



Expertenbericht zuhanden des Bundes- amts für Verkehr (BAV)

Vom KT smartrail 4.0 verabschiedet am 18. Dezember 2019

smartrail 4.0: Expertenbericht 2019 zuhanden des Bundesamts für Verkehr (BAV)

| | |
|-----------------|---|
| Status | Freigegeben durch Kernteam SR40 am 18.12.2019 |
| Version | Version 14.66 |
| Letzte Änderung | 20. Dezember 2019 |
| Urheberrecht | Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Jegliche kommerzielle Nutzung bedarf einer vorgängigen, ausdrücklichen Genehmigung. |
| Ablage | https://sbb.sharepoint.com/teams/p-230/944/oeffentlich/0060 kommunikation und stakeholder/0010 bav/konzeptbericht 2019/60 veroeffentlichung/sr40_expertenbericht_2019_public.docx |

1. Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Ausgangslage und Ziele des Berichts | 9 |
| 2 | Berücksichtigung der Eckwerte des BAV | 10 |
| 2.1 | Technisch betriebliche Grundlagen | 10 |
| 2.2 | Planung..... | 10 |
| 2.3 | Interoperabilität | 11 |
| 2.4 | Leistungsfähigkeit..... | 13 |
| 2.5 | Systeminfrastruktur..... | 14 |
| 2.6 | Fahrzeugarchitektur..... | 15 |
| 2.7 | Wirtschaftlichkeit..... | 16 |
| 2.8 | RAMS und Security | 17 |
| 2.8.1 | Safety..... | 17 |
| 2.8.2 | RAM..... | 18 |
| 2.8.3 | Security..... | 19 |
| 2.8.4 | Business Continuity Management (BCM) | 21 |
| 2.9 | Rangieren | 21 |
| 2.10 | Rückfallebenen/Redundanzen/Notbetrieb/Evakuations..... | 23 |
| 2.11 | Mensch-Technik-Organisation (MTO)..... | 24 |
| 2.12 | Technische Migration | 25 |
| 2.13 | Finanzierung..... | 25 |
| 3 | Zielbild smartrail 4.0 | 27 |
| 3.1 | Funktionales Zielbild..... | 27 |
| 3.1.1 | Facharchitektur | 27 |
| 3.1.2 | Anforderungen | 28 |
| 3.1.3 | Bahnproduktions-Prozess (End-to-End Prozess)..... | 31 |
| 3.2 | Technisches Zielbild | 33 |
| 3.2.1 | Systemarchitektur | 33 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3 | Ausblick | 36 |
| 4 | Ergebnisse / Zielerreichung Konzeptphase..... | 37 |
| 4.1 | Automatic Train Operation (ATO)..... | 37 |
| 4.1.1 | Ausgangslage und Relevanz..... | 37 |
| 4.1.2 | Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase | 38 |
| 4.1.3 | Ausblick | 42 |
| 4.2 | ETCS Stellwerk (ES) | 46 |
| 4.2.1 | Ausgangslage und Relevanz..... | 46 |
| 4.2.2 | Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase | 47 |
| 4.2.3 | Aufgabenstellung und Umsetzungsstruktur in der Variante 2 «industrielle Einführung» 50 | |
| 4.2.4 | Die Projekte des ES Programms und neue Ergebnisse seit dem Zwischenbericht..... | 54 |
| 4.2.5 | Ausblick | 57 |
| 4.3 | Lokalisierung, Connectivity, Security (LCS) | 59 |
| 4.3.1 | Ausgangslage und Relevanz..... | 59 |
| 4.3.2 | Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase | 60 |
| 4.3.3 | Ausblick | 65 |
| 4.4 | Traffic Management System (TMS) | 68 |
| 4.4.1 | Ausgangslage und Relevanz..... | 68 |
| 4.4.2 | Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase | 69 |
| 4.4.3 | Ausblick | 92 |
| 4.5 | CCS onboard application platform for trackside related functions (COAT)..... | 93 |
| 4.5.1 | Ausgangslage und Relevanz..... | 93 |
| 4.5.2 | Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase | 94 |
| 4.5.3 | Ausblick | 95 |
| 4.6 | End-to-End Integrations- und Testverbund | 96 |
| 4.6.1 | Ausgangslage und Relevanz..... | 96 |
| 4.6.2 | E2E ITV für TMS..... | 97 |
| 4.6.3 | Ausblick | 98 |
| 5 | Zielerreichung smartrail 4.0 | 99 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | Effektivität – Zieldimension Kapazität..... | 99 |
| 5.1.1 | Ausgangslage und Relevanz für smartrail 4.0..... | 99 |
| 5.1.2 | Stand der Arbeiten..... | 99 |
| 5.1.3 | Fazit der Erkenntnisse..... | 104 |
| 5.1.4 | Ausblick weitere Arbeiten im Scope des Projektteams Kapazitätseffekte..... | 105 |
| 5.1.5 | Ausblick weitere Arbeiten ausserhalb des Projektteam Kapazitätseffekte..... | 106 |
| 5.2 | Effektivität – Zieldimension Sicherheit..... | 107 |
| 5.2.1 | Steigerung der Rangiersicherheit..... | 108 |
| 5.2.2 | Steigerung der Baustellensicherheit..... | 109 |
| 5.3 | Effektivität – Zieldimension Verfügbarkeit..... | 109 |
| 5.3.1 | Rechenzentren und andere single points of failures mit netzweiter Wirkung..... | 110 |
| 5.3.2 | Von zunehmender Bedeutung: Security..... | 110 |
| 5.3.3 | Verfügbarkeit der Fahrzeuge..... | 111 |
| 5.3.4 | Verfügbarkeit der Innen- und Aussenanlagen..... | 111 |
| 5.4 | Effizienz – Business Case / WiRe..... | 112 |
| 5.4.1 | Base Case «ETCS L1LS»..... | 112 |
| 5.4.2 | Vergleichscase «SR40 Implementierung»..... | 113 |
| 5.4.3 | Übersicht smartrail 4.0-Business Case..... | 113 |
| 5.4.4 | Ergebnisse der Second Opinion..... | 114 |
| 6 | Programmverfahren und Programmsteuerung..... | 115 |
| 6.1 | Programmhandbuch..... | 115 |
| 6.2 | SR40 Process Model (SPM)..... | 116 |
| 6.3 | Projektplanung..... | 117 |
| 6.4 | Erstellung, Prüfung und Freigabe von Projektanträgen..... | 118 |
| 6.5 | Personalplanung..... | 119 |
| 7 | Personalentwicklung Programm smartrail 4.0..... | 120 |
| 7.1 | Ausgangslage..... | 120 |
| 7.2 | Rekrutierung..... | 120 |
| 7.3 | Smartrail 4.0 Academy..... | 121 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.4 | Nachwuchsprogramm «Career Starter Signalling» bei I-AT-SAZ | 122 |
| 7.5 | Bildungsverantwortung | 123 |
| 7.6 | Ausblick | 123 |
| 8 | Human Factors – Handlungsfelder und Methoden im Dreieck Mensch-Technik-Organisation | |
| MTO | 124 | |
| 8.1 | Ausgangslage und Ziel | 124 |
| 8.2 | Erkenntnisse aus der Konzeptphase..... | 124 |
| 8.3 | Ausblick | 126 |
| 9 | Auswirkung auf die Unternehmen und Mitarbeitenden | 127 |
| 9.1 | Wesentliche Veränderungen der Berufsbilder..... | 127 |
| 9.2 | Wesentliche Veränderungen auf das Business..... | 128 |
| 9.2.1 | Erkenntnisse aus der Konzeptphase..... | 128 |
| 9.2.2 | Übersicht im Bereich Planung | 129 |
| 9.2.3 | Übersicht im Bereich Betrieb | 129 |
| 9.2.4 | Übersicht im Bereich Zugführung | 130 |
| 9.2.5 | Übersicht im Lifecycle Management..... | 130 |
| 9.2.6 | Übersicht im Bereich Projektierung | 131 |
| 9.2.7 | Übersicht im Bereich Bau und Unterhalt | 131 |
| 9.2.8 | Übersicht im Bereich Ausrüstung der Fahrzeuge..... | 132 |
| 9.3 | Befähigung..... | 132 |
| 9.3.1 | Vorgehen für die Befähigung..... | 132 |
| 9.3.2 | Aufwände für die Befähigung | 132 |
| 9.3.3 | Ausblick | 133 |
| 10 | Erprobung und Migration | 134 |
| 10.1 | Erprobungsphase | 134 |
| 10.2 | Migration | 135 |
| 10.2.1 | Migration in drei Schritten..... | 135 |
| 10.2.2 | Abhängigkeiten | 136 |
| 10.2.3 | Randbedingung | 137 |

| | | |
|----|---|-----|
| 11 | Regulation..... | 138 |
| 12 | Kooperationen | 140 |
| | 12.1 Zusammenarbeit Bahnen, Institutionen, Gremien International..... | 140 |
| | 12.1.1 Ausgangslage und Relevanz..... | 140 |
| | 12.1.2 Aktivitäten | 140 |
| | 12.1.3 Stand | 141 |
| | 12.1.4 Ausblick | 142 |
| | 12.2 Zusammenarbeit Forschung..... | 143 |
| 13 | Sourcing Strategie | 144 |
| | 13.1 Zweck und Umfang übergeordnete Grundsätze Sourcing | 144 |
| | 13.2 Rahmenbedingungen und Ziele Sourcing | 146 |
| | 13.3 Ausblick | 146 |
| 14 | Chancen & Risiken | 149 |
| | 14.1 Risikolandschaft mit Risikokategorien per 31.12.19..... | 151 |
| | 14.2 Matrix der grössten Chancen und Risiken per 31.12.2019 | 152 |
| | 14.3 Ausblick | 153 |
| 15 | Glossar | 155 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Abbildung 1: SR40 STASS und Zusammensetzung..... | 9 |
| Abbildung 2: Varianten für Finanzierung der Upgrade Kosten der Fahrzeuge..... | 16 |
| Abbildung 3: Übersicht funktionales und technisches Zielbild..... | 27 |
| Abbildung 4: Facharchitektur mit Scoping SR40 (rot umrahmt)..... | 28 |
| Abbildung 5: Verwendung der Anforderungsentitäten..... | 29 |
| Abbildung 6: Smartrail 4.0 End-to-End Prozess mit Features..... | 29 |
| Abbildung 7: Bahnproduktions-Prozess Level 1 End-To-End..... | 31 |
| Abbildung 8: Technisches Zielbild smartrail 4.0..... | 33 |
| Abbildung 9: Logische Teilsysteme und Schnittstellen von smartrail 4.0..... | 34 |
| Abbildung 10: Architectural Migration SR40..... | 35 |
| Abbildung 11: Risiko: Neue Anlagen mit alten Technologien bauen..... | 47 |
| Abbildung 12: ETCS Variantenfächer..... | 48 |
| Abbildung 13: Übersicht Programm TMS..... | 69 |
| Abbildung 14: Umsetzungsphasen TMS-Kapazitätsverkauf..... | 70 |
| Abbildung 15: Neue Bestellphasen..... | 70 |
| Abbildung 16: Umsetzungsphasen TMS-Kapazitätsplanung..... | 73 |
| Abbildung 17: Etappierung FluxOne (2019 bis 2020)..... | 73 |
| Abbildung 18: Mikroskopische Topologie im Vergleich zu MesoPlus Topologie..... | 74 |
| Abbildung 19: Beispiel Konfliktmodell für Betriebspunkt Ziegelbrücke mit „MesoPlus“-Topologie..... | 74 |
| Abbildung 20: Zweistufiges Vorgehen mit dem Konzept Dekomposition mit Parkhäusern..... | 75 |
| Abbildung 21: Funktionen von RTO..... | 76 |
| Abbildung 22: Lösungsansatz Anbindung Tunnelautomatik Gotthard im Zielbild 2022..... | 78 |
| Abbildung 23: Geschäftsprozess und fachliche Datenobjekte..... | 78 |
| Abbildung 24: Ausschnitt fachliches Zielbild 2024 - Regelfall..... | 79 |
| Abbildung 25: Ausbauschnitte im Bereich Kapazitätssteuerung..... | 79 |
| Abbildung 26: Funktionalitäten der Warnfunktion Rangier Zielbild 2022..... | 81 |
| Abbildung 27: Fachliche Beschreibung der Zielbilder TMS-Lenkung..... | 82 |
| Abbildung 28: ATO Systemarchitektur und Projektscope..... | 83 |
| Abbildung 29: TMS-ATO Entwicklungsschritte..... | 84 |
| Abbildung 30: Übersicht Fachschalen und Stand der Umsetzung..... | 85 |
| Abbildung 31: Gründe für den Kurswechsel von TMS-Topo..... | 86 |
| Abbildung 32: Übersicht TMS Architecture Building Blocks..... | 87 |
| Abbildung 33: Roadmap TMS (Stand 12/2019)..... | 90 |
| Abbildung 34: Ausschnitt Netzgrafik Westschweiz «What-if Konzept SR40»..... | 101 |
| Abbildung 35: Analytische Untersuchung der Leistungsfähigkeit..... | 103 |
| Abbildung 36: Nutzen smartrail 4.0 Business Case – Überblick (schematisch) [Mio. EUR nominal]..... | 113 |
| Abbildung 37: Smartrail 4.0 Academy, Onboarding Module..... | 121 |
| Abbildung 38: Prozess zur Human Factors Nachweisführung..... | 125 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 39: Abgrenzung der Aufgaben zwischen SR40 und Linie..... | 128 |
| Abbildung 40: Übersicht Planung | 129 |
| Abbildung 41: Übersicht Betrieb | 129 |
| Abbildung 42: Übersicht Auswirkungen Zugführung | 130 |
| Abbildung 43: Auswirkungsmatrix LCM Horizont 2030 | 130 |
| Abbildung 44: Auswirkungsmatrix Projektierung Horizont 2030 | 131 |
| Abbildung 45: Übersicht Auswirkungen Bau und Unterhalt | 131 |
| Abbildung 46: Übersicht Fahrzeugausrüstung | 132 |
| Abbildung 47: Meilensteine Erprobungsstrecken 2020-2026..... | 134 |
| Abbildung 48: Kosten der Erprobungsphase (Mittelherkunft und Verwendung) | 135 |
| Abbildung 49: Abhängigkeiten zwischen den zentralen Systemen und dem Flächenrollout..... | 136 |
| Abbildung 50: Abhängigkeiten des Rollouts innerhalb eines Segments..... | 137 |
| Abbildung 51: Aktuelle und zukünftige Regulationen | 138 |
| Abbildung 52: Die drei internationalen Initiativen EULYNX, RCA und OCORA..... | 141 |
| Abbildung 53: Absichtserklärung SBB, DB, Network Rail zu RCA..... | 142 |
| Abbildung 54: Chancen / Risiken Potenzial | 150 |
| Abbildung 55: gewichtetes Chancen / Risiken Potenzial | 150 |
| Abbildung 56: SR40 Programm - Chancen und Risiken je Unterkategorie | 151 |
| Abbildung 57: Chancen- und Risikomatrix SR40 | 152 |
| Abbildung 58: Kontinuierliches Risikomanagement | 154 |
| Abbildung 59: Kaskade des Risikomanagements | 154 |

1 Ausgangslage und Ziele des Berichts

Mit dem Programm smartrail 4.0 entwirft die Schweizer Bahnbranche eine Gesamtarchitektur für die Erschliessung des Automatisierungs- und Optimierungspotenzials in den Bereichen Stellwerke, Leittechnik, Aussenanlagen, Fahrzeugarchitektur, Bahnobilfunk und Traffic Management System (TMS). Zusätzlich werden neue technologische Entwicklungen integriert (Lokalisierung und Automatic Train Operation, ATO). Dabei erfolgt eine enge internationale Abstimmung, wobei in Europa erfreulicherweise eine zunehmende Dynamik für eine enge Zusammenarbeit und die Suche nach gemeinsamen Lösungen zu beobachten ist.

Der vorliegende Expertenbericht dokumentiert den Abschluss der von 2017 bis 2019 durchgeführten Konzeptphase. Er zeigt den ganzheitlichen Stand der Arbeit im Programm smartrail 4.0 sowie die bisher erzielten Ergebnisse und gewonnenen Erkenntnisse auf. Weiter wird für die nachfolgende Phase der Systembereitstellung inkl. Vorbereitung Erprobung/Rollout ein Überblick über die Stossrichtungen und ein Ausblick auf die anstehenden Arbeiten gegeben.

Trotz substanziellem Umfang zeigt der Expertenbericht nur einen Ausschnitt der vorhandenen Materialien und Erkenntnisse. Bei Interesse können weitere Anlagen bei der SR40 Programmorganisation angefordert werden. Die Anlagen wurden im Vorfeld durch die Steuerungsausschüsse (STASS) geprüft und freigegeben. Die vier STASS sind personell mit Branchenvertretern der ISB und EVUs besetzt.

| STASS Planung & Betrieb | STASS Anlagenveränderung | STASS Zugführung (ATO) | STASS Fahrzeugausrüstung |
|---|---|---|--|
| Nicolas Germanier (I-FUB, Lead) Joachim Schöpfer (I-FN-KM) Stephan Schenk (I-FN-SUN) Elmar Burgener (I-B) Roland Pfaffen (BLS) Klaus Bischof (SOB) Thomas Isenmann (Trasse CH) Jacques Beaud (tpf) | Urs Guggisberg (I-AT-SAZ, Lead) Philipp Hirt (I-FN-NED-GAN) Manuel Dietrich (I-AT-TC-TEC) Manuel Bracher (I-IH-PNM-PEN) Raphael Pedrucci (I-PJ-SAZ) Thomas Paszkowiak (I-AT-OCT) Christoph Munter (BLS) Christoph Kölblle (SOB) Reto Sidler (RhB) Raphaël Zürich (tpf) | Claudio Pellettieri (P-O-BP-ZFR, Lead) Thomas Studer (BLS) Hanspeter Schenk (SOB) Markus Barth (RhB) Urs Sennhauser (Thurbo) Christian Ludi (SBB-Cargo) Roger Kessler (QSU P-O-SQU) Sandra Marti (HR P-O-BP) Markus Geist (P-V-FM-IPE) Frédéric Pasquier (tpf) | Markus Blass (SR40@SBB P, Lead) Martin Hess (P-O-AM-FT) Markus Geist (P-V-FM-IPE) Jens Galdiks (SBB Cargo) Christof von Ah (Fz. SBB Infra) Marcus Lindemann (BLS) Markus Schellhammer (BLS Cargo) Martin Burkhard (SOB) Gerhard Züger (ZB) Martin Strobel (VöV) Urs Guggisberg (I-AT-SAZ) Lionel Werlen (tpf) Martin Hochreutener (thurbo) |
| [Marc Reber (I-SR40, PL)]* [Vertretung Kernteam SR40]* | [Reto Germann (I-SR40, PL)]* [Vertretung Kernteam SR40]* | [Michael Kaelin (I-SR40, PL)]* [Vertretung Kernteam SR40]* | [Beat Rappo (I-SR40, PL)]* [Vertretung Kernteam SR40]* |

* Nicht stimmberechtigt

Abbildung 1: SR40 STASS und Zusammensetzung

2 Berücksichtigung der Eckwerte des BAV

Mit Schreiben vom 6. Februar 2019 hat das BAV der SBB ein ganzheitliches Feedback zum SR40 Zwischenbericht zukommen lassen. In diesem Feedback wurden Themenblöcke und Fragestellungen aufgeführt, die aus Sicht des BAV relevant sind und im Zwischenbericht 2018 noch nicht mit dem notwendigen inhaltlichen Tiefgang beleuchtet wurden. Gegenstand dieses Kapitels ist die Beantwortung der Fragen resp. die transparente Darstellung, an welcher Stelle im Expertenbericht die einzelnen Themenstellungen und die daraus resultierenden Fragen des BAV behandelt / beantwortet werden. Es wird aufgezeigt, welche Aspekte ggf. nicht im Rahmen des Expertenberichts betrachtet wurden, sondern in der nachfolgenden Phase der Systembereitstellung zusammen mit der Industrie erarbeitet werden.

2.1 Technisch betriebliche Grundlagen

Im Rahmen der übergeordneten Aufgabe Zugförderung Normalspur bei SBB Infrastruktur werden die generischen Grundlagen für den Bahnbetrieb im Hinblick auf das Gesamtsystem Bahn erstellt:

- Erstellen von Vorgaben an technische Systeme und Vorschriften im Bereich der physikalischen Grundlagen,
- Berücksichtigung der physikalischen Bremsgrundlagen und Optimierung des Gesamtsystems im Hinblick auf Kapazität, Safety, Betrieb, Verschleissanforderungen, Interoperabilität und die Infrastrukturgegebenheiten,
- Sicherstellen von wirtschaftlich optimierten Entscheidungen aus Sicht Gesamtsystem,
- Erarbeitung von Grundlagen auch für die zukünftige Bahnproduktion mit smartrail 4.0.

Die Auslegeordnung und die Roadmap zur Überarbeitung der Grundlagen sind erstellt. Smartrail 4.0 plant auf den heute gültigen Grundlagen. Die neuen und verbesserten Grundlagen der Zugförderung, die derzeit bei SBB Infrastruktur in Entstehung sind, werden als Chancen ausgewiesen, da z.B. durch aktualisierte Bremskurven-Berechnungsmodelle zusätzliche Potenziale zur Kapazitätssteigerung realisiert werden können.

2.2 Planung

Das BAV erwartet eine realistisch ausgestaltete Planung und belastbare Grundlagen. In der Konzeptphase von smartrail 4.0 wurde die Machbarkeit mithilfe von Proof of Concepts (PoC) bewertet und bestätigt. Eine extern durchgeführte Second Opinion hat die Machbarkeit der Nutzengeneratoren und die Nutzeneffekte geprüft und bestätigt. Die resultierende Planung berücksichtigt die Empfehlungen der Second Opinion, die Machbarkeit der neuen Funktionalität und der Zeitbedarf für die europäische Standardisierung.

Mit einem schrittweisen Entscheidungs- und Vorgehensmodell wird die Entscheidungskomplexität reduziert und die notwendige Belastbarkeit der einzelnen Cluster schrittweise bewiesen.

Die Erprobung ab 2025 wird schrittweise bestätigt (Zeitpunkt und Umfang und Reifegrad):

- 2020/21 Erarbeitung Grundlagen Entscheidungsschritte
- 2022 PGV Erprobungsstrecken
- 2023 Entscheid Reifegrad Baukasten zur Erprobung
- 2025 Erprobungsbewilligungen

Die Risikosteuerung für die sicherheitsrelevanten Anwendungen und Produkte aus smartrail 4.0 erfolgt gemäss EN5012x. In der abgeschlossenen Konzeptphase wurden die Konzeptunterlagen gemäss Phase 1 erarbeitet. Der formale Abschluss erfolgt projektspezifisch.

Die Systemdefinitionen (Phase 2) und die Gesamtarchitektur wurden - in Absprache mit der Europäischen RCA Architektur (https://ertms.be/workgroups/ccs_architecture) - als erste Version erstellt. Beides wird im nächsten Schritt mit den nun auszuwählenden strategischen Entwicklungspartnern vertieft und abgeschlossen. Da in den meisten Fällen die Entwicklung von international einsetzbaren Standardprodukten angestrebt wird, erfolgt eine kooperative Entwicklung mit der Industrie. Die strategischen Industriepartner werden somit auf die vorhandenen Konzepte und Architekturen gegebenenfalls noch Einfluss nehmen.

2.3 Interoperabilität

Die Vorgabe für alle Konzeptarbeiten war und ist, dass SR40 wie vorgegeben netzweit kompatibel zur jeweils gültigen TSI CCS entwickelt wird, also aktuell zur «Baseline 3 - SRS-Version 3.4». Diese ermöglicht heute die Einführung von ETCS L2 industrialisiert. Bei Zügen, die beidseitig über eine ETCS On-board-Unit verfügen, ist bereits im Release 3.1 ein eingeschränktes oder vollständiges L3 möglich (das sogenannte «Hybrid Level 3», noch mit Gleisfreimeldemitteln).

Für ETCS L3 können heute und auch bis auf Weiteres immer nur dann entsprechende Netzzugangsbedingungen vorgegeben werden, wenn die ETCS L3 Einführung in Abstimmung mit den Netznutzern einvernehmlich erfolgt (kann nicht durch einen ISB erzwungen werden). Ein Fahrzeug muss für ein günstiges und leistungsstarkes ETCS L3 seine Positions- und Längeninformation in jedem Betriebszustand (ausser bei Störung) präzise und hoch verlässlich melden. Die aktuelle TSI sieht bereits heute diese Meldungen in einigen Betriebszuständen vor. Die implementierte Präzision, Verbindlichkeit und Verfügbarkeit reicht jedoch noch nicht aus, um z.B. auf Gleisfreimeldemittel, Zwergsignale oder Schilder zu verzichten.

Gleichzeitig erfolgt in Europa zurzeit die Weiterentwicklung der TSI CCS (nächstes Release erscheint 2022), an der auch die Systemführer ETCS und FRMCS sowie smartrail 4.0 aktiv beteiligt sind. Es werden mehrere grosse Weiterentwicklungen in der TSI implementiert (onboard Lokalisierung und ETCS L3, ATO, nächstes Funksystem FRMCS, etc.). Das Engagement von smartrail 4.0 erfolgt, um den Business Case von smartrail 4.0 (d.h. weniger Anlagen, mehr Knotenkapazität) voll auszunutzen bzw. um auch kostengünstige und leistungsstarke Implementierungen für den Rangier- und Unterhaltsbetrieb zu erzeugen.

Es sind zur Zeit Change Requests für die TSI CCS in Zusammenarbeit der Europäischen Bahnen sowie ERA und MOVE in Bearbeitung. Ein interner Regulationsmanagementprozess unterstützt die Identifizierung, Einreichung und Verfolgung aller Change Requests, so dass Änderungsbedarfe nicht nur an der TSI CCS, sondern auch an anderen Vorschriften oder Spezifikationen rechtzeitig umgesetzt werden.

Sind alle Change Requests erfolgreich, so kann die smartrail 4.0 Migration wie geplant umgesetzt werden. Sind einzelne Change Requests nicht erfolgreich oder verzögern sich (z.B. verschoben auf TSI 2027), so stehen einzelne bestehende Anlagenarten entweder länger im Einsatz (z.B. Gleisfreimeldemittel oder Beschilderung) oder die gesamte smartrail 4.0 Migration ist zu verlangsamen (Rückfallszenarien S1 - S4). Die Klärung hierzu erfolgt 2020 / 2021 im Rahmen der Erarbeitung von Cluster 5.

Um das Zeitrisiko der TSI CCS handhaben zu können, wird folgende Strategie angewendet:

- Die Umrüstung der beiden TEN-Korridore Basel - Domodossola und Basel Chiasso/Luino erfolgt gemäss Migrationskonzept besonders spät, also erst nach 2035, da hier die langsamste Veränderung der Ausstattung der internationalen Fahrzeuge anzunehmen ist.
- Die ersten umzustellenden Einzelstrecken (2027-2030) sind so gewählt, dass sie auf dem interoperablen Ergänzungsnetz liegen und dass eine Ausstattung der L3- und FRMCS-tauglichen Ausstattung der Fahrzeuge sinnvoll vereinbart werden kann.
- Die Entwicklung von smartrail 4.0 erfolgt so, dass es mit dem neuen ETCS-Stellwerk sowohl ETCS L2 (Baseline 3 – SRS-Version 3.4) als auch ETCS L3 sowie FRMCS beherrschen kann. Das ETCS Stellwerk muss Betriebsprozesse mit gemischten Ausrüstungen (Fahrzeug, Infrastruktur) sicher steuern können, da ETCS L2 auf bestimmten Netzteilen längere Zeit zu erhalten ist (Netzaussengrenzen, Abstellzonen).

Da zukünftig immer mehr regulative Veränderungen mit Auswirkungen auf die Fahrzeug-Ausstattung zu erwarten sind, erfolgen zwei ergänzende Massnahmen:

- Das Programm COAT entwickelt mit der Industrie und dem Europäischen Programm OCORA (Open CCS On-board Reference Architecture) modulare Fahrzeugarchitekturen und modulare Sicherheitsnachweise für eine kostengünstige Änderung der Fahrzeugausrüstung («Upgradeability»).
- Für die TSI 2022 wird ein Change Request diskutiert, der «optionale Funktionalität» in der TSI einführt. Das bedeutet, dass es ein Basissystem gibt, welches eine Mindestinteroperabilität auf immer gleiche Weise sicherstellt. Zusätzlich gibt es «optionale Funktionalität», die nur dann genutzt wird, wenn eine Strecke und die Fahrzeuge sie gleichzeitig beherrschen. Dieser Mechanismus wird z.B.

erlauben, dass frühe nationale Piloten oder frühe nationale Einführungen optionaler Funktionen möglich werden, wenn eine nationale Vereinbarung von ISB und EVU erreicht werden kann.

2.4 Leistungsfähigkeit

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit von smartrail 4.0 wurde anhand einer analytischen (STRELE/Potthoff, basierend auf der Bedientheorie) und einer konstruktiven (what-if Konzept SR40) Leistungsfähigkeitsuntersuchung untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die neue technische Grundlage smartrail 4.0 ein Enabler für attraktivere zukünftige Angebotskonzepte ist. Auf Basis bekannter Nachfrageszenarien wurde ein «What-if»-Konzept smartrail 4.0 entwickelt. Das Konzept zeigt als Resultat mehr Züge auf stark belasteten Strecken, kürzere Reisezeiten (verkürzte Fahrzeit auf Hauptachsen, z.B. Verkürzung von 2:46 auf 2:28 Zürich-Bern gemäss «what-if»-Konzept) und kürzerer Fahrzeiten Güterverkehr dank durchgehender Trassierung (weniger Überholungshalte).

Auf analytischer Ebene kann anhand einzelner Untersuchungen von Korridoren und Knoten nachgewiesen werden, dass die Mindestzugfolgezeiten je nach Zugfolgefall um 15%-25% sinken. Die Nennleistung auf den Strecken wird dadurch bei gleichbleibender Betriebsqualität und Betriebsprogramm um 0%-20% gesteigert. Bei Steigerung der Betriebsqualität (z.B. EVU-seitig) sind Kapazitätssteigerung bis 30% ermittelt worden. Diese bedingen allerdings auch Massnahmen ausserhalb des Spektrums von smartrail 4.0. Bei der Untersuchung von Knoten ergeben sich Nennleistungserhöhungen von bis zu 20%. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen die Nennleistung nicht substantiell erhöht werden kann, bspw. die Zufahrt in den Knoten Luzern und Stammstrecke S-Bahn Zürich.

Die Einführung des Angebotskonzepts AS2035 findet weitgehend unabhängig von der Einführung smartrail 4.0 statt. Die Einführung von smartrail 4.0 erfolgt in enger Abstimmung mit der nach AS2035 kommenden Angebotsentwicklung und Ausbausritten. Die Koordination wird in den Prozessen der ISB sichergestellt.

Mit smartrail 4.0 kann ein leistungsfähiger Eisenbahnbetrieb bis zu einer technischen Geschwindigkeit von 250 km/h produziert werden. Mit dem Abschluss der Konzeptphase liegt die entsprechende Vision «Betriebsphilosophie 2035+», das Betriebskonzept Phase 1 sowie Planungs- und Verzichtsprämissen vor.

2.5 Systeminfrastruktur

Das Konzept und die Architektur von smartrail 4.0 erfordern keine Änderung der Besitzverhältnisse von Anlagen und Systemen gegenüber heute. Für gewisse Anlagen kann jedoch eine Auslagerung sinnvoll sein. Die folgenden Kandidaten für eine Auslagerung sind in Prüfung:

- Teile der Connectivity (FRMCS): Hier könnten Dritte (z.B. public provider) Kommunikationsleistungen zur Verfügung stellen, anstelle dass die Bahnen eigene Anlagen bauen. Entspricht dem heutigen «roaming» mit GSM-R.
- Rechenzentren und Rechenzentrumsbetrieb: Die neuen zentralen oder zentralisierbaren Funktionen in smartrail 4.0 (wie das Advanced Protection System, APS) gehören zwar den Bahnen, könnten aber in Rechenzentren spezialisierter Anbieter betrieben werden. Dabei sind verschiedene Modelle (reine Nutzung der geschätzten Infrastruktur bis zu Bezug von technischen Betriebsleistungen) denkbar.

Dazu kommen mögliche Verschiebungen zwischen den Bahnen. Heute wird RCS von der SBB als Dienstleistung (Service) für andere Partnerbahnen entwickelt und betrieben. Für das zukünftige TMS ist heute unter den Partnern ein ähnliches Service-Modell vorgesehen. Zurzeit ist in Diskussion, ob vergleichbare Modelle auch für andere Anlagenteile sinnvoll sein könnten.

Im aktuellen Zielbild von SR40 kommen - zur mit ETCS L2 bereits vorgenommenen Funktionsverschiebung von Infrastruktur zu Fahrzeug - in erster Linie die Funktionen Zuglokalisierung / Gleisfreimeldung und ATO (Autopilot) schrittweise ab 2025 hinzu.

Die Fahrzeugausrüstung wird durch COAT modularisiert (Upgradeability), aber weiterhin von den EVU im Rahmen der Fahrzeugbeschaffung bestellt. Mit smartrail 4.0 sollen Rollmateriallieferanten auf unabhängige Standardkomponenten auf dem Markt zurückgreifen, was auch eine homogenere Ausstattung der Flotten ermöglicht. Es ist keine Änderung in den Verantwortlichkeiten bezüglich Anlagen / Dienstleistungen vorgesehen.

Wie zuvor ausgeführt, bleiben die Besitzverhältnisse und die Kontrolle über die Anlagen / Dienstleistung - ausser möglicherweise bei Connectivity und Rechenzentrum - wie bisher. Im Fall der Connectivity ergäbe sich eine substanzielle Abhängigkeit, dies allerdings von einem «public provider». Im Fall der Rechenzentren ergibt sich eine hohe operative, aber eher geringe strategische Abhängigkeit, da im Rechenzentrum eine weitgehend standardisierte und migrierbare Leistung bezogen wird. In beiden Fällen wird die Beibehaltung der Kontrolle explizit im Vorgehen und in allfälligen Verträgen oder Zusammenarbeitsvereinbarungen adressiert.

Die Ausübung von Rechten und die Governance werden so geregelt, dass bestimmte Ereignisse (Konkurs, Liquidation, Verkauf, Rückkauf, Änderung im Aktionariat, Aktionärsentscheidungen usw.) die Erbringung der Dienstleistung nicht verhindern oder einstellen können.

Generell erhöht SR40 durch die Verwendung definierter Schnittstellen und die Förderung von mehreren Anbietern die Wechselfähigkeit zwischen Anbietern. Wechselfähigkeit, Business Continuity und kurzfristige Betriebssubstitutionen sind Ziele für die Sourcingstrategie (bei Auslagerungen) und dienen der Risikominimierung.

2.6 Fahrzeugarchitektur

Mit dem Lösungskonzept OCORA (Open CCS On-board Reference Architecture) wird die europäische Harmonisierung der CCS-Fahrzeugausrüstung verfolgt. Die Initiative OCORA wird von DB, NS, ÖBB, SNCF und SBB getrieben. Der Alpha-Release zur Fahrzeugarchitektur liegt freigegeben vor.

Auf Basis der TSI-CCS 2022 und den NNTV CH ist eine für alle EVU verbindliche Netzzugangsverordnung festzulegen. Das Migrationskonzept sieht vor, dass nach der Normung eine noch durch das BAV festzulegende Übergangsfrist je nach Einsatzgebiet gilt, damit die EVU genügend Zeit zur Umgestaltung ihres Fahrzeugparks erhalten.

Bei den geplanten drei Erprobungsstrecken und ca. zehn isolierten Einzelstrecken handelt es sich um Strecken mit einem für die EVU beherrschbaren Fahrzeugumlauf. Der für die Erprobung notwendige Umbau der Fahrzeuge (ca. 29 Fahrzeuge für die smartrail 4.0 Branchenpartner) soll mit LV-Mitteln (Branchenoption) finanziert werden (Bestandteil von Cluster 5c). Dieser Vorschlag basiert auf dem von der SBB mit dem 1. Nachtrag zur LV 2017-2020 eingereichten Abgrenzungsvorschlag LV-/Verkehrsfiananzierung, welcher seinerseits vom Merkblatt des BAV vom 18. August 2014 zur Finanzierung von Projekten im Bereich der Zugbeeinflussung Meter- und Spezialspur (ZBMS) übernommen wurde. In der Branchenoption zur LV 2021-2024 sind entsprechende Mittel eingeplant.

Die Rolloutplanung der Fahrzeuge erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen smartrail 4.0, den ISB und den Schweizer EVU mit dem Ziel, die Upgrademenge der Fahrzeuge zu minimieren.

Die verfolgten Ziele im Migrationskonzept bezüglich Fahrzeugen sind die Minimierung der vom Refit betroffenen Fahrzeuge (insbesondere der S-Bahn in Zürich nach 2035) und die Berücksichtigung der technologischen Herausforderungen zur Lokalisierung der Güterwagen (Rangierbahnhöfe nach 2040 und TEN-Korridor nach 2035).

Aufgrund des hohen Nutzens für das Gesamtsystem ist eine politische Diskussion zur Einführung finanzieller Anreize für die Fahrzeugmigration wünschenswert. Gemäss Ergebnis der Sitzung vom 10. Oktober 2019 zwischen BAV und den Branchenpartnern von smartrail 4.0 wird sich das BAV dieser Fragestellung annehmen und zusammen mit allen ÖV-Partnern eine Lösung erarbeiten. Dazu sollte zu Beginn des Jahres 2020 eine Arbeitsgruppe mit Mitgliedern seitens BAV, ISB und EVU eingesetzt werden.

Wie im Eckwert Fahrzeugfinanzierung vom BAV verlangt, wird dem BAV nachfolgend ein Variantenfächer mit Beispielen aus der Vergangenheit unterbreitet. Dabei ist vertikal das System der Finanzierung der Umrüstkosten, horizontal der Leistungserbringer für die Umrüstung abgebildet (Beispiel Modell ETCS-Ausrüstung von 2002: der Einbau der ETCS L2 Units in den Fahrzeugen erfolgte durch die EVUs in ihren Werkstätten. Die Kosten trug der Bund mit einer Sonderfinanzierung).

| Leistungs- Erbringer für Umrüstung | Finanzierung der Upgrade Kosten | | | |
|--|---|--|------------------------|----------------------------------|
| | Variante 1 ISB (Sonderfinanzierung) | Variante 2 Mischfinanzierung EVU / ISB | Variante 3 EVU | Variante 4 Trassenpreisrabatt |
| A) EVU | <i>Modell ETCS- Ausrüstung 2002</i> | <i>Modell Zugbeeinflussung Meter- und Spezialspur (ZBMS) Modell DB</i> | <i>Modell GBT, CBT</i> | <i>Modell Wallis ETCS L2</i> |
| B) ISB: Beistell- Service | | <i>Energie-Messzähler</i> | | |

Abbildung 2: Varianten für Finanzierung der Upgrade Kosten der Fahrzeuge

2.7 Wirtschaftlichkeit

Für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit von smartrail 4.0 wird die heute vorhandene ETCS L1LS Netz-Ausrüstung als Abprungbasis verwendet und diese wird bis zum Jahr 2100 fortgeschrieben. Die ausgewiesene Wirtschaftlichkeit von 440 Mio. CHF pro Jahr (Delta Cash Flow) ist nachhaltig und wird bis 2040 schrittweise erreicht. Der Business Case beinhaltet alle Kostenelemente bis zum Jahr 2100 (Systembereitstellung, Rollout, Betrieb, Befähigung und Reinvestition) und alle Nutzeneffekte im eingeschwungenen Zustand. Der Business Case wurde durch eine Second Opinion von Emch+Berger überprüft und als ambitioniert, aber machbar beurteilt.

Die Komplexität und Leistungsdichte im Schweizer Bahnnetz ist in Europa einzigartig. Die geforderte europäische Standardisierung wird in enger Abstimmung mit der ERA und mit den beiden EUG-Initiativen RCA und OCORA zusammen mit der DB vorangetrieben. Der Business Case enthält im Moment die gesamten Systembereitstellungskosten. Dieser «worst case» tritt nur dann ein, wenn sich in der Systembereitstellungsphase kein Industriepartner für eine eigene Produktentwicklung entscheidet und damit mehr Auftragsentwicklungen (wie bisher in CH) erforderlich werden.

Als strategische Alternative zu smartrail 4.0 ist ein reduzierter Weg von smartrail 4.0 mit Fokus auf den industriellen Rollout von ETCS L2 oder eine Denkpause zu ETCS von 10 Jahren auf Basis der optischen Signalisierung und ETCS L1LS vorstellbar. Eine Fortsetzung der heutigen ETCS L2 Bauart als strategische Alternative zu smartrail 4.0 wäre kostenintensiv und nicht zielführend.

Die Entscheidungsschritte umfassen die Systembereitstellungs- und Erprobungsphase (3 Erprobungsstrecken (SBB, BLS, SOB)) des smartrail 4.0 Baukastens. Die Vorbereitungsarbeiten für die ersten Rolloutstrecken werden bei erfolgreichem Entwicklungsfortschritt Mitte 2023 durch die entsprechenden ISB beantragt.

2.8 RAMS und Security

2.8.1 Safety

Die Vorgaben zur Anwendung der CENELEC Normen und zu den Prozessen (Safety) sind im SR40 Safety Plan und in der SR40 Safety Policy abgebildet.

Die zu erreichenden RAM-Ziele und die zu erreichenden Sicherheitsziele für die generische Anwendung smartrail 4.0 in der Schweiz liegen vor. Die Sicherheitsziele wurden vorgängig mit dem BAV und der Sicherheitsstelle abgestimmt. Die Verfügbarkeitsziele und die Sicherheitsziele entsprechen den RAMS Zielen der heutigen Eisenbahn. Lediglich für die Mitarbeitenden im Gleisbereich ist eine Verschärfung der Sicherheitsziele vorgesehen.

Die Sicherheit bei Rangierfahrten und bei Arbeiten im Gleisbereich soll durch folgende Effekte erhöht werden:

- Realisierung einer sicheren Baustellenwarnung mit AWAP,
- Teilautomatisierung der Prozesse zum Einrichten von Langsamfahrstellen und Sperrungen,
- Mehr Rangierfahrten als überwachte Fahrt, ohne dass die diesbezüglichen heutigen Anforderungen an die lokale Infrastruktur (sowohl für optische Signalisierung als auch für ETCS L2) umgesetzt werden müssen,
- Vollüberwachung von Rangiermanövern durch «Manoeuvre train control» (MTC) (Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit noch in Prüfung).

Für die nach CENELEC Norm geforderte Sicherheitsnachweisführung sind die Gefährdungen zu identifizieren, zu quantifizieren und die Einhaltung der quantifizierten Gefährdungen nachzuweisen. Die dazu notwendigen Prozesse, Methoden und Tools sind im SR40 Process Model (SPM) beschrieben und stellen eine wesentliche Grundlage für die sichere Entwicklung dar.

Die Identifikation der Gefährdungen erfolgt an Hand der Betriebsprozesse mittels der Methode «Systems-Theoretic Prozess Analysis» (STPA), die einen ganzheitlichen Ansatz darstellt. Aus den Gefährdungen werden die sicherheitsrelevanten Funktionen abgeleitet. Mit einer nachfolgenden quantitativen Analyse werden die Gefährdungen und die sicherheitsrelevanten Funktionen quantitativ bewertet. Mit der Entwicklung der einzelnen Systeme und Subsysteme wird die quantitative Bewertung weiter ergänzt und verfeinert, so dass die Genauigkeit der quantitativen Bewertung mit der Entwicklungstiefe zunimmt.

Ergänzend dazu wird das kollektive Risiko der Gefährdungen monetarisiert und im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen bewertet. In den Kosten-Nutzen-Analysen wird festgelegt, ob und welche Massnahmen notwendig sind, um die Gefährdungen weiter zu reduzieren.

Die beschriebene Vorgehensweise und die ersten Ergebnisse sind im Zwischenbericht zur Risikoanalyse aufgeführt. Mit den durchgeführten Analysen konnte nachgewiesen werden, dass die Methode STPA geeignet ist, Gefährdungen zu identifizieren. Die Vorgehensweise für die quantitative Bewertung ist beschrieben und wird im nächsten Schritt auf die bisher identifizierten Gefährdungen angewendet. Ziel der Arbeiten ist es, ein Risiko Model auf oberster Ebene zu entwerfen, mit dem erste sicherheitsrelevante Funktionen identifiziert und quantifiziert werden können.

Die Begutachtung der Arbeiten erfolgt durch die Sicherheitsstelle SR40, die im Rahmen der Entwicklung die Rolle des Gutachters und die Rolle der Risikobewertungsstelle gemäss CENELEC Norm einnimmt. Der Begutachtungsauftrag an die Sicherheitsstelle und der Begutachtungsplan von der Sicherheitsstelle liegen vor. Im Rahmen einer Kommentierung durch die Sicherheitsstelle wurden eine Reihe von Feststellungen formuliert, die vom Programm bearbeitet und beantwortet worden sind. Die Sicherheitsstelle SR40 *«sieht mit Stand CENELEC Phasen 1-5 die Zulassungsfähigkeit vom Programm ‚smartrail 4.0‘ bzw. der darin zu entwickelnden Zulassungsgegenstände als realistisch, sofern die Feststellungen der SiSt SR40 berücksichtigt sind.»*

Die Rolle des unabhängigen Validierers für die Phasen 1-4 wurde besetzt. Der Validierungsplan liegt vor und wurde mit der Sicherheitsstelle besprochen. Erste informale Rückmeldungen der Validierer haben bereits zu umfangreichen Anpassungen im SR40 Safety Plan geführt. Zusätzlich ist vorgesehen, ausgewählte Referenzdokumente des SR40 Konzeptberichts einer Zwischenvalidierung zu unterziehen.

2.8.2 RAM

Die Vorgaben zur Anwendung der CENELEC Normen und zu den Prozessen (RAM) sind im SR40 RAM Plan abgebildet. Dieser Plan wurde in der Zeit vom Zwischenbericht 2018 zum Konzeptbericht 2019 erarbeitet und dokumentiert.

Die betriebliche Leistungsfähigkeit (RAM-Performance) des Systems smartrail 4.0 wird anhand der Zugverspätungsminuten (ZVmin) bemessen. Die ZVmin berücksichtigen Personen- und Güterverkehr und beinhalten sowohl primäre als auch sekundäre Verspätungsminuten. Generell wird das Ziel verfolgt, dass 2035 die Anzahl ZVmin gegenüber dem Status Quo (2017) um mindestens 3% bezogen auf die netzweiten ZVmin reduziert wird. Um dieses generelle Ziel zu erreichen (und nach Möglichkeit zu unterbieten), werden konkrete Zielvorgaben (ZVmin) an das Gesamtsystem smartrail 4.0 formuliert.

Die ZVmin des Gesamtsystems smartrail 4.0 werden anteilmässig den RAM-relevanten Subsystemen zugeordnet. Um eine realistische Verteilung der ZVmin auf die einzelnen Subsysteme zu erhalten, wird in einer vorläufigen Analyse die Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit der Subsysteme anhand mathematischer Modelle (z.B. Zuverlässigkeitsblockdiagramme für Hardware-Fehler) berechnet und den entsprechenden Störungsklassen zugeteilt. Die verschiedenen Störungsklassen zeigen die ZVmin auf, die im netzweiten Schnitt pro Ausfallminute bei einer entsprechenden Störung auftreten. Beispielsweise entstehen pro Ausfallminute einer Schnellfahrweiche (infolge Störung OC) durchschnittlich 7 ZVmin.

Anhand der zulässigen ZVmin der einzelnen Subsysteme werden die RAM-Anforderungen an die einzelnen Subsysteme abgeleitet. Die RAM-Anforderungen werden als quantifizierte RAM-Kennwerte formuliert:

- **Zuverlässigkeit:** Für zufällige Hardware-Fehler werden quantifizierte MTTF-Ziele (MTTF, Mean Time To Failure) vorgegeben. Diese sind von den Herstellern bis auf Baugruppen-/Komponentenebene zu spezifizieren und in Entwicklung und Betrieb nachzuweisen.
- **Verfügbarkeit:** Die Verfügbarkeitsziele der Hardware ergeben sich aus den Zuverlässigkeits- und Instandhaltbarkeitsvorgaben. An die Software der Subsysteme werden quantifizierte Verfügbarkeitsziele gestellt. Diese Anforderungen beziehen sich auf systematische Ausfälle, zu denen – im Gegensatz zu zufälligen Hardwarefehlern – keine Ausfallraten oder MTTF-Werte aus Feldversuchen vorliegen. Die Software-Verfügbarkeitsziele können deshalb während der Entwicklung nicht rechnerisch nachgewiesen, sondern nur im späteren Betrieb mittels entsprechender Analysen quantitativ überprüft und verifiziert werden. Jedoch werden in der Systembereitstellungsphase geeignete Qualitätssicherungsmassnahmen von den Herstellern vorgesehen, um die Verfügbarkeitsziele zu erreichen.
- **Instandhaltbarkeit:** Quantifizierte Instandhaltbarkeitswerte (MTTR, Mean Time To Restoration) werden für die Hardware der Subsysteme vorgegeben und sind ebenfalls von den Herstellern in Entwicklung und Betrieb nachzuweisen.

