



Standbericht der Teilprojekte Connectivity

Dokumenteneigenschaften

Filename	Connectivity Standbericht v1.1		
Beschreibung Inhalt	Ausgangslage, Ziele, Planung und aktueller Stand der Teilprojekte im Teilprogramm Connectivity		
Version	1.1		
Erstellungsdatum	01.10.2019		
Status	Approved		
Klassifizierung	Streng vertraulich []	Vertraulich []	Intern [x]

Dokumentenlenkung

	Ersteller	Geprüft	Freigegeben
Name, Vorname	Daniel Grünig; Christian Nänni; Simon Zumkehr; Massimiliano Rizzato; Nicola Krebs; Robert Badertscher	Alex Brand; Daniel Grünig; Christian Nänni; Simon Zumkehr; Nicola Krebs; Robert Badertscher	Robert Badertscher; Simon Zumkehr; Christian Nänni
Name Firma	SBB	SBB	SBB

Dokumentenhistorie

Version	Datum	Ersteller	Änderungshinweise
0.8	13.11.19	Siehe oben	Version zum Review
0.9	26.11.19	Siehe oben	Version inkl. Kommentare
1.0	03.12.19	Siehe oben	Version freigegeben
1.1	04.12.19	Siehe oben	Kleinere Anpassungen

Haftungsausschluss

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt.

Ohne die vorherige schriftliche Zustimmung der SBB dürfen Inhalte in keiner Form und auf keine Weise kopiert, reproduziert, übertragen, verteilt, heruntergeladen oder übertragen werden

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Ausgangslage und Hintergrund	4
1.2	Projektsetup	8
1.3	Vorgehensplan von der Konzeption bis zum Rollout.....	11
1.4	Projektrisikoaanalyse	12
2	Konzept FRMCS Netz	14
2.1	Allgemeines	14
2.2	Anforderungen FRMCS	21
2.3	Standardisierung FRMCS.....	26
2.4	PoC/ NW-Sharing Options & Kooperationen.....	29
2.5	PoC/ Feasibility Study	33
2.6	PoC/ Field Test.....	41
2.7	Architektur und Technik.....	44
2.8	Migration FRMCS	51
2.9	Standorte Basisinfrastruktur	57
3	Konzept Fahrzeugausrüstung	59
3.1	Allgemeines	59
3.2	Fahrzeugausrüstung.....	59
4	Konzept Transportnetz	64
4.1	Allgemeines	64
4.2	Anforderungen Transportnetz.....	68
4.3	Standardisierung Transportnetz	70
4.4	Architektur TMS	73
4.5	Architektur Safe Datacenter	74
4.6	Architektur OC-Erschliessung	75
4.7	Architektur FRMCS-Erschliessung.....	78
4.8	Migration Transportnetz.....	81

5	Übergreifende Arbeitspakete.....	82
5.1	Security.....	82
5.2	RAM(S).....	84
5.3	Betriebliche Anforderungen.....	86
6	Verzeichnisse.....	88
6.1	Tabellenverzeichnis.....	88
6.2	Abbildungsverzeichnis.....	88
6.3	Referenzverzeichnis.....	89
6.4	Abkürzungen und Definitionen.....	90
Anhang A	92
Anhang B	93

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Hintergrund

Die Bahnrelevante Kommunikation vom und zum Zug erfolgt heute über das Bahnmobilkommunikationssystem GSM-R (Global System for Mobile Communications -Rail). GSM-R ist Grundlage für die Zugüberwachung und –beeinflussung sowie die Sprach-Kommunikation zwischen Zugverkehrsleiter und Lokführer. Zudem wird es für betriebsunterstützende Tätigkeiten wie Anlagenüberwachung, Prozessunterstützung (Beispiel GSM-R basierte Zugabfertigung) und Kundeninformation eingesetzt.

Die zugrundeliegende GSM-Technologie wurde in den 1980er Jahren entwickelt, ab 1991 eingeführt und wird von den öffentlichen Mobilfunkanbietern nur noch wenige Jahre unterstützt. Die Swisscom wird den Betrieb Ende 2020 einstellen. Die Industrie wird GSM-R voraussichtlich noch bis 2032 unterstützen, hat aber bereits angekündigt, dass wegen der entfallenden Synergien zu GSM die Kosten für den Weiterbetrieb ab 2025 signifikant steigen werden. Zudem nutzt GSM-R die vorhandenen knappen Funkfrequenzen auf eine sehr ineffiziente Art, weswegen in der Schweiz schon heute Funkkapazitätsprobleme bestehen. Der Funkkapazitätsbedarf für ETCS Führerstandsignalisierung in grossen Knoten kann über GSM-R nicht bereitgestellt werden. Damit kommt die GSM-Technologie ans Ende ihrer Lebensdauer.

Aufgrund der in der Zukunft signifikant steigenden Anforderungen an die Konnektivität infolge der digitalisierten Bahnproduktion, soll das Projekt «Connectivity» eine leistungsfähige und zuverlässige Mobilfunk-Konnektivität für den Bahnbetrieb der Zukunft sicherstellen. Dabei soll der Fokus auf Bandbreite, Kapazität und Verfügbarkeit gelegt werden. Das zukünftige Bahnmobilkommunikationssystem FRMCS (Future Railway Mobile Communications System) soll auf den gleichen 5G Technologien wie die öffentlichen Mobilfunksysteme basieren und das alte System «GSM-R» ablösen.

Es ist geplant, auf Basis des Konzeptes für Connectivity per Ende 2020 einen Richtungsentscheid für die Entwicklung und den Rollout von Connectivity zu fällen. Im Zentrum stehen dabei folgende Aspekte:

- Ausbaustand von SR40, auf welchem die Connectivity dimensioniert werden soll
- Grundsatzentscheid zu Kooperationen/ Sharing für den Bau des Netzes
- Grundsätzliche Architektur für das Access-Netz und das entsprechende Mengengerüst
- Grundsatzentscheid zur Wertschöpfungstiefe bei Bau und Betrieb

Bei der entsprechenden Konzeption unterscheiden wir grundsätzlich zwischen folgenden Teilkonzepten:

- FRMCS Netz
- Transportnetz
- FZ-Architektur

FRMCS Netz

Die sicherzustellende Konnektivität, entlang des Bahnkorridors, wird unterschieden in Bahn- und Fahrgastkommunikation, wobei sich folgende Kommunikationsdienste bilden:

- **Critical Communication Applications**, die für den Bahnbetrieb kritische Funktionen bereitstellen («ohne Connectivity fährt die Bahn nicht») und deshalb eine hochverfügbare Abdeckung benötigen.
- **Performance Communication Applications** für die Optimierung des Bahnbetriebs: Ein Ausfall beeinträchtigt den Betrieb, bringt ihn aber nicht zum Erliegen;
- **Business Communication Applications** sind Dienste für die Fahrgäste inklusive der allgemeinen Fahrgastversorgung mit Internet.
 - ➔ Der aktuelle Status der mit dem FRMCS Netz im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete ist im Kapitel 2 «Konzept FRMCS Netz» näher erläutert.

Fahrzeug-Ausrüstung

Scope des Konzepts «Fahrzeugausrüstung» ist die fahrzeugseitige Telekommunikations-Ausrüstung für FRMCS und GSM-R. Aufgrund der Entscheidung der ERA, den Einführungszeitplan für FRMCS den einzelnen Ländern / Infrastrukturbetreiberinnen zu überlassen, muss die Architektur der Fahrzeugausrüstung sowohl FRMCS wie GSM-R unterstützen, um die Interoperabilität innerhalb Europas während der Übergangsphase von GSM-R nach FRMCS sicherstellen zu können.

- ➔ Der aktuelle Status der mit der Fahrzeugausrüstung im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete ist im Kapitel 3 «Konzept Fahrzeugausrüstung» näher erläutert.

Transportnetz

Das Datennetz bildet das Rückgrat des Kommunikationssystems. Mit smartrail 4.0 wird die Bedeutung der bereits heute betriebsrelevanten Kommunikationssysteme noch einmal zunehmen. Im Rahmen des Teilkonzeptes Transportnetz werden die Anforderungen an das Datennetz seitens SR40 ermittelt und darauf abgestimmte Architekturen entwickelt. Das Ziel des Projektes ist es, den Anwendungen von SR40 auf Basis des Datennetzes von SBB Telecom optimale Services anbieten zu können.

- ➔ Der aktuelle Status, der mit dem Transportnetz im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete, ist im Kapitel 4 «Konzept Transportnetz» näher erläutert.

Übergreifende Arbeitspakete

Übergreifend über die die drei Teilkonzepte soll mit den folgenden Arbeitspaketen sichergestellt werden, dass die generischen Anforderungen von smartrail 4.0 erfüllt werden.

Security; das Übertragungssystem trägt nicht zum Schutz der übertragenen Daten bei. Diese Verantwortung obliegt den Anwendungen resp. Anwendungsplattformen. Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Übertragungssystems können aber nur dann in einem definierten Rahmen sichergestellt werden, wenn die Infrastruktur vor unbeabsichtigter oder auch böswilliger Interaktion geschützt wird. Als Basis dient der physische Zugangsschutz. Wo dieser nicht garantiert werden kann müssen andere Massnahmen umgesetzt werden.

- Der aktuelle Status der mit der Security im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete ist im Kapitel 5.1 «Security» näher erläutert.

RAM; die zu konzipierenden Netzwerklösungen müssen die RAM Anforderungen von SR40 erfüllen. Die RAM Anforderungen für «Connectivity» werden aus den übergeordneten SR40 RAM Anforderungen abgeleitet.

- Der aktuelle Status der mit RAM im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete ist im Kapitel 5.2 «RAM(S)» näher erläutert.

Betriebliche Anforderungen; die Anforderungen an Prozesse, Organisation und Tools werden sich mit der neuen 5G basierenden Mobilfunktechnologie grundlegend verändern. Mittels verschiedener Arbeitspakete soll die Entscheidungsbasis für das weitere Vorgehen erarbeitet werden, resp. aufgezeigt welche Massnahmen initialisiert werden müssen, damit die notwendigen Entscheidungsgrundlagen bereitgestellt werden können.

- Der aktuelle Status der mit den betrieblichen Anforderungen im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete ist im Kapitel 5.3 «Betriebliche Anforderungen» näher erläutert.

Standardisierung und **Spektrums Angelegenheiten;** die Anforderungen, die SR40 an die zukünftige Konnektivität stellt, können durch die GSM-R Technologie nicht erfüllt werden. Die Industrie unterstützt GSM-R voraussichtlich noch bis 2030, eine Ablösung wird also auch aufgrund des Erreichens der Endlebensdauer notwendig. Die UIC arbeitet seit 2014 im Rahmen des Projekt FRMCS an der Spezifikation des Nachfolgesystems.

- Der aktuelle Status der mit Standardisierung und Spektrums Angelegenheiten im Zusammenhang stehenden Arbeitspakete ist im Kapitel 2.3 «Standardisierung FRMCS» näher erläutert.

Connectivity innerhalb der Systemarchitektur von smartrail 4.0

Die nachstehende Abbildung zeigt die Systemgrenze von Connectivity innerhalb der Systemarchitektur von smartrail 4.0 sowie die Unterteilung in Teilprojekte (vollständige Systemarchitektur siehe [REF 1]: [SRP-4948](#))

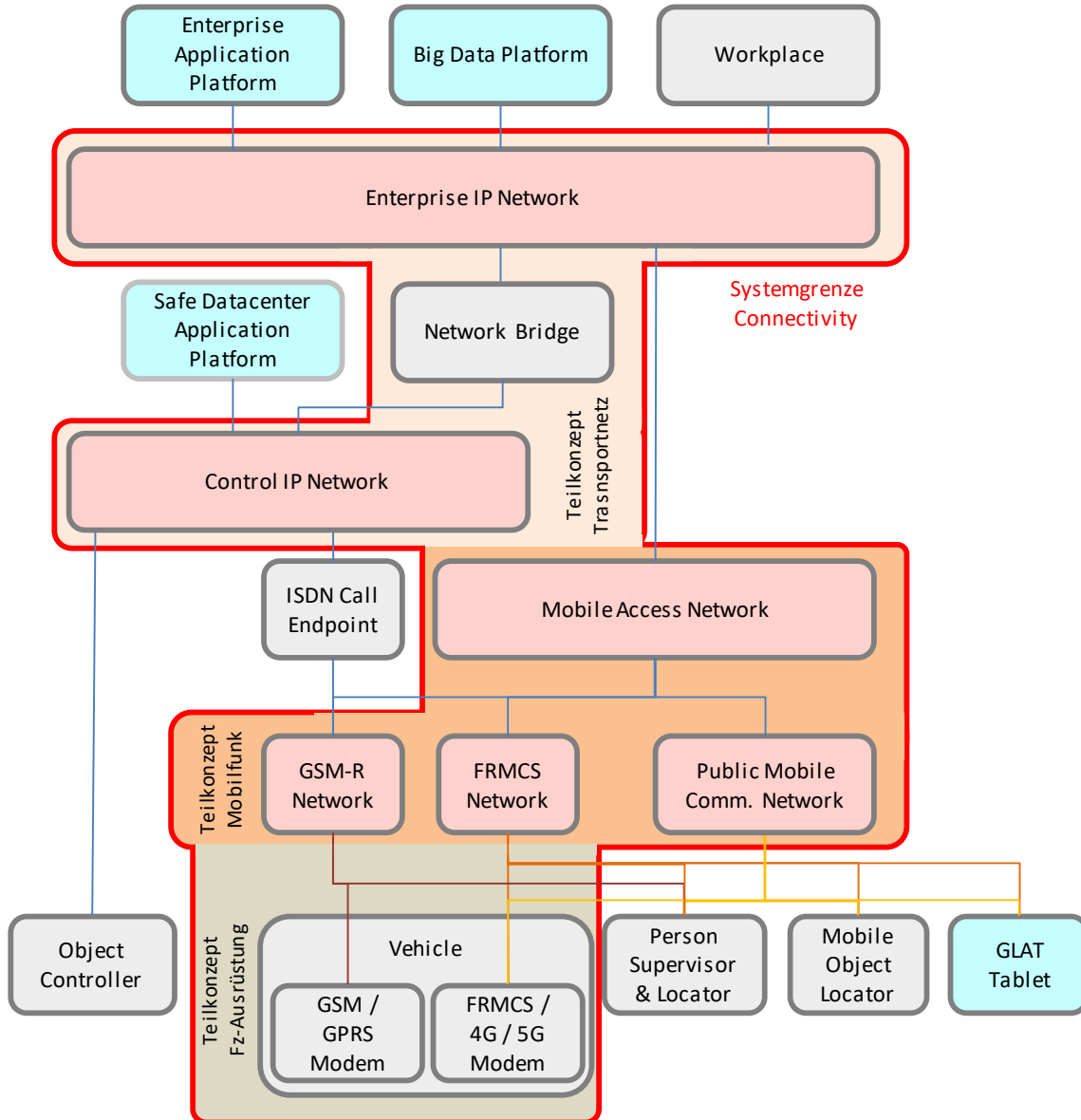


Abbildung 1: Systemgrenze «Connectivity»

1.2 Projektsetup

1.2.1 Projektorganisation

Die nachfolgende Grafik zeigt die Projektorganisation:

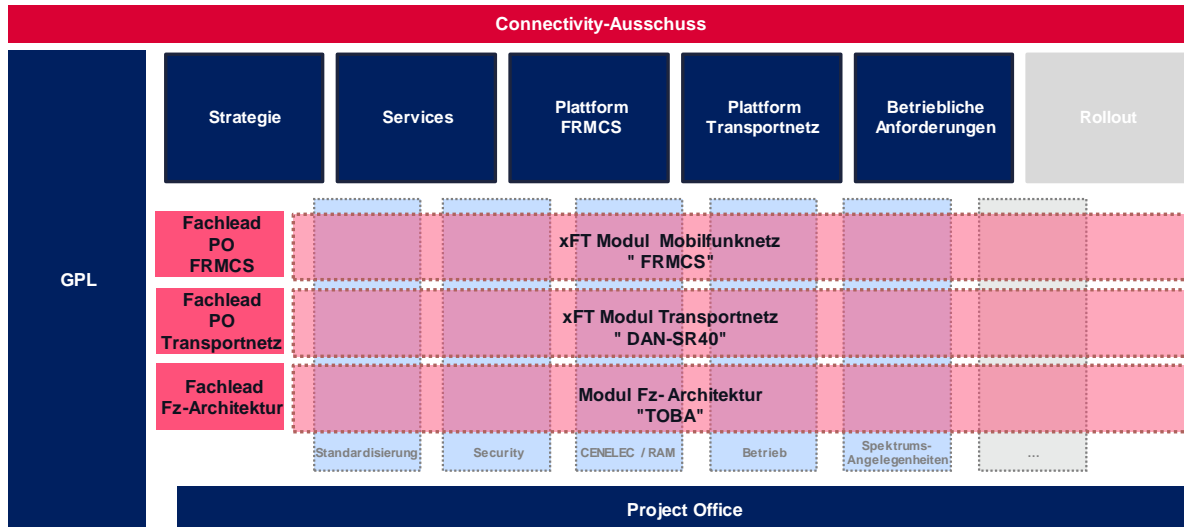


Abbildung 2: Projektorganisation

Die strategische Steuerung des Projektes erfolgt über den Connectivity-Ausschuss in welchem Management-Vertreter aus allen relevanten Organisationseinheiten vertreten sind.

Die operative Projektsteuerung erfolgt auf Ebene GPL und Project Leads (dunkelblau dargestellt). Die Erarbeitung der technischen Konzepte und Entscheidungsgrundlagen erfolgt in den jeweiligen Fachgruppen, welche z.T nach agilen Methoden geführt werden.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Struktur der Führungs-Meetings und der Zuständigkeiten der einzelnen Teams.

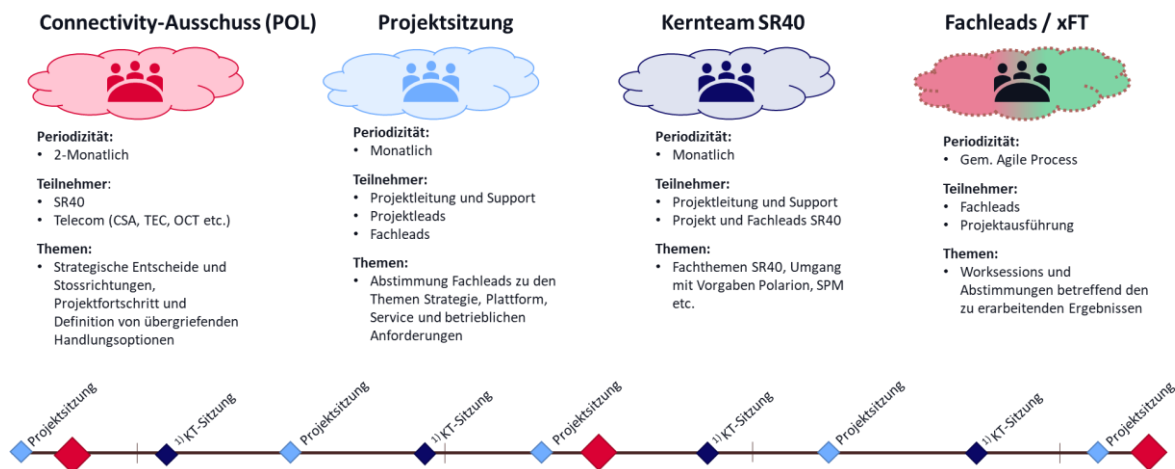


Abbildung 3: Meeting-Struktur und Zuständigkeiten

1.2.2 Verantwortlichkeiten

Die untenstehenden Tabellen zeigen auf, welche Rollen durch welche Personen wahrgenommen werden. Dabei wird unterschieden zwischen:

- **Übernahme der Rolle (Verantwortung):** Die entsprechende Person identifiziert, plant und führt die entsprechenden Aktivitäten eigenständig und proaktiv durch.
- **Unterstützung:** Unterstützung bei der Dokumentation, Aufbereitung der Grundlagen, erstellen der Reportings, etc. gemäss den Vorgaben und in Absprache mit der verantwortlichen Person.

Connectivity-Ausschuss

Connectivity-Ausschuss Mitglieder seitens SR40	Connectivity-Ausschuss Mitglieder seitens TC
Alex Brand; (SBB / I-SR40) Robert Badertscher; (SBB / I-SR40) Simon Zumkehr; (SBB / I-SR40)	Jörg Hadorn; (SBB / I-AT-TC-CSA) Christof Muster; (SBB / I-AT-TC-CSA) Kernen Walo; (SBB / I-AT-TC-CSA) Daniel Grünig; (SBB / I-AT-TC-CSA) Detrich Manuel; (SBB / I-AT-TC-TEC) Thomas Tzschope; (SBB / I-AT-TO-KCO)

Projektsteuerung- und Führung

Rolle im Projekt Connectivity	Gesamtverantwortung seitens SR40	Gesamtverantwortung seitens TC	Unterstützung
Auftraggeber	Alex Brand (SBB / I-SR40)	-	PMO SR-40
Projektleiter	Robert Badertscher (SBB / I-SR40)	-	Nicola Krebs (MAK / I-SR40)

Projektleads

Rolle im Projekt Connectivity	Gesamtverantwortung seitens SR40	Gesamtverantwortung seitens (TC)	Unterstützung
Strategie	Robert Badertscher (SBB / I-SR40)	Walo Kernen (SBB / I-AT-TC)	-
Services	-	Christof Muster (SBB / I-AT-TC)	Luciano Leins (AWK, IT-SWE-CC1-JV2)
Plattform FRMCS	Christian Nänni (SBB / I-SR40)	Daniel Grünig (SBB / I-AT-TC)	-
Plattform Transportnetz	Simon Zumkehr (SBB / I-SR40)	To be defined	-
Betriebliche Anforderungen	Robert Badertscher (SBB / I-SR40)	-	-

Fachleads

Rolle im Projekt Connectivity	Gesamtverantwortung seitens SR40	Gesamtverantwortung seitens (TC)	Unterstützung
Fachlead xFT FRMCS	Christian Nänni (SBB / I-SR40)	Daniel Grünig (SBB / I-AT-TC)	-
Fachlead xFT Transportnetz	Simon Zumkehr (SBB / I-SR40)	To be defined	-
Fachlead TOBA	Christian Nänni (SBB / I-SR40)	-	-

Querschnittsfunktionen

Rolle im Projekt Connectivity	Gesamtverantwortung seitens SR40	Gesamtverantwortung seitens (TC)	Unterstützung
Standardisierung	-	Wendler Ingo (SBB / I-AT-TC)	-
Security	Simon Zumkehr (SBB / I-SR40)	-	Ulrich Meier (Ext. / I-SR40)
CENELEC / RAM	-	Daniel Grünig (SBB / I-AT-TC)	Christian Todt und Robert Schönauer (REC / I-SR40)
Spektrums-Angelegenheiten	Alex Brand (SBB / I-SR40)	Manuel Dietrich (SBB / I-AT-TC)	Markus Dötsch und Friedbert Behrens
Betrieb	Ab 01.01.20 Peter Reber	-	-

1.3 Vorgehensplan von der Konzeption bis zum Rollout

Folgende Abbildung illustriert das methodische Vorgehen zur Einführung einer leistungsfähigen und zuverlässigen Mobilfunk-Konnektivität für den zukünftigen Bahnbetrieb.

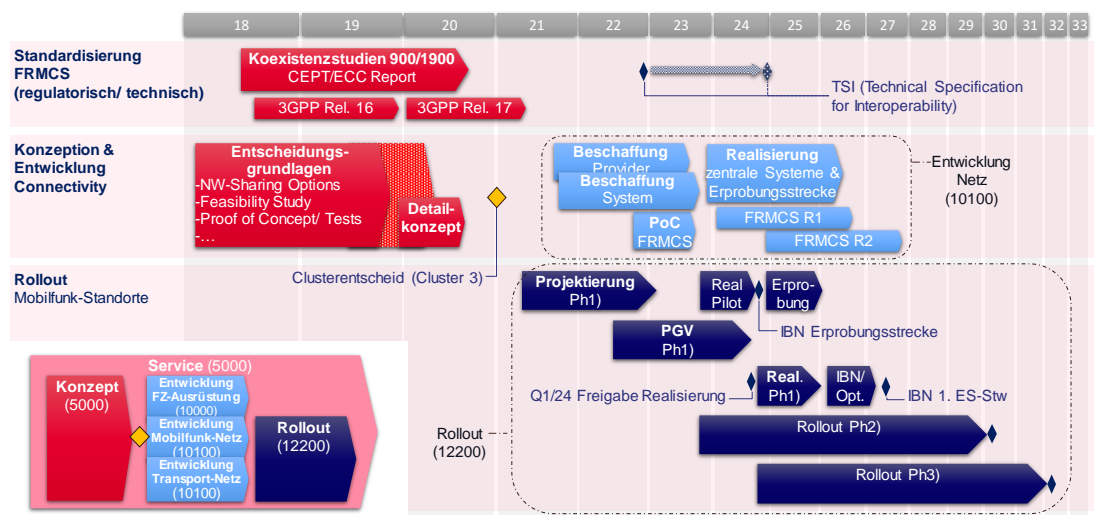


Abbildung 4: Vorgehen für die Lösungskonzeption

Für die Einführung von FRMCS wird eine Standardisierung/ Normierung in folgenden Bereichen vorausgesetzt:

- FRMCS System
- FRMCS basierte Endgeräte/ Anwendungen
- Harmonisierung und Zuweisung des Frequenzspektrums
- CCS-TSI (Interoperabilität)

SBB bringt sich aktiv über verschiedene Gremien und Arbeitsgruppen ein und stellt dabei die Interessen von smartrail 4.0 sicher. Dabei sollen u.a. die Interoperabilitätsanforderungen dahingehend beeinflusst werden, dass maximale Flexibilität bzgl. Betreibermodellen unter maximaler Nutzung öffentlicher Mobilfunknetze ermöglicht wird.

Eine detaillierte Planung ist aus den jeweiligen Projektplänen ersichtlich. Hier wird auf die folgenden Pläne verwiesen:

- 5000_Connectivity: beinhaltet die konzeptionellen Arbeiten im Zusammenhang mit der Standardisierung, dem Erarbeiten der Entscheidungsgrundlagen und dem Erstellen des Konzeptes als Basis für den Richtungsentscheid per Ende 2020
- 10000_Connectivity_Fahrzeugausrüstung: beinhaltet die Beschaffung und/ oder Entwicklung der fahrzeugseitigen Kommunikations-Infrastruktur
- 10100_Connectivity_Infrastruktur: beinhaltet die Beschaffung der relevanten Systeme und Outsourcing-Partner und die Realisierung der zentralen Systeme
- 12200_Connectivity_SBB: beinhaltet Projektierung, Genehmigung (PGV), Bau und Inbetriebnahme der dezentralen Mobilfunkstandorte

1.4 Projektrisikoprüfung

Das Projektrisikoprüfung ist die zentrale Aufgabe des Projektleiters. Alle Teilprojektleiter und Projektmitarbeiter haben eventuelle Risiken, die sich auf das Projekt auswirken könnten, aufgenommen und der Projektleitung gemeldet. Diese Risiken wurden dokumentiert, bewertet und es sind entsprechende Massnahmen abgeleitet worden ([REF 4]: Dokumente Projektrisikoprüfung).

Das Risikoprüfung im Projekt Connectivity wird periodisch (iterativ) durch die Projektleitung initiiert und in den definierten Gremien durchgeführt. Für das Projekt Connectivity erfolgt eine Bewertung der Risiken mit Auswirkungen auf die Projektziele anhand der folgenden Projektrisikomatrix.

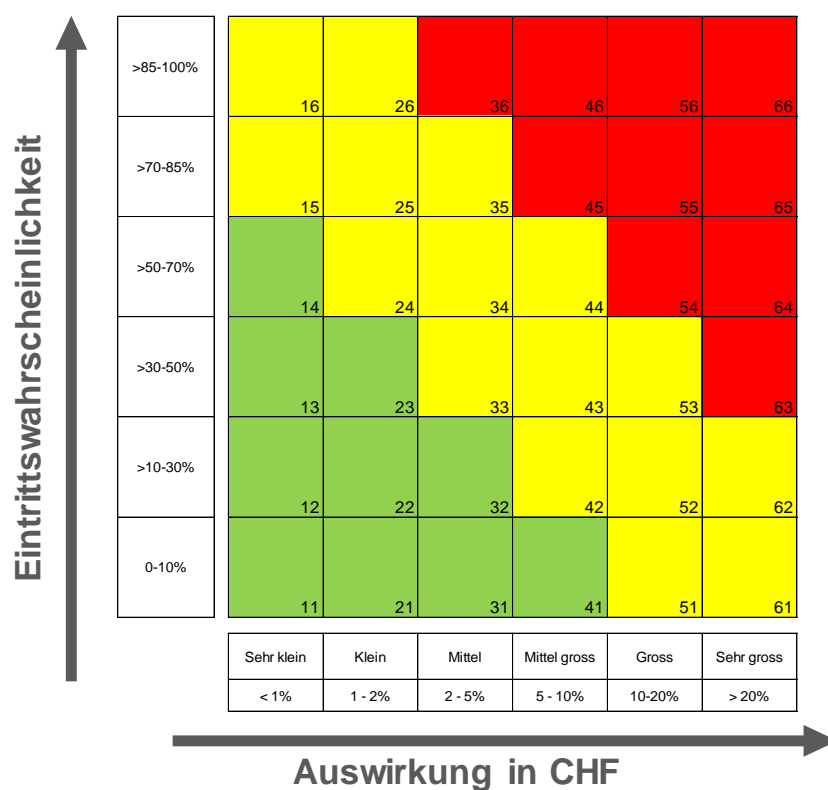


Abbildung 5: Projektrisikomatrix

1.4.1 Erläuterungen zur Methode

Das Projekt-Risikomanagement wurde initial anhand folgender Tätigkeiten durchgeführt und wird weiterhin gem. den nachfolgenden Schritten periodisch gepflegt:

Risikomanagementplanung – Entscheiden, wie die Risikomanagementaktivitäten für ein Projekt angegangen und geplant werden.

Risikoidentifikation – Feststellen, welche Risiken das Projekt beeinflussen könnten und die Dokumentation ihrer Eigenschaften mittels Projektrisikotool.

Qualitative Risikoanalyse – Durchführen einer qualitativen Analyse von Risiken und Bedingungen, um deren Auswirkungen auf die Projektziele nach Priorität zu ordnen.

