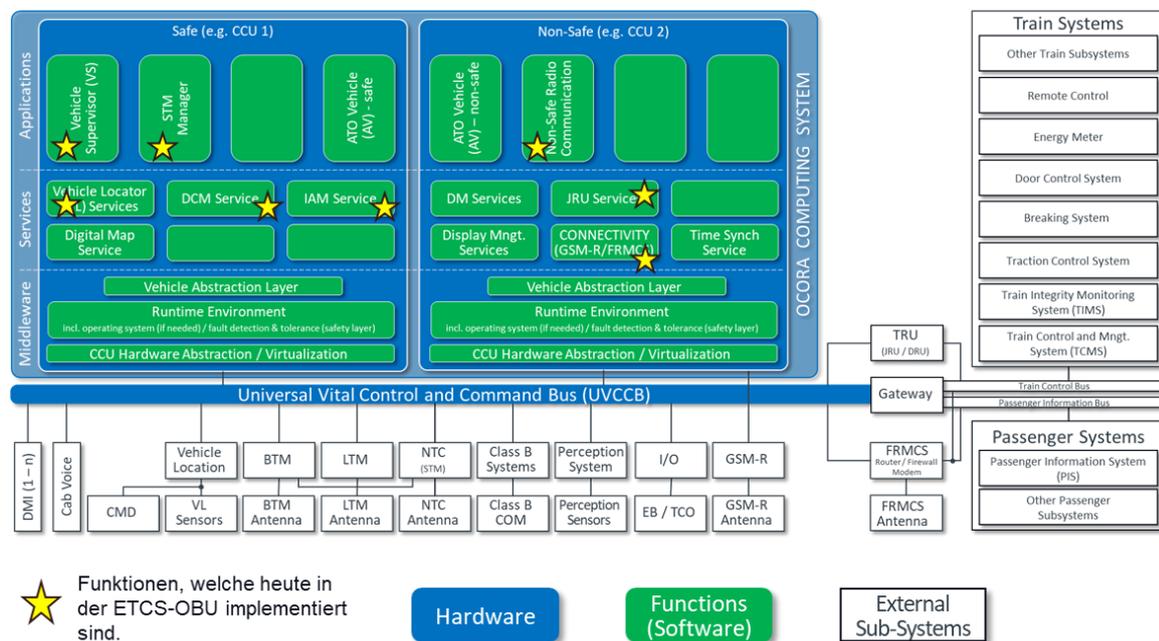
ABBILDUNG 17 FAHRZEUGARCHITEKTUR COAT

## 5.2.2 Anforderungen

Die Grundlagen für die angestrebte Fahrzeugarchitektur muss in den Regulationswerken abgesichert bzw. ermöglicht werden. Weiter müssen die EVU und ISB den gemeinsamen Weg gehen und die speziellen Anliegen unterstützen. Dazu wirkt SR40 auf die entscheidenden Entwicklungen ein:

In den **TSI CCS** werden funktionale Anforderungen festgelegt. Bei der nächsten Aktualisierung im Jahr 2022 werden für SR40 massgebende Änderungen in den Bereichen Moving Block, ATO und FRMCS erwartet. Die Spezifikationen definieren dabei meist das Funktionsverhalten der Systeme und der

Schnittstellen. Eine Übersicht der OCORA Architektur (Arbeitsstand September 2019) ist in Abbildung 18 dargestellt.



**ABBILDUNG 18 SKIZZE ERTMS/ETCS SYSTEM UND SCHNITTSTELLEN (OCORA ARCHITEKTUR) (ARBEITSSTAND)**

Von Seite der EVU sind Anforderungen in den Themenbereichen Einbauraum, Gewicht, Fahrzeug Schnittstellen (TCMS, Sensoren, Aktoren, Energieversorgung), sowie Sicherheit (Safety und Security) zu berücksichtigen. Weitere Anforderungen bestehen hinsichtlich des Betriebs in Bezug auf RAM(S), also die Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit. Dem Themenbereich Instandhaltbarkeit muss dabei eine grosse Bedeutung beigemessen werden, um die Aufwendungen für die Verwaltung und Aktualisierung der Onboard Komponenten und deren Software zu minimieren bzw. zu vereinfachen. Dieses Konfigurationsmanagement für Software und Hardware sollte möglichst eine Fernwartung für die Behebung von Störungen bereitstellen und die Inbetriebsetzung nach einem Hardwarekompletttausch oder Modultausch aus der Ferne unterstützen.

### Verbesserte Wirtschaftlichkeit, Senkung der LCC-Kosten

Der heutige ETCS-Betrieb auf den Level 2 Strecken in diversen Ländern, bedingt den Zulassungsprozess für jede Strecke, resp. die Berücksichtigung diverser länderspezifischer Eigenheiten (Einhalt der NNTV). Dieses Vorgehen zur Einhaltung der Interoperabilität ist für die EVU wirtschaftlich schwer tragbar. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird innerhalb SR40 COAT/OCORA entwickelt. Diese beinhaltet eine generische, modular aufgebaute, modular zulassungsfähige Fahrzeugarchitektur.

### Verringerung des Fahrzeuggewichts und Platzbedarf

Fahrzeuge, welche schon heute im internationalen Güterverkehr eingesetzt sind, sind u.a. aufgrund ihrer umfangreichen Ausrüstung sehr schwer und dürfen durch die Umrüstung auf die SR40-Funktionalitäten nicht noch schwerer werden. Beispielsweise besitzt die Re 475 Siemens Vectron

(DACHINL) an Zugbeeinflussungssystemen Alstom-ETCS 2.3.0d, ZUB 262ct, Signum/Integra, LZB und PZB für Deutschland, SCMT für Italien, ATB für die Niederlande. Sie wiegt heute 89t, wodurch ihre Achslast sehr hoch ist. In diesem Zusammenhang ist für die Fahrzeugbesitzer dieser international einsetzbaren Loks wichtig, dass neben der mit COAT installierten ETCS-Ausrüstung nicht noch andere separate ETCS-Ausrüstungen für weitere Länder nötig werden. Der Platzbedarf für CSS-Ausrüstung soll durch den Einsatz von COAT reduziert werden.

### **Erhalt der Interoperabilität von Fahrzeugen beim Umbau auf SR40-Funktionalitäten**

Eine vor dem Umbau vorhandene internationale Zulassung soll auch nach dem Einbau von COAT und den SR40-Funktionalitäten weiterhin uneingeschränkt erreichbar sein.

Die ETCS- und FRMCS-Ausrüstung muss auch im Ausland funktionsfähig und interoperabel sein. Es soll keine zusätzliche ETCS/FRMCS-Ausrüstung für den internationalen Einsatz nötig sein.

Heute werden wegen fehlenden internationalen Regelungen aus Sicherheitsgründen länderspezifische NNTV erstellt. Diese verunmöglichen einen uneingeschränkten Einsatz von mit ETCS ausgerüsteten Fahrzeugen auf allen vorhandenen ETCS-Strecken. Das Ziel muss sein, dass die fehlenden TSI-Spezifikationen ergänzt und durch diese Standardisierung, die in den diversen Ländern vorhandenen NNTV abgeschafft werden können.

### **5.2.3 Architektur CCS-Plattform-light**

Das Ziel von SR40 ist die Erhöhung der Sicherheit mittels Bremskurvenüberwachung möglichst aller Bewegungen auf dem mit SR40 ausgerüsteten Schienennetz. Im heutigen Sprachgebrauch wären dies Zugfahrstrassen, Rangierfahrstrassen und Rangierfahrwege. Damit die Fahrzeugausrüstung in den selbstfahrenden Rangier-Fahrzeugen, bezogen auf den jeweiligen spezifischen Einsatzzweck verhältnismässig ist und nicht die umfangreiche COAT-Architektur eingebaut werden muss, besteht das Ziel eine Lightversion einer CCS-Ausrüstung zu bauen.

Nach heutigem Stand wird die angestrebte Funktionalität unter dem Titel "Manoeuvre Train Control" (MTC) mit einer CCS - Plattform unabhängigen Software erstellt. **MTC** ist ein System zur Führerstandssignalisierung. Die "**CCS-Plattform-light**" ist dabei die Onboard Hardware auf Fahrzeugen ohne ETCS-Ausrüstung, auf welcher diese MTC Führerstandsoftware mit Bremskurvenüberwachung implementiert werden soll. Es ist dabei denkbar, dass weitere Funktionalitäten (als Software) auf dieser Plattform eingesetzt werden können.

Voraussichtlich beinhaltet die Fahrzeugausrüstung die Grundfunktion Bremskurvenüberwachung und benötigt dazu zwingend eine Möglichkeit zur Lokalisierung, eine Datenkommunikation, sowie optional eine Schnittstelle zum Bremssystem und zu einem Balisenlesesystem (BTM).

Die "CCS-Plattform-light" erhält mit der MTC-Funktion zwei Anwendungsfälle:

- Mit Einwirkung auf das Bremssystem (Beeinflussung eines Steuerventils, das in die Bremsleitung eingebaut werden kann).

- Als Warnsystem bei Fahrt mit zu schneller Geschwindigkeit, Abfahrverhinderung, oder Überschreiten der der Bremssollkurve.

Der Einbau der "CCS-Platform-light" ist für alle selbstfahrenden Fahrzeuge ohne konventionelle SR40-CCS-Ausrüstung (COAT), welche sich innerhalb des SR40 Gebietes bewegen, zwingend. Bewegt sich dieses selbstfahrende Fahrzeug nur innerhalb eines gesperrten Gleises (Aufgleisung oder Fahrzeug wird in das gesperrte Gleis geschleppt) ist darauf kein Bremskurvenüberwachungssystem notwendig. Mögliche Einsatzgebiete sind neben Infra-, Bau- und reinen Rangierfahrzeugen auch historische Fahrzeuge, für die eine Vollausrüstung nicht zielgerichtet und wirtschaftlich nicht vertretbar wäre.

MTC soll auch als Rückfallebene auf der COAT-Plattform eingesetzt werden. Dort kann diese jedoch nur als Rückfalleben dienen, falls nicht das ganze Fahrzeuggerät ausfällt. Aus diesem Grund wird zur Erhöhung der Verfügbarkeit (Rückfallebene bei Ausfall des Sicherheitssystems) der Einsatz der "CCS-Platform-light" geprüft.

Neben der MTC braucht es zwischen dem Fahrpersonal und TMS noch weitere Funktionalitäten wie ein Fahrstrassenbestelltool und Rückmeldung über den für die verlangte Start-Ziel-Bewegung eingestellte Fahrweg. Diese Funktionalitäten können je nach Betriebsart (z.B. RL-LF-Beziehung) eine differenzierte Anzeige (Sicht für Lokführer, Sicht für Rangierleiter). Ob das mit der gleichen Plattform gelöst wird oder sich da eine andere Lösung anbietet, ist im jetzigen Zeitpunkt noch unklar und wird in der nächsten Phase geschärft.

### 5.3 Connectivity

Das heutige auf der 2. Generation von Mobilfunk Technologie (2G) aufgebaute Telekommunikationsnetz für Bahnkommunikation wird zukünftig durch ein auf FRMCS basierendes Telekommunikationsnetz abgelöst werden.

Nebst dem bisherigen Nutzen dieses Kommunikationsnetzes, hauptsächlich für die sprachliche Bahnkommunikation und für die Zugbeeinflussung ETCS, wird das FRMCS-basierte Kommunikationsnetz in Zukunft einen wichtigen Anwendungsbereich für Applikationen im Umfeld der zukünftigen Bahnproduktion finden. Die Lösungen im Bereich Daten-, Sprach- und Videokommunikation, die für die zukünftige Bahnproduktion unter smartrail 4.0 notwendig sind, werden sehr stark auf diesem neuen Mobilnetz beruhen (Connectivity Layer) und somit auch neue Anforderungen an dieses Netz stellen.

FRMCS ist gegenwärtig in den diversen Standardisierungsgremien (3GPP, ETSI, UIC. usw.) noch in der Spezifikationsphase und somit noch nicht als industrialisierte Lösung am Markt verfügbar. FRMCS wird in der Schweiz voraussichtlich frühestens ab Ende 2025 für die Erprobungsstrecke zur Verfügung stehen. Dabei können die ersten Erfahrungen als Teilsystem im Gesamtkontext (End to End) von SRR40 gesammelt werden. Mit den isolierten Einzelstrecken wird ab 2027 gestartet. Der flächendeckende Betrieb wird erst in den frühen 2030er Jahren verfügbar sein. Nach aktuellem Wissenstand kann die Aussage gemacht werden, dass die aktuellste kommerziell eingeführte

Mobilfunkgeneration zu diesem Zeitpunkt 5G sein wird, sodass FRMCS im Rahmen von SR40 sinnvollerweise auf 5G aufbauen wird.

Das auf FRMCS basierte Telekommunikationsnetz wird aufgrund der vorhergehenden Erläuterungen auf 5G aufbauen. Die FRMCS Services und Applikationen werden mehrheitlich mittels den von 3GPP standardisierten Mission Critical Services (MCx) bereitgestellt.

5G ist die neue Mobilfunk Generation und Nachfolger von 4G Long Term Evolution (LTE). 5G ermöglicht besonders hohe Datenraten, energiesparende Funktechnik, tiefe Latenzen und möglichst breite Abdeckung. Da nicht jede Anwendung alle genannten Eigenschaften gleichzeitig benötigt, unterstützt 5G verschiedene Nutzungsprofile und reserviert exklusive Netzkapazitäten – dies wird als «Network Slicing» bezeichnet. Analog dazu koexistieren in 5G Datenströme mit unterschiedlichen Parametern. 5G erreicht dies durch eine Virtualisierung von Netzfunktionen (NFV). Das Mobilfunknetz entscheidet dann nutzerabhängig, dass bestimmte Datenpakete mit minimaler Latenz (< 20ms) und andere mit maximaler Datenrate (ca. x00 MB) transportiert werden.

Gerade in Hinblick auf die angestrebten verschiedenen Communication Service Kategorien, bei der Connectivity entlang des technischen Bahnkorridors, bieten diese Techniken hilfreiche Mittel für deren Umsetzung.

Besonders für extrem kurze Reaktionszeiten, um beispielsweise die geforderte Latenz von wenigen Millisekunden zu erreichen, rückt bei 5G ein Teil der Netzintelligenz möglichst nah an die Endgeräte heran (Edge Computing).

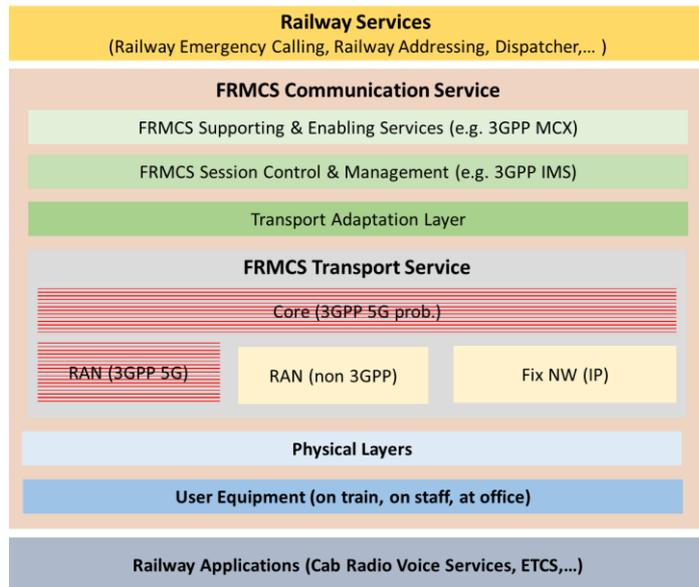
### 5.3.1 FRMCS Architektur

Die Vorgaben für den Standard FRMCS werden gegenwärtig durch die UIC spezifiziert. Wie heute für GSM-R werden aus diesen Arbeiten eine System Requirements Specification (SRS) und eine Functional Requirements Specification (FRS) resultieren. Nach aktueller Projektplanung der UIC sollen die FRMCS SRS/FRS Ende 2021 in der Version 1.0 vorliegen. Die European Union Agency for Railways (ERA) sieht vor, die für die Interoperabilität in Europa relevanten Aspekte dieser Spezifikationen in das TSI CCS Update 2022 aufzunehmen. In Bezug auf Übergangsfristen hat sich die ERA noch nicht definitiv festgelegt, skizziert wurde jedoch, dass die Länder die Einführung von FRMCS individuell planen können und eine Übergangsfrist von 10 Jahren für die Abschaltung von GSM-R vorzusehen ist.

Um eine bessere Modularität und Austauschbarkeit der technischen Ausrüstungen, insbesondere fahrzeugseitig, erreichen zu können, soll unter anderem auch die Schnittstelle zwischen den verschiedenen Anwendungen wie ETCS, ATO, Voice, etc. und der Telekommunikationsausrüstung standardisiert werden. Da solche Schnittstellenspezifikationen für die Interoperabilität nicht relevant sind, sind sie nicht im Scope der TSI. Es steht zum heutigen Zeitpunkt noch nicht fest, ob und in welcher Form die Verbindlichkeit dieser Spezifikationen in Europa festgelegt wird.

Das Ziel der funktionalen FRMCS-Architektur ist eine klare Trennung zwischen den FRMCS Communication Services und dem FRMCS Transport System, um die Unterstützung von

Trägerflexibilität/Multi-Access zu ermöglichen (Abbildung 19). Das FRMCS-Transportsystem ist in die FRMCS-Kommunikationsdienste eingebettet, die eine generische Schnittstelle für Eisenbahnanwendungen bieten, um die Kommunikation zwischen FRMCS-Benutzern zu unterstützen. Railway Services adressieren spezifische Anforderungen des Bahnbetriebs, die nicht durch FRMCS Communication Services abgedeckt sind.



**ABBILDUNG 19 ABSTRAHIERTE FUKTIONALE EBENEN FRMCS**

Das FRMCS-Transportsystem besteht aus den Kernnetzdiensten (Core Services) und den Zugangsdiensten (Access Services), die verschiedene Zugangssysteme umfassen, die eine Verbindung zur Benutzerausrüstung (UE) ermöglichen. Nach aktueller Architekturdefinition (ETSI) ist der FRMCS Transport Service ein Teil des FRMCS Communication Service Layers. Der Transport-service bietet dem Kommunikationsservice Datentransport entsprechend der erforderlichen «Quality of Service», Priorität und Zuverlässigkeit. Anwendungen, die keine Mission Critical Services erfordern, nutzen direkt den FRMCS Transport Service. Funktionen, die ansonsten von dem FRMCS Communication Service erbracht werden, müssten auf Applikationsebene erfolgen.

Der Umfang von FRMCS geht bezgl. funktionellen, technischen und betrieblichen Anforderungen über den Umfang eines öffentlichen Mobilfunknetzes hinaus. Während der 5G Standard über eine weltweite Kooperation von Standardisierungsgremien (3GPP -3rd Generation Partnership Project), standardisiert wird, erfolgt die Standardisierung/Normierung der zusätzlichen bahnspezifischen Aspekte auf Ebene UIC (u.a. zur Erfüllung von Interoperabilitäts-Anforderungen).

### 5.3.2 FRMCS Dienste und Funktionsschichten

Das FRMCS-System besteht aus verschiedenen Funktionsschichten zur Unterstützung von Bahnanwendungen sowie zur Unterstützung der Zusammenarbeit mit externen Systemen, einschließlich Legacy-Systemen oder unterstützenden Subsystemen (Erläuterungen zu Abbildung 20):

- **Communication Services:** Die FRMCS Communication Services beruhen auf den FRMCS Transport Services (Kern- und Zugangsdienste), Session Control & Management Services und den FRMCS Supporting & Enabling Services.
- **Transport Service:** Die Kern- und die Zugangsdienste einschließlich der relevanten UEs bilden den FRMCS Transport Service. Der Kern basiert auf 3GPP Funktionen und bietet die Möglichkeit, den Zugangsdienst zu integrieren, der aus verschiedenen Zugangssystemen (3GPP oder nicht 3GPP) sowie feste Breitbandzugangssysteme besteht.
- **Transport Adaptation:** Die Communication Services beziehen FRMCS Transport Services, die für eine Transportanpassung sorgen. Der Hauptzweck der FRMCS-Transportanpassungsfunktionalität besteht darin, einen oder mehrere Transportträgerdienste für eine Anwendungskommunikationssitzung zu verwalten und zu kombinieren und die zugrunde liegenden Details der Transportschicht, Netzveränderungen oder Übergaben für die Schicht Bahnanwendungen vollständig transparent zu machen.
- **Session Control & Management:** Die Session Control & Management Schicht ist Teil der FRMCS Communication Services Schicht und ist auf 3GPP ausgerichtet (IMS). Es verwaltet die Anwendungs-Sitzungssteuerung, orchestriert Kommunikationsanforderungen und ruft Dienste auf, die für Benutzer- und Servicedatenverwaltungsfunktionen sowie z.B. Richtlinienmanagement (Policy) und -steuerung erforderlich sind.
- **Supporting & Enabling Services:** Die FRMCS Communication Services unterstützen auch Dienste, die auf den 3GPP Mission Critical Services (MCX) basieren und andere unterstützende Funktionen wie z.B. Standortverwaltung, Aufzeichnung oder Zusammenarbeit mit anderen externen Systemen.
- Das **3GPP MCX-Framework** bietet Punkt-zu-Punkt- und Gruppenkommunikation für Sprache, Daten und Video. Das MCX-Framework ist somit das Herzstück der FRMCS Communication Services zur Verwaltung von Bahnanwendungen. Die 3GPP MCX-Framework-Funktionen unterstützen die FRMCS-Benutzerregistrierung und flexible Adressierung, einschließlich funktionaler Aliase, Standortverwaltung und Kommunikationsprotokollierung.
- **Railway Services:** Die Railway Services beschreiben spezifische Servicelogiken und Steuerungsfunktionen, die über die Funktionalität des 3GPP MCX Frameworks hinausgehen. So interagiert beispielsweise der Bahnnotruf mit verschiedenen 3GPP MCX-Funktionen, darunter Gruppenkommunikation, funktionaler Alias, Benutzerpositionierung zur Anbindung an eine Gruppenkommunikation.
- **Railway Applications:** Das FRMCS Netz und deren Anwendungen stehen den diversen mobilen und festnetzgebundenen bahnspezifischen Endgeräten und Systemen zur Verfügung. Nebst den In-Zug (on-board) und Bahnstrecken (trackside) zugeordneten mobilen Endgeräten werden auch Festnetz-Bahnkommunikation Endgeräte (FTS) und festnetzgebundene Systeme wie M2M und IOT-Server, sowie TMS-Systeme einen Zugang zu FRMCS benötigen. Eisenbahnanwendungen (MCX-fähig) sind mit FRMCS-Benutzern und Identitäten verbunden und nutzen die von den FRMCS-Kommunikationsdiensten angebotenen Dienste. Eine

Eisenbahnanwendung kann eine Kommunikationssitzung anfordern oder Teil einer Punkt-zu-Punkt- oder Gruppenkommunikationssitzung mit anderen Eisenbahnanwendungen werden.

- **Die Festnetz-Bahnkommunikation**, z.B. in den Betriebszentralen zum Leiten des Zugverkehrs, ist ebenfalls Bestandteil des FRMCS-Systems und benutzt die FRMCS-Kommunikationsdienste.
- **Interworking**: Das FRMCS-System bietet Funktionen zur Unterstützung des Interworkings mit GSM-R-Systemen vor damit Kommunikationen über beide Netzwerke möglich werden wobei der «Nutzer A» an FRMCS angeschlossen ist und der «Nutzer B» an GSM-R. Das FRMCS-System ermöglicht die Zusammenschaltung und Nutzung von Kommunikationsdiensten zwischen FRMCS-basierten Netzwerken für Roaming-Anwender. Ausserdem unterstützt es auch Kommunikationsdienste mit anderen externen Systemen, einschließlich öffentlicher Mobilfunk- und Festnetznetze, sowie die Nutzung von bahunterstützten Funktionen, einschließlich bahnspezifischer Standortinformationsdienste.

### 5.3.3 Einbettung in die Systemlandschaft

Abbildung 20 zeigt in einer vereinfachten Darstellung, die "Bestandteile" von FRMCS sowie dessen Einbettung in die Kommunikationssystemlandschaft und der Umsystemen.

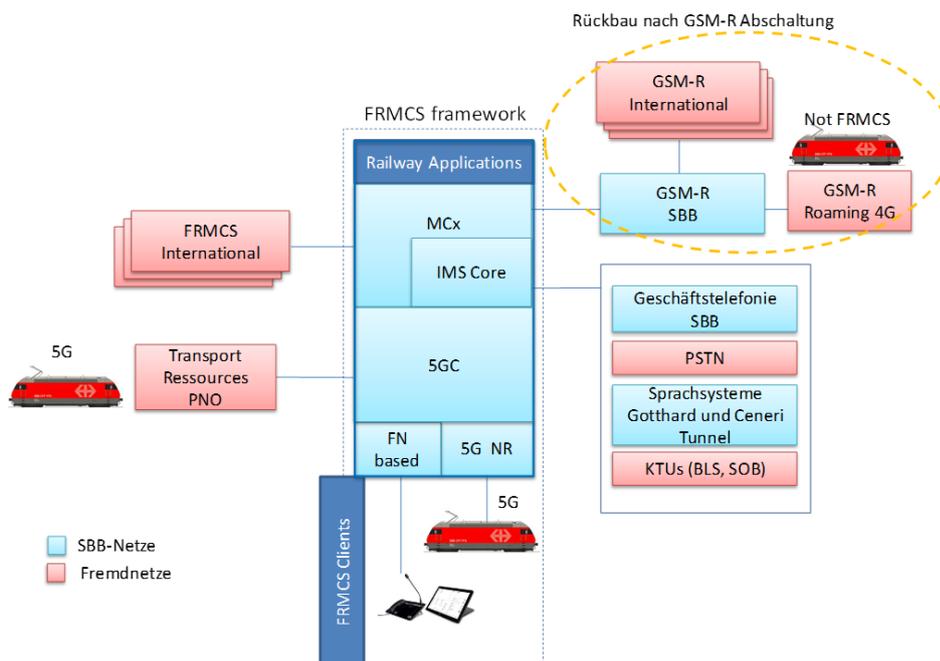


ABBILDUNG 20 EINBETTLUNG FRMCS IN DIE SYSTEMLANDSCHAFT

Das FRMCS System besteht aus 5G RAN und 5G Core Network. Das MCX ist als Service Layer um ein IMS System für Session Control & Management Funktionen und die Bahn spezifischen Applikationen aufgebaut. In der Zeit mit parallelem FRMCS/GSM-R Betrieb wird über Interworking mit GSM-R und indirekt per Roaming der Swisscom (bis 4G) und GSM-R International (GSM-R Partner) betrieben. Nach Abschaltung GSM-R werden die GSM-R spezifischen Komponenten zurück gebaut. Über Interworking werden externe Sprachkommunikationssysteme wie die Geschäftstelefonie SBB, das

Öffentliche Netz (PSTN), die Kommunikationsanlagen der Gotthardstrecke (GBT und CBT) und die Sprachkommunikationssysteme von anderen Unternehmen (z.B. BLS, SOB) eingebunden. Dies gilt auch für internationale FRMCS-Netze von Partnerbahnen. Auch die Festnetz-Bahnkommunikation (BTA) ist Bestandteil von FRMCS, wobei die Dispatcher-Endgeräte mittels drahtgebunden oder drahtlosen Access-Technologien (z.B. WLAN) an das 5G CN angebunden sind. Dabei können Transportressourcen eines oder mehrerer Public Network Operator (PNO) genutzt werden.

### 5.3.4 Datennetz Architektur

Dieser Abschnitt beschreibt anhand der Abbildung 21 die Anforderungen von FRMCS mit 5G Mobilfunk an ein Datennetz. Die SBB betreibt heute ein eigenes Datennetz (Datacom NG), welches GSM-R unterstützt und seit 2017 im Rollout ist. Die Nutzung dieses Netzes ist bis 2028 geplant. Ab 2026 soll nach heutigem Stand ein Nachfolgenetz implementiert werden. Die Anforderungsspezifikation hat intern bei SBB bereits begonnen. Andere Bahnen, die bei SR40 beteiligt sind, betreiben eigene Netze. Inwiefern diese Netze für FRMCS geeignet sind, wird in der weiteren Projektbearbeitung noch geklärt. Datacom NG ermöglicht einfache, initiale FRMCS Anwendungen. Für die vollständige Implementation sind seine Funktionen ungenügend.

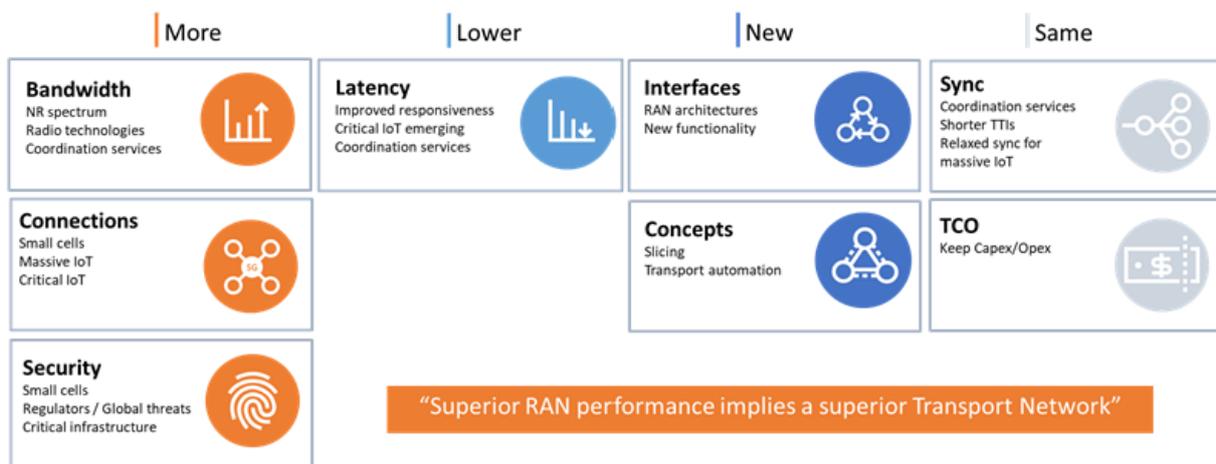


ABBILDUNG 21 5G TRANSPORT KEY DRIVERS

### 5.3.5 Trassen Architektur

Das Thema Radio Trassenarchitektur bezieht sich ausschliesslich auf den Aspekt der Radio Abdeckung und dessen Verfügbarkeit. Die unter GSM-R getroffenen Annahmen unterliegen dem damaligen Stand der GSM Systemarchitektur. In der 3GPP Systemevolution wurden Vereinfachungen vorgenommen, die für zukünftige Trassenarchitekturen neue Möglichkeiten bieten, die sich von der heutigen GSM-R Trassenarchitektur unterscheiden werden. Entscheidend werden die Verfügbarkeit und Wartbarkeit sein. Redundanz ist eine Möglichkeit zur Sicherstellung der angeforderten Verfügbarkeit. Erweisen sich nach heutigem Stand vom Wissen andere Lösungen als gleichwertig und wirtschaftlicher, kann auf die Redundanz im heutigen Sinn verzichtet werden.

Die Verfügbarkeit der Radio Abdeckung wird durch die Anzahl von Antennenstandorte pro Trasseneinheit bestimmt. Je nach Verfügbarkeitsanforderung pro Trassenkilometer können verschiedene Trassenarchitekturansätze zur Anwendung kommen:

- **Basis Radio Abdeckung** – Minimale Überlappung (siehe Abbildung unterhalb) zwischen benachbarter Radio-Abdeckung. Bei Ausfall einer Abdeckungseinheit sind Transport- und Service- Fähigkeiten nicht verfügbar (Abbildung 22).



ABBILDUNG 22 SCHEMA BASIS RADIO-ABDECKUNG

- **Fehlertolerante Radio Abdeckung** – Erhöhung bzw. signifikante Überlappung (siehe Abbildung unterhalb) zwischen benachbarter Radio Abdeckung. Bei Ausfall einer Abdeckungseinheit können in Abhängigkeit der Überlappung Transport- und Service- Fähigkeiten weiterhin garantiert werden (Abbildung 23).

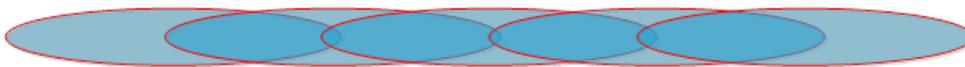


ABBILDUNG 23 SCHEMA FEHLERTOLERANTE RADIO-ABDECKUNG

Die Erkenntnisse aus den bisher bei getätigten Analysen zu Network-Sharing Optionen deuten darauf hin, dass insbesondere für Critical Communication die Bereitstellung eines eigenen Mobilfunknetzes vorteilhaft sein wird (d.h. Kosten-/Nutzenbetrachtung). Bei Performance und vor allem bei Business Communication wird hingegen eine gemeinsame Lösung mit Public Providern sehr wahrscheinlich unumgänglich sein (wegen limitierter Bahn eigener 5G-Frequenzen). Es bedarf nach dem Entscheid zur Zuteilung der Frequenzen weiterer Abklärungen. Eine abschliessende Entscheidung zu den Realisierungsvarianten ist zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht möglich.

## 5.4 Zentrale Systeme

In diesem Abschnitt wird der angestrebte Zielzustand für die zentralen Systeme und Funktionen beschrieben. Bezogen auf die in Abschnitt 4.4 beschriebenen Systeme stellen diese die Architektur dar, in die der aktuelle Zustand überführt werden soll.

### 5.4.1 Übersicht

Im fachlichen Zielbild von SR40 nimmt das Traffic Management Systeme «TMS» eine zentrale Rolle ein. Dieses ist in Abbildung 24 als der rote Bereich dargestellt. Die heute fragmentierten Funktionen und Systeme von der Planung über die Disposition bis zur Lenkung sollen vereinheitlicht, integriert und weiter automatisiert werden. Neu wird im TMS laufend ein Kapazitätsplan errechnet, der alle Bewegungen und Infrastrukturzustände berücksichtigt und die Planung in diesem Umfeld umsetzt. Dieser ist die Grundlage zur rechtzeitigen Ansteuerung der Stellwerke (Weichen und Barrieren) sowie zur Fernsteuerung von Zügen. TMS wird somit zum Herzstück in der Umsetzung der Vision von SR40.

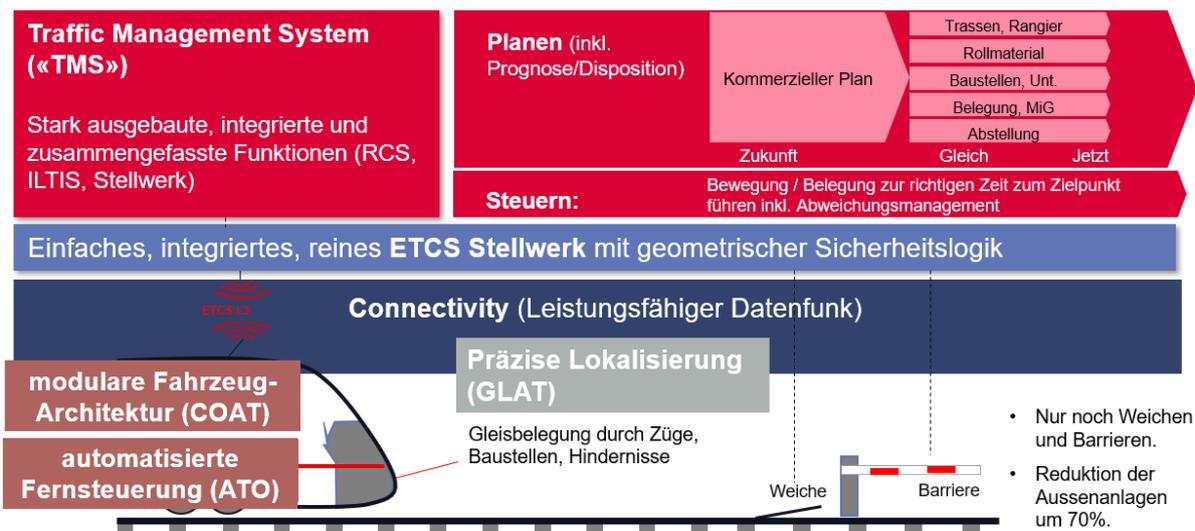


ABBILDUNG 24 ÜBERSICHT ZIELBILDKOMPONENTEN SR40

Durch die Integration der Funktionen sowie starke Automatisierung und Optimierung im Traffic Management System (TMS) lassen sich viele Vorteile realisieren:

- Von der Bestellung über die Fahrplanplanung und Optimierung des Zugverkehrs zum Erteilen der Fahrerlaubnis für den Lokführer erfolgt der Prozess durchgängig ohne Medienbrüche. Änderungen in jedem Horizont von Planung bis Betrieb werden in allen relevanten Systemen automatisch nachgeführt.
- Die Planung erfolgt über alle Planungshorizonte mit dem gleichen System. Es sind keine manuellen Vorgänge zum Übertragen der Daten nötig und es besteht eine voll durchgängige Rückverfolgbarkeit der Daten.
- Die Fahrplanplanung erfolgt automatisiert und konfliktfrei. Sie berücksichtigt alle kapazitätsbelegenden Objekte (Zugfahrt, Rangierfahrt, Abstellung, gesperrte Gleise). Bestellkonflikte werden zu Handen der TVS visualisiert.
- Die Steuerung des Zug- und Rangierverkehrs ist automatisiert. Bei Abweichungen wird automatisch ein neuer optimierter Fahrplan erstellt. Damit wird die vorhandene Bahnanlage in allen Fällen optimal genutzt. In Störungsfällen wird die Arbeitsbelastung für das Personal stark reduziert, sodass es sich auf die wichtigsten und speziellen Tätigkeiten konzentrieren kann, während die Standardprozesse automatisiert ablaufen.
- Durchgängige Daten ab Bestellung bis Abrechnung.

Aktuell laufen Prozesse über eine Vielzahl von Systemen, die oft über keine Schnittstellen verfügen. Mit SR40 soll diese Systemlandschaft konsolidiert und integriert werden. Kern sind dabei die Anwendungen des TMS in den Modulen TMS-TOPO (Topologie), TMS-COP (Capacity Ordering Portal), TMS-PAS (Produktions-Automatisierungs-System), TMS-L (Lenkung), TMS-ATO (Automatic Train Operation – Track Side).

In Abbildung 25 wird illustriert, wie die aktuell stark zersplitterte Systemlandschaft durch TMS in den einzelnen Modulen integriert wird. Damit werden auch gegenüber heute oftmals nötige Medien- und

Systembrüche mit manuellen oder nur unidirektionalen Schnittstellen vermieden, sodass eine von der Bestellung von Trassen bis zum Fahren der Züge durchgängige Datenlandschaft erreicht wird. TOPO ist dabei nicht innerhalb dieser Prozesssicht, sondern steht als wichtige Grundlagen auf verschiedenen Schritten zur Verfügung.