Derzeit liegen die RAM-Anforderungen an die Subsysteme betreffend Hardware- und Software-Fehler vorläufig vor. Aktuell werden die RAM-Anforderungen fortlaufend und mit den relevanten Schnittstellen abgestimmt. Die dazu benötigte Dokumentation ist in der Erarbeitung und wird zeitnah vorliegen.

2.8.3 Security

Das primäre Ziel von Information Security im SR40 Programm ist die Sicherstellung, dass Security Ereignisse nicht zu Safety Vorfällen führen sowie der Schutz vor Cyber-Erpressung («Blackmail»). Zudem unterstützt die Security den zuverlässigen Betrieb von smartrail 4.0 (insbesondere die hohe Verfügbarkeit und Integrität bzw. im Schadensfall die «Graceful Degradation») unter Wahrung der finanziellen Tragbarkeit. Nicht im Scope ist der Schutz gegen «Nation State-Angriffe» (Kriegerische Akte von Staaten oder Organisationen). Als «Graceful Degradation» wird eine auf Stabilität und Sicherheit gerichtete Reaktion eines Systems auf Fehler, unerwartete Ereignisse oder Teilausfälle bezeichnet, bei der das System den Betrieb so weit als möglich aufrechterhält.

Im Jahr 2019 wurde vorwiegend die Security Governance für smartrail 4.0 aufgebaut, das «SR40 Security Concept» entwickelt sowie eine Auslegeordnung erstellt für die funktionalen Komponenten IAM (Identity and Access Management), PKI (Public Key Infrastructure) und Zonierung. Das angestrebte **Security Level** wurde festgelegt basierend auf den Anforderungen vom BAV, insbesondere Schutz gegen missbräuchliche Eingriffe und Verfügbarkeitsanforderung (tolerierbarer Totalausfall von maximal 1h resp. 4h reduzierter Betrieb), dem Standard vom Bundesamt für Wirtschaftliche Landesversorgung (IKT-Minimalstandard) und den international anerkannten Standards IEC 62443 und prTS 50701. Als

Planungsprämisse wurde der IKT-Minimalstandard «Tier 4» (dynamisch) beziehungsweise «Tier 3» (wiederholbar, für «Safe»-Komponenten) festgelegt.

Die folgenden zwei **Security-Risiken** wurden als wesentlich identifiziert:

1. Schadsoftware ermöglicht Fremdkontrolle der produktiven Systeme: Mit dieser Bedrohung lassen sich hohe Gelbeträge erpressen.
2. Sicherheitsprozesse werden mit «management override» übersteuert: Diese Bedrohung könnte in einer Verletzung der unternehmerischen Sorgfaltspflicht resultieren, neben dem effektiven Schaden durch die Schwachstelle.

Im Jahr 2019 wurden für alle Programme von smartrail 4.0 CIA-Analysen (Confidentiality-Integrity-Availability) umgesetzt und zusätzlich für bereits genügend definierte ES-Projekte von smartrail 4.0 detaillierte CIA-Analysen erstellt. Für fortgeschrittene Projekte wurden Threat-basierte Risk-Analysen umgesetzt (OC, TMS-PAS, TMS-Topo) und Entwurfsversionen von spezifischen Security Konzepten erstellt (bspw. OC). Der Security Engineering Prozess ist in einer zweiten Entwurfsversion in Polarion abgebildet und auf CENELEC ausgerichtet (auf Basis prTS50701). Ausgehend von diesen Erfahrungen wird das Tooling derzeit optimiert mit Ziel «Tier 4» (dynamisch).

Taktisch wurden die folgenden Schwerpunkte für die Umsetzung fokussiert: Defense in depth, Detectability, Weakest Chain Link, Security by Design, Separation of concerns, security4safety, security4agility, Graceful Degradation, Legacy System Inclusion. Für die Kooperation mit **Industriepartnern** wurde das Prinzip von «Fördern und Fordern» als Taktik festgelegt. Im ersten Schritt wurde hierzu ein Katalog mit den «SR40 Supplier Security Requirements» erstellt. Auch die Arbeiten in den Standardisierungsorganisationen ist im Blick auf Security und Industrie Partner wesentlich (Eulynx, RCA, OCORA, ...).

Mit den verschiedenen **Stakeholdern** wird ein regelmässiger Austausch gepflegt. Die smartrail 4.0 Branchenpartner arbeiten eng zusammen. Die weiteren Bahnen, das BAV und MELANI (Melde- und Analysestelle Informationssicherheit) werden über Fortschritte informiert und in Reviews involviert.

Die bisherigen Arbeiten haben den Bedarf für einen **«Rail Security Implementation Standard» (RSIS)** ergeben. Dieser wird soweit möglich auf prTS50701 und IEC 62443 basieren und die Umsetzungsanforderungen für die Hersteller umfassen. Ziel ist eine Zusammenarbeit über die Landesgrenzen hinaus. Von Seiten DB gibt es diesbezüglich eine erste mündliche Interessensbekundung. Derzeit liegt eine Draft Version des RSIS Standards vor.

Die Security-Risiken werden seitens SR40 2020 finanziell bewertet. Eine Kostenschätzung für die Security-Massnahmen wird erst mit vorliegenden Detailkonzepten seriös möglich. Erste Kosten / Nutzen Analysen werden ca. Ende 2020 möglich werden.

In Informatik Projekten wird heute ca. 8% des Budgets für Security & Compliance eingesetzt (CEB 2017 IT-Budget Benchmark). SR40 ist ein Projekt mit eher langem Code-Lifecycle für «Kritische Infrastruktur» mit «safety» Elementen. Es ist entsprechend mit einem höheren Investitionsanteil für Security zu rechnen. Die Programmorganisation SR40 wird zusammen mit der Security Fachstelle vom BAV Wege skizzieren, um die Security Kosten und den Return on Investment (ROI) zu quantifizieren.

Weitere Arbeiten umfassen die Entwicklung von Security Service Detailkonzepten (für PKI, IAM, Zonierung, Patch Management, Asset Management; bei ES und LCS), die Fertigstellung des «SR40 Security Concept» (im nächsten Schritt der Review des selben), die Umsetzung des «Security Champion Concepts» für TMS, der Konzeptionierung des Security Management Systems (ISMS nach ISO27001 bzw. IEC62443) sowie die Entwicklung weiterer Security Konzepte und «threat»-basierter Risk-Analysen für die Projekte.

2.8.4 Business Continuity Management (BCM)

Das Business Continuity Management in SR40 optimiert in Ergänzung zum RAM Management die folgenden Themen:

- Reduktion des Schadens im Fall insbesondere von grossen oder langen Störungen;
- Aufrechterhaltung einer Notproduktion;
- Unterstützung der schnellen Rückführung zum Normalbetrieb.

Grundsätzlich ist das BCM von heute und morgen sehr ähnlich, da es in beiden Fällen darum geht, ohne normale Produktionssysteme (heutige oder morgige) zu produzieren. Auch wenn Schutz und Redundanz der Rechenzentren im RAM Management SR40 sehr hochwertig ausgelegt werden, sind Grossstörungen für eine hoch automatisierte Bahn mit sehr dichtem Verkehr immer eine schwer zu beherrschende Herausforderung. Hinzu kommt, dass Grossstörungen sehr selten und Investitionen in das BCM deshalb schwer zu amortisieren sind. Dennoch sind sie erforderlich, da es sich bei der Bahn um eine kritische Infrastruktur handelt.

SR40 prüft ergänzend zu den heutigen BCM Mitteln (Ersatzbusse, Krisenorganisation und -konzepte, Recovery Konzepte für die heutigen grossen Rechenzentren etc.) verschiedene ergänzende Massnahmen für den Notbetrieb. Neben der erweiterten Rechenzentrumsredundanz (Absicherung «n-2» statt «n-1») wurde auch ein günstiges, unabhängiges und autarkes Train Control System für niedrige Geschwindigkeiten betrachtet, das als Notsystem auf den Zügen verfügbar ist und nur vom Datenfunk, dem OC-Managementsystem und einem gesonderten Server abhängig ist, auf den Fahrdienstleiter zugreifen können.

2.9 Rangieren

Mit der Umsetzung des smartrail 4.0 APS Konzepts wird für ein adaptiertes ETCS L3 (Change Requests für die TSI 2022) ein generisches Überwachungskonzept für alle Arten von Bewegungen auf den Gleisen in gleicher Form umgesetzt. Der Treiber für die neue Funktionalität ist die angestrebte Anlagenreduktion für Zwergsignale und Gleisfreimeldemittel. Dies wird erreicht durch eine vollständige Überwachung aller Bewegungen und Geschwindigkeiten. Die damit verbundene Erhöhung der Rangiersicherheit stellt einen positiven Nebeneffekt dar.

Die Unterschiede in der Überwachung einer Bewegung beziehen sich dann nur noch auf streckenspezifische Parameter bzw. auf die ggf. vorhandenen Pflichten des Lokführers zur Fahrwegüberwachung bei Fahrt auf Sicht. Das bedeutet, dass für entsprechend ausgerüstete Züge (Lokalisierung, Zuglänge, neue Funktionen zur vereinfachten Start of Mission) quasi als «Abfallprodukt» z.B. auch eine volle Überwachung von Rangier- und Manöverbewegungen erfolgt, ohne ihre Effizienz zu reduzieren. Auswertungen mit ILTIS zeigen ca. 6'800'000 Rangierfahrstrassen jährlich. Anhand der Verrechnung konnten die Rangierfahrstrassen den EVU zugeordnet und anhand Expertenabschätzungen in direkt / indirekt aufgeteilt werden. Insgesamt werden 61% der Rangierfahrten direkt geführt. Gemäss den Erwartungen zum Ausrüstungsstand der Fahrzeuge bis 2035 kann damit die Anzahl ungesicherter Rangierbewegungen im Personenverkehr gegenüber heute um rund 70%, im Güterverkehr um 50% und bei der Infrastruktur um 60% abnehmen.

Wie der Bahnbetrieb 2035 nach Realisierung von smartrail 4.0 aussehen könnte, ist in der Vision Betriebsphilosophie smartrail 4.0 und detaillierter im Betriebskonzept Phase 1 beschrieben. Eine örtliche oder zeitliche Trennung der Rangierbewegungen zu den Zugbewegungen ist aufgrund von Sicherheitsaspekten nicht mehr erforderlich. Die Art der Instandhaltungskonzepte «Fahren und Erhalten» oder «Fahren oder Erhalten» werden mit smartrail 4.0 unterstützt. Eine allfällige Veränderung wird durch eine Optimierung der Instandhaltungskonzepte (smart-Maintenance) vorangetrieben. Hier spielen die Fähigkeit von APS und der neuen Object Controller eine Rolle, dass einzelne Aussenanlagen unter Betrieb einfacher verändert werden können, was insgesamt zu effizienteren Anlageneingriffen führt.

Ergänzend ist in Prüfung, die Rangiersicherheit bereits 2022 Netzweit durch eine einfache und wirtschaftliche Warnfunktion Rangier (analog Abfahrverhinderung bei Zügen «Warnapp») zu verbessern. Der dazu gehörende Antrag für eine Rahmenbewilligung wird auf Mitte 2021 erwartet.

Um den Ausrüstungsstand möglichst vieler Fahrzeuge schnell zu verbessern und auch kostengünstige ETCS Lösungen - beispielsweise für Unterhalts- und Spezialfahrzeuge - zu erreichen, wird ab 2020 ergänzend das Projekt «CCS-Platform-light» untersucht (Konzept MTC), sobald die strategischen Industriepartner gewählt sind. Hierbei handelt es sich um ein reduziertes ETCS onboard Gerät mit folgenden besonderen Eigenschaften und Abstrichen: Sehr kleine Bauform, Einsatz nur für stark reduzierte Geschwindigkeiten und mit Fahrt auf Sicht (geringere Sicherheitsanforderungen an die Entwicklung), alternative Funkverbindungen (GSM-R, FRMCS, Public), integriertes günstiges Lokalisierungssystem, Stromversorgung durch die Lok, Akku-Betrieb, Schnittstelle Balisenantenne optional, Schnittstelle für die Bremse optional (Modus mit reiner Signalisierung). Die dazu notwendigen Grundlagen inkl. der notwendigen Risikobeurteilung werden im Rahmen von Cluster 5 erarbeitet.

Gleisanlagen mit regelmässigen Rangierbewegungen (z.B. Teambahnhöfe Cargo) sowie die Netzgrenzen (Absicherung der Anmeldeprozesse) werden weiterhin mit Gleisfreimeldemitteln ausgerüstet. Im Business Case smartrail 4.0 sind dafür branchenweit rund 11'500 GFM (heute rund 33'000), und rund 1'100 Zwergsignale (heute rund 15'000) vorgesehen, die dauerhaft angeschlossen bleiben.

2.10 Rückfallebenen/Redundanzen/Notbetrieb/Evakuuation

Die Dimensionierung der Rückfallebenen und Redundanzen erfolgt über die zulässigen ZVmin der einzelnen Subsysteme. Daraus werden die RAM-Anforderungen an die einzelnen Subsysteme abgeleitet. Derzeit liegen die vorläufigen RAM-Anforderungen an die Subsysteme betreffend Hardware- und Software-Fehler vor. Diese werden fortlaufend an die Systemarchitektur angepasst und mit den relevanten Schnittstellen abgestimmt. Die Details zu RAM sind im Kapitel 2.8 beschrieben.

Aufgrund des Gesamtziels von SR40 wird die Anzahl der Anlagenteile - und somit auch die Störungen aufgrund von Anlagedefekten - weiter reduziert. Einerseits können zwar heute wesentlich leistungsstärkere und robustere Redundanzen und Rückfallebenen gebaut werden, so dass Systemausfälle seltener werden. Andererseits hängt die hohe Automatisierung von immer mehr Datenflüssen zwischen vielen Systemen ab, was sie anfälliger macht.

Aus diesem Grund hat SR40 seit Anfang 2019 BCM etabliert und die Arbeiten für die am höchsten priorisierten Business Impact Analysis (BIA) ausgelöst. Die Vertiefung dieser Themen wird 2020 fortgeführt, in dem die BIA gemeinsam mit den Linienorganisationen detailliert werden. Dies hat den Vorteil, dass Erkenntnisse sowohl in die Projekt Entwicklung einfließen als auch die Linienorganisationen sich bereits zu einem frühen Zeitpunkt mit den neuen Produkten auseinandersetzen können.

Die Hauptziele von BCM sind die Aufrechterhaltung einer Notproduktion und die Unterstützung der schnellen Rückführung zum Normalbetrieb. Grundsätzlich ist das BCM von heute und morgen sehr ähnlich, da es in beiden Fällen darum geht, ohne «normale» Produktionssysteme zu produzieren. Auch wenn Schutz und Redundanz der Rechenzentren im RAM Management SR40 auf dem aktuellen Stand der Technik optimiert werden, sind Grossstörungen für eine hoch automatisierte Bahn mit sehr dichtem Verkehr schwer zu beherrschenden Herausforderungen. Weitere Informationen zu BCM sind im Kapitel 2.8 beschrieben.

SR40 prüft ergänzend zu den heute bestehenden BCM Mitteln eine ergänzende Massnahme, die insbesondere bei ortsunabhängigen Störungen an zentralen Systemen Wirkung entfalten würde. Mit MTC soll eine zweite unabhängige Sicherheitsebene realisiert werden, die als Rückfallebene bei einem Ausfall des primären Überwachungssystems zum Tragen kommt. Damit kann ein kostengünstiges, unabhängiges und autarkes Train Control System für niedrige Geschwindigkeiten realisiert werden, das als Notsystem auf den Zügen permanent zur Verfügung steht. Mit einem solchen System lassen sich eine geordnete Evakuuation und ein reduzierter Notbetrieb durchführen. Parallel erfolgt für die regulären Systeme Entstörung, Disaster Recovery und Wiederanlauf der Systeme und die betriebliche Rückführung in den Normalbetrieb. Die Prüfung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von MTC ist noch nicht abgeschlossen, so dass noch keine endgültige Aussage zur Realisierung gemacht werden kann.

Die Interaktionen zwischen Infrastruktur, Fahrzeugen, Personal und Kunden im Störfall werden 2020 weiter detailliert und fließen in die Vertiefung des Betriebskonzeptes ein.

2.11 Mensch-Technik-Organisation (MTO)

Das Zusammenspiel Mensch, Technik und Organisation wird in smartrail 4.0 aus einem gesamtheitlichen Blickwinkel konzipiert (siehe Kapitel 8) und im dahinterliegenden Konzept «Human Factors» beschrieben. Die organisatorischen Faktoren wie Verantwortungsveränderung und Sicherheitsverhalten sowie «was kann ein Mensch verarbeiten» sind im Kapitel 9 «Auswirkungen auf die Ablauforganisation» sowie im Konzept «Auswirkungen Business durch smartrail 4.0» beschrieben.

Gemäss den Eckwerten BAV sind Anwendungen des TMS und die ATO Piloten als sicherheitsrelevant zu betrachten. Deren als sicherheitsrelevant zu betrachtende Systemteile und das Vorgehen zur Beantragung von Rahmenbewilligungen wurde in der Besprechung mit dem BAV vom 21. März 2019 festgelegt. Die Sicherheitsrelevanz der einzelnen SR40 Vorhaben wird im Rahmen des Gesamtsystems betrachtet (Veränderungen gegenüber der heutigen Produktion und Erfüllung der künftigen Erfordernisse). Die Einführung von ATO GoA2 basiert auf dem Konzept «Arbeitspsychologische Beurteilung GoA2».

Die einzelnen smartrail 4.0 Releases, die auf die heutige Produktion wirken, werden etappiert und jeweils mindestens ein halbes Jahr vor der Erstanwendung als Antrag zur Rahmenbewilligung beim BAV beantragt. Dabei sind mindestens die übergeordneten funktionalen Anforderungen sowie die spezifischen Anforderungen, welche sich aus dem Eckwert MTO ergeben, auszuweisen.

Für das smartrail Release 3.1 mit dem zukünftigen Betriebskonzept als Basis wird per Mitte 2022 ein Plangenehmigungsverfahren zusammen mit den Erprobungsstrecken eingereicht.

2.12 Technische Migration

Das detaillierte technische Migrationskonzept zu den Anlagen umfasst die Dimensionen zentrale Systeme, Anlagen, Connectivity und Fahrzeuge und zeigt auf, wie schrittweise die praktische Tauglichkeit des Konzeptes smartrail 4.0 nachgewiesen wird. Die Einführung von smartrail 4.0 erfolgt über drei Phasen:

- 2025 – 2027 Erprobungsstrecken (SBB, BLS, SOB)
- 2027 – 2030 isolierte Einzelstrecken (SBB, BLS, SOB)
- 2030 – 2040 Rollout Kernnetz (ganzes Streckennetz, inkl. Rangierbahnhöfe)

Die Leistungsfähigkeit des Eisenbahnsystems ist während der Migrationsphase nicht eingeschränkt. Es ist gewährleistet, dass

- ... TSI und NNTV CH konforme Fahrzeuge uneingeschränkt auf SR40 migrierten Strecken eingesetzt werden können,
- ... alle Angebote für den Personen- und Güterverkehr zeitgerecht zur Verfügung gestellt werden,
- ... die Abstimmung Angebot - Rollmaterial – Infrastruktur unter Berücksichtigung von Betrieb und Unterhalt jederzeit sichergestellt werden.

Während der Migrationsphase wird der Fahrzeugeinsatz eingeschränkt sein (analog heutige ETCS L2 Strecken). Auf einem SR40 migrierten Streckenabschnitt können nur noch Fahrzeuge mit ETCS Baseline 3.x verkehren. Der sichere und zuverlässige Betrieb und die Systempflege für die bestehenden Anlagen und Systeme (inkl. Fahrzeugausrüstungen) ist während der Entwicklungs- und Migrationsphase zu SR40 jederzeit gewährleistet.

2.13 Finanzierung

Das Gesamtvorhaben wird in (weitestgehend) eigenständige Entscheidungsschritte unterteilt, auf deren Grundlage etappiert über den Fortgang des SR40 Gesamtprogramms entschieden werden kann. Zu jedem Entscheidungsschritt wird es - nach Gutheissung des Strategieantrags - «Unterentscheide» mit Meilensteinen, Terminen, Lieferobjekten, etc. geben. Damit wird die Entscheidungskomplexität reduziert und der Wirkungsgrad der Entscheidungen dosiert.

Pro Entscheidungsschritt werden die Aufwendungen bis zur Erreichung der Produktionsreife für das industrielle Ausrollen aufgezeigt (Spezifikation, Entwicklung und Erprobung).

Der Business Case von smartrail 4.0 vergleicht die heutige Ausgangslage auf Basis von ETCS L1LS und optischer Signalisierung mit dem Ansatz «innovativ - SR40» mit Führerstandsignalisierung. Die ursprüngliche Basis «ETCS L2 heutige Bauart» wurde aufgrund der hohen Kosten und Nichterfüllung der Leistungsanforderungen auch von der Second Opinion verworfen und «nicht als vorteilhafter» beurteilt.

Die Ableitung der Funktionen und sinnvollen Anwendungen von SR40 werden bei den Meterspurbahnen entsprechend ihren Möglichkeiten und vorhandenen Synergienutzen erarbeitet. Aktuell stehen die ATO GoA2-Piloten im Vordergrund, die über die VöV-Arbeitsgruppe ATO-Meterspur koordiniert werden.

Ein Vergleich «herkömmlich - ETCS» zu «innovativ - SR40» kann aufgrund der unterschiedlichen Funktionserfüllung (Cluster 2 und 5) nur über das Gesamtkonzept smartrail 4.0 dargestellt werden. Die Leistungen der beteiligten Industrie können erst nach einer erfolgten Ausschreibung benannt werden. Die notwendigen Beschaffungen bedingen einen Entscheid zu den beantragten Schritten/Cluster.

Die internationale Konzeption von smartrail 4.0 erfolgt in enger Abstimmung mit der ERA. Die Standardisierung (RCA und OCORA) wird unter dem Dach der EUG durch die DB, NR und SBB getrieben. Einen «Declaration of Intent» zu RCA haben die Bahnen DB, NR und SBB unterzeichnet. NetworkRail (T190+) und DB (DSD/DBB) haben eigene Projekte mit vergleichbaren Zielen und Roadmaps gestartet.

3 Zielbild smartrail 4.0

Das Zielbild orientiert sich an der Vision «Betriebsphilosophie 2035+». Im funktionalen Zielbild werden die Anforderungen des Business beschrieben. Diese Anforderungen werden mit dem technischen Zielbild realisiert. SR40 setzt «Model-Based Systems Engineering» (MBSE) mit der Methode «Arcadia» ein, um Konsistenz, Vollständigkeit und Qualität durch ein durchgängiges Modell zu sichern.

3.1 Funktionales Zielbild

Das funktionale Zielbild stellt die Bahnproduktion nach der Vollendung des netzweiten Rollouts dar. Daraus ergeben sich die Rahmenbedingungen und Anforderungen an das System smartrail 4.0, die für den zukünftigen Bahnbetrieb zu erfüllen sind. Die Facharchitektur, die Anforderungen und die End-to-End Prozesse werden in verschiedenen Detaillierungsgraden (so genannte «Levels») abgebildet.

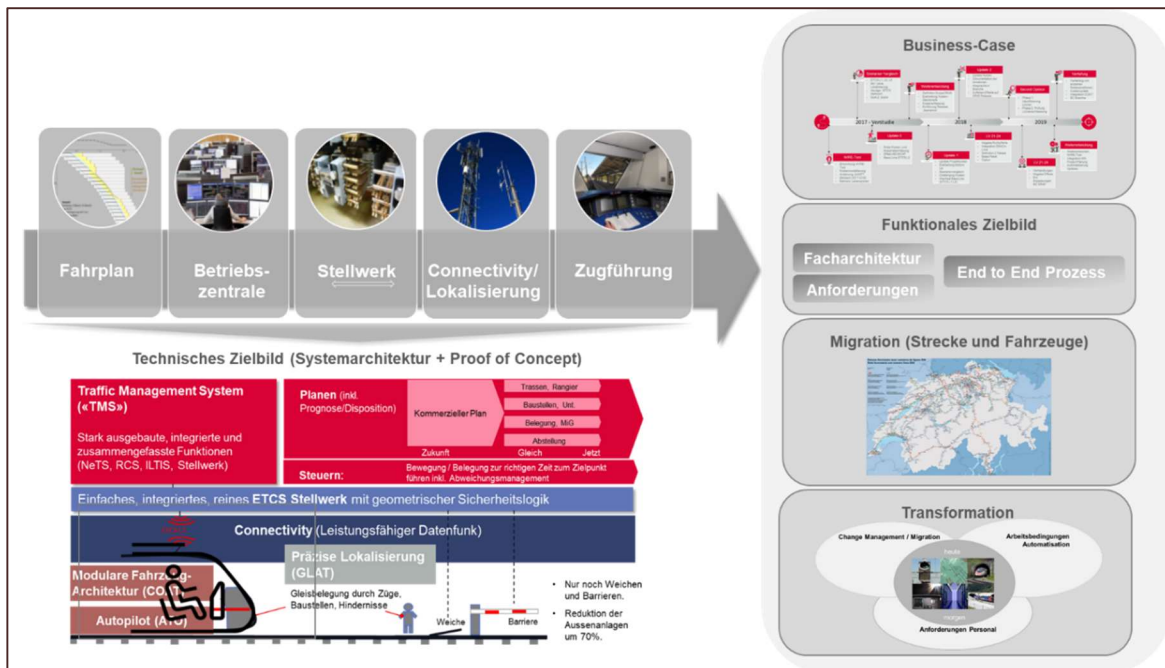


Abbildung 3: Übersicht funktionales und technisches Zielbild

3.1.1 Facharchitektur

Die Facharchitektur ist eine Unterteilung des Gesamtsystems. Sie beschreibt die Geschäftsfähigkeiten einer Bahn mit Fokus Eisenbahn und kann als «Setzkasten» betrachtet werden. In der nachfolgenden Abbildung werden die für die Bahnproduktion relevanten Elemente beschrieben. Das Scoping wird mit roten Linien dargestellt:

- Ausgezogene rote Linie = vollständig im Scope SR40,
- gestrichelte rote Linie = beeinflusst durch SR40,
- keine Linie = nicht im Scope.

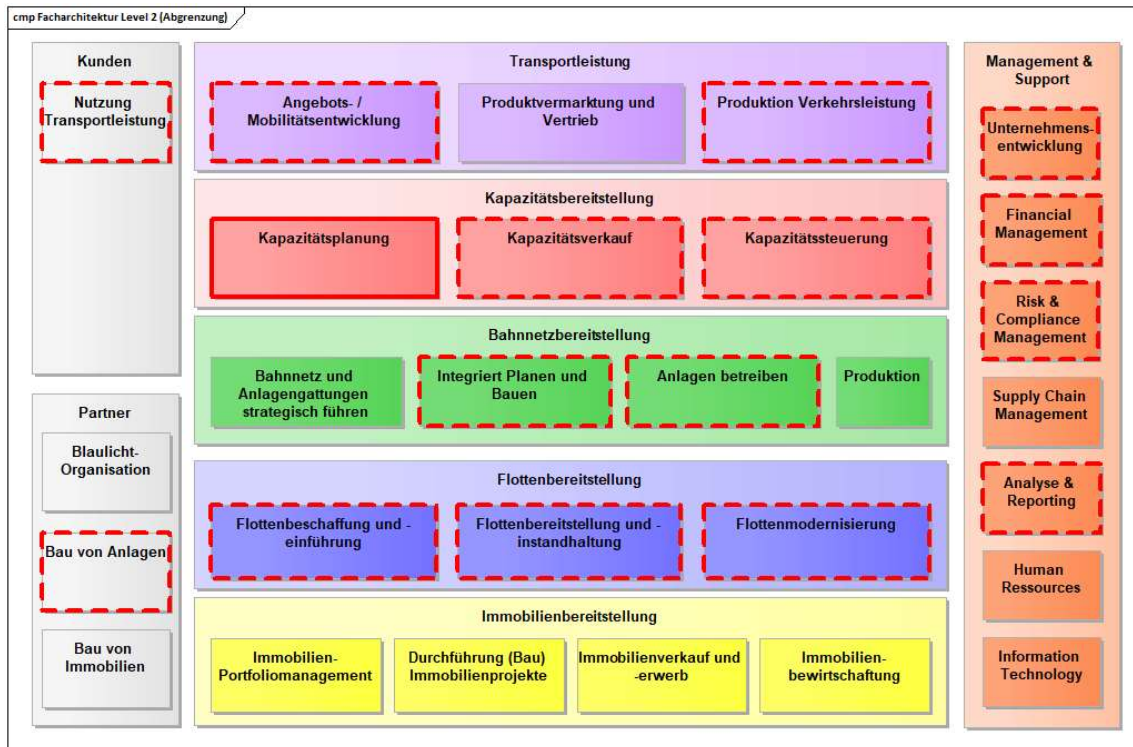


Abbildung 4: Facharchitektur mit Scoping SR40 (rot umrahmt)

Die Facharchitektur ermöglicht zusammen mit den Features das «Scoping» (die Verortung der Anforderung) der smartrail 4.0 Aktivitäten auf einzelne Geschäftsfähigkeiten im Gesamtsystem Bahn. Eine Geschäftsfähigkeit aus Sicht smartrail 4.0 beschreibt was ein Unternehmen kann oder können muss, um seine Ziele und Ergebnisse zu erreichen. So ist z.B. die Fahrplanerstellung im Scope von smartrail 4.0, der Ticketverkauf aber nicht, obwohl er eine Geschäftsfähigkeit der Branche ist. Auf diese Weise können wichtige Schnittstellen zu smartrail 4.0 und zu Akteuren im Gesamtsystem identifiziert werden.

Der Scope von SR40 wird basierend auf der Facharchitektur festgelegt. Neben den klar abgrenzbaren Teilen («Was ist im Scope», «Was ist ausserhalb des Scopes») gibt es auch einen grösseren Teil an Geschäftsfähigkeiten, welche durch smartrail 4.0 beeinflusst werden. Diese beeinflussten Fähigkeiten werden ebenfalls ausgewiesen. Die Geschäftsfähigkeiten im Bereich Kapazitätsbereitstellung bildeten die Basis für die neuen Geschäftsfähigkeiten im Bereich Trassen Produzieren. Somit ist sichergestellt, dass sich SR40 und die Infrastruktur auf das gleiche Zielbild ausrichten.

3.1.2 Anforderungen

Funktionale und nichtfunktionale Anforderungen werden aus Features oder vergleichbaren, übergeordneten Quellen abgeleitet. Die fachliche Detaillierung erfolgt mit Product Requirements (PRQ), die ganz oder teilweise in einem technischen System umgesetzt werden können. PRQs werden mit Apportionment Requirements (ARQ) aufgeteilt und den Teilsystemen zugewiesen. Die Teilsysteme selbst werden mit System Requirements (SRQ) detailliert beschrieben. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht diese Struktur.

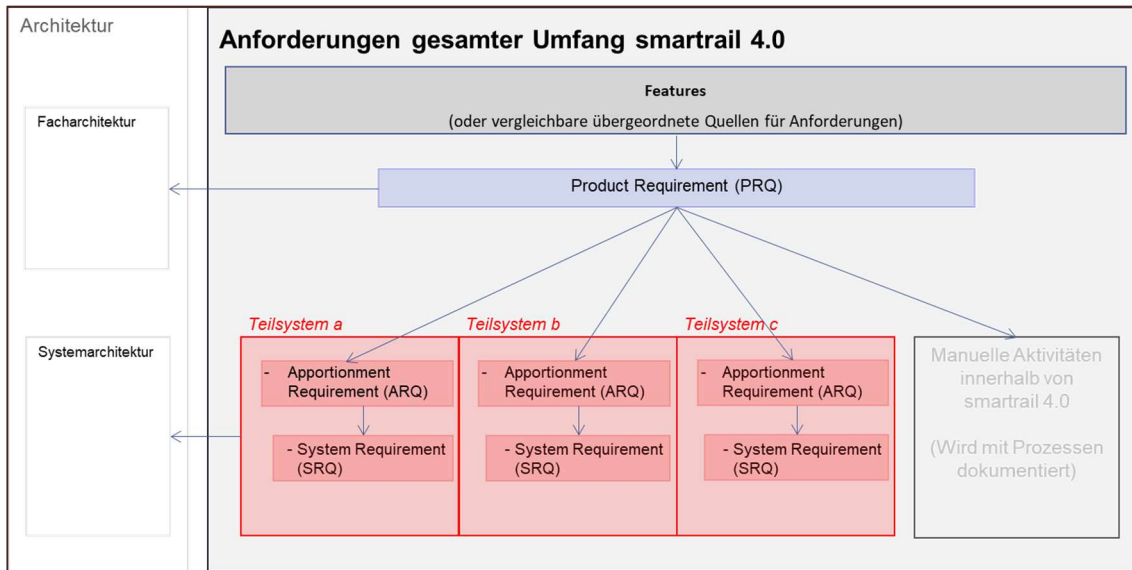


Abbildung 5: Verwendung der Anforderungsentitäten

Vom Feature werden die Product Requirements (PRQ) abgeleitet. Daraus wird die Aufteilung zu Teilsystemen gemacht. Die Teilsysteme bestehen aus einem Apportionment Requirement (ARQ), welches durch die System Requirements (SRQ) detailliert wird. Zusätzlich wird mittels MBSE (model based system engineering) ein Modell erstellt, welches die Durchgängigkeit über alle Stufen sicherstellt und so die Anforderungen sinnvoll ergänzt.

Features

Die Features beschreiben die Grobfunktionalitäten des zukünftigen Produkts, welche auf einem hohen Abstraktionsgrad definiert werden. Sie lassen sich einem oder mehreren Zielen zuordnen. Im Rahmen des End-to-End Prozess werden die wichtigsten Use Cases als Features abgebildet:

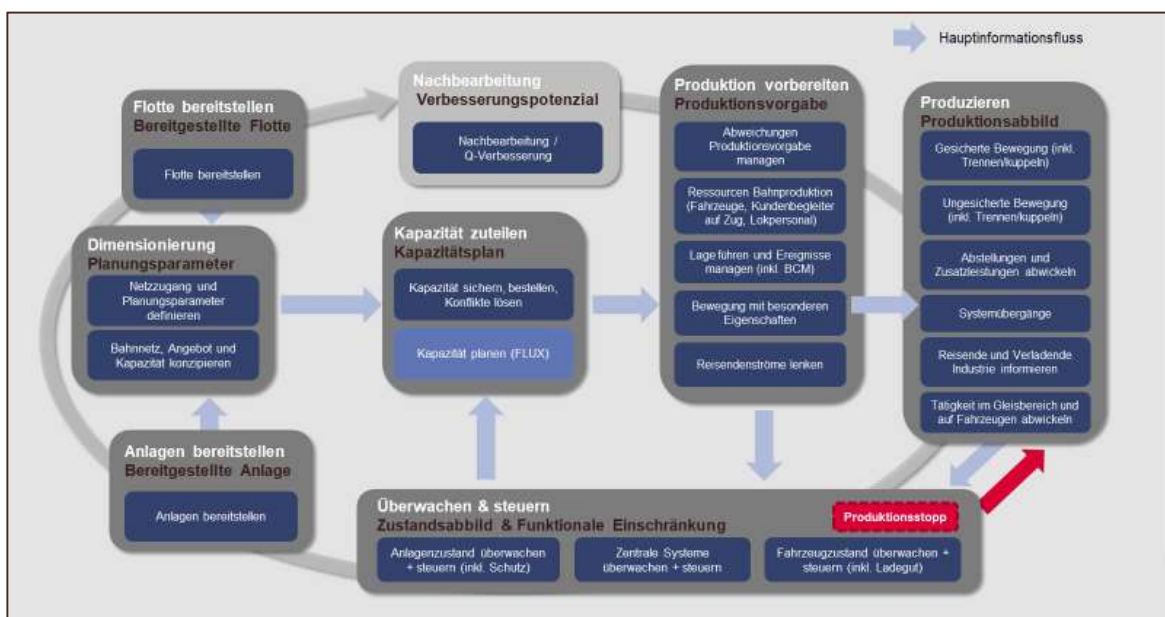


Abbildung 6: Smartrail 4.0 End-to-End Prozess mit Features

In folgender Auflistung sind die Features beschrieben.

| Feature | Beschreibung |
|---------------------------|--|
| Bereitgestellte Flotte | Die Eigenschaften der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge sind wichtige Planungsparameter und Grundlage für den Kapazitätsplan und somit Planung des Bahnbetriebes. |
| Bereitgestellte Anlage | Die Lage und die Eigenschaften der zur Verfügung stehenden bahnrelevanten Anlagen (Gleise, Weichen, Bahnzugänge) sind wichtige Planungsparameter für die Kapazitätsplanung. |
| Planungsparameter | Mit den Planungsparametern (z.B. Netzzugangsparameter, Eigenschaften von Anlagen und Fahrzeugen, Pfingstverkehr, Trasse CH-Spielregeln, usw.) können die von der EVU bestellten funktionalen Angebotsbeschreibungen (z.B. Halbstundentakt), realitätsnah im Kapazitätsplan berechnet werden. |
| Kapazitätsplan | Der Kapazitätsplan enthält alle Kapazitätsobjekte (Fahrten, Intervalle, Abstellungen) über alle Zeithorizonte. Im Falle eines Konfliktes, wie Verspätungen, wird der Kapazitätsplan neu berechnet und aktualisiert, so dass jederzeit ein iterativ geplanter Zustand vorliegt und die Produktion optimiert durchgeführt werden kann. |
| Produktionsvorgabe | Die Produktionsvorgabe ist ein angereicherter Auszug des Kapazitätsplans und gibt konkrete Anweisungen zur unmittelbar anstehenden Umsetzung in der Produktion. In der Produktionsvorgabe sind die nötigen Ressourcen wie Fahrweg und Fahrzeug genau definiert. Kommt es zu Abweichungen in der Produktion, wird laufend ein neuer Kapazitätsplan berechnet, dies resultiert somit auch in einem Update der Produktionsvorgabe. Die eigentliche Planung der Ressourcen Bahnproduktion (Fahrzeuge, Lokführer, Zugbegleiter, usw.) obliegt nach wie vor den EVU; SR40 stellt Daten an der Schnittstelle zur Verfügung. |
| Betriebssicherung | Für ein Infrastrukturelement (Weiche, Gleis) wird ein Zustand definiert, welcher nur eine eingeschränkte Nutzungserlaubnis für Fahrten zulässt. Beispiele: Einschränkung Geschwindigkeit, Einschränkung Fahrrichtung, Verbot Bewegung, etc. |
| Kundeninformation | Die für die Kundeninformation benötigten Daten werden laufend nutzergerecht zur Verfügung gestellt und aktualisiert. |
| Arbeitssicherung | Während der Produktion werden Mitarbeitende im Gleisbereich durch die erforderlichen betrieblichen Massnahmen geschützt. |
| Produktionsabbild | Das Produktionsabbild wird laufend aktualisiert und repräsentiert den aktuellen Fortschritt der erbrachten Transportleistung. Dies dient u.a. zur genauen Verrechnung aller Leistungen. |
| Zustandsabbild | Das Zustandsabbild ist der IST Zustand aller zur Bahnproduktion benötigten Anlagen, Fahrzeuge und Systeme (z.B. Rechenzentrum). |
| Funktionale Einschränkung | Funktionale Einschränkungen sind Abweichungen des IST Zustandes vom geplanten SOLL Zustand von Anlagen, Fahrzeugen inkl. Lokführer und Systemen. Die funktionalen Einschränkungen werden an den Kapazitätsplan weitergeleitet und lösen eine Neuberechnung aus. |
| Produktionsstopp | Bei funktionalen Einschränkungen, welche die Sicherheit gefährden (z.B. Naturereignisse wie Lawinen) werden die betroffenen Fahrten umgehend gestoppt. |
| Verbesserungspotenzial | Im gesamten SR40 Scope werden laufend Abweichungen ausgewertet, analysiert und Verbesserungen der Bahnproduktion angestossen. |

Tabelle 1: Zusammenstellung Features smartrail 4.0

3.1.3 Bahnproduktions-Prozess (End-to-End Prozess)

Die smartrail 4.0 Bahnproduktions-Prozesse orientieren sich an den bestehenden Prozessen der Branche. Die bestehenden Prozesse werden nur dann verändert, wenn es einen klaren Grund gibt und eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Status Quo erzielt werden kann.

Der Begriff Bahnproduktions-Prozess (oder einfach End-to-End Prozess) wird in dieser Unterlage immer umfassend verwendet, d.h. er beschreibt Arbeitsabläufe, Systemabläufe, Abläufe auf dem Gleis etc. als Gesamtheit. Ein Bahnproduktions-Prozess beschreibt den mit ihm verbundenen Informationsfluss, der über mehrere Systeme und Menschen hinweg erfolgen kann. Dieser wird aufgrund der neuen technischen Fähigkeiten und der geplanten Automatisierungsschritte neu erstellt.

Der Bahnproduktions-Prozess bildet die Hauptprozessschritte nach Umsetzung von smartrail 4.0 ab. Dieser Prozess beschreibt die Haupttätigkeiten von der Dimensionierung über die Planung des Angebots bis hin zur erbrachten Transportleistung (=reine Fahrleistung) und lehnt sich im Wesentlichen am heutigen Prozess an. Jeder Prozessschritt hat als Ergebnis ein oder mehrere Lieferobjekte. Diese bilden wiederum die Grundlage für den nächsten Prozessschritt. Zum Beispiel ergeben sich aus der Dimensionierung des Angebots die Planungsparameter, welche für die Erstellung des Kapazitätsplans benötigt werden.

Die folgende Abbildung zeigt den Level 1 End-to-End Prozess. Dargestellt ist der Hauptinformationsfluss von der Dimensionierung über Planung bis zur Umsetzung. Viele Prozessschritte sind iterativ, z.B. die Dimensionierung kann mehrfach aufgrund neuer Informationen durchgeführt werden. Nach Erfüllung der Transportleistung ist der Prozess abgeschlossen. Der Gesamtprozess wird kontinuierlich überwacht und Verbesserungen am Gesamtprozess für z.B. bessere Prognosen angestoßen.

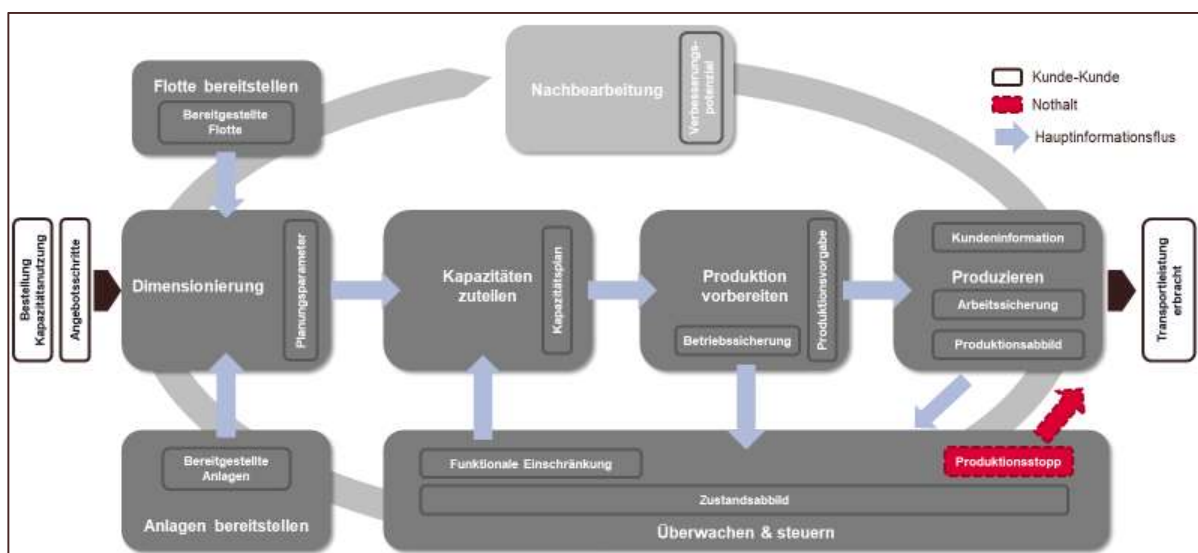


Abbildung 7: Bahnproduktions-Prozess Level 1 End-To-End

Die Bahnproduktions-Prozesse zeigen, wie die Geschäftsfähigkeiten umgesetzt werden sollen. Sie beschreiben, welche Aktivitäten manuell, welche vom System unterstützt und welche komplett automatisiert ablaufen. Die Prozesse bilden eine wichtige Grundlage für die Anforderungserhebung. Von jeder Aktivität werden Anforderungen abgeleitet. Die Prozesse sind eine wichtige Basis für das Erkennen von Veränderungen des soziotechnischen Systems, da sie zeigen, welche Aufgaben der Mensch in Zukunft übernimmt und welche Aktivitäten zukünftig vom System automatisiert durchgeführt werden.

Bahnproduktions-Prozesse, die im Rahmen von smartrail 4.0 erstellt werden, beschreiben primär die sich verändernden Bereiche. Für jeden Prozess gibt es einen Verantwortlichen bei smartrail 4.0. Alle Prozesse, die für smartrail 4.0 entworfen werden, sind einem der nachfolgenden vier Levels zugeordnet. Die Prozesse von smartrail 4.0 im Bereich der Produktion werden für die laufenden Optimierungsmassnahmen der Bahnen (z.B. SBBagil, Infra 2.0 oder Infra+ der BLS) als Vorlage eingesetzt. Im Bereich der Bahnnetz- und Flottenbereitstellung erstellt smartrail 4.0 keine eigenen Prozesse. Die notwendigen Veränderungen werden als Anforderungen an die laufenden Prozessoptimierungen gestellt. Die Prozesse vom Level 1 und 2 wurden durch den LA genehmigt. Die Prozesse auf Level 3 und 4 wurden von den entsprechenden STASS genehmigt. Die Prozesse bildeten die Basis für die Erstellung des Betriebskonzeptes mit den verschiedenen Betriebsszenarien. Diese wurden in interdisziplinären Workshops mit Anwendervertretern der Branche und Projektvertretern erstellt. Diese Arbeiten werden 2020 intensiviert, um so die Vollständigkeit bei den Requirements sicherzustellen:

- Level 1: Features
- Level 2: Features mit detaillierter Interaktion
- Level 3: Prozesse mit Pools / Lanes, die mit der Facharchitektur auf Level 3 korrespondieren
- Level 4: Konkretisierung und Detaillierung der Level 4 Prozesse

Im smartrail 4.0 MBSE (Model-Based Systems Engineering) Model werden einerseits die smartrail 4.0 Geschäftsprozesse in der «Operational Analysis» und die Anwendungsfälle aus dem Betriebskonzept in der «System Analysis» abgebildet. Daraus werden die Funktionen vom System und der beteiligten Aktoren abgeleitet inklusive des Zusammenspieles von diesen. Dieses Model wird dann auf die einzelnen Teilsysteme und Schnittstellen heruntergebrochen, womit eine Durchgängigkeit und Vollständigkeit von den Geschäftsprozessen und betrieblichen Anwendungsfällen zu den technischen Systemen und Schnittstellen erreicht wird. Smartrail 4.0 setzt die Methode «Arcadia» mit dem Werkzeug «Capella» ein.

3.2 Technisches Zielbild

Das **technische Zielbild** von smartrail 4.0 berücksichtigt die neuen technischen Fähigkeiten mit allen Potenzialen und basiert auf bestehenden ETCS-Protokollen, wird aber die heute damit verbundene Anlagenkomplexität reduzieren und gleichzeitig neue Technologien einsetzen. Die europäische Kompatibilität wird durch standardisierte Schnittstellendefinitionen sichergestellt, welche in der RCA- und OCORA-Architektur definiert wurden.