Quantitative Risikoanalyse – Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten und der Auswirkungen von Risiken, sowie Abschätzen ihrer Bedeutung für die Projektziele.

Planung zur Risikobewältigung – Entwickeln von Vorgehensweisen und Verfahren, die die Chancen zur Erreichung der Projektziele fördern und die Gefahren entsprechen verringern.

Risikoüberwachung und Risikoverfolgung – Überwachen von Restrisiken, Identifikation von neuen Risiken, Ausführen von Risikominderungsplänen und Bewertung ihrer Wirksamkeit während des gesamten Projektlebenszyklus.

Für die Darstellung der Auswirkungen von Risiken auf Unternehmens-, Projektziele oder den Betrieb wird für die rapportierten Projektrisiken die von smartrail 4.0 vorgegebene Risikobeurteilungsvorlage verwendet.

Sämtliche Projektrisiken für Connectivity sind im entsprechenden Projektmanagementrisiko-Tool zusammengefasst, beurteilt und dokumentiert.

2 Konzept FRMCS Netz

2.1 Allgemeines

2.1.1 Ausgangslage und Ziele

Mit dem FRMCS Netz sollen zum einen die neuen Anforderungen aus smartrail 4.0 erfüllt und zum anderen die bestehenden Anwendungen von GSM-R abgelöst werden.

Im Vordergrund stehen hierbei die Services für die Bahnkommunikation (Essential Communication Services).

Es ist aber auch ein erklärtes Ziel von smartrail 4.0, bei der Realisierung der zusätzlich benötigten Mobilfunkstandorte allfällige Synergien zu nutzen, um gleichzeitig auch die Fahrgastversorgung zu verbessern. Deshalb werden neben den Bahnkommunikations-Services (Critical- und Performance Communication) auch die Services für die Fahrgastkommunikation (Business Communication) betrachtet.

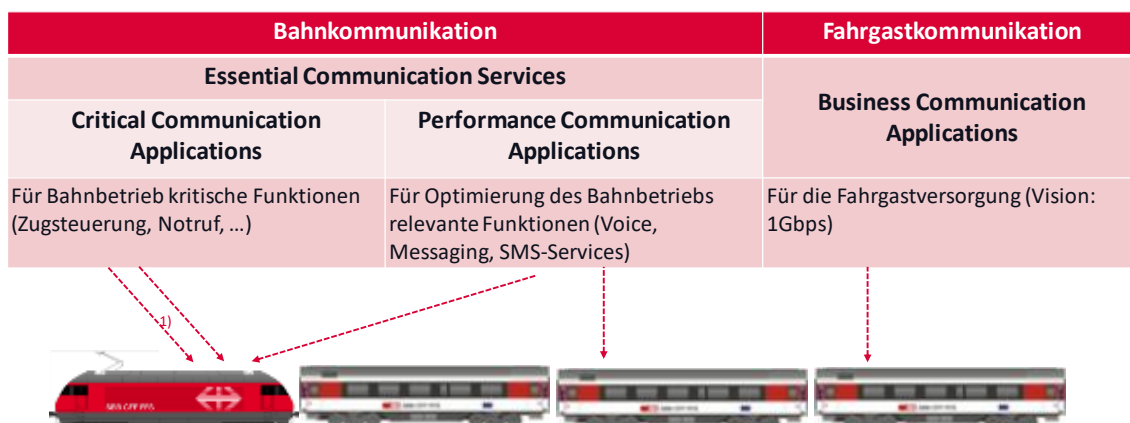


Abbildung 6: Connectivity Communication Services

Critical Communication

Aufgrund der hohen bahnbetrieblichen Relevanz wird der Critical Communication im Projekt Connectivity eine spezielle Bedeutung beigemessen. Im Zusammenhang mit der geometrischen Sicherheitslogik des ES und mit dem vorgesehenen Abbau von ~70% der Aussenanlagen werden künftig alle 1-5 Sekunden «Movement Authorities» und Positionsinformationen übertragen. Wenn die Züge mittels «moving Block» viel dichter aufeinander folgen, bewirkt schon ein kurzer punktueller Kommunikationsunterbruch eine Abbremsung sämtlicher aufeinander folgenden Züge. Dadurch erhält die Connectivity eine vergleichbare Bedeutung wie Fahrbahn und Fahrleitung.

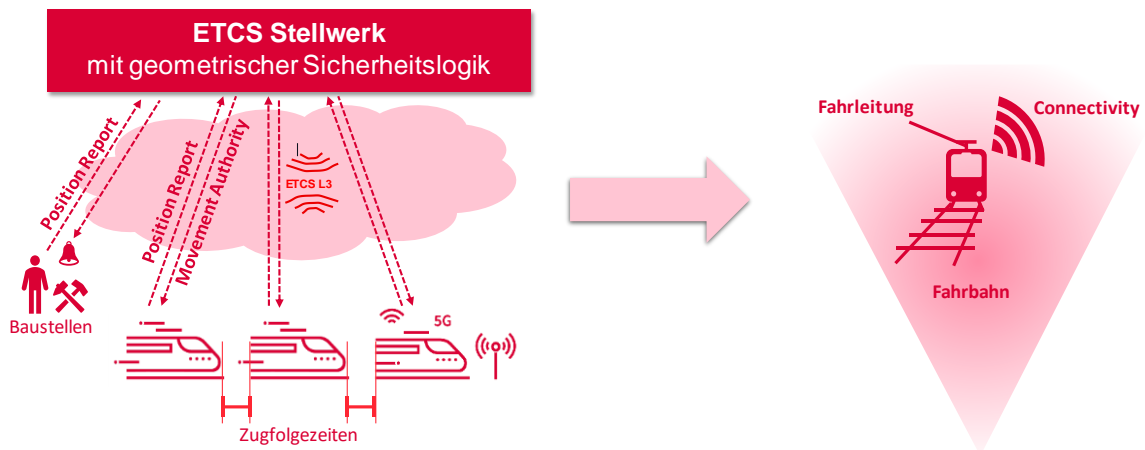


Abbildung 7: Connectivity im Bahnumfeld

Performance Communication

Auch für die Optimierung des Bahnbetriebs werden die Anforderungen künftig ansteigen. So werden vermehrt Anwendungen mit Videoübertragung zum Einsatz kommen.

Heute wird davon ausgegangen, dass die Performance Communication infolge knapper bahnspezifischer Frequenzen auch auf der Abdeckung von öffentlichen Mobilfunknetzen (Public Provider, im Folgenden PP) basieren wird.

Business Communication

Aufgrund der Tatsache, dass sowohl FRMCS wie auch die Netze der öffentlichen Mobilfunkprovider auf derselben Mobilfunktechnologie (5G) basieren werden, lösen sich die Grenzen zwischen Bahn- und Fahrgastkommunikation langsam auf.

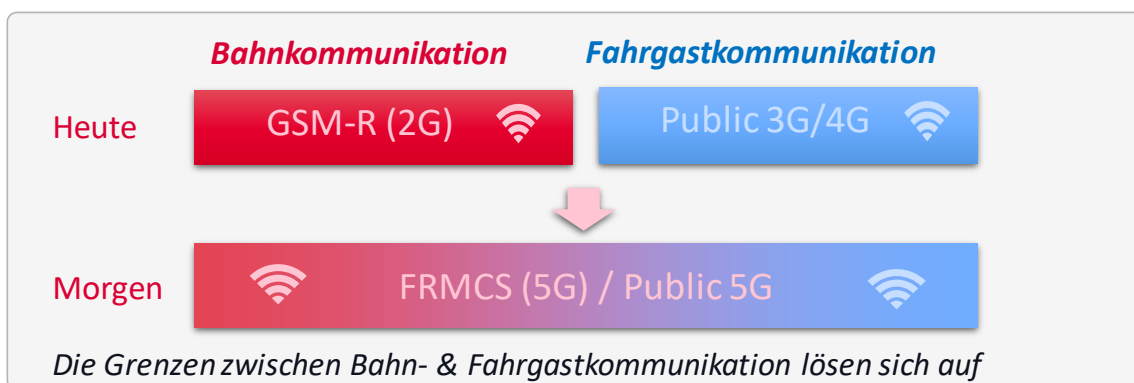


Abbildung 8: Grenzen zwischen Bahn- und Fahrgastkommunikation

Bei der Konzipierung von FRMCS soll auch untersucht werden, in wie weit Synergien mit den öffentlichen 5G Mobilfunknetzen genutzt werden könnten und wie neben der Bahnkommunikation gleichzeitig die Fahrgastkommunikation verbessert werden kann.

2.1.2 Systemdefinition

Der Umfang von FRMCS geht bezüglich funktioneller, technischer und betrieblicher Anforderungen über den Umfang eines öffentlichen Mobilfunknetzes hinaus. Während der 5G Standard über eine weltweite Kooperation von Standardisierungsgremien (3GPP - 3rd Generation Partnership Project) erstellt wird, erfolgt die Standardisierung/ Normierung der zusätzlichen bahnspezifischen Aspekte auf Ebene UIC/ETSI TC-RT (u.a. zur Erfüllung von Interoperabilitäts-Anforderungen).

Vor einer Einführung auf dem Schweizer Bahnnetz muss FRMCS europäisch normiert werden. Diese Normierung muss durch die European Rail Agency for Railways (ERA) im Rahmen der TSI/CCS (Technical Specification for Interoperability / Control and Command Signalling) bis 2022 verankert werden.

Da Standardisierung und Normierung noch nicht abgeschlossen sind, sind auch die regulatorischen und technischen Rahmenbedingungen noch nicht vollständig bekannt. Auch steht die Einführung der 5G-Technologie ganz am Anfang und viele für eine Mobilfunkversorgung entlang der Bahnlinien benötigten Funktionen befinden sich noch in der Entwicklung (z.B. Mobility).

Zur Adressierung der entsprechenden Herausforderungen vertieft smartrail 4.0 gemeinsam mit Partnern (Public Providern und Mobilfunkausrüstern) verschiedene denkbare Szenarien bezüglich Kosten/Nutzen, Machbarkeit und strategischer Passung. Ziel ist, einen möglichst grossen morphologischen Kasten (Lösungsraum) aufzuspannen, die einzelnen Komponenten im Kasten zu bewerten und wo notwendig theoretisch (Feasibility Study) und/oder mit Feldtests (PoC) zu prüfen.

Mit der Festlegung der Rahmenbedingungen werden einige Lösungen des morphologischen Kastens als nicht mehr machbar entfallen. Deshalb ist es umso wichtiger, in der aktuellen Phase einen möglichst grossen Lösungsraum aufzuspannen, damit mit den schlussendlich herrschenden einengenden Rahmenbedingungen sinnvolle Lösungen übrigbleiben.

Neben Fragen zur technischen, betrieblichen, wirtschaftlichen und terminlichen Machbarkeit von FRMCS stellen sich u.a. auch folgende zusätzliche Fragen:

- Inwieweit können bei einer gemeinsamen Realisierung (FRMCS seitens der Bahnen, 5G der öffentlichen Mobilfunkanbieter) allfällige Synergien genutzt werden?
- Inwieweit können sich die verschiedenen Signale gegenseitig beeinflussen und können allfällige Störungen mit einer gemeinsamen Planung/Realisierung verhindert/minimiert werden?

Die nachstehende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen den offenen Fragen und den durchgeführten resp. geplanten Analysen (PoCs):

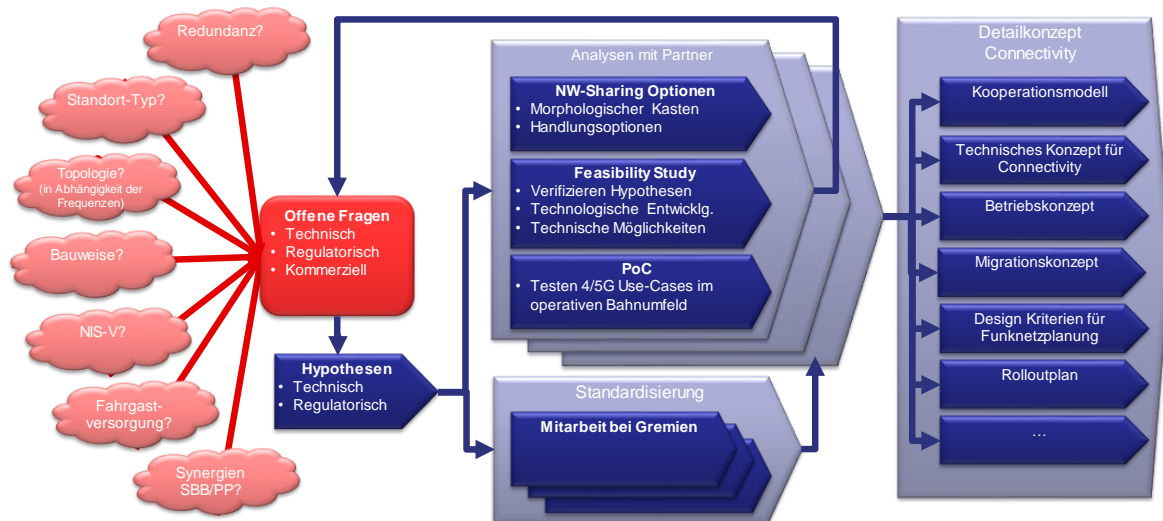


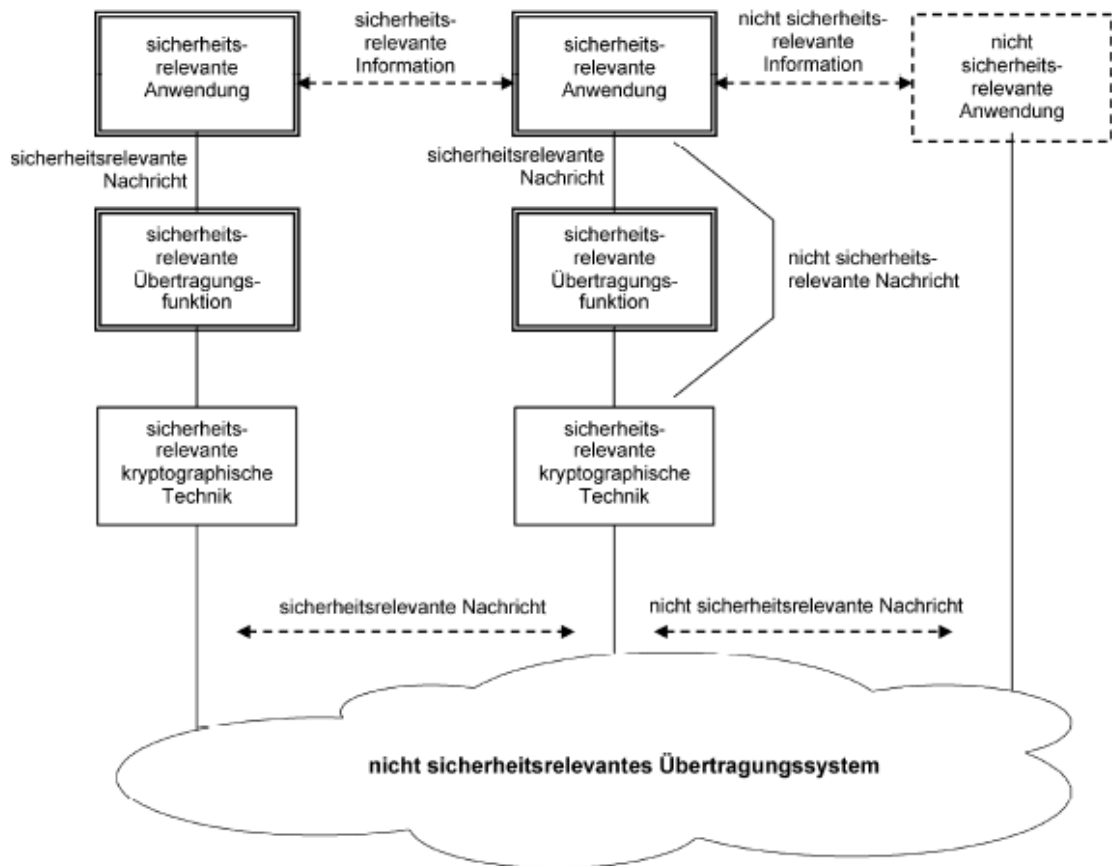
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen offenen Fragen und den eingeleiteten Analysen

Teilweise parallel und in mehreren Iterationen wurden und werden die drei Themenfelder «**Netzwerk- Sharing-Optionen**» (Zusammenarbeitsmodelle => siehe Kapitel 2.4 «PoC/ NW-Sharing Options & Kooperationen»), «**Feasibility Study**» (theoretische und simulative Machbarkeitsstudien => siehe Kapitel 2.5 «PoC/ Feasibility Study») und «**Feldtests**» (=> siehe Kapitel 2.6 «PoC/ Field Test») bearbeitet.

2.1.3 Safety-Relevanz

Ausgangslage und Ziele

Im Rahmen des Projektes wurde unter anderem die Sicherheitsrelevanz des Übertragungssystems gemäss den Anforderungen der EN 50159 untersucht. Als Infrastruktur für sicherheitsrelevante wie auch nicht sicherheitsrelevante Bahnanwendungen besteht das Ziel darin, eine klare Abgrenzung der Verantwortlichkeit vorzunehmen und die daraus resultierenden Aufgaben zu adressieren.



Implementiert in sicherheitsrelevanter Einrichtung entsprechend EN 50129

Implementiert für Kategorie 3 Übertragungssysteme in:

- sicherheitsrelevanter Einrichtung entsprechend EN 50129, oder
- nicht sicherheitsrelevanter Einrichtung, geprüft durch sicherheitsrelevante Techniken

Implementiert in:

- nicht sicherheitsrelevanter Einrichtung, oder
- sicherheitsrelevanter Einrichtung (Schnittstelle zwischen sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Funktionen, bewertet nach EN 50129)

Abbildung 10: Referenzarchitektur für sicherheitsrelevante Kommunikation

Abgrenzung Mobilfunk

Connectivity als Gesamtsystem ist ein nicht sicherheitsrelevantes Übertragungssystem. Dies folgt für das Teilkonzept Mobilfunk aus der Norm selbst (EN 50159).

Abgrenzung Transportnetz

Sicherheitsrelevante Übertragungsfunktion

Die Trennung der sicherheitsrelevanten Übertragungsfunktion von der Applikation ist nicht möglich. Dies, weil jede zwischen dem Übertragungssystem und der Applikation verbleibende Kommunikationsstrecke wiederum sicherheitsrelevant ist und entsprechend gesichert werden muss. Im Sinne einer sauberen Trennung der Verantwortlichkeiten ist die sichere Übertragungsfunktion also nicht Teil des Transportnetzes.

Sicherheitsrelevante kryptographische Technik

Sicherheitsrelevante kryptographische Techniken könnten durchaus Teil des Transportnetzwerkes sein. Dagegen spricht aber, dass die zu schützenden Werte nur auf ihrem Weg durch das Netzwerk geschützt wären. Als Konsequenz müssten weitere Sicherheitsmassnahmen umgesetzt werden, welche dann aufgrund von Redundanz die Erfordernis der netzwerkseitigen Massnahmen in Frage stellen.

Daraus folgt, dass das Transportnetz keine sicherheitsrelevante kryptographische Technik implementieren wird.

Konklusion

Aus den vorangehenden Punkten geht hervor, dass das Gesamtsystem Connectivity ein Netzwerk der Kategorie 3 nach EN 50159 und demnach nicht sicherheitsrelevant ist. Dies wird gestützt durch die Entscheidung der smartrail 4.0 Core Group vom 05.06.2019. Demnach sollen die Anwendungen von smartrail 4.0 mit einem entsprechenden Netzwerk umgehen können. Folglich müssen die jeweils erforderlichen Massnahmen bezüglich Übertragungssicherheit selbst bedarfsgerecht durch die jeweiligen Eigner oder durch plattformübergreifende Massnahmen ausserhalb dem Verantwortungsbereich des Transportnetzwerkes umgesetzt werden.

Die Konsequenz dieser Untersuchungen ist, dass die Notwendigkeit der Safety beim Projekt nicht länger gegeben ist und damit als beendet betrachtet werden kann.

2.1.4 Offene Punkte/ Abhängigkeiten/ Herausforderungen und Massnahmen

Die aktuelle Konzeptphase läuft noch bis Ende 2020. Die relevanten Arbeiten werden in den entsprechenden Arbeitspaketen adressiert. Bezgl. der offenen Punkte aus diesen Arbeitspaketen wird auf die folgenden Kapitel verwiesen.

Aus übergeordneter Sicht bezüglich des FRMCS-Netzes stehen aktuell vor allem noch folgende Massnahmen an:

- **Abgrenzung von Safety Relevanz und Arbeiten nach CENELEC Prozess:**

Wir gehen heute davon aus, dass die Connectivity als Ganzes nicht Safety relevant ist. Die entsprechende formelle Abgrenzung erfolgt im Grobkonzept Connectivity ([REF 5]:Dokumentation Grobkonzept v2.0), welches gegenwärtig in Erarbeitung ist.

- **Freigabe der benötigten Mittel für die Konzeptphase:**

Aktuell sind noch nicht alle benötigten Mittel für die Konzeptphase freigegeben. Es ist geplant, diese baldmöglichst bewilligen zu lassen.

- **Industrialisierter Rollout:**

Abhängig vom gewählten NW-Sharing Modell und Rollout Szenario werden künftig >1000 neue Mobilfunk-Standorte realisiert. SR40 beabsichtigt in diesem Zusammenhang Lösungen für einen industrialisierten Rollout zur Senkung der Investitions- und Betriebskosten zu evaluieren. Dies beinhaltet Ansätze zur Standardisierung (Erschliessung / Standort => siehe auch Kap. 2.6.2 «POC mit Swisscom») und zur Vereinfachung der Prozesse (Planung, Bewilligung, Realisierung).

Im Rahmen eines Rolloutkonzeptes sollen die Erkenntnisse und Vorgaben festgehalten werden. Ziel ist, bis Ende 2020 zumindest die für die Projektierung der Standorte relevanten Aspekte in einer ersten Version des Rolloutkonzeptes festzuhalten.

2.2 Anforderungen FRMCS

Im Kontext des Teilprojektes Anforderungen Connectivity wurde die definierte Phase 1 mit der groben Anforderungserhebung und -analyse mithilfe auszufüllender Anforderungs-Steckbriefe in [REF 6]: Interviews mit den SR40-Feature-Verantwortlichen (Use Cases) und technischen Verantwortlichen durchgeführt und abgeschlossen (siehe Vorgehensmodell im Anhang A). Grob-Anforderungen an die Connectivity wie Kapazität, Verfügbarkeit, Latenzzeit etc. wurden erfasst und im Ergebnis als Services mit unterschiedlicher Ausprägung definiert (Referenz Anhang B– Service-Tabelle). Als weitere Erkenntnis ist – resultierend aus der künftig zunehmenden Umsetzung von Automatisierungsprozessen bzw. der Digitalisierung der Bahnproduktion – eine signifikante Zunahme von kritischen Data-Services mit gleichzeitiger Abnahme von Voice-Services hervorzuheben.

In der Phase 2 (ab Oktober 2019) soll aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen die Detailanalyse der bisher identifizierten Anforderungen und ggf. die Aufnahme noch nicht identifizierter (Detail-)Anforderungen stattfinden. Zudem müssen teilweise noch konzeptionelle Fragen sowie die Anforderungen an die Service-Migration GSM-R – FRMCS geklärt werden.

2.2.1 Ausgangslage und Ziele

Mit der digitalisierten Bahnproduktion werden die Anforderungen an die Connectivity signifikant ansteigen und damit grosse Auswirkungen auf das künftige Bahnkommunikationssystem FRMCS haben. In diesem Teilprojekt ist es das Ziel, alle definierten SR40-Use Cases bzw. Features auf ihre Anforderungen an die Connectivity zu analysieren (mit Fokus auf Kapazität, Bandbreite, Quality of Service) und eine technische Prüfung mit den Abnehmern vorzunehmen.

In der folgenden Abbildung wird der Vorgehensprozess dazu definiert.

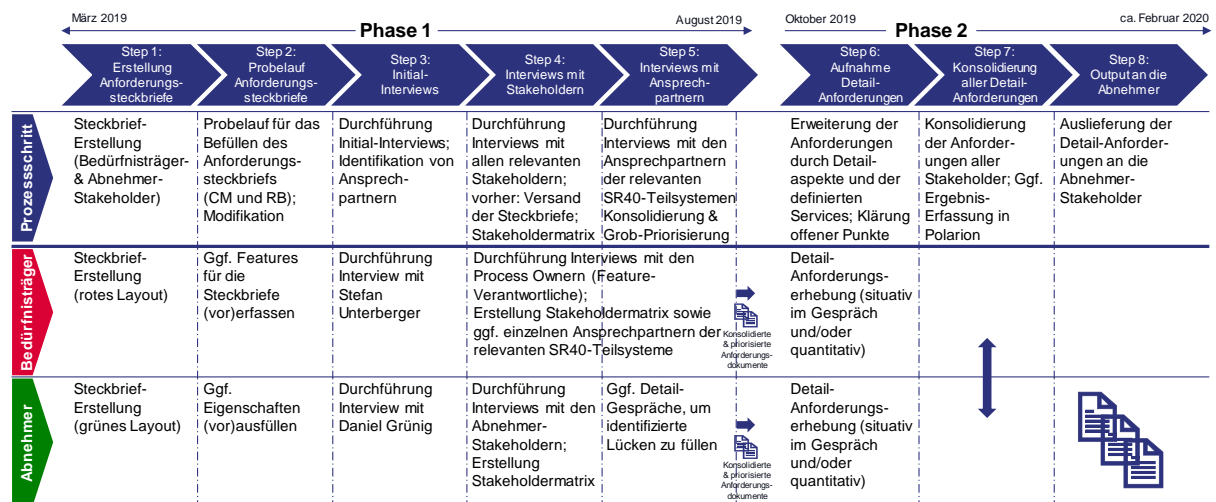


Abbildung 11: Vorgehensprozess technische Prüfung

2.2.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die Anforderungserhebung und -analyse (Phase 1) fand mithilfe von Anforderungs-Steckbriefen im Rahmen von Interviews mit den SR40-Feature-Verantwortlichen (Use Cases) statt. Anforderungen an die Connectivity wie Kapazität, Verfügbarkeit, Latenzzeit etc. wurden erfasst und als Ergebnis künftig mögliche Connectivity-Services mit unterschiedlicher Ausprägung definiert (siehe Abbildung 12 / Anhang B). Dabei wird jeweils auf die entsprechende UIC FRMCS Standardisierung referenziert (URS).

	Service 1 Critical Data Apps	Service 2 M2M/Sensor	Service 3 Dispo Services	Service 4 ETCS / ATO / MTC	Service 5 Critical Voice	(Service 6) Video, AR	Service 7 Support Services	Service 8 Normal Voice
Service Category	critical	critical	critical	critical	critical	critical	performance	performance
Band-breite	mittel (ca. 100-500 kbps)	niedrig (ca. 5 kbps)	mittel (ca. 100-500 kbps)	niedrig (ca. 12 kbps)	niedrig (ca. 25 kbps)	hoch (ca. 5000 kbps)	mittel (ca. 100-1000 kbps)	niedrig (ca. 25 kbps)
Verfügbarkeit	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	hoch max. Ausfall: 4 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	mittel max. Ausfall: 12 h / Jahr	hoch max. Ausfall: 4 h / Jahr
Latenzzeit	max. 1 Sek.	max. 10 ms	max. 5 Sek.	gem. Standard	immediate	gem. Standard	gem. Standard	max. 5 Sek.
Ausprägung	• Trusted connectivity	• Trusted connectivity	• Trusted connectivity	• Trusted connectivity	• Immediate Setup time • Prioritized call • User-to-User / Multi-user		• Trusted connectivity	• normal Setup time • User-to-User / Multi-user
Beispielhafte Anwendungsfälle	• Gleisabbild • z. B. Verbindung zur El App (vom mobile device) • Steuern und Überwachen von Aussenanlagen (F01)	• Erkennung aktueller Elementarzustände, heranrückender Bewegungsobjekten usw. (F01) • Auslösen Produktionsstopp (F01) • GLAT-Service • Train integrity • Kuppeln und das Entkuppeln von Fahrzeugeinheiten im Stillstand (F06)	• TMS-Schnittstelle • Für EVU, ISB, Cargo usw. • Reisedatenströme • Lenken; Echtzeit-Fahrinformationsdaten (F13, F24) • (C-DAS)	• Anbindung zu: - ETCS - MTC - ATO (GoA 1/2) - (C-DAS)	• Railway emergency call • On-train outgoing voice communication from the driver towards the controller(s) or vice-versa • Shunting voice communication	• GoA3/4 aktuell im SR40-Regelbetrieb nicht geplant • GoA3/4 für Spezialfälle (z.B. Abstellungen) vorgesehen	• Web-/Data-service • Abwicklung Zusatzleistungen: • Initiierung Auf- und Abrüstung (F08)	• On-train voice communication • On-train voice communication towards passengers (Public Address) • All other uncritical voice communications
Ref. zu SR40 Features & RailCom	F01, F06, F07, F18	F01, F04, F06, F07, F17, VAS & Messag. RailCom.	F09, F13, F18, F20, F24, VAS & Messag. RailCom.	F06	F07, F08, F09, F17, F18, F20, RailCom. prio.	F18	F18	F08
Ref. zu UIC URS 4.0	5.11, [5.12], [5.15], [5.16], 5.21, [5.28], [5.31]	5.12, 5.14, 5.15, 5.16, 5.22, 5.29, [6.10],	6.9], 6.17], 6.18]	5.9, 5.10, 5.13, [5.21], [6.17]], [6.18]	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.15, [5.16], [5.17], [5.18], 5.24, 5.25, [5.26]	[5.27]	6.13, [6.23], [6.24]	6.12, 6.14, 6.15, 6.19, [6.20], [6.21], [6.22]

Legende:
[aktuell kein Bedürfnis]
(Service-Zuteilung optional)
! Andere Klassifizierung in URS

Abbildung 12: Anforderungserhebung und -analyse

Der grösste Teil der künftigen «mobilen» Anwendungen verlangen einen Connectivity-Service mit hoher- bis sehr hoher Verfügbarkeit (critical), da diese direkten Einfluss im Bahnproduktionsprozess haben werden. Diese Anforderungen spiegeln sich in der Ausprägung der Service-Definition.

lassen sich die Connectivity-Services mit ihren jeweils zugeordneten Features und Ausprägungen im folgenden Diagramm einordnen.