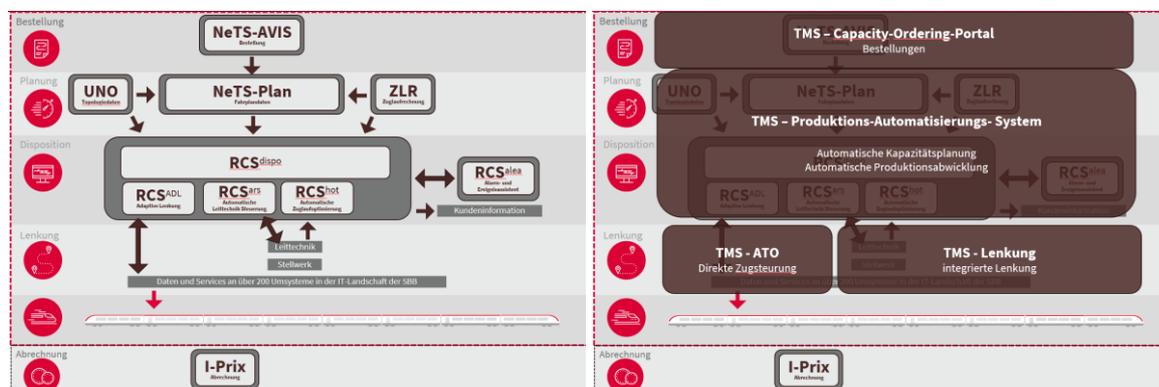


ABBILDUNG 25 SYSTEMLANDSCHAFT HEUTE UND MIT TMS

Tabelle 11 zeigt eine Übersicht über Funktionen, die heute bestehen und in welche TMS-Systeme sie dabei überführt werden sollen.

Funktion	System(e) heute	System(e) SR40
Trassen-bestellung	NetS-AVIS	TMS-COP (Bestellportal)
Fahrplan-erstellung (inkl. Intervallplanung)	Viriato, NeTS-Plan, RCS, RailSys (excl. Bausstellenlogistik)	TMS-PAS Planung kapazitätsnutzender Objekte über alle Zeithorizonte mit zunehmender Granularität
nachträgliche Anpassungen bereits verplanter Züge	NeTS, RCS	TMS-PAS Flux Core (Änderung verständiger Trassen)
Rangieren	Keine speziellen Systeme, unüberwachte Bewegungen	TMS-COP TMS-PAS TMS-L (TMS-PE + TMS-IAD) TMS-ATO Trackside
Disposition Zugverkehr	RCS, ADL, HOT, ALEA	TMS-PAS TMS-L (TMS-PE + TMS-IAD)
Störungs-prognosen	-	TMS-PAS
Beeinflussung Fahrverhalten	ADL, RCS	TMS-PAS TMS-ATO Trackside
Kommunikation/Schnittstellen	NeTS (AVIS, Plan), UNO, ZLR, RCS (Dispo, ADL, ARS, HOT, ALEA), Kundeninformation (Info+), Leittechnik, I-Prix, Stellwerke, 200+ weitere IT-Systeme SBB	TMS-COM (einheitliche Schnittstellen)

TABELLE 11 ÜBERSICHT ZENTRALE SYSTEME NACH BISHERIGEN FUNKTIONEN

## 5.4.2 TMS-TOPO

TMS-TOPO liefert die Grundlagen für die einheitliche Topologiebasis aller Projekte im TMS. Die Nutzung von TMS setzt für alle involvierten Infrastrukturbetreiber die Anwendung von TMS-Topo voraus. Dieses Referenzsystem muss als gemeinsame Basis sowohl bei Bahnproduktionssystemen, als auch Anlagemanagementsystemen dienen und in der Zukunft den einfachen Datenaustausch ermöglichen. Damit sollen vermehrt auch Quellsysteme direkt angebunden werden, was die erforderliche Datenqualität für smartrail 4.0 bzw. TMS erst ermöglichen wird.

TMS-Topologie zeigt sich für alle Topologie Aspekte von TMS verantwortlich, während sich das TOPO4 Projekt im Programmteil von APS (ES) um die exakte, real verfügbare, sicherheitsgeprüfte Topologie kümmert. Ein steter Datenabgleich aus dem sicheren Bereich von TOPO4 und TMS-Topologie sorgt im laufenden Betrieb für Kongruenz der Daten. TMS-Topologie umfasst im Gegensatz zu TOPO4 nicht nur die Topologie zum gegenwärtigen Zeitpunkt (z.B. an einem Betriebstag), sondern auch die in der Zukunft geplante, um eine Datenbereitstellung für den Fahrplan (TMS-PAS) zu gewährleisten.

## 5.4.3 TMS-COP

Das Capacity Ordering Portal ist die neue Oberfläche für die Bestellung von Trassen und ersetzt das bisherige NeTS-AVIS. Grundlage für die Bestellwünsche und deren Abbildung bildet die von TMS-TOPO zur Verfügung gestellte Topologie. Um eine weitgehend automatisierte Planung zu ermöglichen, muss die EVU gegenüber heute, detaillierte Angaben bei der Bestellung machen (z.B. gewünschte Anschlüsse, frühestmögliche Abfahrts- und Ankunftszeiten, etc...). Da die Kapazitätsverwaltung und Preisbildung voll integriert sind, kann der gesamte Bestellvorgang deutlich effizienter gestaltet werden. Ausgehend hiervon werden Bestellungen in die Fahrplanerstellung überführt sowie alle abrechnungsrelevanten Informationen aufgenommen und an die jeweiligen Umsysteme weitergegeben.

## 5.4.4 TMS-PAS

Das Produktion-Automatisierungs-System (PAS) nutzt bzw. speist alle anderen Module und stellt somit ein Kernmodul dar, mit dem eine deutliche Automatisierung, Beschleunigung sowie Qualitäts- und Effizienzsteigerung im gesamten Planungs- und Betriebsprozess erreicht werden. Es übernimmt und integriert die Funktionen der heutigen Systeme NeTS (Planung), RailSys (Intervalle) und RCS (Disposition). Aufgrund von Topologie, Bestellungen, Kundenanforderungen (Service Intentions) sowie auch der Betriebslage werden für alle die Kapazitätsplanungen erstellt. Dies erfolgt mittels eines Prozesses, der zuerst den Kapazitätsbedarf ermittelt, diesen dann in eine Planung überführt und schliesslich unter Berücksichtigung von Einschränkungen auf die Topologie umlegt. Die tatsächliche Situation wird laufend überwacht und bei Konflikten, die nicht durch kleine Eingriffe gelöst werden können, wird automatisch eine neue Planung begonnen. Das Ergebnis sind konfliktfreie, technisch fahrbare Produktionsvorgaben, die an die Systeme TMS-L und TMS-ATO zur Umsetzung weitergegeben werden. Diese berücksichtigen alle kapazitätsbelegenden Objekte, inkl. der heute nicht abgebildeten Rangierbewegungen und Abstellungen. Im Fall von Störungen kommt eine Systemkomponente «Ereignismanager» zum Einsatz (Ersatz bisheriges ALEA), welche Störungen erkennt und Konzepte für die Reaktion darauf erstellt.

#### 5.4.5 TMS-L (TMS-PE resp. TMS-IAD)

Das Modul TMS-Lenkung bildet die Schnittstellen zum neuen Stellwerkssystem APS (ES) und der Bestandes Stellwerke, die über ILTIS angekoppelt sind. Es ist der wichtigste Bestandteil für die Migration der bestehenden ILTIS Leittechnikwelt zur neuen APS (ES) Stellwerkswelt von SR40. Aus den Produktionsvorgaben (PV), die TMS-PAS erstellt, wird durch TMS-L ein Lenkplan erstellt, der umzusetzen ist. Für die Bestandes Stellwerke, die über das Leitsystem ILTIS gesteuert werden, wird durch TMS-IAD die PV in Lenkdaten umgewandelt. Bei der neuen SR40-Technologie wird der Lenkplan via TMS-PE, mit dem Einverständnis von APS, an die OC ausgegeben. TMS-L darf keine sicherheitskritischen Funktionalitäten beinhalten. Dieser Teil wird im Verfahren zwischen APS und TMS-PE abgedeckt.

#### 5.4.6 TMS-ATO

TMS-ATO Trackside steuert die mit einer ATO-OBU ausgerüsteten Fahrzeuge gemäss der Produktionsvorgabe an. Dabei werden Profile bzw. Steuerziele generiert, die zur Umsetzung an die Fahrzeuge weitergeleitet werden.

#### 5.4.7 Einheitlicher Arbeitsplatz BZ

Der hohe Automatisierungsgrad von Planung und Steuerung führt zu starken Veränderungen der Tätigkeitsbilder und zu einem höheren Anspruch. Statt «Manueller Planer, Disponent, Konfliktlöser und Bediener» werden im Zielbild SR40 zunehmend die «Manager eines weitgehend automatisierten Prozesses» die Tätigkeitsprofile prägen.

Die Arbeitsplätze in den Betriebszentralen werden sich somit gegenüber heute ebenfalls verändern. Langfristig wird folgendes Zielbild angestrebt:

- Maximale Flexibilität um die Technik den stetig ändernden Anforderungen rasch anpassen zu können.
- Alle operativen Arbeitsplätze BZ sind auf der gleichen Plattform
- An jedem Arbeitsplatz können im besten Fall alle operativen Rollen in gleicher Qualität ausgeführt werden.
- Alle Produktionssysteme können an jedem Arbeitsplatz genutzt werden.
- Der Nutzer entscheidet, welche Konfiguration er für die Ausführung seiner Tätigkeit benötigt.

## 6 Randbedingungen Regulation und Zulassungen

Dieser Abschnitt fasst die Randbedingungen zusammen, innerhalb derer SR40 agieren muss bzw. die in Entwicklung, Roll-Out und Betrieb einzuhalten sind. Diese umfassen regulatorische Vorgaben an die Akteure EVU/ISB sowie die Vorgaben, die aus der Interoperabilitätsrichtlinie der EU entstehen. Weiter werden technische Standards und Spezifikationen, die im Kontext von SR40 relevant sind, erläutert. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Zulassung von Fahrzeugen. Speziell FRMCS unterliegt weiteren Rahmenbedingungen, da es innerhalb der gesamten Mobilfunkkommunikationslandschaft, auch ausserhalb der Bahnwelt, abgestimmt funktionieren muss.

### 6.1 Regulation

Die heutigen Vorgaben wollen die Risiken der heute eingesetzten Systeme reduzieren. Mit den neuen Grundsätzen in der Sicherungstechnik werden sich die Risiken reduzieren resp. sich teilweise verlagern. Kapitel 6.1.2 beschreibt den Inhalt der Änderungen, was hinterfragt werden kann und angepasst werden muss. Kapitel 6.1.3 beschreibt die Roadmap, wie wir dieses Ziel erreichen wollen.

#### 6.1.1 Vorgaben und Regulation an EVU

Damit smartrail 4.0 mit den leistungssteigernden Funktionalitäten nach internationalen Standards umgesetzt werden kann, müssen die entsprechenden Normen vorgängig angepasst, verabschiedet und für gültig erklärt werden. Erst mit dieser verbindlichen Norm können die entsprechenden Komponenten entwickelt und den Anwendungen zur Verfügung gestellt und anschliessend in die Fahrzeuge eingebaut werden. Dabei ist auch zu erwarten, dass für die neuen Betriebsformen der Zugführung (z.B. GoA2) von den Aufsichtsbehörden neue Vorgaben für die Gewährleistung der Aufmerksamkeit und Sicherheit vorgegeben werden.

#### 6.1.2 Vorgaben und Regulation an ISB

Für den Bau der Eisenbahnanlagen sind die Eisenbahnverordnung und die Ausführungsbestimmungen dazu massgebend. Daraus abgeleitet existieren im Regelwerk viele weitere Reglemente resp. Detailvorgaben (z.B. [\[3\]](#), [\[4\]](#)). Diese basieren jedoch auf den in der heutigen Technologie denkbaren Risiken und geben damit vor, wie Anlagen verbaut werden müssen, damit diese Risiken sich im vertretbaren Rahmen bewegen.

Mit dem neuen Ansatz der Sicherung des Bahnverkehrs, müssen viele der vorhandenen Grundsätze neu beurteilt und hinterfragt werden. Als Beispiel kann erwähnt werden, dass der Flankenschutz darauf basiert, dass Zugfahrten vor "ungesicherten" Rangiermanövern geschützt werden müssen und damit umfangreiche und teure Flankenschutzeinrichtungen zur Erfüllung dieser Vorgabe nötig sind. Mit dem SR40 Ansatz, dass neu alle Bewegungen überwacht und damit gesichert werden, wird das Risikopotential von Kollisionen wesentlich gesenkt, was dazu führt, dass in vielen Fällen auf die teuren Flankenschutzelemente verzichtet werden kann und damit Einsparungen möglich werden. Kann dies zum Beispiel auf Bahnhöfen mit regelmässigem Rangierverkehr nicht gewährleistet werden, müssen Risiko senkende Massnahmen getroffen werden.

Dies ist nur ein Beispiel für Neuerungen durch SR40, die eine Anpassung des ganzen Regelwerks zur Folge haben werden. Da die vorgängige Anpassung jedoch wegen den vielen offenen Punkten noch keinen Sinn macht, wird der Weg die für die Erprobungsphase mit Ausnahmegewilligungen zum heutigen Regelwerk beschritten. Mit den Resultaten des Probebetriebes werden die Regelwerke im grösseren Umfang auf die neue Situation adaptiert. In Tabelle 12 sind die derzeit antizipierten Themen mit potentiellm Bedarf für Ausnahmegewilligungen, Reglementsvereinfachungen oder Verzicht auf heutige Standards ohne Anspruch auf Vollständigkeit zusammengestellt.

Thema	Einfluss/Änderung	Vorteile
Flankenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesicherte Fahrten</li> <li>• Abstellungen von Fahrzeugen ohne Tag innerhalb SR40 Netz nicht mehr möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verzicht auf den Bau von Flankenschutzelementen</li> </ul>
Bahnübergänge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung der Schliesszeiten auf Bremsverhältnisse des betroffenen Zuges.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schliesszeiten können je nach betrieblicher Situation evt. gekürzt werden.</li> </ul>
Durchrutschwege	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genauere Ortung ermöglicht, die Risiken zu minimieren.</li> <li>• Mit Stillstandsdetektion kann der Halt des Fahrzeuges sichergestellt und auf das Stellwerk übertragen werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchrutschwege können evt. verkürzt werden.</li> <li>• Keine Blockierung von Fahrwegen</li> </ul>
Ortung (GLAT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche Detektion Zugspitze und Zugschluss durch sichere Hilfsmittel.</li> <li>• Tagging von Einzelwagen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verzicht auf die meisten GFM</li> <li>• Verzicht auf Balisen für die Synchronisierung der Ortungssysteme.</li> </ul>
Signale / Führerstandsignalisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verzicht auf Hauptsignale</li> <li>• Verzicht auf Zwergsignale</li> <li>• Teilweiser Verzicht auf Tafeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalsicht entfällt</li> <li>• Keine Problematik mit der links/rechts-Aufstellung der Signale.</li> </ul>
Tafeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf dem DMI und den weiteren MMI im Führerstand könnte sehr viele Informationen, die heute auf den unzähligen Tafeln dargestellt werden, eingeblendet werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verzicht auf die Tafeln (z.B. Haltetafeln, Optimierung mit ATO) (Rückfallebene muss betrachtet werden)</li> </ul>
Schnittstellen zu Nachbarstellwerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innerhalb des SR40-Systemes gibt es keine konventionellen Stw-Stw-Schnittstellen mehr.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur noch vereinzelt Blockeinrichtungen oder FAP-Schnittstellen zu Nachbarbahnen.</li> <li>• Nur noch standardisierte Schnittstellen.</li> </ul>

**TABELLE 12 VERÄNDERUNGSPOTENTIAL DURCH SR40 MIT BEDARF AN AUSNAHMEBEWILLIGUNGEN**

Mit den neuen technischen Lösungen für SR40 werden teilweise die heute gültigen, auf der heutigen Stellwerktechnologie basierenden, Regelwerke und in einigen Fällen die AB EBV nicht eingehalten, da z.B. die Sicherheit auf andere Weise gewährleistet wird. Die neu anzuwendenden

Projektierungsgrundsätze werden im Rahmen der Erprobungsstrecken erarbeitet, aus Risikosicht bewertet und im PGV-Verfahren in Form von Ausnahmegenehmigungen beantragt werden. Diese müssen vom BAV nach der inhaltlichen Prüfung auch entsprechend genehmigt werden.

Nach erfolgreicher Erprobung sollen die gültigen Regelwerke (z.B. RTE 25000) entsprechend angepasst werden. Allfällig verbleibende Differenzen zur gültigen AB EBV sollen mit Hilfe genereller Ausnahmegenehmigungen behandelt werden, bis die AB EBV an die neue Situation angepasst werden kann.

Eine weitere Veränderung wird durch das Projekt TTR (Timetable Redesign) ausgelöst. TTR ist ein neuer Fahrplanprozess der ab 2025 eingeführt wird und Auswirkungen auf die Gesetzgebung und die Kapazitätsplanung haben wird. Das Vorhaben ist im Scope von SR40.

### 6.1.3 Projektierungsregeln

Die heute bestehenden Projektierungsregeln für ETCS L2 und für optische Signalisierung müssen überarbeitet werden. Das Regelwerk soll im gleichen Atemzug neu strukturiert werden. Da die Risiken des Gesamtsystems von Grund auf neu begutachtet und abgeschätzt werden müssen, sollen die heute gültigen unterschiedlichen Projektierungsregeln für den KGB und den EGB-Bereich untersucht und möglichst vereinheitlicht werden. Für das Zielsystem besteht kein Unterschied in der Ausprägung der Anlagen.

Die Roadmap zur Erstellung der Projektierungsregeln sieht wie folgt aus:

#### **Meilensteine:**

- MS1, Q4/20:  
Neue Grundstruktur der Projektierungsregeln ist definiert.
- MS2, Q2/22:  
Ausnahmegenehmigungen zur AB EBV für die Betriebserprobung sind weitgehend geklärt und können im Rahmen der «PGV Erprobungsstrecken» beantragt werden.
- MS3, 2024:  
Die SRQ, AWB und Auflagen aus der Entwicklungsphase sind aufgearbeitet und in den Entwurf der Projektierungsregeln eingearbeitet.
- MS4, 2025:  
Erster Stand der Projektierungsregeln vorhanden, nutzbar für Nachweisführung der Erprobungsstrecken und für Projektierung der ersten isolierten Einzelsegmente.
- MS5, 2027:  
1. Überarbeitung und Ergänzung des Regelwerks aufgrund der Erkenntnisse der Erprobung.  
Einarbeitung von generellen Ausnahmegenehmigung zur AB EBV aufgrund  
Typenzulassungen in die Regelwerke.

## 6.2 Interoperabilität

Die Interoperabilität muss gemäss den Vorgaben für das Haupt und Ergänzungsnetzes jederzeit gewährleistet werden. Die Grundlagen sind in den Richtlinie BAV zu Artikel 15a der Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen vom 23. November 1983 [5] und die IOP-Anforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes [6] beschrieben.

### 6.2.1 Interoperabilitätsanforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes.

Die Bahnreform 2.2 hatte das Ziel, ein attraktives und leistungsfähiges Bahnsystem zu fördern und die Effizienz des Zugverkehrs zu steigern. Unter anderem übernahm die Schweiz mit der Bahnreform 2.2 auf Gesetzesstufe die Inhalte der beiden Richtlinien der Europäischen Union (EU) über die Interoperabilität und über die Sicherheit. Mit der Umsetzung der europäischen Interoperabilitätsrichtlinie (Interop-RL)2 wurden für interoperable Normalspurbahnen folgende Ziele angestrebt:

1. Durchgehenden und sicheren grenzüberschreitenden Zugverkehr gewährleisten;
2. Durchgehenden und sicheren grenzüberschreitenden Zugverkehr optimieren;
3. Europäische Vereinheitlichung (und somit längerfristig auch Vereinfachung der Zulassung bzw. Bewilligung) der für die Interoperabilität bedeutsamen Teilsysteme und des Inverkehrbringens ihrer Komponenten und demzufolge auch Abbau der grenzüberschreitenden Handelshemmnisse für diese Teilsysteme und Komponenten.

Nebst der Harmonisierung von Verfahrensvorschriften werden in der EU hierfür auch (auf Basis nationaler technischer - inkl. einzelner betrieblicher - Vorschriften) Vorgaben vereinheitlicht, indem sog. Europäische Technische Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) erlassen werden.

### 6.2.2 Geltungsbereich der Interoperabilitätsrichtlinie

Gemäss dem im Rahmen des Bundesgesetzes über den zweiten Schritt der Bahnreform 2 geänderten Eisenbahngesetz (EBG) zählen in der Schweiz grundsätzlich alle Normalspurstrecken zum interoperablen Eisenbahnnetz.

Auf bestimmten Normalspurstrecken und auf allen Speziaispurstrecken macht die Anwendung aller Anforderungen der Interop-RL indessen weder Sinn noch ist sie verhältnismässig, weil es sich zum Beispiel um ein „Inselnetz“ handelt oder weil nur Spezialfahrzeuge mit reduziertem Lichtraumprofil verkehren können. Diese Aufteilung in Netzarten ist in Abbildung 26 zusammengestellt.

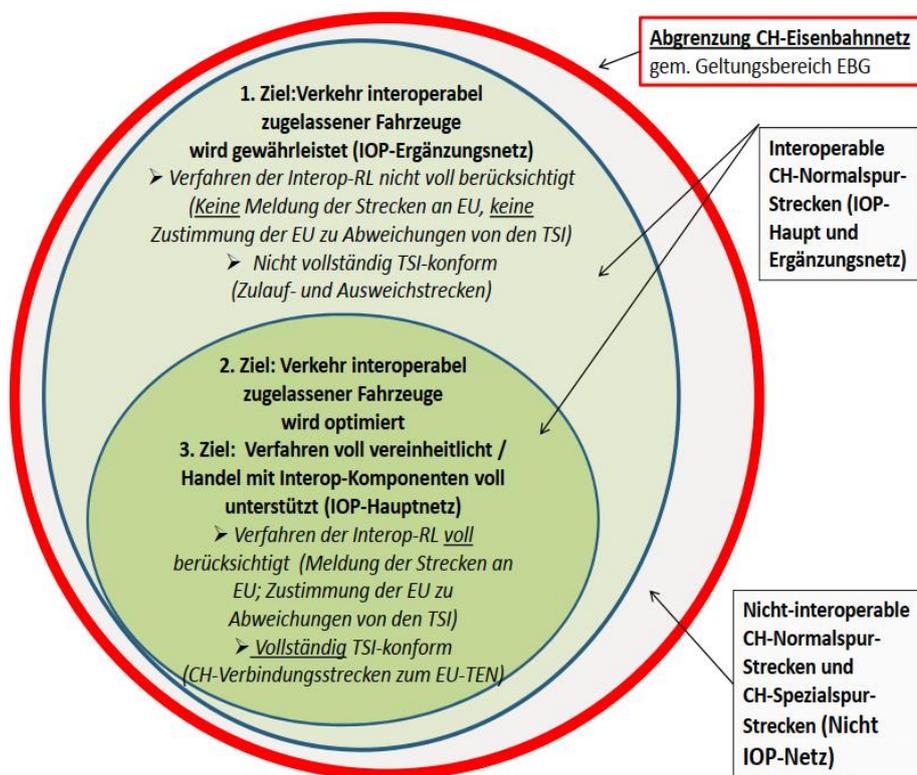


ABBILDUNG 26 SCHALENMODELL DES SCHWEIZERISCHEN EISENBAHNNETZES

Aus heutiger Sicht gehören die roten Strecken in Abbildung 27 zu diesem nicht interoperablen Streckennetz (Nicht-IOP-Netz). Ebenfalls dazugehören Anschlussgleise und Eisenbahninfrastrukturen wie Instandhaltungsanlagen mit den dazugehörigen Gleisfeldern, Waschanlagen, Werkhallen, etc.. Für diese Eisenbahnanlagen sind ausschliesslich die nationalen technischen Vorschriften (NTV) anzuwenden.

### 6.2.3 Interoperables Hauptnetz

Dies sind Normalspurstrecken (dunkelgrüne Strecken in der Abbildung 27, IOP- Hauptnetz), die sowohl interoperabel sind in Bezug auf das Verkehren interoperabler Fahrzeuge als auch in Bezug auf entsprechende Infrastrukturanforderungen. Auf diesen Strecken finden nebst den Nationalen Technischen Vorschriften (NTV) unter Berücksichtigung der notifizierten Nationalen Technischen Vorschriften (NNTV) die TSI uneingeschränkt Anwendung.

### 6.2.4 Interoperables Ergänzungsnetz

Dies sind Normalspurstrecken (hellgrüne Strecken in der Abbildung 27, IOP- Ergänzungsnetz), die interoperabel sind in Bezug auf das Verkehren interoperabler Fahrzeuge. Auf diesen Strecken müssen alle NTV erfüllt werden. In Ergänzung dazu müssen unter Berücksichtigung der NNTV<sup>1</sup> nur jene TSI-

<sup>1</sup> Eine Notifizierte Nationale Technische Vorschrift (NNTV) ist eine gegenüber der EU im Sinne von Art. 17 der Interop-RL (Richtlinie 2008/57/EG), notifizierte Länderspezifische Ausnahmeregelung in Bezug auf die entsprechende TSI.

Anforderungen erfüllt werden, welche für das Verkehren interoperabler Fahrzeuge erforderlich sind. Dies bedeutet, dass auf teilweise interoperablen Normalspurstrecken nicht alle TSI-Anforderungen erfüllt werden müssen.

TSI-Anforderungen, welche nicht Bestandteil dieses Netzes sind, sind für Strecken des interoperablen Ergänzungsnetzes nicht relevant und müssen nicht erfüllt werden.

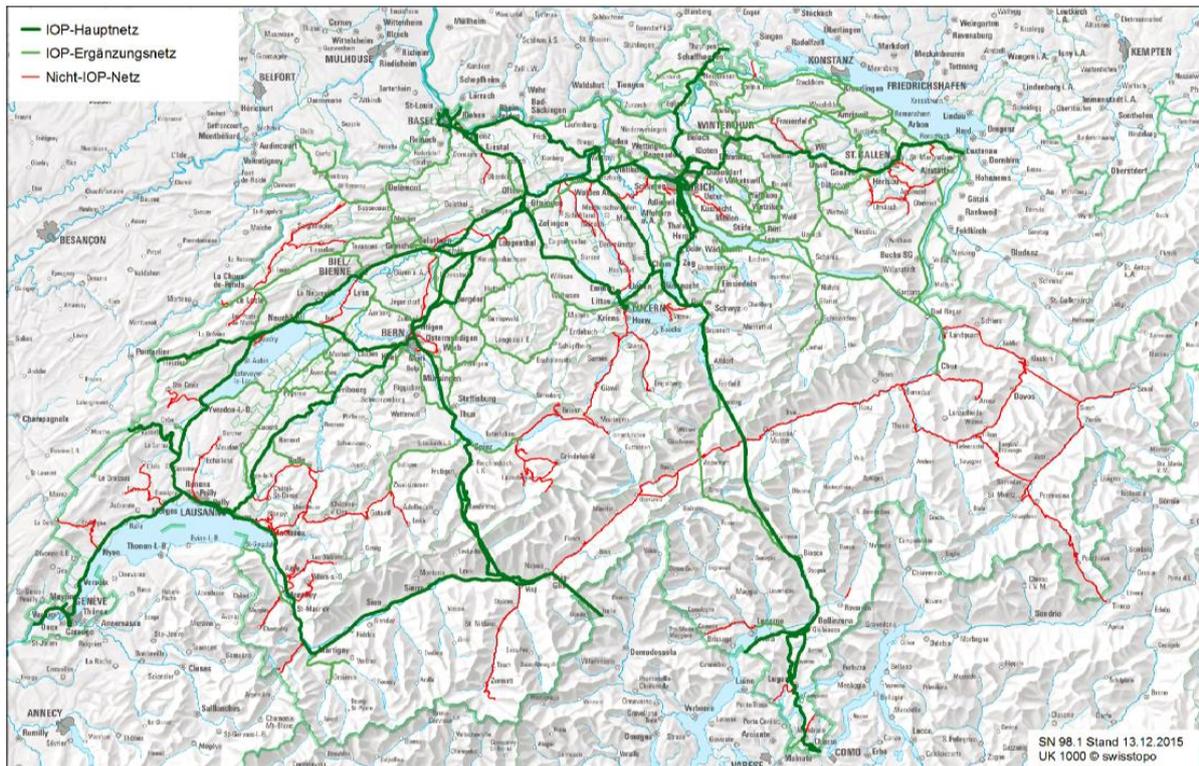


ABBILDUNG 27 ÜBERSICHTSKARTE INTEROPERABILITÄT

### 6.2.5 Netzzugangsverordnung / notifizierte nationale technische Vorschriften

Die Schweiz hat mit der Revision EBV 2013 die Vorschriften für Normalspurbahnen an die EU-Vorgaben angepasst. Gemäss der europäischen Richtlinie 2008/57/EG müssen die Staaten bei Abweichungen des nationalen Regelwerkes zur entsprechenden technischen Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) verbindliche notifizierte nationale technische Vorschriften (NNTV) festlegen. Diese sollen veröffentlicht werden und somit allen Infrastrukturbetreibern und Eisenbahnverkehrsunternehmen, Fahrzeughaltern und **Konformitätsbewertungsstellen** zur Verfügung stehen. Antragsteller haben nachzuweisen, dass ihr Teilsystem den Vorschriften der TSI und der NNTV entspricht. NNTV sind nationale Anforderungen, die von den Anforderungen einer TSI abweichen oder sie ergänzen.

## 6.2.6 Massgebende TSI-Normen

gemäss Art. 15b Abs. 2 EBV (Anhang 7 EBV, Ausgabe 1.07.2016)

- **TSI-OPE:** Beschluss 2012/757/EU der Kommission vom 14. November 2012 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union

### **Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- Die Anforderungen der TSI OPE auf den Betrieb (insbesondere TSI Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung) müssen in den Fahrdienst- oder Betriebsvorschriften enthalten sein.
  - In Bezug auf die FDV besteht kein Unterschied zwischen Strecken des IOP-Haupt- und Ergänzungsnetzes.
  - In Bezug auf die Fahrzeugzulassung bestehen gemäss FDV im Vergleich zu den TSI-Anforderungen an die Fahrzeuge zusätzliche Möglichkeiten für die Signalisierung des Zugschlusses.
  - Für die Phasen bis 2024 sind keine Anpassungen notwendig. Spätestens mit der Inbetriebnahme der Erprobungsstrecke werden für den betrieblichen Ablauf wesentliche Veränderungen der TSI OPE notwendig sein. Diese müssen frühzeitig geklärt und dabei auch das Dreieck M-T-O betrachtet werden.
- **TSI-CCS:** Beschluss 2012/88/EU der Kommission vom 25. Januar 2012 über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ (CCS) des transeuropäischen Eisenbahnsystems.

Darin werde die massgebenden technischen Spezifikationen für ETCS und GSM-R beschrieben.

### **Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- Für ETCS müssen alle Merkmale aus den TSI CCS respektive aus den darin referenzierten Spezifikationen eingehalten werden. Zusätzlich sind die jeweils gültigen Projektierungsvorgaben des Systemführers ETCS einzuhalten
  - In dieser TSI CCS ist für ETCS und FRMCS die grössten Anpassungsbedarf.
- **TSI-TAP:** Verordnung (EU) Nr. 454/2011 der Kommission vom 5. Mai 2011 über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Telematikanwendungen für den Personenverkehr“ (TAP) des transeuropäischen Eisenbahnsystems.

### **Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-LOC&PAS:** Verordnung (EU) Nr. 1302/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union.

### **Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-INF:** Beschluss 2011/275/EU der Kommission vom 26. April 2011 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems.

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-ENE:** Verordnung (EU) Nr. 1301/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Energie“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union.

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-NOI:** Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 der Kommission vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU.

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-PRM:** Verordnung (EU) Nr. 1300/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für „Menschen mit Behinderung und Menschen mit eingeschränkter Mobilität“

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-SRT:** Verordnung (EU) Nr. 1303/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im Eisenbahnsystem der Europäischen Union

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.

- **TSI-TAF:** Verordnung (EU) Nr. 1305/2014 der Kommission vom 11. Dezember 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Telematikanwendungen für den Güterverkehr“ (TAF) des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 62/2006 der Kommission.

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.
- **TSI-WAG:** Verordnung (EU) Nr. 321/2013 der Kommission vom 13. März 2013 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge - Güterwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union und zur Aufhebung der Entscheidung 2006/861/EG der Kommission, ABl. L 104 vom 12.4.2013.

**Anforderungen und Handlungsbedarf SR40:**

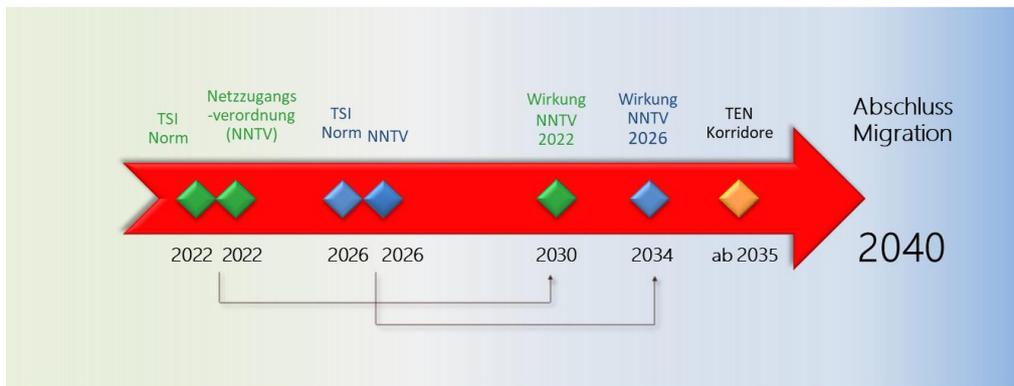
- SR40 muss gewährleisten, dass die Norm übernommen und diese Systeme entsprechend ausgestaltet werden. Anpassungen an die Norm sind aus heutiger Sicht von SR40 keine notwendig.

### 6.2.7 Auswirkungen der Interoperabilität auf SR40

Diese vorgängig beschriebenen TSI-Normen für ETCS und Connectivity bilden die Grundlagen, dass überhaupt die SR40-Basisfunktionalität eingeführt und dies als technische Grundlage für den Netzzugang erklärt werden kann.

Nach der ERA/UIC-Normung geht das SR40-Projekt von Übergangsbedingung von 8 Jahren aus. Damit erhalten die EVU genügend Zeit, um ihren Fahrzeugpark umzugestalten und die Norm anzuwenden. Diese Normung bildet die Basis für alle neu zuzulassenden Fahrzeuge. Die bis zu diesem Zeitpunkt bereits zugelassenen Fahrzeuge müssen während der Übergangsphase auf dem Streckennetz weiterhin verkehren können. Ohne Update der bestehenden Fahrzeugflotte wird das aber nicht möglich sein. Es braucht deshalb eine mit dem BAV abgesprochene Lösung resp. Anreizsystem, wie die EVU bewegt werden können, ihre bereits zugelassenen Fahrzeuge umzurüsten und eine neue Zulassung zu erwirken.

Durch die in Abbildung 28 beschriebene Zusammenspiel aus Revisionszyklus und Übergangsbedingungen ergeben sich teilweise überschneidende Zeiträume, in denen verschiedene Ausrüstungsstandards möglich sein müssen.



**ABBILDUNG 28 ENTSCHEIDUNGSPUNKTE UND ÜBERGANSFRISTEN TSI (BEISPIEL)**

Es kann frühestens ab ca. 2032 damit gerechnet werden, dass flächendeckend genügend Fahrzeuge zur Verfügung stehen und dadurch eine unabhängige Rolloutplanung erstellt werden kann. Da die Rolloutphase in geringerer Kadenz bereits einige Jahre früher beginnt, müssen die betroffenen EVU in einvernehmlicher Weise dazu gebracht werden, dass der notwendige Fahrzeugpark umgebaut und damit rechtzeitig zur Verfügung gestellt wird. Anreizmodelle wären zum Beispiel die Mitfinanzierung der CCS-Ausrüstung der Fahrzeuge. Vor dem Hintergrund, dass damit im Grunde ein Teil der heutigen Infrastruktur in die Fahrzeuge verlegt wird, wäre dies möglicherweise ein sinnvoller Weg.

Auch für die Rolloutplanung nach 2032 wird eine Zusammenarbeit mit den EVU angestrebt, damit bei älterem und auszurangierendem Rollmaterial keine teuren Investitionen kurz vor Lebenszyklusende getätigt werden müssen.

### 6.2.8 Auswirkungen auf die Rolloutphasen

Sowohl die Erprobungsstrecken, wie auch die isolierten Einzelstrecken aus der Etappe 2 befinden sich im Ergänzungsnetz. Das heisst, dass die Verfahren der Interop-RL nicht voll berücksichtigt werden müssen (Keine Meldung der Strecken an EU, keine Zustimmung der EU zu Abweichungen von den TSI). Die Strecken müssen nicht vollständig TSI-konform sein. Die nationalen technischen Vorgaben (NTV) müssen jedoch vollständig erfüllt werden oder mit Ausnahmegewilligungen beim BAV für SR40 ausser Kraft gesetzt werden.

Es muss jedoch gewährleistet werden, dass die interoperablen Fahrzeuge, die bereits eine Zulassung für das Befahren des Schweizer ETCS-Netzes erhalten haben, weiterhin auf den in SR40 migrierten Strecken verkehren können. Da jedoch auf den migrierten Strecken als Minimum eine ETCS Baseline 3 (min. SRS-Version 3.4) vorhanden sein muss, besteht hier eine andere Anforderung, die im Networkstatement der entsprechenden ISB rechtzeitig veröffentlicht werden muss. Da die Anpassung der Fahrzeuge sehr aufwendig sein kann (Aufwärtskompatibilität der heutigen ETCS OBU ist teilweise nicht mehr möglich), muss eine akzeptable Lösung mit der angestrebten Übergangszeit angestrebt werden. Die Ausarbeitung der Lösung muss in der nächsten Phase in enger Zusammenarbeit mit dem BAV erfolgen.

Für Erprobungsstrecken gilt: Als Minimum muss die Anwendung der aktuellen TSI Version 3.6.0. implementiert werden. Die Projektierung der Erprobungsstrecken muss jedoch kompatibel zur TSI CCS 2022 und aufwärtskompatibel zu der zu diesem Zeitpunkt einschätzbaren TSI CCS 20xx sein.