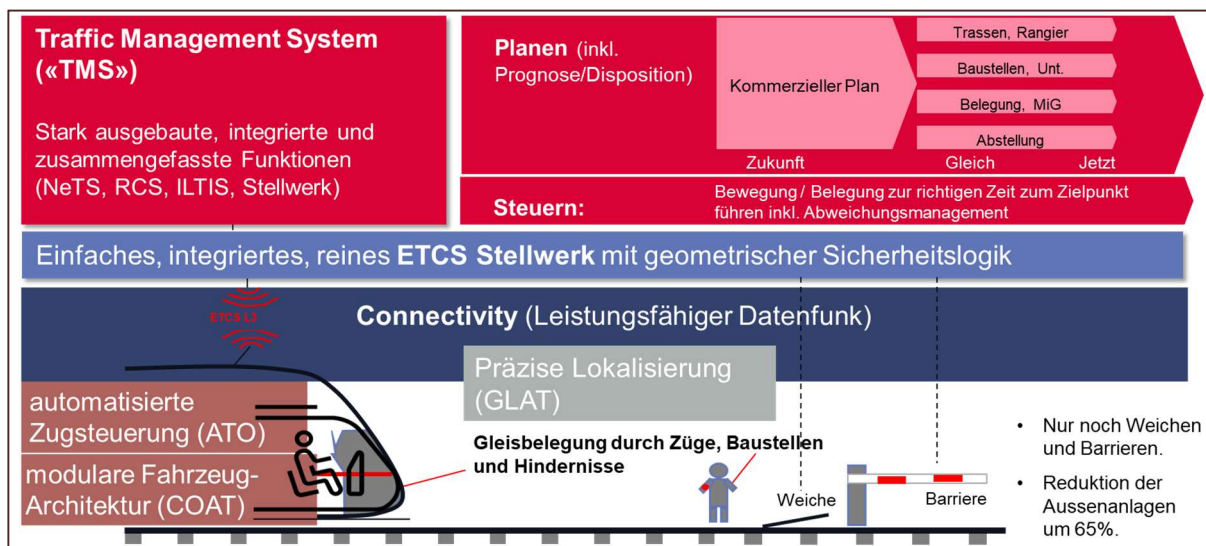


Abbildung 8: Technisches Zielbild smartrail 4.0

3.2.1 Systemarchitektur

Die heutige Systemstruktur hat neben Stärken - wie beispielsweise die Integration verschiedenster Stellwerktechnologien in die Betriebszentrale oder die Integration zwischen Planung, Disposition und Leittechnik - auch Nachteile - wie beispielsweise heterogene Systemlandschaft, monolithische Systeme oder spezifische Lösungen für die Schweiz. Um diese Nachteile zu beheben wurde die Systemarchitektur auf die Ziele von smartrail 4.0 ausgerichtet. Dazu wurden einerseits die verlangten technischen Eigenschaften und andererseits Kriterien für die Aufteilung in Teilsysteme festgelegt. Insbesondere, um die Lebenszykluskosten (LCC) zu senken und die Qualitätsattribute zu erfüllen. Die neuen Fähigkeiten sind im Bereich der Lokalisierung der Fahrzeuge, dem Erlauben von Bewegungen, der Stellwerklogik, dem dichteren Zugverkehr, der Migration in grossen Segmenten und der günstigeren Projektierung. Die Kriterien für die Aufteilung in Teilsysteme sind unter anderem ein möglichst dünner Safety Layer, Separation entlang der erwarteten Lebenszyklen, ein modularer Baukasten und schmale und gut testbare Schnittstellen.

Die folgende Abbildung zeigt die logischen Teilsysteme und Schnittstellen von smartrail 4.0, welche in der Systemarchitektur definiert sind:

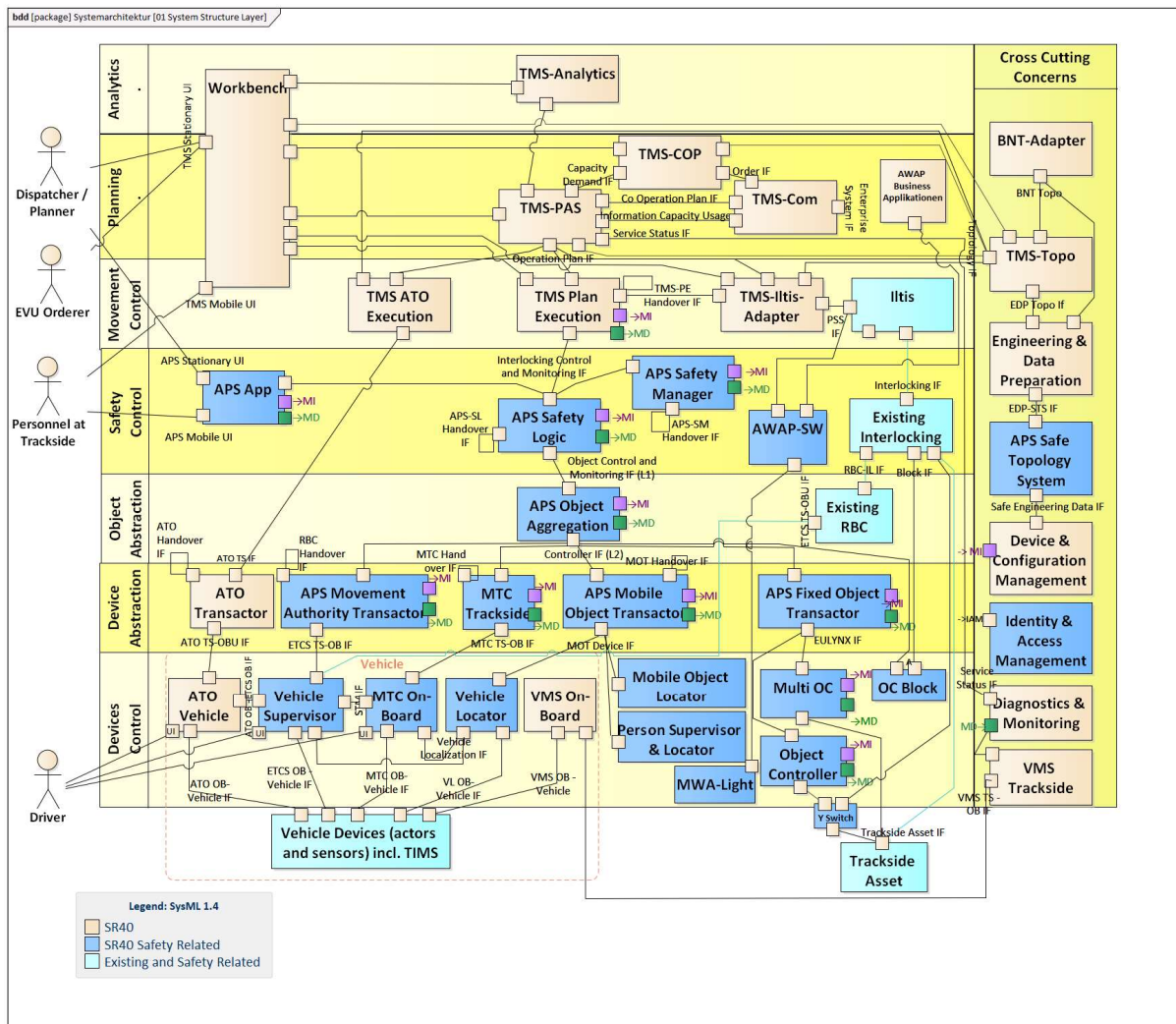


Abbildung 9: Logische Teilsysteme und Schnittstellen von smartrail 4.0

Die «Architectural Migration» definiert, wie grundsätzlich von der heutigen Architektur zur smartrail 4.0 Architektur migriert werden kann. Dabei werden zuerst die Fahrzeuge ausgerüstet, welche in der zu migrierenden Region verkehren. Die dazu nötige Rückwärtskompatibilität zu tieferen ETCS-Leveln und tieferen «ETCS-Systemversionen» wird sichergestellt. Danach wird smartrail 4.0 für eine ganze Region parallel zu den bestehenden Systemen aufgebaut. Für die Tests und die Inbetriebnahme kann die Region zwischen den heutigen Systemen und smartrail 4.0 umgeschaltet werden, sofern es für die Tests noch erforderlich ist.

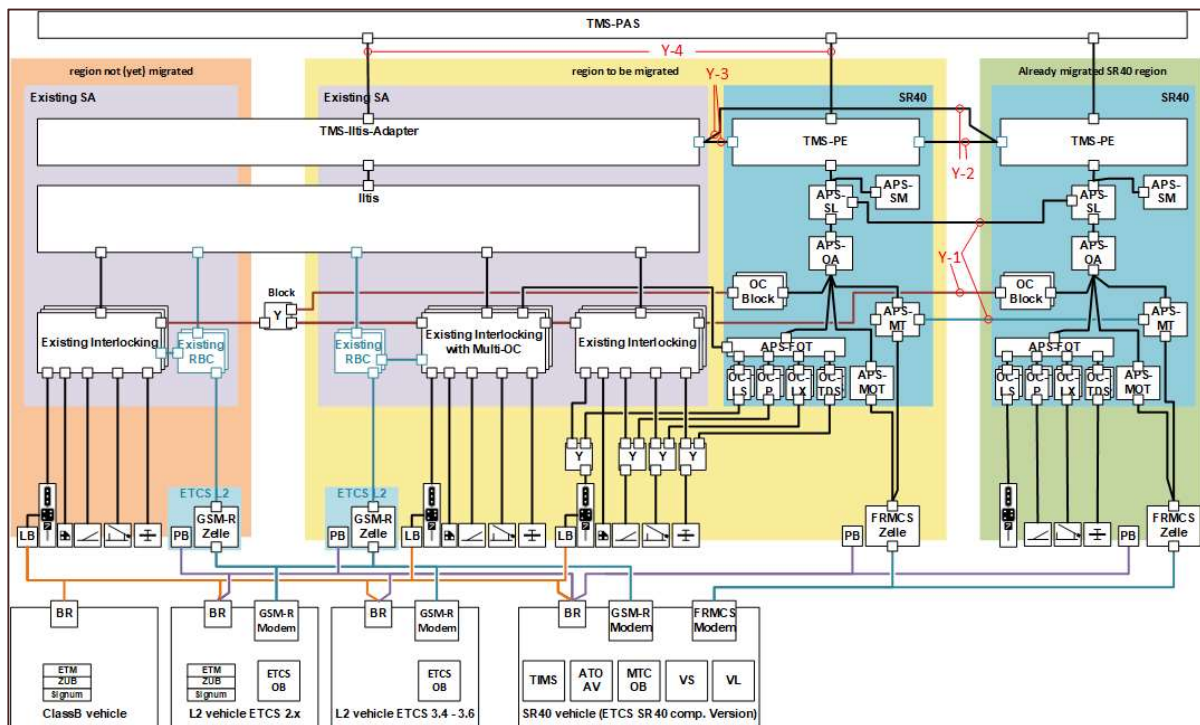


Abbildung 10: Architectural Migration SR40

Dieses Vorgehen bei der Migration mit nur zwei Zuständen (d.h. Zustand «alt» und Zustand «smartrail 4.0») reduziert die Komplexität deutlich. Einerseits bei den technischen Systemen, welche nicht viele unterschiedliche Schnittstellen unterstützen müssen und andererseits bei allen beteiligten Organisationseinheiten und parallel laufenden Projekten. Mit dem Umschalten einer Region werden die Betriebsprozesse von den heutigen Prozessen auf die smartrail 4.0 Prozesse umgestellt. Da grosse Regionen in einem Schritt umgeschaltet werden kann sowohl auf Zwischenschritte wie auch auf eine feine lokale Differenzierung der angewendeten Geschäftsprozesse verzichtet werden. Die Basis für die neuen Prozesse und die neuen Projektierungsgrundlagen und Tools wird durch smartrail 4.0 ausgearbeitet. Die notwendige Befähigung der betroffenen Organisationseinheiten (Business Change) werden zu gegebener Zeit gestartet.

3.3 Ausblick

2019 konnte die Feature-Erstellung abgeschlossen werden und auch ein Grossteil der PRQ wurde erstellt. Für eine Ausschreibung bzw. Entwicklung eines Systems reichen die Granularität und auch die Vollständigkeit der Anforderungen noch nicht aus. Zur Vollständigkeitsüberprüfung der Anforderungen wurden Dokumente wie z.B. die Betriebsprozesse ETCS L2, die Ittis Funktionsliste und auch europäische Dokumente von X2Rail beigezogen.

Erwarteter Arbeitsstand bis Ende 2019

Ca. 40% aller Anwendungsfälle und aller «Functional Chains» für die «System Analysis» mit Arcadia (MBSE) sind erstellt. Beide Lieferobjekte sind SR40 intern abgestimmt. Die Anwendungsfälle wurden als Anhang A zum Betriebskonzept breit vernehmllasst und von allen vier STASS abgenommen. Ende 2019 liegen 90% der PRQ, 70% der ARQ und 30% der SRQ vor.

Ziel bis Ende 2020

- 100% der Anwendungsfälle und der «Functional Chains» für die «System Analysis» sind erstellt.
- 100% der logischen Architektur ist erstellt.
- 100% der Features, 100% der PRQ, 100% der ARQ und 80% der SRQ freigegeben.

Vorgehen für 2020

Anwendungsfälle und «Functional Chains» für die «System Analysis»

Anfang 2020 werden die fehlenden Anwendungsfälle in interdisziplinären SR40-Teams und mit Vertretern der Branche erstellt. Anschliessend werden die «Functional Chains» für die «System Analysis» erstellt. Ziel ist es, rasch ganze Themenpakete abzuschliessen. Die Priorität liegt dabei auf den Anwendungsfällen der Betriebsprozesse welche für R3.1 benötigt werden, damit ITV zeitnah mit Inhalten für die Erprobungsstrecke testen kann. Mit den vollständig erstellten «Functional Chains» wird die «System Analysis» abgeschlossen und es ist definiert, welche Aktivitäten durch den Menschen und welche Funktionen durch das System ausgeführt werden müssen. Die Anforderungen liegen vollständig vor.

Logische Architektur

Die in der System Analysis erarbeiteten Funktionen werden auf die Teilsysteme aufgeteilt. Sequenzdiagramme zeigen den Infofluss durch das System auf und es ist definiert, welches Teilsystem welche Aufgabe hat.

SRQ

Die SRQ werden durch die Umsetzungsprojekte in Polarion erstellt. Basis ist die logische Architektur und die «Functional Chains» bzw. Anwendungsfälle. Es erfolgt eine Verifizierung durch P&A, um sicherzustellen, dass der Auftrag richtig verstanden wurde und dass die Realisierung im Sinne Business bzw. Zielkonform ist.

4 Ergebnisse / Zielerreichung Konzeptphase

4.1 Automatic Train Operation (ATO)

Das ATO Programm hat ein Grundlagendokument erarbeitet, in dem die Hauptlieferteile des Programms bis zum Jahr 2024 beschrieben sind. Das Programm arbeitet eng innerhalb der Branche mit verschiedenen Beteiligten (ISBs, EVUs sowie der Industrie) zusammen.

4.1.1 Ausgangslage und Relevanz

Basierend auf einem integrierten System von Zugbeeinflussung und automatischem Fahrsystem bewährt sich ein (voll)automatisierter Betrieb in U-Bahnen und abgeschlossenen Bahnsystemen seit Jahrzehnten. Diese Systeme lassen sich nicht uneingeschränkt für die heutigen Normal- und Schmalspurbahnen mit unterschiedlichen Zugbeeinflussungssystemen wie ZBMS, ZUB und ETCS (L1LS, L1FS, L2...) und diskriminierungsfreien Zugang von Eisenbahnunternehmen auf den verschiedenen Infrastrukturen im Mischbetrieb anwenden. Um dennoch ein je nach Bedarf zeit- und/oder energieoptimiertes Fahrprofil zu berechnen, umzusetzen und länderübergreifend (interoperabel) anzuwenden, wird derzeit auf europäischer Ebene eine Standardisierung aller Schnittstellen eines ATO-Systems angestrebt.

Die anstehende europäische GoA2-Norm ist für einen automatisierten Betrieb mit einer vollüberwachten Zugbeeinflussung ETCS ausgelegt. Derzeit sind im schweizerischen Normalspurnetz über 90% der Strecken mit einer «Limited Supervision» (LS) Zugbeeinflussung ausgerüstet. Diese deckt die anstehende internationale TSI-Norm bezüglich ATO nicht vollständig ab. Bei L1LS werden die Funktionalitäten des schweizerischen Zugbeeinflussungssystems ZUB, basierend auf konventionellen Aussensignalen, übernommen. Die Übertragung der notwendigen Daten erfolgt über Eurobalisen und Euroloops, wobei die ETCS on-board Ausrüstung die limitierte Zugbeeinflussung ohne weitere Komponenten sicherstellt. Somit ist auch ein L1LS ATO-Betrieb (GoA2) unter dem Einsatz einer ATO-Onboard-Unit (OBU) und der Schnittstellen zur Infrastruktur gemäss der anstehenden Norm theoretisch möglich, muss aber weiter untersucht werden.

Smartrail 4.0 basiert auf einer vollständigen Überwachung (durch ETCS bzw. dessen Weiterentwicklung) und der geplanten ATO Lösung. Sie basiert auf derzeit unter Shift2Rail spezifizierten GoA2 Schnittstellen (Entwürfe in Anlage ATO_40), die ca. 2022 Bestandteil der TSI sein werden.

Sämtliche europäische GoA2 Lösungsansätze, die in enger Zusammenarbeit mit der ERA entstehen, sind technische Systeme mit SIL0 Ausprägung. Die technischen ATO Systeme werden entsprechend als SIL0 realisiert. Erfolgt durch das BAV eine differenzierte Betrachtung der technischen ATO Komponenten, muss die Kompatibilität und die ATO Anwendung von interoperablen Fahrzeugen der geplanten ATO TSI Norm vertieft geprüft werden.

4.1.2 Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Die im Zwischenbericht für 2019 angekündigten Resultate konnten mehrheitlich erreicht werden. Bei den Meterspurbahnen gibt es, bedingt durch eingeschränkte Lieferantenverfügbarkeit, gewisse Zeitverschiebungen. Die Arbeitsgruppe ATO der VöV Meterspurbahnen rechnet aktuell mit ersten Tests frühestens Mitte 2020. Der Fokus der Arbeitsgruppe liegt auf den für Meterspurbahn spezifischen Anpassungen der von den geplanten TSI definierten Schnittstellen Subset 130 und 139.

Architektur

Die aktuellen Entwürfe der ATO GoA2 Spezifikationen für ETCS full supervision, welche die Grundlagen der zukünftigen TSI darstellen, wurden in einer ersten Version im Januar 2019 auf der Shift2Rail Homepage veröffentlicht. Smartrail 4.0 hat mit der Industrie Piloten auf der Strecke Lausanne Villeneuve durchgeführt und konnte vor der Veröffentlichung entsprechende Präzisierungen vornehmen. Die Shift2Rail Architektur entspricht der heute vorliegenden RCA Initiative.

Die Projektierungsgrundlagen resp. Unterschiede in der Projektierung von L1LS bei verschiedenen ISB ergeben für die spätere Implementierung von ATO unter ETCS L1LS einige Herausforderungen. Beispiele sind insbesondere der Umgang mit RADN-Bremsreihen, welche in den statischen Geschwindigkeitsprofilen des ETCS L1LS nur für die jeweils höchste Zugreihe hinterlegt sind, oder die Projektierung von «Warnung» statt des effektiven Fahrbegriffes auf der Balise beim Vorsignal bei signalisierten Geschwindigkeitseinschränkungen. Diese Themen sind bereits zu einem grossen Teil identifiziert. Bei Testfahrten ist nicht auszuschliessen, dass noch weitere Herausforderungen hinzukommen. Während des L1LS Piloten werden die ersten Erkenntnisse weiter untersucht sowie verschiedene Lösungsvarianten erarbeitet, geprüft und ggf. zum späteren Rollout vorgeschlagen. Diese werden im Rahmen des Piloten L1LS tiefgehend analysiert und generische Lösungsvorschläge für eine spätere schweizweite ATO L1LS Umsetzung erarbeitet.

Test Spezifikation

Für das ATO Programm wurde eine bahnübergreifende Arbeitsgruppe mit Vertretern SBB, SOB, VöV AGr ATO und DB Cargo gebildet. In dieser wurden die Schwerpunkte der Tests der einzelnen Bahnen vorgestellt, mögliche Gemeinsamkeiten und Interessensfelder herausgearbeitet und daraus ableitend eine für alle Bahnen gültige Dokumentenstruktur mit einheitlicher Terminologie bestimmt. Damit können alle Partnerbahnen von allgemeingültigen Templates wie Testprotokoll, Testdrehbuch und einer Vorlage für Testcases profitieren. Die Testcases der einzelnen Bahnen werden laufend fachlich verglichen, Schwerpunktthemen einzelner Bahnen bei Testfahrten diskutiert und gemeinsame Testfälle bestimmt. Ziel ist, zusammen mit der einheitlichen Datenauswertung von SR40 eine breite Aussage zu den ATO-Themenfeldern zu geben. Damit wird sichergestellt, dass zwischen den einzelnen Livetests und Piloten alle möglichen Synergien, Best-Practices sowie die Resultate der Test gegenseitig genutzt und somit Mehrfachaufwendungen vermieden werden.

Daten Analytics

Bei der Digitalisierung von Eisenbahnen hat die traditionelle Datenanalyse oder die neueste Big-Data-Technologie zwei Hauptanwendungen: Sicherheit und Bahnleistung (z.B. Energieverbrauch, Pünktlichkeit). Derzeit konzentrieren sich die Diskussionen auf die Sicherheit und zu wenig auf die Verbesserung der ganzheitlichen Leistung mit Unterstützung der Datenanalyse oder der neuen Big Data Technologien. Gegenwärtig ist die Qualität (Granularität) der verfügbaren Daten der Systeme aufgrund der unterschiedlich eingesetzten Systemgenerationen, Eisenbahnfragmenten und mangelnder Standardisierung eingeschränkt, was auch für den Fortschritt der Digitalisierung der Eisenbahn eine große Herausforderung darstellt. Mit der eingesetzten Arbeitsgruppe und der systemübergreifenden Datenanalyse wird gelernt, wie zur Unterstützung der ATO-Optimierung Datenerfassung und Datenanalyse genutzt werden können. Trotzdem können aufgrund der eingesetzten heterogenen Fahrzeuge nicht in 100% die untersuchten Bereiche auf dieselbe Datenbasis zurückgegriffen werden. Smartrail 4.0 bietet die Möglichkeit, einen allgemeinen Datenerfassungs- und Datenanalyse-Workflow für verschiedene ATO-Piloten zu erstellen. Dies ermöglicht, die Bahnleistung unter verschiedenen Aspekten zu bewerten und verschiedene ATO-Piloten mit der gleichen Basis zu vergleichen.

Zulassung

Für die Erarbeitung von generischen Zulassungsdokumenten wurde ein bahnübergreifendes Team gebildet. Damit stehen der ganzen Branche alle Informationen zur Verfügung inkl. der Erfahrungen aller Zulassungsaktivitäten sämtlicher bereits durchgeführten Piloten. Die ausgearbeitete Dokumentenstruktur ermöglicht zukünftigen Projekten, Erfahrungen aus den bereits durchgeführten und bewilligten ATO-Testzulassungen zu nutzen. Ebenso wurden aus übergeordneter ATO Programm Sicht die Auswirkungen von GoA2 auf die Berufsgruppe im Führerstand analysiert und dokumentiert. Weitere Aspekte, die die Sicherheitsanforderungen betreffen, werden im Rahmen von Zulassungsbegehren und in der Risikobeurteilung behandelt.

Mensch-Technik-Organisation (MTO)

Für die MTO-Thematik wurden mit Beteiligung der SR40-Branchenpartner Workshops zur arbeitspsychologischen Beurteilung des GoA2-Normenentwurfs durchgeführt. Zusätzlich wurden die Risiken aus Sicht Human Factors mit einer neu entwickelten Checkliste identifiziert und mögliche Massnahmen abgeleitet. Darauf aufbauend wurden erste Überlegungen zur Gestaltung der Anwendungsmodalitäten für GoA2 gemacht. Aus Sicht des Lokpersonals zeigte sich dabei, dass diese Anwendung teilweise umstritten ist. Verglichen mit der heutigen Situation hat das Lokpersonal im GoA2 veränderten Handlungsspielraum, wobei es für die Fahrt und insbesondere die Überwachung hinsichtlich allfälliger Hindernisse im Gleisbereich verantwortlich bleibt. Somit besteht das Risiko, dass die Aufmerksamkeit und das Situationsbewusstsein auf Grund des Wegfalls zahlreicher manueller Handlungen reduziert ist. Dem gegenüber steht die Veränderung durch den Einsatz von ETCS L3 und verdichteter Zugfolge. Entsprechend wird dieses Thema auch künftig weiterbearbeitet.

Hinsichtlich der Rahmengenutzungen für die neuen SR40-Anwendungen sowie den erforderlichen Änderungen der FDV wurden regelmässig Abstimmungstreffen mit dem BAV durchgeführt.

Zugfolgezeiten / Kapazität

Die im Zwischenbericht ausgewiesenen Kapazitätswirkungen von GoA2, insbesondere die Grundlagen der Berechnung der reduzierten Zugfolgezeit unter L1LS, wurden detaillierter dokumentiert. Erweiterte Einschätzungen hierzu können nach den ersten Testfahrten unter L1LS vorgenommen werden. Abschliessend wird der mögliche Kapazitätseffekt von ATO unter L1LS nach dem Schritt C des ATO L1LS Piloten ausgewiesen.

4.1.2.1 C-DAS

Die BLS hat 2017 ausserhalb von smartrail 4.0, aber in Zusammenarbeit mit SBB Infrastruktur (SBB-I), drei Fahrempfehlungssysteme im S-Bahn-Betrieb getestet. Es wurde gezeigt, dass der Energieverbrauch mit Hilfe von optimierten Fahrprofilen um 10-15% gesenkt werden kann (wobei ADL bereits ca. 7% dieser Einsparung abdeckt). Fahrempfehlungen tragen zu hoher Pünktlichkeit und reduzierter Streuung der Fahrweise bei. Die Wirkung der Fahrempfehlungen hängt wesentlich davon ab, ob und wie diese durch das Lokpersonal akzeptiert und umgesetzt werden.

Aufgrund der durch die erforderliche Einbindung von Bestandssystemen befürchteten hohen Komplexität entschied die BLS, auf eine eigenständige Einführung eines Fahrerassistenzsystems zu verzichten und sich stattdessen verstärkt in die smartrail 4.0 Arbeitspakete eco 2.0 und ADL 4.0 einzubringen.

4.1.2.2 ATO GoA2 ETCS L1LS

Die Machbarkeitsstudie für GoA2 unter L1LS wurde im Januar 2018 abgeschlossen. Sie bestätigt grundsätzlich die Machbarkeit bezüglich Technik, Risiken, Organisation und Regelwerk. In einem Wettbewerbsverfahren unter möglichen Lieferanten für die ATO-OBU wurden mehrere Angebote geprüft. Ein Preisgericht hat die erfolversprechendsten Konzepte von Rail Systems Engineering und Stadler für das ATO-L1LS-Pilotprojekt der Südostbahn SOB zur Weiterbearbeitung empfohlen.

Seit Anfang 2019 wird an der Vorbereitung der ersten Testfahrten bei den beiden Lieferanten und der SOB in den Teilprojekten Infrastruktur, Zulassung, Technik, Testing und Human Factors gearbeitet. Die grossen Herausforderungen lagen in der Bereitstellung der Infrastrukturdaten, der Analyse der möglichen Abweichungen zu den bestehenden Vorschriften und der Analyse der durch ATO resultierenden Einflüsse auf das Personal. Es wurden bei SOB und bei den Lieferanten verschiedene Konzepte erarbeitet (z.B. technische Konzepte der Lieferanten, Haltegenauigkeit- sowie Mess-, Test- Zulassungs- und Bedienkonzepte durch die SOB.)

Für die Vorbereitungen der ersten geplanten Testfahrten, welche seit Dezember 2019 in der Nacht stattfinden, wurde die gesamte Testplanung (inkl. der statischen und dynamischen Tests, der Qualitätsmeilensteine, der Definition der Test Cases sowie das Erstellen der Testdrehbücher) abgeschlossen.

Im Vorfeld zum Testschritt A fanden im November 2019 die ersten dynamischen Tests in den zwei Fahrzeugen statt. Dabei wurden die Grundfunktionalitäten geprüft und Integrationstest durchgeführt.

Diese Resultate und das Zulassungskonzept bildeten die Basis für die Erstellung der dem BAV eingereichten Zulassungsdokumentation für die einzelnen Pilotschritte (u.a. Risikoanalyse, Betriebskonzept inkl. der Herausforderungen für den Betrieb; Abweichungen zu den bestehenden Vorschriften sowie Zulassungsdokumente der ATO Lieferanten). Somit liegt eine Grosszahl von Resultaten vor, welche als Basis für die Erlangung der Zulassung dienen, um die ersten Fahrten mit ATO auf L1LS in Angriff zu nehmen.

4.1.2.3 ATO GoA2 ETCS L2

Ende 2017 führte die SBB auf der Neubaustrecke einen PoC im GoA2 mit einem RegioDosto durch. Dabei wurde die grundsätzliche Machbarkeit von GoA2 mit bereits heute bestehenden Technologien demonstriert. Im Projekt ATO2Basic finden seit August 2018 GoA2 Testfahrten mit einem FLIRT unter ETCS L2 Full Supervision auf der Strecke Lausanne-Villeneuve statt. Ziel ist anhand von ATO-OBU Funktionsmustern die Anwendbarkeit der zukünftigen TSI ATO Standardschnittstellen über mehrere Phasen zu prüfen. Diese befinden sich derzeit bei Shift2Rail im Normierungsprozess und sind für die TSI 2022 vorgesehen. Es soll die Anwendbarkeit der Normen für den spezifischen, schweizerischen Bahnbetrieb nachgewiesen werden.

Mit dem PoC auf der Neubaustrecke wurde das automatische Fahren und Bremsen auf Basis von AFB (Automatische Fahr- und Bremssteuerung) mittels ETCS $V_{Permitted}$ und den bestehenden ADL Fahrgeschwindigkeitsempfehlungen) demonstriert. Im Projekt ATO2Basic wurden in der Phase 1 Tests der Subsets 125 und 126 zur Anbindung einer ATO-OBU an ein ATO-TS mit statischen Fahrplandaten erfolgreich umgesetzt. Im Praxisbetrieb erwies sich die Steuerung durch das ATO-TS mit den Entwürfen der normgerechten Schnittstellen als machbar. Es wurden keine negativen Auswirkungen festgestellt. Auswertungen ergaben Hinweise, dass mit der Versuchs-ATO-OBU sehr eng an der Bremskurve gefahren wird. In weiteren Versuchen wurde ein Interface zwischen RCS und dem ATO-TS realisiert, so dass die übertragenen Daten auf Live-Prognosen (dynamisch basierende Fahrpläne) beruhen. Auch dieser PoC konnte erfolgreich durchgeführt werden. Gleichzeitig wurden erste Beobachtungen des Anhalteverhaltens im dynamischen Betrieb vorgenommen. Dabei gab es keine besonderen Auffälligkeiten. Weitere ab Oktober 2019 geplante Testfahrten mit einer ATO-OBU, an der die Normenentwürfe der Interfaces zur ETCS-OBU (Subset 130) und zur Fahrzeugsteuerung (Subset 139) umgesetzt werden sollten, mussten aufgrund der Produktverfügbarkeit sowie Engpässen in der Fahrzeugbereitstellung auf Anfang 2020 verschoben werden.

4.1.2.4 ATO GoA2 ZBMS

Die Arbeitsgruppe ATO MS hat ein Grundlagendokument erstellt und ist ein volles Mitglied des ATO Programms. Der Fokus lag an der Anpassung der Spezifikation Subset 130/139. Hier wurde mit den Lieferanten im Hinblick auf das Vorgehen und den Inhalt der Spezifikation Einigkeit erzielt. Die Planung wurde nach Klärung des Vorgehens überarbeitet. Die Erstellung der Schnittstellen-Spezifikationen

braucht mit der Zulassung mehr Zeit als ursprünglich angenommen. Der Meterspur Standard - sprich die «Branchenlösung ATO auf GoA2 Meter- und Speziaispurbahnen» - wurde erstellt und liegt als Grundlage für die Tests vor. Erste Tests zur Nutzung von smartrail ATO Track Side mit der Schnittstelle Subset 126 für Meter-, Speziaispur/Tram sind Ende 2019 in Zusammenarbeit mit der SBB geplant. Bei erfolgreichen Tests kann die Schnittstelle 126 ohne Anpassungen übernommen werden.

4.1.2.5 ATO-TMS-TS

Die Entwicklung des ATO-TS ist als separates Projekt im Programm TMS enthalten (vgl. Kapitel 4.4.2.5). Als Abgrenzung zwischen den Programmen «ATO» und «TMS» gilt die Schnittstelle zwischen ATO-TS (TMS) und ATO-OBU (Fahrzeug). Die Schnittstelle zwischen ATO-TS und der ATO-OBU wird zukünftig durch den TSI Standard für ATO definiert.

4.1.2.6 Studie Business Case GoA3/4

Zu den höheren Automatisierungsgraden der Zugführung (GoA 3 und 4) wurde eine Studie erstellt, um die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit abzuwägen und damit eine Diskussionsgrundlage zu schaffen. Die technische Voraussetzung für höhere Automatisierungslevel (GoA 3 oder 4) im schweizerischen Bahnsystem (Mischverkehr, freier Netzzugang) ist derzeit nicht gegeben und könnte allenfalls erst im Rahmen einer europäischen Normierung geschaffen werden.

Gemessen an den verfügbaren Technologien, den praktischen Erfahrungen und einem denkbaren Migrationsplan ist eine höhere Automatisierung aktuell nicht erzielbar. Das erkennbare Potential ist jedoch ausreichend gross, um das Thema weiter zu vertiefen und allenfalls in Teilbereichen eine Automatisierung als strategische Stossrichtung zu verfolgen.

4.1.3 Ausblick

Architektur

Mit den weiteren Untersuchungen des ETCS L2 ATO Piloten und dem generellen Engagement in den Gremien wird sichergestellt, dass die spezifischen schweizerischen Anforderungen eingebracht werden und somit die Zielsetzung von einer interoperablen ATO TSI Normen (TSI-2022) vorangetrieben und auch unterstützt wird.

Zulassungen

Die Thematik der Zulassungen wird auch zukünftig im Rahmen des ATO Programms durch die eingesetzte Arbeitsgruppe weitergeführt, um die Rahmenbedingungen für eine generische Zulassung zu schaffen. Dabei ist zu beachten, dass neben den generischen Zulassungsthemen projektspezifisch vor allem die Thematiken Zulassungstypen, Mensch-Technik-Organisation sowie mögliche Einflüsse von ATO auf die Fahrdienstvorschriften behandelt werden. Die einzelnen Zulassungsanträge für die geplanten ATO Tests / Piloten der einzelnen IVUs (ISB zusammen mit EVUs) werden auch zukünftig in enger Abstimmung innerhalb der verschiedenen Projekte durch das ATO Programm sichergestellt.

Mensch-Technik-Organisation

Smartrail 4.0 wird die Thematik Mensch-Technik-Organisation (MTO) weiter intensiv untersuchen. Dabei werden einerseits die ATO Tests und ATO Piloten Resultate liefern und andererseits andere Analysen mit einbezogen. Für die Vorbereitung für ATO Anwendungen (L1LS, ZMBS) als auch die Entwicklung der ATO App für COAT sind die Auswirkungen des Themas MTO ein wichtiger Einflussfaktor.

4.1.3.1 C-DAS

Auf Grund der positiven Erfahrungen mit den C-DAS-Tests bei der BLS und den erfolgreichen eco 2.0 Betriebstests bei SBB Personenverkehr erfolgt die Weiterentwicklung von statischen hin zu dynamischen Anzeigen, d.h. von eco 2.0 hin zu ADL 4.0. Mit ADL 4.0 soll das Lokpersonal die erforderlichen Informationen zum disponierten Produktionsplan erhalten (z.B. Zeiten und dafür passende Fahrgeschwindigkeiten), welche eine Fahrt möglichst präzise im vorgesehenen Slot ermöglicht. Der in der Konzeptphase angenommene Beitrag an die Energieoptimierung mit ECO 2.0 und ADL 4.0 ist noch zu vertiefen und in der Branche abzustimmen.

4.1.3.2 ATO GoA2 L1LS

Die SOB führen den ATO Piloten L1LS in drei Schritten durch (A, B und C). Die gesamten Test Cases gruppieren sich in Sicherheit und Zugbeeinflussung, Fahrzeug, Fahrt unter GoA 2, Infrastruktur L1LS, Adhäsion und Wetter, RCS und ATO Trackside sowie Worst-Case Szenarios. Dazu wurde für die Schritte A und B die Planung vollständig abgeschlossen. Nun werden basierend auf den Qualitätsmeilensteinen die Messwerterfassung sowie die Datenauswertung erarbeitet. Die genauen Details der Tests sind im Testkonzept und dem Testdrehbuch enthalten.

Nach Vorliegen der Bewilligung für die Testfahrten sind im Schritt A Nachtfahrten im Raum Ostschweiz zwischen Degersheim und Wattwil vorgesehen. In diesem Schritt finden die technischen Testfahrten mit beiden Lieferanten statt. Das L1LS Pilot Projekt verwendet für die Tests einen NPZ und einen Flirt 3 aus der neuen SOB Flotte. Geplant sind alle zwei Wochen 4 Testnächte alternierend mit den beiden Lieferanten. Insgesamt geht die SOB von ungefähr 40 Testnächten aus.

Nach dem Schritt A geht die SOB über in den Schritt B, in der ersten Phase ebenfalls auf dem Streckenabschnitt Degersheim und Wattwil, in der zweiten Phase bis Ende 2020 auf dem Süd Netz der SOB. Die Fahrten finden am Tag zwischen dem kommerziellen Betrieb statt. Dabei liegt der Fokus auf Probefahrten mit erweiterten Funktionalitäten und Optimierungen des ATO Systems.

Im Dezember 2020 startet der Schritt C im Umlauf der S31 auf dem Süd Netz. Der Fokus liegt dann auf den Tests im betrieblichen Alltag inkl. der Datenerhebung. Für diese Phasen sind 2020 die Testplanung, die Testcase-Definitionen und das Testdrehbuch zu erstellen. Ebenso braucht es für den Schritt C ein für den kommerziellen Betrieb erweitertes Betriebskonzept, eine Weisung «ATO Fahrten» für das Betriebspersonal sowie die entsprechende Zulassungsdokumentation für diesen Pilotschritt. Die Thematik

Mensch-Technik-Organisation wird für diesen Pilotschritt im Rahmen der smartrail 4.0 Rahmenbewilligung für 2021 erstellt.

Während der Tests werden die Daten ausgewertet, um daraus die entsprechenden Rückschlüsse zu ziehen. Basierend darauf werden laufend Grundlagen und Anforderungen (technisch wie wirtschaftlich) für weitere ISBs und EVUs mit einem möglichen L1LS ATO Rollout Interesse erarbeitet. Der erste mögliche L1LS ATO Rolloutentscheid soll bis Ende 2022 vorliegen. Die Ambition ist es, die ersten Ergebnisse (Technisch- Betriebliche- Machbarkeit, sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtung) im Cluster 5b zu berücksichtigen, um eine allfällige Umsetzungsvorgehensweise für L1LS zu beantragen.

4.1.3.3 ATO GoA2 ETCS L2

In der nun ab Anfang 2020 geplanten Phase 2 des Pilotprojekts ATO2 Basic werden weitere technische Tests unter Berücksichtigung aller aktuellen TSI Entwürfe der normierten Schnittstellen der OBU durchgeführt: Subset 125 (zum ATO-TS), 130 (zur ETCS-OBU) und 139 (zur Fahrzeugleittechnik). Die Grundlage bildet, die mit dem Hersteller vereinbarte und entsprechend beschriebene Funktionalität der OBU (Subset 126). Das Fahrverhalten wird weiter beobachtet. Bei Auffälligkeiten werden die Vorgänge an den standardisierten Schnittstellen ausgewertet und geprüft, ob die Ursache in den Normenentwürfen liegt. Es soll eine Aussage getroffen werden, ob im Zusammenspiel aller Schnittstellen ein akzeptables Fahrverhalten für die Schweiz vorliegt. Durch Beobachtung insbesondere der Zusammenhänge von schlechter Adhäsion und Fahrten nahe der Bremskurve können bereits in Phase 1 gewonnene Hinweise auf mögliche Kapazitätssteigerungen erhärtet werden.

Es ist geplant, dass die DB Cargo ab April 2020 in Zusammenarbeit mit smartrail 4.0 ebenfalls auf der Strecke Lausanne-Villeneuve im Rahmen des Shift2Rail Programms ARCC (Automated Rail Cargo Consortium) Testfahrten unter «IP5 GoA2 Cargo Demonstrator» durchführt. Das Projekt ist an die Phase 2 von ATO2Basic der SBB angelehnt, jedoch liegt der Fokus hier auf Cargo-Zügen. Es werden insbesondere Aussagen zum Verhalten von GoA2 im Güterverkehr getestet. Dabei werden auch ATO OBUs von unterschiedlichen Herstellern eingesetzt.

Mit ATO2Basic Phase 3 sollen die finalen in der TSI 2022 zur Veröffentlichung vorgesehenen Normen getestet werden. In dieser Phase wird es erstmals möglich sein, anhand mit der Industrie vereinbarter Kriterien und der definitiven Normen, Performancemessungen durchzuführen. Im Anschluss daran ist die Phase 4 als Pilotbetrieb geplant, welche über einen längeren Zeitraum eine statistisch belastbare Aussage zum Energiesparpotenzial liefern, sowie das Potenzial zur Verringerung der Zugfolgezeiten aufzeigen soll.

4.1.3.4 ATO ZBMS

Das Grundlegendokument ATO Meter- und Spezialeisenbahn/Tram (Anlage ATO_45) beschreibt auch den Ausblick. Die Anpassungen an die Schnittstellen (Subsets 130M und 139M) werden durch die Industrie spezifiziert und zugelassen. Die Zulassung der Schnittstellen ist für Mitte 2021 geplant. Zur Überprüfung der Schnittstellen und den Meterspur-spezifischen Funktionen sind 2021 Tests auf folgenden Strecken geplant:

- RBS: Worblaufen – Bern
- RhB: Klosters - Malans
- zb: Luzern - Horw

Die genaue Anzahl und Umfang der Tests hängen auch von den Ergebnissen der Normalspur Piloten ab.

Auf Ende 2022 ist ein erster Betriebseinsatz bei der BLT auf der ganzen Strecke der Waldenburgerbahn geplant. Das Projekt der BLT läuft direkt zwischen der BLT, dem BAV und dem Hersteller ausserhalb des SR40 Programms.

Die Klärung der Finanzierung zur Erarbeitung der Schnittstellenspezifikationen für die Meterspur spezifischen Subsets 130M und 139M wird auch 2020 eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung von ATO im ZBMS Umfeld.

4.1.3.5 ATO-TMS-TS

Um die Ansprüche an die Verfügbarkeit und Qualität, welche die ATO Piloten an die ATO-TS stellt, zu erfüllen, müssen die ATO-TS Komponenten einen hohen Entwicklungsstandard aufweisen. Diese werden weiter erarbeitet und fliessen in die Weiterentwicklung der ATO-TS ein, so dass die ATO-TS die Anforderungen an die zukünftigen ATO Piloten erfüllen kann. Der detaillierte Ausblick von ATO-TS wird im separaten Projekt im Programm TMS beschrieben (vgl. Kapitel 4.4.3).

4.1.3.6 Studie GoA >2

Die Erkenntnisse aus der Studie Business Case GoA3/4 werden weiterbearbeitet und einzelne Themen werden vertieft. Dazu wird die Studie für ATO GoA2 L1LS erweitert und das autonome Abstellen unabhängig der Zugbeeinflussungssysteme vertieft.

4.2 ETCS Stellwerk (ES)

4.2.1 Ausgangslage und Relevanz

Entscheidungssituation bzgl. ETCS

Auslöser: Notwendiger Ersatz der eingesetzten CCS Technologien

Der Hauptauslöser für das ES Programms ist, dass die grössten und wichtigsten Technologien am Lebensende¹ angekommen sind, insbesondere Stellwerktechnologien, Leittechnik und etwas später mit hohem Risiko auch die Verwendbarkeit von ETCS L1LS (ein Einfrieren in der TSI CCS wird aktuell durch DG MOVE diskutiert). Ein präzises Lebensende lässt sich nicht festlegen, da mit erhöhtem Mitteleinsatz und grösserem Verfügbarkeitsrisiko eine Verzögerung von wenigen Jahren möglich wäre. Insgesamt sollten die heute verwendeten Technologien aber im Verlauf der nächsten 7-10 Jahre ersetzt werden.

Andernfalls ergibt sich eine Drucksituation mit einem stark erhöhten Wartbarkeitsrisiko (Know-how, Personal, Material, Bereitschaft der Lieferanten), hohen Unterhaltskosten und schlechter Verhandlungsposition für nachfolgende Neubeschaffungen (der Zeitdruck blockiert das Fordern von Entwicklung). Das Hauptproblem aber besteht darin, dass 20-30 Jahre alte Technologien weiter in neuen Anlagen verbaut werden, die ihrerseits weitere 30 Jahre halten sollen, was mit diesen Technologien nicht sinnvoll, verlässlich und wirtschaftlich möglich ist. Im Ergebnis müssten Neubauten (z.B. Erweiterungen) nach einiger Zeit nochmals bzgl. CCS umgebaut werden, weil verwendete elektronische Technologien nicht mehr wartbar sind. Dieses wäre erforderlich, da die heutige Architektur eine geringe «Upgradeability» hat.

Die seit dem Jahr 2000 einsetzbaren Produkte verfügen über eine im Vergleich zu früher kurze Lebensdauer (20-30 Jahre) und sind für die Automatisierung stark vernetzt, was nochmals zu einem Obsoleszenzrisiko führt. Um eine hohe Investitionsdynamik und kurze Lebenszyklen zu vermeiden ist eine modulare Architektur mit hoher «Upgradeability» erforderlich, wie sie SR40 aufsetzt. Dieses umfasst Vorkkehrung zum einfachen und rollierenden bzw. modularen Software-, Hardware-, Nachweis- und Prozessupdate gemäss SR40 Konzept. Andernfalls tritt ein riskanter Effekt auf, wie in dem nachfolgenden Beispiel skizziert wird:

¹ Bei modernen elektronischen Systemen ist die Softwarelebensdauer die dominante Frage. Hardware wird häufiger ersetzt, was aber eher unkritisch ist. Bei der Software-Lebensdauer geht es um die Verfügbarkeit von Experten «mit Softwaredurchblick» und um verbaute Teilprodukte (z.B. eingesetzte «Middleware» oder Datenbanken). Lange Software-Lebensdauern liessen sich nur erreichen, wenn man keine Fremdsoftware einsetzt und wenn man sich exklusive Personalressourcen dafür dauerhaft schafft.

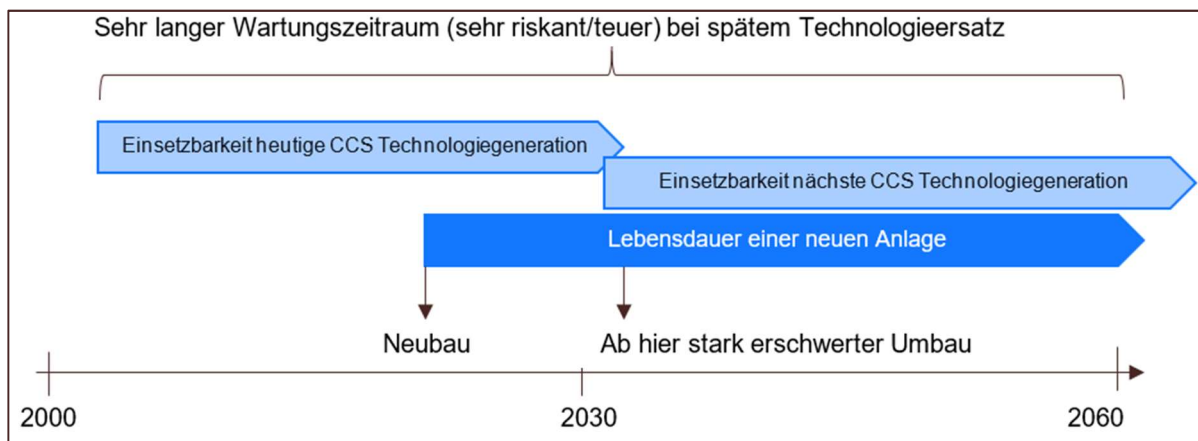


Abbildung 11: Risiko: Neue Anlagen mit alten Technologien bauen

Der lange Wartungszeitraum wie in diesem Beispiel ist für elektronische Anlagen wesentlich schwieriger zu bewältigen (sehr riskant), als für eher simple elektrotechnische Installationen wie Relais Stellwerke. Aus diesem Grund ist es für elektronische bzw. softwarelastige Technologien wirtschaftlicher, ca. alle zehn Jahre eine modernisierte Hardwaregeneration (und rollierend gepflegter Software) für neue Anlagen einzusetzen. Damit dieser häufige Technologiewechsel nicht zu deutlich höheren Kosten führt, entsteht für die heutigen elektronischen Produktionssysteme unabhängig von smartrail 4.0 der Zwang, eine sehr gute Upgradeability und eine modulare Bauweise einzuführen («alt mit neu kombinieren»), für die viele neue internationale Komponentenhersteller anbieten können (Verteilung der Entwicklungslast, siehe «RCA» Initiative auf https://ertms.be/workgroups/ccs_architecture).