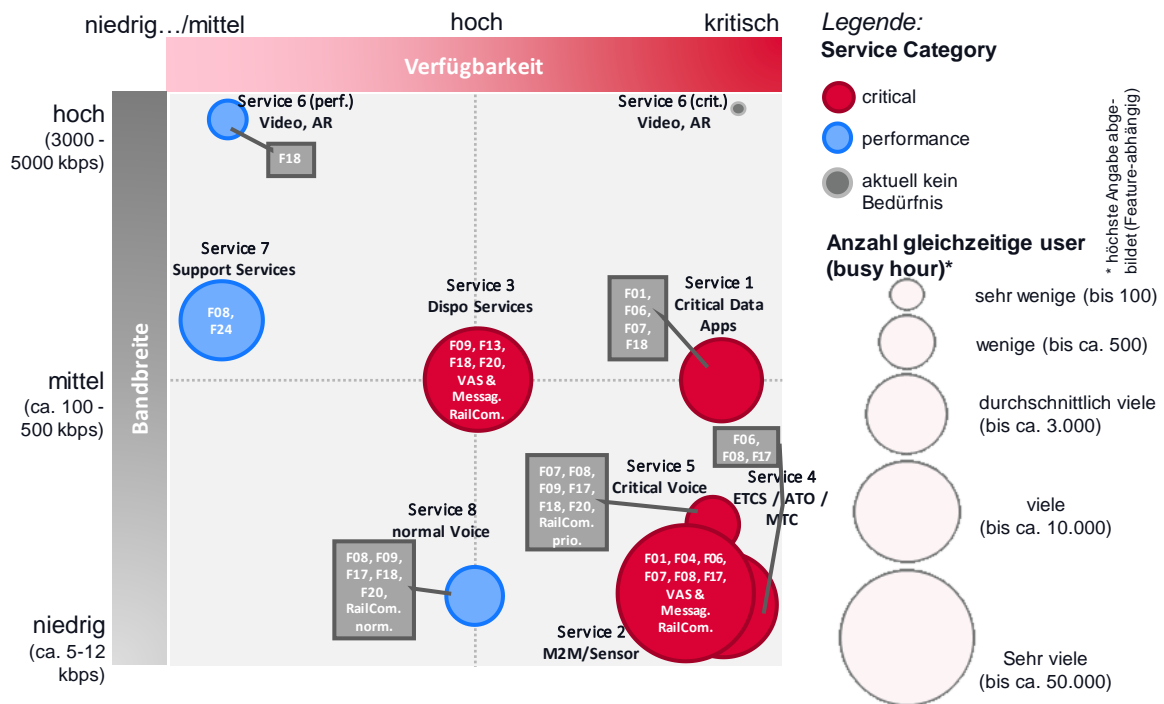


Abbildung 13: Services und zugeordnete Features

Die Mehrheit der künftigen FRMCS-User, werden Services nutzen, welche niedrige Bandbreiten erfordern. Da diese jedoch für betriebskritische Anwendungen verwendet werden, erfordern diese sehr kleine Latenzzeiten mit einer gleichzeitig sehr hohen Verfügbarkeit.

Aus Kapazitätssicht für FRMCS werden jedoch die User der Services 1 (Critical Data Apps) und 3 (Critical Dispo Services) zu beachten sein. Insbesondere F18 (Lage führen und Ereignisse managen) verlangt eine jederzeit aktuelle Bereitstellung von Lagebildern (z.B. Kapazitätsplan, Intervallplan, Zustandsabbild, Produktionsabbild) für sämtliche mobilen Benutzer.

Die Anforderungserhebung bei den Feature-Verantwortlichen ergibt z.Z. kein konkretes Bedürfnis an Critical Realtime Video-Services für den ATO GOA3/4 Regelbetrieb. Zurzeit ist ATO GOA3/4 nur für Spezialfälle geplant mit der Annahme, dass für diese Performance Realtime Video genügt.

Kurzbeschreibung der Features:

F01: Anlagenzustände überwachen und steuern (inkl. Schutz) (in Echtzeit über mobile Endgeräte)

F04: Managing von Abweichungen Produktionsvorgabe; automatische Klassifikation von Abweichungen und Neuplanung

F06: Automatische oder manuelle Steuerung von Objekten und Fahrzeugen (Fahren und Anhalten eines Fahrzeuges über eine geplante Strecke in vorgegebener Zeitspanne und unter Berücksichtigung von vorgegebenen Parametern)

F07: Sicherstellung von Ein- und Ausfahrten im gesicherten Bereich; Überwachung der Bewegung

F08: Fahrzeuge Auf- & Abrüstung initiieren (selbstständiges Aufwachen, Klima-/Lichteinschaltung, Bremstests, Sicherheitssystemtest etc.); Abwicklung Zusatzleistungen

F09: Bereitstellung von Daten zur Sicherstellung und Optimierung der Kapazitätsplanung und des Ressourceneinsatzes in allen Fristigkeiten (inkl. Abweichungsmanagement) der geplanten Bahnproduktionsleistung (Zug- Rangier-Fahrt, Abstellung)

F13: Angebotskommunikation (Zeit, Reiseweg, Gleis/Haltekante, Verspätung) im Regel-, Abweichungs - und Ereignisfall über alle Zeithorizonte ggü. Reisenden und verladenden Industrien

F17: Überwachung und Steuerung des Fahrzeugzustandes (inkl. Ladegut); Fahrzeugstörungen lösen ggf. eine Neuberechnung des Kapazitätsplans aus

F18: Lagenführung und Managing von Ereignissen (inkl. BCM); Überwachung Lagebild/Bahnproduktion

F20: Abwicklung von Tätigkeiten im Gleisfeld und auf Fahrzeugen

F24: Lieferung der notwendigen Prozess- und Echtzeitdaten zur optimierten Kundenlenkung

RailCom. prio.: Priorisierte Bahnkommunikation während der Bahnproduktion, Rangieren oder auf der Baustelle

RailCom. norm.: Unkritische Bahnkommunikation vor, während oder nach der Bahnproduktion, Kommunikation zu externen Stellen

VAS & Messag. RailCom.: Zusatzdienste innerhalb der Bahnproduktion (z.B. critical messaging, Ereignisinformationen, direkter Data Austausch ZP-LP, etc.)

Aufgrund der durchgängigen Digitalisierung des gesamten Bahnproduktionsprozesses gehen wir (auf Grundlage der aktuell vorliegenden Konzepte bzw. Abschätzungen) von einer signifikanten Erhöhung der Anzahl mobiler User sowie der damit benötigten Datenkapazität bei FRMCS im Vergleich zu GSM-R aus. Gleichzeitig wird es eine starke Reduktion der Voice-Services geben (zukünftiges Volumen ca. 1/3 im Vergleich zu heute), welche primär nur noch im Ereignisfall verwendet werden sollen.

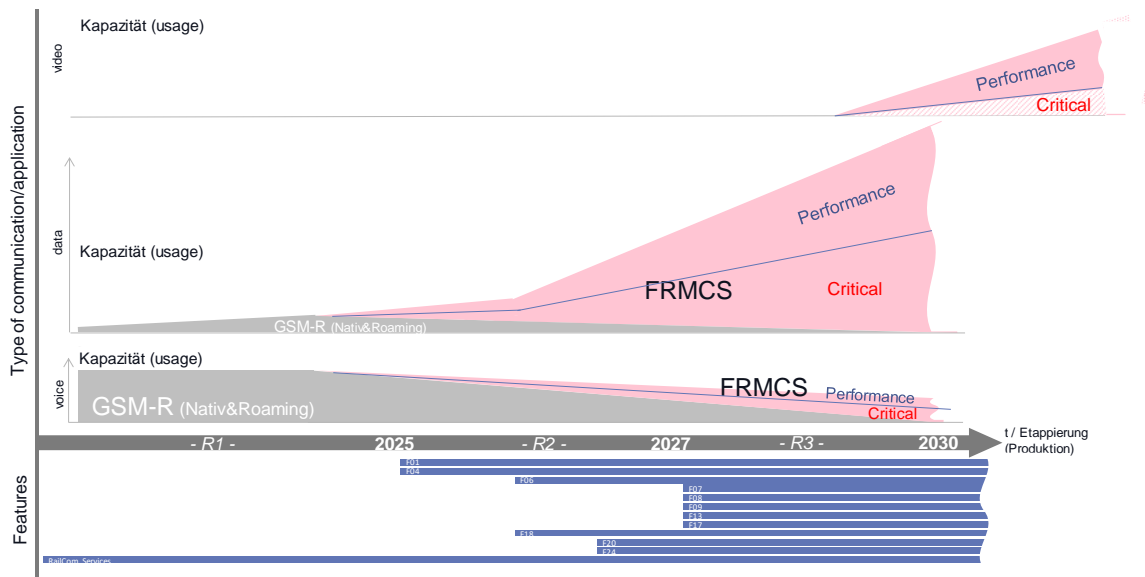


Abbildung 14: Kapazitäten von GSM-R und FRMCS

2.2.3 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Wesentliche Bestandteile der künftigen Anforderungen an die Connectivity basieren teilweise noch auf Annahmen und Schätzungen. Deshalb werden in der Detailanalyse mit den verantwortlichen Stakeholdern nebst technischen Detailfragen auch noch konzeptionelle Punkte zu klären sein (siehe dazu Inhalte im Vorgehensprozess; siehe Anhang A), welche direkten Einfluss auf die Connectivity haben werden – dies betrifft u.a. die Konzeption GLAT, OC Konfiguration und COAT Devices/Anwendungen, Detaillierung der Anforderungen an die Schnittstellen ETCS/ATO/MTC/C-DAS und TMS oder die Einsatzstrategie der On-board - und mobilen Devices. Ein weiterer Schwerpunkt wird die Erhebung der Anforderungen an die Service-Migration von GSM-R zu FRMCS sein, sowie deren zeitliche Darstellung (Service-Roadmap). Zudem soll analysiert werden, welche Services wo (type of area) wie häufig eingesetzt werden.

2.3 Standardisierung FRMCS

2.3.1 Ausgangslage und Ziele

Die Anforderungen, die SR40 an die Konnektivität stellt, können durch die GSM-R Technologie weder in Bezug auf Bandbreite noch in Bezug auf Kapazität erfüllt werden. Die Industrie unterstützt GSM-R voraussichtlich noch bis 2030, eine Ablösung wird also auch aufgrund des Erreichens der Endlebensdauer notwendig.

Die UIC arbeitet seit 2014 im Rahmen des Projekt FRMCS an der Spezifikation des Nachfolgesystems. Anlässlich der «UIC FRMCS Global Conference» präsentierte die UIC im Mai 2019 den untenstehenden, aktualisierten Projektplan.

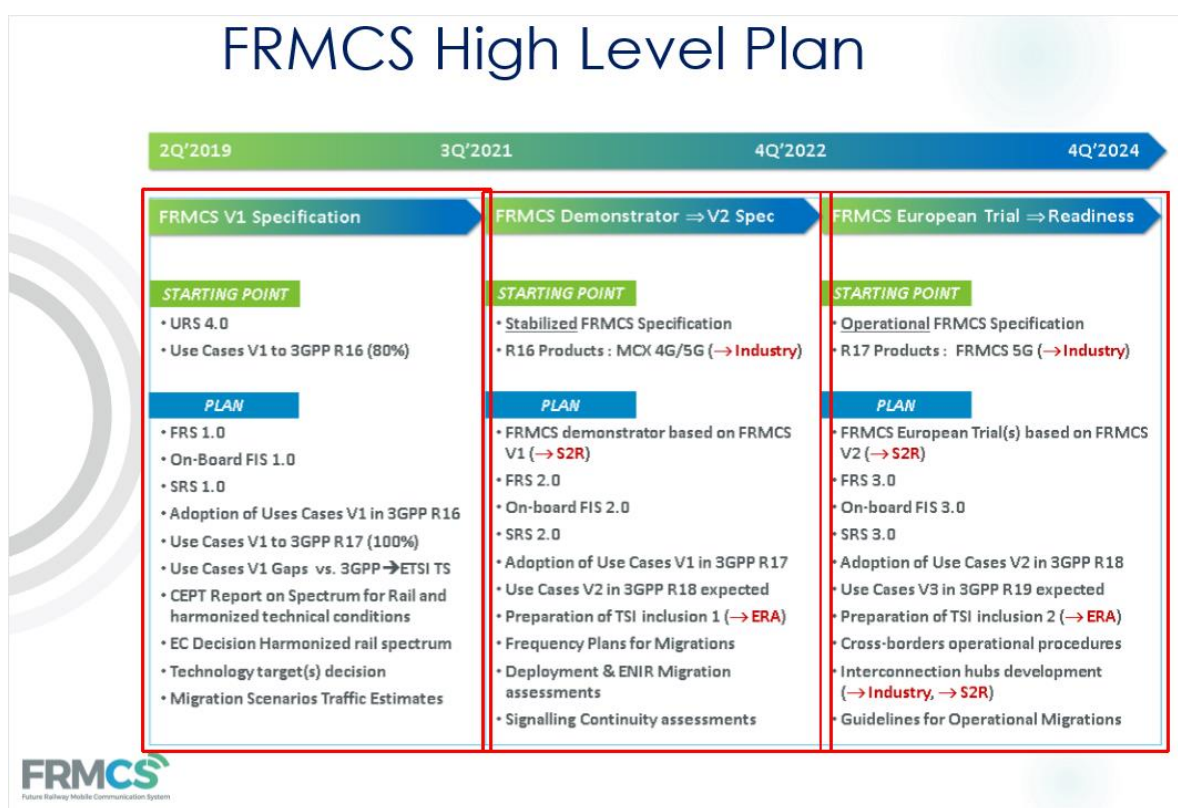


Abbildung 15: FRMCS High Level Plan

Nach dieser Projektplanung der UIC sollen die FRMCS System Requirements Specification (SRS) und eine Functional Requirements Specification (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 und zusätzliche Funktionen in ein Update 2024. 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 für ETCS L2 Strecken eine Übergangsfrist von 10 Jahren für die Abschaltung von GSM-R vorzusehen ist.

Die rechtzeitige Verfügbarkeit von FRMCS und dessen Aufnahme als interoperables Nachfolgesystem von GSM-R in der TSI CCS ist eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung von SR40. Um sicherzustellen, dass die Anforderungen von SR40 an die Konnektivität in die FRMCS Spezifikationen einfließen, ist SR40 direkt und via Vertreter von SBB Telecom in allen FRMCS Arbeitsgruppen vertreten.

2.3.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die UIC «FRMCS User Requirements Specification» (URS), die aktuell in der Version 4.0 veröffentlicht ist, dokumentiert welche Anwendungen FRMCS wie nutzen werden. Sämtliche SR40 Anwendungen sind in der URS enthalten.

Mit der URS als Grundlage hat das FRMCS Projekt «Use Cases» erarbeitet, die via ETSI TC-RT (regionales Normungsgremium) in das globale Normungsgremium 3GPP eingereicht wurden. Ziel ist, die aus den «Use Cases» resultierenden Anforderungen, soweit sie nicht bereits durch die bestehenden 5G 3GPP Spezifikationen abgedeckt sind, im Rahmen des 3GPP Releases 16 in die Spezifikationen zu übernehmen. Die Release 16 Spezifikationen werden Mitte 2020 abgeschlossen, erfahrungsgemäss benötigt die Industrie danach rund zwei Jahre, um entsprechende Produkte auf den Markt zu bringen. Somit kann ab frühestens Mitte 2022 mit Telekomausrüstung nach 3GPP Release 16, die für die Realisierung von FRMCS notwendig ist, gerechnet werden. Durch die zeitliche Begrenzung der 3GPP Release-Zyklen werden einige wichtige FRMCS Use Cases sowie die technischen Definitionen der FRMCS Frequenzbänder erst in den 3GPP Release 17 einfließen. Der volle FRMCS Funktionsumfang wird damit frühestens ab Mitte 2023 in Produkten verfügbar sein.

Der europäische Regulator CEPT wurde beauftragt, eine Koexistenz-Studie anzufertigen, die die Nutzung des Spektrums 873-876/918-921MHz (ER-GSM Band) 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 erlauben, zumindest im Zeitraum der Koexistenz 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 TDD genannt.

Die notwendigen Anpassungen in den 3GPP Spezifikationen hinsichtlich der Nutzung vom heutigen ER-GSM Band für 5G-NR und die Festlegung eines zusätzlichen Spektrum-Bereichs können formell erst dann beantragt werden, wenn die Schlussfolgerungen aus dem genannten CEPT Mandat vorliegen.

Ein weiteres wichtiges Element in der Festlegung von FRMCS ist die Architektur der Telecom-Fahrzeugausrüstung, insbesondere deren Migration von GSM-R nach FRMCS. Auf diesen Aspekt wird im Standbericht des Teilprojekts «Konzept Fahrzeugausrüstung» in Kapitel 3 «Konzept Fahrzeugausrüstung» eingegangen.

2.3.3 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Ogleich SR40 und I-AT-TC sich sehr stark in den verschiedenen Gremien rund um die FRMCS Standardisierung engagiert, wird insbesondere der Zeitplan weitgehend durch die Prozesse und den inhaltlichen Fortschritt in den Normungsgremien 3GPP und ETSI TC-RT und dem UIC FRMCS Projekt bestimmt.

Besonders kritisch in Bezug auf die Zeitachse ist die Festlegung des neuen, harmonisierten Spektrums für FRMCS, eine Verzögerung seitens ECC/CEPT kann dazu führen, dass die technische Spezifikation der Frequenzbänder erst mit 3GPP Release 18 erfolgen kann.

Auf der technischen Ebene muss vor allem der inhaltliche Fortschritt in ETSI TC-RT als kritisch eingestuft werden, so wurden bis dato noch keine Arbeiten zur Spezifizierung des «Interworking von FRMCS mit GSM-R» gestartet.

Zum heutigen Zeitpunkt ist seitens ERA noch nicht eindeutig kommuniziert, wann FRMCS in welcher Form in die TSI CCS aufgenommen werden wird. Somit ist weiterhin unklar, ab wann die Infrastrukturbetreiberinnen frühestens mit FRMCS ausgerüsteten Fahrzeugen gemäss TSI CCS rechnen können.

2.3.4 Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke

Für die Erprobungsstrecken muss aus heutiger Sicht angenommen werden, dass die technischen Spezifikationen inklusive SRS und FRS in einer frühen Version vorliegen werden, jedoch noch nicht verbindlich in der TSI CCS referenziert sind. In der Folge wird die Industrie für die Erprobungsstrecken noch keine TSI CCS konformen Produkte anbieten können.

Jedoch bieten die SR40 Erprobungsstrecken die Möglichkeit, die FRMCS Spezifikationen in einem Pilotbetrieb zu validieren.

2.4 PoC/ NW-Sharing Options & Kooperationen

2.4.1 Ausgangslage und Ziele

Basierend auf der Hypothese, dass für eine spürbare Verbesserung der Fahrgastkommunikation mit 5G New Radio (NR, Neue Funkschnittstelle von 5G) die Antennen verdichtet werden müssen und weil wegen den Anforderungen von smartrail 4.0 auch FRMCS voraussichtlich dichter gebaut werden muss als GSM-R, ergibt sich in ungefähr dem gleichen Zeitraum (FRMCS ab ca. 2025; 5G NR bei 3.5 GHz ab ca. 2023) der gemeinsame Bedarf an zahlreichen neuen Antennen.

Eine gemeinsame Nutzung der Infrastruktur entlang der Bahntrassen verspricht wirtschaftliche Vorteile und bringt eine bessere Versorgung entlang der Bahntrassen zu tieferen Kosten.

Dabei gilt es, die unterschiedlichen Anforderungen an die Communication Services zu beachten (siehe Abbildung 16: Anforderungen an die Communication Services).

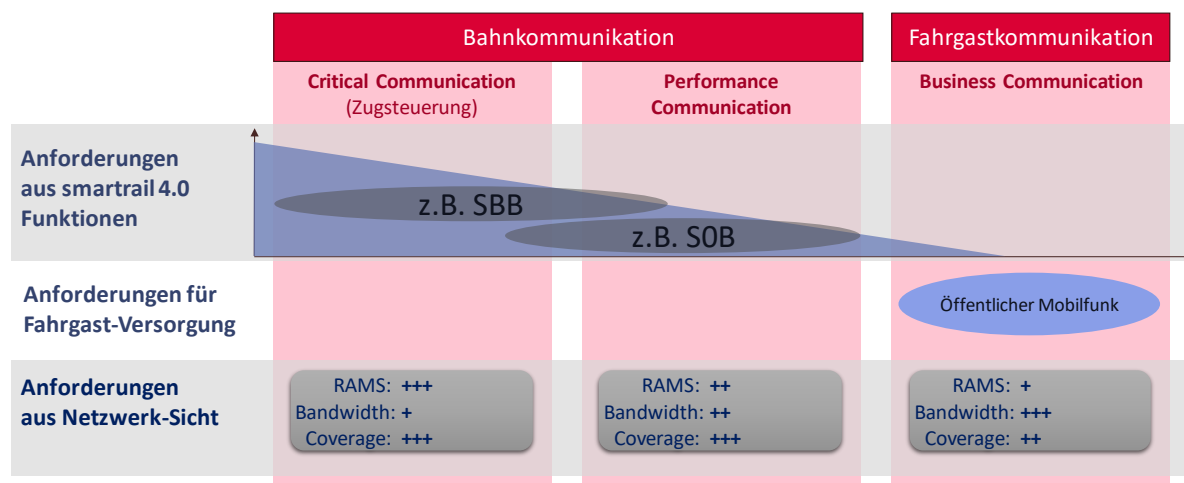


Abbildung 16: Anforderungen an die Communication Services

Deklariertes Ziel von smartrail 4.0 ist, gleichzeitig Bahn- und Fahrgastkommunikation zu verbessern unter Ausnutzung möglicher Synergien. Als Minimalziel ist anzustreben, wo sinnvoll die Basisinfrastruktur für diese Antennenstandorte mit den Public Provider gemeinsam zu bauen und zu nutzen.

Smartrail 4.0 engagiert sich in diversen internationalen Gremien, um die nötigen Voraussetzungen zu schaffen, den vollen FRMCS Funktionsumfang auch bei der Verwendung der Access-Netzinfrastruktur eines öffentlichen Mobilfunkanbieters nutzen zu können. Zum heutigen Zeitpunkt ist aber noch ungewiss, ob und in welchem Umfang dies je möglich sein wird.

In welchem Umfang die einzelnen Bahnkommunikations-Services durch Systeme erbracht werden, die eigens von den Bahnen erbaut / betrieben werden oder ob Services von anderen Betreibern (z.B. öffentlichen Mobilfunkanbietern) bezogen werden, ist Gegenstand der laufenden Analysen. Entscheidend ist, dass alle Anforderungen von Bahnen / BAV vollumfänglich erfüllt werden.

Zurzeit stehen verschiedene Vorschläge zur Nutzung von Synergien im Raum. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht der laufenden Aktivitäten in diesem Zusammenhang.

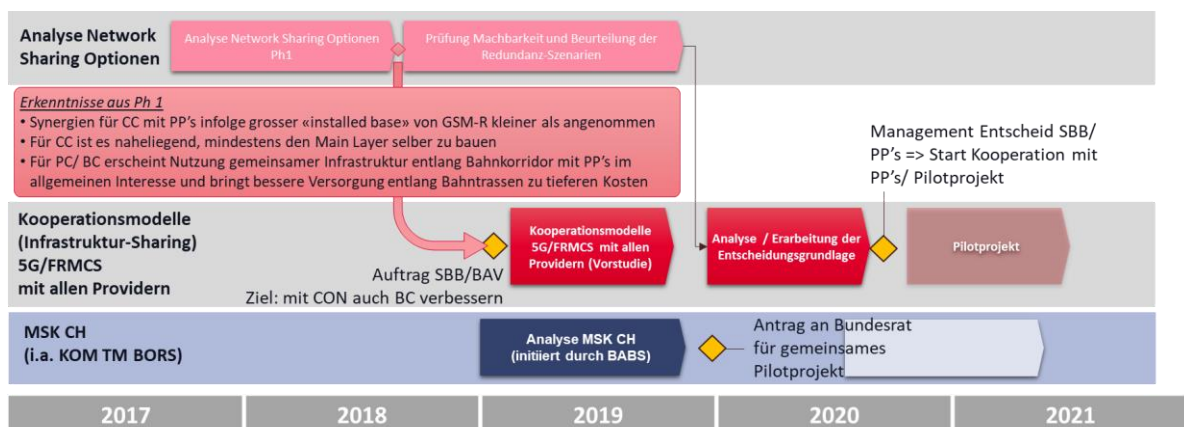


Abbildung 17: Laufende Aktivitäten hinsichtlich Kooperationen

2.4.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Analyse Network Sharing Optionen (Ph1)

Die Basis für die Fahrgastversorgung soll auch in Zukunft durch die PP definiert werden.

Wir gehen davon aus, dass grosse Teile der Performance Communication wegen der knappen bahnspezifischen Frequenzen auf PP-Abdeckung basieren müssen.

Für die Critical Communication wurden neun Szenarien bewertet, drei mit durch die Bahnen selbst gebauten Netzwerken (analog GSM-R), vier hybride Szenarien und zwei, bei welchen die PP sowohl «Main Layer», als auch «Redundant Layer» bereitstellen (zur Reduktion der Komplexität wird aktuell von einer redundanten Versorgung mit 2 Funk-Layer ausgegangen => Main / Redundant Layer; denkbar sind auch neue technische Ansätze, welche eine gleichwertige Verfügbarkeit sicherstellen).

Aufgrund der Nutzwertanalysen und der wirtschaftlichen Beurteilung belegen ein Eigenbau- und ein Hybridszenario die ersten beiden Plätze. Ein Challenging der Resultate fand mit zwei Public Provider statt.



Abbildung 18: Sharing Optionen mit öffentlichen Mobilfunkanbieter

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 Verfügbarkeits-Anforderungen über ein bestehendes Netz eines öffentlichen Mobilfunkanbieters nicht für alle Anwendungsfälle voll erfüllt werden können. Es muss also davon ausgegangen werden, dass zumindest für einen Teil des Kommunikationsbedarfs (insbesondere für die Zugsteuerung auf dicht befahrenen Abschnitten) eine dedizierte Versorgung entlang des Bahnkorridors notwendig sein wird.

Analyse Kooperationsmodelle 5G/FRMCS mit allen Providern

Aufgrund der Erkenntnisse aus der ersten Phase der Analyse der Network Sharing Optionen (die Verfügbarkeitsanforderungen von smartrail 4.0 bedingen ein verdichtetes Netzdesign) und dem erklärten Ziel, mit smartrail 4.0 auch die Fahrgastkommunikation zu verbessern, wurde im Auftrag vom SBB-Management (CIO / Leiter I-AT) und dem BAV eine Analyse für eine gemeinsame Korridorversorgung mit allen drei Public Provider initiiert.

Im Rahmen einer Vorstudie wurden mit allen drei Provider bilaterale Meetings und zwei gemeinsame Workshops durchgeführt, zwecks Erarbeitens eines Management-Antrages zur Durchführung einer vertieften Analyse. Alle drei Provider haben sich im Grundsatz bereit erklärt, dabei mitzuwirken. Es ist geplant, bei allen involvierten Parteien einen entsprechenden Managemententschied bis Ende Jahr abzuholen. Der Ansatz basiert darauf, dass SBB/SR40 zusätzlich zu den für die Verdichtung benötigten Standorten, weiter Standort-Basisinfrastruktur realisiert und diese den Public Providern für die Fahrgastversorgung zur Verfügung stellt. Im Gegenzug würde SBB/SR40 dann eine Reduktion auf den Kosten für den Service für die Performance Communication erhalten. Als nächster Schritt soll per Mitte Dez. 2019 ein Management-Entscheid (PP und SBB) zur Durchführung der Detail-Analyse im 2020 erwirkt werden.

Analyse MSK CH

Aus Sicht der eidgenössische Kommission für Telematik im Bereich Rettung und Sicherheit (KomTm BORS) soll zusammen mit den Partnern des Bevölkerungsschutzes ein stromsicheres, hochautonomes, redundantes und breitbandiges Mobilfunknetz entstehen, welches die wichtigen Einsatzgebiete des Bundes (BABS, BAV, ASTRA, BFE, BWL, etc.) und der Kantone (BORS, inkl. Blaulichtorganisationen) über Mobilfunk verbindet. Um das Synergiepotential zu identifizieren, wurden die entsprechenden Organisationen (inkl. BAV und Bahnen) eingeladen, ihre Bedürfnisse und Möglichkeiten einzubringen und mögliche Lösungsansätze gemeinsam zu erarbeiten. Auf Basis dieser Erkenntnisse verfasste das BABS einen Bundesratsantrag zum mobilen breitbandigen Sicherheitskommunikationssystem (MSK), Pilotprojekt. Das BAV nahm im Rahmen der Ämterkonsultation nach Rücksprache mit SBB Stellung zu dem Antrag, welcher aus Sicht SBB einige kritische Punkte enthält.

2.5 PoC/ Feasibility Study

2.5.1 Ausgangslage und Ziele

Die Konzeption des Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) Service für die smartrail 4.0 Anwendungen und für den Lifecycle Ersatz von GSM-R als zentralem Element der Bahnkommunikation bei SBB erfordert vorangehend die Klärung wichtiger technischer Fragen zur Machbarkeit des Vorhabens. Der hohe technische Novitätsgrad von 5G Mobilfunk für Bahnkommunikation, die Komplexität der Integration in das Gesamtsystem «Bahnkommunikation SBB» respektive der Service Migration sind die Treiber der Abklärungen. Zudem ist die Standardisierung seitens UIC, ETSI und 3GPP noch nicht abgeschlossen. Weil die Technologien noch im Entwicklungsstadium sind, baut SBB Telecom das 5G und FRMCS Know-how parallel zur Studie auf. Da auch die «Sicht von aussen» auf die Bahnkommunikation für SR40 und SBB Telecom eine wertvolle Unterstützung ist, wurde die Machbarkeitsstudie extern vergeben. SR40 und SBB Telecom definierten gemeinsam die Studienziele. SBB Telecom leitet im Rahmen von SR40 die Durchführung, um sicherzustellen, dass die Bahnanforderungen und der Aspekt «Koexistenz mit dem aktuellen GSM-R Mobilfunksystem» gewährleistet ist. Den Zuschlag erhielten die Firmen Swisscom AG und Ericsson AG. Mit dieser Doppelvergabe sind sowohl die Erfahrungen im Betrieb eines 4G Netzes welches 5G am ehesten entspricht und andererseits der Innovationsfaktor 5G respektive Rollout 5G abgedeckt. Die Arbeiten umfassen theoretische Analysen und Lösungsvorschläge sowie Software- basierte Simulationen insbesondere für «Radio Network Planning». Die Resultate werden von SR40 frei zugänglich publiziert.