Damit die Interoperabilität auf dem Kernnetz erreicht werden kann und auch die Fahrzeughalter der bereits zugelassenen Fahrzeuge motivieren können, auf die aktuelle Baseline Version zu wechseln und ein neues Fahrzeuggerät einzubauen, sind folgende Möglichkeiten denkbar:

- Einführung einer Policy mit der EU.
- Lösung mit BAV aushandeln (Anreize schaffen: z.B. Finanzielle Unterstützung beim Umbau der Fahrzeuge oder Einfluss auf die Trassenpreise).

Erst mit dem Rollout des Kernnetzes ab 2030 wird das interoperable Hauptnetz betroffen.

### 6.2.9 Erhaltung der Interoperabilität

Die Umrüstung der beiden TEN-Korridore Basel – (Domodossola) und Basel - Chiasso/(Luino) erfolgt erst nach 2035, wenn die Übergangsfrist nach Anpassung an die TSI-Normen 2022 abgelaufen ist. Der Grundsatz, dass TSI-konforme Fahrzeuge auf dem interoperablen Haupt- und Ergänzungsnetz freizügig verkehren können, wird soweit möglich berücksichtigt.

Damit die zuerst migrierten Strecken überhaupt befahren werden können, ist die ETCS Ausrüstung mit mindestens Baseline 3 SRS-Version 3.4 zwingend, da mit dieser der volle Zugang weiterhin garantiert ist. Die Fahrzeuge benötigen damit zwar keine Vollausrüstung, es kann jedoch auch nicht die volle Funktionalität gewährleistet werden. Sobald die Funkabdeckung mit FRMCS flächendeckend gegeben ist, und die Möglichkeiten der neuen Funktionalitäten ausgenutzt werden sollen, ist auf den Fahrzeugen eine erste Anpassung zwingend.

Nach der Migration (Inbetriebnahme) von Anlagen auf SR40 Strecken, wird es nicht mehr möglich sein, mit Fahrzeugen mit einer ETCS Ausrüstung mit Baseline 2/3 niedriger als SRS-Version 3.4 (unter GSM-R) oder > 3.6 (unter FRMCS) eigenständig über die SR40 Strecken zu fahren. Die auf diesen Strecken verkehrenden, nicht ausgerüsteten Züge benötigen damit einen Vorspann, welcher mit einem kompatiblen Fahrzeuggerät ausgerüstet ist. In der Projektumsetzung des betroffenen Streckensegments wird die Befahrbarkeit mit den zwingenden Fahrten betrachtet und eine machbare Lösung ausgearbeitet.

Betriebsnotwendige Fahrzeuge für den Unterhalt und die Intervention müssen entweder mit einem kompatiblen Führerstand ausgerüstet sein oder es muss eine abrufbereite, kompatible Vorspannlock bereitstehen.

## 6.3 Notwendige neue technische Spezifikationen und Standards

Die wichtigsten massgebenden technischen Spezifikationen, die im Projekt SR40 berücksichtigt werden müssen, sind in den folgenden Kapiteln kurz aufgelistet.

### 6.3.1 Connectivity

Die Vorgaben für den Standard FRMCS werden gegenwärtig durch die UIC spezifiziert. Wie heute für GSM-R wird aus diesen Arbeiten eine System Requirements Specification (SRS) und eine Functional Requirements Specification (FRS) resultieren. Nach aktueller Projektplanung der UIC sollen die FRMCS SRS/FRS Ende 2021 in der Version 1.0 vorliegen. Die European Union Agency for Railways (ERA) sieht vor, die für die Interoperabilität in Europa relevanten Aspekte dieser Spezifikationen in das TSI CCS Update 2022 aufzunehmen. In Bezug auf Übergangsfristen hat sich die ERA noch nicht definitiv festgelegt, angedeutet wurde jedoch, dass die Länder die Einführung von FRMCS individuell planen können und eine Übergangsfrist von 10 Jahren für die Abschaltung von GSM-R vorzusehen ist.

Um eine bessere Modularität und Austauschbarkeit der technischen Ausrüstungen, insbesondere fahrzeugseitig, erreichen zu können, soll unter anderem auch die Schnittstelle zwischen den verschiedenen Anwendungen wie ETCS, ATO, Voice, etc. und der Telekommunikationsausrüstung standardisiert werden. Da solche Schnittstellenspezifikationen für die Interoperabilität nicht relevant sind, sind sie nicht im Scope der TSI. Es steht zum heutigen Zeitpunkt noch nicht fest, ob und in welcher Form die Verbindlichkeit dieser Spezifikationen in Europa festgelegt wird.

### 6.3.2 ETCS

Damit die Grundfunktionalitäten z.B. für den Moving Block und GLAT angewendet werden können, sind noch diverse Ergänzungen in den SRS notwendig. Folgende wichtige Change Requests (CR) werden gegenwärtig spezifiziert, beantragt und müssen in den TSI Normen 2022 veröffentlicht werden:

- **Always Connected/Always Located:** Mit diesem CR wird bezweckt, dass die Fahrzeuge «immer» ihre Position dem Stellwerk/RBC melden. Dies auch während Abstellungen im Gleisfeld oder wenn das Fahrzeug am Zugschluss im Sleeping Mode mitläuft. Auf diese Weise kennt das Stellwerk/RBC immer die Fahrzeugposition bzw. weiss, wo sich Züge auf dem Gleis befinden und kann diese unter Umständen beeinflussen (z.B. Emergency Stop beim Rangieren). Das bedeutet auch, dass die Anzahl «ungesicherter» Fahrten im Mode Staff Responsible wesentlich verringert wird, da das Stellwerk jede Bewegung eines Objektes verfolgen kann. Zudem wird mit diesem CR möglich, über die Positionsmeldungen der Spitze (Lokomotive) und des Trieb-/Steuerwagen am Schluss die Zugausdehnung auf dem Gleis zu ermitteln. Mit solchen Zügen wird es möglich, Moving Block anzuwenden.
- **Minimum safe rear end position and position reporting ambiguities (CR940):** Für die korrekte Handhabung von Train Integrity und Safe Train Length wurde der CR940 in der SRS Version 3.6.2 umgesetzt. Dieser CR ist notwendig, damit auf der Erprobungsstrecke die Anwendung Moving Block möglich wird und die Funktionalität bereits frühzeitig getestet werden

kann. Die auf dieser Strecke verkehrenden Züge müssen umgerüstet werden, damit sie Train Integrity und Safe Train Length Informationen an das Stellwerk/RBC senden können.

- **Full Supervision for Propelling:** Dieser CR soll geschobene Zugfahrten im Full Supervision Mode ermöglichen. Dieser Mode schafft die Basis, dass "Rangierfahrten" sicher abgewickelt werden können.
- **Advanced Shunting:** Mit diesem CR werden die "Rangierfahrten" gesichert. Die Rangierfahrten sollen in Zukunft wie Zugfahrten überwacht werden. Es gibt nur noch Bewegungserlaubnisse, die im SR40-Bereich ständig mit einer Bremskurvenüberwachung auf Korrektheit überprüft werden. Mit dieser Funktion kann zudem als logische Konsequenz auf die Rangiersignale verzichtet werden.

### 6.3.3 FRMCS

#### **Regulatorische Aspekte FRMCS**

Der regionale Regulator CEPT wurde dazu beauftragt, eine Koexistenz-Studie anzufertigen, die die Nutzung des Spektrums 873-880/918-925MHz innerhalb von Breitband Radio Systemen erlaubt. Das Mandat zur Studie beinhaltet aber nur einen Spektrum-Bereich von 874.4-880/919.4-925MHz. Dennoch sollte der nationale Regulator für einen gewissen Übergangszeitraum die Nutzung der 2x7MHz für FRMCS erlauben, zumindest im Zeitraum der Ko-existenz von GSM-R und dessen Nachfolger FRMCS.

Zudem werden andere Anteile vom Frequenzspektrum für die Nutzung innerhalb der Bahnkommunikation in Europa anvisiert. Stellvertretend sei an dieser Stelle der Spektrum-Bereich 1900-1920MHz genannt.

#### **Nutzung Spektren für FRMCS**

In Zukunft wird möglicherweise die Bahnkommunikation in Europa und somit auch in der Schweiz gleichzeitig mehrere nicht zusammenhängende Spektrum-Anteile für FRMCS nutzen können. Ob alle verfügbaren Spektrum-Anteile in allen Ländern verfügbar sind, ist momentan nicht absehbar. Generell wird eine Harmonisierung der Spektren in Europa notwendig, sodass beim Grenzübertritt die Fahrzeuge über das lokal verfügbare Spektrum kommunizieren können. Der Satz der harmonisierten Spektren wird wahrscheinlich über ein Anker Spektrum (Ein gemeinsames Spektrum, das in jedem Land unterstützt wird) verfügen, dass alle Länder der Region für FRMCS zur Verfügung stellen müssen. Daraus resultierend unterstützen die Radiomodule alle Spektren innerhalb des Harmonisierungssatzes und der Infrastrukturmanager setzt dann die lokal verfügbaren Spektren ein, die aber dem Harmonisierungssatzes entsprechen.

## 6.4 Zulassungen

Für die Einführung des SR40 Konzepts sind je nach Sicherheitsanforderungen entsprechende Zulassungen notwendig. Die diversen Komponenten werden durch unterschiedliche Hersteller entwickelt, was dazu führt, dass pro Komponente eine Zulassung und eine Gesamtzulassung über das Gesamtsystem notwendig ist.

Die entsprechenden Systemzulassungen bilden dann eine Basis, eine Betriebsbewilligung für die entsprechend auszurüstenden Strecken zu erhalten. Für die ersten Strecken bedarf es einer Erprobungsbewilligung, für die Strecken des Kernnetzes auf Basis des eingereichten generischen PGV's jeweils eine definitive Bewilligung, die von einer erfolgreichen Betriebserprobung abhängig ist.

Die Details über den gesamten bei SR40 vorgesehenen Zulassungsprozess sind in Erarbeitung und müssen mit den Vertretern des BAV entsprechend ausgehandelt werden. Um diesen Prozess strukturiert zu durchlaufen, verfügt SR40 über ein dediziertes Regulationsmanagement, das Änderungsbedarfe bzw. Konflikte mit der Regulation programmübergreifend sammelt, koordiniert und den Bereinigungsprozess transparent begleitet, um potentielle Risiken frühzeitig zu erkennen. Details hierzu können dem Konzept für die Erprobungsstrecken entnommen werden [\[7\]](#).

### 6.4.1 Anforderungen an die Fahrzeuge

Für die Zulassung der Fahrzeuge bzw. der Ausrüstung sind eine Reihe von Anforderungen auf schweizerischer und europäischer Ebene einzuhalten.

Für die Integration wird eine Änderungszulassung je Baureihe zur Erlangung einer unbefristeten Betriebsbewilligung nach Artikel 5 der AB EBV angestrebt. Dies umfasst den Nachweis gleichbleibender Sicherheit. Dabei ist der Prozess gemäss VöV Richtlinie RTE 49100 anzuwenden. Weiter sind von Seite SBB Infrastruktur (I-AT-SAZ Team Systemführerschaft) jeweils aktuellen Anforderungen an die CCS-Fahrzeugarchitektur einzuhalten:

- Alle Fahrzeuge (und deren CCS-Architektur) müssen die Europäische Technical Specification for Interoperability (TSIs) erfüllen
- Sie müssen auch die schweizerischen Notifizierten Nationale Technischen Vorschriften (NNTV) erfüllen (die NNTV sind gemäss der TSI Struktur organisiert)
- Die Anforderungen an die Fahrzeuge sind hauptsächlich in den CCS-TSI (Control Command and Signalling), TSI-LOC/PAS (Locomotives and Passenger rolling stock) und TSI-OPE (Operation and Traffic Management) enthalten.

## 7 Migrationsperimeter

Das Ziel des Branchenprogramms SR40 besteht darin, dass ein möglichst grosser Teil der heutigen Bahnanlagen mit der SR40-Technologie ausgerüstet wird, damit die Vorteile möglichst flächendeckend realisiert werden können. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Umrüstung auch Sinn macht und wirtschaftlich vertretbar ist. Das Bahnnetz ist weit vernetzt und hat unterschiedliche Schnittstellen zu ausländischen Bahnen, zu anderen ISB mit unterschiedlichen Netznutzern und weiteren Abhängigkeiten und Spezialitäten. Dieses Kapitel beschreibt, welche Abgrenzungen bzw. Übergänge zu lösen sind, um welche Schnittstellen es bei einigen Beispielen handelt und wie Lösungsansätze aussehen könnten. Die eigentlichen Lösungen werden im weiteren Verlauf dann für das Rolloutkonzept Kernnetz erarbeitet.

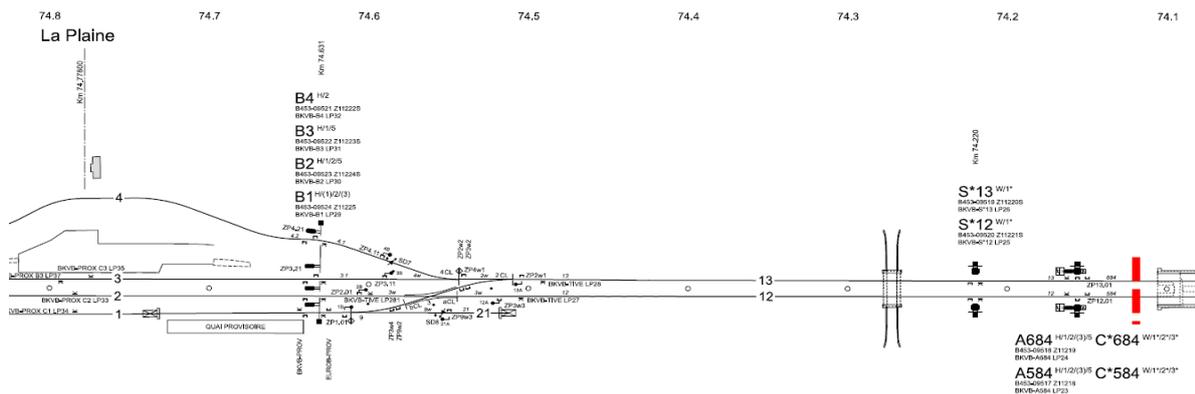
### 7.1 Perimeter SR40

Das Zielbild beinhaltet das ganze Streckennetz der Schweizer Normalspurbahnen, das miteinander verbunden ist – dies, weil die Fahrplankonzepte keine Rücksicht auf ISB-Grenzen nehmen. Z.B. Wil – Nesslau. Weiter wird angestrebt, dass auch die Meterspurbahnen zu gegebener Zeit die Technologie übernehmen und ihre Systemkosten senken können.

Während des Rollouts wird es innerhalb des SR40-Perimeters zu Schnittstellen bzw. Übergängen zwischen der SR40-Welt und den Strecken, die mit ETCS L1LS/L2 ausgerüstet sind, kommen. Mit dem Abschluss des Rollouts werden diese aber verschwunden sein. Es bleiben aber Übergänge zu Netzen ausländischer ISB oder zu Anlagenteilen wie Rangierbahnhöfen oder Abstellanlagen, auf denen eine SR40-Vollausrüstung nicht sinnvoll ist.

#### 7.1.1 Grenzregionen

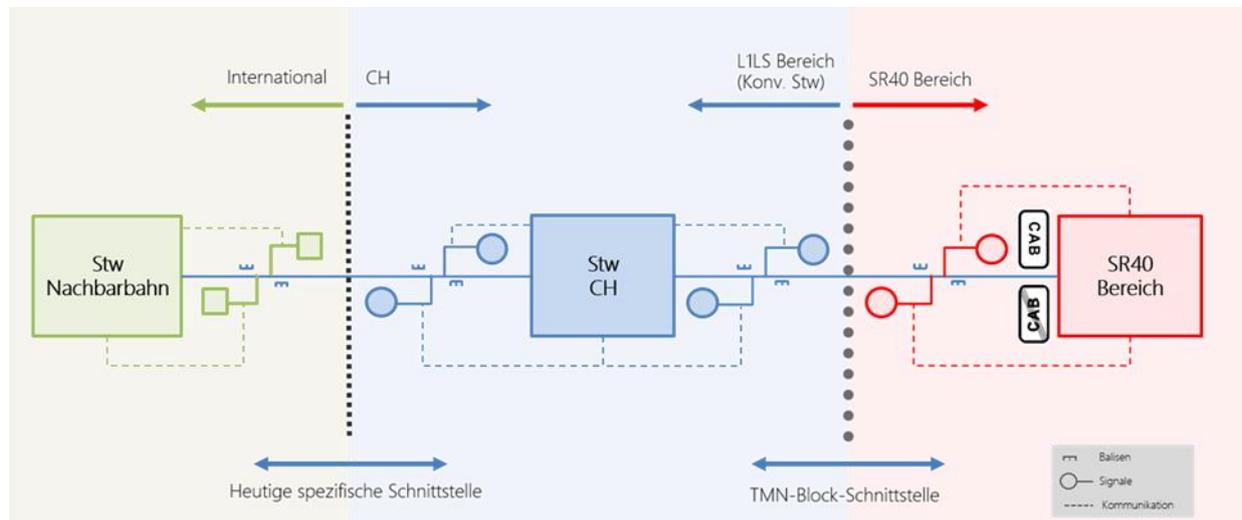
Die Details bezüglich der Schnittstellen zu den Grenzregionen sind bisher noch nicht im Detail definiert worden. Eine Transition direkt an der Übergangsstelle zu den Nachbarbahnen wird ohne Einbezug/Migration der Nachbarbahnen unmöglich sein. Der Übergang muss demzufolge an einem geeigneten Ort im oder vor dem Grenzstellwerk erfolgen. Damit sich die Anzahl der Übergangsgleise in einem beschränkten Rahmen bewegt, wird angestrebt, den Übergang auf der Strecke zum Grenzstellwerk zu legen. Dazu muss auch der Migrationszeitpunkt der transitierenden Fahrzeuge betrachtet werden. Die Übergänge müssen situativ pro Grenzübergang festgelegt werden. In Abbildung 29 wird dies am Beispiel Genève La Plaine diskutiert.



**ABBILDUNG 29 BEISPIEL SYSTEMÜBERGANG AN GRENZE**

Die Schnittstelle würde hier sinnvoll vor dem Einfahrsignal platziert werden (rote Markierungen in Abbildung 29) und die Einfahrsignale werden vom bestehenden Stellwerk in La Plaine angesteuert. Die beiden ersten Signale (beide Fahrrichtungen) des Übergangs werden durch das neue ETCS Stellwerk angesteuert.

In der Migrationsphase soll eine einheitliche Lösung zur bestehenden Stellwerkwelt geschaffen werden. An den definierten Segmentgrenzen sollten keine Anpassungen an der bestehenden Stellwerktechnik notwendig sein. Sind an den Rolloutgrenzen Normungen notwendig, müssen diese vorgängig in der alten Technik umgesetzt werden. Dieses Konzept ist in Abbildung 30 illustriert.



**ABBILDUNG 30 KONZEPT GRENZÜBERGANG**

Zielsetzung muss jedoch sein, dass auch die Grenzstellwerke in SR40 integriert werden, ansonsten die ganze Obsoleszenz dieser Grenzstellwerke zum Tragen kommt. Dazu braucht es jedoch aufwendige Absprachen und konzeptionelle Überlegungen zur Transition.

Die Lösung, wie die Übergänge zu den umliegenden Ländern mit dem Ansatz SR40 ausgestaltet werden können, muss in den kommenden Jahren ausgearbeitet werden. Die Überlegungen der

Nachbarbahnen, inwieweit auch dort der SR40 Ansatz angewendet wird sind noch zu wenig konkret. Zielsetzung muss sein, dass bis 2030 pro Nachbarland eine Lösungsansatz definiert wird.

## 7.1.2 Rangierbahnhöfe

Die heutigen Rangierbahnhöfe sind grosse Stellwerksanlagen, welche sehr viele Elemente steuern. Auf RB-Anlagen existieren neben den grossen Stellwerkanlagen für die Annahmegleise, Ausfahringleise und den Richtungsgleise immer noch spezielle Ablaufstellwerke (heute Stellwerktyp MSR 32), welche den Ablaufprozess mit Schnellläuferweichen steuern und aufgrund der notwendigen Leistungsfähigkeit auf Fahrwegbasis funktionieren. Der SIL-Level ist mit 2 tiefer als bei normalen Stellwerken. Es ist aus heutiger Sicht nicht vorgesehen, dass diese Spezialanlagen in SR40 integriert werden.

Die Rangieranlagen werden örtlich bedient und sind teilweise automatisiert. Sie wurden jedoch mit Ausnahme der gemischten Anlage in Buchs SG nicht ferngesteuert. Die Bedienoberfläche ist bei den grossen SpDrs 60 Anlagen individuell erstellt und ist bereits heute am Lebensende angelangt resp. werden neue individuelle Lösungen kreiert. In Tabelle 13 sind die Mengen und die Inbetriebnahme Zeitpunkte zusammengestellt. Mit Ausnahme der Rangierbahnhöfe Basel RB1 und Buchs SG werden die Anlagen 2040 ein Alter erreicht haben, das über ihrem sinnvollen Lebensende liegt. Das bedingt, dass in der nächsten Phase ein Substanzerhaltungs- und Migrationskonzept für die RB erstellt werden muss.

Anlage	Stellwerktyp	IBN Jahr	Elemente	Weichen	Alter im Jahr 2040
Lausanne-Triage	SpDrs 60	1971	570	107	69
Basel SBB RB II	SpDrs 60	1973	1'570	319	67
Basel RB I	Simis W	2012	500	122	28
Buchs SG	Simis W	2008	350	65	32
Chiasso SM	SpDrs 60	1967	1'100	233	73
RB Limmattal	SpDrs 60	1978	1'500	365	62
<b>Total</b>			<b>5'540</b>	<b>1'211</b>	

TABELLE 13 MENGENGERÜST RANGIERBAHNHÖFE

Im SR40 Rolloutkonzept ist geplant, dass die RB-Anlagen im letzten Rollout-Segment (2040) migriert wird. Bis zu dieser Umstellung vergehen noch 20 Jahren, in denen sich im Rangierprozess konzeptionell noch viel verändern könnte. Das heisst, vor einer Migration müssen die Anforderungen an die Funktionalität mit der Strategischen Planung vorgängig überprüft werden.

Die grossen SpDrs 60 Stellwerke in den Rangierbahnhöfen Limmattal, Basel II, Lausanne Triage und Chiasso gelangen bis 2040 an ihr Lebensende (Innenanlage und Aussenanlage). Es besteht dabei eine Chance, dass diese Anlagen ohne Umweg über den Bau eines neuen Stellwerks, direkt in SR40 migriert werden.

Neben den technischen Aspekten müssen auch die Nutzungskonzepte betrachtet werden. Diese werden zurzeit im Zielbild Güterverkehrsanlagen im Auftrag des BAVs untersucht. Die Strategie für die RBs (SBB VR 2014) hat nach wie vor Gültigkeit. Auf Basis dieser Strategie werden derzeit in den Anlagen RBL und BSRB II die Rangiertechnik und z.T. die Ablaufsteuerung ersetzt, was die Lebensdauer der Rangieranlagen entsprechend verlängern wird.

Die bestehenden RB-Anlagen werden weiterhin in ihrer heutigen Prägung benötigt. Aus der aktuellen Sicht werden sich folgende Anlagen weiter entwickeln:

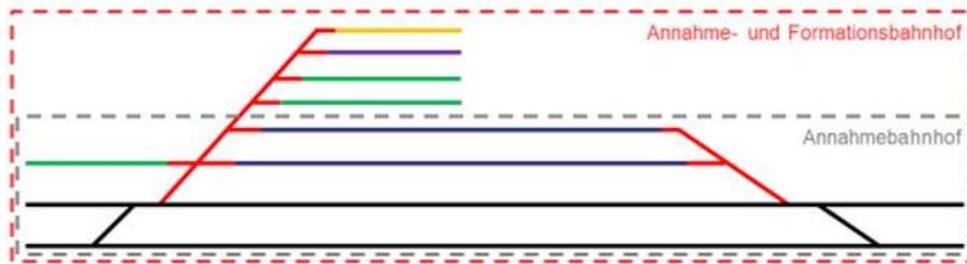
- **Lausanne Triage:** wird zurück gestuft zu einem regionalen Formationsbahnhof.
- **Buchs:** wird zurückgestellt zu einem Formationsbahnhof und wird von einer EVU betrieben.
- **Chiasso:** dient heute als RB für Norditalien und wird durch DB Schenker betrieben.

Der Richtungsentscheid für die Migration muss noch nicht heute gefällt werden. Im Jahr 2030 werden eine vertiefte Betrachtung und die Entwicklung eines Konzeptes dafür nötig. Bis dahin sollten die Randbedingungen aber auch besser bekannt sein. Im Rolloutplan ist daher vorerst als Platzhalter vorgesehen, dass die Anlagen 2040 in smartrail 4.0 integriert werden.

### 7.1.3 Anlagen des Güterverkehrs

Für die Abwicklung des Güterverkehrs sind neben den Rangierbahnhöfen auch eine entsprechende Infrastruktur für die Verteilung und Abstellung des Güterverkehrs notwendig. Neben den Formationsbahnhöfen werden auch grosse und kleine Annahmehäfen benötigt. Diese Bahnhöfe benötigen für die Annahme, die Formation, den Freiverlad und die Abstellung andere funktionale Anforderungen. Dabei sind für die Entlastung der Zugverkehrsleiter für die einzelnen Funktionen andere Betriebsformen vorgesehen.

In den Jahren 2025 – 2035 werden 15-20 Anlagen nach dem neuen Annahmekonzept umgebaut. Dabei werden diese gemäss einem gegenwärtig in Bearbeitung befindlichen Standardkonfiguration mit Annahmegleisen, Auszugsgleis und Abstellgleisen konzipiert. Die Umsetzung wird noch vor der Migration in SR40 erfolgen. Zwingend ist jedoch, dass bereits bei der Konfiguration die neuen SR40-Prozesse berücksichtigt werden und die vorgesehenen Schnittstellen zwischen dem SR40-Bereich und Out of Scope-Bereich ohne Anpassungen übernommen werden können.



	Mindestanforderung	Begründung
	2 Annahmehöfe: 1 Gleis à 750 Meter 1 Gleis à 650 Meter	Zur gleichzeitigen An- und Abfahrt von Güterzügen werden zwei Gleise benötigt. Die Gleislängen entsprechen den Planungsstandards
	Formationsgleise: 1 Gleis pro Destination à 100-200 Meter	Für die Feinsortierung wird pro Destination, die ab dem Teambahnhof bedient wird, ein Formationsgleis benötigt.
	Abstellgleise	tbd. Für die Abstellung von nicht benötigten Wagen.
	Freiverlad min. 100 m Gleis	Reduktion der Überfuhrarten

**ABBILDUNG 31 STANDARDLAYOUT DER FORMATIONS- UND ANNAHMEBAHNHÖFE**

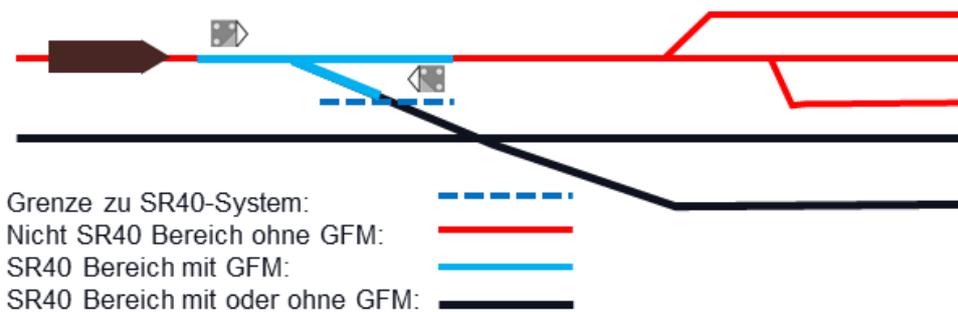
#### 7.1.4 Abstellanlagen für Personenzüge

Für das Abstellen von Zügen und Wagen werden Abstellanlagen benötigt. Es ist geplant, in den nächsten Jahren neue, zusätzliche Abstellanlagen zu bauen, um Platz für zusätzliche Züge zu schaffen. Mit dem Neubau oder mit der Nachrüstung von modernen Stellwerksanlagen werden die heutigen, teilweise noch mit Handweichen ausgerüsteten, Anlagen automatisiert und ferngesteuert. In vielen Fällen werden die Anlagen gemischt betrieben und verfügen über einige Gleise für durchfahrende, teilweise für den Personalwechsel haltende, Züge und einige Gleise für Abstellungen (Nacht, Wochenende, längerfristig).

#### 7.1.5 Migrationskonzept für Abstellanlagen

Je nach Nutzungsart werden diese Anlagen unterschiedlich in SR40 migriert. Anlagen, die laufend bewirtschaftet werden und auf denen Fahrzeuge / Kompositionen mit genügend genauen und sicheren Ortungssystemen abgestellt werden, müssen in das System SR40 integriert werden. Gleise, die für die Abstellung von nicht getagten Einzelwagen genutzt werden, müssen zwingend ausserhalb des SR40 Bereiches sein. Ist dies nicht möglich, muss innerhalb des Bereiches eine Zone mit GFM ausgerüstet und gegenüber dem Bereich ohne GFM mit spurbewirktem Flankenschutz ausgerüstet werden, damit ein etwaiges Entrollen eines Wagens in den SR-Bereich verhindert werden kann. In Abbildung 32 ist das entsprechende generische Schema für Abstellanlagen unter diesen Prämissen gezeigt.

Für die Abstellanlagen kann damit kein generelles technisches Umsetzungskonzept definiert werden. Jede Anlage muss individuell betrachtet und mit den Verantwortlichen des Netzdesigns und der betroffenen EVU abgestimmt werden. Es wird angestrebt, dass möglichst vordefinierte Standardlösungen umgesetzt werden. Diese müssen auf die Bedürfnisse der lokalen Anforderungen Rücksicht nehmen. Dabei spielen die heutigen Zonen mit umschaltbaren Lokalbetrieb eine wichtige Rolle. Diese Betriebsart muss in Kombination mit Anschlussgleisen weiterhin möglich sein.



**ABBILDUNG 32 SCHNITTSTELLEN SR40 ZU LOKALEN ZONEN**

### 7.1.6 Schnittstellen zu nicht in SR40 integrierten ISB

SR40 ist als Branchenprogramm angelegt. Die wichtigen Player wie SBB, BLS, SOB und tpf sind aktiv beteiligt und werden in der Migration der Infrastrukturanlagen berücksichtigt bzw. einbezogen. Der Rollout aller beteiligten Bahnen wird aufeinander abgestimmt und die komplizierten Schnittstellen bzw. die provisorischen Segmentsgrenzen-Schnittstellen der ISB somit auf ein Minimum reduziert. Trotzdem lassen sich innerhalb des dichten schweizerischen Bahnnetzes mit vielen ISB und starker Vernetzung der Angebote Systemübergänge zu anderen Bahnen nicht vollständig vermeiden, z.B. bei niveaugleichen Kreuzungen von SR40-Infrastrukturen durch andere Bahnen. Es ist dabei zu unterscheiden zwischen Übergängen, die regelmässig gemäss Fahrplan befahren werden und Übergängen, die nur sporadisch befahren werden.

Auf der Normalspur umfasst dies beispielsweise folgende Fälle:

- **Schnittstellen zu ISB, die nicht mit NeTS arbeiten:** Übergänge zu normalspurigen ISB, die nicht in SR40 migriert werden (z.B. CJ, ETB, SZU, TMR, transN, Travys) erhalten eine normierte TMS-Schnittstelle gemäss Kapitel 7.1.1.
- **Rorschach (Rorschach – Heidenbahn, Appenzeller Bahn):** Schnittstelle in Rorschach zwischen der Infrastruktur der SBB und der RHB.
- **Arth-Goldau (Rigi-Bahn):** Übergang für Servicezwecke zwischen der Stellwerkanlage Arth-Goldau und der Infrastruktur der Rigi-Bahn.
- **Zweisimmen (BLS – MOB Übergang):** Die vorgesehenen Prozesse für die Abwicklung der Umspuranlage müssen möglich bleiben.

Vor allem Schnittstellen zu Meterspurbahnen sind in vielen Fällen so gelegen, dass besondere Sicherungslösungen durch die Verschneidung von SR40 mit nicht-SR40 Anlagen nötig werden. Beispielsweise ist dies der Fall in:

- **Luzern (Drei-/Vierschienengleis zu Zentralbahn):** Unregelmässiges Befahren des Dreischienengleises in Richtung Zentralbahn für die Zustellung von Güterwagen (Abbildung 33).

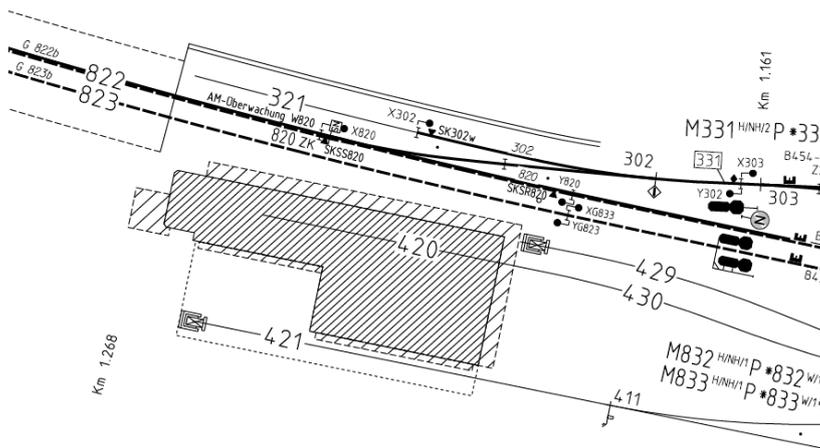


ABBILDUNG 33 SITUATION DREI-/VIERSCHIENENGLAIS ZB IN LUZERN

- **Luzern (Querungen Meterspurgleis/Normalspurgleise):** regelmässiges Queren von Meterspurgleisen resp. umgekehrt von Normalspurgleisen (Abbildung 34).



ABBILDUNG 34 SITUATION KREUZUNG METER-/NORMALSPUR IN LUZERN

- **Chur (Nutzung SBB/RhB):** Querung Arosabahn zu den Stammgleisen der RhB mit Umschaltung der Fahrleitungsspannung. Damit die RhB-Gleise auf der Südseite (Arosabahn) erreicht werden können, müssen die Gleise der Normalspurbahn gequert werden. Die Fahrzeugausrüstung der RhB wird voraussichtlich keine kompatible SR40 Ausrüstung vorweisen (Abbildung 35).

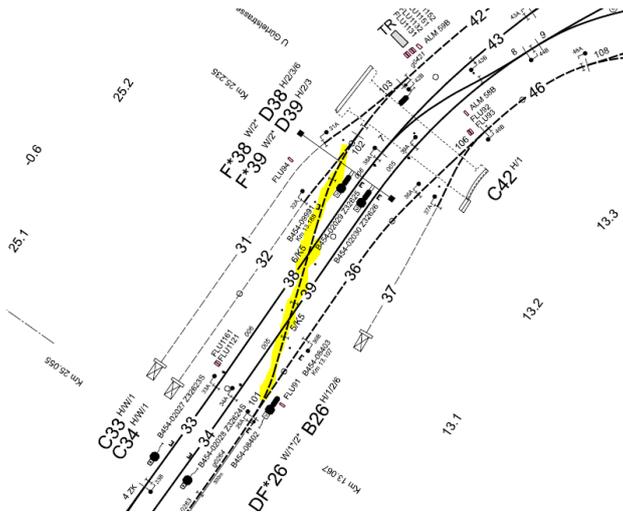


ABBILDUNG 35 SITUATION KREUZUNG NORMALSPURANLAGE DURCH METERSPURGLEIS, CHUR

- **Chur (Dreischienengleis Richtung Domat/Ems):** Regelmässige Zustellungen über die Dreischienengleise zu den Emser Chemiewerken. Die Fahrzeuge der zustellenden EVU sind mit SR40 kompatiblen Zugbeeinflussungssystemen ausgerüstet. (Abbildung 36)

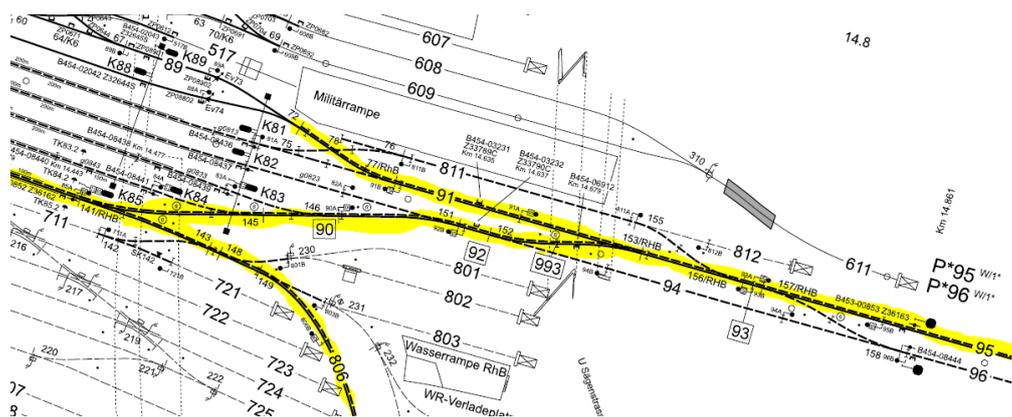


ABBILDUNG 36 SITUATION DREISCHIENENGLEIS CHUR NACH DOMAT/EMS

Alle diese Schnittstellen müssen in der Rolloutplanung des Kernnetzes analysiert und individuell geregelt werden. Dabei wird es auch sinnvoll sein, heutige, geschichtsbedingte Grenzen zu hinterfragen und für beide Seiten optimal zu gestalten bzw. auch aufzuheben. Dabei ist darauf zu achten, dass auch die entsprechenden, für die jeweiligen Systeme notwendigen Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen eingehalten werden. Für jeden Übergang ist dabei ein Faktenblatt zu erstellen, auf dem die Infrastruktur- und Fahrzeugausrüstungs-Anforderungen betrachtet und dokumentiert werden.

### 7.1.7 Schnittstellen zu nicht in SR40 integrierte EVU

Der Fahrzeugumlauf der meisten EVU betrifft nicht nur das Schienennetz der eigenen ISB. Relativ schnell nach dem Migrationsstart wird es für nicht mit SR40 kompatiblen ausgerüsteten Fahrzeugen nicht mehr möglich sein ohne Einschränkungen das Schienennetz zu befahren.