4.2.2 Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Varianten zur ETCS Strategie (genauer/besser gesagt: CCS Strategie)

Der in der ETCS Strategie genauer bewertete Variantenbaum bezieht sich nur auf das Vorgehen zu ETCS (bzw. auf CCS, also alle streckenseitigen und zugseitigen Sicherungs- und Steuerungsanlagen). Bezüglich des Gesamtprogramms smartrail 4.0 bestehen noch mehr Entscheidungsvarianten (bzgl. ATO, TMS, COAT, Lokalisierung, FRMCS), die an dieser Stelle nicht betrachtet werden.

In der nachfolgenden Abbildung wird der Variantenfächer zu CCS bzw. ETCS dargestellt (alle denkbaren Varianten; geltende Vorgaben werden hierbei zunächst ignoriert):

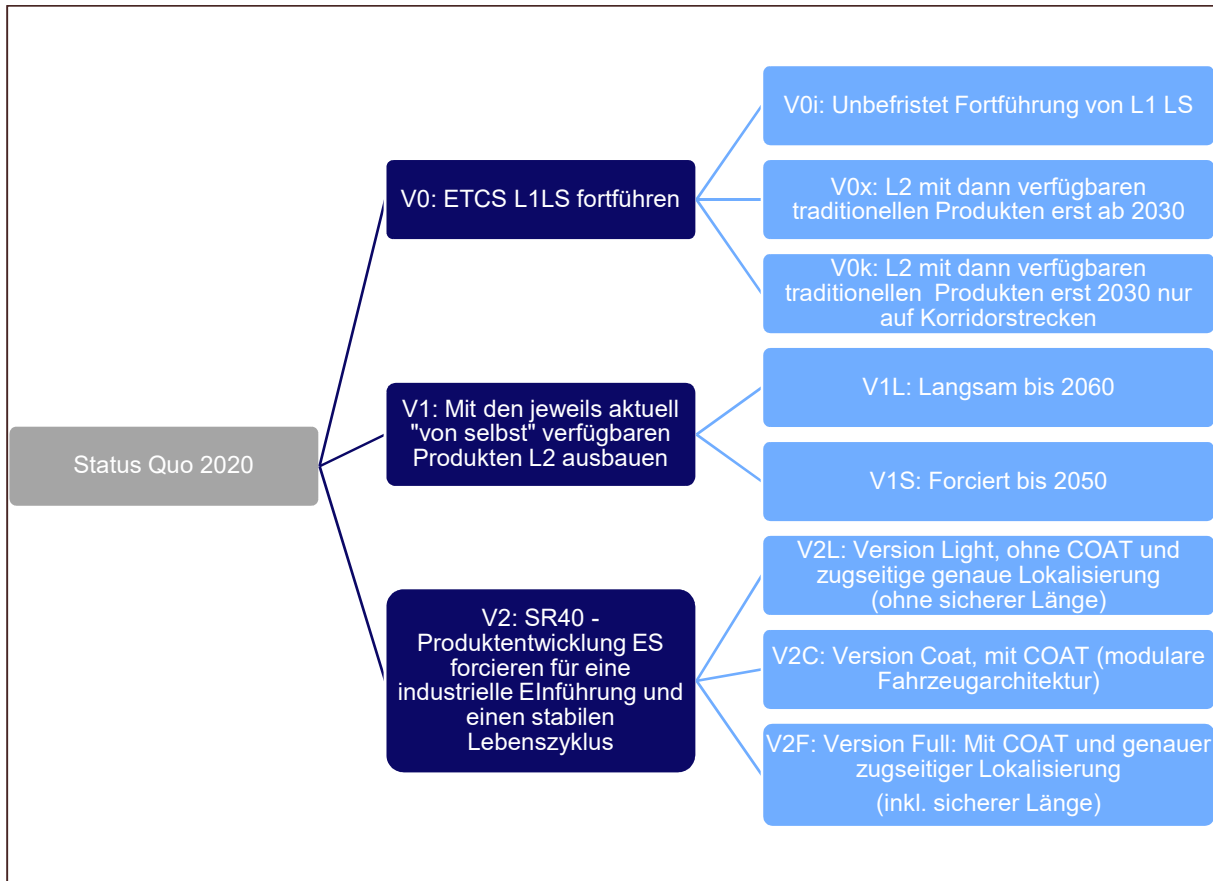


Abbildung 12: ETCS Variantenfelder

Die Variante 0 (L1LS fortführen) wird aus folgenden Gründen nicht empfohlen:

- V0i: Nicht zu empfehlen, da das zeitliche Handlungsfenster (anstehender Ersatz der Produktionssysteme) ungenutzt verstreicht. ETCS L1LS ist eine Zwischentechnologie. Eine längere Fortführung führt später dazu, dass nun mit vorhandenen Produktmodellen ein Ersatz stattfindet, der langfristig amortisiert werden muss. Sollte später ETCS L1LS nicht mehr neu verbaut werden dürfen, dann fallen viele vorzeitige Ersatzinvestitionen an, wenn dann zwangsweise auf eine neue Architektur.
- V0x: Nicht riskierbar. Die heutige Ausgangslage verschlechtert sich immer weiter (siehe Abschnitt 4.2.1). Dies kann ein unbeherrschbares Obsoleszenzrisiko erzeugen.
- V0k: Dito – nicht riskierbar. Dies kann ein unbeherrschbares Obsoleszenzrisiko erzeugen.

Beim Obsoleszenzrisiko liegt die Situation vor, dass aktuell seitens MOVE/ERA und Bahnindustrie Bestrebungen vorliegen (siehe Vorträge der CCRCC Oktober 2019), die TSI zu vereinfachen und die L1 Spezifikation einzufrieren. Das hätte das Risiko zur Folge, dass andere Länder ihre Change Request zu ETCS L1LS nicht mehr durchbringen und von der Implementierung evtl. absehen. Dieses würde wiederum auf die Produkthersteller wirken und die Systempflege verteuern oder Produkte werden nicht mehr angeboten (langsamer phase-out). Natürlich besteht die Möglichkeit einer Schweiz-spezifischen Pflege dieser Produkte, das ist jedoch gemäss Vorgabe BAV nicht mehr gewollt.

Mittelfristig bestünde das Risiko, dass ETCS L1LS nicht mehr neu verbaut werden darf.

Die Variante 1 (ETCS L2 mit heutiger Bauweise) wird aus folgenden Gründen nicht empfohlen:

- Kein Business Case oder ausreichender Vorteil gegenüber ETCS L1LS
- Nahezu gleich hoher Entwicklungsaufwand wie V2, da Technologieersatz trotzdem erforderlich
- Keine Aufwärtskompatibilität zu den «game changern» (ETCS L3)
- Keine Anpassungsfähigkeit zu zukünftigen Veränderungen, Interoperabilitätsrisiken
- Hoher Projektierungsaufwand
- Hohes Lebenszyklusrisiko (Wartbarkeit, Beherrschbarkeit, Komplexität, Knowhow-Bedarf, Pflege der Anlagen aufwendig und langwierig) mit entsprechenden Risiken zu den Lebenszykluskosten
- Sehr lange Migrationsdauer, die auch zu mehreren Technologiewechsel in der Migration führt

Reflektiert man die Aussagen aus der ERA CCRCC aus Oktober 2019, so ergibt sich auch in der internationalen Meinungsbildung (EC/MOVE, ERA, Bahnen) ein ähnliches Bild: Die Worte «Modularisierung», «Vereinfachung», «Industrialisierung», «Veränderbarkeit» und «Wartbarkeit» wurden in vielen Präsentationen als Priorität benannt, die im nächsten Schritt zu lösen ist.

Schlussfolgerung: Variante 2 (Umsetzung des Programm ES) ist zu empfehlen.

Auch bei der Variante 2 bestehen Untervarianten, welche jedoch nicht den Umfang der notwendigen Grundentwicklung beeinflussen.

- Wie im LSL Konzept, im APS Grundkonzept und im SR40 Migrationskonzept beschrieben erfolgt die Grundentwicklung für ETCS Level 3 so, dass fließend von heutiger streckenseitiger Gleisfreimeldeeinrichtung auf zuggestützte Lokalisierung umgestellt werden kann, sobald diese pro Zug verfügbar und installiert ist. Mit jedem Zug, der mobile Lokalisierung oder wenigstens eine sicher gemeldete Zugintegrität hat, steigt bereits die Kapazität. Die Grundentwicklung (11 ES Projekte) ist deshalb von der Lokalisierung unabhängig und beinhaltet ihre Vorbereitung bereits.
- Ein grosser Teil der Entwicklungsausgaben (ca. 50%) betrifft die Werkzeugkette und die Senkung der Lebenszykluskosten (gute wartbare Plattformen wie sicheres Rechenzentrum). Jedes dieser Werkzeuge ist im Fall einer schnellen Migration erforderlich. Im Fall einer langsameren Migration sind diese Werkzeuge zwar immer noch wirtschaftlich, aber nicht zwingend erforderlich.

Fazit zur ETCS Strategie

Das im Sinne der günstigen Fahrzeugmigration heute netzweit eingesetzte ETCS L1LS kann voraussichtlich nicht dauerhaft eingesetzt werden (ist eine Zwischentechnologie). Die heutige Bauform zu ETCS Level 2 (auf der Basis heutiger Stellwerke) bringt keine relevanten Vorteile mit sich, hingegen etwas höhere Lebenszykluskosten und erzeugt grosse Lebenszyklusrisiken (dauerhafte Beherrschbarkeit). Auf der Grundlage des «ETCS Stellwerks» besteht eine sehr wirtschaftliche Möglichkeit, sukzessive

- ETCS Level 2, oder
- verbessertes ETCS Level 2 mit virtueller Blockverdichtung, oder
- ETCS Level 3 mit einer leicht reduzierten Menge an Gleisfreimeldeeinrichtungen, oder
- ETCS Level 3 mit stark reduzierten Gleisfreimeldeeinrichtungen

industriell und wirtschaftlich einzuführen. Eine strategische Festlegung ist dazu nicht erforderlich. Die Auswahl dazu erfolgt jeweils unmittelbar pro Infrastrukturprojekt in der Projektierungsphase, je nach Verfügbarkeit moderner Lokalisierungstechnologien auf den Zügen. Der eigentliche Strategiebeschluss bezieht sich auf folgende zentrale Frage: ETCS Führerstandsignalisierung netzweit einführen und sukzessive alle Fahrzeuge ausrüsten?

- Wenn ja: Das ETCS Stellwerk muss entwickelt werden. Beschleunigte Einführung bis 2040? Das Tempo beeinflusst Fahrzeugnachrüstungen und das wachsende Obsoleszenzrisiko zu den Relaisstellwerken.
- Wenn nein: Die dauerhafte Einsetzbarkeit von ETCS L1LS müsste mit der EU verhandelt werden, da sonst ein Interoperabilitätsrisiko entstehen kann (es besteht das Risiko, dass Ersatz/Neubau auf Dauer nicht mit ETCS Level 1 möglich bleibt).

4.2.3 Aufgabenstellung und Umsetzungsstruktur in der Variante 2 «industrielle Einführung»

Die Aufgabenstellung des Programms ETCS Stellwerk (ES) besteht aus 6 Aspekten:

1. Starke Reduktion der Jahresausgaben für CCS (heute 400-500 Mio. CHF p.a.)
2. Reduktion der stellwerkverursachten Störungsminuten um 50%
3. Industrielle kostengünstige Migration zur ETCS Führerstandsignalisierung
4. Stabiler und gut beherrschbarer Technologielebenszyklus der Anlagen
5. Eine präzise Echtzeit Steuerbarkeit zur Kapazitätsoptimierungen und Automatisierung
6. Wechsel von heute nationalen Individualprodukten auf international standardisierte Produkte

Die Aufgabenstellung in der Konzeptphase 2017-19 bestand darin, für die Erreichung dieser Ziele möglichst breit betrachtende Konzepte (Prozesssicht, Architektur und Systemdesign, Verfahren und Methodik bzw. Technologie, Rollout Einführungsprozess) zu erstellen und diese im Rahmen von Proof of Concepts, Fremdstudien, internationalen Gremien (EUG, CCSA, S2R, RCA) und Industriedialogen zu überprüfen. Die Überprüfung erfolgte im Rahmen von zehn Entwicklungsprojekten zu verschiedenen Bereichen der Sicherungsanlagen.

Ergebnis: Bestätigung der machbaren starken Reduktion der Jahresausgaben für CCS

Die Überprüfung des erstellten Prozess- und funktionalen Systemdesigns ergab, dass eine Halbierung der Jahresausgaben für CCS unter folgenden Voraussetzungen umsetzbar ist: Einführung eines neuen Stellwerktyps (APS, Advanced Protection System) und damit Ermöglichung einer spezifischen Bauform von ETCS Level 3 sowie ein starker Ausbau der Toollandschaft im Stellwerkbereich (Projektierung, Datenmanagement, Überwachungs- und Anlagenmanagementsysteme). Für die volle Umsetzung des Nutzens sind zuggestützte Lokalisierungstechniken (insbesondere für den Güterverkehr noch in Untersuchung) und TSI CCS Change Requests erforderlich, deren Aufnahme für die TSI 2022 oder 2028 als sehr wahrscheinlich angesehen wird (DG Move / ERA: «CCS Framework Policy» von der CCRCC, 15. Oktober 2019). Verspäten sich einige Change Requests auf TSI CCS 2028, so wird dennoch ein Pilotbetrieb für einzelne Inbetriebnahmen von 2025 bis 2030 zulässig und möglich sein, da die ERA in diesem Fall die Publikation einer vorläufigen «Technical Opinion» vorsieht.

Das neue Architekturdesign lässt auch einen Mischbetrieb von ETCS Level 3 mit ETCS Level 2 zu, um Interoperabilität und Entscheidungsspielraum zur Migration bei allen eintretenden Umfeld- oder Projektsituationen gewährleisten zu können. Sollten nicht alle TSI Change Requests (sofort) erfolgreich oder z.B. zunächst nur der Personenverkehr mobil lokalisierbar sein (aufgrund der ETCS Fahrzeugausrüstung auf beiden Seiten), so reduziert sich der Kostenoptimierungseffekt zunächst. Die Einführung des neuen Stellwerktyps APS bleibt aber in jedem Fall wirtschaftlich positiv. Die Zulassungsfähigkeit wurde durch externe Experten positiv bewertet.

Ergebnis: Machbare Reduktion der Stellwerk-verursachten Verspätungsminuten

Die Überprüfung ergab, dass die Reduktion der Stellwerk-verursachten Verspätungsminuten um 50% umsetzbar ist. Dies wird durch die Reduktion der Menge der Aussenanlagen um 65% und durch die Zentralisierung der Stellwerke von 500 Standorten auf 2 bis 3 hochredundante Standorte möglich.

Ergebnis: Überprüftes Konzept zur industriellen Migration

Das Migrationskonzept zur industriellen ETCS Migration wurde erstellt und durch konzeptionelle Gegenprüfung durch Projektpraktiker mit positivem Ergebnis überprüft. Die Grundpfeiler dieser Methodik sind:

- Der neue Stellwerktyp APS ermöglicht die Vermeidung von anlagenspezifischen Projektierungen oder anlagenspezifischen Sicherheitsnachweisen (andere Sicherheitslogik) und trennt den Lebenszyklus der Innenanlage von den Aussenanlagen.

- Die neue Innenanlage wird einmalig aufgebaut (Rechenzentren) und nur kontinuierlich durch erweiterte Konfiguration ergänzt.
- Der neue Anschluss oder spätere Austausch von Aussenanlagen an die Rechenzentren kann entkoppelt und in einem industriellen sequenziellen Prozess netzweit erfolgen (ähnlich wie bei ETCS L1LS).
- Die Inbetriebnahme der Aussenanlagen mit ETCS Führerstandssignalisierung kann aufgrund von Umschalttechnologien in grossen Segmenten (z.B. 10% der Schweiz) vorbereitet, effizient getestet und in einer Nacht durchgeführt werden.

Ergebnis: Konzept zum stabilen und besser beherrschbaren Lebenszyklus

Das erarbeitete Konzept für eine robuste Technologiestrategie umfasst die Reduktion der Abhängigkeit von hoch spezialisierten ETCS Experten und die bessere Einsetzbarkeit «normaler» IT Experten und IT Verfahren (dadurch besserer Arbeitsmarkt). Die entworfene Sicherheitslogik verlangt deutlich weniger Wissen zur Projektierung und wird zusätzlich durch neue Werkzeuge unterstützt. Die Architektur wurde in kleinere Module mit transparenten Standardschnittstellen aufgeteilt, um die heute wenig gegebene Austauschbarkeit deutlich zu verbessern und den Kreis der Dienstleister zu verbreitern.

Ergebnis: Stellwerkkonzept zur Ermöglichung einer präzisen Echtzeit Steuerbarkeit

Das eigentliche Herausstellungsmerkmal von ETCS Führerstandssignalisierung, Züge in (nahezu) Echtzeit beobachten und dynamisch und situationsoptimal steuern zu können (wie in der Mess- und Regelmess-technik), wurde noch nicht ausgenutzt. Heutige Installationen basieren auf alten Stellwerktechnologien und den damit verbundenen betrieblichen Verfahren, die diese Möglichkeiten nicht ausnutzen können.

Die neu konzipierte Stellwerktechnologie (APS) macht es möglich. APS ist eine Weiterentwicklung vorhandener «moving block» Konzepte (z.B. die moving block Installation in New York, oder die ETCS Level 3 Implementierung in Borlänge Schweden). Dieses erlaubt dem Traffic Management System und den Sicherheitsprozessen eine detaillierte kontinuierliche Überwachung, schnelle Steuerungseingriffe und ein Feintuning des Verkehrsflusses. Die hohe datentechnische Transparenz und Vollständigkeit zu der betrieblichen Situation ermöglichen einen deutlich höheren Automatisierungsgrad von betrieblichen Tätigkeiten (Betriebszentrale, Flächenprozesse). Automatisierte Systementscheidungen (TMS) sind nur bei guter Datenverfügbarkeit möglich. Diese ist bzgl. der heutigen betrieblichen Situation nicht durchgängig vorhanden (Betriebsabbild).

Ergebnis: Erste Schritte bzgl. Wechsel von nationalen auf international standardisierte Produkte

Heute werden nur einige der Stellwerk Aussenanlagen (z.B. Balisen) oder Kleinkomponenten (Kabel) als international genutzte Produkte beschafft. Die komplexeren Steuerungssysteme wurden entweder Schweiz-spezifisch entwickelt / angepasst oder haben einen sehr niedrigen internationalen Verbreitungsgrad (z.B. Leittechnik ILTIS).

Im Rahmen der RCA Initiative (Reference CCS Architecture, 14 beteiligte EUG Bahnen), die im September 2019 ihre Beta Version veröffentlicht hat, konnte das APS Konzept aufgrund seines grossen Nutzenprofils als Stellwerklösung in die RCA Standardarchitektur übernommen werden (Standardspezifikationen für Ausschreibungen, ein User Standard). Wie stark die Industrie auf RCA einschwenkt und dazu kompatible Produkte entwickelt ist derzeit noch offen. Alle EUG Bahnen haben bestätigt, dass sie die Architektur sofort beschaffen werden, wenn sie als ausgereifte Produktlandschaft verfügbar ist (RCA White Paper 2018).

Da APS prozessneutral entworfen wurde (alle prozessspezifischen Algorithmen nun nur noch im TMS), ist es international als generisches Stellwerkprodukt für ETCS Führerstandssignalisierung einsetzbar.

Industriepartnerschaften im CCS Umfeld

Die Zusammenarbeit mit der Industrie erfolgte auf folgenden Ebenen:

- Ingenieurleistungen (10 Rahmenverträge mit der Industrie)
- Direkte Beauftragung (z.B. Machbarkeitsstudie Multi-OC)
- In Shift2Rail (Arbeitsgruppen zu Moving Block / ETCS Level 3 / Zugintegrität)
- In einem ersten RCA/UNIFE Austausch (wird gerade intensiviert)

In der nächsten Phase (2020) werden die neuen Partnerschaftsverträge ausgeschrieben, die für Entwicklung, Erprobung und Rollout erforderlich sind.

Trotz positiver Zusammenarbeit mit diversen Industriefirmen in den letzten drei Jahren (national und auf Europäischer Ebene) und diversen positiven Signalen (erste Entwicklungen, mündliche Aussagen) kann nur durch die Ausschreibung von Industriepartnerschaften verbindlich festgestellt werden, welches Anbietersegment die ES Produkte kooperativ entwickeln und anbieten will. Für die Ausschreibung ist eine beschlossene ETCS Strategie erforderlich (Glaubwürdigkeit, Festlegung der Ausrichtung). Aufgrund der Architektur (kleinere Komponenten) sind auch völlig neue Anbieterkonstellationen und Anbietertypen einsetzbar. Dieser Zusammenhang und die sehr hohe Nachfrage auf dem europäischen Markt (Anbietermarkt, Engpass Entwicklungsressourcen, avisierte Programmvolumen in Europa in Summe grösser 100 Mrd. CHF) führen dazu, dass eine schwer vorhersehbare Ausschreibungssituation vorliegt. Aktuell erfolgen Marktabfragen in Form von RFI (Request for Information), um hierzu mehr Klarheit zu gewinnen.

TSI CCS

Die beiden wichtigsten Change Requests von smartrail 4.0 für die Verbesserung der existierenden ETCS Level 3 Spezifikation wurden durch die ERA validiert und haben eine gute Chance, in den Scope der TSI 2022 aufgenommen zu werden. Wichtige offene Change Requests liegen noch bezüglich Lokalisierung und Diagnosesystemen vor. Der Scope (zugelassene Enhancement CR) der TSI 2022 wird voraussichtlich im Q1/2020 beschlossen.

4.2.4 Die Projekte des ES Programms und neue Ergebnisse seit dem Zwischenbericht

Es wird im Entscheidungsschritt 1 zur industrialisierten Einführung der ETCS Führerstandssignalisierung empfohlen, die folgenden Projekte umzusetzen:

- Advanced Protection System (APS, Stellwerksoftware spezialisiert auf ETCS)
- ETCS Weiterentwicklung (Change requests für TSI CCS, operational rules, engineering rules)
- Object Controller (OC, Anbindung Aussenanlagen)
- Engineering Data Preparation (EDP, Automatisierung Projektierung)
- TOPO 4 (Automatisierte Topologieerfassung für sichere Anwendungen)
- SR40 System Architektur (Modularität, Upgradeability, Modular Safety, formale Spezifikation)
- Safe Data Center (SDC, Sichere Anwendungen in zentralen Rechenzentren, Virtualisierung)
- Diagnosis- and Devicemanagement (DMDC, Zentralisierung/Autom. der verteilten Diagnose)
- Safety Modellchecking (Nutzung formaler automatisierter Prüfmethode für die Validierung)
- MTC (Manoeuvre Train Control, Nutzung von ETCS für Rangier- und Manöverbewegungen)
- Reference CCS Architecture (RCA, Gemeinsame Architektur mit allen EUG Bahnen)

APS (Advanced Protection System)

- Erste Konzepte konnten mit einem APS-Prototypen verifiziert und präzisiert werden. Beispielsweise konnte die Kompatibilität zwischen APS und ETCS L2 nachgewiesen werden und auch wichtige Betriebsprozesse konnten mit dem APS-Prototypen abgebildet werden.
- Die «Strategie Sourcing-smartrail 4.0» wurden erarbeitet (inkl. weltweiter Marktanalyse). Mittels RFI und Hearing soll bis Ende 2019 eine gewisse Bestätigung für dieser Strategie von der Industrie vorhanden sein. Der Ansatz, die Stellwerklogik als reine Software zu beschaffen (getrennt vom Rechenzentrum), wird von der befragten Industrie als sehr innovativ und anspruchsvoll angesehen, aber auch als möglich bewertet. Eine Etappierung wurde oft vorgeschlagen.
- Eine erste vollständige Version der Dokumente der ersten zwei CENELEC-Phasen (d.h. Detailkonzept, Systemdefinition, RAM-Plan, Safety-Plan) für die Produktklassen in APS wurden geschrieben (Verifikation folgt jetzt).
- System Requirements und ein Funktionskatalog wurden erstellt.
- Für SR40 nötige ETCS Change Requests wurden analysiert und an der EUG vorgestellt. Der Änderungsaufwand für die TSI ist geringer als erwartet (im Wesentlichen nur zwei grössere Change Requests).

OC (Object Controller)

- Eine CENELEC-konforme Erstellung der Phase 1 und 2 Dokumente wurde aufgesetzt (Phase 4 teilweise).
- Die Studie zu den «Multi-OC» (Umprogrammierung der vorhandenen OC in den elektronischen Stellwerken, stark Aufwandsreduktion) wurde mit positivem Ergebnis abgeschlossen (umsetzbar).

- Die Beschaffungsstrategie zu den OC wurde erstellt. Die Ausgangslage wird hier als positiv angesehen. Ein durchgeführtes RFI liegt vor.

TOPO4 (Automatisierte Topologieerfassung)

- Das Detailkonzept wurde finalisiert. Die Definition der Daten und Objekte wurde aktualisiert, die Prämissen, Anwendungsfälle und Szenarien an den heutigen Wissensstand angepasst und die RCA-Bezeichnungen sowie die Visualisierungen von Prozessen und (Sub-)Systemen aktualisiert.
- Der Proof of Concept (PoC) zur automatisierten Datenerfassung der Topologie und Objekte wurde mit einem Abschlussbericht abgeschlossen. Gute Ergebnisse konnten bei der Gleis- und Weichen-erkennung, der Erzeugung eines Knoten-Kanten-Modells und der Interpretation der Infrastruktur-objekte erzielt werden. Es wurden sowohl der strukturbasierte Ansatz und der Ansatz mit Machine Learning untersucht, wobei beide Ansätze für jeweils unterschiedliche Interpretationsziele als vielversprechend eingestuft werden konnten.
- Mit der Erarbeitung des Zulassungskonzepts für EDP und TOPO4 konnte eine konzeptionelle Darlegung gemacht werden, wie der Cluster PREP in die Gesamtzulassung von smartrail 4.0 eingebettet werden soll. Ausserdem legt das Zulassungskonzept die notwendigen Nachweise dar.

EDP (Teilautomatisierte Projektierung)

- Die Grobkonzepte wurden in einem iterativen Prozess erarbeitet und befinden sich im abschließenden Review.
- In den PoC wurden die drei folgenden Aspekte in Hinblick auf die Zielerreichung auf ihre Machbarkeit untersucht:
 - Ableitung eines Geschwindigkeitsprofil aus den verfügbaren Daten (DfA/UNO)
 - Weitestgehend automatische Erstellung einer schematischen Darstellung der Gleistopologie
 - Regelbasierte Projektierung am Beispiel der Balisenplanung
- Für End-to-End Prozesse (1. Iteration) erarbeitet:
 - Projektierungs- und Inbetriebnahme-Prozess, Fokus auf Roll-Out
 - Datenflussmodell bei Änderungen der Topologie, Fokus auf den regulären Betrieb SR40
- Der abgestimmte Projektierungs- und IBN-Prozess wurde mittels einer vorläufigen Gefährdungsanalyse (Preliminary Hazard Analysis, PHA) betrachtet (CENELEC-Phase 3).
- Für das Engineering der OC-Komponenten und Balisen wurde ein erster Entwurf der Anforderungsspezifikation für eine Adaption eines Standardtools aus dem Bereich der Automatisierungstechnik erstellt.
- Weitere Arbeiten bzgl. Industrialisierung und Digitalisierung der Projektierung und IBN von sicherheitsrelevanten Systemen SR40 mit SBB-I und EULYNX/RCA (Standardisierung der Daten und Formate, wo sinnvoll nach EULYNX-Vorgaben; europaweite Mitarbeit in Bezug auf Engineering im RCA-Kontext; Ausarbeitung der Schnittstellen und Prozessen mit BIM, T4M, I2.0; Zusammenarbeit und Synergien mit APRO SAZ).

DMDC (Diagnosis- and Device Management)

- Die Grobkonzepte für die Systeme DM (Diagnose und Monitoring) sowie für DCM (Device- und Configuration Management) wurden erstellt, ebenso eine erste Version der Schnittstellendefinition sowie die für die den Konzeptbericht erforderlichen Dokumente zum Basiskonzept und zur Systemdefinition.
- Erste Abklärungen mit den Branchenpartnern wurden getätigt mit der Einigung, dass eine Branchenlösung für DM und DC angestrebt werden soll. Weiter wurden erste Ergebnisse bezüglich künftiger RCA Architektur für DM mit der DBB (Digitale Schiene) erzielt.
- SR40-weit wurde eine erste Version eines Service-Modells erstellt, welches noch weiter zu detaillieren ist. Im Bereich Maintenance besteht eine erste Version eines Grobkonzeptes, basierend auf Bahn-spezifischen Best-Practice Modellen. Im Bereich VMS (vehicle monitoring) konnten aufgrund von Ressourcen-Mangel bisher noch keine nennenswerte Ergebnisse erzielt werden.

SDC (safe data center)

- Seit dem Zwischenbericht (erste Studien lagen vor) ist ein Projektteam aufgebaut worden (2 Spezialisten), welches diverse Variantenvergleiche erstellt und bewertet hat.
- Auch die Diskussion der Varianten mit der Industrie und die Beurteilung der nahezu marktreifen Produkte wurde vertieft.
- Als Entscheidungsthema besonders relevant wird das Betriebs- und Geschäftsmodell für die Rechenzentren für sichere Anwendungen: Hier kommt neben der Internalisierung auch die Einbindung von neuen zentralen Dienstleistern in Frage («Platform as a service»), die zu entwickeln wären.

MTC (Manoeuvre Train Control)

- Die Anwendungsfälle für MTC wurden auf Grundlage heutiger Betriebsprozesse und Fahrdienstvorschriften für Fahrten bei niedrigen Geschwindigkeiten, die nicht in ETCS full supervision überwacht werden können, definiert.
- Für jeden Anwendungsfall wurde der Mindestanspruch an Fahrzeug- und Infrastrukturseitiger Ausstattung festgelegt, bei denen MTC-Funktionen angeboten werden sollen.
- Zudem wurde je Anwendungsfall eine erste Funktionsanalyse durchgeführt, die Grundlage für die Systemanforderungen sein wird.
- Die Inhalte von MTC wurden mit denen des Change Requests für «low speed movements» für das TSI Release 2022 abgeglichen.
- Für die Abdeckung eines Notbetriebs im Krisennotfall wurden unterschiedliche Varianten für Not-systeme untersucht, die eine Mindestproduktion aufrechterhalten. Neben der ohnehin gegebenen hohen Redundanz der Stellwerkrechenzentren wird auch die erweiterte Option geprüft, ein zugestütztes Notfall Train Control System zu nutzen, das mit sehr wenigen infrastrukturseitigen Systemen auskommt.

Architektur

- Für das «model-based Systems Engineering» wurde Arcadia als Methode und Capella als passendes Tool evaluiert und eingeführt. Bereits abgeschlossen wurde damit die «Operational Analysis», welches alle nötigen Tätigkeiten im Umfeld von smartrail 4.0 beschreibt sowie die ausgetauschten Informationen zwischen diesen Tätigkeiten aufzeigt.
- Für RCA wurde die Zusammenarbeit mit anderen europäischen Bahnen gestartet mit dem Ziel, standardisierte Schnittstellen zu definieren, die international einsetzbare Produkte erlauben. Die grundlegenden Konzepte und die Architektur wurden in einer Alpha und Beta Version beschrieben. Weiter wurden bereits die ersten Detaillierungen für die Definition der Schnittstellen mit den anderen Bahnen vorgenommen.
- Das erstellte «Grundkonzept Architektur» beschreibt das technische Grundkonzept von smartrail 4.0 aus der Sicht des Anlageneigners und des Integrationsverantwortlichen sowie die wichtigsten Kriterien für die Systemarchitektur.

Projekt ETCS

- Der Schwerpunkt der Arbeiten lag 2019 in der Unterstützung der ETCS Grundlagenarbeit bei SAZ (Bremskurven) und der Erstellung und Koordination der TSI Change Requests.
- Zu den Change Requests wurden die beiden wichtigsten Change Requests zur ETCS Level 3 durch die ERA im September 2019 validiert. Diese haben damit eine gute Chance, in den Scope der TSI CCS 2022 aufgenommen zu werden.

4.2.5 Ausblick

Die Themenschwerpunkte des ES Programms im Jahr 2020 sind folgende:

- Formale Umsetzung der erstellten umfangreichen Unterlagen (Phase 1-5, aber noch nicht abgeschlossen) in CENELEC-konforme Dokumentation inkl. der Einführung der dafür notwendigen überwachten Arbeitsprozesse und der systematischen Verifikation
- Ausschreibung der Industriepartner
- Vorbereitung der Lastenhefte für erste Bestellungen
- Aufbau der Integrations-, Labor-, und Testumgebung

Es ist davon auszugehen, dass sich über die Ausschreibung der Industriepartner im Dialog die wichtigste Frage zum ETCS Stellwerk 2020 klären wird: Die Laufzeit der Entwicklung. Während die Machbarkeit in diversen Reviews positiv bewertet wurde, ist die Laufzeit noch mit einem grösseren Fragezeichen versehen. Natürlich kann die Laufzeit der Entwicklung jederzeit reduziert werden, indem die Anforderungen an die ES Entwicklung zunächst reduziert werden. Beispielsweise durch den Verzicht auf ein netzweites PGV oder auf virtualisierte Rechenzentren für sicher Anwendungen oder es werden zunächst die anspruchsvolleren Algorithmen wie die sichere Objekttaggregation vereinfacht. Im Ergebnis entstünde eine Etappierung.

Die Bahnen mit den kommenden grossen Rollouts (z.B. DB oder RFI) stellen dem ES Programm 2019 die Frage, wie lange es dauert, bis ein belastbares ES Produktset auf dem Markt ist. Diese Frage ist für sie hoch relevant. Der Vorteil des ES ist unbestritten, aber es existiert bislang nur auf dem Papier. Diese Länder müssen nun grössere Ausschreibungen für die ERTMS Rollouts starten (Europaweit > 100 Mrd. EURO Migrationsaufwand inkl. Ersatzinvestitionen) und können damit nicht lange warten, bzw. benötigen eine vertragliche und technische Upgrade Strategie. Diese ist jedoch komplex (völlig unterschiedlicher Projektablauf, andere Architektur). Sie hätten nur die Möglichkeit, erste Strecken noch konventionell wie heute zu bauen, und diese später nochmals auszuschreiben. In diesem Zusammenhang stellt sich dann die Frage, wie lange dieses Hinauszögern der grossen Ausschreibungen wohl erfolgen müsste, und wie dieses auf den Beschaffungsmarkt und dessen Kapazitäts- und Auftragsmangel wirkt.

In den Feedbacks zum ES Konzept gab es Gründe, die für eine kurze, oder auch gegensätzlich für eine lange Laufzeit der ES Entwicklung sprechen. Und zu jedem Grund gibt es auch Gegenmeinungen. Nachfolgend sind die wesentlichen Aspekte dargestellt:

Gründe für die Annahme einer langen Entwicklungslaufzeit

- Geringes Interesse der etablierten Industrie, innovative Lösungen zu entwickeln, da sie heute mit den traditionellen ERTMS Rollouts grosse Umsätze realisieren kann.
 - Gegenmeinung: Die hohen Verzögerungen, die heute schon bei allen kleinen europäischen ERTMS Rolloutprogrammen auftreten, könnten vermieden werden, was für die Industrie wirtschaftlich äusserst relevant ist. Für die grossen Programme wären sie untragbar. Die Industrie hätte mit ES einen echten Umsatzvorteil aufgrund schnellerer Migration.
- Neue Anbieter müssten sich in diesem Fall in die Schweizer Situation einarbeiten, was sicher mehrere zusätzliche Jahre erfordert.
 - Gegenmeinung: Jüngste Stellwerkentwicklungen zeigen (z.B. das PLC Stellwerk in Holland), dass Neuentwicklungen mit Markteinsteigern heute nur 1-2 Jahre länger dauern, da der schwierige Teil der Eigenentwicklung – d.h. sicherere Hardware - nicht mehr erforderlich ist.
- Das sichere virtualisierte Stellwerkrechenzentrum ist weltweit noch nie versucht worden.
 - Gegenmeinung: ES ist zunächst auch ohne solch ein modernes Rechenzentrum einsetzbar. Entsprechende Produktgrundlagen sind z.B. bei Siemens oder Thales verfügbar, SR40 wäre der Erstanwender.
- ETCS Level 3 ist in der TSI CCS nicht ausreichend spezifiziert.
 - Gegenmeinung: Es ist vollständig spezifiziert (durch EUG geprüft). Es gibt aber drei Change Requests, die einen Einsatz ohne workarounds und auch für das Rangieren ermöglichen würden.
- ES ist für die Hersteller eine völlig neue Produktentwicklung, und diese zu etablieren kostet sehr viel Zeit (Marktprozess).
 - Gegenmeinung: Ja, aber hier wird eine gemeinsame Pilotierung mit mehreren Bahnen für die Industrie organisiert, die eine höhere Stabilität und Harmonisierung der Anforderungen generiert.

Gründe für die Annahme einer kurzen Entwicklungslaufzeit

- Wesentlich geringerer Softwarefunktionsumfang.
 - Gegenmeinung: Ja, aber mit innovativen Funktionen, deren Zulassung viel Zeit in Anspruch nehmen kann.
- Keine 400-500 Sonderfunktionen zu programmieren, wie in heutigen elektronischen Stellwerken.
 - Gegenmeinung: Ja, aber dafür ist das die Erstentwicklung eines neuen Verfahrens. Trotz aller konzeptioneller Überprüfungen könnten viele unerwartete Probleme auftauchen.
- Vorhandene Radio Block Center Produkte könnten ausgebaut werden.
 - Gegenmeinung: Ja, diese haben jedoch einen sehr unterschiedlichen Funktionsumfang je nach Hersteller.

Diese Gegenüberstellungen zeigen, dass die Schlüsselfrage der Laufzeit (damit auch Entwicklungskosten) erst dann stabil beantwortet werden kann, wenn über Ausschreibungen konkrete Verhandlungen aufgenommen werden können.

4.3 Lokalisierung, Connectivity, Security (LCS)

4.3.1 Ausgangslage und Relevanz

Das Programm LCS befasst sich mit der Automatisierung von Warnprozessen (AWAP), der Lokalisierung, der Connectivity und der Plattform Security.

Ziel von AWAP ist die Erhöhung der Baustellensicherheit. Aufbauend auf AWAP-LuW (Leitsystem unterstützte Warnanlage), einer 2018 eingeführten baustellenspezifischen Lösung für mehrjährige Grossbaustellen, wird bis Ende 2023 eine generalisierte und weiter automatisierte Lösung AWAP-Light eingeführt. Diese wird eine wesentlich grössere Anzahl von Baustellentypen abdecken (hinsichtlich Grösse und Dauer). Damit werden auch grössere finanzielle Einsparungen (durch Automatisieren der Vorwarner) ermöglicht. AWAP-Light funktioniert mit den bestehenden Bahnproduktionssystemen und wird im Rahmen von Release 3.3 durch eine SR40 kompatible Lösung «AWAP+» mit erweitertem Funktionsumfang abgelöst (unter anderem unter Nutzung genauerer Lokalisierung).

Die Lokalisierung der Zugspitze, die sichere Feststellung der Zuglänge und das Taggen (Lokalisieren / Feststellen der Anwesenheit) von Gefahrenobjekten auf den Schienen sind wichtige Funktionalitäten, um den vollen durch SR40 angestrebten Nutzen zu generieren. Grundsätzlich sollen diese Funktionalitäten über Sensorik bereitgestellt werden. Diese Sensorik wird auf die zu lokalisierenden / taggenden Objekten angebracht oder, sofern erforderlich, streckenseitig in der Infrastruktur eingebaut.

Mit der digitalisierten Bahnproduktion steigen die Anforderungen an die Connectivity signifikant an. Mit dem Projekt «Connectivity» wird eine leistungsfähige und zuverlässige Mobilfunk-Konnektivität für den Bahnbetrieb bereitgestellt mit Fokus auf Bandbreite, Kapazität und Verfügbarkeit. Das zukünftige Bahn-mobilkommunikationssystem FRMCS (Future Railway Mobile Communications System) soll auf den gleichen 5G Technologien wie die öffentlichen Mobilfunksysteme basieren und bis 2032 das dann an sein Lebensende gelangende System GSM-R ablösen. Bei der Konzipierung von FRMCS wird auch untersucht, in wie weit Synergien mit den öffentlichen 5G Mobilfunknetzen genutzt werden können und neben der Bahnkommunikation gleichzeitig die Fahrgastkommunikation verbessert werden kann. Erweiterungen der bestehenden Festnetzkommunikation und Anforderungen an neue Datennetze sind zu identifizieren.

Sämtliche SR40 Projekte müssen unter Führung der fachlichen Querschnittsfunktionen die notwendigen projektspezifischen Massnahmen im Bereich Security erarbeiten und umsetzen. Im Rahmen von «Plattform Security» werden hierzu gewisse Grundlagensysteme bereitgestellt, die von allen Projekten genutzt werden können. Dies beinhaltet ein Identity- und Access Management System (IAM), sowie eine Zertifikatsinfrastruktur (Public Key Infrastructure, PKI).

4.3.2 Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Automatisierung Warnprozesse

Die Lieferantenwahl (Ausschreibung) der mobilen Warnanlagen (MWA) für AWAP Light konnte erfolgreich durchgeführt werden. Auf dieser Basis wurde das Bauprojekt bewilligt und die Ausführungsphase per 1.1.2019 gestartet. Sämtliche Unterstützungsleistungen (Anforderungsmanagement, Dokumentenmanagement, Validierung, Security, Zulassungsunterstützung, Integrationstests) wurden neu ausgeschrieben und vergeben. Die ersten Anpassungen an ILTIS für AWAP im Rahmen von ILTIS Release 62 stehen zum Testen bereit. Als Gegenstück zu ILTIS konnte der Factory Acceptance Test für die erste AWAP Software Release durchgeführt werden. Die ILTIS Testanlage wurde erweitert und erste Schnittstellentests zwischen ILTIS und AWAP-Software durchgeführt. Die im Zwischenbericht in Aussicht gestellte Klärung von Fragen zur Nutzung einer abgespeckten Version von TOPO 4 für AWAP Light ergab geringere Synergien als ursprünglich gedacht und zu grosse Risiken bzgl. zeitlicher Machbarkeit. Entsprechend wird die für AWAP Light notwendige Topologie von angepassten bestehenden Systemen bezogen. Hier ergeben sich neue Synergien mit TMS im Kontext der „Warnfunktion Rangier“. Notwendige weitere Anpassungen an ILTIS für beide Vorhaben wurden identifiziert.

Das Zulassungsvorgehen wurde mit dem BAV abgeglichen, ein Antrag für eine Zwischenverfügung wird Ende 2019 beim BAV eingereicht. Für AWAP+ wurde ein erstes Grobkonzept erstellt.

Lokalisierung

Das im Zwischenbericht beschriebene teilweise automatisierte Messsetup mit der Sensorkombination Global Navigation Satellite Systems (GNSS), Trägheitsnavigation (IMU, Inertial Measurement Unit) und Odometrie/Radsensor auf dem Telecom Messwagen erlaubt seit August 2018 das Sammeln von Sensordaten während jeder Telecom Messfahrt. Um die grosse Menge an Messdaten auszuwerten, wurde auf der SBB Big Data Plattform eine Auswertesoftware «LocLab» entwickelt. Diese Plattform erlaubt einerseits die Sensordaten systematisch weiterzuverarbeiten («Post Processing») und Fusionsalgorithmen zu prüfen, andererseits soll sie ermöglichen, die resultierende Lokalisierungsgenauigkeit für schienenengebundene Objekte quer zum Gleis statistisch auszuwerten. Hierfür werden Zuglaufdaten aus der Applikation ANABEL (ANIAgeBELastung, ein Tool zur Anlagenbewirtschaftung und Predictive Maintenance) in LocLab importiert, um den gleisgenauen Fahrweg des Messwagens während der Messfahrten zu kennen. Bei der Auswertung wurde festgestellt, dass ANABEL in gewissen Fällen falsche Daten liefert, so dass eine automatisierte statistische Auswertung der Lokalisierungsgenauigkeit quer zum Gleis noch nicht möglich ist. Die Abweichungen werden laufend an ANABEL gemeldet, so dass Fehlerquellen identifiziert werden und sich mit jeder neuen Release von ANABEL die Datenqualität verbessert.

Im Zwischenbericht wurde darauf hingewiesen, dass Fragen der Integritätsüberwachung der Satellitenkomponente (kann mit Sicherheit festgestellt werden, wann GNSS genau genug ist?) und der Zulassung noch zu klären sind. In der Zwischenzeit hat auch das EU Projekt STARS seinen Abschlussbericht unter http://www.stars-rail.eu/wp-content/uploads/2019/08/D7.5_Final-Book.pdf veröffentlicht. Darin wird festgestellt, dass für die technische Machbarkeit einer GNSS-basierten absoluten Ortsreferenz für die SIL 4 Lokalisierung der Zugspitze noch einige Fragen zu klären sind. Problematisch sind insbesondere Lokalisierungsfehler, die durch Mehrwegausbreitung, Interferenzen oder Abschattungen / eingeschränktem Horizont entstehen und für die noch keine akzeptierten Fehlermodelle existieren sowie, die Ausführungen im Zwischenbericht unterstützend, die ungeklärte Integritätsüberwachung. Erschwerend hinzu kommt die je nach Topografie und Bebauung eingeschränkte örtliche Verfügbarkeit.

STARS kommt deshalb zum Schluss, dass GNSS nur in Kombination mit weiteren Sensoren wie IMU und Odometrie für eine sichere Lokalisierungsplattform eingesetzt werden kann. Dies ist auch der Pfad, der bei smartrail 4.0 bereits in der Explorationsphase ab 2017 verfolgt wurde. Eine mögliche Integritätsüberwachung durch Vergleich der GNSS und IMU Zustandsvektoren ist im «GLAT TechPoc Bericht 2» beschrieben. Der Beweis einer ausreichenden Verlässlichkeit steht aber noch aus. Stand heute ist der mögliche Beitrag von GNSS zu einer sicheren Ortungsplattform für die Zugspitzenlokalisierung («Vehicle Locator» gemäss RCA) noch nicht geklärt.

Zusätzliche Erkenntnisse werden dank der weiter intensivierten Zusammenarbeit mit der SNCF und der DB zum Thema Lokalisierung erwartet. Ein Resultat daraus ist die Einreichung eines Projektvorschlags «Certifiable Localization Unit with GNSS in the railway environment» (CLUG) im Rahmen des EU Horizon 2020 Förderungsprogramms. Dem Konsortium gehören neben den drei Bahnen auch Airbus Defence and Space, Siemens Mobility, CAF und diverse kleinere Firmen mit Expertise in verschiedenen Bereichen der GNSS-basierten Lokalisierung an. Der Projektvorschlag wurde von der European GNSS Agency infolge seiner hohen Qualität zur Förderung ausgewählt und das Projekt wird Ende 2019 starten (s.a. Abschnitt 4.3.3). Damit soll die noch fehlende Grundlagenarbeit für zulassungsfähige GNSS-basierte Lokalisierungslösungen initialisiert werden.

Für Release 3.2 steht für die Zugspitzenlokalisierung im Vordergrund, mit zusätzlicher Sensorik wie IMU die Odometrie zu verbessern und die Fahrtrichtung zu detektieren, so dass die Anzahl notwendiger Positionierungs-Balisen für die Führerstandsinalisierung reduziert wird.

Für Moving-Block-Betrieb muss neben der genauen Lokalisierung der Zugspitze auch die Zugintegrität überwacht werden und die sichere Zuglänge bekannt sein. Dabei muss unterschieden werden zwischen der Integritätsüberwachung eines Sensors («wann kann ich z.B. den Resultaten eines GNSS Sensors trauen?») und der Überwachung der Zugintegrität («ist der Zug noch ganz?») abgeleitet aus den integritätsgeprüften Resultaten einer Kombination von Sensoren. Es wird davon ausgegangen, dass bei Triebzügen die Zugintegrität in Zukunft durch eingebaute Train Integrity Monitoring Systems (TIMS, zum Beispiel via Zugbus realisiert) überwacht wird. Wenn Zugspitze und Zugende mit einem Führerstand ausgerüstet sind, dann ist die Überwachung der Zugintegrität durch das Senden von ETCS «Train Position Reports» von beiden Führerständen möglich. Wo regelmässig mit Güterzügen rangiert wird (Cargo Teambahnhöfe, Rangierbahnhöfe), bleiben die Gleisfreimeldeeinrichtungen bis auf Weiteres erhalten. Damit muss eine zusätzliche Lokalisierungslösung für den Moving-Block-Betrieb noch folgende Fälle lösen:

- Güterzüge auf dem restlichen Streckennetz,
- Bauzüge und Unterhaltsfahrzeuge.