Themengebiete:

- Festlegen der massgebenden Design-Kriterien (Availability, Accessibility, Retainability) zum Bau und Unterhalt eines zukünftigen Mobilfunknetzes (Core; Access; Transmission) für die Bahn und die Fahrgastkommunikation.
- Definieren der Netzstruktur(en) anhand der Design-Kriterien, mit Fokus auf Access-Netz und Antennenstandorte (unter Berücksichtigung technologischer Entwicklungen bei den Abstrahlelementen und aktiven Elementen am Antennenstandort).
- Überführen des bestehenden GSM-R Netzes auf neue Netzstruktur(en), inkl. Services und Serviceplattformen mit entsprechend zu definierenden QoS-Anforderungen.
- Koexistenz-Betrachtungen GSM-R, Radiotechnologie für FRMCS und öffentliche Mobilfunknetze.
- Abbildung anhand einer Referenzstrecke
- Funknetzprädiktionen für die Referenzstrecke
- NISV-relevante Betrachtungen (mithilfe von NISV-QS, des Qualitätssicherungssystems zur Einhaltung der Verordnung über nichtionisierende Strahlung NISV) hinsichtlich Umsetzung der definierten Netzstruktur(en).

Die Studie wird als iterativer Prozess durchgeführt um einerseits Zwischenergebnisse im PoC-Testing und weiteren Teilprojekten (z.B. Architektur und Technik sowie Kooperationsmodelle) einfließen zu lassen und andererseits, um sich im Laufe der Zeit ergebende Fragestellungen aus den anderen Teilprojekten in der Machbarkeitsstudien berücksichtigen zu können. Insgesamt werden 3 Phasen notwendig. Aus heutiger Sicht kann danach der Auftrag abgeschlossen werden.



Abbildung 19: Vorgehensplan «Feasibility Study FRMCS»

2.5.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die ersten zwei Phasen sind abgeschlossen. Die Erkenntnisse werden hier kurz vorgestellt. Die 3. Phase mit dem Schwerpunkt Radionetz-Trassenarchitektur ist aktuell in Ausführung. Der Abschluss findet im Dezember 2019 statt.

Konklusion nach der 1. Phase

In der 1. Phase wurden folgende Themengebiete betrachtet und untersucht.

Arbeitspaket	Konklusion
Abstrahlelemente	<ul style="list-style-type: none"> • Aktive Antennen und Beamforming können bei den in Frage kommenden Frequenzbändern im 900 MHz und 1900 MHz Bereich nur geringen Nutzen bringen. Die Versorgung wird daher voraussichtlich weiterhin mit passiven Antennen erfolgen.
Eignung des 900 MHz Band für FRMCS	<ul style="list-style-type: none"> • FRMCS mit 5G-NR kann im 900 MHz Band nur realisiert werden, wenn: <ul style="list-style-type: none"> ○ das ganze ER Band plus ein Teil des GSM-R Spektrums nutzbar wären, um die 5G Mindestbandbreite von 5MHz verfügbar zu machen. ○ Spezielle 5G Funktionen als Hilfe genutzt werden könnten. Ob diese aber in die offizielle Spezifikation einfließen ist noch nicht klar. • FRMCS mit LTE (1.4 MHz und 3 MHz Bandbreite) im 900 MHz Band <ul style="list-style-type: none"> ○ Selbst bei geringsten Site Distanzen ermöglicht die 1.4 MHz Lösung nur knapp 1 MB/s Datendurchsatz, was gemäss SR4.0 Anforderung nicht ausreicht. ○ Die 3 MHz Variante würde nach erster Betrachtung prinzipiell für eine einfache Versorgung reichen. Da das EU Radio Spectrum Committee (RSC) entschied, den unteren Bereich des ER Bandes für Short Range Devices zur nutzen, fällt diese Variante ausser Betracht insofern keine rein nationale Lösung angestrebt wird, die dann aber in den Grenzbereichen zur EU wiederum nachteilig wäre. ○ Nebst den physikalischen Einschränkungen wird 4G/LTE zum Zeitpunkt des FRMCS Rollouts eine alte Technologie sein. <p>Die Haupteckdaten der 1. Phase Machbarkeitsstudie war, dass das 900er Band keine befriedigende Lösung für FRMCS ist.</p>
Kombination und Koexistenz mit 3.5 GHz Public Provider Netz	<ul style="list-style-type: none"> • Die Nutzung von 3.5 GHz für Fahrgastkommunikation bedingt eine starke Verdichtung der Netze gegenüber heute • Die Machbarkeit innerhalb des Bahnkorridors ist wegen der Eindringung in die Fahrzeuge zu Passagieren schwierig. Ob die Umlenkung des Signals mit Spiegeln (Scattering Panel)

Arbeitspaket	Konklusion
	<p>in Verbindung mit den RF-Windows einen nutzbaren Effekt bringt, wird im POC-Test geprüft und rapportiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wenn Datenraten von >> 100MB/s erreicht werden müssen, reichen die weiteren 4G und 5G Frequenzen (also ohne 3.5 GHz) nicht aus. Selbst bei der grössten betrachteten Sendeleistung sind bei 3km Site Distance nur 80 bis 100 MB/s pro Provider möglich. • Je nach FRMCS Trassenarchitektur (wie wird die Hochverfügbarkeit erreicht?) sind die Anforderungen an Zellabständen der Fahrgastkommunikation und der Bahnkommunikation unterschiedlich. Somit ist der Synergieeffekt eher bescheiden.
NIS Betrachtung	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Versorgung ab existierenden GSM-R Standorten hat unter den heutigen NISV Grenzen hohes Potential, da auf den meisten reinen GSM-R Standorten die Grenzwerte noch nicht ausgeschöpft sind. • Bei Swisscom haben beträchtlich mehr Standorte den Anlagengrenzwert (AGW) erreicht. • Die Berechnungen erfolgten für die Strecke Nyon – Lausanne – Martigny und für FRMCS im 900 MHz und PP im 3.5GHz Band
Machbarkeit FRMCS mit 1.9 GHz	<ul style="list-style-type: none"> • Die 5MHz Blöcke (1900 – 1905 / 1905 – 1910) eignen sich bei unseren heutigen Site Distanzen (durchschnittlich 3km) nach erster Analyse. • Mit diesen beiden Blöcken liesse sich die redundante Versorgung von den gleichen Masten aus realisieren, insofern beide dereinst den Bahnen zugesprochen würden

Konklusion nach der 2. Phase

In der 2. Phase wurden teilweise Themengebiete aus der 1. Phase vertieft betrachtet und zusätzlich neue Themen untersucht.

Arbeitspaket	Konklusion
Detailstudie FRMCS über 900 und 1900 MHz Bänder	<ul style="list-style-type: none">• Diese Studie ist das wichtigste Element der aktuellen Machbarkeitsstudie. Deshalb wird sie ausführlich beschrieben. Ziel:• Analyse und Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung der maximal zulässigen Sendeleistung der verschiedenen Szenarien und Berücksichtigung aller Einflussfaktoren.• Analyse deren Eignung für FRMCS Radionetzwerk gemessen an den Leistungsfaktoren Datendurchsatz und Inter-Site-Distanz bei unterschiedlichen Zelllasten (normal, hoch, sehr hoch):<ul style="list-style-type: none">○ Szenario 1: 918-921 MHz/3 MHz Bandbreite, 19.5 dBm EIRP○ Szenario 2: 919.3-920.7 MHz/1.4 MHz 27.8 dBm EIRP○ Szenario 3: 1900-1905 MHz/5 MHz 43 dBm EIRP○ Szenario 4: 1905-1910 MHz/5 MHz 30 dBm EIRP○ Szenario 5: 918-923 MHz/5 MHz 21.7 dBm EIRP• Hauptkenntnisse der Studie<ul style="list-style-type: none">○ Die Varianten 1 und 5 setzen eine Reduktion der GSM-R Träger und eine Neuplanung des GSM-R Netzes voraus.○ Der grösste Zellenabstand von rund 5km ist mit der Variante 3 möglich. Bei Datenraten von 3 Mbit/s sind mit dieser Variante noch Zellabstände, die den heutigen Gegebenheiten entsprechen (durchschnittlich 3 km), möglich.○ Bei grösseren Datenraten (5 Mbit/s) erreicht nur die Variante 5 akzeptable «Inter-Site-Distanz» Werte von rund 2 km.• Empfehlung der Studie:<ul style="list-style-type: none">○ Am besten geeignet sind Varianten mit möglichst hoher Sende- und Empfangsleistung, weil:○ Die beste Übertragungsleistung bei grössten Zellabständen möglich ist

Arbeitspaket	Konklusion
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Das Netz mit einfacherer Radio Technologie gebaut werden kann, da Verstärker in den Radio Units von der Leistung abhängig sind. • Schlussfolgerung von SBB Telecom: <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Varianten 1 und 5 sind für den Parallelbetrieb GSM-R und FRMCS ungeeignet da die Einschränkung für GSM-R nicht vertretbar ist. ○ Für den Parallelbetrieb eignen sich für FRMCS nur die Szenarien 3 und 4, weil nur sie ohne Einschränkung bei GSM-R ausreichend leistungsfähig sind und weil damit der Lösungsspielraum für Hochverfügbarkeit (Redundanz) grösser wird.
FRMCS und das Daten Transportnetz	<ul style="list-style-type: none"> • Untersucht wurde inwiefern sich ein aktuell modernes Datentransportnetz wie es SBB mit Datacom-NG besitzt für FRMCS (basierend auf der 5G Technologie) eignet, da nach heutigem Stand die ersten FRMCS Strecken auf einem derartigen Datennetz aufgebaut werden. <p>Fazit:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ein Netz wie Datacom-NG ist prinzipiell für erste Inbetriebnahmen von FRMCS mit den 5G Basisfunktionen (statisches Fulfillment resp. Betrieb und Betrieb ohne Netzwerkverschlüsselung) ausreichend. ○ Vertretbare Investitionen in Zusatzfunktionen z.B. für die Synchronisation werden notwendig. ○ Sobald jedoch weitere Funktionen wie dynamisches Network Slicing, orchestrierter Betrieb FRMCS & Datennetz, virtuelle RAN Architekturen, weitergehende Security Funktionen usw. notwendig werden, muss das heutige Netz ersetzt werden. Ein Upgrade des heutigen Netzes wäre sehr massiv und wahrscheinlich nicht vollständig möglich. Datacom-NG ist zum Zeitpunkt des FRMCS Rollouts (ab 2026) seinerseits in der Ersatzphase und die neuen Anforderungen können beim Netzersatz berücksichtigt werden. ○ Aus dieser Gesamtsicht müssen die Risiken eines parallelen Rollouts des Datacom-NG Nachfolgers und des FRMCS speziell berücksichtigt werden.
Core Network	<ul style="list-style-type: none"> • Am geeignetsten bezüglich der Anforderungen an eine hochintegrierte Bahnkommunikationsplattform ist eine

Arbeitspaket	Konklusion
	<p>dedizierte FRMCS Lösung basierend auf einem 5G Core Netz, vorausgesetzt die Bahnen verfügen über einen eigenen 5G Frequenzbereich für FRMCS.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Zeitplan hängt hauptsächlich von der Standardisierung ab (siehe Kapitel 2.3 «Standardisierung FRMCS»). Erste europäische Trials sind ab 2023 auf der Basis 2.0 zu erwarten. Eine Erstbeschaffung auf dieser Basis mit Upgrade auf die Zielversion ist aus heutiger Sicht ein gangbarer Weg für SR40 respektive SBB als Systemführer. • Umfang FRMCS als Ersatz von GSM-R: <ul style="list-style-type: none"> ○ 3GPP 5G Core ○ 3GPP Mission Critical Service Function (MCx) ○ 3GPP IP Multimedia Subsystem (IMS) Funktion als Voraussetzung für MCx und Interworking ○ Interworking Function (IWF) für Interworking mit GSM-R ○ Zusätzliche Application Server für Railway Services, die nicht im FRMCS User Requirement Specification (URS 4.0) Scope stehen, aber vom Bahnbetrieb weiterhin verlangt werden. <p>Die folgenden (und weitere) Aspekte brauchen noch tiefgehende weitere Analysen, bevor das Konzept abgeschlossen werden kann.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ FRMCS Interworking mit GSM-R ○ Integration und Migration der heutigen Value Added Services (VAS) ○ Voice Group Communication ○ FRMCS interworking mit Fix Terminal Services

2.5.3 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

In der 3. Phase werden in 6 Arbeitspaketen bisher noch unzureichend betrachtete Themen von FRMCS tiefergehend analysiert.

Das Hauptaugenmerk der Analyse sind Lösungsszenarien zur hochverfügbaren Trassen-Versorgung. Die Basis bilden die 4 technischen Grundscenarien, welche aus dem Lösungsraum des Teilprojekts Networksharing (siehe Kapitel 2.4 «PoC/ NW-Sharing Options & Kooperationen») herausgearbeitet wurden. Dies sind «All SBB», «Site Sharing “plus”», «Multi Operator Core» und Mobile Virtual Network Operator».

Mit diesem Lösungsraum wurden FRMCS Netzwerkarchitekturen mit unterschiedlichen Redundanz-Lösungen gebildet und bewertet. «Site-Infrastruktur Sharing» ist bezüglich systemtechnischer Fragen unerheblich. Deshalb fiel dieser Ansatz weg. Zusätzlich wird aber die Variante «NW Access Sharing» miteinbezogen.

Das Ziel der Studie ist zu gewährleisten, dass nur machbare und effektive Varianten für die FRMCS Signalversorgung entlang des Streckennetzes Verlauf von SR4.0 verfolgt werden.

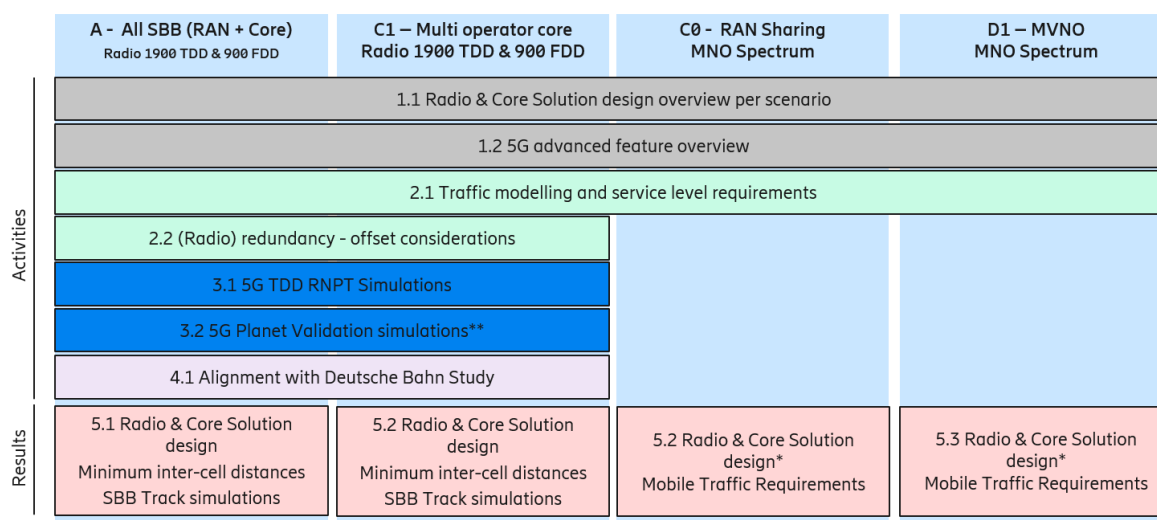


Abbildung 20: Überblick Phase 3

Die 3. Phase wird im Dezember 19 abgeschlossen.

2.6 PoC/ Field Test

2.6.1 Ausgangslage und Ziele

Im Zusammenhang mit den diversen offenen Fragestellungen vertieft SBB verschiedene denkbare Szenarien bezüglich Kosten/Nutzen und Machbarkeit und evaluierte diesbezüglich mehrere Partner (Public Provider und Mobilfunkausrüster), welche gemeinsam mit SBB verschiedene 4G und 5G Use-Cases im Rahmen von PoC's (Proof of Concept) im operativen Bahn- und Telekombetrieb der SBB austesten.

Basierend auf der Ausschreibung (Referenz: 1006323) seitens SBB datiert vom 09.02.2018 im Informationssystem über das öffentliche Beschaffungswesen in der Schweiz (SIMAP) wurde eine Zusammenarbeit mit den Firmen Swisscom, Nokia und Sunrise vereinbart.

Der Fokus der Zusammenarbeit liegt beim Ausprobieren und Klären der jeweiligen technischen Machbarkeit für zukünftige Beschaffungen seitens SBB. Es ist wichtig, dass sich aus diesen Aktivitäten keine beschaffungsrechtliche Vorbefassung ergibt, weshalb die Ergebnisse der PoCs jeweils offengelegt werden.

Die Nachstehende Abbildung zeigt eine Übersicht über die aktuell geplanten resp. in Ausführung befindlichen Vorhaben.

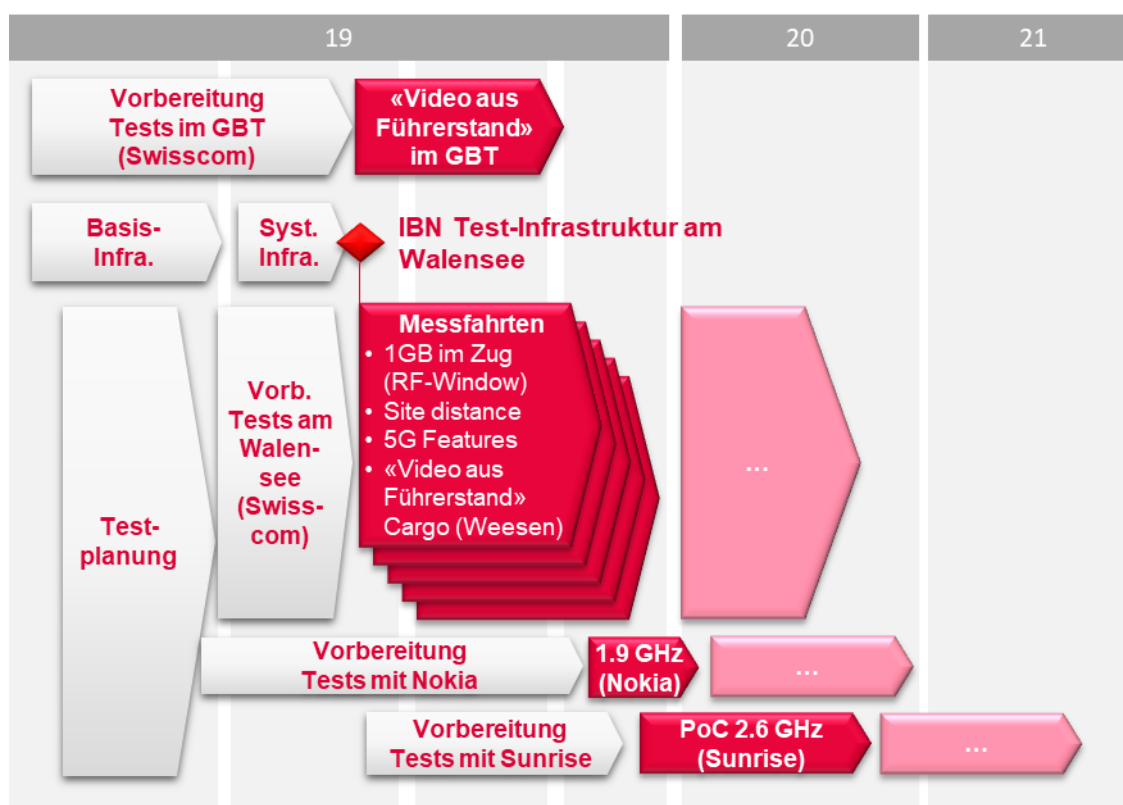


Abbildung 21: Vorgehensplan «Feldtests»

2.6.2 POC mit Swisscom

Im Fokus des PoC's stehen in einem ersten Schritt die Synergien bei einer gleichzeitigen Realisierung einer Versorgung für FRMCS und öffentlichem Mobilfunk basierend auf 5G-Technologien. Basierend auf der Hypothese, dass die Netze künftig dichter gebaut werden müssen, wollen die Parteien prüfen, wie eine qualitativ hochwertige und performante Versorgung entlang den Bahnlinien sichergestellt werden kann.

Hierzu haben SBB und Swisscom einen ca. 4km langen Bahnkorridor auf dem Streckenabschnitt Biberlikopf – Kerenzerberg (Walensee) realisiert. Dabei sollen möglichst viele Situationen wie Bauzonen, NIS- und bautechnische Limitierungen ausgetestet werden, um so Rückschlüsse für spätere Detailbaukonzepte seitens SBB ziehen zu können.

Das BAV hat hierzu am 9. Juli 2018 eine auf drei Jahre befristete Bewilligung erteilt.

Der Bau des Testkorridors inklusive erfolgreiche Anwendung der für einen industrialisierten Rollout von FRMCS entwickelten «Standard-Standorte», stiess auch bei der ganzen Mobilfunk-Branche auf Resonanz. Die Konstruktionsmerkmale dieses Standardstandortes erlauben eine kostengünstige und platzsparende Installation mit Neigungswinkel bis zu 45°.

Messfahrten konnten bisher gemäss Planung durchgeführt werden und es wurden erste wichtige Erkenntnisse gemacht. Die Tests brachten aber auch zum Vorschein, dass die heute erhältliche Funkelektronik im 4G/5G Hybridbetrieb für höhere Geschwindigkeiten nur eingeschränkt tauglich ist und einige der aus dem Testkorridor erwarteten Erkenntnisse erst im reinen 5G Betrieb ab 2020 gesammelt werden können.

Die Tests mit Swisscom dauern voraussichtlich bis Q3 oder Q4 2020.

2.6.3 POC mit Nokia

Ein weiterer PoC mit Nokia ist auf der BLS Strecke Bern – Neuenburg am Laufen. Der Fokus dieses PoC's liegt bei den potenziellen neuen bahnspezifischen Frequenzen, welche aktuell auf europäischer Ebene diskutiert werden. Aktuell sind unter anderem 2 Frequenzbänder (1900-1905 / 1905-1910 MHz) in der Diskussion, welche gemäss Machbarkeitsstudie für die Bahn sehr interessant sein könnten, da die aktuellen Site-to-Site Distanzen von GSM-R mehrheitlich beibehalten werden können sollten.

Um in diesem Zusammenhang belastbare Inputs in die aktuellen Diskussionen auf europäischer Ebene einbringen zu können, wurden auf vier künftigen GSM-R-Standorten auf dem Streckenabschnitt Kerzers – Marin zu Testzwecken 4G Antennen im Bereich 1900 MHz installiert. Der PoC wurde unter Hochdruck umgesetzt, damit noch im November 2019 zwei Messblöcke durchgeführt werden konnten.

Die Lösung für den PoC beinhaltet sowohl Core- wie auch Radio Equipment (siehe Abbildung unten), wobei das Core-Equipment auf der Testanlage in Belp aufgesetzt wurde.

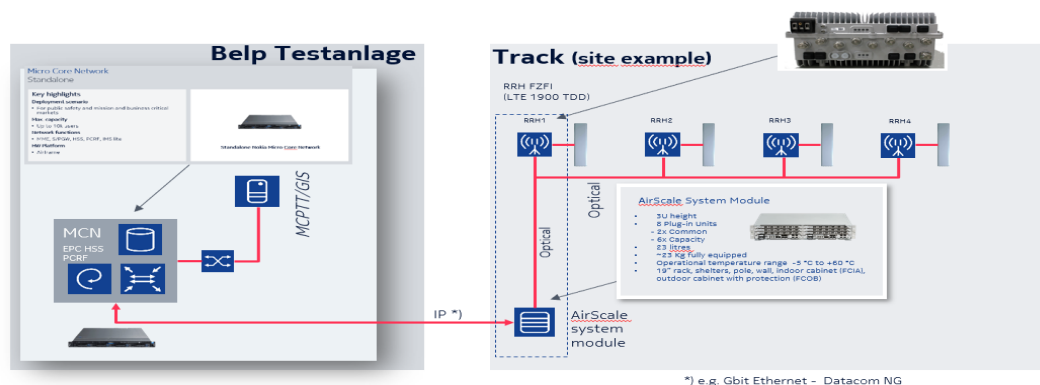


Abbildung 22: Test-Konfiguration PoC mit Nokia

Als Core wird die Nokia Micro Core Network (MCN) Lösung verwendet. MCN beinhaltet neben EPC ein eigenständiges HSS und wird als eigene Insel betrieben. Die Radio Lösung besteht aus einem Airscale Baseband Processing, den Remote Radio Heads und den dazugehörenden Antennen.

Bei den ersten Messfahrten in KW 44 ist es gelungen, auf der ganzen Strecke ohne Rufabbrüche zu fahren (die grösste Site-Distanz beträgt 6.4 km). Die erzielten Resultate sind sehr erfreulich, weil sie aufzeigen, dass bei «konventionellem Bahnbetrieb» auch bei 1900 MHz ähnliche Antennenabstände möglich sein sollten wie sie heute bei GSM-R @ 900 MHz beispielsweise in Deutschland und Italien eingesetzt werden, insbesondere auch in Anbetracht dessen, dass unsere Tests mit durch die Schweizer NISV gegebenen geringeren Abstrahlleistungen erfolgte. Damit versuchen wir den anderen Bahnen die Angst zu nehmen, dass sie bei einem reinen 1:1 Ersatz von GSM-R infolge der höheren Frequenzen ihre Antennenstandorte verdichten müssen und sie uns deshalb besser unterstützen im Kampf um die von uns benötigten 1900 MHz Frequenzen für den Rollout von FRMCS.

Im Fokus der weiteren Tests steht nun eine vertiefte Analyse, wie stark die erreichbaren Datendurchsatzraten an den Zellgrenzen einbrechen.

2.6.4 POC mit Sunrise

Auch mit Sunrise wurde anlässlich verschiedener Meetings beschlossen, einen gemeinsamen PoC durchzuführen. Der ursprüngliche Plan eines 2.6 GHz PoC's mit der bestehenden TFK22 Infrastruktur musste aus verschiedenen Gründen verworfen werden.

Danach wurde beschlossen, den geplanten 2.6 GHz PoC auf Anfang 2020 zu verschieben und diesen ggf. gleichzeitig auf 3.5 GHz zu erweitern.

Den Inhalt und die Planung wird im Q1/20 gemeinsam mit Sunrise definiert.

2.7 Architektur und Technik

2.7.1 Ausgangslage und Ziele

Das GSM-R basierte Mobilfunknetz wurde durch die SBB 2003 eingeführt und bis heute sukzessive ausgebaut. Die Technologie entspricht dem 3GPP 2G Standard. Die notwendigen Leistungsmerkmale entsprechen den aktuellen UIC EIRENE Standards, welche in der anzuwendenden TSI CCS referenziert werden. Heute umfasst das GSM-R basierte Mobilfunknetz rund 1'300 Antennenstandorte, deckt aber noch nicht das gesamte Streckennetz ab. Einzelne Strecken werden noch neu mit Antennenstandorten nachgerüstet. Die flächendeckende Versorgung ist aber nicht mehr vorgesehen. Diese Entscheidung wurde durch das BAV genehmigt. Die vorhandenen Versorgungslücken 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 Sprachdienste. Die dafür notwendigen Anpassungen der 'Cab Radio' Endgeräte sind ausser in Ausnahmefällen gewährleistet. Als Alternative dienen 3G/4G-Mobiltelefone mit GSM-R SIM Karten, welche gem. Vorgaben des BAV im Fahrzeug in einer Halterung mit einer Freisprecheinrichtung und Speisung fixiert sein müssen. Datenroaming für die ETCS L2/L3 Applikation ist nicht vorgesehen. ETCS L2/L3 bedingt GSM-R oder FRMCS.

SBB Infrastruktur nimmt im Auftrag des BAV für GSM-R die Systemführerschaft für die Bahnen der Schweiz wahr. 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 Textkommunikations-dienste (SMS) sowie betriebsunterstützende Kommunikationsanwendungen. Ende-zu-Ende Bahnkommunikationsdienste brauchen nebst dem Mobilfunknetz GSM-R zusätzliche Funktionen (z.B. Betriebstelefonie-Anlagen oder Tunnelfunksysteme), die als eigenständige Plattformen betrieben werden. Sie weisen ein hohes Mass an Abhängigkeiten auf und bedingen dementsprechend eine komplexe Integration. 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.

Die GSM-R Verkehrskapazität ist nebst der Limitierung durch das verfügbare Frequenzspektrum auch technologisch begrenzt. Dies wirkt sich vor allem auf die Versorgung in einzelnen grösseren Bahnknoten, zum Beispiel der Regionen Léman oder Basel 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 Netzelemente. Die Obsoleszenz des Gesamtsystems GSM-R tritt voraussichtlich zwischen 2030 und 2035 ein, da der bestehende Lieferant in diesem Zeitraum den GSM-R Support einstellen wird.

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

Die Grundlage der zukünftigen FRMCS Architektur bilden die Arbeiten der Machbarkeitsstudie.

Die Erarbeitung der Architektur muss eng verzahnt mit der Planung der Migration (siehe Kapitel 2.8 «Migration FRMCS») erfolgen.

2.7.2 Technische Konzeption

FRMCS Basisinfrastruktur

Aus heutiger Sicht bietet GSM einen monolithischen Block, der gleichzeitig den Transport, die Services und teils die Applikation beinhaltet. Als Services verstehen sich die Bereitstellung der Kommunikation zwischen zwei oder mehreren Teilnehmern, Möglichkeiten zur Bereitstellung von alternativen Rufnummern (Follow Me für funktionale Rufnummern) etc. Die Kommunikation mittels Sprache oder der Versand von Kurznachrichten sind heute integraler Bestandteil von GSM und sind somit nicht losgelöst vom Kommunikationssystem. Die Evolution der Applikation ist somit streng an die Transport- und Servicefähigkeiten gekoppelt. FRMCS soll indes eine Entkopplung zwischen Applikation, Service und Transport bereitstellen, und somit die Abhängigkeiten vom Transport eliminieren. Dies gilt gleichzeitig für die Applikation und die Servicefähigkeiten. Die notwendige Kommunikation zwischen Applikation, Service und Transport erfolgt über Referenzpunkte (siehe folgende Abbildung Abbildung 23) die auf standardisierten Protokollen beruhen.