Auf der Normalspur umfasst dies beispielsweise folgende Fälle:

- **Rorschach (Rorschach – Heidenbahn, Appenzeller Bahn):** Regelmässig, fahrplanmässig, befahrener Übergang in der Anlage Rorschach – Rorschach Hafen. Ausrüstung der Fahrzeuge mit SR40 kompatiblen Zugbeeinflussungssystemen nach der Integration von Rorschach zwingend.
- **Arth-Goldau (Rigi-Bahn):** gelegentlich befahrener Übergang zwischen der Stellwerkanlage Arth-Goldau und der Infrastruktur der Rigi-Bahn für Servicezwecke. Für diese Fälle wird voraussichtlich keine SR40-kompatible Ausrüstung notwendig sein.
- **Zweisimmen – Interlaken (MOB):** Der Steuerwagen der umspurfähigen Züge wird von der MOB gestellt und muss für das hellgrüne Interoperable Netz zugelassen sein und demzufolge SR40 tauglich sein.

## 7.2 Rahmenbedingungen für die Ablösung bestehender Level 2 Abschnitte

Die Migration der heutigen, bereits existierenden ETCS L2 Abschnitte in die SR40-Umgebung stellen andere Anforderungen als die ETCS L1LS Strecken. Die Führerstandssignalisierung ist auf den Strecken, die in Tabelle 14 aufgeführt sind, bereits vorhanden und müssen daher anders migriert werden als L1LS-Strecken. Anstelle der Signale bei L1LS werden bei L2 Ind. nur die L2-Signaltafeln zurückgebaut.

Im Unterschied zum geplanten Moving Block unter L3 ist in den heutigen L2-Bereichen die Stellwerk- bzw. RBC-Logik auf den fix eingeteilten vordefinierten Fahrstrassenabschnitten aufgebaut. Zudem existieren mit dem konventionellen Geschwindigkeitsbereich (KGB bis 160 km/h) und dem erweiterten Geschwindigkeitsbereich (EGB ab 161 km/h) zwei unterschiedliche Betriebsregime mit eigenen Projektierungsgrundlagen, basierend auf das erhöhte Schadensausmass bei Eintreten des Restrisikos. Diese Betrachtung gilt es mit dem Ansatz SR40 und der veränderten Eintretenswahrscheinlichkeit neu zu betrachten und mit der Migration möglichst zu vereinheitlichen. Es ist anzustreben, auf dem ganzen Streckennetz die gleichen Projektierungsregeln anzuwenden.

Da im L2 Bereich die gleiche Stellwerktechnologie verwendet wird, kann für den Rollout das gleiche Vorgehen wie im übrigen Bereich angewendet werden. Die elektronischen Stellwerke werden zu einem Multi-OC umgebaut und erhalten eine EULYNX Normschnittstelle zum neuen ETCS Stellwerk. Die bestehenden RBC werden nach der definitiven Inbetriebnahme nicht mehr benötigt und können zurückgebaut werden. Es wird angestrebt, dass die bestehenden Fixdatenbalisen 1:1 übernommen werden können. Diese Machbarkeitsabklärungen werden in der nächsten Phase in Angriff genommen.

Strecke	IBN	RBC-Lieferant	RBC End-of-Life/ Bemerkungen
Mattstetten – Rothrist	2004	Alstom	2028 unabhängiger RBC-Ersatz notwendig.
Lötschberg Basistunnel	2015	Thales	2040
Brunnen – Altdorf – GBT – Claro	2015 / 2016	Thales	2040
Giubiasco – Vezia	2018 / 2019	Thales	2043, Lieferant noch offen, evt. Weiterausbau bis Capolago
Lausanne – Villeneuve	2017	Thales	2042, Lieferant noch offen, evt. Weiterausbau bis Roche
Sion – Sierre	2018	Siemens	2043

**TABELLE 14 ETCS L2 STRECKEN STAND 2019**

Um komplizierte neue Schnittstellen zwischen L2- und L3-Anlagen zu vermeiden, muss die Migration pro Streckenabschnitt in einem Schritt erfolgen. Dabei können, falls notwendig, auch in einer Zwischenphase die GFM-Abschnitte integriert werden, es müssen aber die speziellen Konfigurationen mit den redundanten Achszählerabschnitten beachtet werden. Der Nord-Süd Korridor (TEN-Korridor) wird aus Gründen der Interoperabilität frühestens 2035 migriert. Spezielle Beachtung muss in der Migrationsphasen dem Anmeldeprozess geschenkt werden. Die Entwicklung des RBC-Handover L2 - L3 soll vermieden werden. Dafür muss der Übergabeprozess (Abmeldung L2 – Anmeldung L2 Ind / L3 resp. Abmeldung l2 Ind. / L3 – Anmeldung L2) mit den dafür benötigten betrieblichen Abstellgleisen für nicht anmeldbare Fahrzeuge Beachtung geschenkt und in der Rolloutplanung als gegebener Parameter beachtet werden.

Als weitaus komplizierter wird die Ablösung/Integration der heutigen individuellen Tunnelleitsysteme mit den Automatikfunktionen (Tunnelautomat) eingeschätzt. Individuelle technische Lösungen pro Tunnel machen die Ablösung komplizierter. Es besteht aber mit dem Einheitsansatz unter SR40 die Gelegenheit, schweizweit ein einheitliches System zu entwickeln, das in allen längeren Tunnel die bisherigen Systeme ablösen und für alle neu geplanten längeren Tunnel eingesetzt werden kann. Dies würde z.B. für die Vorhaben Brüttenertunnel, Zimmerbergtunnel (ZBT II) und die neue Direktverbindung Aarau – Zürich Altstetten, die zurzeit in der Konzeptionsphase ist, gelten. Mit der Weiterentwicklung der TMS-Funktionalitäten kann ein Zusammenspiel der beiden Optimierungssysteme RTO und TA wesentlich verbessert und aus einem Guss erstellt werden.

Bevor die bestehenden ETCS-L2 Anlagen abgelöst werden, müssen ausserdem aufgrund der Technologielebensdauern noch Zwischenlösungen genutzt werden: Mit der Ablösung von GSM-R mit FRMCS und der vorgesehenen Abschaltung der GSM-R Anlagen im Jahre 2032 müssen die heutigen RBC-Anlagen noch für die FRMCS-Kommunikation ausgerüstet werden.

## 7.3 Synergien / Berücksichtigung von Ausbauvorhaben

### 7.3.1 Ausbauvorhaben AS25 und AS35

Eine wichtige Grundlage für die geplanten STEP-Ausbau Schritte sind die Anforderungen an die durch die stark steigende Nachfrage ausgelösten Angebotsverdichtungen und an die Expresstrassen im Güterverkehr. Da mit der Einführung von SR40 automatisch auch Kapazitätserhöhungen erreicht werden, stellt sich die Frage, ob einzelne in den kommenden Ausbausritten geplante Projekte mit der Migration nicht obsolet werden (z.B. Blockverdichtungen auf stark belasteten Strecken).

Das Ziel der Ausbausritte AS25 und AS35 ist, dass das für die erforderliche Nachfrage notwendige Angebot rechtzeitig zur Verfügung steht. Das bedeutet, dass die Ausbauvorhaben bis zu den Zieljahren auch nahezu abgeschlossen sein müssen. Ein Vergleich mit dem Zeitplan des Rolloutplans zeigt, dass die Einführung der SR40-Vorhaben auf den nachfragestarken Strecken frühestens ab 2035 erfolgen wird.

Synergien mit AS25 und AS35 sind daher praktisch keine vorhanden. Sollten sich die Randbedingungen verändern, böten sich dabei Chancen, einzelne Projekte direkt unter SR40 umzusetzen und so Synergien zu nutzen. Da die grossen Ausbauvorhaben mit der modernen aufwärtskompatiblen Technik ausgerüstet werden, kann mit Hilfe der Entwicklung der Multi-OC die neue Anlage bei entsprechend aufwärtskompatibler Konzeption verhältnismässig einfach in die neue Welt migriert werden.

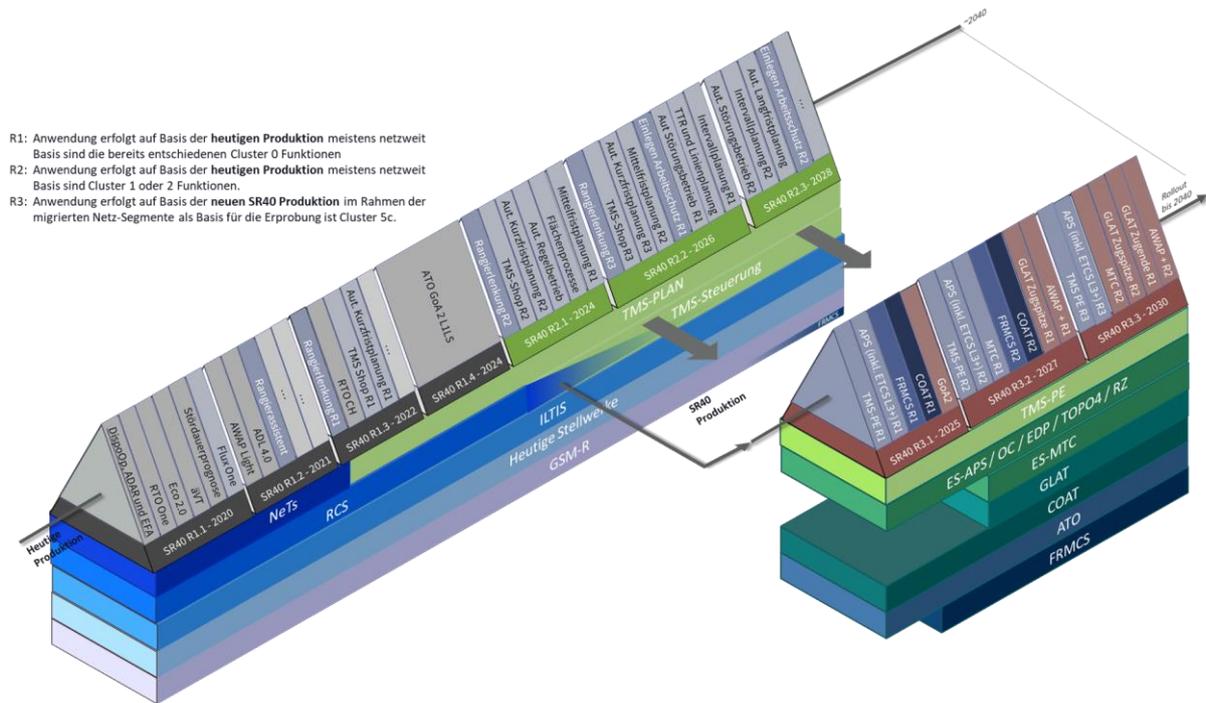
Für den Rollout der Anlagen wird bis 2030 eine Rolloutorganisation gebildet, die sich eingehend mit den neuen Prozessen und der industriellen Umsetzung befassen kann. Dabei ist nicht geplant, dass die bestehenden Projektierungsressourcen aus den laufenden Projekten abgezogen werden. Mit der Abnahme der Projekte in der konventionellen Stellwerktechnik (ab 2035) werden im Transformationsprozess laufend bestehende SA-Fachspezialisten umgeschult, damit das in den Jahren 2035 40 anfallende grössere Volumen auch verarbeitet werden kann.

### 7.3.2 Weitere Ausbausritte nach 2035

Für weitere, noch zu beschliessende, Ausbausritte wird man mit der Weiterentwicklung des Programms SR40 und den bis dahin gesammelten Erfahrungen, konkretere Aussagen über die Kapazitätswirkung machen können. Für die Ausbausritte nach 2035 ist deshalb anzustreben, dass mit den technologischen Möglichkeiten von SR40 geplant wird.

## 8 Rolloutkonzept

In diesem Abschnitt wird der Ablauf der Migration beschrieben. Die Migration erfolgt über drei Realisierungsschritte, in denen zuerst die zentralen Funktionen und Flächenprozesse migriert werden, bevor dann der eigentliche Rollout im Netz geschieht. Diese Schritte mit den jeweils zu migrierenden Komponenten sind in Abbildung 37 beschrieben.



**ABBILDUNG 37 SR40-FÄHIGKEITEN ZUM ROLLOUT BEREIT**

Für die Umsetzung des Programms SR40 werden für alle grösseren Umsetzungsprojekte eigene Programme für die Rolloutkonzepte erstellt. In diesen Konzepten werden die Termine festgehalten, die Mengengerüste bestimmt, die Gesamtkosten berechnet und mit der Rolloutplanung die Annuitäten bestimmt. Für folgende Bereiche werden diese Rolloutkonzepte erstellt:

- Anlagen: OC, APS (Rechenzentren)
- Fahrzeugausrüstung
- Connectivity: Ersatz GSM-R (FRMCS) für Voice und Datenübertragung, Datennetze
- Zentrale Systeme (Releaseplanung)
- Transformation (Organisation, Technik, Prozesse)

Die Rolloutkonzepte werden jeweils durch jede ISB bzw. EVU erstellt. Die Finanzierung des Rollouts wird über die betroffenen ISB geregelt. Die Umsetzung erfolgt in der Verantwortung der ISB, kann aber auch in Zusammenarbeit mit einer speziellen Rolloutorganisationen einer andern ISB erfolgen.

## 8.1 Ablauf

Die Realisierung von SR40 wird in 3 Hauptschritten erfolgen. Die Schritte R1 und R2 stellen dabei die zentralen Systeme, Grundlagen und in der Fläche verfügbare Services zu Verfügung. Mit dem Schritt R3 beginnt dann der Rollout auf den Fahrzeugen und somit in der Bahnproduktion auf allen Ebenen. Dieser Schritt ist in 3 Unterschritte unterteilt, die zunächst im Rahmen abgegrenzter Bereiche die Funktionalitäten einführen, erproben und bewähren, bevor ein Netz weiter Rollout beginnt.

### 8.1.1 Realisierungsschritte R1.1 – R1.3: 2019 – 2022

Der erste Schritt, auf Basis der heutigen Produktion umfasst die Einführung der Helpersfunktionen (z.B. automatisierte Trassensuche), die Verschmelzung von Dispo-OP zur automatisierten Betriebszentrale, die Real Time Optimierung (RTO), welche die Kapazitätsnutzung optimiert, AWAP Light für die Baustellenwarnung, die dynamische Fahrassistenz / ADL4.0, welche zu einer höheren Genauigkeit im Fahren beiträgt, sowie diverse weitere Funktionen in den Umsystemen, welche zu einer Verbesserung des automatischen Bahnbetriebes beitragen.

Dieser Schritt erfolgt in den Jahren 2019 - 2022 und schafft die ersten Grundlagen, realisiert aber auch bereits erste Verbesserungen. Auf die Anlagen hat dieser 1. Schritt noch keinen Einfluss. Es sind keine Anpassungen der Stellwerk- und Aussen-Anlagen notwendig. Anpassungen müssen jedoch im ILTIS-System vorgenommen werden (neuer Release, Anpassung der Projektierungsdaten).

### 8.1.2 Realisierungsschritte R2.1 – R2.3: 2023 – 2024

Im Schritt R2, der für 2023 bis 2024 geplant ist, wird der Flächenbetrieb automatisiert. Dazu gehört neben dem Zugsbetrieb auch die Funktion der Rangierwarnungen. Auf die Anlagen hat dieser 2. Schritt keinen Einfluss. Es sind keine Anpassungen der Stellwerk- und Aussen-Anlagen notwendig. Anpassungen müssen jedoch im ILTIS-System vorgenommen werden (neuer Release, Anpassung der Projektierungsdaten).

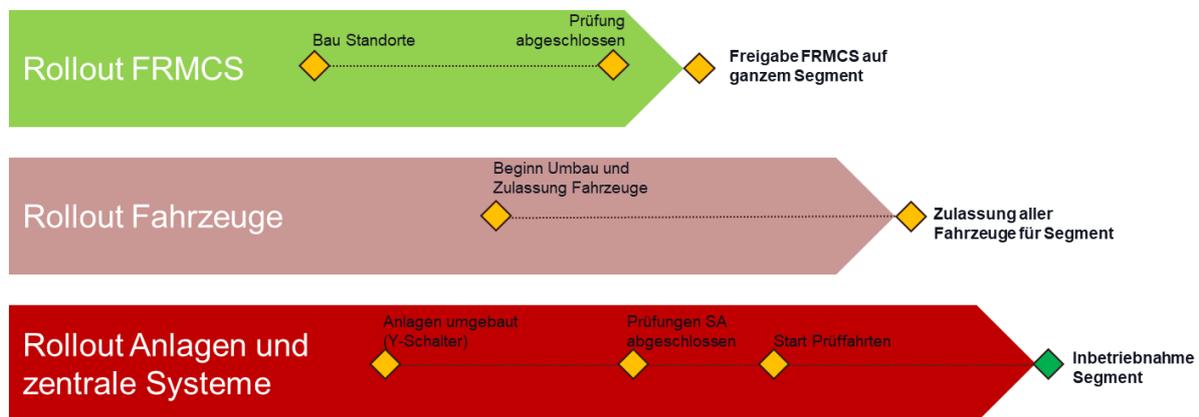
### 8.1.3 Realisierungsschritte R3.1 – 3.3: 2025 - 2040

Mit dem Schritt R3 erfolgt die eigentliche Migration im Sinne des Rollouts von SR40 auf den Fahrzeugen und dem gesamten Bahnnetz. In diesem Schritt werden die Stellwerke und Aussenanlagen auf die SR40-Technologie aufgerüstet und in die Zielarchitektur eingebunden. Weiter wird das FRMCS Kommunikationsnetz aufgebaut, damit das sich am LC-Ende befindliche GSM-R-Netz abgelöst werden kann. Die Fahrzeuge müssen mit FRMCS (Voice und Daten) und einem neuen Fahrzeuggerät aufgerüstet werden. Dieser Schritt R3 läuft in drei Etappen, mit jeweils immer grösserem Netzanteil ab. Die 1. und 2. Etappe um Erfahrungen für den störungsfreien Betrieb und den industriellen Rollout sammeln zu können, bevor mit der dritten Etappe das gesamte Kernnetz migriert wird.

Die Etappe 3.2 und 3.3 wird unterteilt in 5 resp. 10 Segmente, die teils nacheinander, teils parallel bearbeitet und in Betrieb genommen werden. In jedem Segment läuft der in Abbildung 38 beschriebene Prozess gleich ab: Zuerst wird mit FRMCS das Kommunikationssystem als Rückgrat erstellt. Dann folgende die Fahrzeuge und schliesslich werden die Anlagen migriert. Für die Prüffahrten und damit die

endgültige Inbetriebnahme auf den Segmenten, ist es nötig, dass die Grundlagen FRMCS und Fahrzeuge bereits vorliegen. Es gilt im Rollout auch zu berücksichtigen, dass parallel dazu auch Anlageveränderungen durch andere Einflussfaktoren vorgenommen werden (z.B. Fahrbahnerneuerungen, Substanzerhalt, Provisorien). In der Rolloutplanung ist ein entsprechender, nicht unerheblicher Koordinationsaufwand einzuplanen.

Besondere Beachtung gilt den langen Tunnelstrecken mit ihren erhöhten Sicherheitsanforderungen und Spezialitäten wie Reversing. Heute existiert zwischen dem EGB- und KGB-Bereich eine unterschiedliche Betrachtungsweise. Diese gilt es mit den neuen Möglichkeiten zu überprüfen und möglichst zu vereinheitlichen.



**ABBILDUNG 38 ABLAUF ROLLOUT JE SEGMENT**

Umsysteme, die nicht Teil von SR40 sind, werden dabei betroffen sein. Diese müssen in der konkreten Rolloutplanung einbezogen werden. Dies gilt insbesondere für die Fahrleitungsanlagen und Naturgefahrenwarnsysteme.

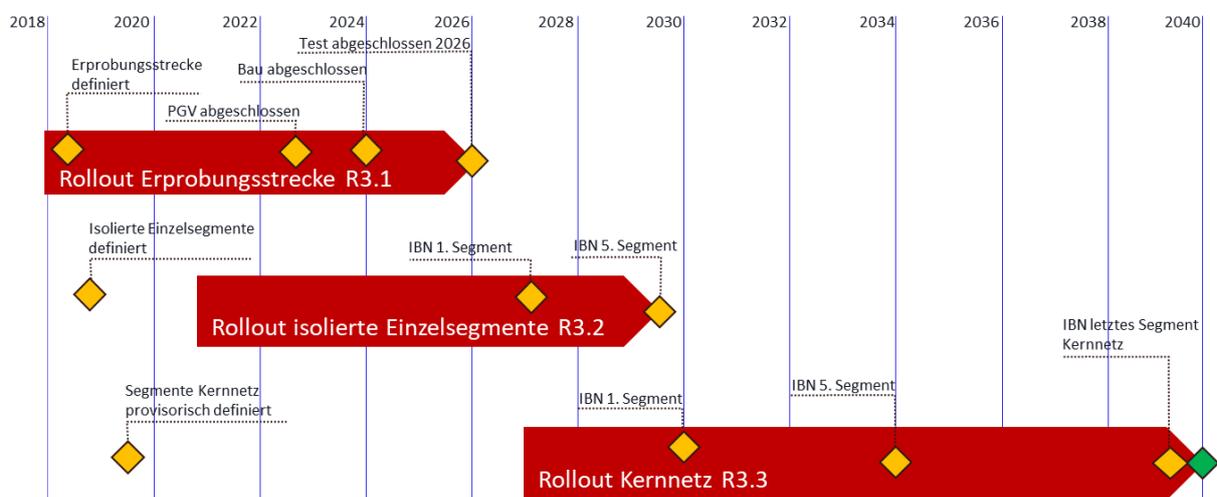
Bei Fahrleitungen müssen die Schaltzustände durch das TMS bekannt sein und in Grenzbahnhöfen muss die Fahrleitungsspannung entweder durch das TMS oder bei Einlaufen bestimmter Fahrstrassen umgestellt werden. Innerhalb des SR40-Netzes sollte die Abschaltung von Fahrleitungsabschnitten zentral erfolgen können, um bei Ereignissen die Sicherheit zu verbessern. Weiter müssen die Trennstellen bzw. Schutzzonen bekannt sein, um einerseits die Hauptschalter auf den Fahrzeugen entsprechend schalten zu können und sicherzustellen, dass bei Halt eines Zuges der Stromabnehmer nicht im Bereich mit Parallelführung der Fahrleitung zum Stehen kommt und so eine unerwünschte Verbindung von Abschnitten herstellt.

Bei Naturgefahrenwarnsystemen muss eine Einbindung in SR40 erfolgen, damit ausgelöste Alarme erkannt und der Zugbetrieb entsprechend beeinflusst werden kann.

#### 8.1.4 Etappierung des Rollouts R3

Der ganze Rollout wird anlagenseitig in 3 Etappen umgesetzt. Das Ziel des etappierten Vorgehens ist die Erprobung der Funktionalitäten im realen Betrieb in Kombination mit allen möglichen Randbedingungen. Damit die Umsetzung aller Anlagen bis 2040 überhaupt möglich wird, ist ein

industrieller Rollout zwingend. In Etappe 1 werden die Funktionen getestet und Erfahrungen gesammelt, die in die Planung von Etappe 2 einfließen sowie Optimierungen an den Funktionen ermöglichen. In der Etappe 2 kann bereits eine erste Version des industriellen Rollouts angewendet und die vorgesehenen Prozesse auf deren Eignung getestet und sukzessive verbessert werden. Für den Start der Etappe 3.3 (Kernnetz) müssen alle Prozesse optimiert, alle Beteiligten geschult und die Tools für die automatische Projektierung bereitstehen. Pro Jahr erfolgt eine Inbetriebnahme, bei der bis zu 50 Anlagen in einer Nacht umgeschaltet werden. Damit dieses Tempo gehalten werden kann, bleibt in dieser Etappe keine Zeit mehr für wesentliche Experimente oder Prozessveränderungen. Alle Handgriffe müssen von Anfang an sitzen. Etappe R3.1 soll 2026 abgeschlossen sein, Etappe R3.2 soll 2021-2029 erfolgen und ab 2027 soll Etappe R3.3 laufen, die bis 2040 das gesamte Kernnetz migriert (siehe Abbildung 39).



**ABBILDUNG 39 ROLLOUTPLANUNG ETAPPEN R3.1 - R3.3**

### R3.1 Erprobungsstrecken

Die Erprobungstrecken sind definiert und wurden vom LA für die weitere Bearbeitung frei gegeben. Bei der SBB ist dies die Strecke Wil (exkl.) – Lichtensteig (exkl.) mit Relaisstellwerken, bei der SOB die Strecke Wattwil (exkl.) – Nesslau-Neu St. Johann (Simis W) und bei der BLS die Strecke Schwarzenburg - Fischermätteli (exkl.) (voraussichtlich Elektra2). Testfahrten und Erprobung sollen ab 2024 beginnen. Details zur Erprobung können dem Konzept zur Erprobung entnommen werden [7].

### R3.2 isolierte Einzelstrecken

Für die Etappe 2 wurden diverse Strecken auf ihre Eignung untersucht und bewertet. Es wurden 9 Strecken identifiziert und für die weitere Planung vorgesehen. In Tabelle 15 ist eine Übersicht über die Strecken zusammengestellt. Die Inbetriebnahme soll ab 2027 erfolgen. Die Streckenauswahl ist noch nicht abschliessend.

IBN - Jahr	Strecke	ISB	Vorteile	Nachteile
Aug. 2027	(Herisau) - Nesslau	SOB	Lückenschluss zu Erprobungsstrecken, Knoten Wattwil, Synergien Fahrzeuge, Doppelspur Wattwil - Lichtensteig	
Aug. 2027	Kaltbrunn – Uznach - Schmerikon	SBB	Erfahrungen Knoten Uznach sammeln	
April 2028	(Biberbrugg) – (Arth-Goldau)	SOB	Synergien Fahrzeuge SOB, Neue Fahrzeuge SOB (BL 3.x)	
April 2028	(Schaffhausen) – Etwilen – (Kreuzlingen) (Seuzach) - Etwilen	SBB	Synergien Fahrzeuge (Turbo)	FRMCS-Konflikt mit Ausland, Reflexionen See
Aug. 2029	(Wila) – (Rüti)	SBB	Synergien Fahrzeuge (Turbo)	Tösstal muss vorgängig in 2 Stellwerke aufgeteilt werden
April 2028/29	(Wädenswil) – Samstagern – Einsiedeln (Pfäffikon SZ) – Samstagern	SOB	Synergien Fahrzeuge	
April 2029	(Nieder- und Oberurnen) – Linthal	SBB	Synergien Fahrzeuge, Umstellung hinteres Glarnerland direkt auf SR40	
Aug. 2029	(Lenzburg) – (Hochdorf)	SBB	Neue Fahrzeuge (BL 3.x), Erprobung spez. Verhältnisse	Seetal muss vorgängig in 2 Stellwerke aufgeteilt werden.
Option	Ganzes Streckennetz SZU	SZU	Neue Flotte und neue Stellwerke geplant	

TABELLE 15 FÜR ETAPPE R3.2 AUSGEWÄHLTE EINZELSTRECKEN

### R3.3 Kernnetz

Die Planungen für die Migration des Kernnetzes werden derzeit ausgearbeitet, weswegen derzeit noch keine Festlegungen zu geographischem und zeitlichem Ablauf bestehen. Voraussichtlich im 1. Quartal 2020 werden hier belastbare Planungen vorliegen. Ab 2030 sollen die Strecken in der Etappe mit SR40 in Betrieb genommen werden.

## 8.2 Prämissen für den Rollout R3

Bei Beginn des Rollouts R3 werden voraussichtlich noch nicht alle Funktionalitäten und Entwicklungen vollumfänglich zur Verfügung stehen. Die ersten Anlagen werden noch nicht nach dem Ausbaustandard des Zielbilds umgebaut. Daher sind in den ersten Umsetzungsetappen Kompromisse und Übergangslösungen notwendig. Folgende Prämissen wurden angenommen, auf denen der Rolloutplan mit den differenzierten Funktionalitäten aufbaut. Wird eine Prämisse verändert, muss die Planung neu überprüft und evt. aktualisiert werden:

- GLAT/Zugspitze: Die Ortung der Zugspitze in genügender Genauigkeit steht ab 2027 zur Verfügung. Auf den vorher in Betrieb gehenden Erprobungsstrecken werden daher weiterhin Festdatenbalisen für die Initialisierung der Fahrzeuge und der Synchronisierung der Odometrie nötig sein. Die effektiv nötige Anzahl hängt von der Leistungsfähigkeit der Anlage bzw. der Genauigkeit der Abstellung der Züge ab.
- GLAT:/Zugende: Die Ortung des Zugschlusses bzw. die Feststellung der Zugsintegrität mit dem notwendigen Sicherheitslevel mit Zugendetag steht erst ab 2030 zur Verfügung. Auf allen vorher zu migrierenden Strecken werden die Gleisfreimeldemittel und die vorhandenen Zwergsignale/Rangiersignale vollständig übernommen.
- FRMCS: Die neue Funktionalität steht wegen der späten Normierung der TSI Vorgaben (2022) erst ab 2026 zur Verfügung. Auf den Erprobungsstrecken (R3.1) wird daher in einer ersten Phase die Datenübertragung via GSM-R und evtl. GPRS betrieben. Die Umstellung kann erst ab 2026/27 erfolgen.
- Es stehen noch nicht alle Stellwerk-/Automatikfunktionen von Anfang an zur Verfügung. Mit der Releaseplanung wird die notwendige Funktionalität sukzessive erhöht. Der volle Kapazitätsnutzen wird dadurch teilweise noch verzögert. Die Grundfunktionalität steht jedoch zur Verfügung und die Strecken werden unter ETCS betrieben.
- Die Fahrzeuggeräte mit den notwendigen Grundsoftware-Applikationen stehen ab 2025 zur Verfügung und können ab diesem Zeitpunkt in die Fahrzeuge eingebaut werden. Es wird angenommen, dass pro Segment immer genügend umgebaute Fahrzeuge zur Verfügung stehen werden. Dabei stellen insbesondere die Lieferfähigkeit der CCS-Ausrüstung und die Umbaukapazitäten eine grosse Herausforderung dar. Kann diese Prämisse nicht eingehalten werden, muss der Rollout verzögert werden.

## 8.3 Auswirkungen auf den Bahnbetrieb

Wegen der langen Dauer der Umsetzung von SR40 kann der Rollout die Vollständigkeit der Entwicklung aller Funktionen nicht abwarten. Der Rollout muss bereits gestartet werden, bevor alles getestet, dokumentiert und reglementiert ist. Die Planung muss daher parallel gestartet werden und dabei die Einschränkungen und heutigen Vorgaben beachten. In diesem Kapitel wird auf diese Auswirkungen eingegangen und die Differenzen und dem Weg zum industriellen Rollout beschrieben.

### 8.3.1 Betriebsart auf der Erprobungsstrecke

Mit der Inbetriebnahme der Erprobungsstrecke im Jahr 2024 im Schattenbetrieb und 2025 im kommerziellen Betrieb wird erst eine Basisfunktionalität bereitgestellt. Umsysteme wie FRMCS können in einem ersten Schritt noch nicht angeboten werden. Trotzdem wird es bereits möglich sein, mit ETCS Level 3 über die Strecken zu fahren. Je nach Zugtyp werden Zugschluss und Zugsintegrität anders festgestellt. Das heisst, die Leistungsfähigkeit der Anlage wird in der ersten Phase nur beschränkt erhöht. Die Verfahren sind in Abbildung 40 illustriert.

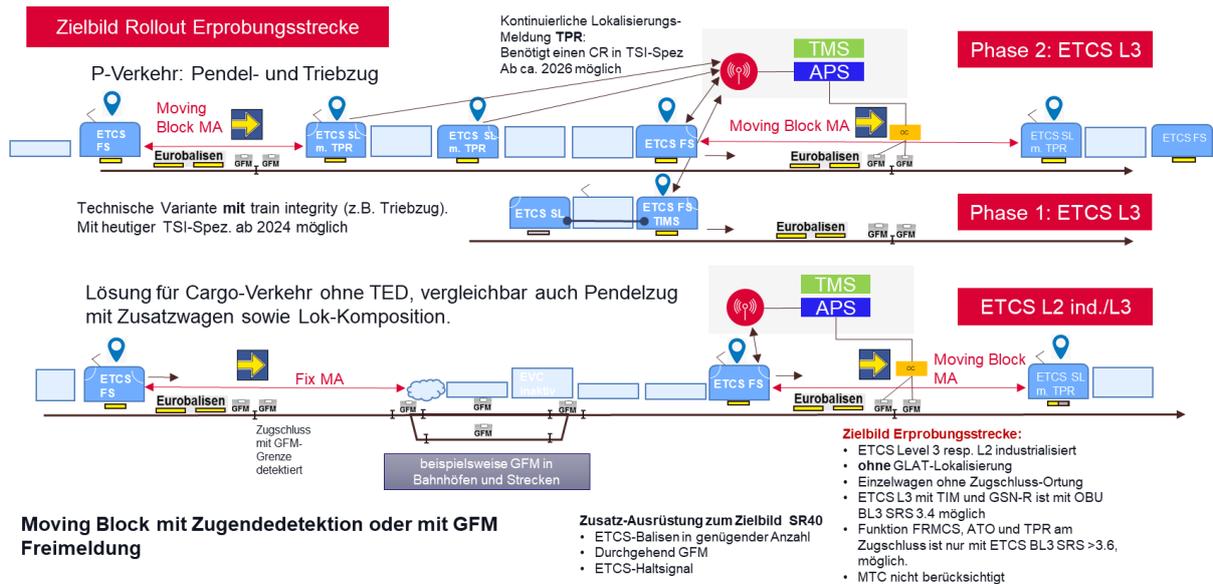


ABBILDUNG 40 BETRIEB AUF DER ERPROBUNGSSTRECKE

### Betrieb Phase 1

Bei Triebzügen können Zugintegrität und die sichere Länge über den Fahrzeugbus sichergestellt werden (auch im Falle von Doppeltraktion). Die Erprobungsfahrzeuge werden mit dieser Funktionalität ausgerüstet. Damit ist die Zugspitze, der Zugschluss und die Integrität bekannt und es lässt sich die Position des Zuges feststellen. Die nicht mehr beanspruchten Gleisabschnitte hinter dem Zug können für den nächsten Zug sukzessive freigegeben werden. Die noch vorhandenen GFM müssen nicht beachtet werden. Diese Funktionalität ist mit der heutigen TSI-Spezifikation bereits möglich und damit unabhängig von den CR TSI 2022 umsetzbar. Die Kapazität der Strecke wird mit der Ortungsgenauigkeit beeinflusst. Mit dem Installieren von weiteren Balisen zur Synchronisation der Ortung kann die Kapazität optimiert werden.

Bei Zügen mit ETCS OBU nur an der Zugspitze (Güterzüge, unverpendelte Lok/Wagen-Kompositionen) ist aufgrund der nicht bekannten Länge und dem Fehlen eines ausgerüsteten Fahrzeugs (ETCS OBU nur an der Spitze) am Zugsende die Feststellung der Zugintegrität nicht möglich.

Das Fahrzeug an der Spitze kann über die ETCS-OBU den Standort der Zugspitze an das Stellwerk/RBC übertragen. Der Zugschluss und die Integrität ist aber nicht detektierbar. Die Gleisabschnitte nach dem Zugschluss können nur segmentweise, nach dem frei werden der projektierten GFM-Abschnitte freigegeben werden. Dadurch wird die Kapazität nur in einem geringen Masse, gemäss Granularität der GFM, erhöht. Die ETCS-Abschnitt-Segmentierung wird durch die Anzahl und Länge der GFM skaliert.

Aus einer Anlagenperspektive sind dabei die in Tabelle 16 zusammengefassten Prämissen nötig.

Betriebsart	Prämisse	Bemerkungen
<b>Release 3.1. Phase 1 (2025)</b>	Minimum: ETCS OBU Baseline 3 SRS-Version 3.4	Mit train integrity sind Zugschluss und die Integrität im kompakten Triebzug erkennbar
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine genügend genaue GLAT-Lokalisierung.</li> <li>Kein TED</li> </ul>	<b>Triebzüge:</b> Zugspitze wird erkannt und gemeldet. <b>Güterzug, nicht kompakte Triebzüge,</b> <b>Lok/Wagen-Kompositionen:</b> Zugschluss wird mit GFM ermittelt. Balisen werden für die Initialisierung und Eichung der Ortung genutzt.
	Kein ATO wegen fehlendem FRMCS	ATO ist in der Phase 1 noch nicht möglich.
	Datenübertragung via GSM-R	Bandbreite für Erprobungsstrecke genügend.
	Keine MTC-Funktionalität	
	Rangiermanöver sind wie bisher zu absolvieren.	Kommunikation über Sprachfunk und Rangiersignale
	GFM und ZS weiterhin nötig	Hilfsmittel für Rangierverkehr

**TABELLE 16 PRÄMISSEN BETRIEB AUF ERPROBUNGSSTRECKEN PHASE 1**

## Betrieb Phase 2

Bei Fahrzeugen mit einer ETCS-OBU an der Spitze und am Schluss werden diese für die Integritätsprüfung genutzt. Nicht an der Zugspitze laufende OBUs befinden sich im ETCS Sleeping Mode. Mit den CR für die TSI 2022 lesen OBUs im Sleeping Mode die Eurobalisen und senden die Position an das Stellwerk/RBC. Bei Pendelzügen ist der ETCS-OBU an der Zugspitze bekannt, welche OBU-ID am Zugschluss läuft. Die Einreihung weiterer im Zug vorhandenen OBUs wird bei Überfahren der ersten Balise aufgrund des Train Position Report (TPR) klar.

Damit ist die Zugspitze, der Zugschluss und die Integrität bekannt und es lässt sich die Position des Zuges feststellen. Die nicht mehr beanspruchten Gleisabschnitte hinter dem Zug können für den nächsten Zug sukzessive freigegeben werden. Die noch vorhandenen GFM müssen nicht beachtet werden.

Bei Zügen mit ETCS OBU nur an der Zugspitze bestehenden die gleichen Einschränkungen wie in Phase 1: Die Zugintegrität kann über den Zugschluss nicht festgestellt werden und es werden weiterhin Gleisfreimeldungen für die Integritätsermittlung genutzt. Die Gleisabschnitte nach dem Zugschluss können nur segmentweise, freigegeben werden und die Kapazität wird nur geringfügig erhöht.

Der auf den Erprobungsstrecken heute vorhandene reduzierte Betrieb kann mit den eingesetzten Fahrzeugen und den oben beschriebenen Einschränkungen abgewickelt werden. Die Strecken können ab Phase 2 nur noch mit Fahrzeugen befahren werden, welche mit ETCS Baseline 3 und einer SRS-Version > 3.6 betrieben werden.