Erste Analysen zeigen, dass für die Zugintegritätsüberwachung für Moving-Block-Betrieb die Integritätsanforderungen auf SIL 2 oder geringer reduziert werden können, so dass GNSS eher eine Rolle spielen könnte als bei einer SIL 4 Anforderung. Entsprechend wurde die Thematik der GNSS-basierten Zugende-Tags weiterverfolgt. Für das «simple», steckbare Zugende-Tag («ZET 1») wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, um Messungen an Regelzügen zu ermöglichen. Für das erweiterte Tag mit Achsgenerator und Radsensor («ZET 2») konnten Messfahrten auf Rangiergleisen mit einem «Messprototypen» mit Geschwindigkeiten bis 30 km/h durchgeführt werden. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurde ein integriertes Funktionsmuster beauftragt, um Messungen auch auf dem regulären Streckennetz bei normalen Geschwindigkeiten durchzuführen. Im Erfolgsfalle würde sich das ZET 2 insbesondere für Bauzüge anbieten, das ZET 1 für Güterzüge.

Wenn GNSS für die absolute Ortung eingesetzt werden soll, ist neben der Integrität auch das Thema Verfügbarkeit zu betrachten. Neben der Verfügbarkeit der Satellitenkomponente an sich betrifft das vor allem die Beeinträchtigung der örtlichen Verfügbarkeit durch Hindernisse zwischen Satelliten und zu lokalisierenden Objekten. Erste Auswertungen wurden unter www.smartrail40.ch publiziert. In der Zwischenzeit konnten substanziell mehr Daten verarbeitet werden, was eine gute Abschätzung der örtlichen Verfügbarkeit erlaubt und damit eine Basis bildet, um in Zukunft den resultierenden Bedarf an zusätzlich notwendiger fester Infrastruktur zu bestimmen.

Neben den regelmässigen automatisierten Messfahrten wurden weitere ad hoc Messfahrten mit zusätzlicher Sensorik (Fibre Optic Sensing FOS, visuelle Odometrie und absolute optische Lokalisierung durch Detektion von Tags) durchgeführt. Mit einem genau referenzierten FOS System konnten zwar ca. 70% der Messpunkte längs zu den Gleisen mit einer Genauigkeit von 4 m und besser lokalisiert werden, allerdings nur bei Geschwindigkeiten > 40 km/h sowie auf dem Gleis unmittelbar neben dem Glasfaser-Kabelkanal. Insbesondere das Verhalten bei tiefen Geschwindigkeiten muss noch vertieft werden, da sonst die Anwendbarkeit von FOS für die sichere Lokalisierung nicht gegeben ist. Hingegen kann die Einschätzung aus dem Zwischenbericht, dass die optische Lokalisierung (Bildverarbeitung) attraktiv erscheint, bestätigt werden. Im Vergleich zu einer Messfahrt vom September 2018 zur visuellen Odometrie und Tag Erkennung konnten bei einer weiteren Messfahrt im Juni 2019 mit besseren Kameras auch kleine Tags, die 2018 noch nicht erkannt wurden, bei den vorherrschenden guten Lichtbedingungen vollständig identifiziert werden.

Auf diesen Ad Hoc Messfahrten wurden die Logs von einzelnen Achszählern ausgewertet, um auch eine longitudinale Referenz für die Lokalisierungsgenauigkeit in Längsrichtung zu erhalten. Für die automatisierten Messfahrten fehlt eine solche noch (siehe Abschnitt 4.3.3).

Für das Projekt mit der ETH zur visuellen Lokalisierung im Rahmen der Mobilitätsinitiative konnten erste Messfahrten organisiert werden. Der Innovationsabteilung der internen IT ist es im Rahmen der Aktivitäten zur Gleis- und Objekterkennung aus Bilddaten mit neuronalen Netzen gelungen, die Hektometer-Tafeln zu identifizieren. Als Lösung für die sichere Zugspitzenlokalisierung steht dieser Ansatz nicht im Vordergrund, denkbar ist aber ein Einsatz zur Auswertung der Lokalisierungsgenauigkeit in Längsrichtung bei LocLab (siehe Abschnitt 4.3.3).

Connectivity

Bezüglich Connectivity wurde im Zwischenbericht das Ziel deklariert, einen möglichst grossen Lösungsraum für die Einführung von FRMCS aufzuspannen, um nach Berücksichtigung noch nicht geklärter Rahmenbedingungen über genügend Handlungsspielraum zu verfügen. Neben der restriktiven Verordnung zu nichtionisierenden Strahlen (NIS-V) betrifft dies unter anderem Frequenzfragen und die Standardisierung von FRMCS inklusive Umfang und Zeitpunkt der TSI, dabei insbesondere auch die bis 2018 zu wenig beleuchteten fahrzeugseitigen Vorgaben.

Die SBB trägt schon seit Jahren mit diversen Fachexperten zur netzseitigen Standardisierung von FRMCS bei. Um das Thema der fahrzeugseitigen Vorgaben aufzunehmen, wurde auf Initiative von SR40 Anfang 2019 die neue UIC Fachgruppe «Telecom Onboard Architecture» (TOBA) unter der Leitung eines SR40 Mitarbeiters etabliert, die als erstes Lieferobjekt einen Bericht mit Fahrzeug-Migrationszenarien erstellte. Bei den fahrzeugseitigen Vorgaben wird SR40 darauf einwirken, dass ein geeigneter international interoperabler Funktionsumfang auch im Roaming auf öffentlichen Mobilfunknetzen zur Verfügung gestellt wird, so dass je nach Verfügbarkeitsanforderungen einer betrachteten Strecke einzelne oder bei geringen Verfügbarkeitsanforderungen sogar alle notwendigen FRMCS Kommunikationsdienste ohne bahneigene Funknetzabdeckung auf dieser Strecke bereitgestellt werden können.

Um für Critical Communications (siehe Zwischenbericht) in der für SR40 auf den Strecken mit dichtem Verkehr notwendigen Verfügbarkeit die Connectivity bereitstellen zu können, sind den Bahnen zusätzliche Frequenzen verfügbar zu machen. Hierzu hat SR40 unter Beizug von externen Experten die Gremien- und Lobbyarbeit verstärkt. Neben der bereits etablierten Abstimmung mit BAV und BAKOM konnte auch eine Zusammenarbeit mit einzelnen ausländischen Bahnen und Regulatoren etabliert werden.

Die Fortschritte in den im Zwischenbericht rapportierten Bereichen «Network Sharing Studies», «Machbarkeitsstudie» und «Feldtests» stellen sich wie folgt dar:

Machbarkeitsstudie - Die Phase 2 der Connectivity Machbarkeitsstudie konnte erfolgreich abgeschlossen werden.

Im Bereich Funknetz ist das 1900 MHz Band als Kandidat für zusätzliche Bahnfrequenzen gut geeignet und würde die Kernanforderungen bzgl. Critical Communication von SR40 erfüllen. Auch hinsichtlich der erreichbaren Antennenabständen schneidet das 1900 MHz Band basierend auf Simulationen nicht schlechter ab als das bereits durch GSM-R genutzte 900 MHz Band. Diese Erkenntnisse werden einerseits für die oben erwähnte Gremien- und Lobbyarbeit genutzt. Andererseits dienen sie auch anderen Bahnen zur Unterstützung des 1900 MHz Spektrums.

Mit welchen Funktionen das aktuelle (soeben bei der SBB eingeführte) Datennetz für den Rollout der ersten FRMCS Strecken (Erprobungsstrecken resp. erste isolierte Einzelsegmente) erweitert werden muss, wurde im Bereich Transportnetz identifiziert. Die Erweiterungen sind mit moderaten Investitionen ins bestehende Netz machbar. Spätestens für den Rollout des Kernnetzes ist jedoch ein neues Datennetz Voraussetzung. Die Anforderungen an diese nächste Generation des Datennetzes, welche auch aus Lifecycle-Perspektive etwa zeitgleich mit dem Hauptrollout von FRMCS einzuführen ist, konnten abgeleitet werden.

Feldtests - Bau eines 5G Testkorridors beim Kerenzerberg am Walensee inklusive erfolgreicher Anwendung der für einen industrialisierten Rollout von FRMCS entwickelten «Standard-Standorte». Diese durch die SBB initiierte Entwicklung stiess auch bei den öffentlichen Mobilfunkanbietern auf Resonanz. Messfahrten konnten bisher gemäss Planung durchgeführt werden. Es zeigte sich aber, 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.

Für einen weiteren PoC auf der BLS Strecke Bern – Neuenburg wurden parallel zur GSM-R Abdeckung zu Testzwecken 4G Antennen im Bereich 1900 MHz installiert, um die Ausbreitungseigenschaften in diesem Band unter Berücksichtigung des für Mobilfunk in Europa noch kaum kommerziell eingesetzten Zeitduplexverfahrens auch in der Praxis auszutesten. Dank sehr guter Zusammenarbeit aller Beteiligten konnte der ambitionöse Zeitplan eingehalten und die für November 2019 geplanten Messfahrten durchgeführt werden, um mit den Resultaten die Gremienarbeit hinsichtlich laufender Frequenzstandardisierungsverfahren zu Gunsten der Bahnen zu beeinflussen. Erste erfreuliche Resultate bezüglich erreichbarer Antennenabstände sollten dem förderlich sein.

Network Sharing - Die Analyse wird erweitert und in Rücksprache mit dem BAV eine Kosten-Nutzenanalyse unter Einbezug der Fahrgastkommunikation durchgeführt. Alle drei Provider haben sich zur Mitwirkung bereit erklärt. Erste Workshops haben stattgefunden.

Weiter wurde zur Connectivity ein CENELEC Konzept sowie bezüglich Festnetzkommunikation ein Vernetzungskonzept erstellt, Anforderungssteckbriefe erfasst sowie Arbeiten zum Architekturkonzept aufgenommen. Zudem wurde das Teilprojekt **«Betriebliche Anforderungen»** zum Betrieb der künftigen Mobilfunk-Plattform gestartet. Es wurden verschiedene Arbeitspakete (u.a. künftige Herausforderungen; Wertschöpfungstiefe; Einbindung Dienste von Service Providern; Netz-Zustands-Überwachung; Entwurf für betriebliche Anforderungen für Ausschreibungen; betriebliche Relevanz der Redundanz; ...) initiiert.

Plattform Security

Im Bereich der Plattform Security wurde ein Grobkonzept zur PKI erstellt und reviewed. In Teilaspekten ist dieses Grobkonzept noch generisch, da die für eine detailliertere Erarbeitung notwendigen «Use Cases» der durch die PKI zu bedienenden SR40 Komponenten und Systeme noch nicht in der notwendigen Tiefe vorhanden sind. Das IAM Grobkonzept ist in Arbeit. Um nicht wie beim PKI Konzept zu generisch zu bleiben, wird bei fehlenden Use Cases der Zielsysteme versucht, mit Hypothesen zu arbeiten.

4.3.3 Ausblick

Automatisierung Warnprozesse

Weitere ILTIS Erweiterungen für AWAP erfolgen im Rahmen der Entwicklung der ILTIS Release 64. Die AWAP-spezifischen Erweiterungen sind bereits ausspezifiziert und beauftragt. Zusätzliche ILTIS Erweiterungen, die von TMS getrieben sind, aber zum Teil auch für AWAP für die Bereitstellung einer sicheren Topologie notwendig sind, werden noch genauer untersucht, um Anfang 2020 den Umsetzungsauftrag auszulösen. Die AWAP Software wird synchron zur ILTIS Release 64 fertig entwickelt. Durch den gewählten Lieferanten wird ein bereits vorhandener Typ einer mobilen Warnanlage adaptiert und eine

neue kleine tragbare Warnanlage entwickelt. Weiter ist zu klären, wie die AWAP Light Funktionalität auch anderen Bahnen, die die relevanten ILTIS Erweiterungen bestellen, verfügbar gemacht werden kann (auch hier ist insbesondere die Bereitstellung einer sicheren Topologie kritisch). Das Grobkonzept zu AWAP+ wird ausdetailliert.

Lokalisierung

Für die automatisierten Messfahrten braucht es Referenzpunkte in Längsrichtung, um die Lokalisierungsgenauigkeit mit den betrachteten Sensoren nicht nur quer zum Gleis erfassen zu können. Das «LocLab» muss derart erweitert werden, dass systematisierte Auswertungen der Lokalisierungsgenauigkeit (quer und später auch längs) möglich werden. Ein Funktionsmuster für die integrierte Version des Zugendtags 2 für den Einbau im Telecom Messwagen wurde in Auftrag gegeben. Aufgrund der Messresultate wird entschieden, ob zwei weitere Funktionsmuster für den Einbau in Güterwagen in Auftrag gegeben werden. Die hierzu notwendigen Messfahrten werden geplant, durchgeführt und die Daten ausgewertet, ebenso für das steckbare Zugendtag 1. Es muss vertieft werden, ob das Zugendtag 1 auch für das «Taggen»/Lokalisieren von Einzelwagen genützt werden kann.

Das Verhalten der Inertial Measurement Units muss charakterisiert werden. Zusätzlich zu Auswertungen von IMU Daten mittels LocLab wird im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der ÖBB das Verhalten der IMU beim Einsatz auf angetriebenen Achsen, also unter Schlupf, untersucht.

Es werden weitere Feldtests durchgeführt zu den Themen «Fibre Optic Sensing mit tiefer Geschwindigkeit» und optischer Lokalisierung inklusive Messfahrten und Auswertungen für das gemeinsame Projekt mit der ETH Zürich. Die Tests und Messfahrten sollen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen stattfinden.

Die mögliche Rolle von GNSS im Kontext der Rangierüberwachung muss vertieft werden. Wenn eine Lokalisierungslösung mit einem SIL ≤ 2 einen Nutzen stiften kann, können GNSS-basierte Lösungsansätze mit Augmentierung ins Auge gefasst werden.

Die SBB wird zusammen mit der DB, der SNCF und weiteren Partnern an der Durchführung des CLUG Projektes (siehe Abschnitt 4.3.2) arbeiten. Dies beinhaltet die Definition der Missionsanforderungen einer Zugspitzenlokalisierungseinheit und einer zulassungsfähigen Architektur, bestehend aus einem Koppelnavigationskern (Trägheitsplattform, Odometer), der als Orts-Referenz GNSS, Gleiskarte und Balisen verwendet. Ein wesentlicher Aspekt hierbei ist die Reduktion der benötigten gleisseitigen Sensorik im Vergleich zu heute.

Die Architektur und die angestrebten Fähigkeiten der Lokalisierung im Rahmen der SR40 Releases 3.1, 3.2 und 3.3 und ein «Minimum Viable Product» müssen definiert werden. CENELEC Artefakte bis Phase 4 müssen erstellt werden und mögliche Lieferanten müssen identifiziert werden.

Connectivity

Der 5G Testkorridor beim Kerenzerberg am Walensee muss 2020 mit einem neuen 5G Release ausgerüstet und es müssen weitere Messungen durchgeführt werden, um relevante Erkenntnisse zu Antennentechnologien, Trassenarchitektur und Zusammenarbeitsmodellen mit Mobilfunkanbietern ableiten zu können. Die durchgeführten Messfahrten auf der 4G Teststrecke mit 1900 MHz Funkelektronik müssen bezüglich Verhaltens des Zeitduplexverfahrens und erreichbaren Antennenabständen ausgewertet und im Bedarfsfall weitere Messfahrten durchgeführt werden. Diese sollen direkt in die Standardisierungsgremien einfließen. Die diesbezügliche Gremien- und Lobbyarbeit in Zusammenarbeit mit anderen Bahnen und Regulierungsbehörden (insbesondere BAV und BAKOM) muss weitergeführt werden, um Frequenzen für FRMCS bis spätestens Ende 2020 zu sichern. Werden den Bahnen keine zusätzlichen Frequenzen verfügbar gemacht, wird die Migration von GSM-R auf FRMCS massiv erschwert. Statt dem geplanten Parallelbetrieb FRMCS/GSM-R müssen ganze Segmente über Nacht Big-Bang-artig von der einen auf die andere Technologie umgestellt werden und an den Segmentgrenzen muss mit Störungen gerechnet werden.

Hinsichtlich FRMCS müssen die Anforderungen vervollständigt, die Phase 3 der Machbarkeitsabklärungen durchgeführt, Entscheidungsgrundlagen für die Kooperationsmodelle erarbeitet und die technische Architektur sowohl netz- als auch fahrzeugseitig definiert werden (letzteres in Zusammenarbeit mit COAT). Ebenfalls zu erstellen sind Rollout-, Migrations- und Betriebskonzepte. Hinsichtlich Festnetz-Kommunikation müssen die Detailkonzepte für die Teilnetze erarbeitet werden. An den funktionalen und systemtechnischen FRMCS Standardisierungsarbeiten wird weiterhin mitgearbeitet.

In Anbetracht der aktuellen Kontroversen um 5G in der schweizerischen Öffentlichkeit ist es möglich, dass sich die notwendigen Bewilligungsverfahren für den Antennenbau durch eine erhöhte Anzahl von Einsprachen über das übliche Mass verzögern. Für mögliche Massnahmen wird smartrail 4.0 eine noch engere Abstimmung mit dem BAV suchen.

Plattform Security

Das IAM Grobkonzept sowie PKI/IAM Detailkonzepte für die SR40 Teilkomponenten müssen erstellt sowie die Application Security Authority (und ebenfalls die Application Safety Authority) konkretisiert werden.

4.4 Traffic Management System (TMS)

4.4.1 Ausgangslage und Relevanz

Das Programm TMS entwickelt und führt das System zur Planung und Steuerung des Zugverkehrs ein. Über Kapazitätszuteilung und Produktionsvorbereitung soll zukünftig die Kapazitätsnutzung automatisch und optimiert gesteuert werden. In diesem Bereich werden die Potenziale zur weitgehend automatisierten Abwicklung des Regelbetriebes bisher zu wenig ausgeschöpft. Die Gesamtintegration dieser grossen Bereiche und deren Automatisierungsgrad müssen in der Zukunft der Bahnproduktion erhöht und verbessert werden.

Der Bahnreisende sowie die Gütertransportbranche erwarten trotz Mehrverkehr und einer zunehmenden Anzahl von Baustellen eine pünktliche Abwicklung, eine schnelle Rückführung in den Regelbetrieb bei Störungen, eine funktionierende Transportkette und eine zutreffende, individualisierte Kundeninformation insbesondere im Störfall. Um diese Erwartungen zu erfüllen, sind Verbesserungen im Bereich der Kapazitätsplanung (Unterstützung zur Beherrschung der zunehmenden Komplexität), der Qualität in den Bereichen der Verkehrssteuerung sowie eine nachhaltige Steigerung der Produktivität im gesamten Bahnproduktionsprozess über alle Zeithorizonte erforderlich.

Der Prozess startet mit der Angebotsplanung, die in allen Zeithorizonten (d.h. Langfrist, Mittelfrist, Kurzfrist) eine wichtige Eingangsgrösse für die Kapazitätsplanung darstellt. Dazu ermöglicht die integrale Betrachtung von Kapazitäts- und Angebotsplanung zu jeder Zeit eine kundenorientierte Planung (z.B. im Fall von Baustellen oder Störungen).

Die Planer verbringen heute einen grossen Teil ihrer Arbeitszeit damit, im Fahrplangefüge visuell potenzielle Konflikte oder kritische Situationen zu suchen und diese dann unter Anwendung der bestehenden Planungsgrundlagen manuell zu lösen. Ziel des TMS-PAS (Produktions-Automatisierungs-System) ist es, diese manuellen Prozesse unter Beachtung der Diskriminierungsfreiheit zu automatisieren und einen kapazitätsoptimierten Fahrplan zu erstellen.

Im Rahmen der Kapazitätssteuerung muss die Kapazitätsnutzung überwacht und gesteuert werden. In der Produktionsvorbereitung existieren heute, wie in der Planung und Abwicklung des Rangierbetriebes, viele manuelle Schritte, die in Zukunft automatisiert werden sollen.

TMS hatte für die Konzeptphase zwei Hauptziele. Das erste Ziel war die Erbringung des Nachweises für die Machbarkeit mittels eines Proof of Concepts und der Erstellung einer Umsetzungsplanung für folgende Aspekte:

1. Durchgängigkeit der Kapazitäts-Planung, -Steuerung und -Lenkung zur Elimination von manuellen Schnittstellen
2. Skalierung der automatisierten und konfliktfreien Berechnung des schweizweiten Fahrplans
3. Echtzeitoptimierung zur Berechnung von Fahrwegalternativen
4. Anbindung der bestehenden Leittechnik (Iltis), des neuen Elektronischen Stellwerks und von ATO an das Dispositionssystem
5. Bereitstellung der Topologiedaten in der benötigten Qualität

Das zweite Ziel betraf die Umsetzung der Release-1-Projekte. Diese sollen gestartet oder weiterentwickelt werden und zahlen als Vorbereitung der Bestandes Systeme auf die TMS Zielarchitektur ein (z.B. Änderung der verständigten Tassen, DispoOp, ADL, ECO2.0, usw.).

Das Programm TMS ist in sechs Projekte entlang des Geschäftsprozesses aufgeteilt. Als Querschnittsfunktion agiert die Architektur. Das Zusammenspiel ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

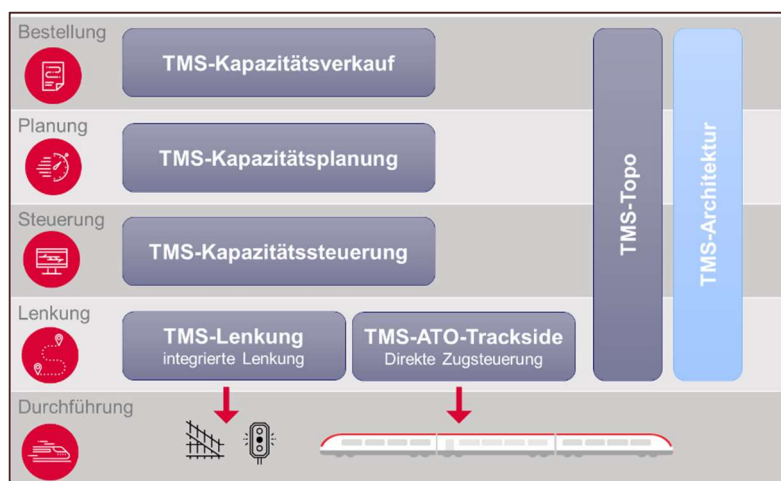


Abbildung 13: Übersicht Programm TMS

4.4.2 Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Dieser Abschnitt ist gegliedert in die Beschreibung der Ergebnisse / Erkenntnisse der sechs TMS-Projekte, ergänzt mit der TMS-Architektur und übergreifenden Themen. Der Ausblick pro TMS-Projekt ist hier integriert. Im Kapitel Ausblick gibt es eine Zusammenfassung der unmittelbar bevorstehenden Tätigkeiten.

4.4.2.1 TMS-Kapazitätsverkauf

Die Planungs- und Dispositionsprozesse werden mit SR40 automatisiert, was dazu führen wird, dass Kapazitätsbedarfe in einer noch nie dagewesenen Geschwindigkeit eingeplant werden können.

Kernauftrag des Projektes TMS-Kapazitätsverkauf ist es, die Vorteile der automatisierten Planung bis zu den Bestellern zu bringen und die Bestellprozesse so weit als möglich zu unterstützen und zu automatisieren. Dabei werden die nationalen und internationalen Vorgaben berücksichtigt und die Voraussetzungen für die Ablösung vom heutigen Bestellsystem (NeTS-AVIS) geschaffen.

Die Umsetzung erfolgt in vier Ausbaustufen, die auf die Zielbilder von TMS ausgerichtet sind:



Abbildung 14: Umsetzungsphasen TMS-Kapazitätsverkauf

Erreichtes aus der Konzeptphase

Mitte 2019 konnte wie geplant die Analysephase im Bereich Kapazitätsverkauf abgeschlossen werden. Die neuen Bestellprozesse, die die oben genannten heutigen und künftigen Rahmenbedingungen berücksichtigen (BAV, trasse.ch, internationale Standards wie TSI Standard und Time Table Redesign (TTR)), sind definiert.

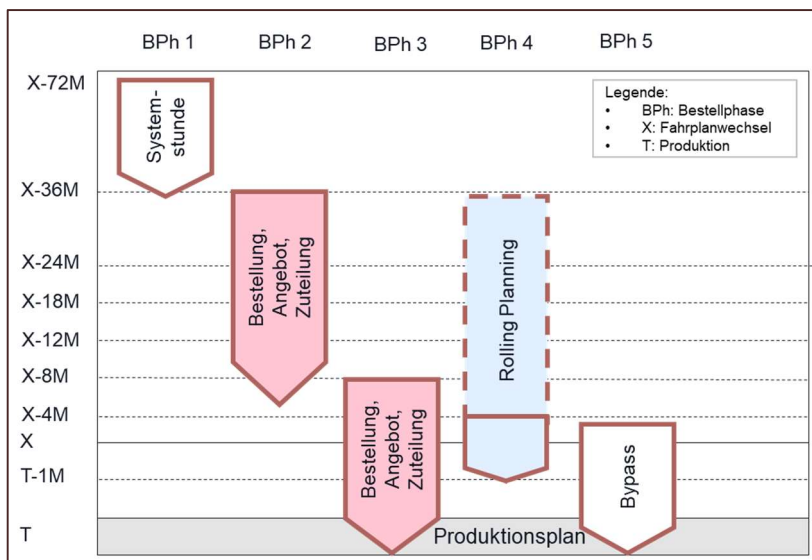


Abbildung 15: Neue Bestellphasen

Die neuen Bestellphasen umfassen den ganzen Prozess der heutigen Mittelfrist-, Jahres- und unterjährigen Bestellung bis und mit der Durchführung.

- Bestellphase 1: Die Kapazität wird auf Basis der Vorgaben aus dem NNK auf die Verkehrsarten aufgeteilt. Als Resultat aus dieser Bestellung / Planung wird der Netznutzungsplan (NNP) erstellt, der nach Genehmigung durch das BAV für den Grundfahrplan verbindlich ist. Zusätzlich soll aus dem NNP die für das Rolling Planning ausgewiesene Kapazität übernommen werden.
- Bestellphase 2: Die Kapazität wird bestellt und an die Besteller für die Jahresbestellung zugewiesen. In dieser Bestellphase können alle Kapazitäten (Zugfahrten, Rangierungen, Abstellungen, fahrt-übergreifende Beziehungen, ...) bestellt werden, je nach Planungsstand bei der entsprechenden EVU.
- Bestellphase 3: Unterjährige Kapazitäten werden bestellt, geplant und durchgeführt.
- Bestellphase 4: Im Rolling Planning gibt es eine Kapazitätsvorhaltung für eine spezifische Verkehrsart, die verbindlich einzuhalten ist.
- Bestellphase 5: Die Kapazitätsanforderung und Zuweisung im System findet unmittelbar vor der Anforderung einer Rangierfahrt oder einer Abstellung statt.

Für die Bestellphasen 4 und 5 sind die detaillierten Prozesse aktuell noch nicht dokumentiert.

Sämtliche Resultate sind in das Fachkonzept Kapazitätsverkauf eingeflossen, welches insbesondere auch von den EVU Vertretern gereviewt wurde.

Für die notwendigen Geschäftsprozesse wurden erste Bestellszenarien definiert. Diese werden nun ausgearbeitet und zusammen mit EVU-Vertretern detailliert durchgespielt. Durch diese Arbeit werden die EVU an die künftigen Prozesse herangeführt und die auf sie zukommenden Veränderungen werden greifbarer. Die EVU Vertreter konnten bereits wichtige Inputs geben, die in die Szenarien eingearbeitet wurden.

Der Weg von der heutigen zur künftigen Systemlandschaft wurde im Migrationskonzept festgelegt. Es wurde entschieden, dass das bestehende Bestellsystem NeTS-AVIS abgelöst wird. Einerseits, weil die Technologie End-of-Life ist und andererseits, weil die Codegrundstruktur nicht dafür geeignet ist, auf die neuen Anforderungen hin ausgebaut zu werden. Das Migrationskonzept und die zugehörige Vorgehensplanung liegen in einer ersten Fassung vor und sind mit den Stakeholdern abgestimmt.

Ende September 2019 nahm das erste IT-Entwicklungsteam seine Arbeit auf. Es startete mit der Umsetzung der für das neue Bestelltool notwendigen Workflow-Engine. Zeitgleich wurde mit der Anbindung der internationalen Jahresbestellung mittels des Standards «TSI TAF/TAP Path Request» begonnen. Fach- und EVU-Vertreter für die Entwicklungsbegleitung werden - wie bereits schon während der Analysephase - im Rahmen von regelmässig durchgeführten Update-Meetings einbezogen.

Ausblick

Bis Ende 2020 wird mit der Einführung von **TSI TAF/TAP Pathrequest** für internationale Jahresbestellungen über PCS (Path Coordination System der RNE) ein erster Grundstein für das neue Bestellportal TMS-COP gelegt.

Mit dem **Bestellportal I** wird die Einführung von FluxCore (TMS-Kapazitätsplanung) als das führende System für die Planung von Zugfahrten unterstützt. Jahresbestellungen können abgewickelt werden, neue Bestellphasen werden eingeführt und alle Bestellungen können auch mittels TSI TAF/TAP Pathrequest übermittelt werden.

In einem Zwischenschritt werden die **TSI TAF/TAP Identifikatoren** eingeführt und TTR (Time Table Redesign) unterstützt. Letzteres bietet dem Benutzer die Möglichkeit, Rolling Planning Bestellungen abzusetzen.

Mit dem nächsten grossen Meilenstein wird das **Bestellportal II** eingeführt. Mit diesem wird der Benutzer auch unterjährige Bestellungen über das neue Tool abwickeln können und das Bestellen von Abstellungen und Rangierungen wird möglich sein. Zudem werden Angebote Preisinformationen enthalten und Formationsänderungen werden automatisiert abgewickelt.

Das **Bestellportal III** wird Bestellungen für die Mittelfristplanung enthalten, welche dann in den Netznutzungsplan einfließen wird. Zusätzlich kommen die Bestellungen für Bau- und Unterhaltsbedarfe hinzu.

In der letzten Ausbaustufe, dem **Bestellportal IV**, wird die Bestellung für die strategische Planung angegangen, welche die Basis für das Netznutzungskonzept ist. Damit wird der Ausbau des Kapazitätsverkauf abgeschlossen sein und den ganzen Horizont von der Langfristplanung bis zum Ende der Zugfahrt abdecken.

4.4.2.2 TMS-Kapazitätsplanung

Der Kernauftrag des Projektes TMS-Kapazitätsplanung ist die automatische Erstellung eines kapazitätsoptimierten Fahrplanes, der konfliktfrei produzierbar ist. Dabei werden die Voraussetzungen für die Ablösung vom heutigen zentralen Planungssystem der Schweiz (NeTS-PLAN), geschaffen.

Erreichtes aus der Konzeptphase

2018 wurde die Grundlagen für die automatische Kapazitätsplanung ausgearbeitet. Dazu wurde das Konzept der Service Intention für Kapazitätsbedarfsbestellung erstellt und eine auf einem generischen Ressourcenbelegungsmodell basierende Konflikterkennung definiert. Des Weiteren wurden mehrere mathematische Lösungsverfahren getestet, eine Dekomposition der Kapazitätsplanung zur Skalierung konzipiert und mit Prototypen und einem Durchstich validiert. Die weitere Umsetzung erfolgt in drei Aufbaustufen (FluxOne, FluxCore und FluxComposer). 2019 wurde mit der ersten Ausbaustufe gestartet.

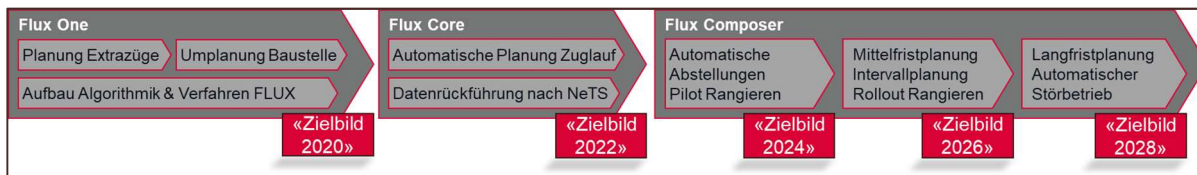


Abbildung 16: Umsetzungsphasen TMS-Kapazitätsplanung

Mit FluxOne wird parallel zum heutigen Planungssystem (NeTS) bis Ende 2020 ein separates Planungssystem für die Fahrplanplaner zur Planung von Extrazügen realisiert. Dazu werden die im NeTS geplanten Züge in FluxOne importiert und der Extrazug automatisch konfliktfrei eingeplant. Die gefundene Lösung wird vom Fahrplanplaner fachlich validiert und manuell in NeTS übertragen.

Da bisher weltweit keine Eisenbahn landesweit automatisiert einen Fahrplan erzeugen kann, ist die schweizweite Skalierung des FluxOne ein sehr innovatives Thema und gleichzeitig eines der zentralen Risiken bezüglich Erreichung der gesteckten Automatisierungsziele. Zur Mitigation dieses Skalierungsrisikos wurde einerseits die Zusammenarbeit mit den europäisch führenden Universitäten in diesem Gebiet intensiviert und andererseits die Umsetzung des FluxOne nach agilen Prinzipien etappiert.

Alle zwei Monate wurde eine lauffähige Version mit erweiterter Funktionalität einigen Pilot-Benutzer verschiedener ISB (BLS, SOB, SBB) zur Verfügung gestellt. Dies ermöglicht den Fahrplanplanern, die FluxOne Lösungen fachlich zu validieren und ihr Feedback kann unmittelbar in den nächsten Etappen berücksichtigt werden. Dieses Vorgehen erhöht die Akzeptanz der neuen Lösung, unterstützt die Transformation der betroffenen Business-Prozesse und minimiert die Risiken in der Ablösung des bestehenden Fahrplansystems durch frühzeitige Erkennung von kritischen Elementen.

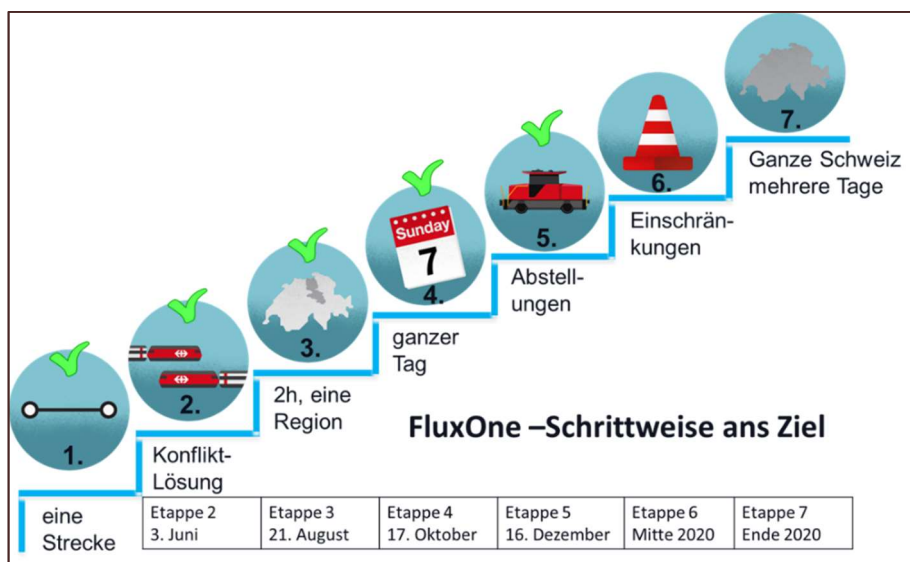


Abbildung 17: Etappierung FluxOne (2019 bis 2020)

Die ersten fünf Etappen wurden bis Ende 2019 erfolgreich umgesetzt und FluxOne kann von Pilot-Benutzern als Unterstützung für die Extrazug-Planung genutzt werden. Des Weiteren wurden 2019 drei grundlegende Konzepte erarbeitet:

Mit dem dritten grundlegenden Konzept - **Dekomposition mit Parkhäusern** - werden die vielen lokalen Fahrwegalternativen pro Knoten in Parkhäuser verpackt und nur die Kapazität der Anzahl Züge betrachtet, die gleichzeitig in einem Parkhaus sein können. Dadurch kann die automatisierte Planung zweistufig berechnet werden. Zuerst wird netzweit mit Parkhäusern geplant, anschliessend werden die einzelnen Parkhäuser parallel ausgeplant.

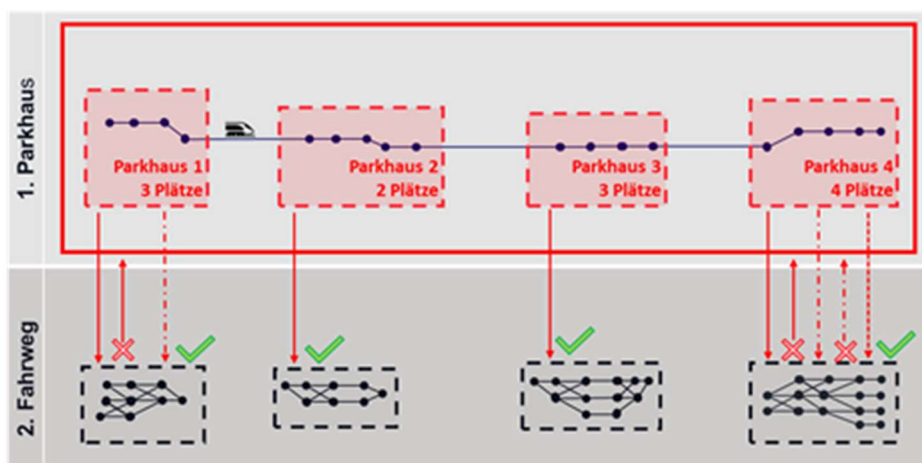


Abbildung 20: Zweistufiges Vorgehen mit dem Konzept Dekomposition mit Parkhäusern

Das Konzept bestätigte, dass der Lösungssuchraum des Algorithmus und damit die Komplexität stark reduziert wird und die Parallelisierung der Berechnung des Kapazitätsplanes ermöglicht wird.

Neben den Arbeiten an TMS wurden im heutigen Planungssystem (NeTS) die für die Migration nötigen funktionalen Erweiterungen im Rahmen von Release-1-Projekten gestartet. Insbesondere wurden mit dem Projekt Änderung verständigter Trassen (ÄVT), die systemtechnischen Anpassungen zur Vereinfachung des Ablaufes bei Änderungen von verständigten Trassen umgesetzt. Diese werden aktuell im Rahmen von Live-Tests mit Güterverkehrs-EVU getestet. Zur Vorbereitung der Migration wurden bereits erste Entkopplungsschritte, wie die Abspaltung von der Bestellkomponente NeTS-AVIS von der heutigen Planungskomponente NeTS-PLAN, gestartet und als ein erster Umsetzungsschritt ohne bemerkbare Auswirkungen auf die Anwender produktiv gesetzt.

Ausblick

Bis Ende 2020 wird **FluxOne** kontinuierlich ausgebaut und ermöglicht den Fahrplanplanern eine effizientere Um- bzw. Neuplanung im Zusammenhang mit Baustellen. Das System sucht mögliche Slots für Intervalle und zeigt die Lösungen und deren Konsequenzen an. Die formale Bestellung von Intervallen erfolgt mit Bestellportal 3 auf Zielbild 2026. Auf der technischen Seite werden alle Verfahren laufend verbessert, so dass immer grössere Szenarien gerechnet werden können. Bis Ende 2020 wird nachgewiesen, dass FluxOne schweizweit skaliert und fachlich korrekte Lösungen in brauchbarer Zeit berechnet, bevor die nächste Ausbaustufe FluxCore gestartet wird.

In der zweiten Stufe, dem **FluxCore**, wird TMS zum führenden System für die Planung von Zugfahrten. Der automatisch berechnete Kapazitätsplan wird zurück ins heutige Planungssystem NeTS geführt, wo weiterhin die Planung der Abstellungen und allfälligen weiteren Serviceleistungen erfolgt. Auch die Verteilung der Fahrplandaten erfolgt weiterhin über NeTS, damit für die Datenabnehmer genügend Zeit besteht, ihre Systeme an das TMS anzupassen.

In der letzten Stufe, dem **FluxComposer**, wird die Knotenplanung automatisiert, das heutige Planungssystem NeTS abgelöst und funktionale Erweiterungen für automatische Planung von Rangieren, Intervall und Störbetrieb umgesetzt sowie durchgängige Planung für alle Zeithorizonte realisiert.

4.4.2.3 TMS-Kapazitätssteuerung

Das Projekt TMS-Kapazitätssteuerung hat den Auftrag, die automatische lokale Optimierung des kapazitätsoptimierten Fahrplans durchzuführen. Dabei wird auf das bestehende Rail Control System (RCS) aufgebaut, welches die Basis für die Weiterentwicklung zur lokalen Optimierung (TMS-KapaOptimizer) bildet.

Erreichtes aus der Konzeptphase

Real Time Optimization (RTO)

Im Bereich der Real Time Optimization (RTO) wurde das Release-1-Projekt RTO one weiterentwickelt. Der verwendete Optimierungsalgorithmus wurde generischer gestaltet und die Funktionen «Konflikterkennung» und «Fahrwegalternativen» verbessert.

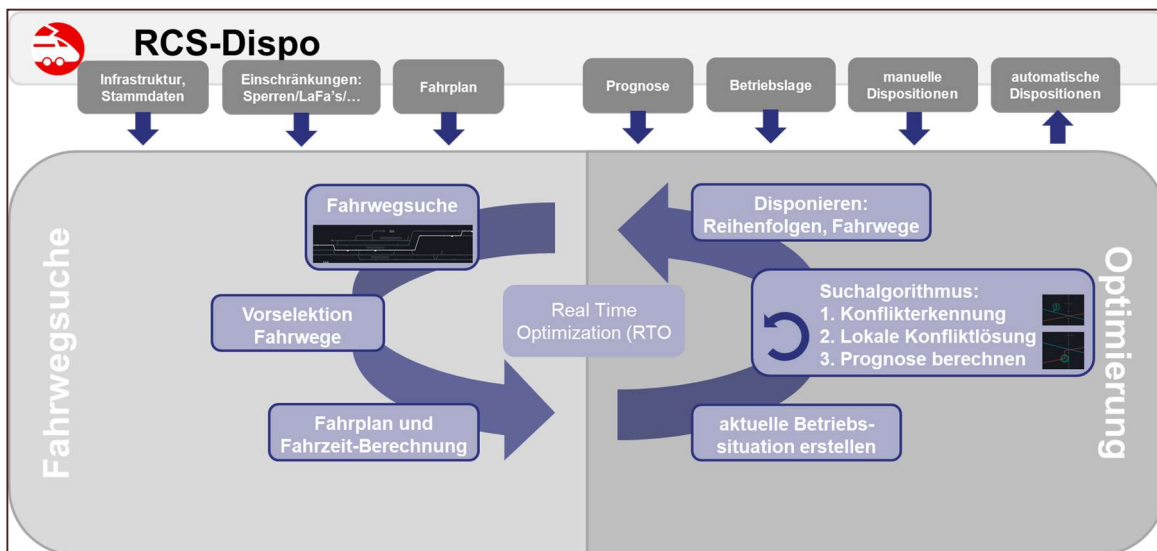


Abbildung 21: Funktionen von RTO

RTO one wurde 2019 mit Live-Tests in Olten auf Machbarkeit geprüft. Die Tests ergaben, dass der gewählte Ansatz die erforderliche Performance besitzt, um Fahrwegalternativen sowie optimierte Reihenfolgen in der notwendigen Schnelligkeit in Echtzeit berechnen zu können. Damit ist klar, dass der gewählte Ansatz von RTO one eine gute Basis für die Optimierung im TMS ist. Ebenfalls wurde erkannt, dass die angedachte punktuelle Ausweitung (knotenbezogen) der Kapazitätsoptimierung nicht zielführend ist. Es wird nun der Ansatz der linienweisen Ausweitung verfolgt.

RCS als Basis für die Optimierung

Im Bereich Kapazitätssteuerung stand die Entscheidung an, ob das heutige Rail Control System (RCS) abgelöst oder weiterentwickelt werden soll. Diverse Analysen haben aufgezeigt, dass ein evolutionäres Vorgehen zielführend ist, da die Basis des heutigen RCS eine solide Grundlage für die Weiterentwicklung bildet. Dazu wurde in einem ersten Schritt angefangen, das System in kleinere Module zu separieren und die Technologie den neusten Standards anzupassen. Die Umsetzung findet im laufenden Betrieb statt. Regelmässig wurden einzelne neu implementierten Funktionen mit einem RCS-Release ausgeliefert. Damit wird garantiert, dass die Umsetzung in hoher Qualität stattfindet.

Das Migrationskonzept für RCS wurde initial erstellt und wird nun in einer zweiten Iteration vertieft. Das Konzept beinhaltet unter anderem auch die Analyse zur Migration des Topologiemodells auf den neuen Standard von TMS.

Tunnelautomatik Gotthard

Parallel zur Konzeption des neuen Traffic Management System wurden im Projekt «Abschlussarbeiten Gotthard-Basistunnel (GBT)» Untersuchung durchgeführt zur Optimierung der Kapazität im Tunnel im Zusammenhang mit dem bestehenden Rail Control System (RCS). Als Resultat wurde festgehalten, dass eine von TMS getrennte Betrachtung nicht zielführend ist. Die bisherigen konzeptionellen Arbeiten betreffend des Zusammenspiels RCS und Tunnelautomatik Gotthard (TAG) wurden aufgearbeitet und in die Zielarchitektur TMS integriert.

Damit wird eine aufwärtskompatible Lösung sichergestellt, welche im Gesamtsystem der Eisenbahn integriert werden kann. Aus Sicht TMS bietet diese Integration die Möglichkeit, das Zusammenspiel der einzelnen Systeme und Komponenten frühzeitig auf einem grösseren Streckenabschnitt zu erproben.

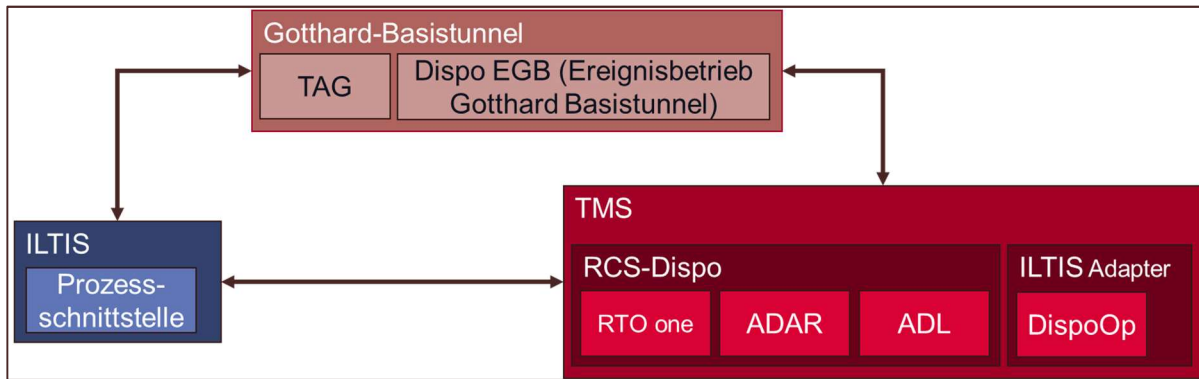


Abbildung 22: Lösungsansatz Anbindung Tunnelautomatik Gotthard im Zielbild 2022

Konzeption für die Kapazitätssteuerung

In der Konzeption wurden die Features und Anforderungen aus smartrail 4.0 geschärft. Es konnte ein Detaillierungsgrad erreicht werden, der für den anstehenden Start der Umsetzung ausreichend ist.

Die Kapazitätssteuerung ist prozessual eingebettet zwischen der Kapazitätsplanung einerseits und der Lenkung und ATO andererseits. Dadurch lag der Fokus stark auf dem Zusammenspiel dieser Bereiche und den fachlichen und technischen Schnittstellen. Fachlich entstanden die Fachkonzepte Produktionsvorgabe und Kapazitätsnutzung. Technisch ging es hauptsächlich um die Standardschnittstelle «Operation Plan Interface» (siehe TMS-Lenkung, Abschnitt 4.4.2.4).

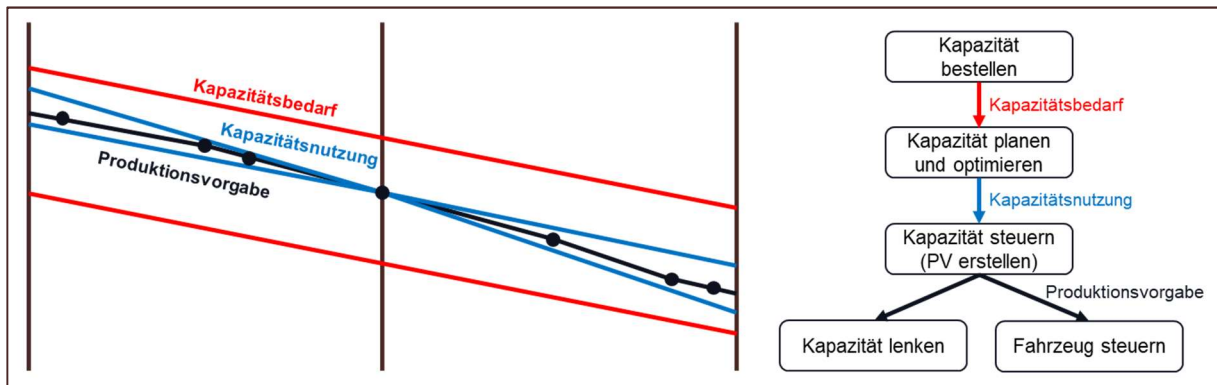


Abbildung 23: Geschäftsprozess und fachliche Datenobjekte

Das Zusammenspiel zwischen der Kapazitätsplanung und -optimierung wurde diskutiert. Im Moment ist angedacht, aus Gründen der Performance und Skalierung zwei getrennte Algorithmen umzusetzen.