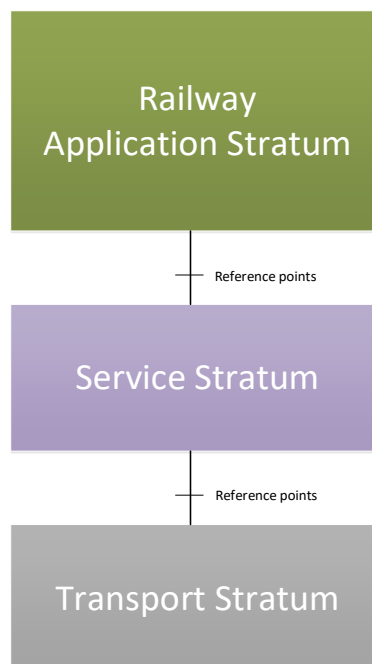


Abbildung 23: FRMCS Basisinfrastruktur

Das **Railway Applikations Stratum** adressiert die Anwenderschicht. Dabei wird die Sprache als eingebettete Applikation momentan zum FRMCS System gezählt, Video- und Datenapplikationen hingegen sind anwenderspezifisch und daher durch den Betreiber beizustellen und zu beurteilen.

Das **Service Stratum** umfasst Point-to-Point und Point-to-Multipoint Kommunikationsservices für Sprache, Video, und Daten.

Das **Transport Stratum** umfasst drahtlose und drahtgebundene Transport Services.

Aus der FRMCS Basis Architektur kann die funktionale FRMCS Architektur abgeleitet werden.

Funktionale FRMCS Architektur

Das Ziel der funktionalen FRMCS-Architektur ist eine klare Trennung zwischen den FRMCS Communication Services und dem FRMCS Transport System, um die Unterstützung von verschiedenen Access-Technologien zu ermöglichen (sich folgende Abbildung). Das FRMCS Transport System 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.

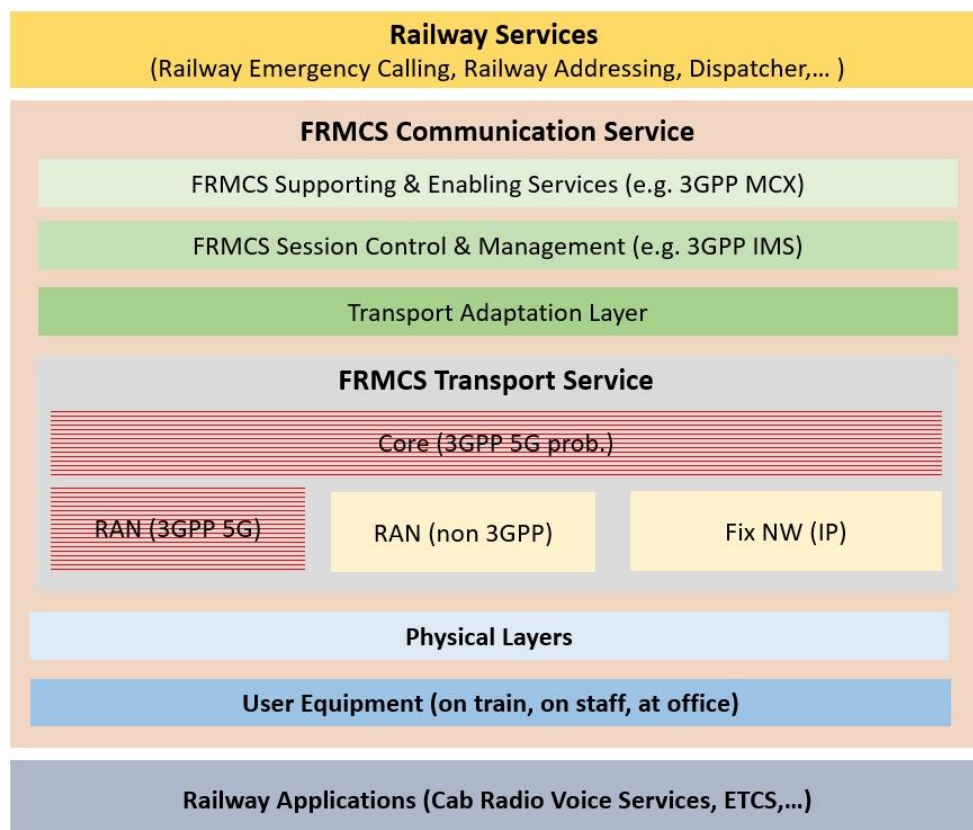


Abbildung 24: Funktionale FRMCS-Architektur

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.

FRMCS Communication Service: Der FRMCS Communication Service beruht auf den FRMCS Transport Services (Kern- und Zugangsdienste), Session Control & Management Services und den FRMCS Supporting & Enabling Services.

- **FRMCS 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.
- **FRMCS 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 Servicedatenverwaltungs-funktionen sowie z.B. Richtlinienmanagement (policy) und -steuerung erforderlich sind.
- **Transport Adaptation Layer:** 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.
- **FRMCS 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 festen Breitbandzugangssystemen besteht.
- Die **Festnetz-Bahnkommunikation (Fix NW)**, z.B. in den Betriebszentralen zum Leiten des Zugverkehrs, ist ebenfalls Bestandteil des FRMCS-Systems und benutzt die FRMCS-Kommunikationsdienste.

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-Bahnkommunikations-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.

Einbettung in die Systemlandschaft

Abbildung 25 zeigt in einer vereinfachten Darstellung, die «Bestandteile» von FRMCS sowie dessen Einbettung in die Kommunikationssystemlandschaft und die Umsysteme.

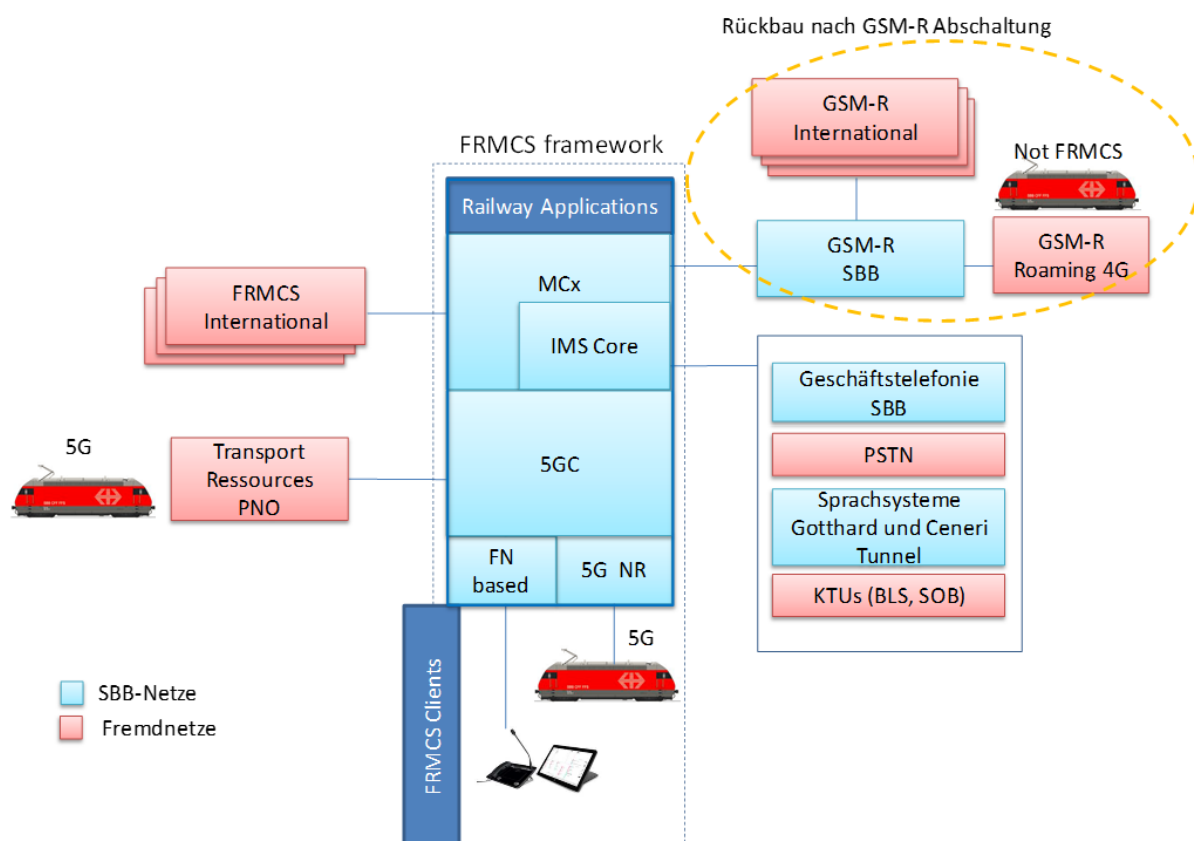


Abbildung 25: Einbettung in die Systemlandschaft

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 bahnspezifischen 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 diese Netze resp. Netzübergänge zurückgebaut. 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 werden Transportressourcen eines oder mehrerer Public Network Operator (PNO) genutzt.

Datennetz Architektur

Dieser Abschnitt beschreibt anhand der Abbildung 26 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 Anforderungs-Spezifikation hat intern bei SBB bereits begonnen. Andere Bahnen, die bei SR40 beteiligt sind, betreiben eigene Netze. Inwiefern diese Netze für FRMCS geeignet sind, ist noch zu klären. Datacom NG ermöglicht einfache, initiale FRMCS Anwendungen. Für die vollständige Implementation sind seine Funktionen ungenügend.

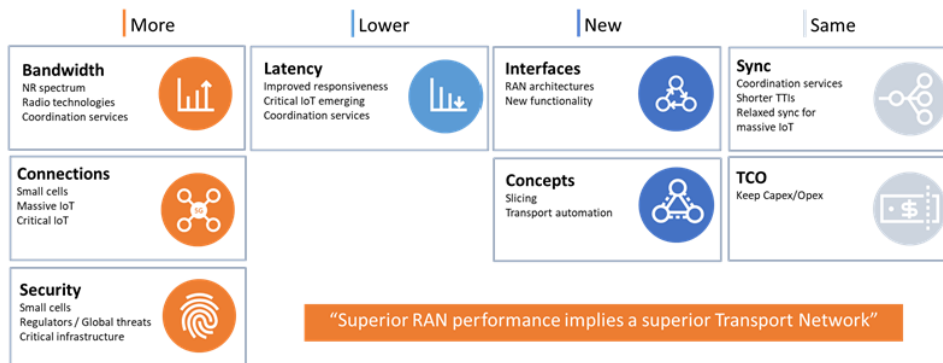


Abbildung 26: 5G Transport Key Drivers

Trassenarchitektur

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 andere Lösungen als gleichwertig und wirtschaftlicher, kann auf die Redundanz im heutigen Sinn verzichtet werden.

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

- **Basis Radio-Abdeckung** – Minimale Überlappung zwischen benachbarter Radio-Abdeckung. Bei Ausfall einer Abdeckungseinheit sind Transport- und Service-Fähigkeiten nicht verfügbar (Abbildung 27).



Abbildung 27: Schema Basis Radio-Abdeckung

- **Fehlertolerante Radio-Abdeckung** – Erhöhung bzw. signifikante Überlappung zwischen benachbarter Radio-Abdeckung. Bei Ausfall einer Abdeckungseinheit können in Abhängigkeit der Überlappung Transport- und Service-Fähigkeiten weiterhin garantiert werden (Abbildung 28).

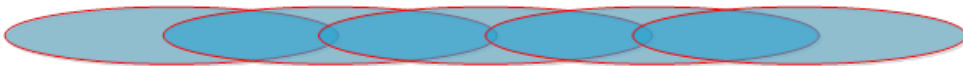


Abbildung 28: Schema Fehlertolerante Radio-Abdeckung

Die Erkenntnisse aus den bisher 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 bahneigener 5G-Frequenzen). Es bedarf hierzu allerdings weiterer Abklärungen, sodass eine abschliessende Entscheidung zu den Realisierungsvarianten zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vorliegt.

2.7.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die weitere Vorgehensweise sieht vor, bis Ende Januar 2020 die Konzeption bezüglich Trasse-Architektur im Rahmen eines Grobkonzeptes zu erarbeiten. Da bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht alle Rahmenbedingungen geklärt sind, wird das Konzept auf Hypothesen basieren müssen. Dieses Grobkonzept soll dann bis Ende Q2/2020 schrittweise zu einem umfassenden Konzept (RAN und Core) ausgearbeitet werden. Die massgeblichen bestimmenden Einflüsse sind einerseits die Anforderungen aus SR40 sowie der darüberhinausgehenden Interessensgruppen. Andererseits bilden die zukünftigen Standards und Reglemente den äusseren Rahmen von FRMCS für die Schweizer Bahnen. Zum Zeitpunkt der Konzepterstellung sind die Standards und deren Berücksichtigung in den Reglementen (BAV / ERA) nicht abgeschlossen. Diese Unsicherheit kann zu einer späteren Überarbeitung der Konzepte führen.

2.8 Migration FRMCS

2.8.1 Ausgangslage und Ziele

«Migration» des GSM-R Bahnmobilfunks auf FRMCS hat im Kontext von SR4.0 mehrere Dimensionen. Zum besseren Verständnis eingehend kurz eine Beschreibung dreier Kernbegriffe die auch im Zusammenhang mit Migration verstanden werden müssen.

- Application Stratum: Anwenderschicht – Nutzer der FRMCS Kommunikationsservices. Voice-Anwendungen sind gemäss der noch nicht abgeschlossenen Standardisierung ein Teil der FRMCS Architektur. Video und Datenanwendungen sind anwenderspezifisch.
- Service Stratum: bietet den Applikationen respektive ihren Nutzern Punkt zu Punkt und Mehrpunkt Kommunikationsservice für Daten, Video und Voice Services und nutzt die Transport Services
- Transport Stratum: sind mobile und drahtgebundene Datentransportservices

Migration bedeutet einerseits das Abbilden der Funktionen der GSM-R Architektur (ist in etwa gleichbedeutend mit den Transport- Kommunikationsservices) auf die Zielarchitektur von FRMCS. Die diversen Integrationen von FRMCS etwa mit den weiteren Bahnkommunikationssystemen oder dem Interworking mit dem eigenen GSM-R für den Parallelbetrieb respektive andern GSM-R Betreibern (z.B. DBB) und öffentlichen Mobilfunkanbieter müssen auch migriert werden, damit die davon abhängigen Funktionen weiter zur Verfügung stehen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die gesamte Bahnkommunikations-Architektur der Bahnen im Wandel ist, weil nebst GSM-R andere Systeme wie die Betriebstelefonanlage oder auch der Tunnelfunk (Teil der Transportschicht) im Zeitraum des FRMCS-Migrationsprozesses funktional und entsprechend neuem Stand der Technik ersetzt werden müssen. Deshalb muss diese Migration auf die

übergeordneten Anforderungen der Bahnkommunikationsplattformen ausgerichtet sein. Sobald der oben erwähnte Schritt vollzogen ist, werden die Bahnapplikationen (z.B. ETCS) integriert.

Die zweite Dimension ist die Migration der User auf FRMCS. Die Abwicklung ist in mehreren Varianten denkbar z.B. streckenweise, segmentweise oder gar mindestens für einige Services (z.B. Critical Voice) für das gesamte Netz. Dieser Migrationstyp ist auf den Gesamtmigrationsplan von SR4.0 ausgerichtet. Die Anforderungen und Konzepte der Endgeräte sind gerade für die Fahrzeuge eine wichtige Grundlage. Es gelten die Migrationsszenarien der Telecom On-Board Architecture (TOBA) aus dem Kapitel 3.2 «Fahrzeugausrüstung». Eine weitere Randbedingung sind die existierenden ETCS L2 Stellwerke respektive deren Radio Block Center (RBC). Der Lifecycle einiger dieser Stellwerke reichen über den Abschalttermin von GSM-R hinaus. Für diese Situation muss eine geeignete Lösung gefunden werden.

Die Aufgabe dieses Teilprojektes ist die Entwicklung eines Migrationskonzeptes über beide beschriebenen Dimensionen. Die Migrationskonzepte müssen zwingend auf einer geeigneten Teststrecke verifiziert werden.

Eine zusätzliche Aufgabe des TP Migration ist ein Konzept für die Versorgung der Erprobungsstrecken SR4.0 zu erstellen.

Das Teilprojekt ist in die folgenden Schritte gegliedert:

- Migrationsszenarien für SR4.0 (Februar / 2020)
- Migrationskonzept FRMCS mit Fokus auf SR40 (Ende 06/ 2020)
- Übergreifendes Migrationskonzept FRMCS als Teil der Bahnkommunikationslandschaft von SBB welche über den SR40 Rahmen hinausreicht. (Der Zeithorizont der Entwicklung des Migrationskonzept orientiert sich an der übergeordneten LC-Strategie der gegebenen Bahnkommunikationsinfrastruktur und zeitlichen Erfordernissen der jeweiligen Plattformen z.B. BTA-Frequentis FTS System»)

2.8.2 Technische Konzeption

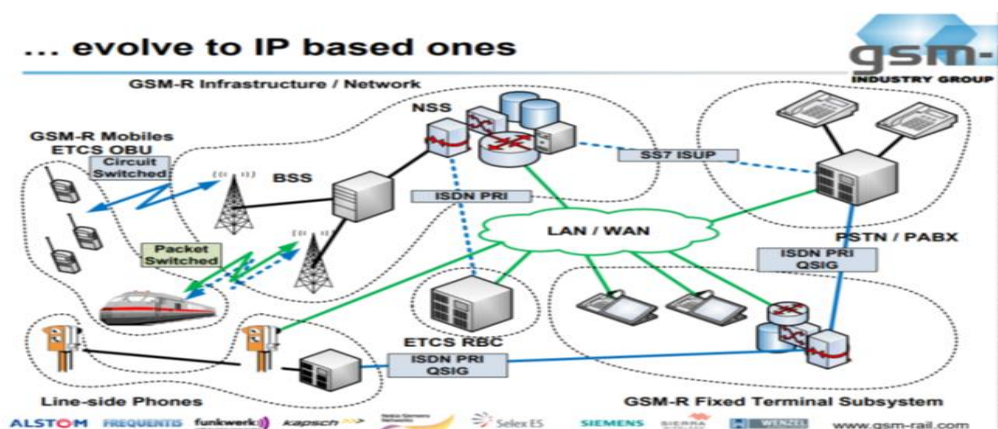
Die Migration der Architektur von «Bahnkommunikation mit GSM-R» auf «Bahnkommunikation mit FRMCS» kann im Groben folgendermassen ablaufen. Diese Zwischenresultate wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie (siehe Kapitel 2.5 «PoC/ Feasibility Study») erarbeitet und basieren teilweise auf Empfehlungen aus der GSM-R Industrie (UNIFE/UNITEL).

Phase Beschreibung

1

Einführung der IP Konnektivität innerhalb des bestehenden Bahnkommunikationsnetzwerkes als Voraussetzung für das Interworking mit FRMCS.

Bem: Das Bild dient nur der Illustration und hat nicht den Anspruch den Gegebenheiten der Schweizer Bahnen 100% zu entsprechen.



2

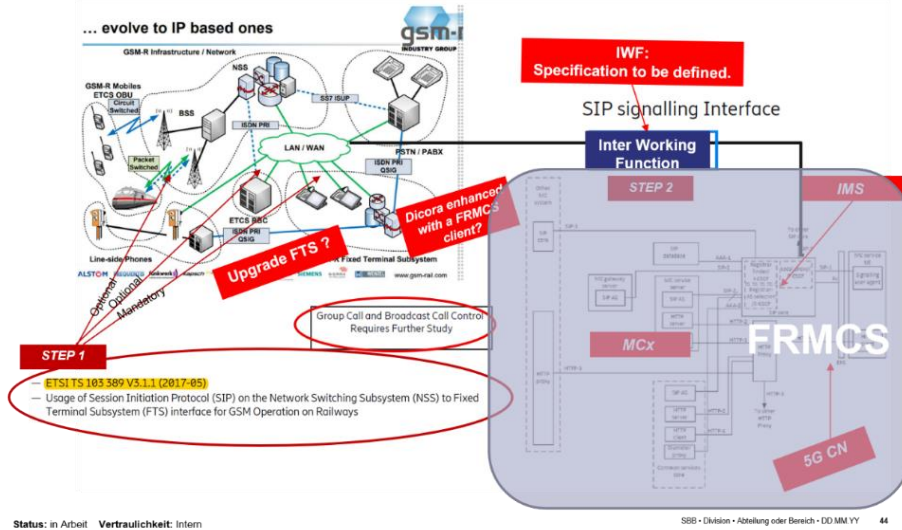
Einführung des Interworkings zwischen FRMCS und GSM-R als Abschluss der FRMCS Inbetriebnahme. Der Parallelbetrieb wird wegen den Netzzugangsregelungen bis zu 10 Jahr dauern.

Dieses Bild ist ein «Blick in die Werkstatt». Es zeigt die vielen offenen Punkte, die für ein detailliertes Migrations- und auch Architekturkonzept noch zu lösen sind sowie die Gesamtkonstellation, welche über SR40 hinausgeht und hoch integriert respektive komplex ist.

2

Phase Beschreibung

Interworking FRMCS (MCx) with GSM-R and FTS

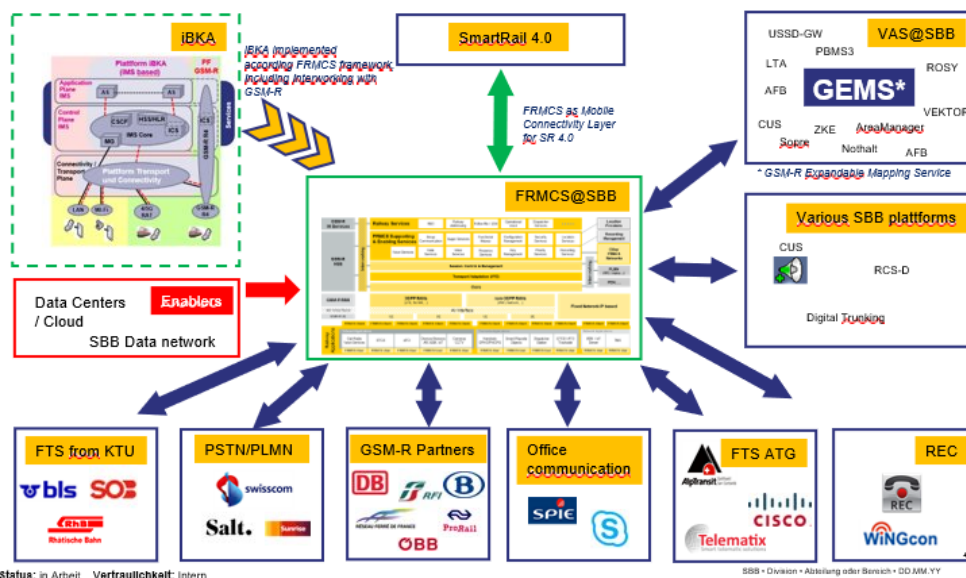


3

Mögliches Zielbild der Integration von FRMCS in die Bahnkommunikationsumgebung

So könnte das Gesamtbild nach Abschluss der Migration aussehen. Wie angetönt werden sich die Umsysteme ihrerseits bedingt durch Obsoleszenz oder veränderten Anforderungen verändern.

Integration of FRMCS @ SBB with existing Rail communication systems



Nachdem das Core Network gebaut und integriert ist, können die ersten User (Fahrzeuge, Stellwerke, GSM-R Mobiltelefone) auf FRMCS migriert werden, so dass sie inskünftig ihre Services über Application-Services über FRMCS beziehen. Die Abfolge wird durch den Gesamtmigrationsplan von SR40 bestimmt.

Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die Einführung von FRMCS zu Beginn der Einführung von SR40 eine terminkritische Voraussetzung sein wird. Nach der Inbetriebnahme der ersten isolierten Einzelsegmente von SR40 wird der FRMCS-Rollout den smartrail-Rollout «überholen».

Spezialfall ETCS L2 Stellwerke/RBC's:

Weil mit FRMCS die Verbindung nicht mehr im Circuit Switched Mode sondern im Packet Switched Mode erfolgt sind Schnittstellen zwischen den alten RBC's und FRMCS nicht mehr kompatibel. Für L2 Stellwerke, die vor der Einführung von FRMCS mit herkömmlicher ETCS L2 Technologie ersetzt werden, sollte sichergestellt werden, dass deren RBC auf FRMCS Kompatibilität hochgerüstet werden kann. Für L2 Stellwerke, deren Life Cycle über den Abschalttermin von GSM-R (ca. 2033 nach heutiger Planung) hinausgeht, muss der RBC kompatibel zu FRMCS umgerüstet werden. Alternativen wären ein vorzeitiger Ersatz der Stellwerke auf SR40 Technologie oder aus theoretischer Sicht eine LC Verlängerung von GSM-R. Letzteres ist kein realistischer Ansatz, weil GSM-R vor dem End of Life der betroffenen Stellwerke (z.B. GBT 2040) ausser Betrieb genommen wird.

Die Stellwerkmigration von ETCS L1 LS Stellwerken auf SR40 Technologie ist aus Sicht FRMCS keine Migration, sondern eine Inbetriebnahme eines neuen Service Users.

2.8.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Das Migrationskonzept für das Abbilden der Funktionen der GSM-R Architektur auf die Zielarchitektur wird gemeinsam mit der Architektur nach agiler Methodik in einem 'Cross Functional Team' bestehend aus Experten von SR40 und SBB Telecom (Architektur, Engineering und Anlagenmanagement) sowie zukünftig SBB OCT (Betrieb) erarbeitet. Dies bietet den grossen Vorteil der konzentrierten Zusammenarbeit, berücksichtigt Veränderungen durch z.T. noch nicht gefestigte Anforderungen (Innovationsgrad des gesamten Vorhabens wie beispielsweise Kooperationsmodelle), Rahmenbedingungen (Standardisierung) und sichert zu, dass die Zielarchitektur und das Migrationskonzept vollständig aufeinander abgestimmt erarbeitet werden können.

Das Migrationskonzept für die Migration der User auf FRMCS wird im Rahmen des TP «Anforderungen FRMCS» adressiert.

Die Migration von FRMCS erfolgt voraussichtlich in folgenden Phasen:

1. Sicherstellen einer Übergangslösung für die Inbetriebnahme der Erprobungsstrecken (siehe Kapitel 2.8.4 «Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke»)
2. Bereitstellen einer SR40-konformen FRMCS-Versorgung (hoch verfügbar) für die isolierten Einzelsegmente (2027 – 2030)

3. Bereitstellen von FRMCS auf den restlichen Strecken und Parallelbetrieb mit GSM-R (bis ~2032)
 - ⇒ Die Projektierung erfolgt für alle Strecken gemäss den Verfügbarkeitsanforderungen von smartrail 4.0.
 - ⇒ Abhängig vom Rolloutplan von smartrail 4.0 werden ggf. noch nicht alle Strecken bereits zu Beginn gemäss den Verfügbarkeitsanforderungen von smartrail 4.0 ausgerüstet (z.B. nur Strecken, die bis 2035 auf smartrail 4.0 migriert werden).
4. Umrüstung der bestehenden ETCS L2 – Stellwerke auf FRMCS-kompatible RBC (nicht Bestandteil des Connectivity Projektes)
 - ⇒ Eine entsprechende Analyse «RBC@FRMCS» ergab, dass die beiden Stellwerke «Sion – Sierre» und Lausanne – Villeneuve» idealerweise vorzeitig mit SR40 Technologie ersetzt werden (zwischen 2030 und 2032) und dass bei den übrigen L2-Strecken (NBS, GBT/CBT, LBT) das RBC FRMCS-kompatibel gemacht werden sollte.
 - ⇒ Die weiteren Abklärungen diesbezüglich erfolgen in enger Zusammenarbeit von SR40 ES und I-AT-SAZ.
5. Ausserbetriebnahme GSM-R (nicht Bestandteil des Connectivity Projektes)
6. Nachrüsten der SR40-konformen FRMCS-Versorgung auf denjenigen Strecken, bei welchen in einem 1. Schritt nur eine 1:1 Ablösung von GSM-R vorgenommen wurde.

2.8.4 Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke

In Anlehnung an die Planung des Teilprojekts Erprobung (Dokument 'Erprobungsstrecken Beilage zum Migrationskonzept' Vers. 0.6 vom 10.09.2019 von Chr. Studer) richtet SBB Telecom seine Planung auf eine initiale GSM-R GPRS Versorgung aus, damit die Aufwärtskompatibilität gewährt bleibt. FRMCS wird zum Zeitpunkt des Starts der Erprobung (Ende 2024) noch nicht einsatzbereit sein. Deshalb gelten im Rahmen der Erprobung für Connectivity die folgenden Planungsprämissen:

Ende 2024	Ende 2025	Ende 2026	Ende 2027
GSM-R (Systemführer SBB)	GSM-R (Systemführer SBB)	FRMCS (Systemführer SBB)	✓

Ausserdem soll entlang der Strecken eine gute Abdeckung mit 4G/5G der Public Provider vorhanden sein. Entlang von Erprobungsstrecken, die heute noch keine GSM-R Versorgung haben, wird GSM-R so gebaut, dass die spätere Aufrüstung zu FRMCS mit wenig Aufwand und kleinem Einsprache-Risiko möglich wird.

2.9 Standorte Basisinfrastruktur

2.9.1 Ausgangslage und Ziele

Das heutige Mobilfunknetz GSM-R umfasst rund 1300 Mobilfunkstandorte. Rund 350 Standorte werden gemeinsam mit Public Providern genutzt, auf manchen inklusive der Basisinfrastruktur. Zusätzlich gibt es rund 200 Anlagen der Public Provider auf dem SBB Bahnkorridor.

Basisinfrastruktur umfasst die Fundamentierung, Schutzbauten, Masten, Energieversorgung, Batterieanlagen für die unterbrechungsfreie Stromversorgung, Kühlung/Lüftung und die Datennetzerschliessung mit optischen Kabeln (LWL).

Die Architektur des Radionetzes mit FRMCS Technik ist der massgeblichste Einfluss auf die zukünftigen Standorte entlang dem Bahnkorridor. Dafür wird der Ausdruck 'Trassenarchitektur' FRMCS verwendet.