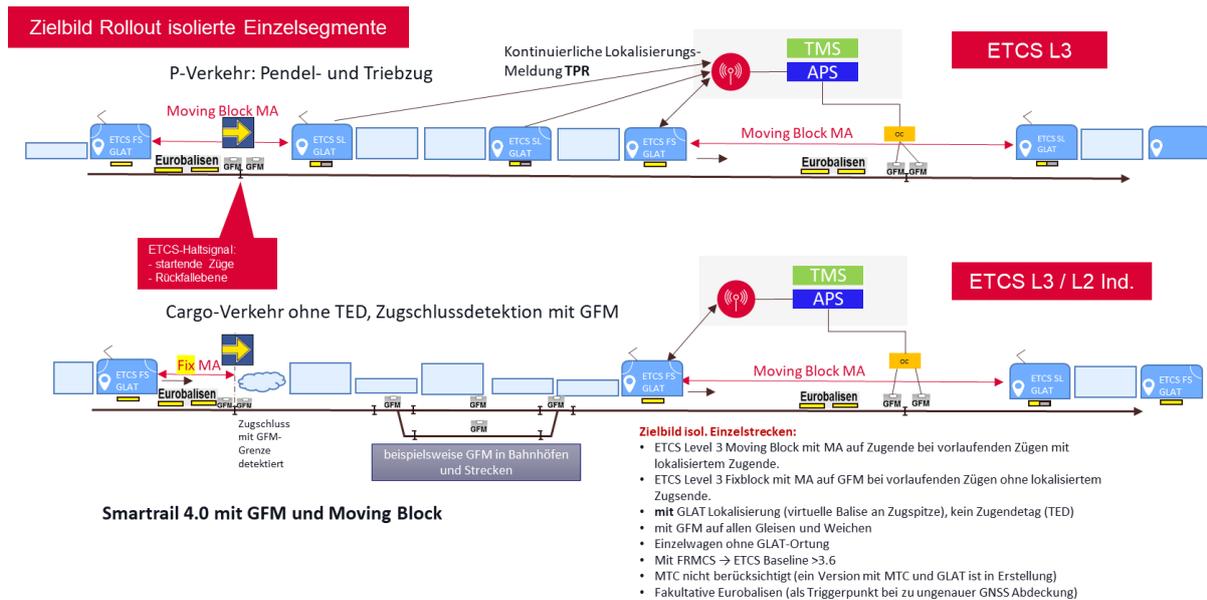
Aus einer Anlagenperspektive gelten die in Tabelle 17 zusammengefassten Prämissen:

Betriebsart	Prämisse	Bemerkungen
<b>Release 3.1 Phase 2 (2026)</b>	Minimum: ETCS OBU Baseline 3 SRS-Version >3.6	Zusätzliche Funktionalitäten aus TSI 2022 sind einsetzbar.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine genügend genaue GLAT-Lokalisierung</li> <li>Kein TED</li> </ul>	<b>Triebzüge und Komp. mit Steuerwagen mit OBU am Schluss:</b> Zugspitze wird erkannt und gemeldet. Integrität und Zugschluss kann über die kontinuierlichen TPR -Meldungen von der Zugschluss-OBU ermittelt werden. <b>Güterzug, unverpendelte Lok/Wagen-Züge:</b> Zugschluss wird mit GFM ermittelt. Balisen werden für die Initialisierung der Fahrzeuge und Synchronisation der Ortung genutzt.
	ATO möglich	FRMCS ist vorhanden
	Datenübertragung mit FRMCS	
	Keine MTC-Funktionalität	
	Rangiermanöver sind wie bisher zu absolvieren	Kommunikation über Sprachfunk und Rangiersignale
	GFM und ZS weiterhin nötig	Hilfsmittel für Rangierverkehr

**TABELLE 17 PRÄMISSEN BETRIEB AUF ERPROBUNGSTRECKEN PHASE 2**

### 8.3.2 Betriebsart auf den isolierten Einzelsegmenten

Mit der Inbetriebnahme der isolierten Einzelstrecken in den Jahren 2027 - 2029 wird die Basisfunktionalität angereichert und der Betrieb wird wie in Abbildung 41 durchgeführt. Umsysteme wie FRMCS und die virtuelle Balise für die Zugspitze können nun eingesetzt werden. Wie auf der Erprobungsstrecke wird es bereits möglich sein, mit ETCS Level 3 über die Strecken zu fahren. Je nach Zugtyp werden der Zugschluss und die Integrität anders festgestellt. Die Leistungsfähigkeit der Anlage wird auch in dieser Phase nur beschränkt erhöht:



**ABBILDUNG 41 BETRIEB AUF ISOLIERTEN EINZELSEGMENTEN**

Bei allen Zügen mit ETCS-OBU an der Spitze und am Schluss werden diese für die Integritätsprüfung verwendet. Nicht an der Zugspitze laufende OBU befinden sich dabei im ETCS Sleeping Mode. Mit den CR für die TSI 2022 lesen OBU im Sleeping Mode die Euro Balisen aus und senden die Position an das APS/RBC. Bei Pendelzügen ist der ETCS-OBU an der Zugspitze bekannt, welche OBU-ID am Zugschluss läuft. Die Einreihung der im Zug vorhandenen OBU wird bei Überfahren der ersten Balise aufgrund des Train Position Report (TPR) klar. Damit ist die Zugspitze, der Zugschluss und die Integrität bekannt und es lässt sich die Position des Zuges feststellen. Die nicht mehr beanspruchten Gleisabschnitte hinter dem Zug können damit für den nächsten Zug sukzessive freigegeben werden. Die noch vorhandenen GFM müssen nicht beachtet werden.

Ist eine ETCS OBU nur an der Zugspitze vorhanden, kann die Zugintegrität nicht über den Zugschluss festgestellt werden (Güterzug, Rangieren, Fahrzeug/Wagen im Stillstand ohne Tag, unverpendelte Lok/Wagen-Züge). Das Fahrzeug an der Spitze kann über die ETCS-OBU den Standort der Zugspitze an das Stellwerk/RBC übertragen. Der Zugschluss und die Integrität sind aber nicht detektierbar. Die Gleisabschnitte nach dem Zugschluss können nur segmentweise, nach dem Freiwerden der GFM-Abschnitte, freigegeben werden. Dadurch wird die Kapazität nur in einer geringen Masse, gemäß Granularität der GFM, erhöht. Die ETCS-Abschnitt-Segmentierung wird durch die Anzahl und Länge der GFM skaliert.

Im Unterschied zur Phase 1 der Erprobungsstrecke kann die leicht erweiterte Funktionalität eingesetzt werden. Mit der virtuellen Balise an der Zugspitze kann je nach Ansprüchen an die Genauigkeit der Lokalisierung und der Leistungsansprüche der Strecken teilweise auf die Ortungsbalisen verzichtet werden.

Der auf den Einzelstrecken heute vorhandene Betrieb kann mit den eingesetzten Fahrzeugen und den oben beschriebenen Einschränkungen abgewickelt werden. Die Strecken können nur noch mit

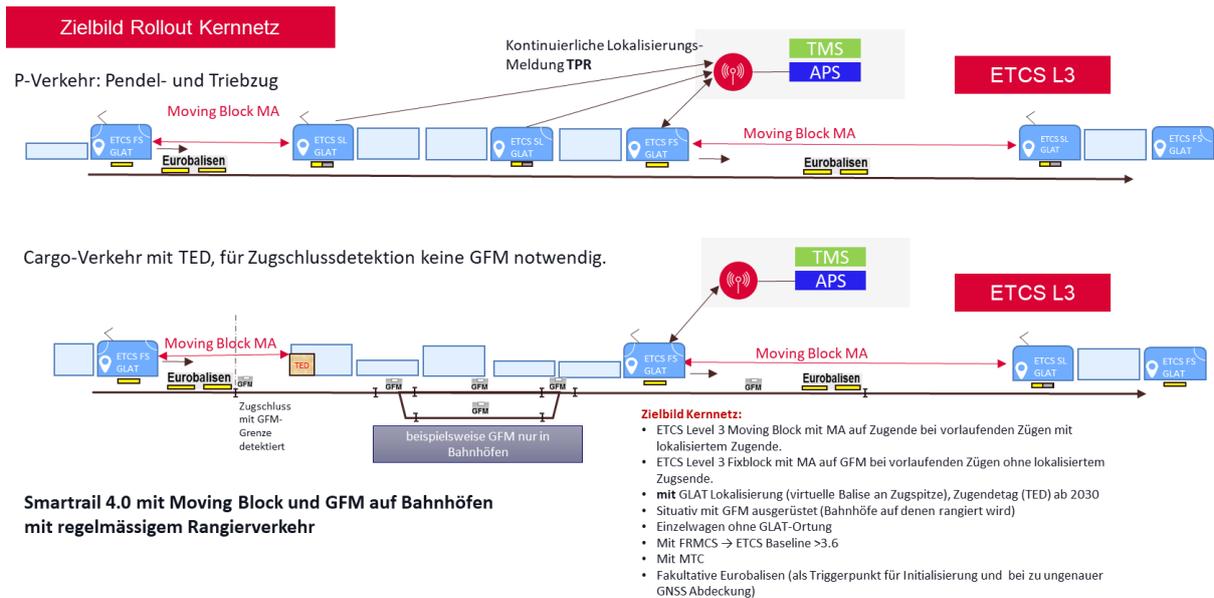
Fahrzeugen, welche mit FRMCS und ETCS-OBU mit Baseline 3 SRS-Version > 3.6 ausgerüstet sind, befahren werden. Aus der Anlagenperspektive gelten die in Tabelle 18 zusammengefassten Prämissen.

Betriebsart	Prämisse	Bemerkungen
<b>Release 3.2. Phase 1 (2027)</b>	ETCS OBU Baseline 3 SRS-Version > 3.6	Zusätzliche Funktionalitäten aus TSI 2022 sind einsetzbar.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine genügend genaue GLAT-Lokalisierung der Zugspitze</li> <li>Kein TED</li> </ul>	<b>Triebzüge und Komp. mit Steuerwagen mit OBU am Schluss:</b> Zugspitze wird erkannt und gemeldet. Integrität und Zugschluss kann über die kontinuierlichen TPR -Meldungen von der Zugschluss-OBU ermittelt werden. <b>Güterzug, unverpendelte Lok/Wagen-Züge :</b> Zugschluss wird mit GFM ermittelt. Balisen werden für die Initialisierung der Fahrzeuge und Synchronisation der Ortung genutzt.
	ATO möglich	
	Datenübertragung via FRMCS	
	Keine MTC-Funktionalität	
	Rangiermanöver sind wie bisher zu absolvieren	Kommunikation über Sprachfunk und Rangiersignale
	Einzelwagen ohne GLAT-Ortung	
	GFM und ZS weiterhin notwendig	
	Fahrzeuge können mit COAT ausgerüstet werden.	Fahrzeuggerät und die dazu notwendigen Apps stehen ab 2025 für den Einbau in die Fahrzeuge zur Verfügung

**TABELLE 18 PRÄMISSEN BETRIEB AUF ISOLIERTEN EINZELSEGMENTEN**

### 8.3.3 Angestrebte Betriebsart auf dem Kernnetz

Für die Inbetriebnahme auf dem Kernnetz zwischen 2030 - 2040 wird voraussichtlich die Grundfunktionalität, die auch die Spezialitäten für lange Tunnel und den EGB-Bereich beinhalten muss, erreicht. Umsysteme wie FRMCS, die virtuelle Balise für die Zugspitze und das Zugendetag (TED) werden zugelassen sein und können eingesetzt werden. Es wird dann möglich sein, mit allen Fahrzeugen mit Moving Block zu fahren und es kann auf den umgerüsteten Strecken bereits von den Kapazitätseffekten profitiert werden. Die Rangierkompositionen fahren als gesicherte Bewegung über die Gleisanlagen. Abbildung 42 fasst diesen Zustand zusammen. Es kann damit von einer wesentlichen Erhöhung der Sicherheit ausgegangen werden. Optimierungen und Funktionalitäten zur Kapazitätserhöhungen werden ab 2030 laufend in den zentralen Systemen eingebaut, was umgehend eine Verbesserung auf allen bereits umgestellten Strecken haben wird.



**ABBILDUNG 42 BETRIEB AUF KERNNETZ**

Alle Züge sind mit ETCS-OBU an der Zugspitze und am Zugschluss ausgerüstet oder die Zugschlussdetektion auf Güterzügen wird mit dem Zugendetag sichergestellt. Damit ist die Zugspitze, der Zugschluss und die Integrität bekannt und es lässt sich die Position des Zuges feststellen. Die nicht mehr beanspruchten Gleisabschnitte hinter dem Zug können damit für den nächsten Zug sukzessive freigegeben werden. Noch vorhandene GFM müssen nicht beachtet werden und sind obsolet. Die volle Kapazitätswirkung mit Moving Block kann auf allen migrierten Strecken ausgenützt werden. Ausnahmen hiervon bestehen dort, wo mit nicht getaggten Fahrzeugen rangiert wird oder Übergänge in Bereiche ohne vollständige Integration in SR40 vorliegen.

Im Unterschied zur Erprobungsstrecke und den isolierten Einzelstrecken kann der volle Funktionsumfang eingesetzt werden. Mit der virtuellen Balise an der Zugspitze kann je nach Ansprüchen an die Genauigkeit der Lokalisierung und der Kapazitätsansprüche der Strecken vermehrt auf die Ortungsbalisen verzichtet werden.

Die Strecken können nur noch mit Fahrzeugen, welche mit FRMCS und OBU mit Baseline 3 SRS-Version > 3.6 ausgerüstet sind, befahren werden.

Es gelten dabei die in Tabelle 19 zusammengefassten Prämissen.

Betriebsart	Prämisse	Bemerkungen
<b>Release 3.3. Phase 1 (2030)</b>	ETCS OBU Baseline 3 SRS-Version > 3.6	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• genaue GLAT-Lokalisierung der Zugspitze und Zugschluss möglich.</li> <li>• TED für Zugschluss für G-Züge vorhanden.</li> </ul>	Für alle Züge sind die Spitze und der Schluss bekannt. Verzicht auf wesentliche Teile der Ortungsbalisen möglich. Diese werden nur noch für Initialisierung und Ortung benötigt. Je nach Anspruch an die Genauigkeit und

		Kapazität der Strecke werden mehr oder weniger Balisen benötigt.
	ATO möglich	
	Datenübertragung via FRMCS	Volle Bandbreite vorhanden
	MTC-Funktionalität vorhanden	
	Rangiermanöver sind gesichert möglich	Kommunikation über OBU
	Einzelwagen ohne GLAT-Ortung	GFM auf Gleisen, auf welche Wagen ohne Lokalisierung abgestellt werden, sind weiterhin notwendig
	GFM und ZS auf Anlagen ohne regelmässigen Rangierverkehr nicht mehr notwendig	ZS werden nicht mehr benötigt. Da die Einzelwagen nicht getagt sind, werden GFM auf Bahnhöfen, auf denen regelmässig rangiert wird, belassen. Rückbau auf bereits migrierten Anlagen möglich.
	Fahrzeuge können mit COAT ausgerüstet werden. Alle APPs sind vorhanden	
	Volle Funktionalität in TMS	Kapazitätssteigerungen auf migrierten Strecken sind möglich.

**TABELLE 19 PRÄMISSEN BETRIEB AUF KERNNETZ**

## 8.4 Anlagen

Die Rolloutplanung der Anlagen nutzt die ersten beiden Etappen (R3.1/3.2), um mit Nachweisen und Erfahrungen die nötigen Grundlagen für den industrialisierten Rollout in Etappe R3.3 zu legen.

In der Etappe R3.1 (Erprobungsstrecken) sollen als fundamentale Grundlage die Nachweise für Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit sowie die Typenzulassungen erreicht werden. Hierzu muss der Betrieb isolierbar sein und es müssen Testfahrzeuge mit den neuen Funktionalitäten ausgerüstet werden.

Die Etappe R3.2 (isolierte Einzelabschnitte) dient dann dazu, um mit den technisch bewährten Systemen Erfahrungen zu sammeln, die für die Planung und Durchführung des industrialisierten Rollouts nötig sind.

In Etappe R3.3 erfolgt schliesslich der industrialisierte Rollout auf dem Kernnetz und in grossen Segmenten. Hierzu müssen alle Herausforderungen bekannt und gelöst sein, sodass keine punktuellen Spezialfälle und Entwicklungen nötig sind – Ziel ist der Fokus auf das eigentliche Rollout. Die Rolloutplanung nimmt Rücksicht auf die Bestandsstellwerke (Lifecycle-Überlegungen), vorhandene Fahrzeuge und die Connectivity mit GSM-R.

### 8.4.1 Umbaukonzept Sicherungsanlagen

Bestehende, noch benötigte Aussenanlagen mit den Kabelverbindungen sollen 1:1 übernommen werden. Das Umbaukonzept für Aussenanlagen, abgesehen von Bahnübergängen, umfasst vier Schritte und ist in Abbildung 43 dargestellt. Das Vorgehen umfasst:

- 1. Konzept für Relaisstellwerke:** Aussenanlage-Elemente werden mittels Y-Klemmen, welche auf dem bestehenden Kabelabschlussgestell eingebaut werden bzw. eingeschlaufften Y-Schalter umgeschaltet. Dazu werden die Schalter installiert und stehen dann für ein einfaches Umschalten auf die Ansteuerung via SR40-Komponenten (OC) bereit. Diese werden, wenn immer möglich, in die bestehenden SA-Räumlichkeiten eingebaut.
- 2. Konzept bei elektronischen Stellwerken:** Hier soll die Umschaltung, mit Hilfe einer von den jeweiligen Stellwerklieferanten zu erstellender SR40-Version, softwareseitig geschehen. Dazu wird eine neue EULYNX-kompatible Ansteuerung der bestehende eStw-Technologie erstellt. Sämtliche Aussenanlagen-Elemente werden dadurch über die bestehende eStw-Hardware und deren Kabelverbindungen übernommen. Es ist nur eine kleine Anpassung an der bestehenden eStw-Hardware inkl. der Sw/Projektierungsdaten notwendig.
- 3. Doppelt/parallel angeschlossene Elemente:** Dies gilt primär für Gleisfreimeldersysteme. Die Aussenelemente werden sowohl an die alte als auch an die neue Technologie angeschlossen und melden beiden Systemen ihren jeweiligen Status. Die parallele Auswertung und Anzeige von Informationen ist ausserdem wichtig für Testfahrten und ermöglicht eine einfachere und sicherere Umschaltung mit Statuserhalt der Gleisfreimelder als Rückfallebene bzw. Kontrollmittel. Es wird verhindert, dass die AZ-Grundstellung vom passiven System aus abgesetzt werden kann.
- 4. Direkter Umbau** (nicht abgebildet): Die Anlagen können auch auf SR40 umgestellt werden, indem sie direkt, im bestehenden Technikraum oder in einer Technikkabine vor Ort, umgebaut bzw. ersetzt werden. Dafür werden die benötigten Elemente (GFM, Weichenmotoren, BUe-Steuerungen) neu aufgebaut und während einer längeren Totalsperre umgebaut und in Betrieb genommen. Diese Lösung ist ideal für Nebenstrecken mit alter (nicht kompatibler) Technologie und spart den Aufwand für einen vorgängigen Stellwerkersatz resp. zum Einbau der Y-Klemmen.

Nach der Inbetriebnahme und dem Sammeln von genügend positiven Betriebserfahrungen werden alle nicht mehr benötigten Elemente sowohl in der Aussenanlage, wie auch in der Innenanlage zurückgebaut. Die StICKKabel werden bis zum KV-Übergang zum Stammkabel zurückgebaut. Da einige Adern weiterhin benutzt werden, wird das Stammkabel zum Stellwerkraum weiterhin beibehalten und nicht zurückgebaut.

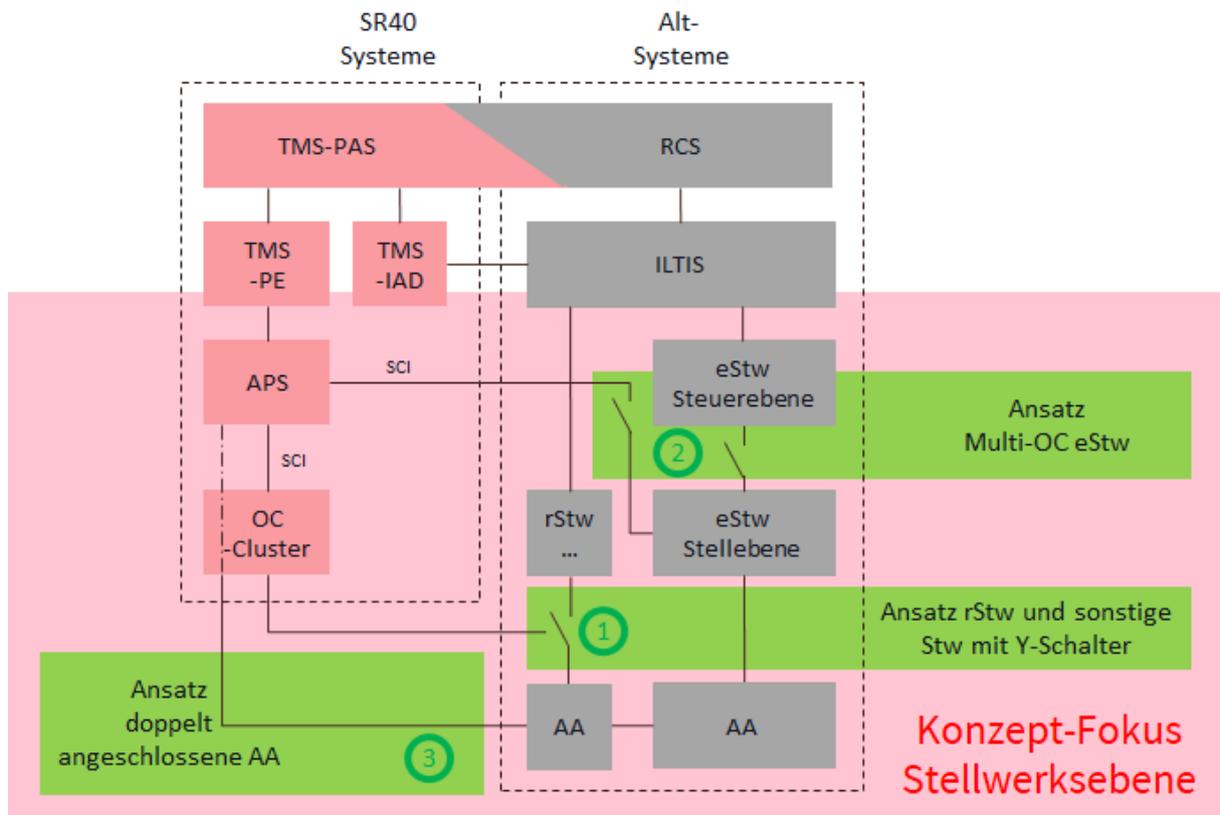


ABBILDUNG 43 UMBBAUKONZEPT SICHERUNGSANLAGEN OHNE BETRACHTUNG BAHNÜBERGÄNGE

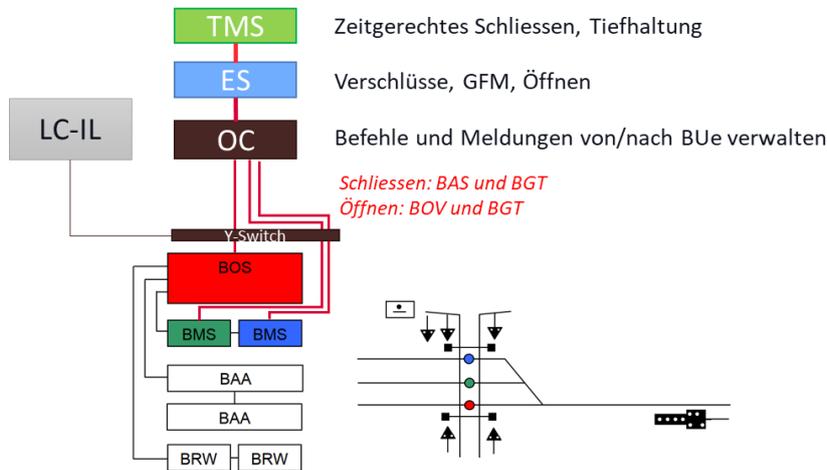
### 8.4.2 Umbaukonzept Bahnübergänge

Mit dem Ansatz SR40 wird die Bedeutung der Bahnübergangsteuerung gegenüber der heutigen Technik verändert. Die Logik der lokalen Steuerung beschränkt sich auf das Schliessen und Öffnen der Bahnübergangsanlage unter der Anwendung der gesetzlichen Grundlagen bezüglich den Schliesszeiten. Der Befehl für das Schliessen und Öffnen erfolgt optimiert pro Zug durch TMS-PE, wobei das ETCS-Stellwerk (APS) die sicherheitskritischen Einflussnahmen auf ihre Berechtigungen überprüft und den Befehl frei gibt. Alle Verschlüsse und Tiefhaltungen werden in den Systemen TMS-PE und APS verwaltet. Der Befehl für das Öffnen der Anlagen wird durch die Detektion des Zugchlusses abgeleitet. Die heutigen Ausschaltelemente werden nicht mehr benötigt, sobald die Zugchlussdetektion gewährleistet werden kann.

Die Bahnübergangsteuerung BA8 ist bei den SBB der häufigste eingesetzte Typ. Dieser kommt bei ca. 80% aller Relaisstellwerken zum Einsatz. Es macht deshalb Sinn, dass eine spezifische OC-Lösung für diese Einsatzart konzipiert wird und dadurch viel Geld für den Rollout gespart werden kann. Die Bahnübergänge müssen in gleicher Art und Weise umgeschaltet werden können, wie die Stellwerke. Für Testfahrten müssen die Bahnübergänge simuliert werden können (voraussichtlich auf Stufe APS). Für den Umbau von Bahnübergängen werden drei Lösungsansätze geprüft und auf den Erprobungsstrecken umgesetzt:

#### OC-Ankopplung an die Legacy-Steuerung:

Das Ansteuern der Antriebe, Blinker und Glocken werden in der vorhandenen Steuerung belassen. Schnittpunkt ist der Quasi-Standard der heutigen BA8-Steuerungen. Der OC ist eine Parallelschnittstelle, welche auf die heutige Barrierensteuerung einwirkt.

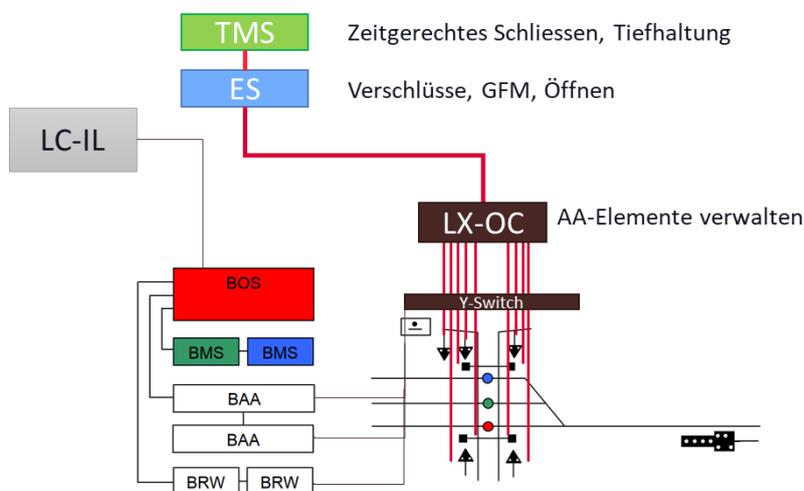


**ABBILDUNG 44 OC-BUE-ANKOPPLUNG AN LEGACY-STEUERUNG**

Diese Lösung soll für Bahnübergänge in Bahnhöfen verwendet werden. Eine Anwendung für Streckenbahnübergänge wird geprüft, allerdings ist diese Bahnübergänge voraussichtlich eher die Lösung mit LX-OC besser geeignet.

**Neuer LX-OC (Levelcrossing) oder Upgrade:**

Die einzelnen Elemente werden direkt mit einem LX-OC erschlossen, der so ausgeprägt wird, dass damit alle Aussenanlagekomponenten direkt angesteuert werden können und die bisherige BUE-Steuerung vollständig durch die OC-Steuerung abgelöst wird. Die Aussenanlagekomponenten werden 1:1 übernommen. Für die Umschaltung wird ein Y-Switch benötigt.



**ABBILDUNG 45 BUE-ANSTEUERUNG ÜBER NEUEN LX-OC**

Diese Lösung soll erstmals für die Erprobungsphase verwendet werden und ist besonders für Bahnübergänge auf Strecken geeignet. Sie wird nach dem SR40-Rollout bei Erreichen des LC-Endes für bestehende Anlagen angewendet. Dabei wird der neue LX-OC voraussichtlich direkt beim Übergang in einem Schrank montiert.

### Integration in Multi-OC:

In den letzten 30 Jahren sind diverse neue Steuerungstypen ins Portfolio eingeflossen. Diese wurden meistens in Zusammenhang mit einem Stellwerkersatz in die Steuerung der elektronischen Stellwerke integriert. Mit der Multi-OC-Lösung kann diese ganze breite Vielfalt elegant in die SR40-Lösung eingebunden werden.

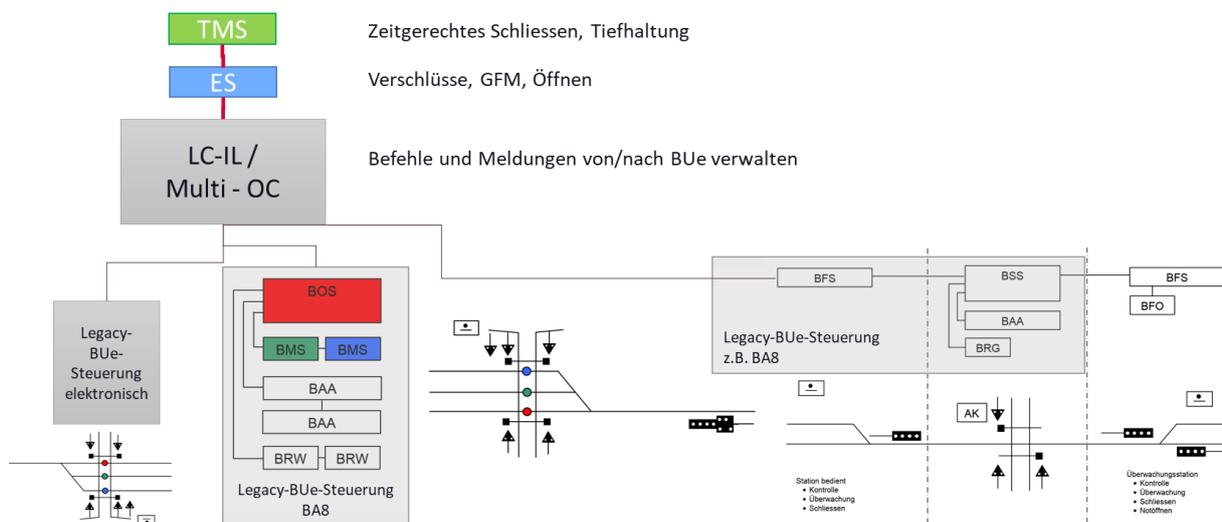


ABBILDUNG 46 BUE-ANSTEUERUNG VIA MULTI-OC

Diese Lösung soll in der Erprobung für Multi-OC vorgesehen werden und später im Rollout die Standardlösung für Multi-OC werden. Die Übergangsteuerungen können nach dem SR40-Rollout bei Erreichen des LC-Endes einzeln ersetzt werden. Dabei kann der LX-OC eingesetzt werden. Im Multi-OC wird der entsprechende Übergang zurückprojiziert und die neue Steuerung, idealerweise direkt beim Übergang in einem Schrank platziert, aktiviert. Eine Umschalteneinrichtung ist bei LC-Ende nicht mehr nötig, da die alten Anlagen in einem Intervall ausser Betrieb und die neue Anlage in Betrieb genommen werden kann.

### 8.4.3 Inbetriebnahme und Rückbau

Mit der Inbetriebnahme der SR40-Komponenten werden die ausser Betrieb genommenen Signale der Bestandsstellwerken als ungültig markiert. Die Zeitspanne und das genaue Verfahren bis zur ungültigen Markierung werden noch festgelegt. Bei den ersten Strecken bleiben die Bestandsstellwerke und deren Aussenanlagen vorerst als Rückfallebene bestehen. Der Rückbau erfolgt, wenn die Betriebstauglichkeit und Stabilität nachgewiesen sind und die Rückfallebene nicht mehr benötigt wird.

Da in den ersten beiden Realisierungsschritten nicht der volle Funktionsumfang vorhanden ist, wird sich der Rückbau über mehrere Phasen erstrecken. Die Signale werden von Anfang an obsolet und werden

in der AA zeitgerecht zurückgebaut. Die GFM werden erst einige Jahre später, wenn sie funktionell nicht mehr benötigt werden, zurückgebaut. Die genauen Details und die wirtschaftlichen Aspekte für die mehrmaligen Anlageanpassungen werden in der nächsten Phase noch detaillierter analysiert und ausgearbeitet.

## 8.5 Fahrzeuge

Für die auf den SR-40 Strecken verkehrenden Fahrzeuge geltenden die Netzzugangsbedingungen, die erfüllt sein müssen. Ob eine EVU sich für die neue Fahrzeugarchitektur COAT oder für Einzelsysteme entscheidet, ist Sache der EVU. Es wird in diesem Kapitel nur auf die Variante mit der Fahrzeugarchitektur COAT eingegangen.

### 8.5.1 Umrüstkonzept

Sobald das System zur Fahrzeugarchitektur COAT verfügbar sein wird, sollen alle neuen Fahrzeuge mit diesem System ausgerüstet werden. Dazu ist ein grosses Interesse von Seite der Fahrzeugeigner vorhanden, da sie bedeutende Einsparpotentiale gegenüber der heutigen Fahrzeugausrüstung erkennen. Bestandsfahrzeuge, welche auf SR40-Strecken zum Einsatz kommen, sollen, falls es wirtschaftlich vertretbar ist, ebenso mit diesem System nachgerüstet werden. Eine Nachrüstung mit proprietären Einzelkomponenten hingegen ist grundsätzlich nur bei temporären Anwendungen und Fahrzeugen, die noch einen kleinen LCC haben, vorgesehen, da diese proprietären Systeme weder über standardisierte Schnittstellen noch über die Updatefähigkeit über eine Luftschnittstelle verfügen. Beides sind Voraussetzungen, um die künftigen Anforderungen erfüllen zu können. Hinzu kommt, dass mit proprietären Einzelsystemen Funktionen wie Connectivity redundant wären. Es ist noch zu untersuchen, inwieweit bestehende Komponenten wie zum Beispiel ETCS-Antennen nach dem Fahrzeugumbau auf COAT ohne grosse Aufwände weiterverwendet werden können. Einige EVU streben daher einen gesamten Komponententausch inklusive solcher Komponenten an, um nachher die gesamte Ausrüstung aus einer Generation zu haben.

Die Kosten über den ganzen Life Cycle sind aufgrund der günstigeren Beschaffung, des modularen Ersatzes sowie der Fernwartung für das Uploaden und Aktivieren von Fehlerkorrekturen, Sicherheitsupdates und Funktionserweiterungen bedeutend tiefer als mit konventioneller Ausrüstung. Bei der konventionellen Ausrüstung muss das einzelne Fahrzeug immer physisch an einen Instandhaltungsstandort gebracht werden, während diese Aufwände mit der Fernwartung in den meisten Fällen entfallen.

Durch die Ablösung von GSM-R durch FRMCS besteht auf allen Bestandsfahrzeugen Bedarf für eine Komponenten-Erweiterung in den Bereichen Voice und Datenfunk. Idealerweise soll diese Erweiterung mit dem Einbau von COAT erfolgen. Für die Übergangszeit bis zur voraussichtlichen Ausserbetriebnahme von GSM-R im Jahre 2032 werden beide Connectivity-Systeme parallel nötig sein. Bestandesfahrzeuge, welche nie auf SR40-Strecken verkehren, fallen nicht in diese Betrachtungen. Es ist davon auszugehen, dass bei diesen Fahrzeugen FRMCS mit einem konventionellen proprietären System nachgerüstet wird. In Bezug auf die Zugbeeinflussung ETCS können Fahrzeuge ohne ETCS-

Ausrüstung, welche weder ETCS Level 2 noch SR40-Strecken befahren, weiterhin mit ZUB/SIGNUM/ETM (Paket 44) verkehren. Bei Fahrzeugen, die bereits über ETCS Baseline 3 Ausrüstung verfügen, ist abzuklären, ob diese im Rahmen der COAT-Architektur weiterverwendet werden kann.

### 8.5.2 Zeitbedarf und Ablauf Umrüstung

Abgestimmt auf den Zeitpunkt der Migration der Strecken-/Regionen müssen vorgängig die in diesen Gebieten zum Einsatz kommenden Fahrzeuge umgerüstet werden. Der Zeitbedarf wird nach heutigem Kenntnisstand aufgrund der Erfahrungen aus ETCS-Umbauprogrammen auf ca. 3 Wochen geschätzt. [\[15\]](#) Nicht in diese Betrachtung eingeflossen ist der Zeitbedarf für die Vorbereitung der Fahrzeuge (Ready for Upgrade), die möglicherweise sogar Sanierungen beinhalten. Darin ist auch die Verschiebung der Fahrzeuge zwischen einzelnen Standplätzen berücksichtigt. Nach der Vorbereitung der Fahrzeuge (Steckdosen versetzen, Verschraubungen gängig machen, allfällig nötige Sanierungen) für die Migration sind mechanische Arbeiten auszuführen. Dabei werden beispielsweise Kabelkanäle angepasst, Aufhängungen montiert, Kästen eingebaut oder angepasst. Anschliessend wird die elektrische Ausrüstung inkl. Sensorik und Aktorik eingebaut und angeschlossen. Nach dem vollständigen Einbau erfolgen die Inbetriebnahme sowie die Zulassung des umgebauten Fahrzeuges.

Diese Schätzungen basieren auf Erfahrungen mit bisherigen Um- und Aufrüstungsprojekte im Rahmen der 2. Welle des ETCS-Rollouts (E2W) in der Schweiz und den eingespielten Fall. Initial ist davon auszugehen, dass zwischen Vertragsabschluss und Start der Arbeiten am ersten Prototyp 6 Monate für die Vorbereitung nötig sind.