Die fachlichen Zielbilder 2022 und 2024 zeigen auf, mit welchen Systemen welche Arbeiten in der Kapazitätssteuerung ausgeführt werden. Die Zielbilder dienen als Diskussionsgrundlage für die weiteren Konzeptionen.

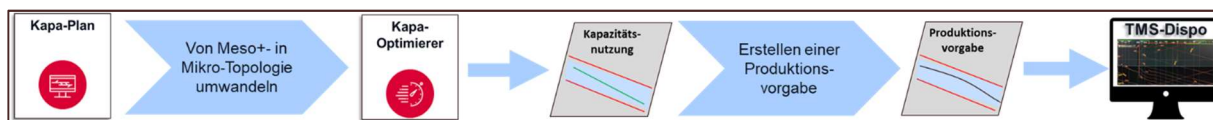


Abbildung 24: Ausschnitt fachliches Zielbild 2024 - Regelfall

Ausblick

In den nächsten Jahren steht die Transformation der Release-1-Projekte RTO one und «Automatische Datenaustausch Alea RCS-Dispo» (ADAR) zu TMS an. Damit wird eine gesamtheitliche Betrachtung mit Einbezug der Tunnelautomatisierung Gotthard-Basistunnel, Ceneri-Basistunnel und deren Zulaufgebieten ermöglicht.

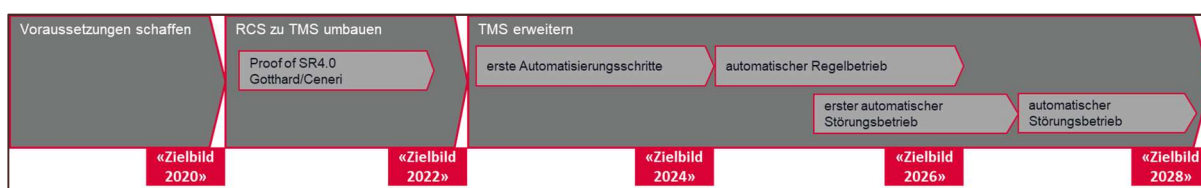


Abbildung 25: Ausbauschnitte im Bereich Kapazitätssteuerung

Aufgrund der höheren Priorisierung von Themen auf den Bestandssystemen (Tunnelautomatik Gotthard, Prognosegenauigkeit in RCS) mussten konzeptionelle Arbeiten im Bereich Real Time Optimierung und «Migrationsstrategie RCS» zurückgestellt werden. Die Roadmap wurde überarbeitet und eine nachhaltige Strategie für die Kapazitätsoptimierung konnte gefunden werden. Auf dieser Basis wird nun weitergearbeitet.

Konzeptionell gibt es zwei grosse Bereiche, die zeitnah angegangen werden. Zum einen ist das Zusammenspiel zwischen der Kapazitätsplanung und -optimierung detailliert zu klären. Zum anderen muss definiert werden, wie der Datenfluss von der Lenkung über die Kapazitätssteuerung bis in die Kapazitätsplanung funktioniert.

Die evolutionäre Weiterentwicklung von RCS wird fortgesetzt. Es steht die Migration der Kernkomponenten wie Fahrplan- und Topologiemodell an. Mit dem Meilenstein «Proof of TMS-PAS» soll das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten des Architecture Building Blocks PAS erreicht werden.

4.4.2.4 TMS-Lenkung

TMS-Lenkung bildet das Verbindungselement zwischen der TMS-Kapazitätssteuerung und dem Stellwerk und besteht aus zwei Komponenten. **TMS-IAD** (ILTIS-Adapter) ist für die Lenkung und Steuerung der Bestandsleittechnik ILTIS zuständig und beinhaltet drei Hauptfunktionalitäten: Die Bereitstellung von Lenkdaten für die Zugfahrten, das Ausführen von Lenkaufträgen für Rangierfahrten sowie die Unterstützung des Prozesses «Einführen Arbeitsschutz». **TMS-PE** (Plan-Execution) ist für die automatisierte Lenkung auf ES-Gebieten (mit elektronischen Stellwerken) zuständig und muss TMS eine einheitliche und generische Steuerung aller möglichen Arten von Schienenverkehr und Topologieeinschränkungen wie Zugfahrten, Rangierfahrten, Intervalle, Arbeiter im Gleis, usw. sicherstellen.

Die beiden Komponenten und die während der Konzeptphase erzielten Resultaten können in den Grundkonzepten nachgelesen werden. Die wichtigsten Aussagen sind im Folgenden aufgeführt.

Erreichtes aus der Konzeptphase

Nachweis fachlich-technische Machbarkeit mit Hilfe von Proof of Concepts

Um die technische sowie fachliche Machbarkeit von TMS-PE zu prüfen, wurden die gemäss Business Case ausgezeichneten Key Capabilities einer Risikoanalyse unterzogen und diese priorisiert. Zu den erarbeiteten Konzepten wurden für die gemäss Risikoliste höchstbewerteten Aspekte Proof of Concepts (PoCs) durchgeführt. Das Ziel dieser PoCs war es, technische und fachliche Risiken möglichst früh zu erkennen, um kostspielige Änderungen in Scope und Design zu einem späten Zeitpunkt zu vermeiden. Im Rahmen der PoC wurden grundlegende Konzepte zur Lösung der gefundenen Aspekte erarbeitet, prototypisch implementiert und in Simulationen anhand verschiedener betrieblicher oder technischer Szenarien geprüft (vergleichbar mit einem Systemtest). Die aus der Implementierung bzw. Simulation gewonnenen Erkenntnisse fliessen wieder zurück ins Konzept. In diesem kontinuierlichen Verbesserungsprozess werden die Konzepte jeweils erweitert und ständig wieder auf den Prüfstand gestellt.

Daher wurden zwei für TMS-PE relevante PoCs angesetzt, die jeweils verschiedene kritische Bereiche abdecken:

- *Proof of Concept Durchstich:* Mit diesem PoC wurden konzeptionelle Annahmen über TMS-Lenkung und die Schnittstellen zu Umsystemen validiert und hinterfragt. Damit wurde ein besseres Verständnis über die Funktionsweise des Systems erzielt. Die gewählte Vorgehensweise ermöglichte das Durchspielen von Szenarien mit einem oder mehreren Zügen und zeigte auf, dass die benötigten Elementzustandsänderungen oder Bewegungserlaubnisse rechtzeitig angefordert und dadurch minimale Zugfolgezeiten möglich wurden.
- *Proof of Concept High Availability:* Ziel des PoC war es, verschiedene Ansätze zum Erreichen der gewünschten hohen Verfügbarkeit zu identifizieren, zu implementieren und zu analysieren. Daraus wurde ein Systemdesign abgeleitet, mit dem TMS-PE eine sehr hohe Verfügbarkeit erreichen kann. Folgende Ergebnisse konnten im Rahmen des PoC erarbeitet werden:
 - Empfehlungen und Vorschläge zum Systemdesignstichprobenartige Verifikation des vorgeschlagenen Designs im PoC als lauffähige Software
 - Vergleich der Ansätze betreffend Auswirkungen auf die Performance von TMS-PE
 - Anforderungen an Plattformen, Umsysteme und (IT-seitige) Betriebsprozesse
 - Entscheidungsgrundlagen bezüglich der einzusetzenden Technologien

Standard-Schnittstelle zur Kapazitätssteuerung

In der Konzeptphase wurde die Basis für die standardisierte Schnittstelle «Operation Plan Interface» zwischen der Kapazitätssteuerung und der Lenkung gelegt. Zum einen wurde die Schnittstellenspezifikation erstellt und mit der RCA Architektur abgestimmt. Zum andern wurde in einem ersten Schritt die Schnittstelle für das Release-1-Projekt «DispoOp» als Adapter zum Rail Control System (RCS) gebaut.

Damit kann ein OperationPlan auf Basis der Prognose- und Fahrplandaten erstellt werden. Dieser wiederum bildet die Grundlage, damit DispoOp die Tageszugdaten erstellen. Diese Referenzimplementierung der Schnittstelle dient als Grundlage für die spätere Schnittstelle von TMS-PAS zu TMS-PE.

Warnfunktion Rangier / Rangierprozess / Studie Siemens

Mit dem Proof of Concept Rangieren wurde aufgezeigt, wie der Prozess Rangieren systemtechnisch umgesetzt werden kann. Die Erkenntnisse aus diesem Proof of Concept wurden zusammen mit Siemens in einer Studienphase 2019 vertieft und eine konkrete Lösungsarchitektur für die Warnfunktion Rangier sowie die Rangierlenkung erarbeitet.

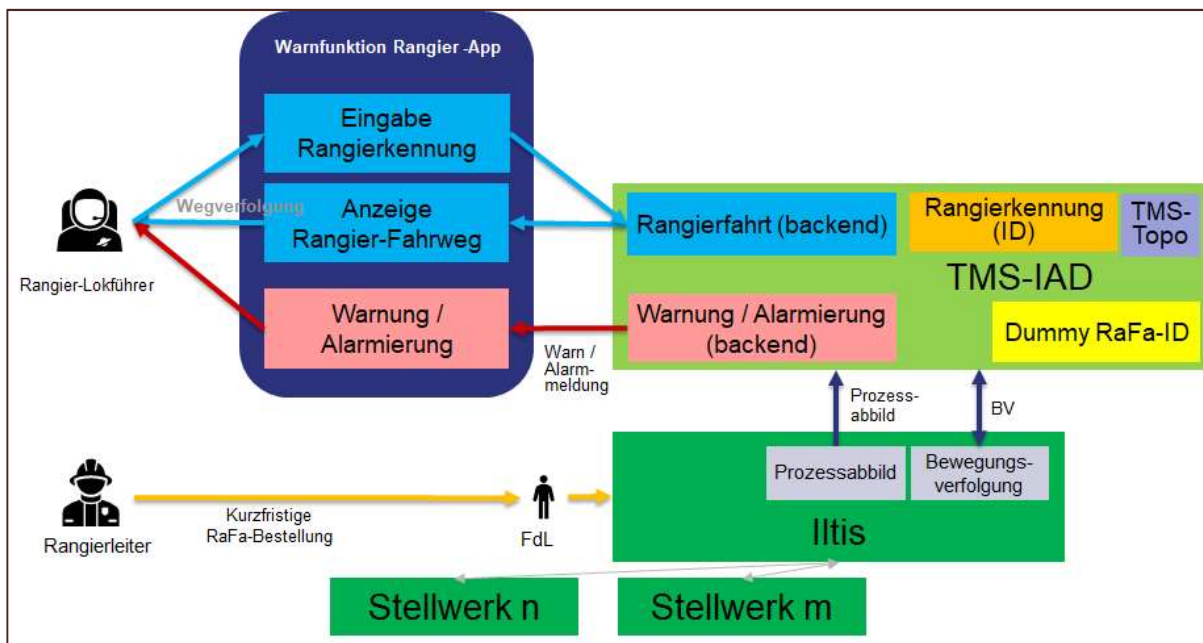


Abbildung 26: Funktionalitäten der Warnfunktion Rangier Zielbild 2022

Nebst den Funktionalitäten zum Rangieren hat die Studie auch Lösungen zu den bestehenden Topologie-Prozessen zwischen Iltis und den Planungs- und Dispositionssystemen aufgezeigt. Die Verhandlungen für eine Beauftragung von Siemens sind gestartet.

DispoOp@SR40

DispoOp@SR40 ist als Release-1 Vorhaben in Umsetzung. Anfangs 2020 wird der Funktionsumfang für die Anpassung/Aktualisierung der Zuglenkdaten in Iltis auf Basis des RCS-Produktionsplans in Betrieb gehen.

Ausblick

Die Umsetzung der Anwendung Warnfunktion Rangier ist gestartet und wird ab Mitte 2020 in Luzern als Testbetrieb eingesetzt. Bis 2022 wird die Implementierung der Warnfunktion Rangier fertiggestellt inklusiv der Integration der Ittis-Erweiterung in Zusammenarbeit mit Siemens.

Die Anwendung Rangierlenkung wird bis 2022 umgesetzt und für den nicht-kommerziellen Einsatz bereitgestellt. Bis 2024 folgen die Erweiterungen für einen schweizweiten, kommerziellen Einsatz.

Im Bereich TMS-PE wird zusammen mit dem Programm ES einen Prototyp gebaut, der die wichtigsten Funktionalitäten beinhaltet. Anschliessend wird der Prototyp evolutionär ausgebaut und kann ab 2024 für die Erprobungsstrecke(n) eingesetzt werden.

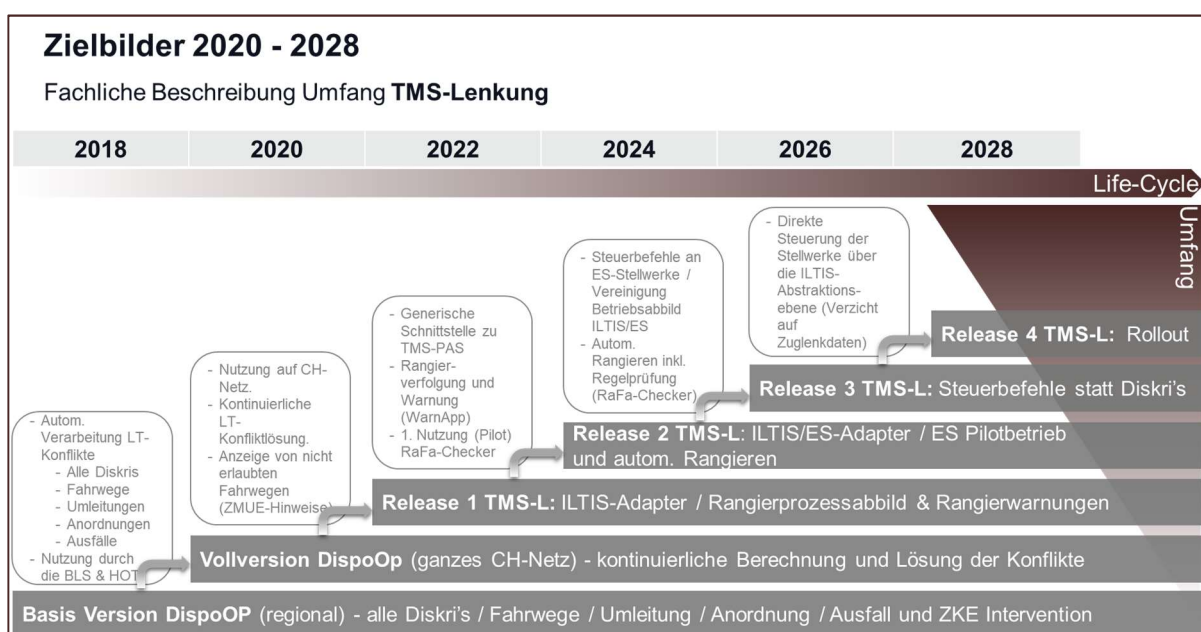


Abbildung 27: Fachliche Beschreibung der Zielbilder TMS-Lenkung

4.4.2.5 TMS-ATO-Trackside

Das Projekt TMS-ATO stellt die komplexe Schnittstelle zur fahrzeugseitigen Ausrüstung für ATO sowie zum dynamischen Fahrassistenzsystem zur Verfügung. Insbesondere die in Entstehung befindlichen internationalen Standards (UNISIG) erfordern ein frühes Antizipieren auf diesem Feld, um etwaige Inkompatibilitätsprobleme (siehe ETCS) in der Technik der Triebfahrzeuge früh zu identifizieren und zu vermeiden.

Erreichtes aus der Konzeptphase

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde mit der Umsetzung der ATO Trackside (ATO-TS), als Bindeglied zwischen dem TMS und der ATO-Onboard Unit (ATO-OBÜ), gestartet. Mit dieser Entwicklung kann der internationale Standard «ATO over ETCS» frühzeitig validiert und bei den ATO Pilottestfahrten, welche

im Programm ATO geplant sind, auf Betriebstauglichkeit getestet werden. Durch die von TMS entwickelte ATO-TS kann zukünftig die Interoperabilität sichergestellt werden. Weiter besteht die Möglichkeit, diese der Bahnbranche als Referenzinstallation zur Verfügung zu stellen.

Als Basis für die schnelle Umsetzung von ATO dient neben dem Dispositionssystem RCS auch das eingesetzte Werkzeug Adaptive Lenkung (RCS-ADL).

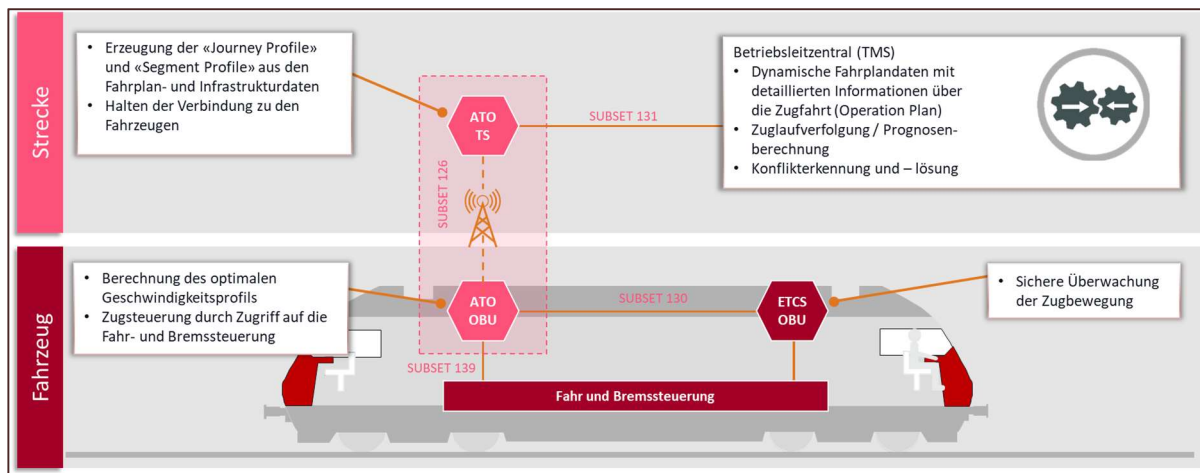


Abbildung 28: ATO Systemarchitektur und Projektscope

2018 wurde die ATO-TS nach den aktuell vorhandenen ATO Normentwürfen Subset 125 (Anforderung an das System) und Subset 126 (Beschreibung der Schnittstelle ATO-Trackside <-> ATO-Onboard Unit) implementiert. Die grösste technische Herausforderung bestand - neben der dynamischen Erstellung der Journey Profil (Zeitinformation) und Segment Profil (Weginformation) - in der Abbildung der korrekten Infrastruktur Topologie.

Um eine fehlerfreie ATO Fahrt auf dem Perimeter Lausanne – Villeneuve durchzuführen, wurden die Topologiedaten präzise und in einer sehr hohen Qualität manuell erfasst. Nur so konnte eine erste Validierung der aktuellen Version des Standards mittels ATO Testfahrten im August 2018 sichergestellt werden. Auf über 20 Testfahrten konnte das Fahrzeug die von der ATO-TS erstellten und übermittelten Segment Profil und Journey Profil erfolgreich empfangen und verarbeiten. Die Erkenntnisse aus den Testfahrten hatten bis jetzt keine gravierenden Änderungen am Standard zur Folge. Trotzdem sind die Erkenntnisse und Änderungsvorschläge an das ATO Gremium Shift2Rail eingereicht worden.

In einem zweiten Schritt wurde ATO-Trackside auf die neue Version der Normierung aktualisiert. Weiter wurde das Erstellen der Segment Profils vereinfacht und optimiert. Als weiterer Meilenstein konnten die Journey Profiles direkt aus dem Rail Control System (RCS) generiert und nicht wie in der ersten Phase manuell ab dem Fahrplan erstellt werden. Mit diesem neuen Setup konnten die ATO Testfahrten direkt aus RCS gesteuert werden.

Ausblick

Ab Januar 2020 wird die ATO-Trackside jede zweite Woche für weitere ATO Pilotfahrten bei der SOB auf der Strecke Wattwil - Degersheim eingesetzt. Zusätzlich kommt im zweiten Quartal 2020 der GoA2 Cargo Demonstrator, welcher im Rahmen des Shift2Rail Programms ARCC (Automated Rail Cargo Consortium) durchgeführt wird, dazu. In diesen drei Monaten wird die ATO-Trackside mit unterschiedlichen ATO-OBUs getestet. Dies ist ein weiterer wichtiger Schritt, um die Interoperabilität von «ATO over ETCS» sicherzustellen.

Für die Zentralbahn ist ein Proof of Concept geplant, bei dem getestet wird, ob die ATO-Trackside auch bei den Meterspurbahnen als Standardversion eingesetzt werden kann.

Um die Ansprüche der zukünftigen Pilottestfahrten zu erfüllen, wird die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der ATO-Trackside weiter optimiert. Dieses bedeutet auch, dass jede Normänderung umgesetzt werden muss. Dadurch wird jede Änderung mittels der zukünftigen ATO Piloten verifiziert.

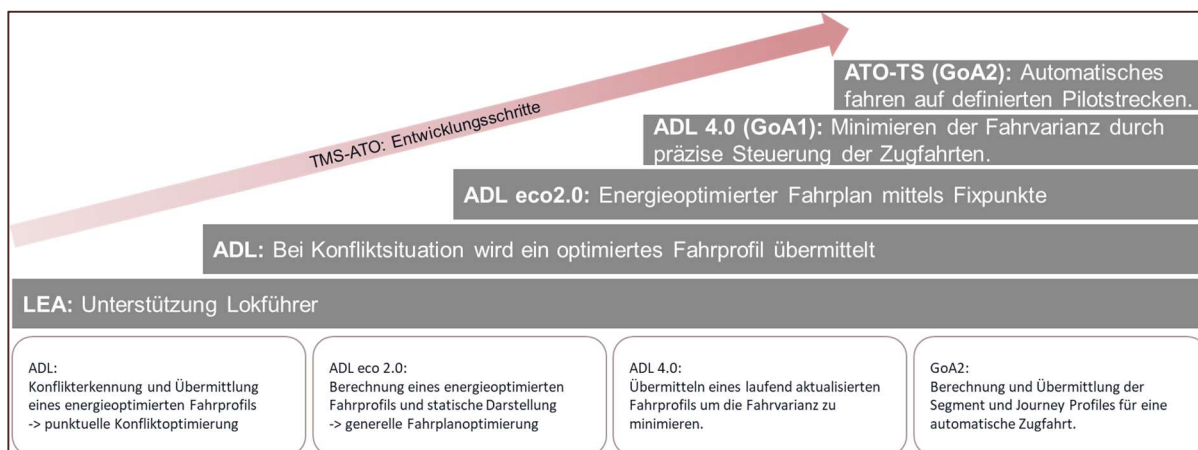


Abbildung 29: TMS-ATO Entwicklungsschritte

Neben der ATO Entwicklung wird im Rahmen der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Adaptiven Lenkung (ADL) der Informationsfluss in Richtung Lokpersonal erweitert. Neben ATO wird in diesem Rahmen das Teilprojekt ADL 4.0 (dynamisches Fahrassistenzsystem) eingeführt. Mit ADL 4.0 werden ATO Komponenten (ATO-TS) zur präziseren Steuerung verwendet und dadurch wird die Fahrvarianz minimiert. Damit zählt ADL 4.0 mit den neuen Möglichkeiten von TMS-ATO auf die Kapazitätsziele von smartrail 4.0 ein.

4.4.2.6 TMS-Topo

Der Kernauftrag des Projektes TMS-Topo ist die durchgängige und einheitliche Bereitstellung der Topologie-Informationen für sämtliche TMS-Komponenten. Dabei stehen die Verbesserung der heutigen Datenqualität sowie die Erschließung von neuen Datenquellen für zusätzlich benötigte Daten im Zentrum. Das Projekt wurde nach den Resultaten aus der Studie «Basis-Netzelementservice Topologie» (BNT) ausgerichtet. Dieses Kapitel beinhaltet sowohl Resultate aus der BNT-Studie als auch aus dem Projekt TMS-Topo.

Erreichtes aus der Konzeptphase

Studie BNT

Im Rahmen der Studie «Basis Netzelement Service Topologie» (BNT) wurde ein neues, durchgängig durch alle Fachbereiche verwendbares Referenzdatenmodell für die Topologie erarbeitet (BNT-Modell). Es soll zukünftig als Basis für den gesamten Anlagen-Lifecycle und auch für die Trassenproduktion dienen.

Basierend auf den Resultaten wurde ausserhalb von SR40 eine weiterführende Studie namens «Basis-Service Topologie» (BST) gestartet. Daraus ging die Vision einer gesamtheitlichen Topologie-Plattform sowie ein Vorschlag für einen möglichen Migrationspfad hervor. Die Umsetzung der «Integrierten Topologie-Plattform» (ITOP) ist mit dem Projekt TOPO anfangs 2019 gestartet.

TMS-Topologiemodell

Bei TMS-Topo wurde in der Folge ein Fassaden-Ansatz auf der Basis des neuen BNT-Modells gewählt, damit die neuen Systeme direkt auf dem neuen Modell aufsetzen können und für die TMS-Projekte nach Abschluss des Projekts TOPO kein grosserer Migrationsaufwand entsteht. Weiter konnte mit dem Ansatz die Praxistauglichkeit des neuen Modells geprüft werden.

Als erstes wurde mit der Bereitstellung des Referenz-Gleisnetzmodells in Form des BNT-Modells die Basis gelegt, zu Beginn noch ohne Versionierung. Auf dem Referenz-Gleisnetz aufbauend wurden verschiedene fachliche Layer, genannt Fachschalen, definiert.

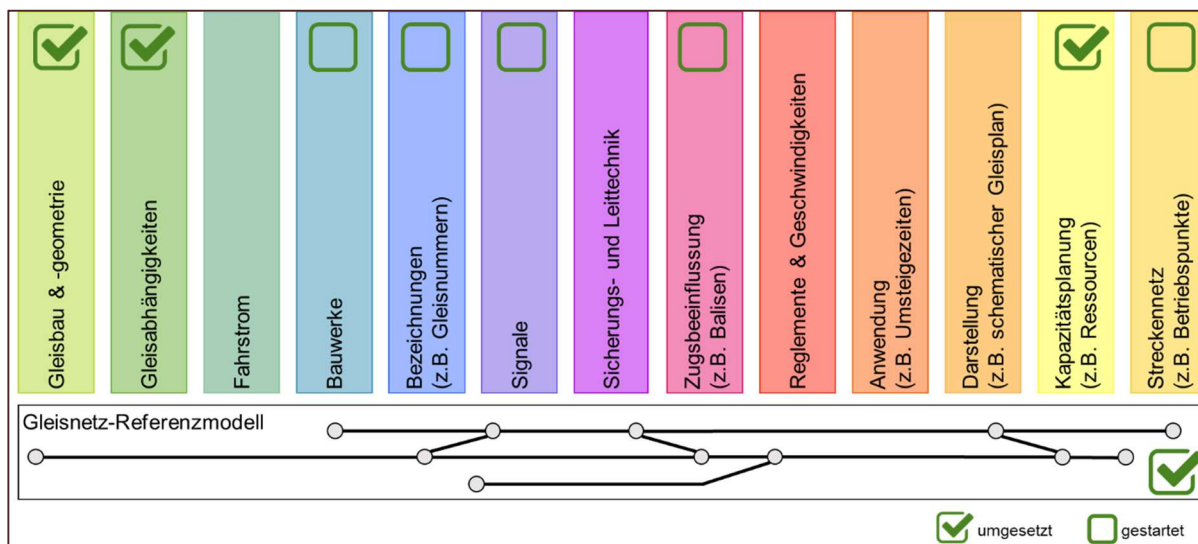


Abbildung 30: Übersicht Fachschalen und Stand der Umsetzung

Bisher wurden die Fachschalen «Gleisbau», «Gleisabhängigkeiten» und - in Zusammenarbeit mit dem Projekt TMS-Kapazitätsplanung – «Kapazitätsplanung» implementiert. Bei fünf weiteren Fachschalen wurde mit der Umsetzung begonnen.

Kurswechsel bei TMS-Topo

Das Projekt TMS-Topo wurde von Anfang an nach den agilen Prinzipien aufgebaut. Die Entwicklung wurde umgehend gestartet und wichtige Erfahrungen konnten gesammelt werden. Dadurch konnte bereits Mitte 2019 festgestellt werden, dass der eingeschlagene Weg nicht machbar ist. Die folgende Abbildung zeigt die Problemstellungen auf.

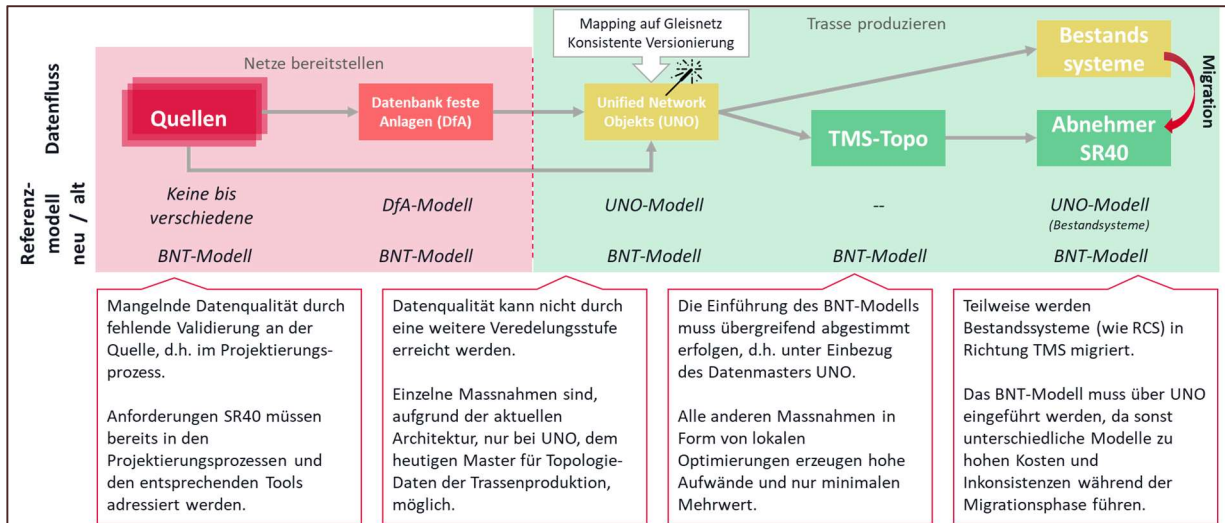


Abbildung 31: Gründe für den Kurswechsel von TMS-Topo

Damit der Fassaden-Ansatz funktioniert, muss die Fassade inklusive aller bestehenden Topologie-Daten und Netzeigenschaften aus dem heutigen System (Unified Network Objects (UNO)) bis zum Start der Umsetzung der TMS-Projekte auf dem neuen Modell verfügbar sein.

Aufgrund der gesammelten Erkenntnisse wurde die Entwicklung von TMS-Topo gestoppt und die Resultate gesichert. Als erste konkrete Massnahme wurde im Oktober 2019 das Handlungsfeld «Topologie» unter der Leitung der TMS-Architektur gestartet mit dem Ziel die «Migrationsstrategie TMS-Topo» zu überarbeiten und neue Lösungsvarianten zu eruiieren. Im Fokus steht das Bestandsystem UNO, welches voraussichtlich neu ein wesentlicher Teil der Gesamtlösung wird.

Ausblick

In den nächsten Monaten wird der Kurswechsel von TMS-Topo konsequent weitergeführt und iterativ überprüft. Mögliche Vorgehensweisen werden vertieft analysiert und mit Umprojekten (z.B. TOPO), bestehenden Produkten (z.B. UNO) und dem Business abgestimmt. Als Unterstützung für das Architektur-Handlungsfeld müssen als Grundlage für die neu auszuarbeitende Migrationsstrategie die high-level Anforderungen an die Topologie detailliert spezifiziert werden. Erste Resultate aus den beiden Massnahmen werden Mitte 2020 erwartet.

Die Topologie wird weiterhin als Top-Risiko auf Stufe Programm smartrail4.0 geführt und dementsprechend überwacht.

Neben der Neuausrichtung des Projektes TMS-Topo wurden in der Konzeptphase diverse Risiken eruiert, die in der nächsten Phase ebenfalls angegangen werden:

- Alle ISB müssen für die Nutzung von TMS zwingend auch die dafür notwendigen Topologiedaten in digitaler Form bereitstellen. Im Moment verfügen viele (vor allem kleinere) ISB nicht über die erforderlichen digitalen Hilfsmittel bzw. Daten.
- Branchen-übergreifende Konzepte, wie beispielsweise das Reglement Streckentabellen (RADN), können teilweise nicht vollständig digitalisiert werden. Bevor eine Digitalisierung möglich ist müssen entweder diese Konzepte überarbeitet werden oder es muss eine klare Strategie für den Umgang mit nicht digitalisierbaren Konzepten vorliegen.

4.4.2.7 TMS-Architektur

Die TMS-Architektur fokussierte sich während der Konzeptphase auf die Erarbeitung der Systemarchitektur und des Migrationskonzepts, zwei wichtige Artefakte für die Umsetzung. Daneben wurde mit dem TMS-Fahrplanmodell ein zentrales Element der Datenarchitektur angegangen. Die Thematik der externen Schnittstellen ist anfangs 2019 gestartet und muss in der nächsten Phase intensiviert werden.

Systemarchitektur

Die Systemarchitektur bildet die Basis für die Entwicklung von TMS und wurde gesamtheitlich ausgehend von den Geschäftsprozessen und basierend auf dem Ansatz des Domain Driven Designs entworfen. Dabei wurde das komplexe System TMS entlang von fachlich-logischen Grenzen dekomponiert. Dadurch wurde einerseits die Komplexität reduziert und andererseits für jeden Fachbereich das am besten geeignete Design ermöglicht. Als Ergebnis wurden stabile und redundanzfreie Architecture Building Blocks (gemäss dem Standard TOGAF) definiert, die durch die Detaillierung in weiteren Ebenen Austauschbarkeit, Weiterentwicklung und Rückwärtskompatibilität während der Migration ermöglichen.

Entstanden ist ein Sollbild das auf der RCA Architektur basiert. Die SBB Adaption der RCA-Architektur ist in der Referenzarchitektur RCA dokumentiert und veröffentlicht.

Eine Übersicht der TMS-Architecture Building Blocks ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

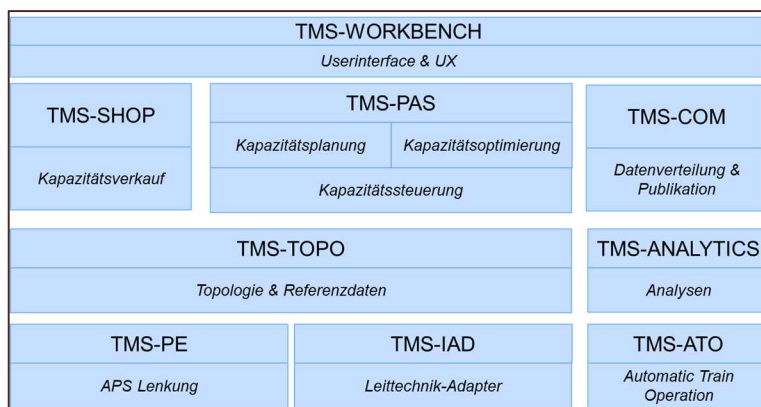


Abbildung 32: Übersicht TMS Architecture Building Blocks

- TMS-WORKBENCH ist ein einheitliches webbasiertes GUI-Framework für die Integration der verschiedenen TMS-Komponenten.
- TMS-SHOP umfasst die für den Kapazitätserkauf notwendigen Funktionen für die Bestellabwicklung und die Abrechnung.
- TMS-PAS (Produktions-Automatisierungssystem) deckt den funktionalen Bereich der Fahrplanplanung (lang-, mittel- und kurzfristig), Fahrplanoptimierung sowie die Kapazitätssteuerung ab und liefert konfliktfreie Produktionsvorgaben für die spätere Umsetzung in den Stellwerken.
- TMS-COM übernimmt die gesamte Kommunikation mit den Umsystemen wie Ressourcenplanungssysteme der EVUs, Systeme der Kundeninformation etc. und ist für die Verteilung der Fahrplandaten in allen Fristigkeiten zuständig.
- TMS-TOPO ist der zentrale Lieferant der Topologie- und Referenzdaten für alle TMS-Komponenten.
- TMS-ANALYTICS implementiert Reporting- und Datenanalysefunktionen für das gesamte TMS.
- TMS-PE (Plan Execution) übersetzt die Produktionsvorgabe aus TMS-PAS in Anfragen für das elektronische Stellwerk und erstellt den Umsetzungsstatus für das Betriebsabbild.
- TMS-IAD (ILTIS-Adapter) übersetzt die Produktionsvorgabe aus TMS-PAS in Zuglenkdaten und übermittelt diese an das Stellwerk ILTIS und erstellt den Umsetzungsstatus für das Betriebsabbild.
- TMS-ATO stellt die zukünftige Schnittstelle zu den Steuerungsgeräten in den Triebfahrzeugen.

Basierend auf der TMS-Systemarchitektur wurde der Migrationspfad auf Zielbilder in 2-Jahresschritten heruntergebrochen. Ein 2018 entwickeltes und 2019 aktualisiertes Migrationskonzept TMS berücksichtigt sowohl bestehende Anwendungen als auch neu zu erstellenden Komponenten / Services.

Für die weitere Entwicklung der Systemarchitektur sowie für die Aktivitäten im Rahmen der anstehenden Umsetzungsphase wurde die Zusammenarbeit definiert und die Regeln für die Governance (Verantwortungsdelegation, Complianceprüfung etc.) für jede der Hauptthemen (Daten, Interfaces, Technologie, UX/UI-Integration, Richtlinien) festgelegt.

Fahrplanmodell

Der gemeinsame Nenner sämtlicher Prozesse aus der Bahnwelt – von der Angebots- und Ressourcenplanung der EVUs bis zur Mobilitätsproduktion der ISBs – ist «der Fahrplan»: eine Sammlung von Plan-, Ist-, Prognose- und Referenzdaten, deren Struktur und Bedeutung als die «DNA» der Bahnprozesse bezeichnet werden kann. Das Modell der Fahrplandaten wird im Rahmen der SR40-Umsetzung überarbeitet, modernisiert und vereinheitlicht.

Es wurden zwei Modelle definiert, die auf einer logischen Ebene die Semantik und die Beziehungen der Entitäten in den Bereichen Kapazitätsbedarf, Kapazitätsplanung, Kapazitätssteuerung, Verteilung und Publikation beschreiben:

- Das TMS-Fahrplanmodell beschreibt die TMS-interne Sicht und umfasst alle Objekte, die für die Beschreibung des Kapazitätsbedarfs und der Kapazitätsnutzung im Rahmen der Planung und Steuerung von Bewegungen und Abstellungen auf dem Schienennetz benötigt werden.

- Das (minimale) Fahrplanmodell (TimeTableModel, TTM) beschreibt die TMS-externe Sicht und wurde mit dem Ziel definiert, die Verteilung von Fahrplandaten zu vereinfachen. Das Modell orientiert sich an internationalen Standards.

Die beiden oben genannten Modelle werden unter dem Begriff TMS-Fahrplanmodelle zusammengefasst. In der anstehenden Phase werden die Modelle mit den EVUs und Partner-ISBs abgestimmt und detailliert.

Externe Schnittstellen (TMS-COM)

TMS ist auf Informationen angewiesen, die in anderen Systemen der Bahnproduktion entstehen (z.B. Formationsdaten) und erstellt wiederum Informationen, die für diese Systeme relevant sind (z.B. Fahrplan). Dieser Austausch ist für das Gesamtsystem Bahn wichtig.

Die Thematik der externen Schnittstellen wurde anfangs 2019 gestartet und erste Umsetzungsvorschläge sind entstanden. In der nächsten Phase folgt die Vertiefung dieser Umsetzungsvorschläge. Erste Resultate werden nach der Analyse Mitte 2020 vorliegen. Neben den inhaltlichen Fragen stehen auch Lifecycle-Themen im Fokus.

Ausblick

Das im Oktober 2019 gestartete Architektur-Handlungsfeld «Topologie» hat zum Ziel, die «Migrationsstrategie TMS-Topo» im Gesamtkontext zu überarbeiten. Im Bereich Integrationsarchitektur stehen einige Analyse-Arbeiten an. Es soll die Durchgängigkeit der Systemarchitektur aufgezeigt werden.

Auf Ebene smartrail 4.0 entstehen neben den funktionalen Anforderungen auch die nicht-funktionalen Anforderungen. Aufgrund dieser neuen Erkenntnisse wird zum einen ein Sicherheitskonzept TMS erarbeitet, das die nicht-funktionalen Anforderungen vollständig berücksichtigt. Andererseits wird die Systemarchitektur in einer neuen Iteration angepasst.

Die beiden Fahrplanmodelle werden in der anstehenden Phase validiert und mit den EVUs und Partner-ISBs abgestimmt.

4.4.2.8 Übergreifende Themen

Einige Themen wurden programmübergreifend erarbeitet. Dazu zählt die Erarbeitung einer gemeinsamen Roadmap, das Nutzungs- und Weiterentwicklungskonzept und die Anpassungen des technischen Entwicklungsprozesses.

Roadmap

TMS baut auf bereits im Betrieb befindlichen Komponenten, wie das aktuelle Planungssystem (NeTS) und das Dispositionssystem (Rail Control System (RCS)), auf. Die Skalierung der liefernden Einheit bei der SBB IT wird 2020 ihren maximal möglichen Ausbau erreichen. Eine entscheidende Bedeutung kommt somit der engen und laufenden Abstimmung und Priorisierung der nötigen Anpassungen der IT Bestandssysteme und der Umsetzungspläne von TMS zu. Die TMS-Roadmap ist das zentrale Element dazu. Sie wurde 2018 erstellt und zeigt die Planung pro Projekt unter Berücksichtigung der Lifecycle und Weiterentwicklungsprojekte der IT Bestandssysteme von 2020 bis 2028. Abstimmt wurde sie mit dem Business und smartrail 4.0.

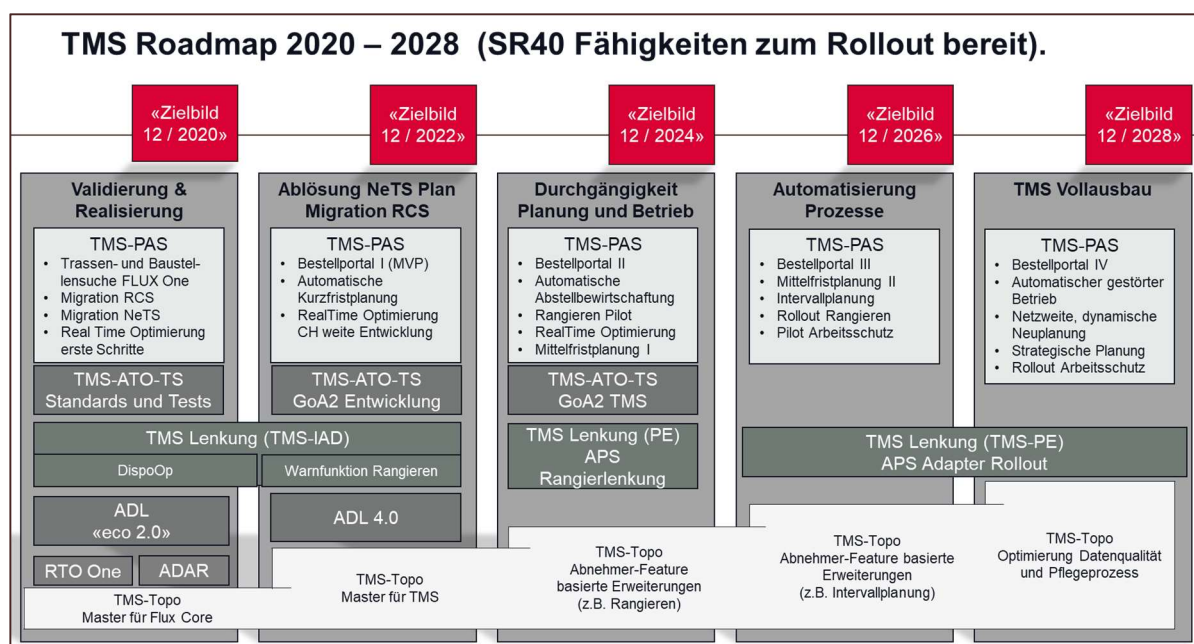


Abbildung 33: Roadmap TMS (Stand 12/2019)

Im dritten Quartal 2019 wurde die TMS-Roadmap gemäss dem Auftrag des Lenkungsausschusses vom 23.9.2019 überprüft und die Steuerungsmöglichkeiten im Sinne der höheren Agilität vorgeschlagen. Hintergrund des Auftrags ist die Integration von ungeplanten Anforderungen aus dem laufenden Betrieb.

Die detaillierten Planungen pro Projekt sind in den jeweiligen Entwicklungsplänen dokumentiert.

Nutzungs- und Weiterentwicklungskonzept TMS für die Schweizer Bahnbranche

TMS wird bei allen ISB in der Schweiz diskriminierungsfrei zur Verfügung gestellt. Um die Nutzung und Weiterentwicklung von TMS in der Schweiz zu regeln, wurde in Abstimmung mit den teilnehmenden Partnerbahnen sowie der Zentralbahn ein Nutzungs- und Weiterentwicklungskonzept erstellt und in mehreren Iterationen angepasst. Die finale Abnahme folgt. In einem ersten Teil des Konzeptes werden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten definiert, die für unterschiedliche ISBs in Frage kommen können. Alle beteiligten ISB fanden sich nach Präzisierungen und Klärungen in einem der drei beschriebenen Anwendungsmöglichkeiten wieder:

- **Schweizer Standard-ISB:** Einsatz sämtlicher TMS-Module. Diese Anwendungsmöglichkeiten beschreibt die grossen und mittleren Normalspur-ISB (SBB, BLS, SOB und tpf).
- **Kleine ISB & Meterspurbahnen:** Kleinere Schweizer Normalspur-ISB oder Meterspurbahnen, die einen reduzierten Umfang des SR40 TMS anwenden möchten (z.B. ohne TMS Analytics, Shop oder ATO)
- **Einsatz ETCS-Stellwerk ohne smartrail-TMS:** ISBs (Normal- und Meterspur), die zwar das ETCS-Stellwerk einsetzen möchten, jedoch aufgrund ihres wenig komplexen Fahrplans auf eine automatische Planung, Steuerung und Lenkung verzichten können.

Das Nutzungs- und Weiterentwicklungskonzept TMS hat neben den Anwendungsmöglichkeiten das Sourcing von TMS durch die Schweizer Branche im Fokus. Im Grundsatz besteht Einigkeit in der Branche, dass das TMS von der SBB IT betrieben und als Service von der SBB als Singlesource bezogen wird.

Für folgende Themen sind erste gemeinsame Stossrichtungen erkennbar, müssen jedoch in der Folge noch vertieft werden:

- **TMS light:** Der volle Funktionsumfang ist gerade für kleinere Bahnen zu umfangreich. Es wurde von verschiedener Seite angeregt, die Möglichkeit zu schaffen, auf einzelne nicht benötigte Funktionalitäten zu verzichten. Eine Reduktion der Komplexität wird auch bei den Rollen gefordert. Bei kleineren Bahnen werden verschiedene Rollen von einzelnen Generalisten gleichzeitig ausgeführt.
- **Weiterverrechnung der Kosten:** Alle Bahnen sind sich einig darin, dass der Nutzen von TMS durch einen breiten Einsatz und die Gesamtsystemsicht erhöht wird. Es bestand daher der Wunsch, die Eintrittshürden möglichst tief zu halten, die jedoch mit den durch TMS steigenden Betriebskosten eher höher werden. Aus diesem Grund werden im Moment noch zwei Modelle weiterverfolgt:
 1. Systemführerschaft: sämtliche TMS-Kosten werden direkt über die LV des Systemführers gedeckt. Die anwendenden Bahnen decken die direkt bei ihnen anfallenden Kosten (z.B. für Hardware, Datenleitung, Schulung etc.) aus der eigenen LV.
 2. Betriebskosten: Die Betriebskosten werden ähnlich dem heutigen RCS-Modell an die anwendenden Bahnen nach einem zu definierenden Schlüssel weiterverrechnet. Eine Variante für die Reduktion der steigenden TMS-Betriebskosten bei den anwendenden Bahnen wäre eine direkte Deckung der Abschreibungen aus der LV SBB.
- **Governance:** Im Sinne der Kontinuität und der Konsistenz der Gesamtlösung stellt die künftige Betreiberorganisation die technische Pflege und die Weiterentwicklung von TMS und damit den langfristigen Lifecycle in der Schweiz sicher. Die fachliche Abstimmung und Priorisierung der Arbeiten im Sinne der Pflege und Weiterentwicklung des TMS wird in einem Gremium der anwendenden ISB unter Einbezug der Trassenvergabestelle TVS in ihrer Rolle als Auftraggeber für die Fahrplanplanung vorgenommen. Die Weiterentwicklung von TMS (oder Teilen davon) wird in einer gemeinsamen Release-Planung festgelegt, die von einer Mehrheit der nutzenden Unternehmungen verabschiedet wird. Die Betreiberorganisation wird mit dieser zwischen allen Parteien verständigten Release-Planung beauftragt. In der zu erarbeiteten Governance werden die genauen Kriterien definiert, wie (auch kleinere) nutzende Unternehmungen ihre Anforderungen in den Release-Prozess

einbringen können. Die Publikation erfolgt über den ISB-IT-Masterplan, der allen interessierten Unternehmen zugänglich gemacht wird.