Die zukünftige Trassenarchitektur wird das Resultat von diversen Einflüssen sein. Die wichtigsten Faktoren sind

- die den Bahnen 'zugeteilten Frequenzen'. Als physikalische Grösse sind die Frequenz(en) der bedeutendste Faktor, da ihre Charakteristik nur bedingten Spielraum für Optimierungen zulassen.
- die Anforderungen (Level der Verfügbarkeit, Höhe der Bandbreite, QoS, etc) der digitalen Bahnproduktion an die Konnektivität.
- das Mass der zu erbringenden Versorgungsqualität für die Passagiere. Premium Qualität für alle Fahrgäste unabhängig ihres Providers bedingt eine Strategie, die dafür sorgt, dass sie ihr Signal in gleicher Qualität ab dem Bahnkorridor ausstrahlen können. Eine Kooperation wäre eine Möglichkeit. Dieser Aspekt wird im Kapitel 2.4 «PoC/ NW-Sharing Options & Kooperationen» betrachtet und hat direkten Einfluss auf die Standortinfrastruktur.
- die Make- or Buy-Strategie bezgl. Ausstrahlung von FRMCS. Wird es weiterhin ein eigenes Netz der Bahnen für Critical Communication Services geben oder erfolgt die Versorgung entlang der Bahnstrecken teilweise (z.B. auf Nebenstrecken oder für Redundanz) oder sogar ausschliesslich durch Public Provider?
- die Strategie bezüglich gemeinsamer Nutzung von Standorten und Mobilfunk-respektive Basisinfrastruktur mit Public Providern für deren Flächenversorgung.

Je nachdem welche Form die Einflüsse annehmen, werden die Anforderungen an die Basisinfrastruktur an Standorten des Mobilfunknetzes und demzufolge deren Gestaltung ausfallen. Wenn das Mobilfunknetz wegen der Anforderung Verfügbarkeit oder den Limiten

der Frequenzen engmaschiger sein muss, braucht es neue Standorte. Der Bedarf kann je nach Konzept auf rund 3000 Standorte steigen.

Die Kooperation mit Public Provider kann auch eine Verdichtung erfordern, denn je besser Fahrgäste versorgt werden sollen (1 Gigabit pro Sekunde im Zug wird angepeilt), desto mehr und damit auch höhere Frequenzen (3.5GHz) müssen eingesetzt werden, was wiederum kleinere und somit mehr Zellen bewirkt.

Heute werden Site Infrastrukturen individuell geplant, verfahrenstechnisch behandelt und gebaut. Die Masthöhen können je nach Anforderung (Anzahl Antennenebenen und geographische Situation) bis zu 30 Meter betragen, was eine Bauweise mit Betonfundament und einem Technikhaus bedingt. SR40 beabsichtigt in diesem Zusammenhang Lösungen für einen effizienten, industrialisierten Rollout zur Senkung der Investitions- und Betriebskosten zu entwickeln.

2.9.2 Technische Konzeption

Erste Teile davon wie die industrialisierte Plattform für einen mobilen und verschiebbaren Mobilfunkstandort (Standard-Standort 2018) werden gegenwärtig für den Proof of Concept auf der Teststrecke Walensee getestet. Das Ziel ist analog der nun getesteten Variante, Mast und Verankerungstechnik einzusetzen die schnell gebaut werden kann, energieeffiziente Anlagen, USV Lösungen mit möglichst geringem Kühlungsbedarf sowie alternative Stromversorgungsmodelle wie etwa Ringleitungen, anstatt Stickleitungen einzusetzen. Insgesamt ist das Konzept noch offen.

2.9.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Um Erfahrungen von aussen einwirken zu lassen, wurde ein externer Projektleiter mit Erfahrung aus dem Anlagenbereich (Stromversorgungskonzepte) beigezogen. Bis im Q2 2020 soll er gemeinsam mit den Spezialisten der SBB (elektrische Anlagen und Telecom) das generische Konzept Site Infrastruktur erarbeiten.

Die Arbeiten sind noch nicht soweit fortgeschritten, dass erste Zwischenergebnisse vorliegen.

2.9.4 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Siehe aufgelistete Faktoren im Kapitel 2.9.1 «Ausgangslage und Ziele».

3 Konzept Fahrzeugausrüstung

3.1 Allgemeines

Scope des Konzepts «Fahrzeugausrüstung» innerhalb des Projekt Connectivity ist die fahrzeugseitige Telekommunikationsausrüstung für FRMCS und GSM-R. Aufgrund der Entscheidung der ERA, den Einführungszeitplan für FRMCS den einzelnen Ländern / Infrastrukturbetreiberinnen zu überlassen, muss die Architektur der Fahrzeugausrüstung sowohl FRMCS wie GSM-R unterstützen, um die Interoperabilität innerhalb Europas während der Übergangsphase von GSM-R nach FRMCS sicherstellen zu können. Dies schliesst jedoch nicht aus, dass in spezifischen Fahrzeugprojekten eine FRMCS «single mode» Ausrüstung zur Anwendung kommen kann.

3.2 Fahrzeugausrüstung

3.2.1 Ausgangslage und Ziele

Um eine nationale Nischenlösung zu vermeiden, verfolgte SR40 Connectivity von Anfang an das Ziel, die künftige, fahrzeugseitige Telekommunikationsausrüstung als Teil des FRMCS Projekts zumindest europäisch zu standardisieren. Auf Initiative von SR40/SBB rief die UIC eine neue Arbeitsgruppe «Telecom On-Board Architecture» (TOBA) ins Leben, die Anfang 2019 unter dem Vorsitz von SR40/SBB ihre Arbeit aufnahm.

TOBA legt in ihrem Group Remit folgende Ziele fest:

- Specifying the requirements for a telecom On-board architecture which provides FRMCS transport services to various On-board systems and/or applications.
- Specifying the requirements of the functional interface that the applications/system are using to access the transport services by considering relevant technical standards.
- Developing migration scenarios for the evolution of current On-board installations towards the new On-board architecture.

Nach aktueller Planung der Arbeitsgruppe soll der Entwurf der «Telecom On-Board System – User Requirements Specification» im Januar 2020 vorliegen. Dieses Dokument stellt einen wichtigen Input für die in ETSI TC-RT laufende FRMCS Architekturstudie dar. Um die zeitliche Überlappung der Arbeiten in TOBA und ETSI TC-RT zu adressieren, liefert TOBA inkrementell Anforderungen aus der entstehenden «On-Board URS» an ETSI TC-RT.

Weitere Lieferobjekte der TOBA Arbeitsgruppe sind die «On-Board Functional Interface Specification» und die «On-Board System Requirements Specification» Ende 2020. Beide Dokumente werden ihrerseits auf ETSI und 3GPP Standards Bezug nehmen.

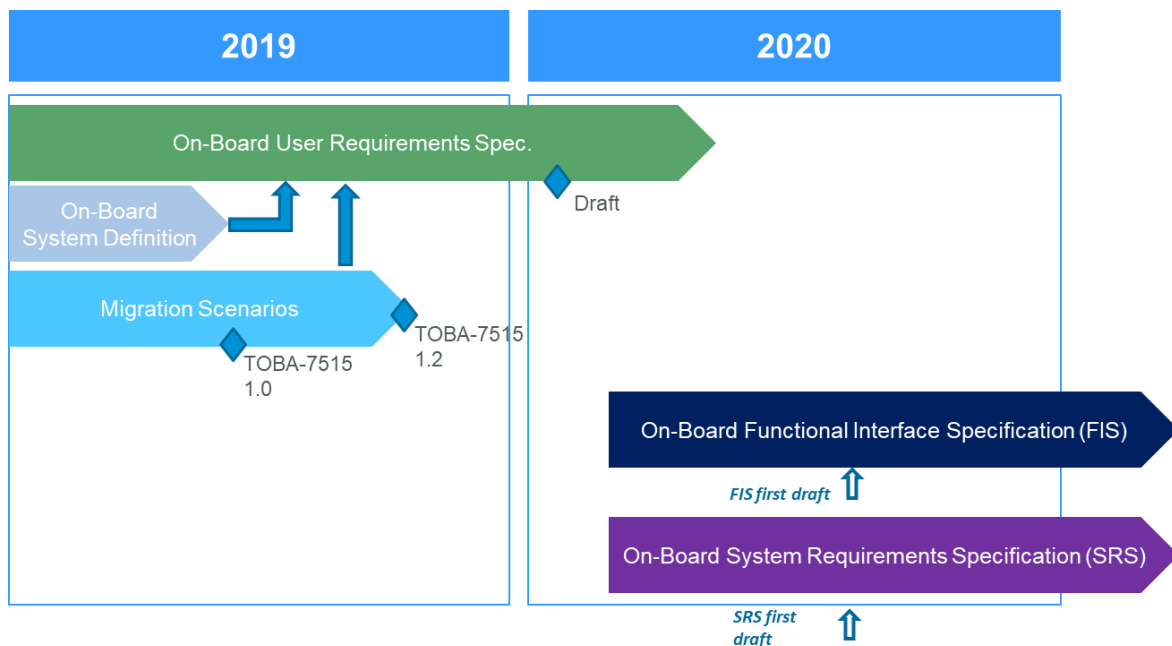


Abbildung 29: Planung TOBA Arbeitsgruppe

3.2.2 Technische Konzeption

Die TOBA Arbeitsgruppe hat für die Definition der On-Board Architektur folgende Designparadigmen festgehalten:

- Decoupling of Applications and Transport
 - A radio access technology agnostic, 60standardized interface between the applications and the FRMCS On-board system.
- Flexibility & Upgradability
 - The FRMCS On-board system provides transport services using a selection of different access technologies to address different deployment scenarios.
 - The decoupling of application and transport paired with bearer flexibility concept, allows the addition of future radio access technology without impacting the applications.
- Efficiency & Redundancy
 - Delegation of the bearer management from the applications to the FRMCS On-boards system allows efficient use of the radio resources available.
 - The architecture with multiple, centrally managed radios provides the possibility to establish redundant Connectivity.
- Operation & Maintenance
 - O&M remote access to the FRMCS On-board system facilitates operation and maintenance tasks, like deploying new software or configurations.

Im aktuellen Arbeitsstand der «Telecom On-Board System – User Requirements Specification» wird untenstehende funktionale Architektur beschrieben, welche die genannten Designparadigmen adressiert.

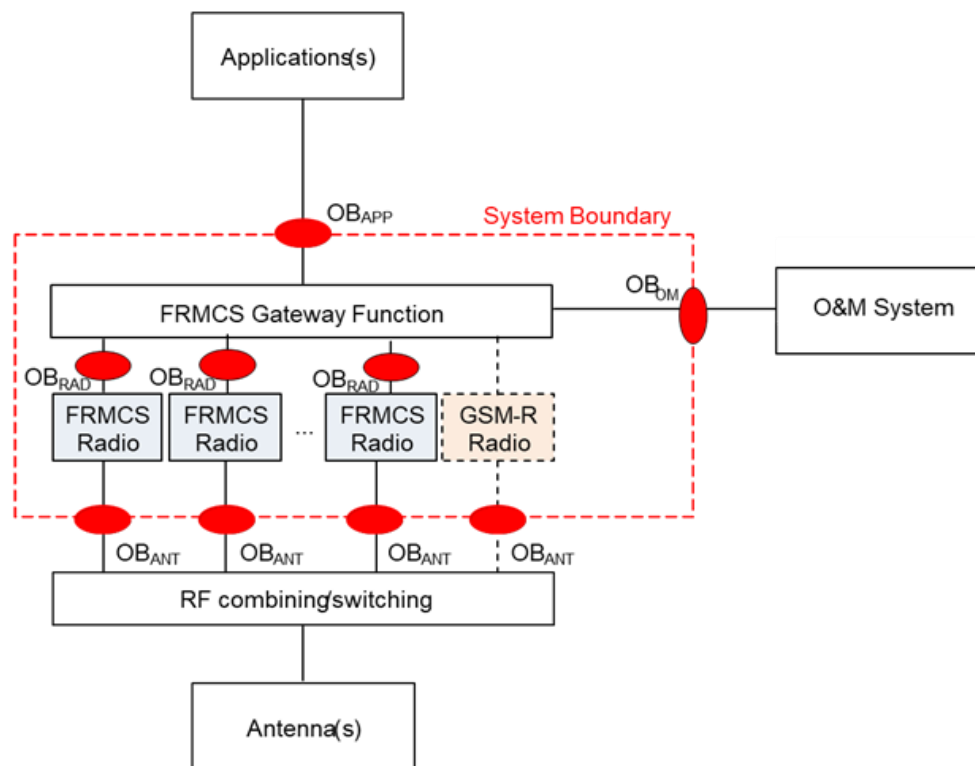


Abbildung 30: Funktionale Architektur «Telecom On-Board System»

Eines der wichtigsten Merkmale ist die generische Schnittstelle (OB_{APP}), über die sämtliche Fahrzeugapplikationen wie ETCS, ATO, Cab Radio, etc. die Kommunikationsdienste von FRMCS nutzen werden.

Auf Basis dieser funktionalen Architektur hat die TOBA Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit Vertretern der Industrie (UNISIG / UNITEL) und der ERTMS Users Group verschiedene Szenarien entworfen, wie die heutigen ETCS On-Board Units und Cab Radio Ausrüstungen auf die neue FRMCS Fahrzeugarchitektur migriert werden können und wie eine Rückwärtskompatibilität mit GSM-R sichergestellt werden kann.

3.2.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Technische Migrationsszenarien liegen im TOBA Dokument «Description and Evaluation of Possible FRMCS Migration Variants for Existing ETCS and Cab Radio On-Board Units» (TOBA-7515) in der Version 1.0 vor.

Ein früher Arbeitsstand der «Telecom On-Board System – User Requirements Specification» (TOBA-7510) wurde bei ETSI TC-RT eingereicht und fand Eingang in die dort laufende FRMCS Architekturstudie.

Eine Abstimmung mit der OCORA Initiative hat stattgefunden und gezeigt, dass die jeweiligen Architekturen von OCORA und TOBA gut zusammenpassen und beide Initiativen für ihren Wirkungsbereich vergleichbare Designparadigmen verfolgen.

3.2.4 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Eine besondere Herausforderung stellen die künftig benötigten Fahrzeugantennen für FRMCS und während der Migrationsphase GSM-R dar (Anordnung, Platzverhältnisse, Verkabelung, etc.)

Offen ist derzeit noch, ob und wie über Fahrzeug- / Zugbusssysteme (TCN nach IEC 61375) erschlossene Systeme via die OB_{APP} Schnittstelle FRMCS Kommunikationsdienste nutzen sollen.

Die beiden obgenannten Punkte wird TOBA in den kommenden Monaten unter Einbezug von Industrievertretern erörtern und Lösungsvorschläge erarbeiten.

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.

Die notwendigen Anpassungen der relevanten ETCS Subsets (insbesondere Subset-026 und Subset-037), um künftig via OB_{APP} Schnittstelle kommunizieren zu können, müssen noch beauftragt und ausgeführt werden. Zeitlich besteht hierbei eine Abhängigkeit mit der Bereitstellung der «On-Board Functional Interface Specification» und den notwendigen technischen Spezifikationsarbeiten in ETSI. Die Planung der Änderungen an den ETCS Subsets für die Einführung von FRMCS ist Gegenstand laufender Diskussion zwischen UIC, EUG, UNISIG und ERA.

3.2.5 Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke

Für die Erprobungsstrecken muss aus heutiger Sicht angenommen werden, dass die technischen Spezifikationen für die Fahrzeugausrüstung in einer frühen Version vorliegen werden, jedoch noch nicht verbindlich in der TSI CCS referenziert werden. In der Folge wird die Industrie für die Erprobungsstrecken noch keine TSI CCS konformen Produkte anbieten können.

Jedoch bieten die SR40 Erprobungsstrecken die Möglichkeit, die Spezifikationen in einem Pilotbetrieb zu validieren.

4 Konzept Transportnetz

4.1 Allgemeines

4.1.1 Ausgangslage und Ziele

Das Datennetz bildet das Rückgrat eines jeden Kommunikationssystems. Mit smartrail 4.0 wird die Bedeutung der bereits heute betriebsrelevanten Kommunikationssysteme noch einmal zunehmen.

Im Rahmen des Teilprojektes Transportnetz werden die Anforderungen an das Datennetz seitens SR40 ermittelt und darauf abgestimmte Architekturen entwickelt. Das Ziel des Projektes ist es, den Anwendungen von SR40 auf Basis des Datennetzes von SBB Telecom optimale Services anbieten zu können. Letzteres ist als generisches Produkt ausgestaltet und bietet bereits heute eine breite Palette an Services an. Diese sollen durch die im Rahmen dieses Projektes erarbeiteten Services komplementiert werden.

Ein wesentliches Ziel dieses Projektes ist, dass die Lebenszyklen der Datennetze bewusst wahrgenommen und genutzt werden. So sollen aus Sicht SR40 limitierende Faktoren der aktuellen Generation aufgrund der langfristigen Planung als Anforderungen an die nächste Generation dienen. Ein spezielles Augenmerk ist dabei aber auf die Ausnahmefälle und die dadurch hervorgerufene Migrationsthematik zu werfen.

In einer ersten Phase sollen die Stakeholder identifiziert und entsprechende Teilbereiche des Transportnetzes isoliert werden. Durch diese Fokussierung soll die Ermittlung der Anforderungen wesentlich vereinfacht werden. Um den Rahmen der anzubietenden Services schmal zu halten, sollen die Anforderungen in einer nächsten Phase konsolidiert werden. Anhand konkreter Objekte (z.B. SR40 Erprobungsstrecke) soll die Machbarkeit und die Kostenfolge der erarbeiteten Architekturvorschläge untersucht werden. Falls erforderlich und sinnvoll können zu diesem Zweck auch reale PoCs durchgeführt werden. Der aktuelle Fokus liegt auf der Konzeptphase, welche mit dem Clusterentscheid zu Connectivity per Ende 2020 abgeschlossen sein wird. Die aktuelle Planung bezieht sich dem entsprechend auf diesen Zeitraum.

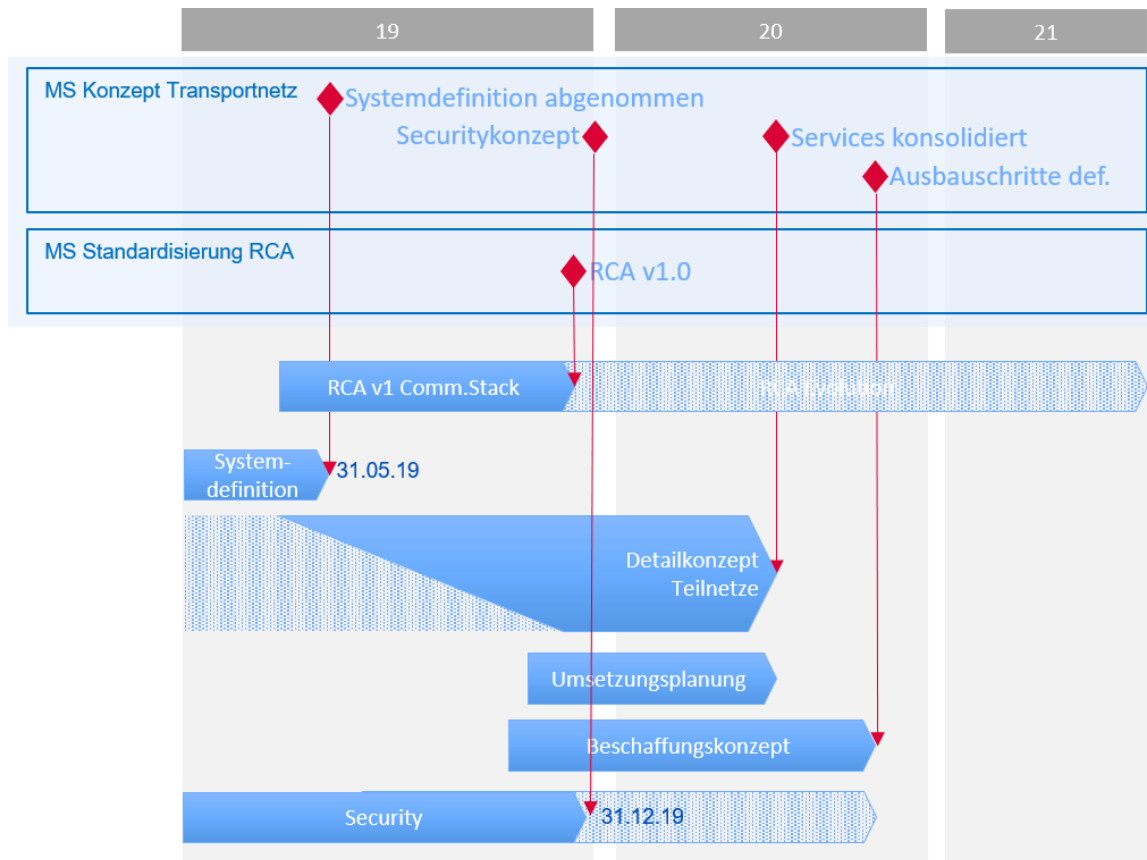


Abbildung 31: Grobplanung Konzeptphase Transportnetz

Die nachfolgenden Phasen Entwicklung und Rollout können erst auf der Basis der Umsetzungsplanung sowie dem Beschaffungskonzept geplant werden. Die Entwicklung wird sich insbesondere auf die Anforderungen an die nächste Generation des Transportnetzes beziehen, währendem für den Rollout die Abgrenzung zwischen den Generationen und die Optimierung des Migrationsaufwandes im Fokus steht.

4.1.2 Systemdefinition

Als Grundlage für alle weiteren Aktivitäten dient die Systemdefinition.

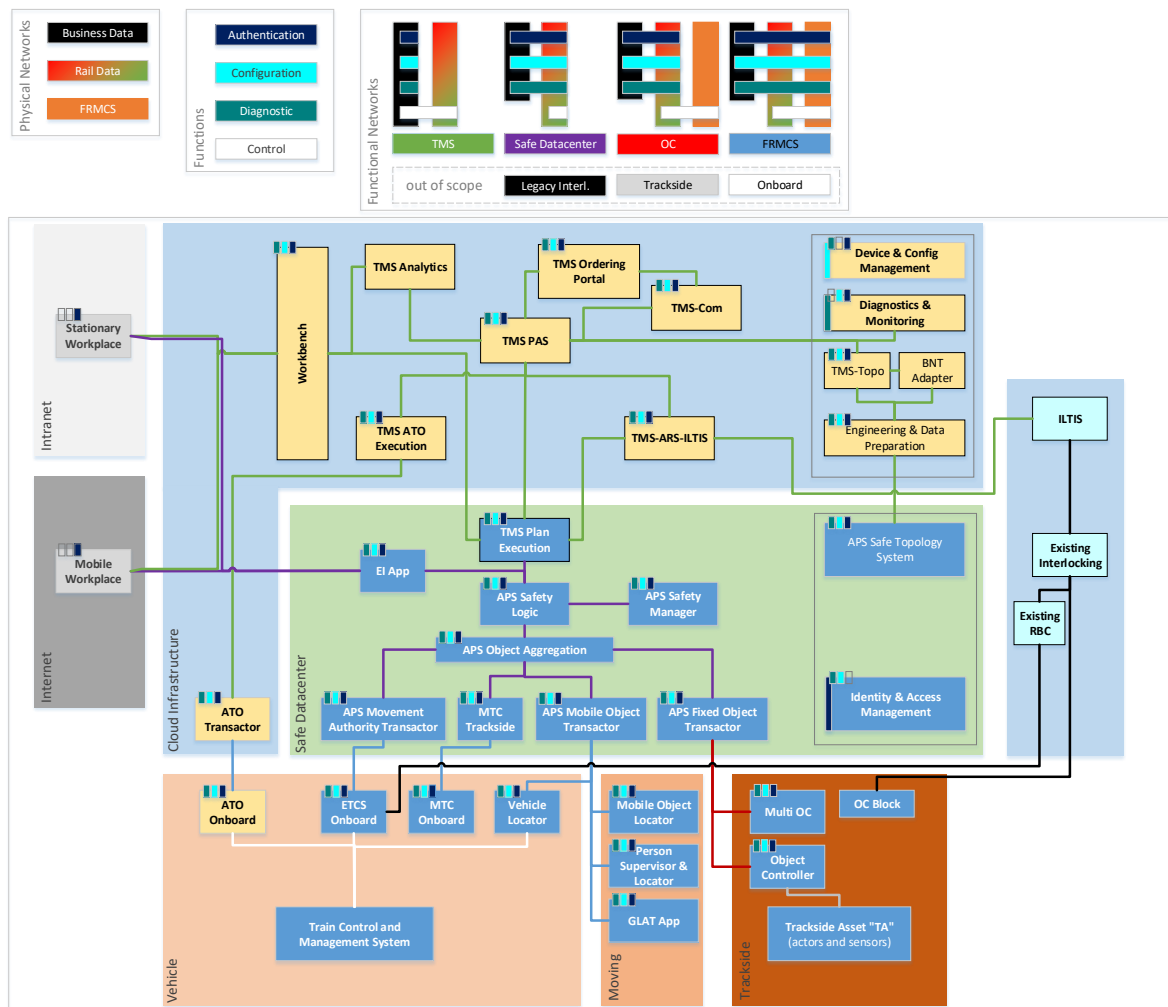


Abbildung 32: Übersicht Vernetzung der SR40 Funktionen

Die Übersicht in Abbildung 32: ist abgeleitet von der RCA Schnittstellen-Architektur. Diese logische Ansicht dient der groben Aufteilung und fachlichen Gliederung der Teilnetze. Dies ermöglicht sowohl eine gezielte Erfassung der Anforderungen als auch eine erste grobe Identifikation von Netzübergängen.

4.1.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Auf Basis der Systemdefinition wurde das Teilprojekt Transportnetz in die nachfolgend beschriebenen Unterprojekte gegliedert. Deren Teilziele werden bis zum Ende der Konzeptphase Bausteine für die zu definierenden Services liefern. Die in Tabelle 1 aufgeführten Service Access Points (SAP) wurden im Grobkonzept initial definiert.

Typ	Zweck	Anwendung
SAP 1	Teilnehmer im Stellwerksraum	Object Controller
SAP 2.1	Teilnehmer in Technik-Kabine / -Schrank	Object Controller / FRMCS Sendeanlage Basic
SAP 2.2		FRMCS Sendeanlage Performance
SAP 3	Teilnehmer im Gleisbereich	Object Controller
SAP 4	Teilnehmer im Business-Rechenzentrum	Traffic Management System (TMS)
SAP 5	Teilnehmer im Safe-Rechenzentrum	Advanced Protection System (APS)

Tabelle 1: Service Access Points (SAP)

Eine Verifizierung auf Basis erhärteter Anforderungen konnte erst für die SAPs 1, 2.1 und 3 erreicht werden. Die Anforderungen der verbleibenden Mehrheit der Teilnetze sind zum gegebenen Zeitpunkt noch nicht restlos geklärt, ermöglichen aber bereits die Entwicklung einer groben Architektur.

4.2 Anforderungen Transportnetz

4.2.1 Ausgangslage und Ziele

Für die identifizierten Teilnetze sollen im Rahmen dieses Arbeitspakets die Anforderungen an das Datennetz ermittelt werden. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um nicht funktionale Anforderungen. Da sich die Ermittlung von Anforderungen auf der grünen Wiese erfahrungsgemäss als relativ schwierig erweist, wird der Prozess anhand eines initialen Rahmens gestartet.

Als Grundlage dient die Architektur des bestehenden Datennetzes von SBB Telecom. Da die Projekte zum Teil auf bestehender Infrastruktur (Datenzentren, Betriebszentralen, Stellwerksräume) aufbauen für welche bereits Lösungen umgesetzt wurden, gilt es die aufgrund der Anforderungen von SR40 erzeugte Differenz zu ermitteln. Mit grosser Wahrscheinlichkeit werden diese die Schlüsselmerkmale Bandbreite, Latenz, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit betreffen. Weitere Merkmale wie Standorte und Mengengerüste sind allenfalls bereits bekannt oder können zumindest grob eingegrenzt werden.

Nebst der Beschleunigung des Prozesses ist vor allem die initiale Konsolidierung der Anforderungen als klarer Vorteil zu nennen. Es birgt aber auch das Risiko blinder Flecken, also das wichtige Aspekte aufgrund der angenommenen und zur Verifizierung stehenden Anforderungen übersehen werden.

Das Ergebnis dieses Arbeitspakets ist ein grobes Design des jeweiligen Teilnetzes und dient als Eingangsdokument für die durch SBB Telecom zu erarbeitende Architektur. Ein Härtegrad von ~ 80% ist für die initiale Übergabe an die Architektur ausreichend.

4.2.1 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Das Projekt Object Controller (OC) konnte bereits sehr früh ein entsprechendes Set an Anforderungen liefern. Auf Basis dieses Inputs konnte eine initiale Diskussion mit der Architektur gestartet und der Rahmen genauer abgesteckt werden. Aufgrund sich ändernder Rahmenbedingungen im Projekt selbst sowie im weiteren Umfeld innerhalb SR40 zeigte sich eine relativ starke Evolution der Anforderungen, welche insgesamt aber in einer Vereinfachung mündete.

Die Anforderungen an Vernetzung der Rechenzentren für TMS und APS konnten auf der Basis dieser Vorarbeit bereits eingegrenzt werden. Aufgrund der aktuell noch laufenden Diskussion der nicht-funktionalen Anforderungen (NFA) auf Ebene SR40 respektive der bis auf Weiteres nicht geklärten Lieferantensituation seitens dem sicheren Rechenzentrum ist in diesem Umfeld noch mit einer gewissen Varianz der aktuell vorliegenden Angaben zu rechnen. Gleichwohl konnte in Q3 2019 mit der Arbeit an der Architektur gestartet werden.

Die Anforderungen seitens Mobilfunknetz stehen noch am Anfang. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie konnte die grundsätzliche Tauglichkeit des Datennetzes aufgezeigt werden. Konkrete Anforderungen sollten im Bereich – Architektur und Technik (siehe Kapitel 2.7 «Architektur und Technik» formuliert werden. Da dies aber noch einiges an Vorarbeit bedingt, kann nicht vor Mitte 2020 damit gerechnet werden. Aus diesem Grund sollen nun mögliche Szenarien als Grundlage für die Architektur dienen. Diese sollen u.a. anhand der Erkenntnisse aus den verschiedenen PoCs (siehe Kapitel 2.6 «PoC/ Field Test») untermauert werden.