Durch eine frühzeitige, präzise Umlaufplanung der Fahrzeuge muss die Verfügbarkeit der Fahrzeuge für die Migration abgesichert werden. Dabei wird darauf Rücksicht genommen, dass die Auswirkungen auf unsere Kundinnen und Kunden so gering wie möglich gehalten werden. Auf Spitzenlastzeiten wird entsprechend Rücksicht genommen. Aufgrund der für den Betrieb knapp berechneten Flottengrössen sind während der anspruchsvollen Migrationsphase, bei gleichzeitiger überdurchschnittlicher Störungsanfälligkeit, Einschränkungen für den Kunden, beispielsweise durch den Einsatz verkürzter Züge im Spitzenverkehr, möglich. Es ist nicht damit zu rechnen, dass am Markt Interimsflotten verfügbar sein werden.

### 8.5.3 Einsatz aufgerüsteter Fahrzeuge

Nach dem Umbau werden die Fahrzeuge in Bezug auf die Zugsbeeinflussung nur noch mit «ETCS-only» ausgerüstet im Einsatz stehen. Damit können sie auf dem gesamten Schweizer Normalspurnetz unter ETCS Level 1 LS oder Level 2 resp. Level 3 verkehren. In Bezug auf die Kommunikationsausrüstung werden die Fahrzeuge als Bi-Standard verkehren können. Sie beherrschen neben GSM-R (Voice und Data) auch FRMCS. Nach der Abschaltung des GSM-R-Netzes ca. 2032 kann diese Ausrüstung rückgebaut werden.

## 8.5.4 Aufrüstungszeitraum und Randbedingungen

Ziel wäre es, die Fahrzeuge zwischen 2025 bis 2035 zu migrieren. Damit die Kosten möglichst tief gehalten werden können, ist dabei Voraussetzung, dass COAT inkl. Software bis dahin am Markt verfügbar ist. Der Umbau soll hardwaremässig in einem Schritt erfolgen. Die nach der fahrzeugseitigen Migration nötigen Softwareupdates können später, nach der erfolgreichen Zulassung, über die Luftschnittstelle eingespielt werden.

Der Ressourcenbedarf an Umbauplätzen und Personal für Engineering und Integration ist sehr hoch und bedarf noch weiterer, vertiefter Analysen. Die aktive Partizipation der Fahrzeug- und Leittechnik-Hersteller sowie möglicherweise zusätzlichen weiteren Engineering-Dienstleistern muss sichergestellt werden. Auch gilt es zu beachten, dass erfahrene Personal in Schlüsselrollen knapp ist. Beispiele sind Aufgaben mit Bezug zum technischen Flottenmanagement (Fahrzeugwissen) sowie die operative Flottenbetreuung sowie Abstimmung zur FLM Entity in Charge of Maintenance ECM3 (für die Instandhaltung zuständige Stelle). Auch von Seite der ISB und BAV ist mit erhöhtem Personalbedarf zu rechnen, um den Zulassungsprozess (Netzzugang, Nachweisführung) angesichts der grossen Menge an Flotten/Fahrzeugen innerhalb des vorgesehenen Migrationszeitraums bewältigen zu können.

Im Dokument COAT, Zulassungskonzept Fahrzeugausrüstung [111] werden Zulassungsthemen gesamtheitlich beschrieben.

Weitere Studien werden durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Migration über einen Zeitraum von 7 Jahren hinweg realistisch ist. Verglichen mit der Migration im Rahmen von E2W, bei welcher 230 Fahrzeuge innerhalb 5 Jahren (2013-2017) umgebaut wurden, erscheinen die mit SR40 geplanten Mengen in 7 Jahren (2025-2032) aber bei analoger Durchführung unrealistisch.

Für die Umrüstung und Ausrüstung lässt sich der aktuelle bzw. künftig zu erwartende Fahrzeugbestand in 7 Gruppen aufteilen, die in Abbildung 47 und Tabelle 20 zusammengestellt sind.

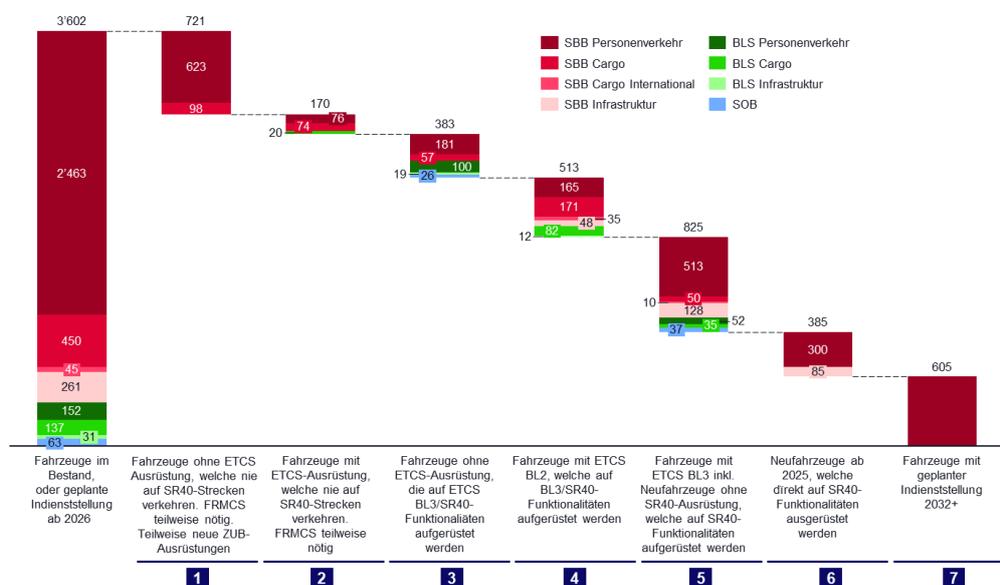


ABBILDUNG 47 MENGENGERÜST AUSTRÜSTUNGSSTAND FAHRZEUGE, STAND: 30.07.2019

Nr	Fahrzeugtypen in Gruppe (excl. Infra-Fahrzeuge ohne CCS-Ausrüstung)
1	Domino Trieb-/Steuerwagen (RABe560/562), GTW (RABe520/526), Re420HVZ, Re420, Re450DPZ+Bt, RABe514 DTZ, RABe525 NINA
2	Domino Trieb-/Steuerwagen (RABe560/562), Re420, Re425, Re620, Am843, LRZ04/08
3	Am843, GTW, Ee922, Eem923, RABe511 Regio Dosto 150m, RABe515 MUTZ, FLIRT (Diverse Baureihen), RABe525 NINA, RABe535 Lötschberger, Tea245, Tm234, Tm236, Tm501-503
4	Am843, Ansaldo-TGV, LRZ14/Xtmas, RABe 502 FV-Dosto, RABe 500 ICN, RABe511 Regio Dosto 100/150m, RABe 523/524 FLIRT, Re420, Re465, Re482.1/2, Re474, Re475, Re484, Re485/486, Re620, 186/187, 189, 193.2/4, Tm235, Xem181
5	Re460, EW IV Bt, IC2000 Bt (Umrüstung BL3 2020-2023) RABe501 Giruno, ETR610 Astoro, FLIRT LEX, FLIRT France, Aem940-1, Tm 234-4, LRZ18
6	Einstock-RV (2026-2035), Ersatz GTW Seetal (2027-2028), IR Dosto (2028-2035)
7	Doppelstock-RV (2032-2043), FV Dosto (2036-2044), Einstock-RV (2037-2043), Einstock-RV «Metro» (2038-2040), FV international (2038-2046)

**TABELLE 20 FAHRZEUGTYPEN JE AUSTRÜSTUNGSSTAND, STAND: ENDE 2022**

### **1 - Auslaufende Flotten ohne ETCS-Ausrüstung (in Migration nicht berücksichtigt)**

Diese Gruppe beinhaltet Fahrzeugflotten, welche vor 2038 ausrangiert werden und bis dahin nie auf SR40 migrierten Gebieten oder auf Strecken mit ETCS L2 oder höheren ETCS-Levels eingesetzt werden. Sie besitzen keine ETCS-Ausrüstung, sondern ETM/ZUB/SIGNUM. Teilweise sind sie mit ZUB 121-Geräten ausgerüstet, welche durch die Industrie nicht mehr unterstützt werden. Teilweise werden diese ZUB 121-Geräte mit ZUB-light ersetzt. Die Connectivity der noch länger im Einsatz stehenden Fahrzeuge wird unabhängig von smartrail 4.0 zwischen 2025 und 2032 von GSM-R auf FRMCS migriert.

Diese Fahrzeuge werden mit dem Hintergrund, dass sie nie auf SR40-Strecken verkehren werden, in vorliegender Zusammenstellung nicht betrachtet.

### **2 - Auslaufende Flotten mit ETCS-Ausrüstung (in Migration nicht berücksichtigt)**

Hierbei handelt es sich um Fahrzeugflotten, welche vor 2038 ausrangiert werden, und bis dahin nie auf SR40-Strecken eingesetzt werden. Sie besitzen eine nicht aufwärtskompatible ETCS-Baseline 2 Ausrüstung sowie ETM/ZUB/SIGNUM. Die Connectivity aller Fahrzeuge wird unabhängig von smartrail 4.0 zwischen 2025 und 2032 von GSM-R auf FRMCS migriert.

Diese Fahrzeuge werden mit dem Hintergrund, dass sie nie auf SR40-Strecken verkehren werden in vorliegender Zusammenstellung nicht betrachtet.

### **3 - Zu migrierende Flotten ohne ETCS-Ausrüstung**

Diese Fahrzeugflotten besitzen keine ETCS-Ausrüstung. Sie sind mit ETM/ZUB/SIGNUM ausgerüstet. Die Fahrzeuge werden auf die Funktionalitäten der SR40 Etappe R3 aufgerüstet.

### **4 - Zu migrierende Flotten mit ETCS BL2**

Diese Gruppe beinhaltet Fahrzeugflotten mit ETCS Baseline 2-Ausrüstung, die aufwärtskompatibel ist. Diese Fahrzeuge werden auf die Funktionalitäten der SR40 Etappe R3 aufgerüstet.

### **5 - Zu migrierende Flotten mit ETCS BL3 (ETCS only)**

Hier enthalten sind Fahrzeugflotten mit ETCS Baseline 3 (ETCS-only). Diese Fahrzeuge werden auf die Funktionalitäten der SR40 Etappe R3 aufgerüstet.

#### **6 – Neufahrzeuge mit Indienststellung ab 2026**

Dies sind zukünftige Fahrzeugflotten, welche bereits bei der Beschaffung mit den Funktionalitäten der Etappe R3 ausgerüstet werden sollten. Da die Indienststellung 2026 beginnt, müssen die entsprechenden Komponenten, inkl. Zulassung, bis 2024 zur Verfügung stehen.

#### **7 – Neufahrzeuge mit Indienststellung ab 2032**

Diese künftigen Flotten sollen ab 2032 in Betrieb genommen werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Ausrüstung mit SR40 Komponenten bis dahin zuverlässig zur Verfügung steht und alle Zulassungen des Fahrzeuggerätes vorhanden sind. Mit der Zulassung der entsprechenden Flotte kann das Fahrzeug im migrierten SR40-System uneingeschränkt verkehren.

## 8.6 Connectivity

### 8.6.1 Technologie

Das neue Mobilfunknetz wird entsprechend den FRMCS Spezifikationen realisiert, welche durch die UIC erlassen werden und in der zukünftig geltenden CCS TSI referenziert werden. Aus heutiger Sicht ist davon auszugehen, dass der Kern des Netzes ein 3GPP - 5G Netz sein wird. Die europäische Ausprägung von FRMCS wird durch ETSI TC-RT spezifiziert. Eine Schlüsselrolle im Rollout kommt dem Funknetz zu, da dieses die Kommunikation zwischen beweglichen Einheiten bereitstellen muss. Das zukünftige FRMCS Funknetz wird, das durch das BAKOM zugeteilte Spektrum verwenden, welches im Einklang mit dem harmonisierten Frequenzspektrum für die Region Europa sein wird (CEPT/ECC).

Bezüglich der RAM-Anforderungen richtet sich FRMCS auf die Anwendungsbedingungen der designierten Service Nutzer (ETCS, etc.) aus. Dieser Bezug berücksichtigt die zu liefernde Verfügbarkeit und hat somit entscheidenden Einfluss auf die Bauform (Redundanz) des Netzes. SBB Telecom führt aktuell Machbarkeitsstudien zu möglichen Trassenarchitekturen mit 5G durch.

Im Hinblick auf die Fahrgastkommunikation und der Gewährleistung einer bestmöglichen Versorgung der Fahrgäste mit Mobilfunk werden gegenwärtig Studien zu Kooperationsmodellen mit den nationalen Public Providern durchgeführt. Eine Kooperation zur gemeinsamen Nutzung von Mobilfunkinfrastruktur hat je nach Ausprägung Einfluss auf die Trassenarchitektur. Diese Überlegungen werden in der Studie von SBB Telecom mitberücksichtigt.

### 8.6.2 Standorte

Grundsätzlich ergeben sich die Antennenstandorte aus der Funknetzplanung, mit dem Ziel, die für die FRMCS Service Nutzer beste Versorgung zu gewährleisten. Die Standorte sollen im technischen Bahnkorridor respektive Bahnhofsgelände/Gebäude sein. Situativ kann auch davon abgewichen werden. Wenn bestehende Standorte mit der Vorgabe 'bestes Radionetz' vereinbar sind, sollen diese weiter genutzt werden. Die Koexistenz mit GSM-R und PP-Mobilfunknetzen bezüglich gegenseitiger Beeinflussung der Signale und NISV Richtlinien muss für die Phase des Parallelbetriebs berücksichtigt werden.

### 8.6.3 Migration

#### **Grundlagen**

Die Voraussetzung für Migration der Bahnkommunikationsdienste von der Plattform GSM-R auf FRMCS sind ein funktionierendes FRMCS-Kernsystem und die FRMCS kompatible Funkausrüstung auf den zu migrierenden Strecken sowie den Endgeräten. Die Abfolge der Migration je Strecke/Segment wird auf die Anforderungen der Stellwerke und Fahrzeuge ausgerichtet.

«Migration» des GSM-R Bahnmobilfunks auf FRMCS hat im Kontext von SR4.0 mehrere Dimensionen. Migration bedeutet einerseits das Abbilden der Funktionen der GSM-R Architektur auf die Zielarchitektur von FRMCS. Die Integration von FRMCS mit den weiteren Bahnkommunikationssystemen von SBB inklusive Operations- und Business Support Systeme sowie das Interworking mit GSM-R

(Parallelbetrieb!) und andern RM und PLMN Betreibern gehört auch dazu. Es muss unbedingt berücksichtigt werden, dass die gesamte Bahnkommunikationsarchitektur von SBB im Wandel ist, weil nebst GSM-R andere Systeme wie die Betriebstelefonanlage oder auch der Tunnelfunk (Teil der Transportschicht) im Zeitraum des Migrationsprozesses auf FRMCS funktional und entsprechend neuem Stand der Technik ersetzt werden müssen. Deshalb muss diese Migration 'FRMCS' kein isoliertes Vorhaben, sondern auf die übergeordneten Anforderungen der Bahnkommunikationsplattformen von SBB Telecom ausgerichtet sein. Sobald der oben erwähnte Schritt vollzogen ist, werden die Bahnapplikationen (z.B. ETCS) integriert. Diese Dimension wird als «technische Migration» bezeichnet. Nun ist die Plattform bereit, dass die User neu die Services über FRMCS beziehen können. Dieser 2. Ausrichtung von «Migration» wird hier als «Service Migration bezeichnet».

Idealerweise werden alle Mobilfunkservices einer Strecke/Segment gleichzeitig migriert. Aufgrund des Parallelbetriebs (siehe nächster Abschnitt) ist auch eine Service-bezogene Teilmigration denkbar (z.B. Critical Data für ETCS und Critical Voice) vorderhand weiterhin über GSM-R anzubieten. Dieser Aspekt wird in der nächsten Phase noch vertiefter betrachtet.

Die Versorgung der heutigen ETCS L2 Stellwerke muss genauer betrachtet werden, da der SR40 Migrationsplan diesbezüglich von einem viel längerfristigen Migrationshorizont ausgeht. Der LC des Bahnmobilfunknetzes und der Life Cycle von GSM-R endet aufgrund des Herstellersupports teilweise früher als der heute geplante maximale LC einiger ETCS L2-RBC. Deshalb muss eine Lösung auf Seite RBC gefunden werden. Dies bedeutet die vorgezogene Migration auf das SR40 oder eine Anpassung der Kommunikationsverbindungen der heutigen RBC Interfaces von GSM-R auf FRMCS. Nach heutigem Stand wird es von Fall zu Fall unterschiedliche Lösungen geben. Da die TEN-Korridore frühestens 2035 migriert werden können, braucht es dadurch eine kleine Anpassung der Kommunikationseinrichtungen der heute eingesetzten RBC (siehe auch Kapitel 7.2).

Der Support von GSM-R durch Nokia spielt diesbezüglich auch eine wesentliche Rolle. GSM-R als Hauptträger für kritische Bahnkommunikation kann nur mit einem Netz erfolgen, das uneingeschränkte Wartung durch den Hersteller genießt. Nebst der reinen Supportleistung muss auch berücksichtigt werden, dass ein verlängerter Betrieb von GSM-R wahrscheinlich Ersatzmassnahmen bei gewissen GSM-R Komponenten bedeuten wird, da einige in diesem Zeitraum 'end of life' erreichen werden. Solche Massnahmen für einen sehr kurzen Zeitraum würde zu hohen Investitionen mit geringer Nutzungsdauer führen. Wie in Kapitel 'Basissituation Connectivity' beschrieben, plant Nokia die Einstellung von GSM-R im Bereich 2030 bis 2035. Sollte Nokia bereit sein, den Life Cycle von GSM-R über den heute geltenden Zeitraum zu erstrecken, kann die Situation neu überprüft werden.

Prinzipiell könnte, nachdem alle Services auf einer bestimmten Strecke migriert sind, der betroffene Teil von GSM-R abgeschaltet werden. Aufgrund des zwingenden Parallelbetriebs in der Übergangsfrist wird eine Abschaltung erst später erfolgen.

## **Parallelbetrieb GSM-R / FRMCS**

Gemäss dem ERA Report, Evolution of Railway Radio Communication, System Definition, Annex 6, Version 1.0 vom 17.12.18 muss davon ausgegangen werden, dass innerhalb der Mitgliederstaaten 10 bis 15 Jahre zwischen der Einführung von FRMCS liegen werden.

SR40 setzt sich zum Ziel, FRMCS frühestmöglich einzuführen und bei Publikation der massgebenden CCSTSI die Netzzugangskriterien für mobile Bahnkommunikation so zu definieren, dass eine schnellstmögliche Abschaltung von GSM-R möglich wird. Gemäss aktuellen Diskussionen bei der ERA werden für 'Critical Voice Services' 5 Jahre und für ETCS (Critical Data Services FRMCS) 10 Jahre Übergangsfrist angestrebt. Dies führt somit zu einem streckenseitigen Parallelbetrieb beider Eisenbahnmobilfunksysteme.

Dies Ausgangslage stellt besondere Anforderungen an die Funknetzplanung und das Interworking zwischen den Mobilfunkplattformen. Teilnehmer einer Verbindung können in beiden 'Welten' liegen. Die Tatsache, dass GSM-R für viele Bahnkommunikationsanwendungen 'nur' ein Teilsystem ist, bedeutet ein weiterer nicht zu unterschätzender Komplexitätsfaktor für Migration von GSM-R zu FRMCS. Ziel ist eine Migration mit geringstmöglichem Unterbruch der Dienste und deren Nutzer.

Diese Betrachtung gilt für europäisch interoperable Strecken. Noch offen ist eine allfällige Abweichung auf rein national genutzten nicht interoperablen Strecken, im Sinn einer früheren streckenweisen ausschliesslichen Versorgung durch FRMCS.

## **Aufwärtskompatibilität**

Betreffend Aufwärtskompatibilität der Fahrzeugausrüstung für FRMCS (3GPP 5G) kann aktuell keine Auskunft gemacht werden, da die Planung der verschiedenen Hersteller diesbezüglich noch nicht vorliegt. Das bedeutet, dass keine Aussage gemacht werden kann, ob z.B. die Geräte auf 5G hochgerüstet werden können.

Grundsätzlich wird jedoch empfohlen, die neue On Board Architektur, wenn immer möglich zu implementieren, um sofort eine FRMCS Konnektivität zu gewährleisten.

## **Rückbau GSM-R**

Die Core Funktionen werden bis zum letzten Einsatz des Netzes in Betrieb bleiben. Streckenseitig kann der Rückbau von GSM-R nach abgeschlossener Migration isoliert erfolgen, sofern die Critical Voice Services umgehend migriert werden. Es ist auch denkbar, dass die Critical Voice Services erst nach der vollständigen Ablösung von GSM-R durch FRMCS migriert werden. In diesem Fall erfolgt der Rückbau in einem Schritt nach Abschluss des FRMCS Rollouts.

## 8.7 Zentrale Systeme

Das Programm smartrail 4.0 basiert auf einer Gesamtarchitektur mit verschiedenen aufeinander abgestimmten Komponenten. Die volle Wirkung ergibt sich in der Umsetzung aller Komponenten (inkl. Vereinfachung der heutigen Aussenanlagen). Basierend auf den Aufträgen (Brief BAV vom 18. August 2017 «realistischer Zeitplan» und Lenkungsausschuss «Etappierbarkeit (insbesondere Flotte)») wurden Etappierungsmöglichkeiten im Detail ausgearbeitet. Um bereits früh einen Nutzen (Cash-Flow Einsparungen) zu erhalten, und um die Komplexität im Gesamtsystem zu beherrschen, wird die Migration in die in Abbildung 48 gezeigten Etappierungsschritte aufgeteilt.

### Schrittweise Modernisierung der Produktionssysteme

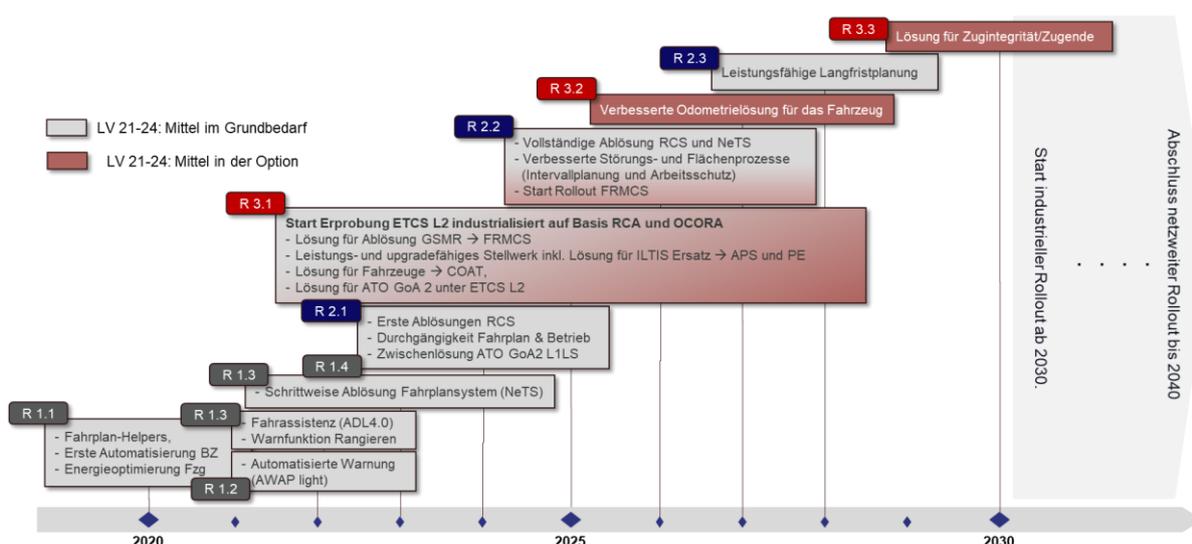


ABBILDUNG 48 GESAMTKONZEPT ETAPPIERUNG MIGRATION (ZUM ROLLOUT BEREIT)

Diese Schritte entsprechen den bereits in Kapitel 6 prozessual vorgestellten Schritten und werden hier inhaltlich ausdetailliert.

#### 8.7.1 Etappierung Schritt 1 (SR40 R1)

Der erste Etappierungsschritt (SR40 R1) erfolgt zeitnah auf Basis der heutigen Produktion und läuft von 2019 bis 2022. Hierbei werden zwei Zielbilder als Meilensteine erreicht. Die notwendigen Projekte sind definiert und befinden sich in Ausführung.

##### Zielbild 2019 / 2020

Mit dem Zielbild 2019/2020 sollen erste Werte generiert werden. Dazu sollen im Horizont 12/2019 folgende Funktionalitäten eingeführt werden:

- **Flux One:** Mit diesem Planungsmodul werden den Nutzern erste Werte aus der Entwicklung des Traffic Management Systems zur Verfügung gestellt. Sie unterstützen einerseits die Transformation der betroffenen Mitarbeitenden. Andererseits minimieren sie die Risiken in der Ablösung des bestehenden Fahrplansystems durch frühzeitige Erkennung von kritischen

Elementen. Im ersten Schritt wird den Nutzern hiermit die Planung von Extrazügen durch die automatische Errechnung einer Lösung erleichtert. Flux One läuft dabei zunächst separat als Zwischenschritt zwischen Kapazitätsplaner NeTS-AVIS und NeTS-Plan. Die Einführung erfolgt schrittweise zuerst bei einzelnen Powerusern und später in den Planungsteams.

- **Eco2.0:** Die Lokomotivführer profitieren von zusätzlichen Informationen zur Fahrt und erhalten erstmals Angaben zu einem optimalen Fahrprofil im geplanten Regelbetrieb. Damit kann aktiv Energie gespart werden sparen. Eco2.0 ist eine Zwischenlösung auf Basis bestehender Systeme. Ein direkter Einfluss auf das Fahrzeug ist noch nicht möglich. Die Daten für Eco 2.0 werden den EVU diskriminierungsfrei zur Verfügung gestellt. Das Gerät, auf welchem die Anzeige für das Lokpersonal erfolgt, bleibt in der Verantwortung der EVU. Die Einführung erfolgt gestaffelt zuerst beim Regional- und in einem zweiten Schritt beim Fernverkehr.
- **Real Time Optimierung One – RTO One:** In einem Pilotbetrieb in Olten sowie anschliessend im Tessin für den Ceneri Basistunnel wird erstmals automatisiert die Kapazitätsnutzung eines geographischen Gebietes inklusive Fahrwegalternativen in Echtzeit optimiert. Der zunehmende Verkehr kann ohne zusätzliches Personal bewältigt werden.
- **ÄvT - Änderung verständigter Trassen:** Die prozessualen und systemtechnischen Anpassungen im Umgang bei Änderungen von verständigten Trassen vereinfachen den Ablauf für alle an der Bahnproduktion beteiligten Partner wesentlich. Die für den Zugsverkehr notwendigen Daten stehen auch bei Änderungen (Umleitungen, Teilausfällen, etc.) unmittelbar zur Verfügung. Die Qualität der Kundeninformation wird gesteigert. Die Umsetzung von ÄvT erfolgt im Bestandssystem NeTS, macht aber auch Anpassungen an vielen Abnehmersystemen notwendig. ÄvT ist daher nur eine Zwischenlösung bis zur Einführung von TMS. Die Nutzung der neuen Funktion erfolgt zuerst beim Güterverkehr und aufgrund der Abhängigkeiten zu den Kundeninfosystemen erst in einem zweiten Schritt auch beim Reiseverkehr.

Es folgt im Horizont 12/2020 dann ein Schub mit einer grossen Zahl an Funktionalitäten. Dies umfasst:

- **Flux One II:** Der zweite Schritt ermöglicht dem Benutzer eine effizientere Um- bzw. Neuplanung im Zusammenhang mit Baustellen. Das System sucht mögliche Slots für Intervalle und zeigt die Lösungen inklusive deren Konsequenzen an. Die Einbettung in die bestehenden Planungsprozesse mit NeTS erfolgt gleich wie bei Flux One.
- **DispoOp - Automatisierter Durchgriff zwischen Disposition und Operation:** In den Betriebszentralen können dank der Einführung von Erweiterungen der bestehenden Systeme und der Aufhebung von Medienbrüchen die Arbeitsabläufe effizienter gestaltet werden. Die Qualität der Leistungen gegenüber den Kunden steigt aufgrund der veränderten Systemlandschaft und den prozessualen Anpassungen. «DispoOp» schafft hierzu die Verbindung zwischen dem dispositiven und dem operativen System. Getroffene Dispositionen und Entscheidungen werden direkt umgesetzt. Die heutige Doppelerfassung fällt weg. Die Einbettung der beiden Anwendungen ADAR und DispoOp erfolgt in der heutigen Systemlandschaft mit RCS und ILTIS. Es handelt sich um eine Zwischenlösung bis zur Einführung von TMS. Während DispoOp bei der BLS in reduziertem Umfang bereits heute im

Einsatz ist muss die Einführung bei der SBB von Grund auf geplant werden. Aufgrund der Komplexität und des erforderlichen Befähigungsbedarfs bei den Anwendern erfolgt die Freischaltung der einzelnen DispoOp Funktionalitäten etappiert wie folgt: Diskri A > alle Diskri > Fahrweg-Anpassungen > Anordnung / Ausfall

- **EFA - Erfassung von Fahrplanabweichungen:** Die automatisierte Zuordnung der Initialursache sowie deren Verkettung auf die betroffenen Züge (Primär und Sekundärverspätung) bei Ereignissen beziehungsweise Verspätungen entlastet den Disponenten von der heute aufwändigen manuellen Datenerfassung und liefert den Analysten in der Nachbearbeitung genauere Daten für Verbesserung der Bahnproduktion. Die Einführung von EFA erfolgt schweizweit auf einen noch zu definierenden Zeitpunkt Anfang 2021. Gleichzeitig entfällt ab dann die manuelle Erfassung von ErZu-Daten in den Betriebszentralen.
- **Störungsdauerprognose:** Bessere Prognosen für die Störungsdauer von Ereignissen verbessern in der Chaosphase deren Bewältigung und lassen verlässlichere Informationen zugunsten der Kunden zu. Die Prognosen werden aus der Analyse von ähnlich gelagerten Ereignissen abgeleitet. In einem ersten Schritt wird eine einfache Lösung realisiert, welche insbesondere neuen und unerfahrenen Mitarbeitenden in den Betriebszentralen einen Anhaltspunkt über die mögliche Dauer eines Ereignisses aufgrund früherer Vorfälle geben soll. In welche Richtung die spätere Entwicklung beim Thema «Störungsdauerprognose» geht ist momentan noch nicht entschieden und wird erst zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt.
- **Dynamisches Fahrassistenzsystem (ADL4.0):** Eco2.0 (Regelfall) und das heutige System (adaptive Lenkung, ADL, Konfliktfall) werden im Rahmen des Projekts ADL4.0 integriert und weiterentwickelt. Die Lokführer erhalten damit jederzeit eine korrekte Information zum optimalen Fahrprofil und können damit präziser und der aktuellen Situation angepasst fahren. Die heutige Anzeige auf den Lokführer-Tablets wird grundsätzlich überarbeitet und optimiert. Technisch gesehen stellt ADL4.0 einen Zwischenschritt im Hinblick auf ATO dar. Aus Anwendungssicht ist ein dynamisches Fahrassistenzsystem hingegen ein wichtiges und eigenständiges Hilfsmittel, das auch nach Einführung von ATO für das manuelle Fahren zur Verfügung stehen wird. Die Entwicklung von ADL 4.0 erfolgt in der bestehenden Systemlandschaft und die Daten werden diskriminierungsfrei den EVU zur Verfügung gestellt. Das Gerät, auf welchem die Anzeige für das Lokpersonal erfolgt, bleibt weiterhin in der Verantwortung der EVU.

### Zwischenschritt 2021

- **ADAR - Automatisierter Durchgriff ALEA – RCS:** Mit der Aufhebung des Medienbruchs zwischen dem Alarmierungs- und Ereignisassistenten (ALEA) und dem Dispositionssystem (RCS) entfällt – insbesondere im Störfall - die heute aufwendige manuelle Datenerfassung. Die notwendigen Informationen stehen allen Beteiligten sofort zur Verfügung und die beschlossenen Massnahmen sind für alle im RCS einsehbar. Der Disponent wird in der «Chaosphase» entlastet. ADAR ist kein eigentliches System, sondern eine Schnittstelle, welche schweizweit produktiv gesetzt wird. Die Erfassung von Massnahmen in ALEA bleibt weitgehend unverändert.

## Zielbild 2022

Mit den Funktionalitäten des Zielbilds 2022 wird TMS eingeführt. Dies stellt einen bedeutenden Meilenstein dar. Es werden damit die folgenden Funktionen auf den Horizont 12/2022 eingeführt:

- **Automatische Kurzfristplanung Ablösung NeTS Plan:** Die Version 1 des Traffic Management Systems steht bereit. In der Kurzfristplanung profitieren die Planer von einer weitgehend automatisierten Planung der Kapazität. Sie beinhaltet alle Fahrten (Züge, Rangierbewegungen) sowie Abstellungen, Zusatzleistungen und funktionale Einschränkungen. Die Bestellungen können automatisiert als Service Intention in die Kapazitätsplanung übernommen werden. Die Einführung der automatischen Kurzfristplanung bringt vor allem im planerischen Bereich prozessuale Anpassungen mit sich.
- **TMS COP Ablösung NeTS AVIS:** Das heutige Bestelltool wird schrittweise abgelöst. Die Partner profitieren von einem einfachen Zugang, hoher Transparenz und raschen Antworten bei entsprechenden Anfragen. Die Transportkette für den Kunden steht dabei im Vordergrund. Die Ablösung von NeTS-AVIS erfolgt im Rahmen der Migrationsstrategie TMS (siehe Kapitel 8.7.4)
- **Real Time Optimierung - RTO CH:** Die bereits in Olten und am Ceneri eingesetzte Software wird linienweise in der Schweiz über die nächsten Jahre schrittweise ausgerollt. Betroffene Gebiete werden dadurch in der Kapazitätsnutzung automatisiert optimiert. Durch die laufende Vergrößerung optimierter Regionen primär entlang der Hauptachsen profitieren die Kunden von einer höheren Stabilität und besseren Pünktlichkeitswerten. Die Abläufe können effizienter gestaltet werden.
- **AWAP-L:** Die Baustellenwarnung wird dank AWAP Light effizienter. Dabei wird die Vorwarnung automatisiert.
- **Warnfunktion Rangier:** Das erweiterte Prozessabbild in den Knoten ermöglicht die Erhöhung der Rangiersicherheit durch die «Warnfunktion Rangier». Der Assistent zeigt dem Lokführer auf einem Gerät an, ob und wie weit die angeforderte Rangierfahrstrasse eingestellt ist und warnt ihn bei Vorbeifahrt an einem «Warnung» bzw. «Halt» zeigenden Zwergsignal. Die «Warnfunktion Rangier» ist ein Zwischenschritt auf dem Weg zum «abgesicherten, überwachten Rangieren» durch die neue SR40-Technologie. Die netzweite Einführung ist abhängig vom Rollout des ILITS-Releas 64 und wird bis Mitte 2023 abgeschlossen sein.

### 8.7.2 Etappierung Schritt 2 (SR40 R2)

Der 2. Etappierungsschritt (SR40 R2) erfolgt noch auf Basis der heutigen Produktion, wird diese aber weiter optimieren. Die dazu notwendigen Projekte befinden sich in Vorbereitung. Dieser Schritt beginnt 2023 und wird bis 2024 ausgeführt.

## Zielbild 2024

- **Automatischer Regelbetrieb:** Die Erweiterung des Traffic Management System sorgt für eine vollständige Durchgängigkeit zwischen der Planung und der Produktion. Die aufwendigen

Vorbereitungsarbeiten im Vorfeld der Produktion fallen gänzlich weg. Der Regelbetrieb erfolgt weitgehend automatisiert. Die Produktivität in den Betriebszentralen sowie die Qualität der Bahnproduktion wird weiter gesteigert. Die neuen systemtechnischen Mittel verändern die Rollen und Funktionen in den Betriebszentralen wesentlich.

- **Automatische Abstellbewirtschaftung:** Die Abstellbewirtschaftung erfolgt automatisiert. EVU und ISB profitieren von einem effizienteren Ablauf und korrekten Verrechnungen.
- **Rangierlenkung in der Betriebszentrale:** Die Rangierlenkung wird gestaffelt schweizweit ausgerollt. Dadurch steigt die Effizienz im Kommandoraum markant.
- **Digitalisierte Flächenprozesse:** Die neuen Flächenprozesse erleichtern die Kommunikation zwischen der Fläche und der Betriebszentrale sowie dem Operation Center Technik. Checklisten im Kommandoraum werden digitalisiert.
- **Mittelfristplanung:** Die Mittelfristplaner profitieren von ersten automatisierten Planungsschritten. Viriato bleibt noch das führende System.

### 8.7.3 Etappierung Schritt 3 (SR40 R3)

Der 3. Etappierungsschritt (SR40 SR3) von 2025 bis 2040 erfolgt im letzten Zielbild ab 2028 mit der vollständigen Funktionalität von smartrail 4.0 und führt diese flächendeckend in der Schweiz ein. Hierbei werden als Zwischenschritte die Zielbilder 2026 und 2028 durchlaufen. Daneben erfolgt die laufende Migration und Erweiterung von TMS.

#### Zielbild 2026

2026 werden wichtige Zwischenziele erreicht. Anders als in den Schritten R1 und R2 liegt der Fokus hier nicht mehr auf der Ersteinführung neuer Systeme, sondern auf der laufenden Ergänzung und Weiterentwicklung der Grundfunktionalitäten. Dies umfasst:

- **Mittelfristplanung:** Die Mittelfristplanung erfolgt neu ausschliesslich über das TMS. Alle Beteiligten profitieren von einer integrierten Planung und Produktion.
- **Rangierlenkung:** Die Rangierlenkung ist schweizweit ausgerollt.
- **Digitalisierte Flächenprozesse:** Erste Piloten im Bereich Arbeitsschutz erleichtern das Einlegen von Sperren.
- **TTR:** Die Normen TTR (Timetable Redesign) sind umgesetzt. Wir sind im Bereich der Kapazitätsplanung europakompatibel.
- **Intervallplanung:** Erste Schritte im Bereich Intervallplanung erleichtern die Planungsarbeiten für Baustellen.
- **Linienplanung:** In der strategischen Planung und im Abweichungsfall profitieren die Beteiligten von der neuen Linienplanung. Die Kunden profitieren von neuen Störungskonzepten und einer durchgehenden Transportkette unter Einbezug aller Verkehrsträge (optional).

#### Zielbild 2028

Mit dem Zielbild 2028 werden weitere Entwicklungsschritte erreicht, welche sowohl in der konzeptionellen Planung wie auch in den Betriebszentralen Verbesserungen bringen.