- **Datennutzung:** Gemäss den teilnehmenden Bahnen ist die möglichst offene Nutzung von Daten im Sinne einer Optimierung des Gesamtsystems bei der Kapazitätsplanung und -steuerung anzustreben. Dies natürlich unter Berücksichtigung der Autonomie jeder Bahn und der Anwendung eines entsprechenden Berechtigungskonzept innerhalb der gesetzlichen Vorgaben. Die Nutzung ist dort einzuschränken, wo es sich um schützenswerte Daten oder um Daten mit Bezug zu den Verkehrsbereichen handelt.

Das Konzept Nutzung und Weiterentwicklung TMS wird in der Folge weiterbearbeitet und dient als wesentliche Grundlage für die weitere Ausgestaltung des Konzeptes, der Vertiefung und die Zusammenarbeitsvereinbarung, die bis Ende 2020 überarbeitet wird.

Anpassungen des technischen Entwicklungsprozesses

Die Systemarchitektur von smartrail 4.0 ist so aufgebaut, dass TMS grundsätzlich keine sicherheitsrelevanten Komponenten umfassen sollte. Noch nicht abschliessend definiert ist der Übergang von nicht sicherheitsrelevanten Komponenten zu sicherheitsrelevanten Komponenten (z.B. TMS-PE). Ebenfalls noch nicht abschliessend definiert ist der Umgang mit Komponenten, die keine oder nur eine geringe Sicherheitsrelevanz haben, aber einen direkten Einfluss auf das Bahnsystem nehmen (z.B. RTO). In der Folge muss bis zur Beantragung Schritt1 final geklärt werden, ob es sicherheitsrelevante Komponenten innerhalb von TMS gibt und wie mit den gegebenen Rahmenbedingungen umgegangen wird.

2019 wurde ein Entwicklungsprozess basierend auf dem bewährten Entwicklungsprozess von RCS und dem Vorgehensmodell FIT (Formal Iterations, deckt Norm EN50128 ab) entworfen und mit Fokus auf die neuen Herausforderungen erweitert. Die Spezifikation des Prozesses ist in einem Entwurf vorhanden und erste Tätigkeiten zum Validieren der Spezifikation sind angelaufen. Eine Klärung wird bis Ende 2020 erwartet.

4.4.3 Ausblick

Die TMS-Teilprojekte starten 2020 mit der Umsetzung. «TMS-Kapazitätsverkauf» legt einen ersten Grundstein für das neue Bestellportal mit der Implementation der internationalen Schnittstelle. Mit FluxOne stellt die «TMS-Kapazitätsplanung» den Fahrplanplanern ein Hilfstool für eine effizientere Um- bzw. Neuplanung zur Verfügung. Die «TMS-Kapazitätssteuerung» fokussiert sich auf die Weiterentwicklung der Real Time Optimization. «TMS-Lenkung» setzt unter anderem die Warnfunktion Rangier um, die ab Mitte 2020 als Testbetrieb eingesetzt wird. «TMS-ATO-Trackside» treibt mittels den Pilotfahrten die Weiterentwicklung voran. «TMS-Topo» erarbeitet im Architektur-Handlungsfeld Lösungsvarianten und detailliert die High-Level-Anforderungen bezüglich der Topologie

Die bereits gestarteten smartrail 4.0 Release 1 Projekte, welche über die Mittel der IT Bestandssysteme finanziert sind, werden weiter in enger Abstimmung mit der TMS Planung umgesetzt und eingeführt.

4.5 CCS onboard application platform for trackside related functions (COAT)

4.5.1 Ausgangslage und Relevanz

Smartrail 4.0 beinhaltet Funktionalitäten, die zwingend fahrzeugseitig zu realisieren sind: ETCS L3, FRMCS (Datenfunk), ATO on-board, GLAT (mobile Lokalisierung), TIMS (Zugintegrität), MTC (Manoeuvre Train Control). Für die Bündelung dieser Themenstellungen wurde das Programm COAT (CCS onboard application platform for trackside related functions) anlässlich des Lenkungsausschusses im Dezember 2018 mit einem Stossrichtungsentschied gestartet und durch das BAV im April 2019 die Finanzierungszusage erteilt.

COAT sichert die Synergienutzung zwischen der Fahrzeugflotte und der Bahnbetriebsinfrastruktur. Die gemeinsame, generische CCS Fahrzeugausrüstung und die Fahrzeugschnittstellen werden einerseits abschliessend spezifiziert und als Muster- und Testsysteme frei verfügbar bereitgestellt. Andererseits sollen die Funktionalitäten von smartrail 4.0 als am Markt frei verfügbare Applikationen realisiert werden. Diese Applikationen (VL, VS, AV und FRMCS) werden durch die jeweiligen Programme verantwortet, während COAT auf die Plattform und deren Rollout fokussiert.

Mit diesem Lösungsansatz sollen nachfolgende Themen nachhaltig gelöst werden:

- Sicherstellung Upgradeability bei Updates, Baseline Upgrades und Lifecycle Ersatz. Dies durch eine standardisierte Architektur und definierte Schnittstellen.
- Verkürzung Time-to-Market, damit Modifikationen am System (Bsp. Security Updates, Fehlerkorrekturen) zeitnahe einfließen können
- Standardisierung von Architektur und Schnittstelle für grössere Produktlose.
- Flexibilisierung der Einführungen von modifizierten oder neuen Funktionen.
- Managend Operation aller Fahrzeugsysteme mit zentraler Konfiguration-, Monitoring- und Diagnosefähigkeit.

Diese Ausgangslage, sowie der identifizierte Untersuchungsbedarf sind im COAT Hypothesen Dokument zusammengefasst.

4.5.2 Wesentliche Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Seit dem inhaltlichen Programmstart hat das Programm COAT in nachfolgenden Themen Fortschritte erzielt:

4.5.2.1 Zulassungsvorgehen

Das Zulassungsvorgehen wurde als erster Stossrichtungsentwurf im Juni 2019 mit einem Expertengremium des BAV besprochen. Anschliessend erfolgte die Ausgestaltung als Zulassungsvorgehen und eine erste Iteration unter Berücksichtigung der BAV Rückmeldung. Die Resultate sind in drei Dokumenten verfügbar:

- «Zulassungsverfahren COAT»
- «Zulassungskonzept Fahrzeugausrüstung – Systembeschreibung»
- «Zulassungskonzept Fahrzeugausrüstung - Analysebericht Zulassung»

Ab November 2019 erfolgt die erstmalige Anwendung dieses Konzepts. Dies entspricht der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit anhand der Anwendung beim COAT Demonstrator. Parallel dazu wurde eine Untersuchung zur Vereinfachung der Integrationszulassung beim Lieferanten Siemens beauftragt. Die Resultate der Vorgehensuntersuchung werden per Ende 2019 erwartet und danach rasch möglichst publiziert.

4.5.2.2 Demonstrator

Soweit möglich wurden die COAT Lösungsansätze in einem rapid Prototyping - Ansatz realisiert. Über drei Phasen Entwicklungs-, Integrations- und Fahrzeugumgebung wurde eine auf openETCS basierende CCS onboard Lösung realisiert.

Mit diesem PoC soll einerseits eine Möglichkeit geschaffen werden, das Zulassungskonzept erstmalig praktisch anzuwenden, andererseits soll die Produktreife hinsichtlich Modularität und Upgradeability festgestellt werden.

4.5.2.3 OCORA - Europäische Abstimmung

OCORA (Open CCS On-Board CCS Reference Architecture) ist eine Europäische Abstimmung zur Definition, Validierung und Förderung eines User Standards bei Architektur und Schnittstellen der Zugbeeinflussungssysteme auf der Fahrzeugseite. Diese Initiative wird mit den Gründungsmitgliedern SNCF, ÖBB, NS, DB und SBB vorangetrieben, wobei jeweils die EVUs einsitzen. OCORA kann als Zwilling von RCA für die fahrzeugseitigen Systeme angesehen werden.

Die Architektur wurde im OCORA Alpha Release auf dem öffentlichen Repository <https://github.com/OCORA-Public> analog zu RCA publiziert. Sie beinhaltet neben dem Hauptdokument auch den identifizierten Änderungsbedarf an der bestehenden Normierung hinsichtlich TSI-CCS 2022. Dieser wurde anlässlich der ERA Conference am 15.-17.10.2019 vorgestellt.

4.5.2.4 Zusammenarbeit Industrie

Die Zusammenarbeit im Bereich COAT genießt bei der Industrie einen sehr hohen Stellenwert. Anfang 2019 wurden intensive Gespräche mit interessierten Firmen geführt, um den Demonstrator zu realisieren. Am 21. Oktober 2019 wurde zudem ein COAT spezifischer Innovationstag mit den Themen Architektur, Zulassungsvorgehen und SR40 Fahrzeug Rollout durchgeführt.

4.5.2.5 Rollout

Aufgrund der grossen Anzahl an Bestandsfahrzeugen, die mit unterschiedlicher Ausgangslage hinsichtlich Ausrüstung (ohne ETCS, ETCS BL2, ETCS BL3) in einer raschen Migration smartrail tauglich gemacht werden müssen, wurde bereits früh eine erste Untersuchung zum Rollout gestartet. Primäres Ziel war es, die Planungssicherheit in diesem Bereich zu erhöhen. Neben Durchlaufzeiten und Aussetzung wurden auch Stellplatzkapazitäten und Ressourcen betrachtet.

Insgesamt ist ein SR40 Fahrzeug Rollout innerhalb von sieben Jahren sehr ambitioniert. Insbesondere der Ressourcenaufbau dürfte isoliert geplant nicht erreichbar sein. Zusätzlich identifiziert wurde, dass die Infrastruktur, falls diese ab 2025 benötigt wird, aufgrund der langen Planungsphasen bereits bestehend sein muss, mindestens als Planungsprojekt. Eine zeitnahe Klärung der Finanzierung der fahrzeugseitigen Systeme und der Verantwortlichkeiten zum Rollout zwischen Programm SR40 und EVU sind die Basis, um mögliche branchenweite Handlungsoptionen für den fahrzeugseitigen Rollout sicherzustellen.

4.5.3 Ausblick

Das Programm COAT soll mit dem Abschluss der Konzeptphase geplant per Q4/2020 in die Systembereitstellungsphase überführt werden. Dazu sind insbesondere nachfolgende Themen zur Bearbeitung geplant:

4.5.3.1 Zulassungsvorgehen

Die Erkenntnisse aus der erstmaligen Anwendung am Demonstrator sowie der externen Untersuchung zur Vereinfachung der Integrationszulassung werden im Konzept aufgenommen. Zusätzlich werden Vorbereitungen getroffen, um diese Arbeiten in der Entwicklung prozessual optimal - ggf. mittels Automatisierung - zu begleiten und die benötigten Anforderungen an mitwirkende Lieferanten und Personal bereit zu halten.

4.5.3.2 Demonstrator

Die Demonstrator Lösung wird im Q1/2020 funktional komplettiert und ausgiebig getestet. Bis Mitte Jahr 2020 werden die Erkenntnisse vorliegen und anschliessend entschieden, inwiefern der Testaufbau rückgebaut oder für eine Weiterverwendung erweitert wird.

4.5.3.3 OCORA - Europäische Abstimmung

Die Ergebnisse aus dem OCORA Alpha Release gilt es, mit allen Stakeholdern zu reflektieren. Insbesondere von Industrievertretern wird mit viel Klärungsbedarf und Rückmeldung gerechnet. Parallel werden die Schnittstellendefinitionen gemäss dem OCORA Scope vervollständigt. Ziel ist ein Beta Release in der zweiten Jahreshälfte 2020. Aktuell laufen Diskussionen, inwiefern dieser Release neben der Anwendung bei Neubeschaffungen auch unverzüglich mit einem «OCORA Demonstrator» getestet werden soll.

4.5.3.4 Zusammenarbeit Industrie

Die Auswertung des Innovationstag COAT vom 21.10.19 gilt es, in den Gesprächen mit der Industrie weiter zu vertiefen und in Bezug auf die angestrebte Sourcing Strategie zu prüfen. Die Erkenntnisse aus dem Demonstrator bezüglich Reifegrad der Produkte wird massgeblich vorgeben, in welchen Bereichen Produkte direkt gekauft werden können und wo situationsbedingt Entwicklungen nötig sind.

4.5.3.5 Rollout

Unter Einbezug der EVUs muss das Programm COAT klare Übergabepunkte, benötigte Inhalte und möglichen Support definieren, um die EVUs für die Migration der Bestandsflotten und den Einkauf von Neufahrzeugen zu befähigen. Parallel sollen auch Referenzimplementierungen bestehen.

4.6 End-to-End Integrations- und Testverbund

4.6.1 Ausgangslage und Relevanz

Bereits in der Konzeptphase wurden PoC und Simulationen eingesetzt, um Effekte abzuschätzen oder Architekturüberlegungen zu validieren. In den kommenden Phasen wird als wichtiges Instrument zur Erhöhung der Spezifikationsqualität (Qualität der Spezifikation im Sinne der Funktionsfähigkeit des spezifizierten System) und der Koordination der zahlreichen Aktivitäten im Programm ein End-to-End Integrations- und Testverbund (E2E ITV) aufgebaut.

Der E2E ITV besteht aus zwei sich ergänzenden Elementen:

- E2E Iterationssteuerung, Testplanung und Testdurchführung. Erstellt (zusammen mit den Projekten und Querschnittsfunktionen) eine Iterations- /Testplanung. Diese Planung definiert, wann welche Komponenten mit welchen Szenarien und mit welchem Qualitätsanspruch integriert werden. Die

beteiligten Projekte werden dabei unterstützt, auf die definierte Iteration hin ein integriertes Resultat zu liefern.

- Bereitstellung und Betrieb der E2E Testumgebung. Baut das «Labor» auf, in welchem die Tests durchgeführt werden. Dazu gehört ein Testmanagementsystem, die notwendigen Anlagen zur Durchführung und Visualisierung der Tests sowie notwendige Simulationen für Teile, welche (noch) nicht implementiert sind.

Der E2E ITV Prozess ist eng verzahnt mit den (für die jeweilige Iteration involvierten) Projekten und den Querschnittsaufgaben wie Architektur, Qualität, etc.

Der Beitrag von E2E ITV zum Programmerfolg liegt darin:

- Die laufende Koordination im Projekt durch häufige Iterationen zu fördern.
- Durch ausführbare Systeme und konkrete Testfälle «objektiven» Feedback auf die Architekturqualität und den Umsetzungsstand zu liefern.
- Durch «zeigbare und anfassbare» Zwischenresultate interne und externe Stakeholder zu motivieren.

Entsprechend ist vorgesehen, E2E ITV auch in der internationalen Zusammenarbeit (RCA, OCORA) als Werkzeug der Koordination und Motivation einzusetzen.

4.6.2 E2E ITV für TMS

Das System TMS wird letztendlich nur eingeführt werden können, wenn die Integration zwischen den verschiedenen TMS-Komponenten und auch mit allen anderen Komponenten um TMS herum (z.B. APS, EDP und Topo4 im Programm ES) gelingt. Die Integration ist dabei kein einzelner Schritt zwischen Entwicklung und Inbetriebnahme des Systems, sondern eine kontinuierliche Aufgabe. Nur so kann die nötige Stabilität der einzelnen Schnittstellen erreicht werden.

Innerhalb von TMS wurde per Ende 2018 ein erster Schritt mit dem TMS-Durchstich gemacht. Das primäre Ziel dieses übergreifenden Showcases war, das Zusammenspiel der einzelnen TMS-Systeme bereits in dieser frühen Phase zu üben und die Herausforderungen der Integration für alle Beteiligten sichtbar zu machen.

Aufgrund der Erfahrungen aus diesem TMS-Durchstich wurde entschieden, den Integrations- und Testverbund (ITV) aufzubauen, in welchem sämtliche Komponenten End-to-End integriert und mittels geeigneter Testszenarien automatisch validiert werden. Im Verlaufe des Jahres 2019 läuft die initiale, primär technische, Bereitstellung des ITV TMS. Ein erstes einfaches Testszenario wurde bis Ende 2019 umgesetzt.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung von TMS wird der ITV eine zentrale Rolle einnehmen und die Risiken der Integration minimieren, indem kontinuierlich integriert und bereits Integriertes automatisch geprüft wird.

4.6.3 Ausblick

2020 wird der Hauptfokus auf der grundsätzliche Verprobung der Architekturkonzepte liegen. Das bedeutet, dass real vorliegende oder simulierte Komponenten gemäss definierter Schnittstellenarchitektur miteinander verbunden werden und architektonisch relevante Szenarien getestet werden. Aspekte der Safety-relevanten Entwicklung, Vollständigkeit der Testabdeckung etc. sind für 2020 nicht vorgesehen.

Ein wichtiger Fixpunkt wird die Vorbereitung eines Demonstrators für die Innotrans 2020 (September) sein, welche vom Fahrplan, über die Sicherheitslogik bis zur Ansteuerung von Aussenanlagen resp. der Kommunikation mit dem Fahrzeug die vollständige Wirkungskette demonstrieren soll. Ziel ist, dass die internationalen Initiativen RCA, OCORA und EULYNX hier zusammenarbeiten. Neben der Demonstration wird dabei auch der aktuelle Stand der entsprechenden Schnittstellenspezifikationen publiziert.

Vorgesehene mittelfristige Perspektive für E2E ITV:

- Ab Einbezug Industrie, wird E2E ITV auch als Testbett für frühe Tests eingesetzt werden.
- Auf der Basis von E2E ITV ist der Aufbau eines LTS (Lern- und Trainingssystem) sinnvoll.
- Auf der Basis von E2E ITV können auch nach Inbetriebnahme «what-if» Simulationen durchgeführt werden oder mögliche Weiterentwicklungen geprüft werden.
- Denkbar ist auch, E2E ITV als Basis für vermehrte Forschungszusammenarbeit einzusetzen.

5 Zielerreichung smartrail 4.0

Die Basisdienstleistungen können mit smartrail 4.0 auch in Zukunft sicher und qualitativ hochwertig zur Verfügung gestellt werden. Smartrail 4.0 wirkt als «Enabler» für einen noch attraktiveren ÖV mit mehr Angeboten wo nötig, kürzeren Reisezeiten auf Hauptlinien und beschleunigtem Güterverkehr. Smartrail 4.0 ermöglicht je nach Strecke bis zu 20% Leistungssteigerung. Eine signifikante Erhöhung in der Sicherheit entsteht mit der zusätzlich automatisierten Bahnproduktion (insbesondere beim Bauen und Rangieren). Smartrail 4.0 ist damit ein Programm zur Effektivitätssteigerung. Bahn im Griff auch in der Zukunft bei Mehrverkehr bildet die Zielsetzung.

5.1 Effektivität – Zieldimension Kapazität

5.1.1 Ausgangslage und Relevanz für smartrail 4.0

Eines der zentralen Ziele von smartrail 4.0 ist die Erhöhung der Kapazität auf dem Schienennetz durch die bessere Steuerung des Zugverkehrs. Diese bessere Steuerung basiert auf:

- einer höheren Genauigkeit der Lokalisierung der Züge,
- einer feineren Steuerung der Züge (ATO und dynamische Fahrassistenz),
- einer laufenden, automatisierten Optimierung des auszuführenden Plans (TMS) und
- der Nutzung von mehr Freiheitsgraden in der Planung durch die Einführung von Kapazitätsbändern.

Die Erhöhung der Kapazität kann genutzt werden, um zusätzliche Angebote mit reduziertem Ausbaubedarf zu realisieren, für Qualität (Stabilität/Pünktlichkeit) sowie für energiesparendes Fahren.

Die Untersuchungen haben die Wirkung auf die Kapazität im eingeschwungenen Zustand d.h. nach vollständigem Rollout bei Rollmaterial und Infrastruktur überprüft.

5.1.2 Stand der Arbeiten

Die Ergebnisse und technischen Annahmen aus dem Zwischenbericht 2018 bleiben gültig und wurden weiter geschärft. Eine generelle Verbesserung der Zugfolgezeit wird erwartet. Vergleiche mit Modellrechnungen der DB zeigen eine weitgehende Übereinstimmung der Effekte:

- Die technische Zugfolgezeit kann mit smartrail 4.0 um bis zu 33% verkürzt werden².
- Die Zugfolgezeit nimmt bei Geschwindigkeiten grösser als 80 km/h weniger stark zu, als dies bei optischer Signalisierung geschieht.
- Mit smartrail 4.0 kann bei Geschwindigkeitsschwellen wahlweise nach Fahrzeit oder Kapazität optimiert werden.

² Vergleichsbasis ist eine typisch optimierte Strecke mit optischer Signalisierung.

Seit dem Zwischenbericht 2018 wurden insbesondere zwei Arbeitspakete bearbeitet. Die im Jahr 2018 durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass smartrail 4.0 lokale Kapazitätssteigerungen ermöglicht. Angebotswirksam wird diese verfügbare Kapazität aber erst dann, wenn auf Ebene des Gesamtnetzes Anpassungen am Angebotskonzept erfolgen. Deshalb wurde im Anschluss an diese erste Testplanung das Arbeitspaket schweizweites «What-if Konzept smartrail 4.0» erarbeitet. Wichtige, richtungsweisende Erkenntnisse konnten daraus abgeleitet werden. Prozessual wurden die Arbeiten in einer kleinen Gruppe bestehend aus ISB- und EVU-Vertretern durchgeführt.

Parallel zum «What-if Konzept SR40» wurden in einem zweiten Arbeitspaket bedientheoretische³ Untersuchungen zur Leistungsfähigkeitsermittlung auf ausgewählten Strecken und Knoten durchgeführt. Diese «Analytik» dient zur Herstellung eines Zusammenhangs zwischen Kapazität und Betriebsqualität. Dabei wurde auch die Wirkung von verlängerten bzw. verkürzten Haltezeiten der Züge untersucht.

Bezüglich Auswahl der angewandten Bremskurven wurde die in den Untersuchungen verwendete Arbeitshypothese weiter überarbeitet und in beiden Arbeitspaketen angewendet. So wird weiterhin von den Bremskurven ETCS L2 SRS 3.6.0 (ohne Service Brake Intervention im Target Speed Monitoring) ausgegangen. Jedoch wurden darin die Werte der Lokführereronomie unter ATO-Bedingungen angepasst.

Für die Erarbeitung der beiden Arbeitspakete wurden verschiedene Methoden angewendet und mehrere externe Experten einbezogen. Wie bereits erwähnt wurde das «What-if Konzept SR40» in zahlreichen Workshops mit Teilnehmern anderer ISB/EVU (SBB, BLS, SOB, tpf, SZU) sowie mit der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) zusammen entwickelt. Die bedientheoretischen Leistungsfähigkeitsuntersuchungen wurden durch die dem verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen nahestehenden Beratungsfirma VIA Consulting & Development GmbH durchgeführt. Sie unterstützten das Projekt auch beim Expertenaustausch zur Schärfung der Arbeitshypothese der ETCS-Bremskurven. Dieser wurde mit der DB Netz AG gemeinsam geführt (Programm «digitale Schiene Deutschland»).

An verschiedenen Fachveranstaltungen fanden Referate und Diskussionen zum Projekt statt. So konnte das Projekt im Rahmen des *Eisenbahntechnischen Kolloquiums* der technischen Universität Darmstadt, *an den Salzburger Verkehrstagen*, sowie im Rahmen des *2. International Railway Symposium Aachen* (IRSA) präsentiert werden. Für letzteres wurde im Rahmen eines «call for papers» der Fachbeitrag «A new offer concept for increasing capacity with smartrail 4.0» eingereicht und von einem Programmausschuss bestehend aus 19 Fachexperten zur Präsentation an der IRSA eingeladen. Die zur Quantifizierung der Effekte notwendigen Erweiterungen am Sperrzeitenmodell wurden standardisiert und als «Enhancement of Blocking-time theory to represent future interlocking architectures» auf der *Rail Norrköping* publiziert.

³Bedientheorie (auch Warteschlangentheorie) ist ein stochastisches Verfahren angewandter Mathematik zur Abbildung der Bedienprozesse im Eisenbahnbetrieb.

5.1.2.1 Stand der Erkenntnisse der beiden Arbeitspakete

Konzeptionelle Untersuchung «What-if Konzept smartrail 4.0»

Das in einer Laborumgebung entwickelte «What-if Konzept smartrail 4.0» zeigt auf, dass smartrail 4.0 als Enabler für einen noch attraktiveren ÖV wirkt und zudem kürzere Fahrzeiten im Güterverkehr ermöglicht. Dabei konnten mit der Weiterentwicklung der Planungsphilosophie und der Einführung von «Masterzügen⁴» wesentliche Verbesserungen erzielt werden: Die Reisezeiten auf den Hauptachsen werden verkürzt. Auf stark belasteten Strecken wie dem Heitersbergtunnel, Genf-Lausanne, GBT/CBT, Zürich-Winterthur, Zürich-Thalwil (ZBT I), sowie auf den Netzen der SOB, BLS, tpf und SZU entstehen deutliche Angebotsverbesserungen. Durch die weitere Harmonisierung der Geschwindigkeiten werden Fahrzeitverkürzungen im Güterverkehr realisiert. Die im STEP AS 2035 enthaltenen Grossprojekte Brüttenertunnel, ZBT II, 4. Gleis Stadelhofen, LBT und die Ligne Directe sind Voraussetzung für die Planungen von smartrail 4.0 wurden im «What-if-Konzept» hinterlegt sowie deren Bedarf bestätigt.

Die folgende Abbildung zeigt auf dem Ausschnitt der Netzgrafik der Region Genf-Lausanne, was mit smartrail 4.0 möglich wird:

- Annähernder 7.5-Minuten-Takt Genève–Nyon.
- 30-Minuten-Takt Genève–Basel.
- 30-Minuten-Takt für EC Genève–Milano oder touristischer Verkehr (z.B. nach Le Chable).
- 15-Minuten-Takt Yverdon–Lausanne ohne Ausdünnung S-Bahn.
- Annähernder 7.5-Minuten-Takt Lausanne–Vevey.

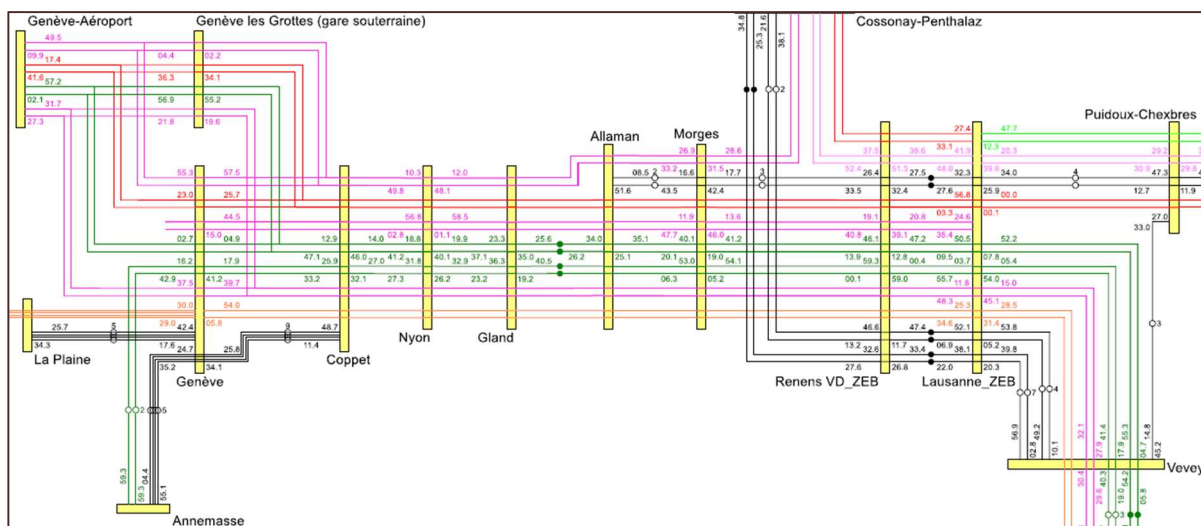


Abbildung 34: Ausschnitt Netzgrafik Westschweiz «What-if Konzept SR40»

⁴ Ein «Masterzug» wird in der Planung nicht durch Fahrplankonflikte oder andere Bedingungen verlangsamt. Alle anderen Züge werden um diesen Zug herum geplant.

Leistungsfähigkeitsuntersuchungen per «Analytik»

Parallel zur konzeptionellen Untersuchung des «what-if Konzepts smartrail 4.0» wurde eine Leistungsfähigkeitsuntersuchung auf Basis der Bedientheorie durchgeführt. Die Untersuchung diente dazu, die Arbeiten aus der konstruktiven Planung einerseits zu challengen, zu plausibilisieren und zu ergänzen. Insbesondere wird jedoch die Leistungsfähigkeit mit der Betriebsqualität in Verbindung gebracht.

Die Untersuchungen bestätigen die Annahmen, dass eine substantielle Kapazitätserhöhung mit smartrail 4.0 möglich ist. Hierzu wurde das heutige Qualitätsniveau bestehender Netzbereiche evaluiert (als mittlere Folgeverspätung je Trasse je Bediensystem) und das Modell zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit damit kalibriert. Anschliessend konnten in Abhängigkeit von Infrastrukturcharakteristika und Betriebsprogramm folgende Effekte von smartrail 4.0 nachgewiesen werden.

- Je nach Zugfolgefall verkürzen sich die Mindestzugfolgezeiten um bis zu 25%.
- Veränderung der Kapazität (Anzahl Trassen bei angestrebtem Qualitätsniveau) bei ansonsten gleichbleibenden Randbedingungen gegenüber optischer Signalisierung um bis +20%. Die Effekte streuen stark. Grund dafür ist das gefahrene Betriebsprogramm⁵ je Situation. Je homogener dieses bereits heute produziert wird, desto optimierter ist die bestehende optische Signalisierung. Die mit smartrail 4.0 angenommenen ETCS-Bremskurven (Basis SRS 3.6.0, Level 2) wirken dabei aufgrund der höheren Sicherheitsanforderungen gegenüber den heute geltenden Regeln kapazitätsmindernd. Dieser Effekt lässt sich in stark optimierten Bereichen der optischen Signalisierung nur schwer oder gar nicht kompensieren.
- Eine Veränderung der Mindesthaltezeiten um $\pm 30\%$ auf der S-Bahn-Stammstrecke Zürich⁶ verändert die Kapazität im Vergleich zu den regulären Haltezeiten unter smartrail 4.0 um $\pm 9\%$. Für Zürich Museumstrasse bedeutet dies beispielsweise, dass die Mindesthaltezeit (ohne Zugabfertigungszeit) regulär 90 Sekunden beträgt. Diese wurde dann zwischen 63 und 117 Sekunden variiert. Bei einer Reduzierung der Mindesthaltezeiten um 30% ergab sich dementsprechend eine um 9% gesteigerte Kapazität was bedeutet, dass 9% mehr Trassen gefahren werden könnten im Vergleich zu den fahrbaren Trassen bei regulären Haltezeiten. Diese Untersuchung zeigte auf, dass die Prozesse und die Dynamik beim Halt eines Zuges (z.B. Fahrgastwechselzeiten, Zugabfertigungszeiten, Prozesszeiten der EVU, Abfahrpräzision, Personenfluss, Anschlüsse, usw.) auf Seiten der ISB und der EVU unmittelbar kapazitätswirksam sind. Um das Potenzial von smartrail 4.0 auszuschöpfen, müssen diese Effekte beachtet werden.

Dank der durchgeführten Untersuchung konnte abgeleitet werden, dass für eine Erhöhung der Kapazität um 30% bei gleichbleibender Qualität zwangsläufig eine Reduktion der Verspätungen um ca. 50% erfolgen muss. Ohne Verbesserung der betrieblichen Qualität werden die neuen technischen Möglichkei-

⁵ Das Betriebsprogramm berücksichtigt die geplanten Verkehre (Zugmix Fernverkehr, S-Bahn, Güterverkehr) und deren Eigenschaften (Takte, Haltepolitik, Priorität usw.).

⁶ Die reguläre Haltezeit beträgt 1.5 Minuten.

ten nicht ausschöpfbar und eine Erhöhung der Anzahl Trassen dadurch nicht vollumfänglich realisierbar. Der im Einzelfall erzielte Kapazitätsgewinn wird dabei massgeblich durch die Infrastrukturcharakteristik und das gefahrene Betriebsprogramm bestimmt.

So zeigte die Untersuchung des Knotens Luzern auf, dass ohne eine Erhöhung der Betriebsqualität in diesem Perimeter, ausgehend vom STEP AS 2035, keine nennenswerten Kapazitätssteigerungen im Zulauf / Bahnhofsbereich mehr möglich sind. Grund dafür ist ein an den Leistungsgrenzen betriebener Kopfbahnhof mit mehreren Zulaufstrecken und stark optimierter optischer Signalisierung. Verspätungsreduktionen und veränderte Betriebsprogramme vermögen zwar die Symptome zu lindern. Ein Quantensprung lässt sich jedoch nur durch die Realisierung des Durchgangsbahnhofs Luzern realisieren.

Im Kernbereich der S-Bahn Zürich (Hardbrücke – Stettbach) ist das Ausgangssystem zusammen mit dem sehr homogenen Betriebsprogramm (ausschliesslich S-Bahn-Betrieb) bereits so hochgradig optimiert, dass keine positiven Resultate erzielt werden konnten. Hier zeigte sich bezüglich Kapazität eine Schwachstelle der ETCS-Bremskurven: Diese sind zwar sicherer, doch zugleich auch restriktiver als das Fahrverhalten unter optischer Signalisierung.

Die folgende Darstellung zeigt die angewandte Methodik der analytischen Leistungsfähigkeitsuntersuchung. Zu erkennen ist der Unterschied zwischen maximaler und optimaler Auslastung bei konventioneller Signalisierung und smartrail 4.0 (abgebildet ist eine positive Leistungszunahme).

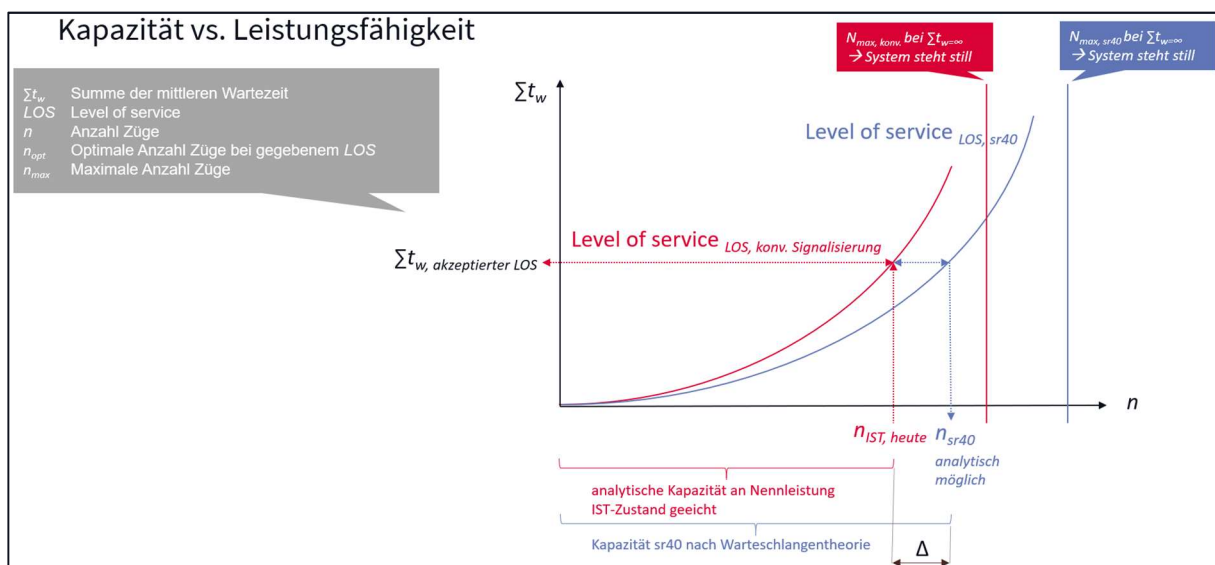


Abbildung 35: Analytische Untersuchung der Leistungsfähigkeit

5.1.3 Fazit der Erkenntnisse

Neue Potenziale können genutzt werden und helfen dabei, die Bahn im Griff zu halten

Die technischen Eigenschaften von smartrail 4.0 zeigen deutliche Verbesserungen und öffnen gegenüber dem Bestandsystem neue Potenziale. So werden zum Beispiel je nach Betriebssituation flexiblere Überholung von Zügen und die Optimierung zwischen Fahrzeit und Zugfolgezeit möglich. Ebenso reduzieren kürzere Zugfolgezeiten bei gleichbleibendem Angebot die Verspätungen und wirken sich damit positiv auf die Betriebsqualität aus.

Das entwickelte What-if Konzept SR40 berücksichtigt keine Aspekte der Betriebsqualität. Vergleichsuntersuchungen zeigen jedoch, dass in gewissen Netzbereichen das Verspätungsniveau mindestens halbiert werden muss, um das heutige Qualitätsniveau halten zu können.

Der Bremsweg dominiert die Zugfolgezeit. Bestehende ETCS-Konfiguration wirkt restriktiv

Die Zugfolgezeit wird durch die sichere Bremsdistanz des Zuges dominiert. Diese Distanz wiederum ist aufgrund der höheren Sicherheitsanforderungen unter ETCS mit Führerstandssignalisierung (Basis SRS 3.6.0, L2) höher als in konventionellen, optischen Zugsicherungssystemen (L1 LS / ZUB) und wirkt im direkten Vergleich entsprechend restriktiv auf die Zugfolgezeit. Die Gegenüberstellung der Leistungsfähigkeit beider Systeme im optisch hochgradig optimierten System der Stammstrecke S-Bahn Zürich zeigte dies deutlich. Erheblich sind auch die zusätzlichen Restriktionen an Geschwindigkeitsschwellen, wobei hier zu hinterfragen ist, wie sehr diese im konventionellen Betrieb ohne Führerstandssignalisierung tatsächlich ausgefahren werden.

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Kapazität. Eine Gesamtsystembetrachtung ist notwendig

Angebotsstruktur, Rollmaterial, technische Möglichkeiten der Sicherungsanlagen, regulatorischer Rahmen, Bahnnetztopologie und betriebliche Präzision bei Fahrt und Halt beeinflussen die Leistungsfähigkeit massgeblich und müssen aufeinander abgestimmt werden. So nützt es wenig, wenn die technologischen Möglichkeiten von smartrail 4.0 vollumfänglich zur Verfügung stehen, jedoch der Personenfluss auf dem Perron/beim Fahrgastwechsel und die Dimensionierung des Rollmaterials nicht aufeinander abgestimmt sind.

Kapazitätssteigerungen lassen sich nur in einem netzweiten Angebotskonzept umsetzen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es kaum möglich ist, lokal ein Angebot zu verstärken. Das Fahrplangefüge und die Anschlussbeziehungen sowie die an den Systemgrenzen des Betrachtungssperimeters festgelegten Angebotsprämissen reduzieren die Lösungsauswahl erheblich und ein Optimum kann damit nicht erreicht werden.

Bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen kann die Kapazität mit smartrail 4.0 gesteigert werden. Der erzielte Kapazitätsgewinn wird dabei massgeblich durch die Infrastrukturcharakteristik und das Betriebsprogramm bestimmt

Die Kapazität lässt sich um 0-20 % steigern. Das Betriebsprogramm und die Infrastrukturcharakteristik spielen dabei eine massgebende Rolle. Bereiche mit Mischverkehr (Genf-Lausanne) haben dabei noch Potenzial für eine Kapazitätssteigerung. Stark homogenisierte Bereiche (Stammstrecke S-Bahn Zürich) und Zulaufstrecken zu Kopfbahnhöfen (Luzern) werden schon heute an ihrer Leistungsgrenze betrieben und lassen bei gleichbleibendem Betriebsprogramm keine weiteren Kapazitätssteigerungen zu.

Eine verbesserte Betriebsqualität steigert die Kapazität bei gleichbleibendem Qualitätsniveau

Die Reduktion von Verspätungen trägt zur Betriebsqualität bei und vermag die Kapazität weiter zu steigern. So kann eine Kapazitätssteigerung bis 30% erreicht werden, wenn die Primärverspätungen de facto halbiert werden. Massgeblich sind auch hier die vorhandene Infrastrukturcharakteristik und das Betriebsprogramm.

Veränderte Haltezeiten haben direkten Einfluss auf die Kapazität

Die Untersuchung der Haltezeitsensitivität zeigte deutlich, dass sich eine Veränderung der Haltezeiten direkt linear auf die Leistungsfähigkeit auswirkt. Die Dimensionierung des Rollmaterials und die Ausgestaltung der Prozesszeiten (EVU und ISB) wirken sich direkt auf die Haltezeit und damit auf die vorhandene Leistungsfähigkeit aus. Auch hier zeigt sich deutlich, dass eine Gesamtsystembetrachtung notwendig ist damit die technologischen Möglichkeiten von smartrail 4.0 vollumfänglich ausgeschöpft werden können.

Führerstandssignalisierung als Basis von smartrail 4.0 wirkt als «Enabler» für einen noch attraktiveren ÖV und bietet attraktive Fahrzeiten im Güterverkehr.

Die Entwicklung des netzweiten Angebotskonzeptes zeigte deutliche Verbesserungen und Vorteile der neuen technologischen Möglichkeiten auf.

- Es verkehren mehr Züge auf stark belasteten Strecken.
- Die Reisezeiten im Personenverkehr werden reduziert.
- Im Güterverkehr resultieren kürzere Fahrzeiten. Dies dank Harmonisierung der Geschwindigkeiten, welche zu einer durchgängigeren Trassierung und weniger Überholungshalten führt.

5.1.4 Ausblick weitere Arbeiten im Scope des Projektteams Kapazitätseffekte

Fokus Business-Case

Als Vergleichsbasis für das «what-if Konzept smartrail 4.0» werden zwei unterschiedliche Varianten für das Kernnetz erstellt (Szenarien mit und ohne neuen ETCS L2-Strecken). Damit wird sichergestellt, dass ein Vergleich zur konventionellen Planung durchgeführt werden kann. Dadurch wird es möglich sein, das Delta bezüglich Infrastrukturbedarf, Kosten und Angebot auszuweisen.

Variante 1: Das bisherige Angebot aus dem «what-if Konzept smartrail 4.0» wird mit optischer Signalisierung (ETCS L1 LS) geplant. Engpässe werden mit nachfolgender Eskalierungsreihenfolge gelöst:

- I) Infrastrukturausbau, sofern verhältnismässig.
- II) Fahrzeiterhöhung.
- III) Angebotsreduktion.

Variante 2: Das bisherige Angebot aus dem «what-if Konzept smartrail 4.0» wird mit optischer Signalisierung (ETCS L1 LS) geplant. Engpässe werden mit nachfolgender Eskalierungsreihenfolge gelöst:

- I) Umsetzung ETCS L2 ohne SB im TSM. SRS 3.6.0 oder höher. Blockabschnittlänge bis minimal 100m.
- II) Infrastrukturausbau, sofern verhältnismässig.
- III) Fahrzeiterhöhung.
- IV) Angebotsreduktion.

Fokus verkehrliche Anforderungen an das System smartrail 4.0

Aus den langfristigen Planungshorizonten liegen konkrete verkehrliche Anforderungen (Fahrzeiten, Zugfolgezeiten und Federwege) vor. Diese dienen zum Schärfen der Ansprüche an die technologische Ausgestaltung von smartrail 4.0.

Fokus Planungsgrundlagen Netzentwicklung

Es sollen erste Planungsprämissen für die Netzentwicklung abgeleitet werden. Damit soll sichergestellt werden, dass die zukünftigen Infrastrukturen in einem Horizont mit smartrail 4.0 bestmöglich passfähig geplant werden.

Fokus Funktionalität und Performance

Bis jetzt wurde mit Annahmen für einen eingeschwungenen Zustand von smartrail 4.0 gearbeitet. Einzelne Teilsysteme davon können bei ihrer Realisierung von diesen Annahmen abweichen. Mit einer Sensitivitätsanalyse soll eruiert werden, wie die Kapazität auf eine Veränderung einzelner Teilsysteme reagiert. Bsp. eine Veränderung in der Lokalisierungsgenauigkeit (Odometrie) oder eine Veränderung einzelner Systemzeiten (Fahrstrassenbildezeiten, Übertragungszeiten, Verarbeitungszeiten, usw.).

5.1.5 Ausblick weitere Arbeiten ausserhalb des Projektteam Kapazitätseffekte

Fokus ETCS-Projektierungsregeln und -Prozesse

Diese Arbeiten sind beim Systemführer ETCS in Bearbeitung und müssen intensiviert werden.

Die Untersuchung basiert auf dem geltenden Bremskurvenmodell von ETCS Baseline 3 (SRS 3.6.0). Dieses unterstellt eine Mensch-Maschine-Interaktion, also einen Lokführer, der den Zug steuert. ATO-spezifische Parameter wurden bis dato nicht spezifiziert und müssen entwickelt werden.

Die Abhängigkeiten und Interaktionen der Führerstandssignalisierung sind umfangreicher und komplexer als in konventionellen, optischen Zugsicherungssystemen. Die verschiedenen Aspekte müssen mit Blick auf die sich widersprechenden Sicherheits- und Kapazitätsziele weiterentwickelt werden. Beispiele sind die Bremskurven sowie das Zusammenspiel zwischen Halteort, EoA und SvL.

Die Untersuchung der Stammstrecke der S-Bahn Zürich zeigte deutlich auf, wie sich die sicheren Bremskurven von ETCS auf die Kapazität auswirken. Die Bremskurven sind dabei der dominierende Bestandteil der Zugfolgezeit. Eine Optimierung der Bremskurven bezüglich Sicherheits- und Kapazitätsanforderungen kann somit einen wichtigen Beitrag leisten, um die Leistungsfähigkeit von smartrail 4.0 weiter zu erhöhen.

Fokus Betriebsqualität

Diese Arbeiten bedürfen einer übergreifenden Zusammenarbeit zwischen ISB und EVU.

Die Herausforderungen bezüglich Lenkung der Passagiere in den Bahnhöfen und die Auswirkungen neuer - mit smartrail 4.0 möglicher - Betriebsformen auf Halte- und Umsteigezeiten sind noch nicht untersucht und müssen in der Mittelfristplanung der Fahrplanplanung vertieft werden.

Das volle Potenzial der Leistungsfähigkeit lässt sich nur mit gleichzeitigen Verbesserungen in der Qualität durchsetzen. Dazu müssen von den ISB insbesondere auf Seite Rollmaterial (Dimensionierungsaspekte) und Prozesse (Fahrgastwechsel- und Zugabfertigungszeiten) gegenüber den EVU entsprechende Anforderungen definiert werden.

Fokus technologische Umsetzung

Eine angenommene Leistungssteigerung auf Basis der technischen Möglichkeiten von smartrail 4.0 muss anhand realer Bedingungen (Pilotstrecke) verifiziert werden. Dazu müssen alle kapazitäts- und sicherheitsrelevanten Änderungen in der technischen Lösung identifiziert, kommuniziert und beurteilt werden. Im Migrationskonzept von smartrail 4.0 sind dazu Erprobungsstrecken vorgesehen.

5.2 Effektivität – Zieldimension Sicherheit

Das neue Eisenbahnsystem hat aus Sicht der Reisenden und der verladenden Industrie dieselben Verfügbarkeits- und Sicherheitsziele wie das heute bestehende System. Für die Mitarbeitenden im Gleisfeld (Rangier und Bau) wird durch die Überwachung der Fahrstrassen und die automatisierte Warnung die Sicherheit erheblich verbessert.