4.2.2 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Die aktuell ermittelten Anforderungen basieren zu einem gewissen Teil auf aktuellen Annahmen respektive möglichen Umsetzungsvarianten. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich diese Parameter im weiteren Verlauf analog den Erfahrungen mit dem Object Controller verändern werden. Dies wird sich direkt auf die im Rahmen der Architektur zu erarbeitenden Konzepte und Umsetzungsvarianten auswirken. Dies soll darum von vornherein durch Angabe eines Härtegrades auf Ebene Parameter adressiert werden.

4.3 Standardisierung Transportnetz

4.3.1 Ausgangslage und Ziele

In smartrail 4.0 wurde für die sichere (safe and secure) Datenübertragung nach EN 50159 ein sogenanntes Transfersystem vorgeschlagen. Die ursprüngliche Idee war, eine Appliance (analog einer Firewall) respektive eine Software-Komponente zu entwickeln, welche allen Anwendungen in SR40 eine safety-relevante Übertragungsfunktion anbietet. Dem steht die Tatsache gegenüber, dass jede zwischen der Applikation und dem Transfersystem verbleibende Übertragungstrecke wiederum gesichert werden muss. Folglich erfüllt die Trennung der safety-relevanten Übertragungsfunktion von der Applikation nicht das erwünschte Ziel und musste daher verworfen werden.

Im Rahmen des Transfersystems und als Beitrag zur Reference CCS Architecture (RCA) sollten auf Basis der RCA Schnittstellenbeschreibungen mögliche Protokolle untersucht und gegebenenfalls standardisiert werden. Auf Basis der oben beschriebenen Erkenntnisse zum Transfersystem wurde die Thematik neu organisiert.

Unter dem Namen «SR40 Commons» werden alle Plattformthemen in einem interdisziplinären Handlungsfeld koordiniert. Im Auftrag aller Beteiligten werden die jeweiligen Tasks in den Projekten selbst bearbeitet. Die Erkenntnisse daraus werden allen zugänglich gemacht und können bedarfsorientiert als Bausteine in Konzepten oder Anforderungsspezifikationen verwendet werden.

Der Anteil dieses Arbeitspakets an SR40 Commons ist die aktive Teilnahme an der Standardisierung der Securitymassnahmen im EULYNX Security Cluster.

4.3.2 Technische Konzeption

Den Aktivitäten von SR40 im EULYNX Security Cluster liegt die Entscheidung zugrunde, dass alle Anwendungen von SR40 die Anwendungsbedingungen eines Netzwerks der Kategorie 3 nach EN 50159 erfüllen müssen. Grundsätzlich heisst das, dass die Anwendungen selbst für die Security zuständig sind und der jeweiligen Bedrohungslage angepasste Massnahmen umzusetzen haben. Dem sehr spezifischen Schutzbedürfnis steht typischerweise eine begrenzte Auswahl anwendbarer Massnahmen gegenüber. Da die jeweiligen Massnahmen ihrerseits Anwendungsbedingungen stellen, hilft die Standardisierung, diesen Rahmen einzugrenzen.

Für die Security in SR40 gilt die prTS 50701. Basierend auf den darin definierten Grundprinzipien wird das nachfolgend dargestellte Modell propagiert.

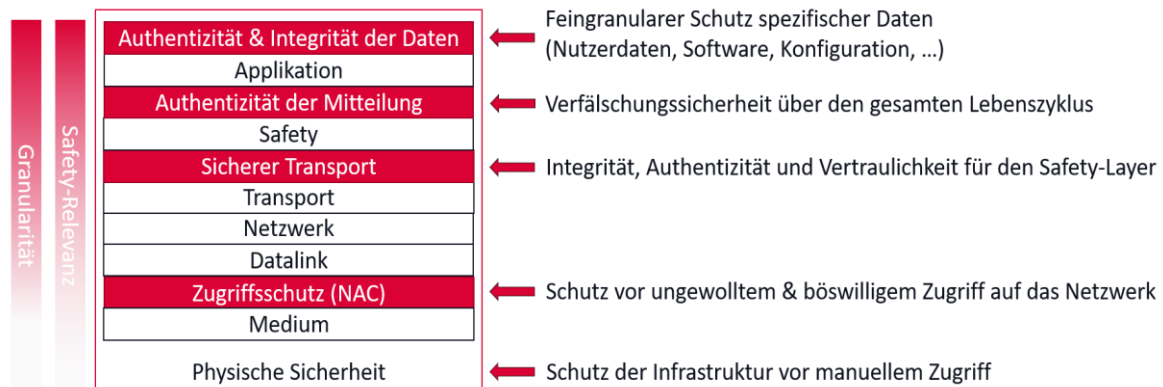


Abbildung 33: «Security in depth» durch Anwendung auf allen Ebenen

Im weiteren Verlauf muss einerseits die Akzeptanz dieses Modells geschaffen werden und andererseits auch dessen Machbarkeit im Spannungsfeld zwischen Security und Safety aufgezeigt werden. Die als machbar erhärteten Konzepte können den Projekten nach dem Muster von SR40 Commons als Bausteine dienen.

4.3.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Dieses Modell und insbesondere die anwendungsseitigen Securitymassnahmen kollidieren mit der aktuellen Spezifikation (BL3 Release 3) des EULYNX «Point of Service Signalling» (PoS Signalling; äquivalent Service Access Point). Dieser soll ein Netzwerk der Kategorie 2 anbieten und so die Security ans Übertragungsnetz delegieren.

In den betroffenen Clustern (Architektur, Security) konnte für Baseline 4, welche im 2020 erarbeitet wird, unser Bedürfnis eingebracht werden. Zur Diskussion steht im Rahmen von EULYNX die Entwicklung eines auf den Resultaten des Projekt Haselnuss (siehe [REF 7]) basierenden Prototypen und der damit einhergehenden Nachweisführung. Der konkrete Rahmen muss Stand Q3/2019 noch definiert werden.

4.3.4 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Abgesehen von der DB Netz AG besteht unter den EULYNX Partnern kein Bedürfnis, die Security auf Netzwerke der Kategorie 3 auszurichten. Obwohl die Lösung der DB aktuell mittels VPN die Compliance zur aktuellen Baseline 3 von EULYNX sicherstellt, ist Interesse an einer Zusammenarbeit erkennbar.

Um die Interessen von SR40 in EULYNX voranzutreiben, muss das Thema mit hoher Priorität bearbeitet werden. Je eher Resultate vorliegen, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, die erforderlichen Anpassungen an den Spezifikationen in Baseline 4 umsetzen zu können. Die dafür erforderlichen Ressourcen konnten per Anfang Q4/2019 verpflichtet werden. Das Augenmerk ist vor allem auf die Risikoanalyse als zentrales Werkzeug zur Beurteilung der Betriebssicherheit zu legen.

4.3.5 Auswirkungen auf das Unternehmen

Sollte es nicht möglich sein, die EULYNX Spezifikationen an die Bedürfnisse von SR40 anzupassen, besteht das Risiko, dass die Forderung zur Einhaltung der Anwendungsbedingungen eines Netzwerks der Kategorie 3 nicht gehalten werden kann. Wie mit diesem Szenario umgegangen werden könnte, muss noch genauer untersucht und mit Fokus auf einen optimalen Lebenszyklus der Systeme abgewogen werden.

4.4 Architektur TMS

4.4.1 Ausgangslage und Ziele

Das Teilprojekt TMS Architektur hat zum Ziel, basierend auf den ermittelten Anforderungen das Detailkonzept der Vernetzung zu entwickeln. In einem iterativen Prozess sollen mögliche Lösungsvarianten präsentiert und einander gegenübergestellt werden. Die finale Version soll dann sowohl den Entscheidungsprozess als auch die favorisierte Lösung dokumentieren.

Das Traffic Management System TMS wird zwecks Redundanz in mehreren Datenzentren der Open Telekom Cloud betrieben werden. Als funktional übergeordnetes Element wird TMS via TMS Plan Execution (TMS-PE) die Vorgaben ans Advanced Protection System (APS) liefern. Dem entsprechend ist ein zentrales Element dieser Architektur ist somit die Vernetzung der Rechenzentren der Enterprise Application Platform mit jenen der Safe Datacenter Application Platform.

4.4.2 Technische Konzeption

Als Ausgangslage dient das bereits bestehende Konzept für die Anbindung von Datenzentren mit Datacom NG. Da die Arbeit am Konzept erst per Anfang Q4/2019 gestartet wurde, liegen noch keine detaillierteren Informationen vor.

4.4.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

In Zusammenarbeit mit dem Handlungsfeld Technologiestack von TMS konnte ein grosser Teil der Anforderungen bis zum geforderten Zeitpunkt Ende Q3/2019 definiert werden. Für die Übergabe an die Architektur reicht der aktuelle Stand aus. Noch unscharfe Parameter sollen als solche gekennzeichnet werden, damit die Architektur darauf eingehen kann.

4.5 Architektur Safe Datacenter

4.5.1 Ausgangslage und Ziele

Das Safe Datacenter ist die Betriebsumgebung des Advanced Protection System (APS). Gegenüber einem «normalen» Rechenzentrum soll dieses den Anwendungen eine betriebssichere Anwendungsplattform anbieten. Der aktuelle Lösungsansatz sieht den Einsatz von explizit auf diesen Anwendungsfall ausgerichteten Industrielösungen vor. Um die Bindung an einen spezifischen Anbieter zu verhindern soll nun aber eine generische Anwendungsschnittstelle (API) entwickelt und spezifiziert werden. Aus Sicht Datennetz hat dies den Vorteil, dass sich die Anforderungen von den aktuell zur Verfügung stehenden Systemen ableiten lassen.

Unabhängig von der Anwendungsplattform ist die Ausgangslage bezüglich möglicher Betriebsstandorte. Zwecks Verfügbarkeit sollen zwei geographisch ausreichend separierte Rechenzentren im Aktiv-Aktiv Modus betrieben werden. Hinzu kommt ein passives Rechenzentrum an einem dritten Standort. Da die Standorte noch nicht abschliessend definiert werden können, werden anhand von Annahmen verschiedene Szenarien betrachtet.

Nach aussen werden die Standorte sowohl mit der Open Telekom Cloud (OTC), den Aussenanlagen (Object Controller) sowie den FRMCS Sendeanlagen vernetzt. Für die letzteren zwei Teilnetze wird die Architektur in den jeweiligen Teilprojekten erarbeitet.

Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist wiederum die Entwicklung der Netzwerkarchitektur sowie die Erhärtung und Spezifikation des initial definierten SAP 5.

4.5.2 Technische Konzeption

Als Basis dient auch hier das Konzept für die Erschliessung von Rechenzentren seitens Datacom NG. Dieses sieht aktuell aber noch keine Anbindung an Rail Data vor, was beim Safe Datacenter aber mindestens für die Schnittstelle zum Object Controller Netzwerk eine zwingende Voraussetzung ist.

Da die Bearbeitung dieses Arbeitspakets seitens Architektur erst per Anfang Q4/2019 startet, können hier keine detaillierteren Angaben gemacht werden.

4.5.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die Anforderungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Projekt Safe Datacenter erarbeitet und können so an die Architektur übergeben werden. Bis Februar 2020 soll durch SBB Telecom ein Grobkonzept erarbeitet werden.

4.6 Architektur OC-Erschliessung

4.6.1 Ausgangslage und Ziele

Für die Ansteuerung der Aussenanlagen sollen in Zukunft sogenannte Object Controller (OC) zum Einsatz kommen. Dabei steht die Bezeichnung Object Controller gemäss den aktuellen Konzepten für die logische Funktion und nicht für eine Appliance. Für letztere wird der Begriff OC Cluster verwendet, was verdeutlichen soll, dass auf einer solchen Appliance 1 – n logische Ocs betrieben werden können.

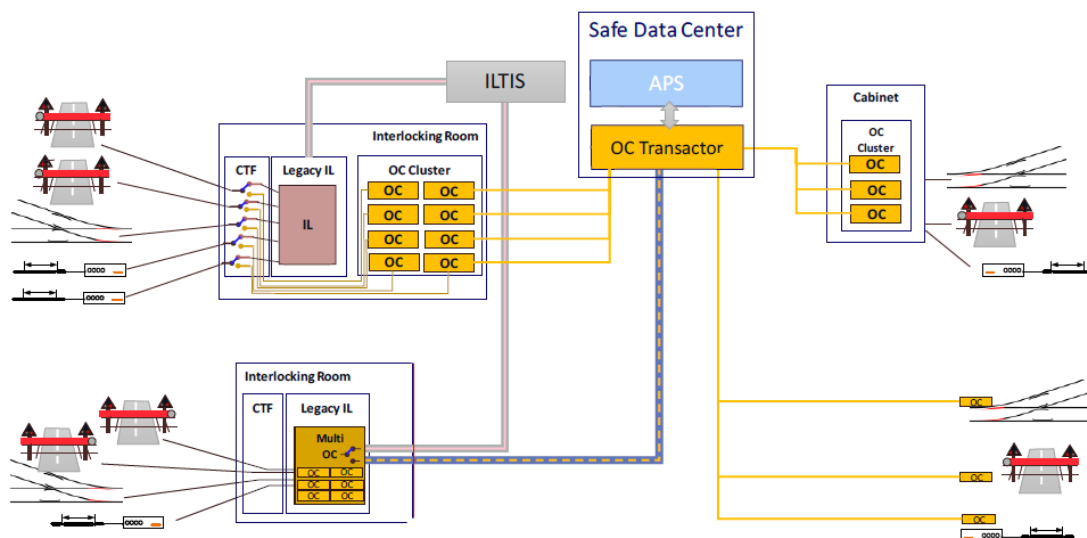


Abbildung 34: Übersicht Standorte und Erschliessung der Object Controller

In den Anforderungen an die Vernetzung der OC Cluster wurden drei Service Access Points (SAP) definiert. Diese folgen der Tatsache, dass OC Cluster als Ersatz oder Update der bestehenden Stellwerke in Stellwerksräumen aber auch in Technikschränken oder auf der Anlage selbst verbaut werden sollen. Als Gegenstelle wird der Fixed Object Transactor (FOT) des APS agieren sowie die Server für Diagnose, Fernwartung und -konfiguration.

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden die Anforderungen seitens OC resp. OC Cluster adressiert. Selbstverständlich gilt es die SAPs 4 und 5 in den Rechenzentren ebenso zu beachten, dabei kann aber vereinfachend gesagt werden, dass diese entsprechend skaliert die Anforderungen des OC Netzwerkes erfüllen müssen.

Da die Kommunikation der Object Controller auf den Spezifikationen von EULYNX aufbaut, müssen auch die daraus hervorgehenden Vorgaben an die Service Access Points eingehalten werden.

Aufgrund der grossen Menge an erforderlichen Anschlusspunkten werden kostenmässige Unterschiede stärker ins Gewicht fallen und sollen darum zur Beurteilung der vorgeschlagenen Architekturvarianten genauer untersucht werden.

4.6.2 Technische Konzeption

Das OC Netzwerk basiert auf dem redundanten Netzwerk für Bahnanwendungen Rail Data.

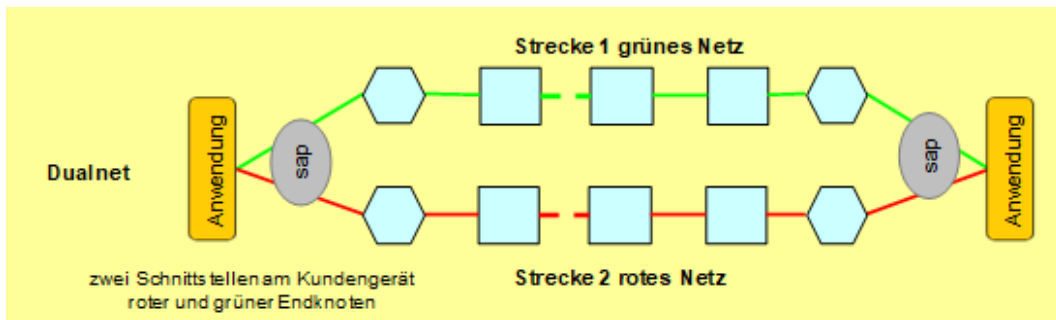


Abbildung 35: Schematische Darstellung der redundanten Erschliessung mit Dualnet

Wie in obenstehender Abbildung ersichtlich, werden die SAPs mit Dualnet erschlossen, stellen also sowohl die Redundanz sowie aufgrund der strikten Trennung der Netze auch die Rückwirkungsfreiheit an den Anschlusspunkten sicher. Für die Erschliessung der verschiedenen Standorte wurden mehrere Ebenen definiert, für welche unterschiedliche Konzepte zum Einsatz kommen werden.

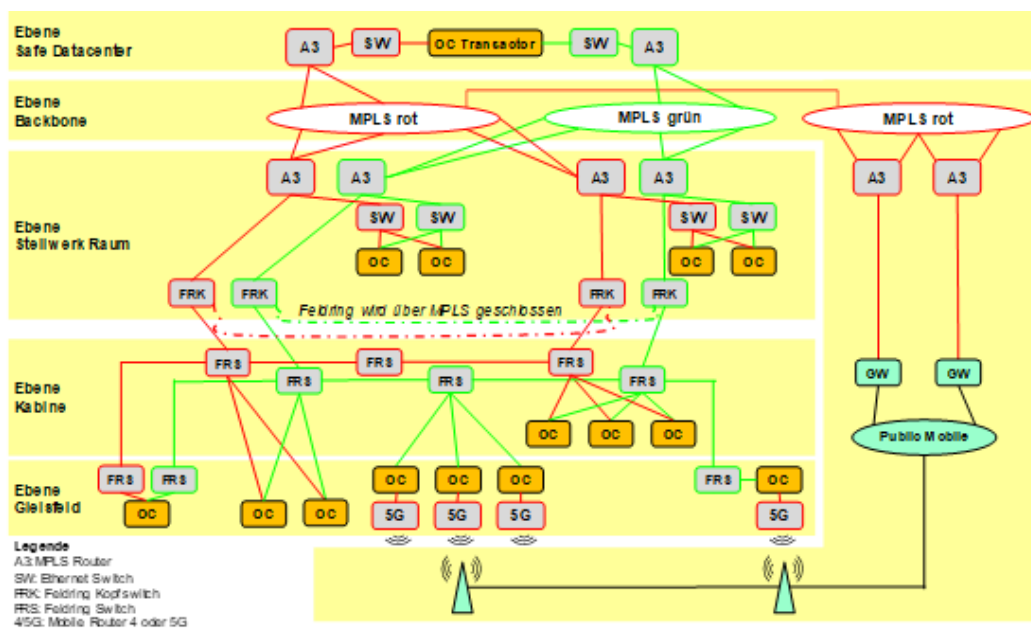


Abbildung 36: Schematische Darstellung der redundanten Erschliessung mit Dualnet

Währendem die Anbindung der Stellwerksräume höchstens den Ausbau der bestehenden Infrastruktur bedingt, müssen Kabinen, Technikschränke und einzelne OC Cluster komplett neu erschlossen werden. Die aktuelle Architektur sieht dafür eine Lösung mit Feldringen vor, wie sie im Konzept für die Erschliessung von Tunnels beschrieben wird. Da das Bedürfnis für die Erschliessung dieser Standorte von SR40 getrieben wird, werden die Kosten vom Auftraggeber getragen. Diese müssen basierend auf dem vorliegenden Konzept genauer untersucht und als Entscheidungsgrundlage aufbereitet werden.

4.6.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Dieses Arbeitspaket ist am weitesten fortgeschritten. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass bereits Anfang 2019 konkrete Anforderungen feststanden. Nach einigen konzeptionellen Anpassungen seitens OC mussten die Anforderungen entsprechend nachgeführt werden. Die daraus resultierenden Vereinfachungen reduzieren aber vor allem die Variantenvielfalt und lösen bis dahin unklare Punkte.

4.6.4 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Im weiteren Verlauf müssen nun die Kosten für die Erschliessung des SAP3 mittels Feldring untersucht werden. Der Ansatz, dies am konkreten Beispiel der Erprobungsstrecke zu tun, erscheint auf den ersten Blick als sinnvoll. Dem gegenüber steht die Tatsache, dass gerade dort nur relativ wenige Installationen auch wirklich ersetzt werden. Da für die weitere Planung das gesamte Investitionsvolumen interessant ist, müssen darum wohl eher alle zu erschliessenden Standorte betrachtet werden. Da es sich nach den aktuellsten Konzepten vor allem um die ~1000 Bahnübergänge handelt, scheint dies auch machbar zu sein.

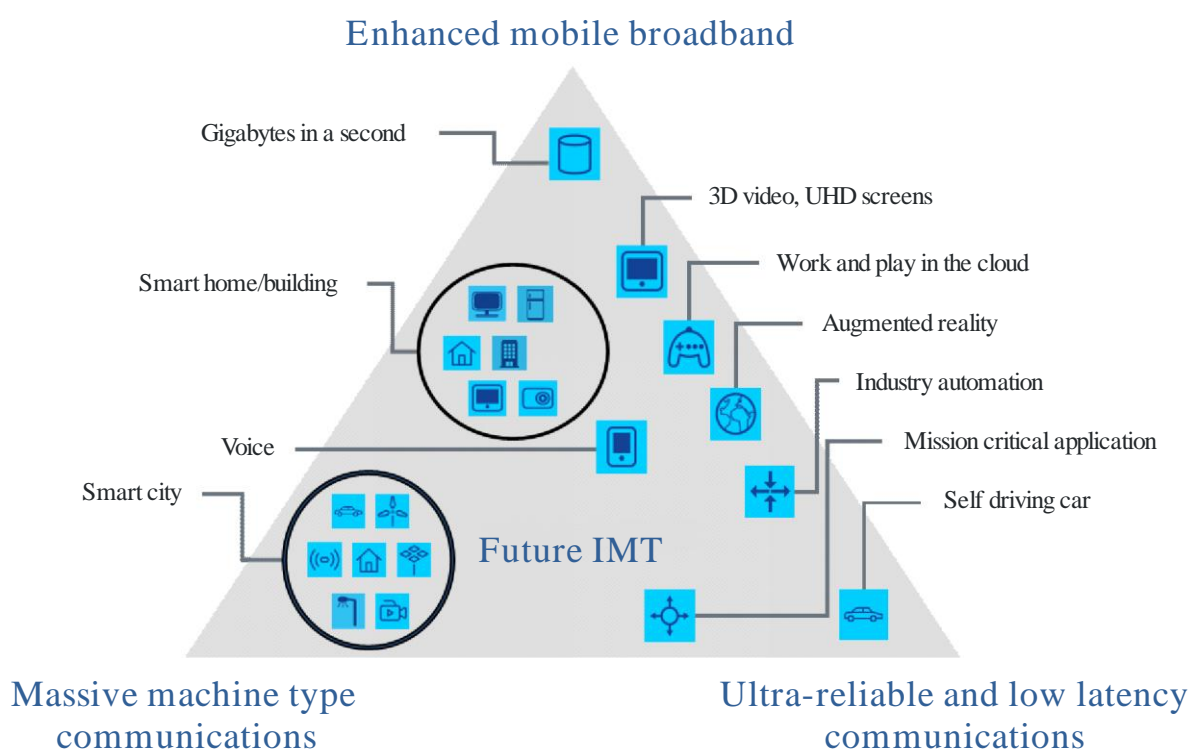
4.6.5 Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke

Wie im vorangehenden Absatz bereits erwähnt, wäre sowohl die Aufwandabschätzung als auch die Erprobung der vorgeschlagenen Varianten an der Erprobungsstrecke äusserst wünschenswert. Insbesondere für die technische Erprobung sollte dieser Ansatz weiterverfolgt werden und in die Planung der Erprobungsstrecke mit einfließen.

4.7 Architektur FRMCS-Erschliessung

4.7.1 Ausgangslage und Ziele

Die Ablösung von GSM-R durch FRMCS ist hinsichtlich der Telecom-Infrastruktur ein Paradigmenwechsel. Für Mobilfunksysteme bis zur vierten Generation stellten dedizierte Appliances die Funktionalität des Systems bereit. Mit der fünften Generation wurde diese harte Bindung zwischen Funktion und Hardware aufgebrochen und in eine serviceorientierte Architektur überführt, welche auf gängiger Rechenzentren-Technologie basiert. Dadurch kann die Architektur des Radio Access Network (RAN) auf die Anforderungen der jeweiligen Anwendungsfälle ausgerichtet werden.



M.2083-02

Abbildung 37: Anwendungsfälle 5G Mobilfunk (Quelle: ITU-R Rec. M.2083)

Für Critical Communication liegt die Ausrichtung auf *Ultra-reliable and low latency communications (URLLC)* auf der Hand. Dem gegenüber stehen Performance Communication für Businessanwendungen der Bahn sowie die Fahrgastversorgung, welche in Richtung *Enhanced mobile broadband (Embb)* ziehen. Die Ausrichtung auf die Anwendungsfälle wird u.A. durch das gezielte physische Positionieren der virtuellen Netzwerkfunktionen erreicht, was seinerseits Einfluss auf Bandbreite und Latenz bei der Erschliessung der Sendeanlagen hat.

Die erforderlichen Grundlagen für die Definition der RAN-Architektur und des funktionalen Splits zwischen Core und Radio Access Network werden im Rahmen der Architektur und Technik wie in Kapitel 2.7 «Architektur und Technik» erarbeitet. Davon lassen sich die konkreten Anforderungen an das Transportnetz ableiten.

Parallel dazu soll anhand verschiedener Szenarien bezüglich Standortwahl sowie Bandbreiten- und Latenzanforderungen eine erste grobe Netzwerkarchitektur entwickelt und gegebenenfalls durch PoCs im Feld verifiziert werden.

In einem iterativen Prozess sollen die Erkenntnisse aus beiden Bereichen eine schrittweise Annäherung an den effektiven Anforderungen sowie die daraus resultierenden Aufwände ermöglichen.

4.7.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die maximalen Anforderungen der unterschiedlichen RAN-Architekturen wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht (siehe auch Kapitel 2.5.2 «Status, Zielerreichung und Ergebnisse»). Diese zeigt auf, dass das aktuelle Datennetz Datacom NG mittels verhältnismässig geringfügiger Erweiterungen (z.B. Dienst für die höchstpräzise Zeitsynchronisation) als Basis für FRMCS genutzt werden kann.

Einschränkungen gibt es bezüglich der RAN Architektur. So werden insbesondere die Latenz- aber auch Bandbreitenanforderungen eines zentralisierten RAN nicht unterstützt bzw. die Auswahl auf das eher klassische, verteilte RAN (D-RAN) eingeschränkt.

Die grundsätzliche Machbarkeit zeigt aber auf, dass eine Untersuchung möglicher Erschliessungsszenarien auf Basis von Datacom NG möglich ist und somit angegangen werden kann.

4.7.3 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Die beschriebene Abhängigkeit in Kapitel 2.7 «Architektur und Technik» bezüglich konkreter Anforderungen soll nicht zu einer Verzögerung führen. Die beschriebene, parallele Vorgehensweise soll eine möglichst grosse Entkopplung der Teilprojekte herbeiführen und beiden Seiten die grösstmögliche Flexibilität ermöglichen. Das Risiko des Auseinanderlaufens soll durch eine regelmässige Abstimmung der Erkenntnisse in den cross-functional Teams adressiert werden.

4.7.4 Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke

Wie aus der Machbarkeitsstudie hervorgeht, ist das aktuelle Datennetz nur eingeschränkt geeignet für die Erschliessung der Sendeanlagen. Gemäss aktueller Planung soll dieses zwischen 2026 und 2028 ersetzt werden. Vergleicht man diesen Zeitplan mit dem Rollout von SR40, fällt auf, dass die Rollouts recht ungünstig überlappen. So fällt die Inbetriebnahme von FRMCS auf der Erprobungsstrecke ungefähr mit dem Start des Rollouts des neuen Datennetzes zusammen.

Es sollte daher geprüft werden, welche Opportunitäten sich aus einem gemeinsamen Pilotsystem ergeben könnten. Als wesentlicher Vorteil für FRMCS ist sicher die entfallende Migration der Services zu nennen. Für das Datennetz wiederum könnte eine Pilotphase mit einem der gewichtigsten Treiber wesentliche Erkenntnisse für den Rollout liefern.

4.8 Migration Transportnetz

4.8.1 Ausgangslage und Ziele

Das Transportnetz soll während der Erprobung auf dem bestehenden Datennetz Datacom NG (DC-NG) von SBB Telecom aufbauen. Aktuell kann davon ausgegangen werden, dass DC-NG in dieser Phase den Anforderungen von SR40 genügen wird. Dies folgt aus den aus dem Teilprojekt Anforderungen Transportnetz (siehe Kapitel 4.2 «Anforderungen Transportnetz») bereits erhobenen, nicht funktionalen Anforderungen.

Für die Phase des Rollouts von SR40 auf die isolierten Einzelstrecken ist zu erwarten, dass Datacom NG bereits durch seinen Nachfolger AINET abgelöst ist. Für die Konzeption von AINET ist demnach analog FRMCS eine gemeinsame Erarbeitung seitens SR40 und Telecom SBB erforderlich. Daraus ergibt sich, dass die Migration im Rahmen des Generationenwechsels des Datennetzes erfolgt und nicht ausschliesslich durch SR40 getrieben wird.

Es erscheint daher sinnvoll, die Services für AINET zu entwickeln und allfällige Einschränkungen während der Übergangsphase mit Datacom-NG punktuell zu adressieren.

4.8.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Eine detaillierte Betrachtung der Migrationsthematik ist zum gegebenen Zeitpunkt nicht möglich. Sobald die Architektur der Teilnetze und die daraus resultierende Spezifikation der „Service Access Points“ vorliegen, kann die Arbeit an diesem Thema aufgenommen werden.

5 Übergreifende Arbeitspakete

5.1 Security

5.1.1 Ausgangslage und Ziele

Wie im Kapitel 2.1.3 «Safety-Relevanz» beschrieben, trägt das Übertragungssystem nicht zum Schutz der übertragenen Daten bei. Dem gegenüber steht der Schutz der Infrastruktur selbst. Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Übertragungssystems können nur dann in einem definierten Rahmen sichergestellt werden, wenn die Infrastruktur vor unbeabsichtigter oder auch böswilliger Interaktion geschützt wird.

Als Basis dienen die bereits bestehenden Konzepte zum Schutz des Datennetzes Datacom NG seitens SBB Telecom sowie die Schutzmassnahmen der Mobilfunkinfrastruktur gemäss deren Spezifikationen. Im Rahmen des Projektes sollen Lücken identifiziert und mittels geeigneter Konzepte adressiert werden.