- **Langfristplanung:** Die Langfristplanung wird integriert. Es wird erstmals über alle Zeithorizonte durchgängig geplant. Dies verbessert den Planungsprozess insbesondere bei der Netzentwicklung.
- **Digitalisierte Flächenprozesse:** Das automatische Einlegen von Sperren ist schweizweit ausgerollt.  
Die Betriebszentralen profitieren von weiteren Automatisierungsschritten im Störfall. Die Planung erfolgt netzweit automatisiert und dynamisch.
- **Intervallplanung:** Die Intervallplanung erfolgt neu ausschliesslich über TMS. Die Intervallplanung ist integraler Bestandteil von TMS.

## 8.7.4 Migrationsstrategie TMS

Die Ziele von TMS sollen durch eine kontinuierliche Migration der bestehenden Systemlandschaft schrittweise umgesetzt werden. Die heutigen Systeme der Bahnproduktion haben bereits einen hohen Grad an fachlicher Komplexität. Die Vorhaben in TMS fügen zahlreiche neue Funktionalitäten, aber auch Anforderungen hinzu. Die TMS-Roadmap für den Zeitraum 2020-2028 ist in Abbildung 49 dargestellt. Diese Roadmap hat in der Migration eine Reihe Konsequenzen für die Anwender, die Schrittweise mehr und mehr SR40 Systeme nutzen werden. Nachfolgend wird die Migration der wichtigsten zu migrierenden Funktionen bzw. Systeme erläutert.

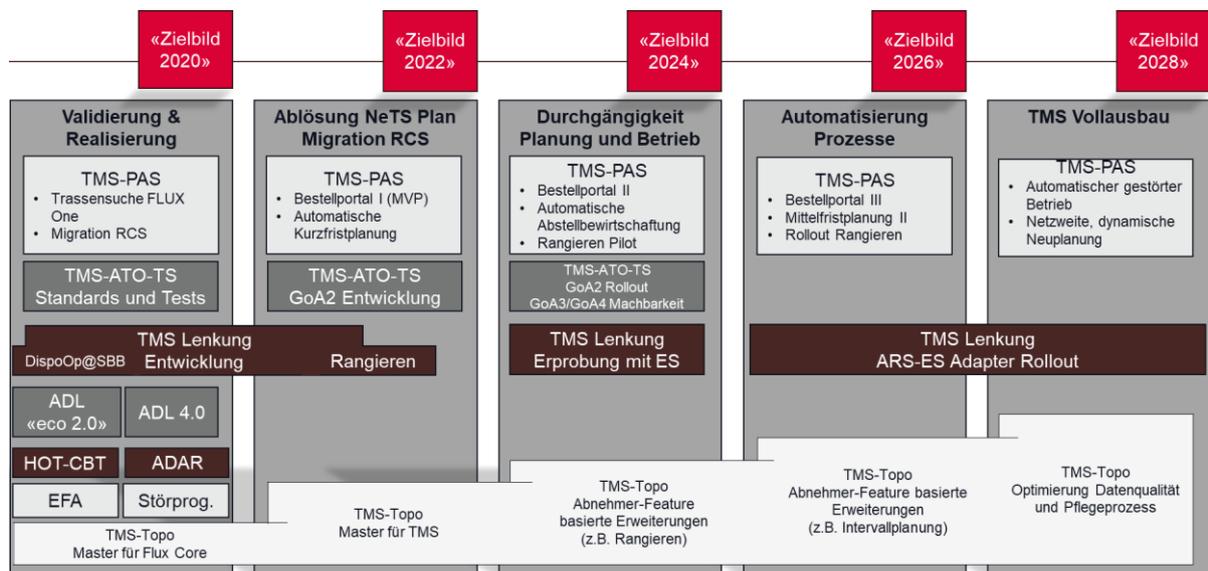


ABBILDUNG 49 TMS-ROADMAP

Bei der **Trassenbestellung** wird in einem ersten Schritt NeTS-AVIS für die EVU beibehalten, jedoch wird durch Trasse Schweiz bereits TMS-COP für den PCS-Import (Schnittstelle für internationale Bestellungen) genutzt. Mit den Zielbild 2022 wird neu nur noch die unterjährige Trassenbestellung durch NeTS-AVIS abgewickelt. Jahresbestellungen laufen bereits über TMS-COP. Ab 2023 sollen dann alle Bestellungen über TMS-COP laufen und NeTS-AVIS wird nicht mehr genutzt. Nachdem die Zugstrassenbestellung in TMS-COP migriert wurde, werden Bestellungen von Rangierfahrten und

Abstellungen, die bisher per Excel-liste bestellt wurden, in TNS-COP überführt. Bezogen auf Fahrplanjahre bedeutet dies, dass

- für die Fahrpläne 2022 und 2023 internationale Jahresbestellungen (TSI TAF/TAP, PR) bereits über TMS-COP erfolgen.
- für die Fahrpläne 2024 und 2025 die Bestellungen für Bestellphasen 2 und 3 mit TMS-COP erfolgen.
- für die Fahrpläne 2026 und 2027 mit Ausnahme der Bestellphase 1 (Langfristplanung) alle Kapazitätsbedarfe (inkl. Abstellungen, Rangierfahrten und Intervalle) über TMS-COP bestellt werden.
- ab dem Fahrplan 2028 erfolgen die Bestellungen dann für alle Fristigkeiten über TMS-COP.

Die **Produktionsautomatisierung TMS-PAS** erfolgt in 4 Releases. Anfangs werden die Grundlagen gelegt und durchgängige Daten, verbesserte Abläufe und Unterstützungsfunktionen für den Planungsprozess erreicht. Darauf aufbauend wird in Release 1 die Planung und Durchführung durch TMS als führendes System für sowohl Lenkung als auch ADL/ATO zusammengeführt. Mit dem Release 2 wird dann der Regelbetrieb vollautomatisch abgewickelt und die vollständige Datendurchgängigkeit zwischen Planung und Durchführung erreicht. In Release 3 werden die Mittelfrist- und Intervallplanung in TMS überführt und mit Release 4 wird schliesslich die volle Automatisierung erreicht.

Technisch sehr anspruchsvoll ist die **Migration von NeTS zu TMS**. Sie beinhaltet die vollständige Ablösung des heutigen Bestellportals NeTS-AVIS und des Planungsmoduls NeTS-PLAN und erfolgt in mehreren Phasen über mehrere Jahre. Im Zielbild 2020 werden zunächst NeTS-AVIS und NeTS-PLAN entkoppelt. Damit werden die Voraussetzungen geschaffen, um die Module TMS-COP und TMS-PAS unabhängig voneinander entwickeln zu können. An den Prozessen ändert sich vorerst grundsätzlich nichts. Die Planer haben neu die Möglichkeit, Trassen für Extrazüge automatisiert mit FluxOne zu suchen. Mit dem Zielbild 2022 ist TMS-PAS neu das führende System in der Planung. Die Planung von Zugfahrten erfolgt weitgehend automatisiert durch TMS-PAS. Die Abstellplanung sowie die Erstellung der Imprime (Tagesplanung) erfolgen weiterhin mit NeTS-PLAN. Über eine noch zu definierende Zeit läuft NeTS-PLAN dabei als Fallback-Systeme weiter und ermöglicht so eine risikoarme Einführung von TMS-PAS. Während dieser Zeit beliefert NeTS-PLAN auch die Umsysteme mit Fahrplandaten. Im Zielbild 2024 werden die bisher fehlenden Funktionen für die automatische Abstell- und Rangierplanung realisiert und alle Schnittstellen von NeTS-PLAN auf TMS-PAS umgestellt. Danach kann NeTS-Plan ausser Betrieb genommen werden.

Bezogen auf die Fahrplanerstellung bedeutet dies:

- Die Erstellung und Produktion der Jahresfahrpläne 2021 und 2022 erfolgt mit NeTS.
- Der Jahresfahrplan 2023 wird mit NeTS geplant und nach dem Fahrplanwechsel in TMS-PAS importiert. Ab diesem Zeitpunkt erfolgt die unterjährige Planung (Zugfahrten) mit TMS-PAS. Abstellungen und Verknüpfungen erfolgen weiterhin mit NeTS.
- Der NeTS-Planungsstand des Jahresfahrplans 2024 (Zugfahrten) wird mit dem Import Anfang 2023 übernommen und ab diesem Zeitpunkt in TMS-PAS weitergeführt.

- Der Jahresfahrplan 2025 (Zugfahrten) wird vollständig in TMS-PAS erstellt. Abstellungen und Verknüpfungen erfolgen weiterhin mit NeTS.

Schliesslich stellt die **Migration von RCS-D zu TMS** einen grossen Schritt dar. Während NeTS komplett neu entwickelt werden muss, können RCS-Funktionalitäten von TMS-PAS zu einem grossen Teil übernommen werden. Die Migration erfolgt in mehreren Phasen über mehrere Jahre: Im Zielbild 2020 ist der wichtigste Schritt die Entkoppelung ALEA von RCS-D. Damit werden die Voraussetzungen geschaffen, um RCS-D später in mehreren Releases schrittweise nach TMS-PAS migrieren zu können, ohne dass dies negative Auswirkungen auf RCS-ALEA hat. Ebenso entkoppelt werden die Funktionalitäten im Zusammenhang mit DipsoOP um die spätere Integration in TMS-ARS zu ermöglichen. Im Zielbild 2022 ist die RCS-Plattform aufgelöst und deren Module in der Plattform TMS integriert. Für die Anwender erfolgt der Übergang von RCS-D zu TMS flussend. Im Zielbild 2024 ist der RCS-Client vollständig abgelöst. Damit ist die vollständige Durchgängigkeit zwischen Planung und Durchführung hergestellt.

Die Entwicklung von **TMS-Lenkung** beinhaltet nicht nur die Anbindung der zukünftigen Stellwerkgeneration ES, sondern auch die Implementierung der heutigen ILTIS-Funktionalitäten (siehe Kapitel 8.7.5). Dabei werden zunächst die Funktionen Rangierlenkung und Warnfunktion Rangier realisiert. In Release 1 für das Zielbild 2022 werden dann die Warnfunktion Rangier und der Pilot für das automatische Rangieren eingeführt. Mit dem Release 2 wird der APS-Adapter Rollout vorbereitet und das automatisierte Rangieren voll ausgerollt.

Das Modul **ATO-TS** ist eine komplette Neuentwicklung und sorgt dafür, dass die Produktionsvorgabe aus TMS-PAS zukünftig direkt auf die On Board Unit (OBU) der Fahrzeuge wirken. Zusätzlich wird Eco2.0 in 2020 in Betrieb genommen und parallel ADL4.0 entwickelt, so dass es spätestens 2022 in Betrieb genommen werden kann. Die Funktionen für ATO GoA2 werden bis 2020 entwickelt und für die Feldtests mit Steuerung aus RCS bereitgestellt. Der Feldtest läuft bis 2022. Danach wird die Steuerung auf TMS-PAS umgestellt und ab 2024 soll TMS-PAS das führende System sein.

### 8.7.5 Anpassungen / Weiterentwicklung ILTIS

Zu jedem Migrationsschritt von smartrail 4.0 muss die Integration in die heutige bzw. zum betreffenden Zeitpunkt vorliegende Systemlandschaft sichergestellt werden. Der aktuelle Rolloutplan sieht vor, dass ab 2023 das Traffic Management System (TMS) inklusive einer neuen Lenkungs-Komponente (TMS-L) produktiv geht. Die damit verbundenen Anforderungen sowie einzelne R1-Vorhaben machen Anpassungen an der bestehenden Leittechnik ILTIS unumgänglich.

- „DispoOP“: muss den direkten Zugriff von RCS auf die Zuglenkdaten ILTIS ermöglichen.
- „AWAP light“ und „Warnfunktion Rangier“ benötigen eine sichere ILTIS-Rückmeldung über Anlagezustände und effektiv eingestellte Fahrstrassen.
- „Rangierlenkung“ muss den direkten Zugriff von TMS auf ILTIS ermöglichen.
- TMS-L muss Produktionsvorgaben zur Umsetzung und Verarbeitung an ILTIS weiterleiten können.

Um die Kommunikation TMS mit ILTIS zu ermöglichen, ist die Entwicklung eines ILITS-Adapters notwendig (TMS-IAD).

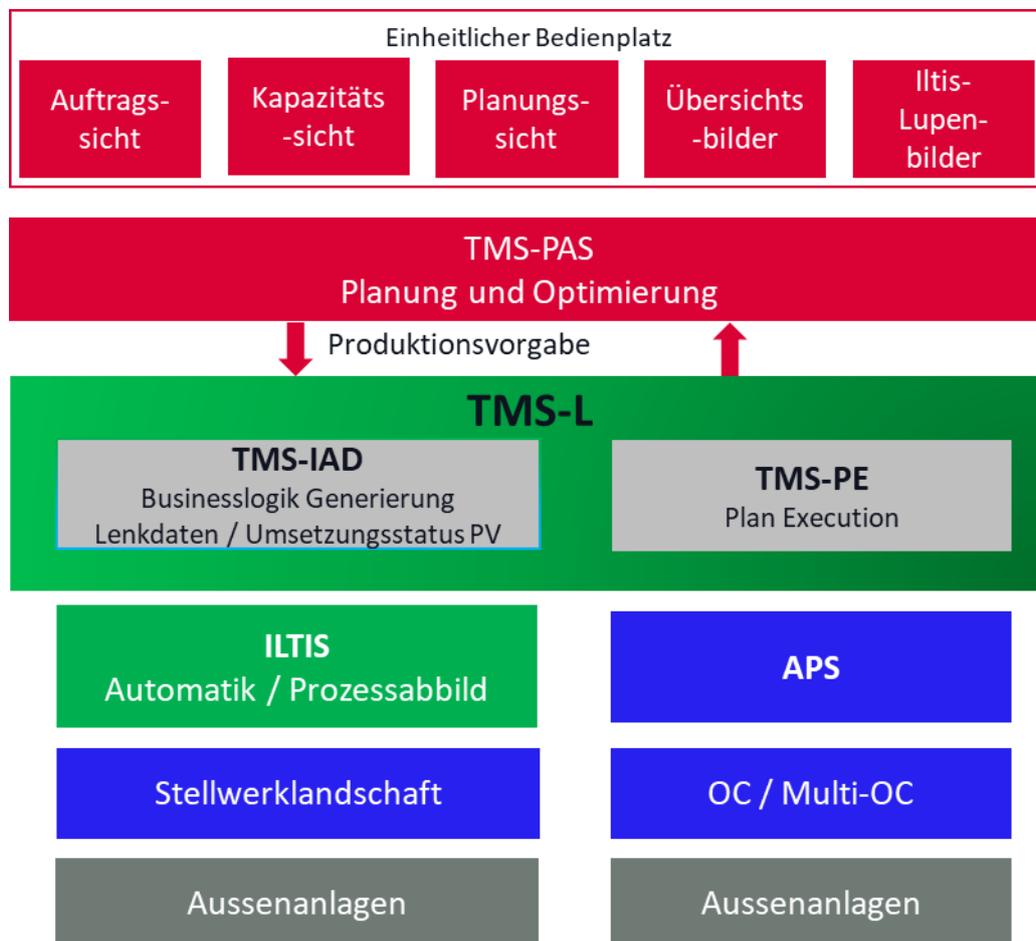


ABBILDUNG 50 EINBINDUNGSKONZEPT ZU BEDIENPLÄTZEN UND FUNKTIONALITÄTEN

Die grössten Anforderungsblöcke an ILTIS selbst entstehen durch die Automatisierung des heute manuell durchgeführten Prozesses „Rangieren“ und sind zentral zur Erreichung des Business-Case 2025. Die TMS-Logik muss das vollständiges Prozessabbild von ILTIS kennen. Dieses Betriebs- bzw. Prozessabbild umfasst im Besonderen:

- Elementzustände: Weichen, Sperren, Barrieren, Gleisfreimeldungen, ...
- Fahrstrassen: eingestellte Zug- und Rangierfahrstrassen
- Zugverfolgung: Ort-, Weg- und Löschtelegramme
- Zelleninformation: Anlagedaten
- RBC-Informationen: ETCS-Modus, Vmax, ...

Die Anforderungen im Zusammenhang mit der Rangierlenkung machen die Entwicklung neuer ILTIS-Funktionen und Schnittstellen notwendig. Unter anderem wird benötigt:

## **RaFa-Checker**

Um den Automatisierungsgrad zu erhöhen, muss sichergestellt werden, dass geltende Vorschriften zum Einstellprozess von Rangierfahrstrassen eingehalten werden. Dazu ist eine eigene Komponente vorgesehen. Die Komponente prüft vor der Absetzung einer Rangierfahrstrassenanforderung von ILTIS ans Stellwerk, ob die Rangierfahrstrasse aus Sicht Vorschriften zulässig ist oder nicht. Dazu muss der RAFA-Checker (Arbeitstitel) nebst dem Betriebsabbild aus ILTIS auch die Rangierfahrstrassen-Anfragen aus ILTIS erhalten. Der RAFA-Checker entscheidet und gibt ein «Ja» oder «Nein» und gibt sein Einverständnis an ILTIS zurück. Erst mit diesem Einverständnis darf der Stellbefehl ans Stellwerk ausgegeben werden. Der RaFa-Checker ist eine Teilkomponente von TMS-IAD und ILTIS und funktioniert überall, wo ein Zielwert oder ein Stellpunkt vorhanden ist. Somit funktioniert die Rangierlenkung auch im Übergangsbereich von «zentralisiert» zu «nicht zentralisiert» und umgekehrt.

## **Rafa-Controller**

Der Rafa-Controller als Teilkomponente des RaFa-Checkers in ILTIS setzt einen Einstellbefehl für die erfolgreich geprüfte Rangierfahrstrasse ans Stellwerk ab.

## **TMS-Service**

Um ein automatisches Rangieren umzusetzen, ist eine direkte Schnittstelle zwischen TMS-L (IAD) und ILTIS zwingend. Über diese Schnittstelle soll TMS-L alle Regelbedienungen absetzen dürfen. Der RAFA-Checker darf dabei nicht umgangen werden.

## **Releaseplanung ILTIS**

Damit das ganze Zusammenspiel mit ILTIS erfolgreich wird, sind aufwändige Anpassungen an der bestehenden Systemsoftware des Leitsystems ILTIS erforderlich. Diese erfolgen etappiert in Abstimmung mit der Roadmap TMS und über mehrere ILTIS-Anlagerelases. Damit diese Funktionen netzweit eingesetzt werden können, ist vorgängig ein Rollout der ILTIS-Release auf alle Zellen und die Bediencluster notwendig. Mit jedem neuen Release, der auf die einzelnen Zellen verteilt wird, müssen auch entsprechende Projektierungsdaten erfasst und angepasst werden. Zudem ist vor jeder Inbetriebnahme die Rückwirkungsfreiheit auf die bisherigen Funktionalitäten nachzuweisen. Für jeden Rollout muss mit der Betriebserprobung und dem anschliessenden Rollout mit einer Zeitdauer von mindestens 1,5 Jahren gerechnet werden. Dies bedingt eine frühzeitige Planung und Koordination mit all den zahlreichen Anlageanpassungen, die wöchentlich im ganzen Netz umgesetzt werden. Damit dieser enge Zeitplan auch wirklich so umgesetzt werden kann, ist eine rechtzeitige und klare Beauftragung durch den Anlageeigner an die zuständige Umsetzungs-Organisation zwingend (Durchlaufzeit 2,5 – 3 Jahre). Die notwendigen Anpassungen am ILTIS-System müssen eng mit der für das System verantwortlichen Linienorganisation (AT-SAZ) abgestimmt werden. Dabei sind insbesondere die Konsequenzen auf Vertragsverlängerungen zu prüfen und sicher zu stellen. Bis 2028 sind folgende ILTIS-Release geplant:

- **A62** (Entwicklung abgeschlossen: Dezember 2020)  
Weiterentwicklung für AWAP-light Teil 1

Rolloutende: Mitte 2022

- **A64** (Dezember 2022)  
Weiterentwicklung für Zielbild 2022 (RaFa-Controller, Bewegungsverfolgung, AWAP-light Teil 2)  
Rolloutende: Mitte 2024
- **A66** (Dezember 24)  
Weiterentwicklung für Zielbild 2024 (Rangierlenkung, Flächenprozesse)  
Rolloutende: Mitte 2026
- **A68** (Dezember 26)  
Weiterentwicklung für Zielbild 2026 (Flächenprozesse, automatisches Einlegen Arbeitsschutz Teil 1)  
Rolloutende: Mitte 2028
- **A70** (Dezember 28)  
Weiterentwicklung für Zielbild 2028 (autom. Einlegen Arbeitsschutz Teil 2)  
Rolloutende: Mitte 2030

## 9 Weiteres Vorgehen: Migrationsplanung Kernnetz

Für die Migrationsplanung sind sehr viele Einflussfaktoren vorhanden, die berücksichtigt werden müssen. Zum heutigen Zeitpunkt sind diese noch nicht alle bekannt. Damit bei der Veränderung von Anlagen in konventionellen Projekten möglichst auf die Rolloutplanung Einfluss genommen werden kann, wird eine erste Version der Planung bereits frühzeitig ausgearbeitet.

Die Strecken der Etappen 1 und 2 sind festgelegt worden. Die Erprobungsstrecken vom Lenkungsausschuss zur weiteren Bearbeitung verabschiedet, die isolierten Einzelstrecken nach den Gesprächen mit den betroffenen EVU und deren Zustimmung vom STASS Anlageveränderung und Fahrzeuge verabschiedet worden. Die isolierten Einzelstrecken können noch mit einer BLS-Strecke ergänzt werden.

Die Planung der Etappe 3 (Kernnetz) wird anfangs 2020 in Angriff genommen. Es ist geplant, dass bis Ende des 1. Quartals 2020 ein erster Entwurf der Etappierung über die geplanten 10 Segmente vorhanden ist. Mit dem daraus abgeleiteten Mengengerüst kann die Rolloutplanung konkret weiterentwickelt werden (Migration, Rückbau nicht mehr verwendeter Elemente).

Folgende Abhängigkeiten sind möglichst für die Planung des Kernnetzes zu berücksichtigen:

- **Fahrzeugeinsatz, Fahrzeug-Life Cycle:** Es ist zu klären, welche Fahrzeuge auf den betroffenen Strecken verkehren bzw. unter Berücksichtigung der Flottenplanung und potentieller Modernisierungsprogramme verkehren werden und wie der zukünftige Fahrplan aussieht. Sollten Schwierigkeiten (z.B. problematische Baureihen, inkompatible Einsatzplanung) bestehen, ist zu prüfen, ob Fahrzeugabtausch mit anderen Linien möglich sind.
- **Lokführereinsatz:** : Es ist sicherzustellen, dass rechtzeitig genügend Lokführer mit den relevanten SR40-Systemkenntnissen zur Verfügung stehen.
- **Technologieverfügbarkeit:** Die Anlagentopologie bedingt Anwendungsfälle, die erst in einer zweiten Releasephase verfügbar sind. Es ist zu klären, was noch nicht abgedeckt werden kann. Spezialfälle müssen erkannt und bzgl. des Aufwands, den sie in der Umsetzung auslösen können analysiert werden. Bei Anlagen, auf denen regelmässig rangiert wird, soll ausserdem sichergestellt sein, dass die Grundlagen für die gesicherte Fahrt zuerst vorhanden sind.
- **Schnittstellen zwischen den Techniksystemen:** Es ist zu klären, wo die Schnittstellen zu z.B. Grenzregionen, anderen ISB oder provisorischen Segmentgrenzen idealerweise definiert werden. Dazu muss bekannt sein, bei welchen Konstellationen unmöglich geschnitten werden darf (z.B. Innerhalb L2 Abschnitten, innerhalb eines Stellwerkbereichs, ILTIS-Zellgrenzen, unsymmetrischen Blockabschnitten).
- **Geplante Ausbauprojekte** Bei geplanten Ausbauprojekten im bestehenden konventionellen Streckennetz ist vorab zu klären, welchen Einfluss diese auf den Rollout haben. Dies kann Parallelprojektierungen bedeuten, aber auch Synergien ermöglichen.

- **Geplante Ausbautvorhaben im migrierten Streckennetz:** Ein Ausbautvorhaben vermag unter Umständen in bereits migrierten Streckenabschnitten einfacher machbar zu sein. Mit einer vorzeitigen Migration können damit Ressourcen gespart werden und/oder ein terminlich vereinfachter Ablauf sichergestellt werden.
- **Frühzeitige Ansprüche an höhere Kapazitäten:** Es ist zu prüfen, wo die mit der SR40 Migration erhöhten Kapazitäten frühzeitig einen Nutzen bringen können und möglicherweise im Ausbauschnitt AS45 damit auf Ausbautvorhaben verzichtet werden könnte.
- **Schnittstellen zu Umsystemen:** Es ist zu überprüfen, ob die Migration Auswirkungen auf Bahn nahe Umsysteme wie z.B. Kundeninformationen hat. Weiter sind Schnittstellen zu ausländischen Bahnen und Meterspurbahnen (z.B. Kreuzung Normalspur/Meterspur, Dreischiengleis) zu prüfen.
- **Schnittstellen zu ISB, die nicht in SR40 integriert werden (z.B. CJ, ETB, SZU, TMR, transN, Travys):** Die Schnittstellen pro Übergangsgleis und die anzuwendende technische Lösung (TMN-Block) müssen spezifiziert werden und mit den entsprechenden ISB abgesprochen werden.
- **Anlagenlebenszyklus und Verfügbarkeit:** Falls Anlagen bzw. Anlagenkomponenten am Lebensende sollte die Ablösung berücksichtigt werden. Dies gilt auch für Anlagen, die besonders störungsanfällig sind.

## 10 Testkonzept

Das Testkonzept sieht zwei Prüfphasen vor: Laborprüfungen und Prüfungen an der realen Anlage (end2end). Soweit wie möglich werden die Prüfungen ins Labor verlegt – dies soll einen Grossteil der Tests umfassen. Als E2E-Prüfungen in der realen Anlage verbleiben primär die Übereinstimmungsprüfungen und die Kontrolle von Längen und Distanzen (Validierung von Projektierung und Strecke). Die Umschaltvorrichtungen sowie die E2E-Prüfung der einzelnen Elemente an den OC's und die weiteren relevanten Aussenanlagen (z.B. Balisenposition, Achszählerposition) müssen vor Aufnahme der Testfahrten abgeschlossen werden. Für die Prüfarbeiten der SA-Anlagen gelten die Vorgaben gemäss I-50174 (Sicherheitsnachweisführung zur Abnahme von Sicherungsanlagen (D05)). Das Prüfkonzept lehnt sich an das Konzept von ETCS Level 2-Strecken an.

Zu Beginn des Rollouts sind IOP-Tests nötig (Testfahrten). Mit zunehmender Reife des Systems werden diese grösstenteils wegfallen. Mit den Erprobungsstrecken erfolgt der Nachweis, dass das Prüfkonzept in dieser Form umsetzbar ist. Aus diesem Grund werden für die Erprobungsstrecken zusätzliche Testfahrten eingeplant, um das Prüfkonzept zu validieren. Eine detaillierte Beschreibung des Testkonzepts wird in der nächsten Phase erstellt [8].

Bezeichnung	Beschreibung
Labortest	Test im geschützten Rahmen/ kein direkter Bezug zur Produktion und ohne Einfluss auf unsere Kunden.
Soziotechnische Simulation	Die Arbeit mit neuen technischen Hilfsmitteln und allenfalls neuen Rollen/ Prozessen wird ausprobiert, ohne, dass die Technik schon vorhanden sein muss.
ITV	Integrationsumgebung. End2End-Test zur Prüfung und Validierung einzelner Elemente im originalen Kontext (Werkprüfung/ SIOP B). Ohne Einfluss auf unsere Kunden.
Livetest / Testfahrten	Begleiteter Test / Fahrt zur Durchführung von definierten Testfällen. Die Testfahrt kann unter Sicherheitsverantwortung des neuen oder des produktiven Systems erfolgen – oder mit Ersatzmassnahmen abgewickelt werden (gesperrte Geleise). Merkmale: beschränkte Zeit, beschränkte Geographie, stark eingeschränkte Funktionalität, ohne Kunden-beteiligung, -auswirkung. ➔ <i>Bewilligungspflicht für Fahrten (falls Ergebnis der "K250" Analyse = sicherheitsrelevant)</i>
Pilotprojekt	Grossversuche oder Demonstrationsprojekte bei soziotechnisch, wirtschaftlich oder technisch risikobehafteten Entwicklungen, um Fehler oder Verbesserungsbedarf zu erkennen und zu beheben, bevor das eigentliche Projekt startet. Pilotierung in produktiver Umgebung und mit voller Sicherheitsverantwortung. Das Pilotprojekt wird laufend ausgewertet. Merkmale: beschränkte Geographie, allenfalls eingeschränkte Funktionalität, mit Kundenbeteiligung / -auswirkung oder anschliessender Rückbau. ➔ <i>Bewilligung für den Pilotbetrieb erforderlich</i>
Betriebs-erprobung	Ersteinsatz einer Anwendung vor einem grossflächigen Rollout. Betriebserprobung in produktiver Umgebung und mit voller Sicherheitsverantwortung. Der Pilot / die Betriebserprobung wird laufend ausgewertet. Merkmale: beschränkte Geographie, allenfalls eingeschränkte Funktionalität, mit Kundenbeteiligung/ -auswirkung. ➔ <i>Bewilligung zur Betriebserprobung erforderlich</i>
Rollout	Definitive Einführung auf Teilstrecken oder flächendeckend, bzw. Start Rollout nächste Segmente. ➔ <i>Betriebsbewilligung</i>

ABBILDUNG 51 ÜBERSICHT BEGRIFFSDEFINITION IN BEZUG AUF DIE TESTANSÄTZE

## 11 Rückfallszenarien

Die in diesem Dokument abgehandelten Migrationsschritte gehen davon aus, dass die Terminplanung eingehalten werden kann und die entsprechenden Entwicklungsziele mit den voll ausgeprägten Funktionalitäten erreicht werden. In einem so umfangreichen Projekt kann durch heute noch nicht absehbare Ereignisse in einem Teilbereich bei der Entwicklung oder im Rollout eine Verzögerung eintreten. SR40 hat sich Gedanken über mögliche Risiken und deren Folgen gemacht und in 5 Szenarien abgebildet. In diesem Kapitel werden diese Szenarien mit den Auswirkungen vorgestellt.

### 11.1 Szenarienbildung

Die Herleitung der Szenarien ist in der folgenden Abbildung 52 ersichtlich. Sie basiert auf die jeweiligen Cluster und Einflussmöglichkeiten auf deren in diesen behandelten Themen.

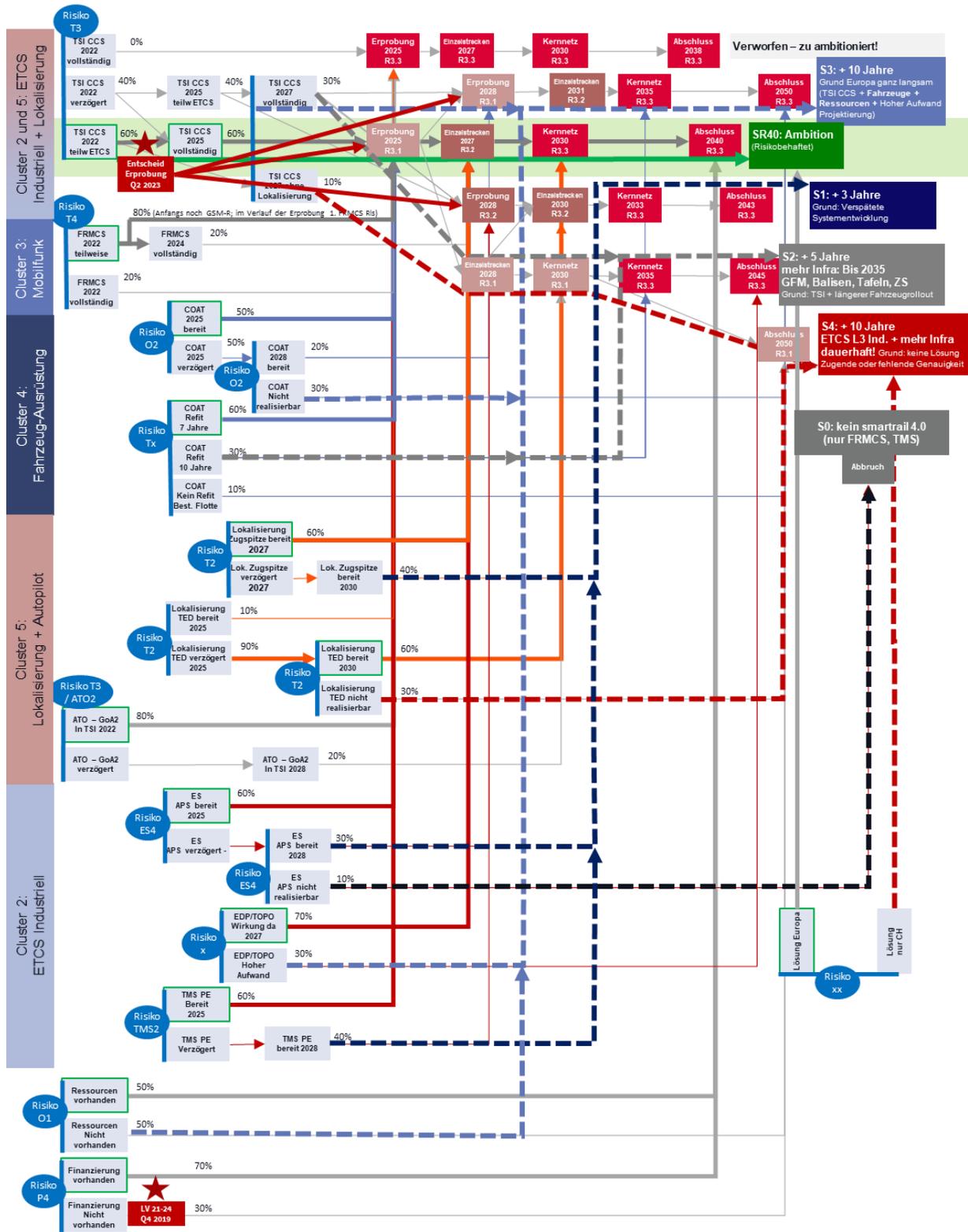


ABBILDUNG 52 HERLEITUNG DER SZENARIEN SR40 (STAND: 7.10.2019)

## 11.2 Ausprägung der Szenarien

### 11.2.1 SR40 Ambition: Umsetzung gemäss heutigem Planungsstand bis 2040

Die Umsetzung ist Risiko behaftet, erfolgt jedoch gemäss heutigem Planungsstand.

#### Auswirkungen

- Bis 2040 wird der Rollout von ETCS L3 umgesetzt und die Fahrzeuge verkehren mit dem neuen Fahrzeuggerät COAT mit den ETCS Funktionalitäten Baseline 3 (SRS-Version > 3.6), resp. den zusätzlichen Funktionalitäten, wie ATO, MTC und GLAT.

#### Massnahmen

- NIP-Verträge müssen auch in diesem Szenario verlängert werden, da die Anlageänderungen wegen Erweiterungen und der Substanzerhalt neue Anlagen resp. Anlageanpassungen bis 2040 parallel zu SR40 notwendig macht.

### 11.2.2 Szenario 0: Base case - kein smartrail 4.0

Die Weiterentwicklung des Projektes smartrail 4.0 ist nicht machbar wird aus nachfolgenden Gründen gestoppt. An FRMCS und TMS wird weiterhin festgehalten:

- Der Weg SR40 wird nicht weiterverfolgt.
- Die technologische Machbarkeit der geometrischen Stellwerkplattform (APS) ist nicht gegeben.
- Die finanziellen Mittel für die Entwicklung und den Rollout können nicht zur Verfügung gestellt werden.
- Der gemeinsam mit der EU angestrebte Weg ist nicht erfolgreich. Die Entwicklung bleibt eine Schweizer Branchenentwicklung.

#### Auswirkungen

- Kurz- bis mittelfristig wird die heutige Stellwerktechnologie wie bisher eingesetzt und die Projekte mit optischer Signalisierung (P44 + L1LS) umgesetzt.
- ETCS L2 wird nur dort, wo es gemäss Angebot zwingend notwendig ist, eingeführt.
- Die heute eingesetzte Technologie wird durch die bisherigen Industriepartner weiterentwickelt und die neuesten Erkenntnisse und Produkte wie bisher eingesetzt.
- Auf längerfristige Optik wird eine neue Stellwerkplattform ausgeschrieben und beschafft. Diese könnte dann in Richtung ETCS L2 industrialisiert gehen.
- Auf Seite Fahrzeug, wird die Umrüstung nicht forciert. Sie erfolgt gemäss dem bisherigen LC. Neue Fahrzeuge werden mit auf dem Markt erhältlichen Fahrzeuggeräten ausgerüstet. Alle neuen Fahrzeuge werden mit ETCS only, mit der jeweils höchsten verfügbaren und zugelassenen Baseline ausgerüstet.
- Bisherige Fahrzeugausrüstungen werden bei Erreichung des Lebensendes auf den neuesten Stand umgerüstet.

- GSM-R wird sukzessive mit der neuesten Generation (FRMCS) abgelöst. Die Fahrzeugausrüstung für Voice und Datenfunk werden gemäss den aktuellen Anforderungen nachgerüstet (evt. GSM-P für Voice). Bei Erreichen des Lebensendes der Komponenten wird das Fahrzeug mit den neuesten Komponenten ausgerüstet.

### **Massnahmen**

- Die IA- und AA-Produkte werden aktiv weiterentwickelt und auf verbesserte Leistung und günstigere CAPEX- und OPEX-Kosten getrimmt.
- Für die Stellwerktechnologie wird eine neue Ausschreibung ausgelöst.
- SR40 MAIN suchen einen neuen Job oder werden für SE-Aufgaben bei AT-SAZ eingesetzt.

### **11.2.3 Szenario 1: 3 Jahre Verzug – verzögerte Systembereitstellung**

Die Systembereitstellung dauert 3 Jahre länger, was sich auf die fortlaufenden Meilensteine auswirkt. GLAT kann nicht in der notwendigen Genauigkeit entwickelt werden bzw. der Nachweis kann nicht erbracht werden. Dadurch kann die Umsetzung von smartrail nicht mit den geplanten Komponenten und der vollen Kapazität erfolgen. → Die Weiterentwicklung des Projektes smartrail 4.0 wird aus folgenden Gründen um ca. 3 Jahre verzögert:

1. Das System (geometrisches Stellwerk, OC) kann nicht rechtzeitig in Betrieb genommen werden.
2. Die virtuelle Balise für die Erfassung der Zugspitze steht 2027 mit der geforderten Genauigkeit noch nicht zur Verfügung.
3. Das Zugendetag für die Erfassung des Zugschluss und die Feststellung der Integrität steht bis 2030 nicht oder nicht in der geforderten Genauigkeit zur Verfügung.

### **Auswirkungen**

1)

- Mit der fehlenden Grundfunktionalität können keine Segmente in Betrieb genommen werden. Der Rollout wird vorbereitet, die Inbetriebnahme kann jedoch erst erfolgen, wenn das System zugelassen und eingesetzt werden kann.

2)

- Beim Rollout müssen weiterhin Festdatenbalisen für die Initialisierung der Fahrzeuge und Eichung der Odometrie montiert werden. Je genauer die Position erfasst werden muss, resp. mit welcher Kapazität die migrierten Anlagen betrieben werden müssen, desto mehr Balisen müssen gesetzt werden.

3)

- P-Züge: Der Zugschluss kann mit den eingesetzten kompakten Kompositionen ermittelt werden (Zugbus oder aktive OBU am Zugschluss, z.B. bei Pendelzug oder Triebzug). Zug meldet Integrität und sichere Länge. Damit wird der Einsatz der Funktion Moving Block machbar.
- G-Züge: Der Zugschluss resp. die Integrität kann nicht ermittelt werden. Fahrten mit Zügen ohne eigene Zugintegritätsüberwachung sind nur auf Strecken mit GFM erlaubt. Damit der Einsatz

von G-Zügen weiterhin uneingeschränkt möglich wird, müssen im Rollout weiterhin GFM und Zwergsignale migriert werden.

- Es können nur Fahrzeuge mit der Funktion Moving Block verkehren, die eine interne Zugsintegrität oder eine Zugsintegrität mit Hilfe der ETCS-Fahrzeuggeräte gewährleisten können. Mit den verbauten GFM kann ein Mischbetrieb gewährleistet werden. (siehe entsprechendes Kapitel 8.7.3).

### **Massnahmen**

- Situativer Bau von Festdaten Balisen, Anzahl abhängig von der Genauigkeit zur Erreichung der gewünschten Kapazität.
- Die bestehenden GFM und Zwergsignale müssen in SR40 integriert werden. Der Rückbau der GFM und ZS erfolgt, sobald die volle Funktionalität vorhanden ist.
- Bau von zusätzlichen GFM, damit die angestrebte Kapazität erreicht werden kann.
- Andere Massnahmen zur Erfassung der genügenden Genauigkeit, z.B. Einbau von RFID auf die bestehenden Schwellen.
- Unterhalt und Baustellen müssen mit gesperrten Streckenabschnitten gehandelt werden.
- Das Inbetriebnahmeprogramm muss überarbeitet und mit den Parallelprojekten synchronisiert werden.

### **11.2.4 Szenario 2: 5 Jahre Verzug – TSI CCS oder Fahrzeugumrüstung**

Der Rollout der Fahrzeuge verzögert sich und es können nicht die für den Umlauf notwendigen Fahrzeuge in genügender Anzahl eingesetzt werden. Folglich kann die Inbetriebnahme neuer Strecken nur verzögert erfolgen. Der Rollout der Anlagen und von FRMCS (Streckenausrüstung) kann parallel vorbereitet werden. Folglich verzögert sich auf Anlagenseite nur die Inbetriebnahme von neuen Segmenten und als Folge wird deren Rollout teurer. Die Verzögerung kann teilweise wieder aufgeholt werden.

- FRMCS wird zu spät spezifiziert und verbindlich erklärt → Die neuen Connectivity-Komponenten sind erst viel später bereit. Der forcierte Einbau der Fahrzeuggeräte kann noch nicht starten.
- Das vorgesehene Fahrzeuggerät (COAT) steht noch nicht bereit (Entwicklung dauert länger, Zulassung verzögert sich, die Beschaffung der Geräte wird durch Einsparungen verzögert).
- Die Grundfunktionen der zwingend notwendigen Softwarekomponenten sind noch nicht zugelassen (Betriebssystem, ETCS, FRMCS).
- Es fehlen die notwendigen Ressourcen, damit genügend Fahrzeuge umgebaut werden können (Personal, Know-how, Werkstätten).
- Es sind nicht genügend viele Fahrzeuggeräte resp. alle für den Einbau notwendigen Komponenten vorhanden.
- Es besteht ein Fahrzeugengpass und damit können nicht genügend Fahrzeuge aus dem Umlauf abgezogen werden.

## Auswirkungen

- Der Rolloutstart verzögert sich, wegen fehlenden Grundlagen und Komponenten. Es stehen nicht genügend Fahrzeuge mit eingebauter SR40 Funktionalität zur Verfügung. Der Rollout muss verzögert werden.
- Die Knoten oder leistungsstarke Linien können nicht in SR40 integriert werden, da die Bandbreite für die Datenübertragung fehlt.
- Die Funktionalitäten ETCS und GLAT stehen zur Verfügung → Die Kommunikation muss über GSM-R erfolgen (evt. in Verbindung mit GPRS).
- Es können nur Strecken und Knoten migriert werden, die eine geringere Bandbreite für die Datenkommunikation benötigen.
- Die bestehenden GFM und Zwergsignale müssen in SR40 integriert werden → Upgrade auf volle Funktionalität erfolgt ab ca. 2035, sobald genügend Fahrzeuge verfügbar sind. Der Rückbau der GFM und ZS erfolgt, wenn die volle Funktionalität vorhanden ist und stabil läuft.
- Die Grundfunktionalität Moving Block (Release 3.1, Betriebsart ETCS L3 Hybrid) kann mit BL3.4/3.6-Fahrzeugen betrieben werden. Diese Funktion kann aber nur für Züge angewendet werden, die hinten und vorne mit einer ETCS Lösung lokalisiert werden können. Bei allen anderen Zügen (z.B. Güterzüge) erfolgt die Freimeldung über die Gleisfreimeldung, was dazu führt, dass während der Übergangszeit bis 2035 die Kapazitätseffekte noch nicht überall wirken
- Verzögerung des Rollouts um ca. 5 Jahre.

## Massnahmen

- Rolloutplan muss angepasst werden.
- BL3 Fahrzeuge (SRS Version <= 3.6) verkehren über die migrierten Strecken.
- Neue Fahrzeuge müssen weiterhin mit BL 3-OBU ausgerüstet werden.
- Bestehende Fahrzeug müssen in der ersten Umbauphase noch mit BL3-OBU ausgerüstet werden.
- Mehr Aussenanlageelemente migrieren als geplant (GFM und ZS).
- Das Fahrplanangebot kann noch nicht erhöht werden.

### 11.2.5 Szenario 3: 10 Jahre Verzug – kumuliertes Eintreffen von Toprisiken

Verschiedene Toprisiken treffen gleichzeitig ein. Der geplante Rollout des Projektes smartrail 4.0 muss aus folgenden Gründen bis zu 10 Jahren verlängert werden:

1. Der Rollout verzögert sich, da die Entwicklung resp. die Zulassung des neuen ETCS-Stellwerks (APS) nicht rechtzeitig abgeschlossen werden kann.
2. Der Rollout verzögert sich, da die Entwicklung des Planungs- Dispositions- und Steuerungssystems (TMS) nicht rechtzeitig abgeschlossen resp. zugelassen werden kann.
3. Der Rollout verzögert sich, da zu wenig finanzielle Mittel oder zu wenig Ressourcen für die Umsetzung des Rollouts vorhanden sind.

## Auswirkungen

1)

- Ohne Erreichung des R3 Meilensteins beim APS kann keine Migration der heutigen Stellwerkanlagen auf den SR40-Ansatz erfolgen. Der Start des Rollouts verzögert sich.
- Der Rollout startet wesentlich später als geplant. Dies wiederum hat eine Verzögerung des Gesamtrollouts zur Folge. Diese kann je nach Verzögerungsart bis zu 10 Jahre betragen. Der Rollout wird dadurch erst im Jahre 2050 abgeschlossen → Die heutige Technologie muss damit 10 Jahre länger bis ins Jahre 2050 unterhalten und die Obsoleszenz Problematik gelöst werden (pinkompatible Ersatzteile entwickeln).
- Es müssen noch mehr bestehende Stellwerke im normalen Substanzerhaltungszyklus ersetzt werden. Der Anteil der elektronischen Stellwerke, die dafür via Multi-OC mit kleinerem Aufwand migriert werden können, wird dadurch gesteigert.
- Die TMS-Funktionalitäten R1-R2 können ungeachtet der Verzögerungen eingesetzt werden → der Funktionalitätshub der zentralen Systeme kann trotzdem genutzt werden.
- Alle neuen Projekte werden weiterhin mit der konventionellen Technik mit Aussensignalen (L1LS + P44) umgesetzt.
- Für die bestehenden L2 Strecken müssen evtl. aus Substanzerhaltungsgründen nicht geplante Komponenten (z.B. RBC) abgelöst werden.
- Für ILTIS muss evt. eine Ersatzlösung eingeleitet werden.
- ETCS L2 wird dort, wo es gemäss Angebot zwingend notwendig ist, eingeführt.
- Die heute eingesetzte Technologie wird weiterentwickelt und die neuesten Erkenntnisse und Produkte wie bisher ein- und umgesetzt.

2)

- Das APS steht mit seiner Grundfunktionalität zur Verfügung, kann jedoch ohne R3 Schritt im TMS nicht eingesetzt werden. Ohne Erreichung des R3 Meilensteins für die Grundfunktionalität kann keine Migration der heutigen Stellwerkanlagen auf den SR40-Ansatz erfolgen.
- Der Rollout APS und OC kann wie geplant durchgeführt werden, jedoch ohne den letzten Schritt der Inbetriebnahme. Diese erfolgt, sobald die TMS Grundfunktionalität zur Verfügung gestellt werden kann, teilweise in kürzeren Abständen, als im geplanten Jahresturnus. Die Verspätung kann jedoch nicht im ganzen Umfang aufgeholt werden.
- Die bisherigen Stellwerk- und Leittechnik-komponenten müssen weiterhin im Einsatz bleiben, Die Obsoleszenz Problematik muss gelöst werden (pinkompatible Ersatzteile entwickeln).
- Der Anteil der elektronischen Stellwerke, die via Multi-OC mit kleinerem Aufwand migriert werden können, wird gesteigert.

3)

- Alle Systeme stehen für den Rollout zur Verfügung. Der Rollout wird jedoch verzögert, weil die notwendigen Ressourcen für die Umsetzung nicht bereitgestellt werden können.
- Der Rollout wird dadurch erst frühestens im Jahre 2050 abgeschlossen. Die heutige Technologie muss damit 10 Jahre länger bis ins Jahre 2050 unterhalten und die Obsoleszenz Problematik gelöst werden (pinkompatible Ersatzteile entwickeln).

- Der Anteil der elektronischen Stellwerke, die via Multi-OC mit kleinerem Aufwand migriert werden können, wird gesteigert.
- Für die L2 Strecken müssen evtl. aus Substanzerhaltungsgründen Komponenten abgelöst werden.
- Die heute eingesetzte Technologie wird weiterentwickelt und die neuesten Erkenntnisse und Produkte wie bisher ein- und umgesetzt.

### **Massnahmen**

- NIP-Verträge müssen verlängert werden. Die heute eingesetzte Technologie wird weiterentwickelt und die neuesten Erkenntnisse und Produkte wie bisher ein- und umgesetzt.
- Neuausschreibung der Stellwerktechnik muss geprüft werden.
- Neue IA- und AA-Produkte müssen evaluiert und mit SE-Programmen in die bestehende Technik eingesetzt werden.
- Know-how und Unterhalt muss länger gewährleistet werden. (Ausbildungsoffensive)
- Eine Beschleunigung des Rollouts könnte möglich werden, wenn Fahrzeugrollout wie vorgesehen umgesetzt werden kann.
- Zusätzliche Ressourcen generieren resp. Prioritäten anders festlegen.

### **11.2.6 Szenario 4: fehlende Lösung für Lokalisierung – 10 Jahre Verzug**

Eine fehlende Lösung für die genaue Lokalisierung der Zugspitze oder für das Zugende (keine technische Lösung oder keine europäische Standardisierung) führt dazu, dass smartrail 4.0 auf dem Stand der TSI 2022 die Zuglokalisierung so wie heute über die Infrastruktur realisieren muss. Dies führt dazu, dass der Rollout aufwändiger wird und erst 2050 abgeschlossen werden kann. Durch den reduzierten Funktionsumfang kann ein industrialisierter ETCS L2/L3 Rollout mit höheren Infrastrukturkosten realisiert werden (dauerhaft Gleisfreimeldung, Balisen, Tafeln und ev. Zwergsignale).

### **Auswirkungen**

- Züge mit Einzelwagen (wie z.B. Güterzüge) können nicht mit Moving Block verkehren. Zur Ortung und Detektion sind weiterhin GFM notwendig.
- Keine Auswirkungen auf Triebzüge oder Pendelzüge: Der Zugschluss kann mit den eingesetzten Kompositionen ermittelt werden (Zugbus oder aktive OBU am Zugschluss). Damit wird der Einsatz der Funktion Moving Block für diese Fahrzeugkategorie machbar.
- Die Zielsetzungen für die Kapazitätssteigerungen können nicht erreicht werden.
- Für die Abwicklung des Bahnbetriebes sind weiterhin Balisen, Gleisfreimeldemittel und Zwergsignale notwendig.
- Auf den Rückbau eines Teils der Aussenanlage Komponenten kann nicht verzichtet werden. Die eingeplanten finanziellen Einsparungen kommen nicht zu Stande.
- Durch den erhöhten Aufwand bei der Migration wird der Rollout um 10 Jahre verzögert (Ende 2050).

### **Massnahmen**

- GFM und ZS bleiben bestehen resp. müssen bei Substanzerhaltungsbedarf ersetzt werden (können dauerhaft nicht zurück gebaut werden).
- Damit auf den Linien mit Mischverkehr Kapazitätssteigerungen möglich werden, müssen bei Kapazitätsengpässen die langen Fahrstrassenabschnitte unterteilt werden und mit zusätzlichen GFM-Abschnitten ausgerüstet werden (1/3 zusätzliche GFM-Abschnitte).

## 12 Umgang mit den bestehenden Technologien

Die Ausbauten mit SR40 Komponenten resp. der Nachfolgesysteme erfolgen sukzessive frühestens ab 2025. Dabei werden erst vereinzelt Anlagen migriert. Der grosse Umschwung erfolgt ab 2030. Das heisst, dass während dieser Zeit zwei verschiedene Technologien gepflegt und beherrscht werden müssen. Die Phase-in und Phase-out Phasen haben eine 15-jährige Überlappung. Dies wird im jeweiligen Business Change entsprechend frühzeitig berücksichtigt.

Die heutigen Technologien müssen bis 2040 weiterhin gepflegt und parallel auch Anlagen in der alten Technologie angepasst werden können. Dazu gehören:

- Normaler Substanzerhalt
- Anlagenanpassungen
- Parallelprojektierung: die zu verändernden Anlagen werden unter Umständen während der Rolloutphase noch wegen Parallelprojekten verändert. Die Ausgangslage für die Umschaltung wird noch verändert. In der Datenhaltung muss dieses Szenario berücksichtigt werden. Es muss garantiert werden, dass immer auf den aktuellen bzw. zum Umbauzeitpunkt zu erwartenden Angaben projiziert wird.

### 12.1 Anlagen

Der mengenmässige Grossteil im Rollout der Anlagen wird nach heutigem Wissen und Planung erst zwischen 2034 und 2040 betroffen sein. Das bedeutet, dass die bestehende Technik (Relaisstellwerke, elektronische Stellwerke, Leitsystem, Fernsteuersystem, Einzelkomponenten der Aussenanlage) noch bis 2040 im Einsatz steht und weiterhin gepflegt und verändert werden muss. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Systempflege der einzelnen Anlagenteile bis 2035 weiter erfolgen muss und die Ersatzteillogistik bis 2040 aufrechterhalten werden muss. Durch das laufende Freiwerden von Bestandsmaterial im laufenden Rollout, sollten Ersatzteile in genügender Anzahl vorhanden sein.

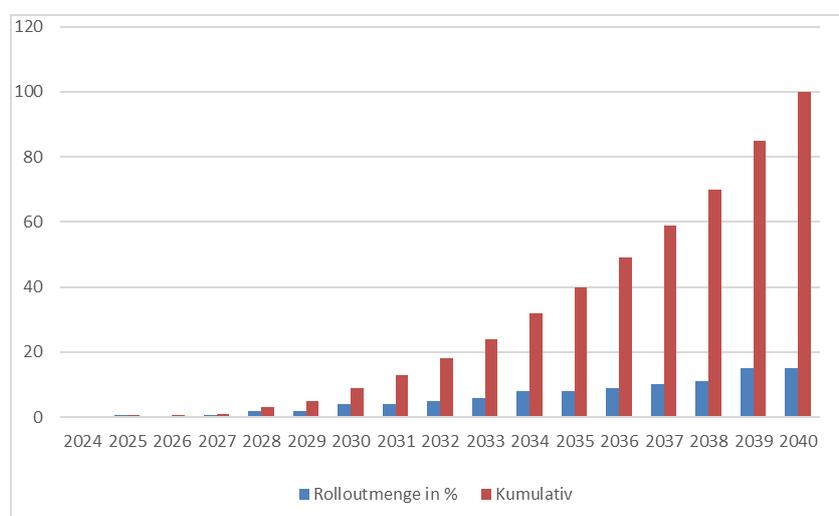


ABBILDUNG 53 ABSCHÄTZUNG ROLLOUTMENGEN BEZOGEN AUF INBETRIEBNAHMEJAHR

In Abbildung 53 sind die zu erwartenden Rolloutmengen pro Jahr abgeschätzt. Die effektiven Rolloutmengen werden mit der Planung des Kernnetzes im 1. Q 2020 festgelegt.

Die Anlagenveränderungen / Ergänzungen (z.B. Brüttenertunnel) müssen mit den heute vorhandenen und zugelassenen Systemen gebaut bzw. umgebaut werden. Bis zur Ablösung der letzten Anlage sind die Bahnen auf die Unterstützung der heutigen Systemlieferanten angewiesen. Allfällig auslaufende Rahmenverträge müssen verlängert werden und das Know-how des internen und externen Personals für die Erstellung/Veränderung und der Unterhalt der Anlagen der bestehenden Technik weiterhin gewährleistet werden.

Im Komponentenmarkt (Weichenmotoren/Verschlüsse, Gleisfreimeldemittel, Bahnübergangsanlagen, Signale,..) besteht ein grösserer Markt. Bei Verfügbarkeitsproblemen aufgrund von Komponentenlebenszyklen könnte mit einem Substanzerhaltungsprogramm nach Zulassung in der Schweiz auf neue Komponenten gewechselt werden.

Die neu eingebauten Stellwerk- und Leittechnik-Systeme basieren auf den Rahmenverträgen NIP1/NIP2 mit den beiden Partnerfirmen Siemens und Thales. Diese Verträge sind zeitlich beschränkt und müssten mindestens bis 2035 für Neuanlagen und 2040 für Anlageänderungen verlängert werden. Es besteht jedoch das Risiko, dass sich die beiden Industriepartner mangels Perspektiven (Mengengerüst) aus dem Geschäft/Vertrag zurückziehen könnten.

## 12.2 Fahrzeuge

Auf den Fahrzeugen befinden sich heute diverse Zugbeeinflussungssysteme aus diversen Generationen. Im Konzept werden diese teilweise in der Technik veralteten Systeme durch die neue Fahrzeugausrüstung COAT ersetzt. Dadurch werden die Fahrzeuge zu ETCS-only-Fahrzeugen. Die ZUB und Signum/Integra-Ausrüstung inkl. ETM wird dadurch obsolet. Verzögert sich die Entwicklung der Ausrüstung resp. der Einbau in die Fahrzeuge, können auf den alten Systemen Obsoleszenz-Probleme auftreten. Es besteht dabei die Gefahr, dass die Fahrzeuge wegen Technologieproblemen die angestrebte Verfügbarkeit nicht mehr erreichen und damit die Fahrzeugausrüstung vorgängig und damit nicht mit dem vorgesehenen Zielsystem ersetzt werden muss.

### Betrachtung Hardware

Zugsicherungs-komponenten	End of Life	Bemerkungen über Problematik bei Verzögerungen.
Signum/Integra (inkl. ETM)	2035-40	Technologie beherrschbar
ZUB 121 (inkl. ETM)	2022	System ist LC-Ende angelangt und muss bis 2022 ersetzt werden. Es besteht terminlich keine Möglichkeit auf das neue COAT-Gerät zu warten. Zwei Ersatzmöglichkeiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>mit ETCS-Geräten (BL3 → ETCS only)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>ZUB light <sup>2</sup> / ZUB 262</li> </ul>
ZUB 262 (beinhaltet ETM-Funktionalität, ZUB und Signum/Integra)	2035	Falls keine Verzögerung eintritt, sind keine Obsoleszenzprobleme zu erwarten.
ETCS OBU 1. Gen. (BL2)	2030	Die OBU müssen zeitgerecht mit COAT abgelöst werden. Verzögert sich der Umbau, müssen BL3 Geräte eingebaut werden.
ETCS OBU 2. Gen. (BL3)	2040	Einsatz der Fahrzeuge auf den ersten SR40-Strecken mit Einschränkungen möglich. Mit FRMCS muss ein Update auf SRS Version > 3.7 (eff. SRS noch nicht def.) erfolgen. Bei grösseren Verzögerungen in der Entwicklung und Beschaffung von COAT, müsste ein Upgrade dieser Ausrüstung oder je nach Umfang der Anpassungen sogar eine neue Generation BL4 entwickelt und eingebaut werden.
CAB Radio GSM-R	2032	Ersatz mit CAB Radio FRMCS zwingend, GSM-R Netz wird 2032 abgeschaltet. Für reine Voice-Anwendungen wäre eine Ergänzung mit GSM-P möglich.

**TABELLE 21 END OF LIVE BETRACHTUNG DER BESTEHENDEN FAHRZEUGAUSRÜSTUNGEN**

### Betrachtung Software der Zugsicherungssystem

In diesem Unterkapitel werden die in den noch vorhandenen Fahrzeuggeräten noch möglichen Softwareanpassungen behandelt. Theoretisch wäre es möglich, dass auch die Geräte der 1. Generationen mit einer Softwareanpassung die Funktionalitäten der SRS-Version > 3.6 anbieten könnten. Aus den Erklärungen in der Tabelle 22 wird mit der Begründung ersichtlich, wenn eine Anpassung noch möglich wird oder warum Anpassungen nicht mehr möglich sind.

Zugsicherungs-komponenten	SRS-Version	Bemerkungen über Problematik bei Verzögerungen.
ZUB 262	Siemens-Spezifikation	Keine funktionalen Anpassungen in Sicht. Softwareanpassung durch Siemens ist weiterhin möglich.
ETCS OBU BL2 (1. Gen)	2.2.2.+	Einsatz Astoro, ICE 401, Am 843 (BLS) Anpassungen nicht mehr möglich. Finale Version auf dieser Hardware.
ETCS OBU BL2 (1. Gen)	2.3.0.d	Anpassung nicht mehr möglich. Finale Version auf dieser Hardware.
ETCS OBU BL3 (2. Gen)	3.4	Neue Generation Hardware. Softwareanpassungen sind weiterhin machbar. Versionen > SRS 3.6 voraussichtlich machbar.
CAB Radio GSM-R	---	Zurückhaltung bezüglich Softwareanpassungen aufgrund der Ablösung durch FRMCS.

**TABELLE 22 END OF LIVE SOFTWARE-BETRACHTUNG DER ZUGSICHERUNGSEINRICHTUNGEN**

<sup>2</sup> Erklärung zu ZUB light: Nur Ersatz des ZUB121-Gerätes (PIN-kompatibel), Signum und ETM werden weiterhin verwendet. ZUB 262 beinhaltet ETM-, ZUB- und Signum-Funktionen.

## 12.3 Connectivity

GSM-R wird als Gesamtsystem nach heutigem Stand zwischen 2030 und 2033 End of Live (EoL) sein. Weiterer Betrieb ist über dem EoL-Datum des Herstellers möglich, jedoch ohne Support des Herstellers.

Alle Funktionen die heute für die Bahnkommunikation (auf Basis GSM-R und weitere Systeme) erbracht werden und zukünftig noch notwendig sind, werden durch auf FRMCS ausgerichtete Bahnkommunikationslandschaft nach der Abschaltung von GSM-R erbracht.

Datennetzservice werden auch nach Datacom NG notwendig sein und selbstverständlich auf die zukünftigen Anforderungen ausgerichtet sein.

Ob die benannten Connectivity Services durch Systeme die eigens von den ISB's erbaut und betrieben werden erbracht werden oder ob die Services von anderen Betreibern (z.B. Public Provider) bezogen werden ist zum heutigen Zeitpunkt offen. Entscheidend ist, dass alle Anforderungen (funktional, RAM(s), non-funktional, Life Cycle, betrieblich, ...) der Service Nutzer (Bahnen und ihre Anwendungen) und aus Sicht Behörden (BAV) vollumfänglich erfüllt werden. Angestrebt wird die wirtschaftlichste Variante aus diesem Lösungsspektrum, wobei sich die Varianten je nach Streckenklasse und Anforderungen auch unterscheiden können (wie heute bei GSM-R mit «Native Strecken» und «Roaming Strecken»).

Gemäss heutigem Wissensstand wird davon ausgegangen, dass für die Nutzung der vollen SR40-Funktionen (resp. für die Ausschöpfung des vollen Potenzials für die Kapazitätssteigerung) die RAM-Anforderungen über ein bestehendes Netz eines Public Providers nicht für alle Anwendungsfälle voll erfüllt werden können. Es muss also davon ausgegangen werden, dass zumindest für ein Teil des Kommunikationsbedarfs (insbesondere Critical Communications auf dicht befahrenen Abschnitten) eine dedizierte Versorgung entlang des Bahnkorridors notwendig sein wird. Da die NW-Kosten über das Access-Netz (RAN) getrieben werden, untersucht SR40 dennoch unterschiedliche Szenarien der Nutzung von Public Provider Leistungen. SR40 ist in diversen internationalen Gremien aktiv, um die nötigen Voraussetzungen zu schaffen, den vollen FRMCS Funktionsumfang auch bei der Verwendung des Access-Netzinfrastruktur eines Public Providers nutzen zu können. Eine entsprechende Lösung bedingt jedoch Standards auf europäischer Ebene (Interoperabilität) und müsste durch die jeweiligen Eisenbahnbehörden (BAV) zugelassen sein. Deshalb kann zum heutigen Zeitpunkt noch keine belastbare Aussage gemacht werden, ob und in welchem Umfang dies möglich sein wird.

## 12.4 Zentrale Systeme

Mit der Entwicklung von TMS werden die heute für die Planung und Disposition eingesetzten Systeme vollständig abgelöst bzw integriert. (NeTS-AVIS, NeTS-PLAN, Viriato, RCS-D, RCS-ALEA, HOT, ZLD, ...).

## 13 Offene Punkte / Weiteres Vorgehen

Die in diesem Migrationskonzept erwähnten offenen Punkte müssen in der nächsten Phase bearbeitet und die Betrachtung tiefer analysiert werden. Die Prämissen werden in den nächsten Monaten noch geschärft, was wiederum Einfluss auf das Migrationskonzept und v.a. das Mengengerüst haben wird. In diesem Kapitel werden die offenen Punkte gesammelt und das Vorgehen zur Durchdringung der einzelnen Punkte aufgelistet.

### 13.1 Anlagen

In der nächsten Phase wird der schweizweite Rollout für das Kernnetz in Angriff genommen. Dabei werden folgende Teilaspekte betrachtet:

- Rolloutplanung Kernnetz.
- Ressourcenbetrachtung für die Ausführung: konventionelle Technik und smartrail 4.0.
- Projektorganisation definieren und mit der Stammorganisation aufsetzen.
- Anforderungen an Projektierungstool und Datenhaltung (Big Picture über die zwingenden Datenflüsse).
- Umschaltkonzepte und Prüfkonzpte weiter vertiefen
- Schnittstelle zu den bestehenden BUE-Anlagen verifizieren und festlegen.
- Migrationskonzept Technik festlegen (Basis aus Sicht LCM für den Rollout) → pro ISB notwendig. Prio 1: Weichenantriebe und GFM

### 13.2 Fahrzeuge

Die technische Ausrüstung der Rückfallebene bei Ausfall ETCS und bei Fahrzeugen ohne CCS-Ausrüstung (MTC) muss näher betrachtet und konzeptionell festgelegt werden. Dabei muss auch die Kommunikation zwischen dem Fahrzeugpersonal und TMS betrachtet werden. Weitere Funktionalitäten wie Fahrstrassenbestelltool und Rückmeldung über den für die verlangte Start – Ziel Bewegung eingestellten Fahrweg müssen bereitgestellt werden.

- Auswirkungen der neuen Technologien auf das Business.
- Das Umbaukonzept muss erstellt werden (Standorte, Ressourcen allozieren, Engineering)
- Die Finanzierung des Fahrzeugumbaus muss geklärt und definitiv festgelegt werden.
- FRMCS-Migration der Fahrzeuge muss weiter geklärt werden:
  - was ist alles noch aufwärtskompatibel?
  - wie können die beiden Technologien GSM-R und FRMCS parallel gewährleistet werden?
- Zulassungsprozesse und Übergangsfristen auf den interoperablen Strecken: Zusammen mit dem BAV muss der Prozess festgelegt werden, bis wann die EVU ihre Fahrzeuge auf die neuen TSI-Standards umrüsten müssen (BL3 SRS-Version > 3.6).

### 13.3 Connectivity

Mit den erwarteten Entscheidungen zu den Frequenzen und den Anträgen zu den CR für den FRMCS Standard, kann die Planung konkretisiert werden. Weiter muss auch die Betrachtung der heutigen ETCS-Systeme vertieft werden. Die Kompatibilität zu FRMCS (RBC) muss bis zur Migration in SR40 gewährleistet werden.

### 13.4 Zentrale Systeme

Mit der leichten Verzögerung bei der Entwicklung von Dispo-OP muss die Planung überprüft werden, die Veränderungen pro Funktion und deren Abhängigkeiten müssen dargestellt werden.

- Der terminliche Ablauf, mit den entsprechenden Abhängigkeiten, muss mit der Anpassung resp. Repriorisierung der Umsetzung neu betrachtet werden.
- Grundlagen für die Projektierung:
  - Wie werden konsistente Daten gewährleistet?
  - Wer erstellt die Daten
  - Wie wird sichergestellt, dass die Daten bei der IBN noch richtig und vollständig sind?

### 13.5 Überarbeitung Migrationskonzept

Das vorliegende Migrationskonzept muss periodisch mit den neuesten Erkenntnissen überprüft und angepasst werden. Es wird angestrebt halbjährlich eine neue Version zu verabschieden.

## 14 Verzeichnisse

### 14.1 Glossar / Glossar-Referenz

Siehe SR40 Glossar: <https://trace.sbb.ch/polarion/#/project/library/workitems/definition>

### 14.2 Abbildungs-Verzeichnis

Abbildung 1	Abhängigkeiten zwischen den zentralen Systemen und dem Flächenrollout .....	9
Abbildung 2	Abhängigkeiten des Rollouts innerhalb eines Segments .....	9
Abbildung 3	Einordnung Migrationskonzept in Dokumentenpyramide SR40.....	14
Abbildung 4	Heutige technik zugsicherung und -lenkung (Struktur SBB) .....	16
Abbildung 5	ETCS-Strategie.....	21
Abbildung 6	Ausblick Flotte SBB Personenverkehr, Stand 26.07.2019 .....	22
Abbildung 7	Ausblick Flotte SBB Cargo, Stand 26.07.2019.....	23
Abbildung 8	Ausblick Flotte SBB Cargo International, Stand 26.07.2019.....	24
Abbildung 9	Ausblick Flotte BLS Personenverkehr, Stand 26.07.2019 .....	24
Abbildung 10	Ausblick Flotte BLS Cargo, Stand 26.07.2019 .....	25
Abbildung 11	Ausblick Flotte SOB, Stand: 26.07.2019 .....	25
Abbildung 12	LC SBB-Datennetze .....	27
Abbildung 13	Abhängigkeiten zu NeTS in der BZ am Beispiel der SBB .....	34
Abbildung 14	Beispielprozess Zugsausfall .....	35
Abbildung 15	Zielarchitektur nach Beendigung des Rollouts. ....	37
Abbildung 16	Elementmengen: Ausgangslage und Zielbild SR40 (SBB-I) (aktive Komponenten).....	41
Abbildung 17	Fahrzeugarchitektur COAT.....	43
Abbildung 18	Skizze ERTMS/ETCS System und Schnittstellen (Occora Architektur) (Arbeitsstand)	44
Abbildung 19	Abstrahierte funktionale Ebenen FRMCS.....	48
Abbildung 20	Einbettung FRMCS in die Systemlandschaft .....	50
Abbildung 21	5G Transport key drivers .....	51
Abbildung 22	Schema Basis Radio-Abdeckung.....	52
Abbildung 23	Schema fehlertolerante Radio-Abdeckung.....	52
Abbildung 24	Übersicht Zielbildkomponenten SR40 .....	53
Abbildung 25	Systemlandschaft heute und mit TMS.....	54
Abbildung 26	Schalenmodell des Schweizerischen Eisenbahnnetzes .....	61
Abbildung 27	Übersichtskarte Interoperabilität.....	62
Abbildung 28	Entscheidungspunkte und Übergangsfristen TSI (beispiel) .....	66
Abbildung 29	Beispiel Systemübergang an Grenze .....	72
Abbildung 30	Konzept Grenzübergang .....	72
Abbildung 31	Standardlayout der Formations- und Annahmehöfe .....	75
Abbildung 32	Schnittstellen SR40 zu lokalen Zonen.....	76
Abbildung 33	Situation Drei-/Vierschienengleis zb in Luzern .....	77

Abbildung 34	Situation Kreuzung Meter-/Normalspur in Luzern .....	77
Abbildung 35	Situation Kreuzung Normalspuranlage durch Meterspurgleis, Chur .....	78
Abbildung 36	Situation Dreischienengleis Chur nach Domat/Ems.....	78
Abbildung 37	SR40-Fähigkeiten zum Rollout bereit.....	82
Abbildung 38	Ablauf Rollout je Segment .....	84
Abbildung 39	Rolloutplanung Etappen R3.1 - R3.3.....	85
Abbildung 40	Betrieb auf der Erprobungsstrecke.....	88
Abbildung 41	Betrieb auf isolierten Einzelsegmenten .....	91
Abbildung 42	Betrieb auf Kernnetz .....	93
Abbildung 43	Umbaukonzept Sicherungsanlagen ohne Betrachtung Bahnübergänge .....	96
Abbildung 44	OC-BUE-Ankopplung an Legacy-Steuerung.....	97
Abbildung 45	BUE-Ansteuerung über neuen LX-OC .....	97
Abbildung 46	BUE-Ansteuerung via Multi-OC.....	98
Abbildung 47	Mengengerüst Ausrüstungsstand Fahrzeuge, Stand: 30.07.2019.....	101
Abbildung 48	Gesamtkonzept Etappierung Migration (zum Rollout bereit) .....	107
Abbildung 49	TMS-Roadmap .....	112
Abbildung 50	Einbindungskonzept zu Bedienplätzen und Funktionalitäten .....	115
Abbildung 51	Übersicht Begriffsdefinition in Bezug auf die Testansätze .....	120
Abbildung 52	Herleitung der Szenarien SR40 (Stand: 7.10.2019).....	122
Abbildung 53	Abschätzung Rolloutmengen bezogen auf Inbetriebnahmejahr .....	130

### 14.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Verweise auf Eckwerte des BAV .....	12
Tabelle 2	Mengengerüst Sicherungsanlagen SBB (inkl. Turbo und STB) stand 01.07.2019 .....	17
Tabelle 3	Mengengerüst Sicherungsanlagen SBB (inkl. Turbo und STB), Planung 2030.....	18
Tabelle 4	Mengengerüst Sicherungsanlagen BLS Stand: 01.07.2019 .....	18
Tabelle 5	Mengengerüst Sicherungsanlagen BLS, Planung 2030 (Abschätzung) .....	18
Tabelle 6	Mengengerüst Sicherungsanlagen SOB heute sowie auch 2030 (Kernnetz).....	19
Tabelle 7	heutige zentrale systeme.....	30
Tabelle 8	SBB-Mengengerüst Elemente SR40 nach Beendigung des Rollouts (2040) .....	39
Tabelle 9	BLS-Mengengerüst Elemente SR40 nach Beendigung des Rollouts (2040).....	40
Tabelle 10	SOB-Mengengerüst Elemente SR40 nach Beendigung des Rollouts (2040) .....	40
Tabelle 11	Übersicht zentrale Systeme nach bisherigen Funktionen .....	54
Tabelle 12	Veränderungspotential durch SR40 mit Bedarf an Ausnahmegewilligungen.....	58
Tabelle 13	Mengengerüst Rangierbahnhöfe .....	73
Tabelle 14	ETCS L2 Strecken Stand 2019 .....	80
Tabelle 15	Für Etappe R3.2 ausgewählte Einzelstrecken .....	86
Tabelle 16	Prämissen Betrieb auf Erprobungsstrecken Phase 1 .....	89
Tabelle 17	Prämissen Betrieb auf Erprobungsstrecken Phase 2.....	90

Tabelle 18	Prämissen Betrieb auf isolierten Einzelsegmenten .....	92
Tabelle 19	Prämissen Betrieb auf Kernnetz .....	94
Tabelle 20	Fahrzeugtypen je Ausrüstungsstand, Stand: Ende 2022 .....	102
Tabelle 21	End of Live Betrachtung der bestehenden Fahrzeugausrüstungen .....	132
Tabelle 22	End of Live Software-Betrachtung der Zugsicherungseinrichtungen .....	132

#### 14.4 Quellen / Referenzen

Referenz	
[1]	PA_20: Auswirkungen auf Business
[2]	PMO_01: Konzeptbericht
[3]	<a href="#">RTE 25000, Kompendium Sicherungsanlagen, Ausgabe 11</a>
[4]	<a href="#">Fahrdienstvorschriften FDR R300.1 - 15</a>
[5]	<a href="#">EBV, SR 742.141.1</a>
[6]	<a href="#">IOP-Anforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes, BAV 01.05.2016</a>
[7]	PA_08: Erprobungstrecken und Umfang
[8]	Testkonzept smartrail 4.0, noch nicht verfügbar
[9]	PA_10: Business Case
[10]	Sourcing Strategie, noch nicht verfügbar
[11]	COAT_04: Zulassungsverfahren COAT
[12]	PA_18: Konzept Warnfunktion Rangier
[13]	PA_17: Clustermodell smartrail 4.0
[14]	KR_01: Konzept Kapazität
[15]	COAT_07: Bericht Untersuchung SR40 Fahrzeug Rollout