5.1.2 Technische Konzeption

Der Schutz vor unbeabsichtigter und/oder böswilliger Interaktion mit der Infrastruktur kann und soll auf mehreren Ebenen umgesetzt werden. Als Basis dient der physische Zugangsschutz. Da dieser nicht vollumfänglich gewährleistet und durch gezielte Massnahmen überwunden werden kann, sind weiterführende Massnahmen an der Infrastruktur selbst unabdingbar.

Mobilfunk

Das Design des neuen Bahn-Mobilfunksystem FRMCS basiert auf einer strikten Trennung der Ebenen Transport, Service und Applikation. Im Rahmen dieses Teilprojektes wird der Schutz der Infrastruktur der Transportebene betrachtet. Im Gegensatz zu GSM-R ist die Transportebene nicht an ein Übertragungssystem gebunden (bearer flexibility). Aktuell kann aber davon ausgegangen werden, dass dafür Mobilfunksysteme der vierten und vor allem fünften Generation genutzt werden. Die detaillierte Konzeption der FRMCS Infrastruktur wird im Rahmen des Projektes Connectivity erarbeitet. Nebst der technischen Konzeption werden darin auch hoheitliche Themen behandelt, welche den Handlungsspielraum bezüglich Securitymassnahmen beeinflussen.

Zum gegebenen Zeitpunkt stehen für eine detaillierte Analyse bestehender und weiterführender Massnahmen nicht ausreichend Informationen zur Verfügung.

Datennetz

Im Rahmen der Entwicklung des aktuellen Datennetzes der SBB Telecom (Datacom NG) wurde ein umfassendes Security-Konzept erarbeitet. Dieses befasst sich sehr detailliert mit den Schutzbedürfnissen der Infrastruktur und den zu deren geeignetem Schutz erforderlichen Massnahmen. Es dient wie bereits erwähnt als Basis. Nebst der Identifikation allfälliger Schwachstellen soll auch der Stand der Umsetzung untersucht werden.

5.1.3 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Per 31.12.2019 wird das aktuelle Securitykonzept von Datacom NG konsolidiert und an die aktuellsten Gegebenheiten angepasst. Im redundanten Netz für Bahnanwendungen Rail Data ist kein technischer Zugriffsschutz implementiert. Da in Zukunft abgesetzte Aussenanlagen (z.B. Bahnübergang, Gleisfreimelder, ...) mittels Object Controller direkt ans Datennetz angebunden werden, reicht der verbleibende physische Zugriffsschutz nicht mehr aus. Im Auftrag von SR40 wurde von SBB Telecom und United Security Providers ein Konzept für den Zugriffsschutz (Network Access Control, NAC) nach IEC802.1X erarbeitet. Aktuell werden Anwendbarkeit und Kosten des Konzeptes untersucht und für die Entscheidung seitens SR40 aufbereitet.

5.1.4 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Analyse Zugriffsschutz Mobilfunknetz

Wie bereits erwähnt konnte das Mobilfunknetz noch nicht untersucht werden. Eine Möglichkeit dies parallel zur Konzeption zu tun wäre die Betrachtung der aktuellen Infrastruktur an der Teststrecke am Walensee. Da es sich dabei aber um Infrastruktur eines öffentlichen Anbieters handelt, müsste der Rahmen erst genauer definiert werden.

Review und Approval DC-NG Security-Konzept durch SR40 FQT-SEC

Das überarbeitete DC-NG Security-Konzept muss durch die SR40 Querschnittsfunktion Security überprüft und als anwendbar qualifiziert werden. Dies wird nach dessen Fertigstellung im ersten Quartal 2020 erfolgen.

5.1.5 Bezug zu Test-, Erprobungsstrecke

Wie bereits im vorangehenden Absatz erwähnt könnte die Mobilfunk-Infrastruktur im Testkorridor am Walensee für eine gezielte Untersuchung des Schutzniveaus genutzt werden.

5.1.6 Auswirkungen auf das Unternehmen

Die Einführung des Zugriffsschutzes in Rail Data könnte potenziell zu einem Interessenkonflikt mit dem Management der Plattform führen (Einfluss des Systems auf die Verfügbarkeit und somit auf die generische Typenzulassung). Da aktuell nicht von einer Eskalation auszugehen ist, kann das Konzept ohne zusätzliche Massnahmen weiterverfolgt werden.

5.2 RAM(S)

5.2.1 Ausgangslage und Ziele

Die Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltung von «Connectivity» werden durch den RAM Manager „Connectivity“ gesamtheitlich für die Übertragungssysteme Mobilfunknetz «FRMCS», Transportnetz und die «Telecom on board Architecture» Fahrzeugausrüstung wahrgenommen.

Die RAM Anforderungen für «Connectivity» seinerseits werden aus den übergeordneten SR40 RAM Anforderungen abgeleitet.

Die Gewährleistung, dass die zu konzipierenden Netzwerklösungen die RAM Anforderungen von SR40 ausreichend erfüllen, ist das primäre Ziel. Initial wird der RAM Managementprozess für den spezifischen Fall «Connectivity» basierend auf den CENELEC Normen definiert und stellt sicher, dass die technischen Lösungen den RAM Anforderungen entsprechen. Die Lieferobjekte dieses Teilprojekts sind:

- die Beschreibung des RAM-Managementprozesses zur Gewährleistung, dass die technischen Lösungen konform zu den RAM Anforderungen entwickelt werden, respektive als Endprodukt die Anforderungen erfüllt sind.
- die detaillierten RAM Anforderungen, zugeteilt auf die Systeme von Connectivity als Input für die technische Spezifikation der Systeme.
- die Spezifikation der Bedingungen an die Anwendungen (AWB) für den Gebrauch der Dienste der Übertragungssysteme von «Connectivity».

Die technischen Konzepte selbst sind nicht Gegenstand dieses übergeordneten Arbeitspakets. Sie werden basierend auf den hier festgelegten Anforderungen und entsprechend dem definierten RAM-Prozess im Bereich Architektur/Technik respektive Rollout entwickelt und implementiert.

Zusätzlich muss untersucht werden ob und gegebenenfalls wie «Connectivity» oder Teilbereiche relevant für die Sicherheit der Eisenbahnanwendungen sind. Diese Frage wurde bereits geklärt (siehe Kapitel 5.2.3 «Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen»)

5.2.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Die RAM-Anforderungen an die Connectivity Übertragungssysteme sind so hoch und eminent für SR40, dass die Entwicklung und Implementierung der «Connectivity» Übertragungssysteme nach CENELEC Methodik (angepasster RAM(S)-Managementplan) erforderlich ist. Deshalb wurde für das RAM Management externe Spezialisten beauftragt. Aktuell erarbeiten sie basierend auf den Vorgaben des RAM-Management SR4.0 die Planung für den RAM bezüglich Connectivity. Die Lieferobjekte (siehe Kapitel 5.2.1 «Ausgangslage und Ziele») sind auf Ende Juni 2020 terminiert.

5.2.3 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Naturgemäss weist das Vorhaben im aktuellen Stadium noch viele offene Punkte und Herausforderungen auf. Explizit hervorgehoben werden die Aspekte

- Abhängigkeit Transportnetze, insbesondere dass während der 1. Phase des Rollouts SR40 ein neues Datentransportnetz gebaut wird und bereits angeschlossene SR40 Systeme (Stellwerke, FRMCS, etc.) migriert werden müssen.
- Komplexität der heutigen und sicher auch zukünftigen Bahnkommunikationsarchitektur. Dieser Umstand ist eingehend im Kapitel 2.8 «Migration FRMCS» beschrieben.
- Festlegung der Anwendungsbedingungen insbesondere an die Stellwerke und die fahrzeugseitige Kommunikationsausrüstung. Es ist davon auszugehen, dass dieser Prozess iterativ erfolgen wird, da die internen Konzepte sowie die Standardisierung über den Zeithorizont der Konzeption «Connectivity» (Ende 2020) hinausgehen werden.

5.3 Betriebliche Anforderungen

5.3.1 Ausgangslage und Ziele

Die Art und Weise des Betriebs der künftigen Connectivity-Systeme wird sich grundlegend ändern. Der Betrieb der künftigen 5G basierten FRMCS-Technologie ist nicht zu vergleichen mit dem Betrieb der heutigen 2G basierten GSM-R Technologie. Mit der «Virtualisierung» der Dienste werden nicht mehr «Boxen» aus Hard- & Software betrieben, sondern es werden eine Cloud-Infrastruktur und Services betrieben. Dementsprechend verändert sich auch die Tool-Landschaft. Vor diesem Hintergrund stellt sich dann auch die Frage nach der Wertschöpfungstiefe bei den jeweiligen Themenbereichen.

Mit dem Teilprojekt «Betriebliche Anforderungen» sollen entsprechend die betrieblichen Anforderungen an den zukünftigen Betrieb einer leistungsfähigen und zuverlässigen modernen Mobilfunk-Plattform aufgenommen werden und soweit möglich die Entscheidungsgrundlagen für eine Richtungsentscheid bezüglich Wertschöpfungstiefe aufgenommen werden.

5.3.2 Status, Zielerreichung und Ergebnisse

Im Rahmen von mehreren bereichsübergreifenden Workshops wurden die relevanten Themengebiete erhoben, welche während der Konzeptphase bearbeitet werden müssen. Die daraus abgeleiteten Arbeitspakete wurden grob beschrieben. Für die meisten Arbeitspakete konnten auch die Verantwortlichkeiten definiert werden. Aus der nachstehenden Tabelle sind die Arbeitspakete und die Verantwortlichkeiten ersichtlich:

Themengebiet	Verantwortlich
• Ausgangslage System-/ Service-Definition als Arbeitshypothese dokumentieren	Daniel Grünig
• Input für Business Case (OPEX)	Daniel Grünig
• Künftige Herausforderungen (Knowhow/ Skills; Change Management; resultierender Ressourcen-Bedarf)	Marcel Kühni
• Wertschöpfungstiefe (Grundsatzaussage zu Betrieb von strategischen Assets)	Daniel Grünig
• B2B Integration von Service Providern (Soll z.B. das Netz des Service Providers wie Swisscom, Sunrise oder Salt mit überwacht werden?)	Bruno Reichen
• Aussage zu möglichen Synergien bzgl. Betrieb mit MSK (Mobile Sicherheitskommunikation) => z.B. für Core	Robert Badertscher
• Aussage zu möglichen Synergien bzgl. Betrieb mit anderen Bahnen => z.B. für Core	Walo Kernen
• Netz-Zustands-Überwachung (z.B. QoS-Überwachung ab Fahrzeug für Inbetriebnahmen)	Roland Tresch
• Migration Betrieb GSM-R zu FRMCS (Parallel-Betrieb in der Übergangsphase)	Per Nygaard
• Entwurf für betriebliche Anforderungen für Ausschreibungen (Systemlieferant und Service Provider) als Basis für Lastenheft	Per Nygaard
• Betriebliche Relevanz der Redundanz (Redundanzanforderungen aus Betrieb, die beim architektonischen Design berücksichtigt werden müssen)	Marcel Kühni
• Anforderungen an IBN/ Service Migration	Peter Reber

5.3.3 Offene Punkte, Abhängigkeiten, Herausforderungen und Massnahmen

Die Arbeitspakete sind erst grob beschrieben und müssen nun hinsichtlich Lieferergebnisse, Terminplanung und benötigten Ressourcen noch weiter konkretisiert werden.

In einem nächsten Schritt müssen die definierten Arbeitspakete adressiert resp. Verantwortlichkeiten und Leads bei den Beteiligten bestimmt und abgeholt werden.

6 Verzeichnisse

6.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Service Acces Points (SAP)	67
---	----

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systemgrenze «Connectivity»	7
Abbildung 2: Projektorganisation	8
Abbildung 3: Meeting-Struktur und Zuständigkeiten	8
Abbildung 4: Vorgehen für die Lösungskonzeption	11
Abbildung 5: Projekttrisikomatrix	12
Abbildung 6: Connectivity Communication Services	14
Abbildung 7: Connectivity im Bahnumfeld	15
Abbildung 8: Grenzen zwischen Bahn- und Fahrgastkommunikation	15
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen offenen Fragen und den eingeleiteten Analysen	17
Abbildung 10: Referenzarchitektur für sicherheitsrelevante Kommunikation	18
Abbildung 11: Vorgehensprozess technische Prüfung	21
Abbildung 12: Anforderungserhebung und -analyse	22
Abbildung 13: Services und zugeordnete Features	23
Abbildung 14: Kapazitäten von GSM-R und FRMCS	25
Abbildung 15: FRMCS High Level Plan	26
Abbildung 16: Anforderungen an die Communication Services	29
Abbildung 17: Laufende Aktivitäten hinsichtlich Kooperationen	30
Abbildung 18: Sharing Optionen mit öffentlichen Mobilfunkanbieter	31
Abbildung 19: Vorgehensplan «Feasibility Study FRMCS»	34
Abbildung 20: Überblick Phase 3	40
Abbildung 21: Vorgehensplan «Feldtests»	41
Abbildung 22: Test-Konfiguration PoC mit Nokia	43
Abbildung 23: FRMCS Basisinfrastruktur	45
Abbildung 24: Funktionale FRMCS-Architektur	46
Abbildung 25: Einbettung in die Systemlandschaft	48
Abbildung 26: 5G Transport Key Drivers	49
Abbildung 27: Schema Basis Radio-Abdeckung	50
Abbildung 28: Schema Fehlertolerante Radio-Abdeckung	50
Abbildung 29: Planung TOBA Arbeitsgruppe	60
Abbildung 30: Funktionale Architektur «Telecom On-Board System»	61
Abbildung 31: Grobplanung Konzeptphase Transportnetz	65
Abbildung 32: Übersicht Vernetzung der SR40 Funktionen	66
Abbildung 33: «Security in depth» durch Anwendung auf allen Ebenen	71
Abbildung 34: Übersicht Standorte und Erschliessung der Object Controller	75
Abbildung 35: Schematische Darstellung der redundanten Erschliessung mit Dualnet	76
Abbildung 36: Schematische Darstellung der redundanten Erschliessung mit Dualnet	76
Abbildung 37: Anwendungsfälle 5G Mobilfunk (Quelle: ITU-R Rec. M.2083)	78

6.3 Referenzverzeichnis

Ref-Nr.	Referenztitel	Link
[REF 1]	Systemarchitektur Polarion SRP-4948	https://trace.sbb.ch/polarion/#/project/SR40_Programm/workitem?id=SRP-4948
[REF 2]	Planungsdokumente Konzeptphase	https://sbb.sharepoint.com/sites/sr40-con/Freigegebene%20Dokumente/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2Fsr40%2Dcon%2FFreigegebene%20Dokumente%2FGeneral%2F102%20%2D%20Projektmanagement%20GPL%2F02%20%2D%20Planung&FolderCTID=0x012000E12EFCECA516F94EA8AB6EEA37ECB475
[REF 3]	Planungsdokumente Entwicklung Rollout	https://sbb.sharepoint.com/sites/sr40-con/Freigegebene%20Dokumente/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2Fsr40%2Dcon%2FFreigegebene%20Dokumente%2FGeneral%2F102%20%2D%20Projektmanagement%20GPL%2F01%20%2D%20Finanzen&FolderCTID=0x012000E12EFCECA516F94EA8AB6EEA37ECB475
[REF 4]	Dokumente Projektrisikomanagement	https://sbb.sharepoint.com/:f:/r/sites/sr40-con/Freigegebene%20Dokumente/General/102%20-%20Projektmanagement%20GPL/08%20-%20Risikomanagement?csf=1&e=AWLvaQ
[REF 5]	Dokumentation Grobkonzept	https://sbb.sharepoint.com/:f:/r/sites/sr40-con/Freigegebene%20Dokumente/General/210%20-%20Gesamtsystem%20-%20Konzept/10%20-%20Grobkonzept?csf=1&e=ghhWYS
[REF 6]	Dokumentation Interviews mit den SR40-Feature- Verantwortlichen (Use Cases)	https://sbb.sharepoint.com/:f:/r/sites/sr40-con/Freigegebene%20Dokumente/General/200%20-%20Gesamtsystem%20-%20Steuerung/20%20-%20Services?csf=1&e=33wEO5
[REF 7]	Projekt Haselnuss – Hardwarebasierte Sicherheitsplattform für Eisenbahn-Leit- und Sicherungstechnik	https://zenodo.org/record/1314095
[REF 8]	FRMCS User Requirements	https://uic.org/IMG/pdf/frmcs_user-requirements.pdf

6.4 Abkürzungen und Definitionen

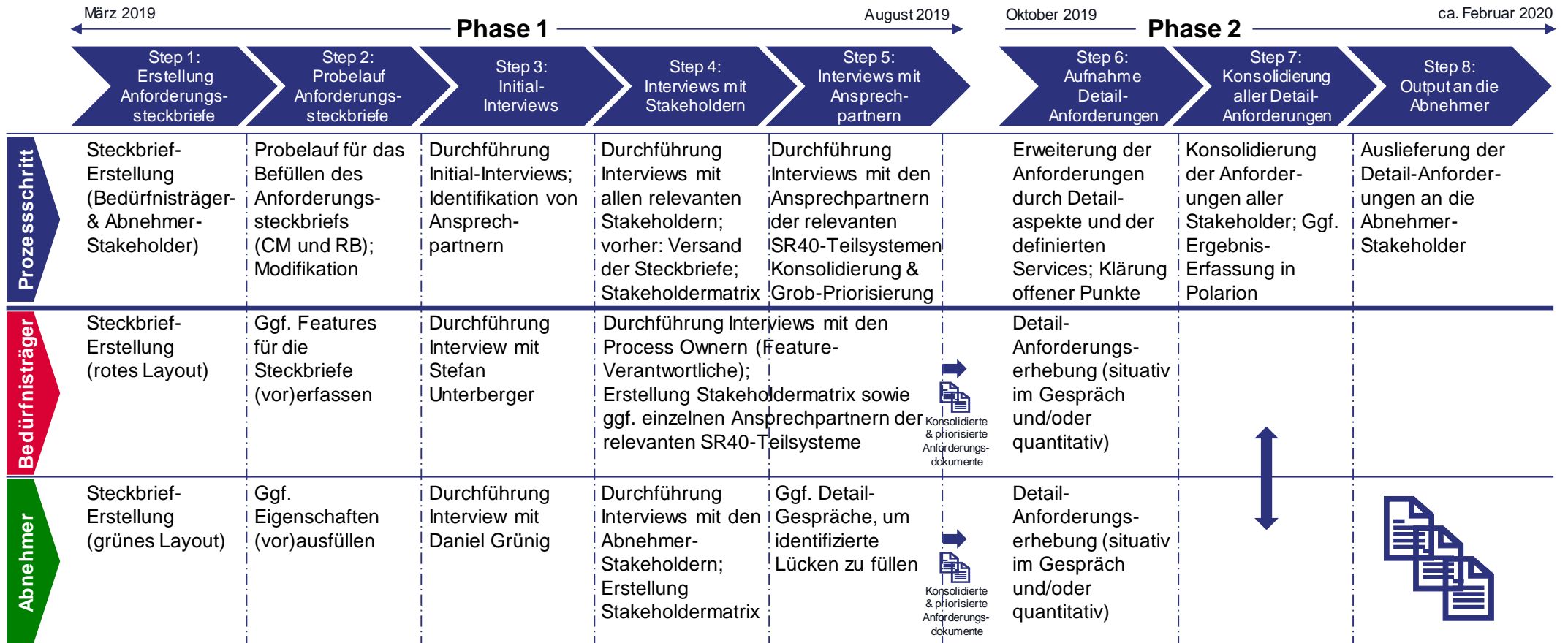
Link zum Glossar: <https://trace.sbb.ch/polarion/#?shortcut=Glossar%20Deutsch>

Abkürzung	Definition / Beschreibung
3GPP	Das «3rd Generation Partnership Project» ist eine weltweite Kooperation von Standardisierungsgremien für die Standardisierung im Mobilfunk; konkret für UMTS, GERAN, LTE und NGN. Die 3GPP wurde am 4. Dezember 1998 von fünf sogenannten Organizational Partners gegründet.
5G-NR	"5G NR (New - Radio) ist eine neue Funkzugangstechnologie (RAT), entwickelt von 3GPP für die 5G (fünfte Generation) Mobilfunknetz. Es wurde als globaler Standard für die Luftschnittstelle von 5G-Netzen entwickelt.
AINET	Nachfolge-Netz von Datacom NG
ATO	Der automatische Zugbetrieb «Automatic Train Operation» besteht aus 5 Automatisierungsstufen (GoA 0 – GoA 4).
BORS	Blaulichtorganisationen
CCS	Control-Command and Signalling ist die Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung. Diese beinhalten alle Ausrüstungen, die erforderlich sind, um die Sicherheit zu gewährleisten und die Bewegungen der Züge zu steuern und zu kontrollieren, die zum Fahren auf dem Netz berechtigt sind.
COAT	CCS Onboard Application Platform for trackside related functions soll eine modulare und standardisierte CCS-Onboard-Architektur sein, die in SR40 entwickelt wird. Es ermöglicht beispielsweise die Implementierung eines EVC oder ATO als reine Softwarelösung.
EIRENE	Nach der Entscheidung zur Einführung von GSM startete die UIC 1992 zusammen mit der EG und den Eisenbahnen ein Projekt mit dem Namen EIRENE (European Integrated Radio Enhanced Network). Ziel dieses Projekts war es, die Anforderungen an Mobilfunknetze festzulegen, die sowohl die Anforderungen der Eisenbahnen erfüllen als auch die grenzüberschreitende Interoperabilität gewährleisten.
EPC	Evolved Packet System (EPS) bezeichnet die Architektur des LTE-Mobilfunkstandards. Es umfasst das Kernnetz (Evolved Packet Core, EPC), die Funknetzwerke (E-UTRAN), die Geräte der Endteilnehmer (UE) und die Dienste. EPS basiert vollständig auf der Paketvermittlung und unterscheidet sich dadurch grundlegend von den älteren UMTS- und GSM-Technologien, die noch Leitungsvermittlung nutzen. Dennoch ist LTE zu diesen kompatibel und kann parallel betrieben werden.
ERA	European Union Agency for Railways
GPRS	General Packet Radio Service, abgekürzt GPRS ist ein „Allgemeiner paketorientierter Funkdienst“ und ist die Bezeichnung für den Dienst zur Datenübertragung in GSM-Netzen.
GSM-R	Global System for Mobile Communications -Rail
HSS	Der Home Subscriber Server (HSS) ist die zentrale Teilnehmer-Datenbank in LTE-Mobilfunknetzen. Die Funktion des HSS entspricht der Funktion des Home Location Registers (HLR) in GSM- oder UMTS-Mobilfunknetzen.
KomTm	Eidgenössische Kommission für Telematik im Bereich Rettung und Sicherheit

MCN	Ist ein Produkt von Nokia welches mit einer vordefinierten, cloud-nativen Compact Core-Lösung mit dem Namen Compact Core auf die branchenweit wichtigsten Anforderungen nach Optimierung, schneller Markteinführung und risikoarmer Bereitstellung reagiert.
MSK	Mobile breitbandige Sicherheitskommunikation
MTC	Manoeuvre Train Control (MTC) ist ein System zur Zugbeeinflussung bzw. Führerstandssignalisierung von Fahrten mit niedrigen Geschwindigkeiten als Ergänzung zu ETCS in von «Full Supervision» nicht abgedeckten Anwendungsfällen. MTC wurde in Funktionsvarianten konzipiert, sodass die Überwachung von Fahrten in niedriger Geschwindigkeit bei bestehenden Technologien (z.B. ETCS L2 mit Gleisfreimeldemittel, ETCS Onboard-Ausrüstung) und die Integration von neuen Technologien (z.B. ETCS L3, genaue Lokalisierung, kostengünstige EVC light Variante) möglich ist.
NISV-QS	Qualitätssicherung zur Einhaltung der Grenzwerte der NISV bei Mobilfunkanlagen. Die Qualitätssicherungssysteme für Mobilfunkanlagen sollen sicherstellen, dass die Mobilfunkanbieter ihre Sendeanlagen bewilligungskonform betreiben und die Grenzwerte der NISV einhalten.
OCORA	Open CCS Onboard Reference Architecture kurz OCORA ist eine Partnerschaft zwischen den Bahnen DB, NS, ÖBB, SNCF und SBB (Stand März 2019). Die Ziele dieser Gruppe sind die Definition einer offenen Fahrzeugarchitektur, die Förderung und Entwicklung von offenen ETCS und Automatic Train Protection Quellinitiativen, die Validierung des Ansatzes sowie die Förderung und Nutzung von OCORA.
RCS	EU Radio Spectrum Committee. Das Funkfrequenzkomitee (RSC) ist für spezifische technische Maßnahmen verantwortlich, die zur Umsetzung der breiteren Frequenzpolitik erforderlich sind. Der RSC besteht aus Vertretern der Mitgliedstaaten und wird von der Europäischen Kommission geleitet.
TMS	Manoeuvre Train Control (MTC) ist ein System zur Zugbeeinflussung bzw. Führerstandssignalisierung von Fahrten mit niedrigen Geschwindigkeiten als Ergänzung zu ETCS in von «Full Supervision» nicht abgedeckten Anwendungsfällen. MTC wurde in Funktionsvarianten konzipiert, sodass die Überwachung von Fahrten in niedriger Geschwindigkeit bei bestehenden Technologien (z.B. ETCS L2 mit Gleisfreimeldemittel, ETCS Onboard-Ausrüstung) und die Integration von neuen Technologien (z.B. ETCS L3, genaue Lokalisierung, kostengünstige EVC light Variante) möglich ist.
TOBA	Telecom On-Board Architecture
TSI	Die TSI sind die anwendbaren Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität. Das sind Technische Vorschriften mit Gesetzescharakter, die von der Europäischen Kommission für den europaweit interoperablen Eisenbahnverkehr festgelegt werden.
UIC	Die UIC (französisch für Union internationale des chemins de fer) ist ein internationaler Verband von Eisenbahnunternehmen.

Anhang A

Vorgehensprozess zur Analyse der Anforderungen Connectivity



Anhang B

Definition möglicher Connectivity Service-Kategorien

	Service 1 Critical Data Apps	Service 2 M2M/Sensor	Service 3 Dispo Services	Service 4 ETCS / ATO / MTC	Service 5 Critical Voice	(Service 6) Video, AR		Service 7 Support Services	Service 8 Normal Voice
Service Category	critical	critical	critical	critical	critical	critical	performance	performance	performance
Band-breite	mittel (ca. 100-500 kbps)	niedrig (ca. 5 kbps)	mittel (ca. 100-500 kbps)	niedrig (ca. 12 kbps)	niedrig (ca. 25 kbps)	hoch (ca. 5000 kbps)	hoch (ca. 5000 kbps)	mittel (ca. 100-1000 kbps)	niedrig (ca. 25 kbps)
Verfüg-barkeit	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	hoch max. Ausfall: 4 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	kritisch max. Ausfall: 1 h / Jahr	mittel max. Ausfall: 12 h / Jahr	mittel max. Ausfall: 12 h / Jahr	hoch max. Ausfall: 4 h / Jahr
Latenzzeit	max. 1 Sek.	max. 10 ms	max. 5 Sek.	gem. Standard	immediate	gem. Standard	gem. Standard	max. 5 Sek.	normal
Ausprägung	<ul style="list-style-type: none"> Trusted connectivity 	<ul style="list-style-type: none"> Trusted connectivity 	<ul style="list-style-type: none"> Trusted connectivity 	<ul style="list-style-type: none"> Trusted connectivity 	<ul style="list-style-type: none"> immediate Setup time Priorized call User-to-User / Multi-user 		<ul style="list-style-type: none"> Trusted connectivity 	<ul style="list-style-type: none"> normal Setup time User-to-User / Multi-user 	
Beispiel-hafte Anwendungsfälle	<ul style="list-style-type: none"> Gleisabbild z. B. Verbindung zur El App (vom mobile device) Steuern und Überwachen von Ausenanlagen (F01) 	<ul style="list-style-type: none"> Erkennung aktueller Elementzustände, herannahenden Bewegungsobjekten usw. (F01) Auslösen Produktionsstopp (F01) GLAT-Service Train integrity Kuppeln und das Entkuppeln von Fahrzeugeinheiten im Stillstand (F06) 	<ul style="list-style-type: none"> TMS-Schnittstelle Für EVU, ISB, Cargo usw. Reisedatenströme lenken; Echtzeit-Fahrinformati-onsdaten (F13, F24) (C-DAS) 	<ul style="list-style-type: none"> Anbindung zu: <ul style="list-style-type: none"> - ETCS - MTC - ATO (GoA 1/2) - (C-DAS) 	<ul style="list-style-type: none"> Railway emergency call On-train outgoing voice communication from the driver towards the controller(s) or vice-versa Shunting voice communication 	<ul style="list-style-type: none"> GoA3/4 aktuell im SR40-Regelbetrieb nicht geplant 	<ul style="list-style-type: none"> Real-time Video GoA3/4 für Spezialfälle (z.B. Abstellungen) vorgesehen 	<ul style="list-style-type: none"> Web-/ Data-service Abwicklung Zusatzleistungen; Initiierung Auf- und Abrüstung (F08) 	<ul style="list-style-type: none"> On-train voice communication On-train voice communication towards passengers (Public Address) All other uncritical voice communications
Ref. zu SR40 Features & RailCom	F01, F06, F07, F18	F01, F04, F06, F07, F17, VAS & Messag. RailCom.	F09, F13, F18, F20, F24, VAS & Messag. RailCom.	F06	F07, F08, F09, F17, F18, F20, RailCom. prio.	F18	F18	F08	F08, F09, F17, F18, F20, RailCom. norm.
Ref. zu UIC URS 4.0	5.11, (5.12), (5.15), (5.16), 5.21, [5.28], [5.31]	5.12, 5.14, 5.15, 5.16, 5.22, 5.29, [6.10!]	6.9!, 6.17!, 6.18!	5.9, 5.10, 5.13, (5.21), (6.17!), (6.18!)	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.15, [5.16], [5.17], [5.18], 5.24, 5.25, [5.26]	[5.27"]	6.13, [6.23], [6.24]	6.12, 6.14, 6.15, 6.19, [6.20], [6.21], [6.22]	6.3, 6.4, [6.5], 6.6, 6.7, [6.8]

Legende:
 [aktuell kein Bedürfnis]
 (Service-Zuteilung optional)
 ! Andere Klassifizierung in URS