Im generellen sind die Effekte zur Verbesserung der Sicherheit beim Rangieren und Arbeiten im Gleisbereich unter Kapitel 2.8 ausgeführt. Ergänzend dazu wird die Sicherheit durch folgende Verbesserungen positiv beeinflusst:

- Mit smartrail 4.0 werden nur noch überwachte Bewegungen stattfinden.
- Jedes erfasste Objekt im Gleis (Zug, Baustelle, Hindernisse, etc.) ist zu jedem Zeitpunkt elektronisch unter der Bestimmung von Position, Geschwindigkeit und Kategorie sichtbar.
- Im gesicherten Bereich ist jede Bewegung, gegen andere Bewegungen erfasster Objekte geschützt und kann bei Bedarf sofort gestoppt werden.
- Netzweit gleiche und keine anlagenspezifischen Betriebsprozesse.
- Sicht von Lokführer und Fahrdienstleiter basiert auf der gleichen Datenbasis.
- Eine automatisch eingeschränkte und angepasste Nutzung der Anlagen im Fall von erhöhten Gefährdungen.

In welchem Umfang Objekte wie Personen, Entgleisungsmittel, Werkzeuge usw. mit einer Lokalisierung zur Erfassung ausgerüstet werden können, hängt von der Entwicklung der Lokalisierungstechnologien ab und kann zum heutigen Zeitpunkt noch nicht beantwortet werden.

Die Sicherheitswirkung dieser Verbesserungen ist bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht quantifiziert oder monetarisiert und beinhaltet bezüglich des Business Case SR40 noch Chancen.

Diese Veränderungen führen mindestens zu den nachfolgend beschriebenen Verbesserungen der Sicherheit.

5.2.1 Steigerung der Rangiersicherheit

Das Überfahren von Zwergsignalen, auch in gestellte Zufahrstrassen hinein, stellt heute neben der Baustellensicherheit das grösste existierende Betriebsrisiko dar.

Aufgrund der terminlichen Situation bei FRMCS, der Fahrzeugausrüstung und der Lokalisierung ist nach Prüfung der technischen Möglichkeiten kein zeitlich deutlich vorgezogenes Teilrelease SR40-MTC möglich. Die Erhöhung der Rangiersicherheit im Programm SR40 erfolgt deshalb über folgende Schritte:

1. Warnfunktion Rangieren: Sichereres Rangieren dank Warnfunktion:
 - Rasche flächendeckende Einführung ab Mitte 2022 bis Mitte 2023 mit Release 2 parallel zu Rollout von ILTIS R64
2. Direkte Rangierbewegungen werden als gesicherte Fahrt im «full supervision» Mode geführt, dadurch Abnahme der übrigbleibenden Rangierfahrten um rund 61% (siehe Abschnitt 2.9)
3. Gesichertes Rangieren mit Zugbeeinflussung (Manoeuvre Train Control – MTC):
 - Release 3 von smartrail 4.0 auf Basis der zukünftigen Produktion (nur in Verbindung mit neuer Lokalisierungstechnik möglich).
 - Einführung ab 2027 bis 2038 im Rahmen des Rollouts von smartrail 4.0.
 - Antrag auf Erweiterung der TSI CCS für voll überwachte Manöver- und Rangierfahrten.

Bei den meisten Ereignissen handelt es sich um eine Kollision (Anprall) ohne Entgleisung. Diese Ereignisse können mit einer technischen Absicherung der Rangierfahrt (genaue Ortung und Zugbeeinflussung) zukünftig weitgehend verhindert werden. Ziel ist es, mit dem gesicherten Rangieren rund 90% der Ereignisse mit hohem Risikopotenzial (Rangieren gegen gestellte Zufahrstrasse) zu verhindern.

Für Ereignisse im Bereich von Anschlussgleisen (mit Toren, Fahrzeugen, etc.) und Entgleisungen in Handweichenzonen gibt es nach heutigem Wissensstand keine technische Lösung welche wirtschaftlich ist.

5.2.2 Steigerung der Baustellensicherheit

Die Baustellensicherheit wird durch die neuen Fähigkeiten wie folgt verbessert:

- Durch die Möglichkeit, den Arbeitsbereich auf einem mobilen Endgerät anzufordern, kann nach Prüfung durch das System ein Arbeitsbereich eingeführt werden. Dadurch kann bei kleineren und kurzen Arbeiten eine höhere Sicherheit erreicht werden.
- Durch die Visualisierung des gesperrten Arbeitsbereichs (inklusive Weiche und Gleis) wird die Verwechslungsgefahr reduziert.
- Die Auslösung eines sofortigen Produktionsstopps ist jederzeit möglich.
- Durch signifikant weniger Aussenanlagen-Elemente sinkt der Bedarf an Arbeitsstellen im Gefahrenbereich.

5.3 Effektivität – Zieldimension Verfügbarkeit

Mit smartrail 4.0 kann die Verfügbarkeit der technischen Produktionssysteme durch die Reduktion von Aussenanlagen sowie der Harmonisierung von Innenanlagen verbessert werden. Diese Einsparung wird mit 4% der Zugverspätungsminuten beziffert (unter Annahme zumindest gleicher Verfügbarkeit dieser Anlagen). Dagegen wird durch eine Erhöhung der fahrzeugseitigen Störungen mit einer Zunahme der Zugverspätungsminuten um 1% gerechnet. In der Bilanz ergibt sich somit mit der Umsetzung von SR40 bei den durch Technik verursachten Zugverspätungsminuten eine Reduktion um 3% bezogen auf die Gesamtanzahl der Zugverspätungsminuten.

Neben der Reduktion der technischen Störungen besteht die Chance, die Störungsauswirkungen dank effizienterem Störungsmanagement (Lokalisierung der Störung, schnelle Berechnung neuer Fahrplan etc.) und durch die Reduktion menschlicher Fehlerquellen durch zuverlässigere technische Lösungen weiter zu reduzieren.

Die einzelnen relevanten Faktoren werden im Folgenden einzeln behandelt.

5.3.1 Rechenzentren und andere single points of failures mit netzweiter Wirkung

Schon heute ist der dichte Verkehr bei einem Ausfall wichtiger Automatisierungen (z.B. der ILTIS Leittechnik) manuell nicht aufrechtzuerhalten und der Notbetrieb hat eine sehr geringe Leistungsfähigkeit. Die «single points of failure» mit hoher Netzwirkung sind heute:

- Energieversorgung
- Datennetz und Datenfunknetz (GSM-R)
- Grossstellwerke in grossen Knoten
- Rechenzentren für Betriebszentralen (Leittechnik, Disposition)

Die Situation der Rechenzentren ist nach der Umsetzung von smartrail 4.0 mit der heutigen vergleichbar: Die Leittechnik-Rechenzentren in den Betriebszentralen werden durch ES-Rechenzentren ersetzt, die durch die Auflösung von ca. 500 Stellwerkstandorten entstehen.

Damit verändert sich die Menge der Rechenzentren prinzipiell nicht. Aufgrund des höheren Automatisierungsgrades ist ein Ausfall jedoch mit stärkeren Einschränkungen verbunden, da eine manuelle Steuerung des Verkehrs aufgrund seiner Dichte kaum noch möglich ist.

5.3.2 Von zunehmender Bedeutung: Security

Die Zusammenfassung der 500 Stellwerkstandorte in wenige Rechenzentren verbessert die Möglichkeiten, die Produktionssysteme vor unzulässigem Zugriff (elektronisch oder persönlich) zu schützen. Die Aussenanlagen einer Bahn können grundsätzlich nicht wirksam vor direkter Manipulation vor Ort geschützt werden (z.B. Eisenstange in der Weiche). Jedoch wachsen weltweit die Fähigkeiten, Häufigkeiten und Auslöser für Cyberangriffe beschleunigt weiter. Diese Entwicklung ist unabhängig von smartrail 4.0 und wird durch SR40 auch nicht verstärkt. Die Schaffung einer neuen Gesamtarchitektur und der Abbau der Insellandschaft vieler Systeme bietet jedoch die Möglichkeit, auch die Security Gesamtkonzeption auf ein höheres Niveau anzuheben. Dieses ist eine wichtige Anforderung an die Projektierungsphase.

Das Schutzziel richtet sich primär an folgenden Anforderungen aus:

- Verfügbarkeit (1h Totalausfall; 4h im reduzierten Betrieb).
- Sicherstellen eines «safe» Betriebs.
- Sicherstellen der Wirtschaftlichkeit (könnte durch hohe Erpressungsforderungen gefährdet sein).

Die folgenden Konzepte sollen die hohen Herausforderungen des Schutzziels unterstützen (Security Taktik):

- Defense in depth: Cyber Defense mit mehreren Abwehrlinien. Im Speziellen ist eine erhöhte Sicherheit um «safe»-Komponenten vorgesehen. Die Prozesse werden für «security» gehärtet.

- Detectability: Zwischen einem Eindringen in die vorgelagerten SR40 Systeme bis zu einem «security» Vorfall in den «safe» Komponenten hinterlässt ein Eindringling eine Spur. Es wird ein besonderer Fokus darauf gelegt, dass der Eindringling entdeckt werden kann.

Über folgende grundsätzliche Richtlinien sollen obige Anforderungen umgesetzt werden.

- IKT-Minimalstandard Tier 4 (Bundesamt für Wirtschaftliche Landesversorgung): Als Planungsprämisse wird eine «dynamische» Herangehensweise gewählt. D.h. die Cybersecurity von SR40 kann unter Jahr flexibel auf neue Bedrohungslagen und neue Verwundbarkeiten reagieren.
- Fordern und fördern: Von den Lieferanten wird ein hohes Schutzziel gefordert. Im Dialogverfahren wird gemeinsam das Verständnis erhöht und eine Roadmap erarbeitet, dass dieses Schutzziel bis zum industriellen Rollout erreicht werden kann.
- Bisherige Standards (z.B. prTS50701 und IEC62443) werden verwendet und für die Anwendung in SR40 detailliert und komplettiert. Ziel ist eine einfache, personalressourcensparende Umsetzung (RSIS Rail Security Implementation Standard).
- In der europäischen Zusammenarbeit wird die Standardisierung vorangetrieben.
- Es findet eine enge Koordination mit cyber@sbb statt.

Weitere Details sind in der «Security Strategy» im «SR40 Security Concept» beschreiben. «High level» Umsetzungsanforderungen befinden sich aktuell im Review.

5.3.3 Verfügbarkeit der Fahrzeuge

Aus der Sicht der zunehmend komplexeren Architektur in den Fahrzeugausrüstungen (ETCS, ATO) muss ohne Gegenmassnahmen tendenziell von einer geringeren Verfügbarkeit der Fahrzeuge ausgegangen werden. Mit einer neuen Plattformarchitektur und Standardisierung (COAT - CCS onboard application platform for trackside related functions) und der geplanten Rückfallebene (MTC – Manoeuvre Train Control) wird das Ziel verfolgt, die Verfügbarkeit der CCS-Fahrzeugausrüstung auf dem heute akzeptierten Niveau der ZUB 262ct Fahrzeugausrüstung zu halten.

5.3.4 Verfügbarkeit der Innen- und Aussenanlagen

Mit smartrail 4.0 ist eine Reduzierung der Sicherungsaussenanlagen um 65% von aktuell rund 73'400 auf 24'550 Stück (Weichen, Signale, Zugsicherung, Gleisfreimelder, Bahnübergänge) und eine deutliche Reduktion der Anlagenvielfalt geplant. Dadurch wird die absolute Anzahl der Störungen um 50% gegenüber heute reduziert. Zudem wird die Störungsbehebung vereinfacht und beschleunigt. In der Summe können damit die durch Störungen an Sicherungsanlagen verursachten Reisenden-Ver-spätungsminuten (RVMin) von aktuell rund 9 Mio. Minuten auf 4.5 Mio. Minuten halbiert werden. Diese Reduzierung entspricht 2.3% aller RVMin der SBB. Die resultierenden Anforderungen werden im RAM Konzept berücksichtigt. Der resultierende Verfügbarkeitsnutzen wird nicht monetarisiert.

5.4 Effizienz – Business Case / WiRe

Im Rahmen der Erstellung des SR40-Business Cases werden alle anfallenden CCS Kosten für die Infrastruktur und Flotte von SBB, BLS und SOB simuliert. Dabei wurden zwei Varianten einander gegenübergestellt:

- **Variante 1:** Base Case «CCS konventionell» mit konventioneller ETCS L1LS-Ausrüstung auf Basis einer konventionellen CCS-Fahrzeugarchitektur
- **Variante 2:** Case «SR40- Implementierung mit COAT» oder Installation notwendiger Fahrzeugausrüstung-Einzeltechnologien auf Basis einer generischen CCS-Fahrzeugarchitektur

Die Varianten werden jeweils für den Vergleichszeitraum von 2017 bis zum Jahr 2100 bzgl. der anfallenden infrastruktur- und fahrzeugseitigen CCS-Mittelbedarfe in einer Cash Flow Betrachtung miteinander verglichen. Der Zeitraum ist bewusst bis zum Jahr 2100 gewählt, um mindestens zwei Erneuerungsperioden miteinander zu vergleichen. Dabei wird der CCS-Mittelbedarf entlang der verschiedenen Phasen eines Lebenszyklus wie Entwicklung, Rollout, und Betrieb sowie für Unterhalt, Ersatz und Weiterentwicklung aller SR40-Systeme wie auch der Bestandssysteme simuliert. Auch Effekte von Erweiterungen und Ausbauten der Infrastruktur werden bewertet.

5.4.1 Base Case «ETCS L1LS»

Im Base Case «CCS konventionell» wurde als Reaktion auf das BAV Moratorium die bisherige ETCS Strategie in wesentlichen Eckpunkten angepasst. Es wird nunmehr davon ausgegangen, dass die streckenseitigen EuroSIGNUM- und EuroZUB-P44 Systeme bis voraussichtlich 2035 weiterhin erhalten bleiben. Dies bedeutet streckenseitig:

- Weiterhin optische Signalisierung (ETCS L1LS) ergänzt durch ETCS L2 Lückenschluss (Wallis und Tessin).
- Weiterhin kompletter Ersatz der Innen- und Aussenanlagen im Rahmen Substanzerhaltung und Ausbauten.
- Allfällige Anpassungen der Topologie zur Erfüllung Compliance (Weichen, Durchrutschwege, etc.).
- Ersatz wesentlicher zentraler Systeme wie Leittechnik (ILTIS/RCS) oder Planung (NeTS) im Laufe der Betrachtungsperiode.

Da die obigen Systeme jedoch 2035 ihr Lebensende erreichen, wird ab 2036 für die geplanten Neubeschaffungen in den Flotten eine konventionelle ETCS-Ausrüstung auf Basis Baseline 3 mit FRMCS mit entsprechenden LC-Kosten angenommen.

Auf der Kostenseite bedeutet dies, dass bestehende Systeme wie RCS, NeTS, ILTIS, GSM-R und die Stellwerktechnologien ELEKTRA2 und SIMIS-W ihr Lebensende erreichen und entsprechen ersetzt werden müssen. Auch im Base Case würde es somit zu Investitionen für den 1:1 Ersatz kommen. Diese Investitionen werden in der WiRe den Investitionen für smartrail 4.0 gegenübergestellt.

5.4.2 Vergleichscase «SR40 Implementierung»

Das technische Zielbild von smartrail 4.0 berücksichtigt die neuen technischen Fähigkeiten mit all seinen Potenzialen. ETCS, Connectivity, FRMCS bilden die sicherheitstechnische Basis, um dies zu ermöglichen. Im Wesentlichen basiert smartrail 4.0 auf der bekannten Logik von ETCS L2. Smartrail 4.0 wird auch bestehende ETCS-Protokolle weiter nutzen. Abweichend zu bisherigen ETCS Implementierungen wird smartrail 4.0 die Anlagenkomplexität jedoch reduzieren.

Fahrzeugseitig wird die Implementierung der SR40-Funktionalitäten und dabei besonders die erwarteten Effekte aus den Vorteilen der generischen CCS-Fahrzeugarchitektur abgeschätzt. Diese beinhalten beispielsweise die Modularität der Fahrzeugausrüstung, Standardschnittstellen, einfache Austauschbarkeit, modulare Zulassung, Remote Upgrade und das Prinzip «Software statt Hardware».

Die Architektur smartrail 4.0 basiert auf den Funktionsblöcken Traffic Management System (TMS), ETCS Stellwerk (ES), Lokalisierung/Connectivity und Security (LCS), Automatic Train Operation (ATO) und Fahrzeugausrüstung (CCS onboard application platform for trackside related functions COAT).

5.4.3 Übersicht smartrail 4.0-Business Case

Im Gegensatz zur Kostenrechnung ist es wichtig, zu verstehen, dass die Kosteneinsparungen nicht pro Programm oder pro Projekt erarbeitet wurden, sondern nach Nutzentreibern. Dies, weil der Grossteil des Gesamteffekts von SR40 (d.h. Reduktion der Aussenanlagen) nur im Zusammenspiel der einzelnen Programme und nicht durch ein einzelnes Projekt realisiert werden kann. Neben den finanziellen Effekten wurden auch die qualitativen Effekte wie die Kapazitäts-, die Sicherheits- sowie die Verfügbarkeitssteigerung betrachtet.

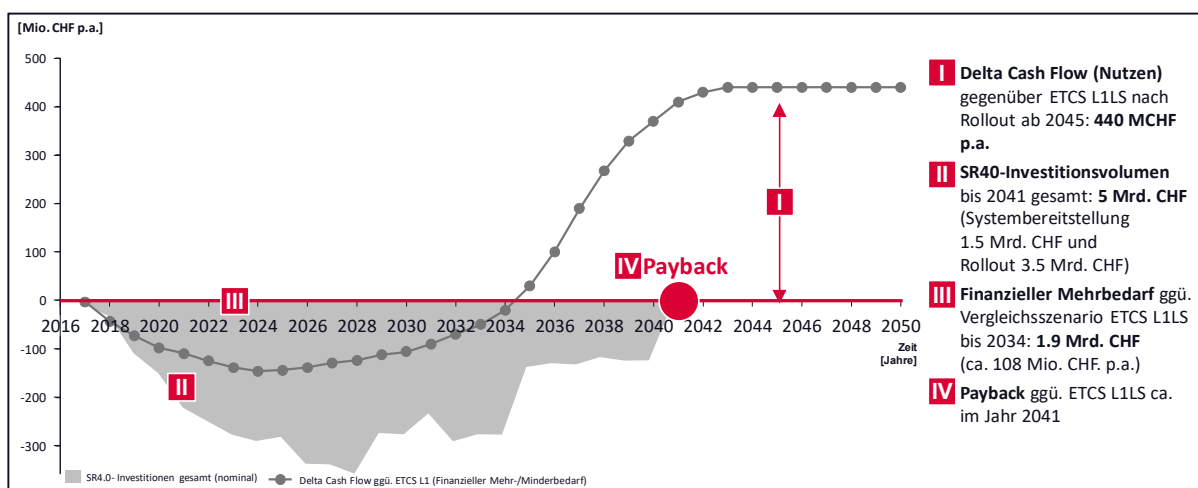


Abbildung 36: Nutzen smartrail 4.0 Business Case – Überblick (schematisch) [Mio. EUR nominal]

5.4.4 Ergebnisse der Second Opinion

Die Second Opinion, welche durch Emch + Berger sowie R + R Burger und Partner durchgeführt wurde, hat zum Schluss der Phase 1 der Prüfung diverse Lücken im smartrail 4.0 Business Case identifiziert und Empfehlungen zur Schliessung abgegeben. Das Programm hatte anschliessend zwei Monate Zeit, um die Empfehlungen umzusetzen und die bestehenden Lücken zu schliessen. In dieser Zeit haben die BLS und die SOB ihren Business Case vervollständigt, die bis dahin fehlende Wirtschaftlichkeitsrechnung für COAT wurde entwickelt und der Second Opinion zur Prüfung vorgelegt. Nach der Analyse einer Vielzahl neuer und weiterentwickelter Dokumente in der zweiten Phase kann festgehalten werden, dass die meisten Lücken von den Branchenpartnern zur Zufriedenheit der Prüfer geschlossen werden konnten.

Wie bereits in Phase 1, kommt die Second Opinion auch in Phase 2 zur Erkenntnis, dass weiterhin keine «NoGo's» für smartrail 4.0 identifiziert werden konnten. Der ausgewiesene Nutzen in Höhe von 440 MCHF (412 MCHF SBB; 27 MCHF BLS; 2 MCHF SOB) kann aus heutiger Sicht und unter der Voraussetzung, dass die Programmziele erreicht werden, durch die Prüfer bestätigt werden.

Weiter attestiert Emch + Berger & R+R dem Programm ein technisches, betriebliches und wirtschaftlich sinnvolles Spektrum, welchem heute keine vorteilhaftere strategische Alternative gegenübergestellt werden kann.

6 Programmvorgehen und Programmsteuerung

Ein Programm in der Grössenordnung und mit der Komplexität von smartrail 4.0 muss zwingend einen definierten formalen Rahmen haben und verbindliche Prozesse für die inhaltliche Arbeit, sowie für die Zusammenarbeit in den einzelnen Projekten, in den Programmen und mit dem Umfeld. Gegenstand dieses Kapitels ist die Darstellung und Kurzbeschreibung der hierfür bei SR40 in der Konzeptphase etablierten Elemente.

6.1 Programmhandbuch

Das Programmhandbuch ist das Basisdokument für die Führung des Programms smartrail 4.0. Es zielt auf eine effektive und effiziente Steuerung des Programms, damit die definierten Ziele frist- und kostengerecht sowie in der definierten Qualität erreicht werden. Hierfür werden im Programmhandbuch die wesentlichen Grundsätze und Prinzipien festgelegt.

Das Programmhandbuch fokussiert auf die Ebene der Programmführung, die Interaktion zwischen Programmen und Projekten, die Zusammenarbeit über Organisationsgrenzen hinweg sowie auf ausgewählte Punkte über das ganze Programm, die zu synchronisieren sind. Die wesentlichen inhaltlichen Blöcke aus dem Programmhandbuch sind:

- Programmorganisation
- Rollen und Verantwortlichkeiten
- Gremien
- Financial Governance
- Entscheidungsverantwortung
- Kommunikations- und Stakeholder Management
- Personalführung
- Beschaffung
- Qualitäts- und Risikomanagement

Für die SBB Mitarbeitenden von smartrail 4.0 (Intern und Extern) sowie die Projektmitarbeitenden der Partner BLS, SOB, RhB, tpf und VöV sind die Ausführungen in dem Projekthandbuch verbindlich. Bei etwaigen Audits und Revisionen dient das Handbuch dem Nachweis des Ordnungsrahmens, der Struktur und der verwendeten Methoden.

Die Struktur und die Inhalte des Programmhandbuchs wurden initial vom Lenkungsausschuss (LA) angenommen. Grössere inhaltliche Änderungen werden in der Programmleitung besprochen. Mindestens einmal pro Jahr erfolgt eine ganzheitliche inhaltliche Revision und anschliessende Abnahme des aktualisierten Handbuchs durch das SR40 Kernteam (letztmals am 18. September 2019). Etwaige Anpassungen zu strategischen und Governance-Themen werden vom Lenkungsausschuss beschlossen.

Die Vorstellung und Schulung der Inhalte des Programmhandbuchs ist fester Bestandteil des Onboarding-Prozesses für alle neuen Mitarbeitenden im SR40 Programm. Das Programmhandbuch ist allen Projektmitarbeitenden/-beteiligten zugänglich. Das Programmhandbuch wird laufend nachgeführt und ist damit ein dynamisches Dokument. Die Verantwortung zur laufenden Aktualisierung (Versionierung) liegt beim SR40 Programm Management Office (PMO). Über materielle Änderungen informiert das Programm Management Office (PMO) als prozessführende Stelle alle Mitarbeitenden aktiv.

6.2 SR40 Process Model (SPM)

Im Zwischenbericht wurde auf der «Roadmap 2019 und 2020» für Q1/2019 ein Meilenstein «Prozess-Modell» ausgewiesen. Im Fokus stehen die Prozesse, welche SR40-intern für die Erarbeitung der SR40-Ergebnisse in der Phase Systembereitstellung und Vorbereitung Erprobung durch die Mitarbeitenden von SR40 durchlaufen werden.

Anlässlich der smartrail 4.0 Coregroup vom 18. Oktober 2018 wurde entschieden, ein Prozessmodell für smartrail 4.0 aufzusetzen, welches im Rahmen von smartrail 4.0 definiert und operationalisiert werden soll. Das smartrail 4.0 Process Model (SPM) definiert die Prozesse, welche das Vorgehen innerhalb smartrail 4.0 beschreiben. Dazu gehört auch die Bereitstellung von Methoden und Hilfsmitteln sowie die benötigte Tool-Unterstützung. Zusammen mit den SPM Process Ownern werden diese Prozesse definiert, um sie im Anschluss einzuführen.

Das SPM definiert die Prozesse innerhalb der Projekte, zwischen den Projekten und auf Ebene Programm. Es legt damit fest, welche Arbeitsergebnisse wie und durch wen zu erbringen sind. Die daraus resultierenden Ergebnisse sind für die Einhaltung der Normen notwendig (z.B. EN 50126 und ISO 9001) und damit essenzieller Bestandteil für die Förderung der Prozessorientierung. Das Zielbild von SPM entspricht dem gängigen Verständnis des Prozessmanagements und ist wesentlicher Bestandteil vom Qualitätsmanagement.

Die formelle Definition der Prozesse ist unter Verantwortung der Process Owner in Arbeit. Die anschließende Operationalisierung inkl. Training und Support, Tool-Unterstützung und Bereitstellung der benötigten Hilfsmittel wird aufgesetzt. Ziel ist es, im Q1 2020 die, für die CENELEC Phase 1 benötigten Prozesse bereits formell korrekt und nachvollziehbar über alle Projekte hinweg durchlaufen zu können. Parallel dazu werden die weiteren Prozessvorgaben erarbeitet.

6.3 Projektplanung

Mit der stetig zunehmenden Komplexität des smartrail Programms kommt dem Thema «Planung» eine entscheidende Bedeutung zu. Ohne eine einheitliche, vollständige und transparente Planung aller im Programm gebündelten Vorhaben ist es beispielsweise nicht möglich, ganzheitliche Aussagen zu den Kosten, zum inhaltlichen Fortschritt und zur Erreichbarkeit der gesetzten Meilensteine / Ziele zu treffen. Aus diesem Grund wurden frühzeitig in der Konzeptphase die Strukturen und Vorgaben für eine ganzheitliche Planung definiert und zwischenzeitlich etabliert. In diesem Zusammenhang wurde das SR40 Gesamtprogramm in heute rund 100 einzelne Projektvorhaben unterteilt und ausgeplant. Zentrales Element ist der «Plan 100», der die Planung des Gesamtvorhaben SR40 abbildet und die wesentlichen Meilensteine für alle Projekte / Programme über die Gesamtlauzeit des Programmes beinhaltet.

Auf Grundlage eines «DatenCube», der die Finanzdaten aus allen Projekten extrahiert und aufbereitet, ist eine schnelle und unkomplizierte Auswertungen der Kostenplanung nach verschiedenen Dimensionen möglich.

Die Verantwortung für die inhaltliche Erstellung und fortlaufende Aktualisierung der Projektpläne liegt beim jeweiligen Projektleiter. Der Programmleiter ist für die Aktualität / Qualität der Projektpläne seines Programms verantwortlich. Die Programmplanung erfolgt einheitlich auf der Grundlage von Microsoft Project. Jedes Projekt muss einen Projektplan erstellen, in dem die wesentlichen Aktivitäten, die Meilensteine und insbesondere die inhaltlichen Abhängigkeiten (d.h. erforderliche Zuarbeiten von anderen Projekten resp. Lieferungen an andere Projekte) sowie die Planung der benötigten finanziellen Mittel über die jeweilige Projektlaufzeit dargestellt werden.

Für die Erstellung der Projektpläne gibt es detaillierte Planungsvorgaben, die verbindlich für alle Projekte sind:

- Grundsätzliche Anforderungen an die Planung
- Vorgaben durch das Planungstemplate
- Nomenklatur der Projektpläne
- Ablagestruktur für die Projektpläne
- Nutzung von Attributen in Projektplänen
- Dokumentation von Zuarbeiten / Abhängigkeiten
- Vorgaben für die Pflege der Projektpläne

Die Planungsvorgaben werden regelmässig durch das SR40 PMO auf Aktualität und Vollständigkeit geprüft und ggf. ergänzt. Die Projektleiter sind für die fortlaufende Aktualisierung / Pflege ihrer Projektpläne verantwortlich. Die notwendige Pflege besteht im Wesentlichen aus den folgenden Tätigkeiten:

- Prüfung der Aktivitäten des Plans auf Vollständigkeit und Aktualität
- Prüfung der Gültigkeit und der Aktualität von Abhängigkeitsbeziehungen
- Prüfung und Aktualisierung der Plankosten
- Sukzessive Fortschreibung des inhaltlichen Fortschritts für alle geplanten Tätigkeiten

Das smartrail 4.0 PMO ist der Prozessführer für die laufende Überprüfung/Aktualisierung sowie die Konsolidierung der Projektpläne. Stichtagsbezogen werden die Projektpläne geprüft:

- Aktualität der Projektpläne, d.h. wurde der inhaltliche Fortschritt in den Einzelaktivitäten fortgeschrieben, wurden neue Aktivitäten ergänzt / oder alte Aktivitäten entfernt; gibt es abgelaufene Tätigkeiten, etc.
- Einhaltung der Vorgaben, d.h. sind alle erforderlichen Attribute gefüllt, gibt es in den Plänen mindestens ein Resultat pro Monat etc.
- Konsistenz der Abhängigkeits-Beziehungen, d.h. sind alle Anforderungen aus dem Projektplan x auch als Liefergegenstand im Projektplan y enthalten (und umgekehrt), sind die Termine synchron, ist die Abhängigkeits-Matrix gepflegt etc.

Die durch das SR40 PMO vorgenommenen Prüfungen der Projektpläne beziehen sich im Wesentlichen auf formale Aspekte der Planung. Um auch die fachlichen Inhalte der Pläne kritisch zu reflektieren wurde im Rahmen der Coregroup ein «Performance Room» aufgesetzt. Dieser wird zweigeteilt durchgeführt:

- Schritt 1: Bilaterales Challenging des Projektplans zwischen dem Planungs-verantwortlichen und einem festgelegten Sparringspartner.
- Schritt 2: Vorstellung und Diskussion der Findings aus dem Challenging im Coregroup Meeting.

Auf dieser Grundlage wird eine regelmässige zyklische und ganzheitliche Prüfung der wesentlichen Projektpläne des SR40 Programms sichergestellt.

6.4 Erstellung, Prüfung und Freigabe von Projektanträgen

Die Budgetzuweisung zu den einzelnen Projekten erfolgt auf Grundlage von Projektanträgen. Diese werden durch den jeweiligen Projektleiter auf Basis eines einheitlichen Antragsformulars erstellt. Nach Fertigstellung des Projektantrags und der Programm-internen Freigabe durch den Programmleiter stellt der Projektleiter den Projektantrag dem SR40 PMO zur Verfügung, damit die formale Prüfung und Kommentierung erfolgen kann. Nach Abschluss der formalen Prüfung und Kommentierung des Projektantrags durch das SR40 PMO wird dieser dem SR40 Kernteam zur Prüfung und Freigabe vorgelegt.

Jeder Projektantrag wird von den Vertretern des SR40 Kernteams im ganzheitlichen Kontext und unter Einhaltung der Financial Governance Prozesse geprüft. Es wird beispielsweise geprüft, ob die geplanten Inhalte verständlich, realistisch und widerspruchsfrei zu den Inhalten anderer Projekte sind, ob der geplante Mitteleinsatz transparent ist und ob noch ausreichend freies Budget zur Verfügung steht, um den entsprechenden Projektantrag zu finanzieren. Diese Prüfung erfolgt auf Grundlage eines aktiven Portfoliomanagements mit allen wesentlichen monetären Eckwerten des Gesamtprogramms. Das Ergebnis der Prüfungen sowie der Entscheid des SR40 Kernteams werden protokolliert und transparent abgelegt.

6.5 Personalplanung

Die Personalplanung erfolgt ganzheitlich auf Grundlage eines definierten Templates. Die in den einzelnen Programmen und Projekten benötigten internen Rollen werden regelmässig im SR40 Kernteam durchgesprochen und fortlaufend aktualisiert. Der personelle Aufbau wird in einem mittelfristigen Horizont (d.h. für drei Jahre) geplant und regelmässig an die aktuellen Begebenheiten angepasst. Es wird festgelegt, welche Rollen zwingend intern besetzt werden müssen und für welche Rollen ggf. auch externen Unterstützung möglich ist. Die Planung des externen Mitarbeiterereinsatzes obliegt den jeweiligen Projekten. Für jeden externen Mitarbeiterereinsatz gibt es eine im SAP hinterlegte Bestellung. Die Dokumentation der mit den externen Mitarbeitern abgeschlossenen Verträge erfolgt darüber hinaus zentral durch das SR40 PMO. Auf dieser Grundlage wird eine Übersicht über alle in den Programmen / Projekten eingesetzten internen und externen Mitarbeiter sichergestellt.

7 Personalentwicklung Programm smartrail 4.0

7.1 Ausgangslage

Das Programm wächst personell zügig. Ein signifikanter Aufbau von internen Mitarbeitenden ist erforderlich, damit die anstehende Systembereitstellungsphase wie geplant absolviert werden kann. Dies und die Internalisierung der Workforce sind unter anderem Massnahmen, die aus den Lessons Learned des SOPRE-Projekts resultieren. Einerseits sollen die Mitarbeitenden neu rekrutiert werden, andererseits externe Mitarbeitende, wo sinnvoll und möglich, internalisiert werden.

Heute besteht eine Lücke an qualifiziertem Fachpersonal für die ETCS Führerstandssignalisierung. Da gleichzeitig das heutige ETCS L2 fertiggestellt wird und die Systembereitstellung von smartrail 4.0 startet, steigt der Bedarf in den nächsten Jahren zusätzlich an.

Ein Risiko für den geplanten Personalausbau stellt der aktuelle Fachkräftemarkt im Fachgebiet CCS dar. Dieser ist bereits jetzt sowohl in der Schweiz wie auch im übrigen Europa stark dezimiert. Nachfolgend werden die Massnahmen beschriebem, mit denen dieser Herausforderung im SR40 Programm begegnet wird.

7.2 Rekrutierung

Es gilt ein Rekrutierungs- und Ausbildungskonzept mit hoher Attraktivität zu wählen, womit viele Talente angezogen werden sollen. Entsprechend müssen Anstellungsbedingungen und Rekrutierungsstrategien modernen Ansprüchen genügen. In Zusammenarbeit mit dem SBB Konzern sind diesbezüglich Massnahmen geplant und eingeleitet. Zu nennen ist in erster Linie ein neues Vorhaben von HR-SRT zum Thema «International Recruiting», das den Aufbau von internen Kompetenzen sowie die punktuelle Zusammenarbeit mit Partnern vorsieht. Ein Detailkonzept dazu ist aktuell in Arbeit.

Die Stossrichtung, künftig auf dem Stellenmarkt mit generischeren Profilen (Positionen/Rollen mit vergleichbaren Kompetenzen) aufzutreten und durch «Bewirtschaften» eines KandidatInnen-Pools den Fachkräftebedarf abzudecken, wird zudem angestrebt. Smartrail 4.0 hat zu diesem Zweck den Personalbedarf rollenbezogenen definiert und dabei elf Rollen spezifiziert. Dabei ist die Erfahrung in der Bahnbranche nur noch als Vorteil, aber nicht mehr als unabdingbare Voraussetzung ausgewiesen. Erste generische Ausschreibungen mit einem Fokus auf drei Profile, die 2020 priorisiert rekrutiert werden, sind gestartet. Durch die direkte und persönliche Ansprache der neuen Zielgruppen anlässlich von Hochschulmessen oder ähnlichen Veranstaltungen soll smartrail 4.0 bekannt und als attraktive Option für potenzielle Bewerber dargestellt werden.

7.3 Smartrail 4.0 Academy

Eine weitere smartrail 4.0-Massnahme, welche die Attraktivität für die Rekrutierung unterstützt, ist der Aufbau einer smartrail 4.0 Academy. Diese soll es ermöglichen, neue Mitarbeitende effizient in das Programm einzuführen und schnell einsatzfähig zu machen. Zudem steht die SR40 Academy generell auch für neue Mitarbeitende der ISB/EVU zur Verfügung. Für die Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes wird smartrail 4.0 sowohl durch SBB HR-Bildung, den Bildungsverantwortlichen von BLS und SOB als auch durch externe Experten unterstützt. So ist sichergestellt, dass ein Angebot entsteht, das sowohl den inhaltlich aktuellen wie auch den methodisch-didaktisch modernen Ansätzen entspricht.

Die Academy orientiert sich an einer kompetenzorientierten Bildung. Die Absolventen sollen nach Abschluss der Academy eigenständig und fach- wie methodenkompetent auf Augenhöhe mit Experten arbeiten und kommunizieren können. Insbesondere wird dabei die Integrationskompetenz im Fokus stehen. Das Konzept der smartrail 4.0 Academy sieht einen zweiteiligen Aufbau vor: Zum einen werden in den Onboardings Bahn- sowie SR40-Grundlagen vermittelt und zum anderen in den Kompetenz-Modulen methodische und themenspezifische Kompetenzen, bezogen auf Rollen und Einsatzgebiete, aufgebaut. Zusätzlich können weitere Module aus internen oder externen Angeboten bedarfsgerecht besucht werden. Die Onboarding Module sind für alle Teilnehmenden Pflicht.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die aktuelle Planung inklusive der einzelnen Onboarding Module.

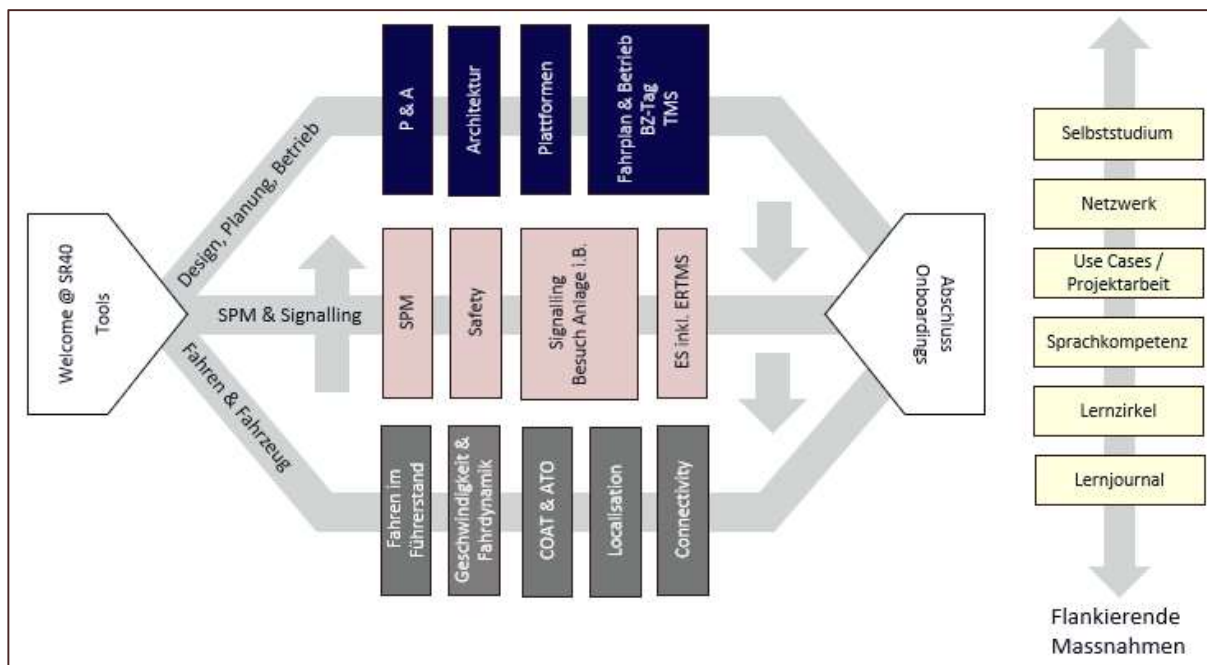


Abbildung 37: Smartrail 4.0 Academy, Onboarding Module

Die Mitarbeitenden werden anhand eines persönlichen Entwicklungsplans begleitet. Die Standortbestimmung darin erfolgt regelmässig mit einer Betreuungsperson. Dabei werden das Rollenziel und die Abweichung davon festgehalten. Entsprechend der Abweichungen wird das Lernprogramm individuell zusammengestellt und vereinbart.

7.4 Nachwuchsprogramm «Career Starter Signalling» bei I-AT-SAZ

Das Nachwuchsprogramm «Career Starter Signalling» ist 2019 erfolgreich mit den folgenden Zielen gestartet:

- Rekrutierung von Nachwuchskräften im Sinne einer vorgezogenen Rekrutierung, um bei Austritten / Wechsel rasch eine mit dem Thema vertraute Mitarbeiter/in einsetzen zu können
- Ausbildung von Nachwuchskräften (insb. Förderstellen, Kurse und Workshops) für die Domäne Sicherungsanlagen

Das Nachwuchsprogramm «Career Starter Signalling» trägt zur Behebung des Ressourcen Engpasses in der Domäne Signalling bei. 2019 sind bereits acht Nachwuchskräfte in zwei Klassen gestartet. Zweimal jährlich starten als Kleinteam jeweils vier Personen. Während 6 bis 12 Monaten erarbeiten sich die Nachwuchskräfte in verschiedenen Förderstellen, Kursen und Workshops ein solides Wissen zur Bahnsicherungstechnik wie Stellwerktechnik, Zugsicherungstechnik / ETCS, um anschliessend als Fachspezialist/in oder Projektleiter/in in der Domäne Sicherungsanlagen eine verantwortungsvolle Aufgabe auszuüben.

Das Nachwuchsprogramm richtet sich hauptsächlich an die Absolventen von Fachhochschulen und Hochschulen mit den Fachrichtungen Elektro- und Maschinenbauingenieure, (Wirtschafts-)Informatiker, Physiker oder Mathematiker oder ähnliche Fachrichtungen.

Die Career Starter Signalling werden von der Domäne Signalling gemeinsam rekrutiert und ausgebildet. Im Anschluss wird angestrebt, die Absolventen in relevante Positionen jener Organisationseinheiten zu bringen, welche sich hauptsächlich mit Sicherungsanlagen und Zugbeeinflussung befassen. Diese sind:

- Netzdesign, Anlagen und Technologie (insbesondere Netzentwicklung, Anlagenmanagement Sicherungsanlagen (SA), smartrail 4.0)
- Ausbau- und Erneuerungsprojekte (insbesondere Projekte Sicherungsanlagen)
- Verfügbarkeit und Unterhalt (insbesondere Operation Center Technik)
- Personenverkehr (insbesondere Bereich Zugbeeinflussung)

Das Nachwuchsprogramm Career Starter Signalling wurde von den Partnern der Domäne Signalling aus den folgenden Gründen sehr positiv aufgenommen:

- Jedes Jahr werden acht junge, motivierte Nachwuchskräfte strukturiert ausgebildet und danach der «Linie» übergeben.
- Die Vernetzung und Zusammenarbeit in der Domäne wird durch Förderstellen in der ganzen Domäne gestärkt.
- Attraktiver Facheinstieg für Fach- und Hochschulabsolventen dank unbefristetem Arbeitsvertrag (hohes Commitment in der Domäne).

7.5 Bildungsverantwortung

Smartrail 4.0 hat erkannt, dass die Bildungsthematik einen elementaren Erfolgsfaktor für das Programm darstellt. Ohne gezielte Ansprache und Rekrutierung sowie aufeinander abgestimmte Aus- und Weiterbildungsangebote für Mitarbeitende im und um das Programm können die Rekrutierungs- und Umsetzungsziele von smartrail 4.0 nicht erreicht werden. Die Koordination und Etablierung dieser Angebote obliegt dem Bildungsverantwortlichen smartrail 4.0. Dies ist eine wichtige personelle Massnahme, um Talente zu gewinnen und für diese dauerhaft ein attraktiver Arbeitgeber zu bleiben.

7.6 Ausblick

Erste Durchführungen der smartrail 4.0 Academy sind für Frühling 2020 geplant. Zu diesem Zeitpunkt wird das Angebot der Onboarding Module (vgl. Abbildung 37) zur Verfügung stehen. Bereits bis dann entwickelte Kompetenz-Module können zusätzlich individuell besucht werden. Der Schwerpunkt für die Entwicklung der Kompetenz-Module wird zunächst auf die fokussierten zu rekrutierenden Profile gelegt und anschliessend wird das Angebot stetig erweitert. Parallel zur Entwicklung der Inhalte wird auch eine entsprechende Schulungsorganisation aufgebaut. Schwerpunkte für die erste Durchführung liegen auf der Erstellung des Entwicklungsplans und der Suche sowie Koordination von geeigneten Betreuenden.

Für den Fachkräftemangel im Bereich ETCS Führerstandssignalisierung wird bis zum Schritt 1 Antrag eine langfristige Bedarfsübersicht und notwendige Massnahmen zur Sicherstellung des Bedarfs aufgearbeitet und initiiert.

Durch die von smartrail 4.0 initiierten und teilweise bereits umgesetzten Massnahmen ist SR40 für diese Herausforderungen ausreichend gewappnet. Aufgrund von zukünftigen Veränderungen und neuen Erkenntnissen wird das Gesamtkonzept mindestens jährlich einer Überprüfung unterzogen und allfällig nachjustiert. Die Verantwortung für diese Überprüfung hat der Bildungsverantwortliche SR40.

8 Human Factors – Handlungsfelder und Methoden im Dreieck Mensch-Technik-Organisation MTO

8.1 Ausgangslage und Ziel

Smartrail 4.0 verändert die Arbeit für die Mitarbeitenden in der Bahnproduktion der Schweizer Bahnbranche grundlegend. Die Automatisierung und Digitalisierung des Eisenbahnsystems nehmen stetig zu. Dies birgt für das Gesamtsystem Bahn und die darin geforderten Arbeiten in verschiedenen Bereichen einerseits klare Vorteile und Chancen, z.B. durch Erhöhung der Effizienz mittels teilautomatisierter Prozesse. Andererseits birgt dies auch Risiken im Zusammenspiel zwischen Menschen und Systemen.

Das Hauptziel der Disziplin Human Factors ist der Erhalt oder die Erhöhung der Produktivität des Gesamtsystems (Sicherheit, Zuverlässigkeit), als auch das Wohlbefinden und die Motivation und damit die Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden und die Umsetzbarkeit durch die Mitarbeitenden sicherzustellen. Es müssen Fehlinvestitionen verhindert und Projektrisiken minimiert werden. Mittels optimalem Automatisierungsgrad sollen Menschen und Maschinen ihre jeweiligen Stärken ausspielen können und somit eine bessere Gesamtsystemleistung als die Summe der beiden Individualleistungen erreicht werden. Dazu braucht es eine strukturierte Vorgehensweise, welche die Akzeptanz des Gesamtsystems smartrail 4.0 im Dreieck Mensch-Technik-Organisation (MTO) sicherstellt und nachweist.

8.2 Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Um ein stimmiges Gesamtsystem zu schaffen, muss bei der Systemdefinition und der Verifikation stets das gesamte soziotechnische System im Dreieck MTO betrachtet werden. Neben der Mensch-Technik-Schnittstelle, bei der primär die Bedienbarkeit und Verständlichkeit des technischen Systems im Fokus steht, werden daher auch die Fähigkeiten der Mitarbeitenden und organisatorische Abläufe sowie der Arbeitskontext in Konzeption und Prüfung miteinbezogen. Dazu werden Zielbilder aus soziotechnischer Gesamtbetrachtung erstellt. In interdisziplinärer Zusammenarbeit werden darin die Prozesse und Rollen bezüglich optimaler *Aufgabenteilung* und *Aufgabenübergabe* zwischen Mensch und Maschine gestaltet.

Die nachfolgende Liste zeigt die massgebenden Punkte auf, welche das Vorgehens- und Nachweis-konzept vorsieht.

Die soziotechnischen Zielbilder ...

... werden nicht nur für den Endausbau von smartrail 4.0, sondern für jeden einzelnen Veränderungsschritt erstellt.

... sind anwendungsübergreifend und betrachten jeweils die einzelnen Berufsgruppen und deren Aufgaben, welche sie im zukünftigen System übernehmen sollen.

... beschreiben dabei die Aspekte des Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit nach EN ISO 9241-11 (Benutzer, Arbeitsaufgaben und Ziele, Arbeitsmittel und Umgebung / Arbeitskontext).

... werden vor Ausschreibung oder Start der Entwicklung der einzelnen Anwendungen mittels soziotechnischer Simulationen überprüft.

Die Gebrauchstauglichkeit der einzelnen Anwendungen muss während der agilen Entwicklung regelmäßig überprüft werden. Die neuen / veränderten Rollen und Berufsbilder pro Zielbild werden zusammen mit den betroffenen Linien und Organisationen erarbeitet.

Mit den aus den Zielbildern abgeleiteten Anforderungen an Befähigung und Change der Mitarbeitenden werden durch die Transformationsverantwortlichen zusammen mit den betroffenen Linien die notwendigen Massnahmen und Organisationsentwicklungen angestossen.

Die nachfolgende Grafik beschreibt das geplante Vorgehen, um die Gebrauchstauglichkeit im Dreieck MTO pro Zielbild sicherzustellen.

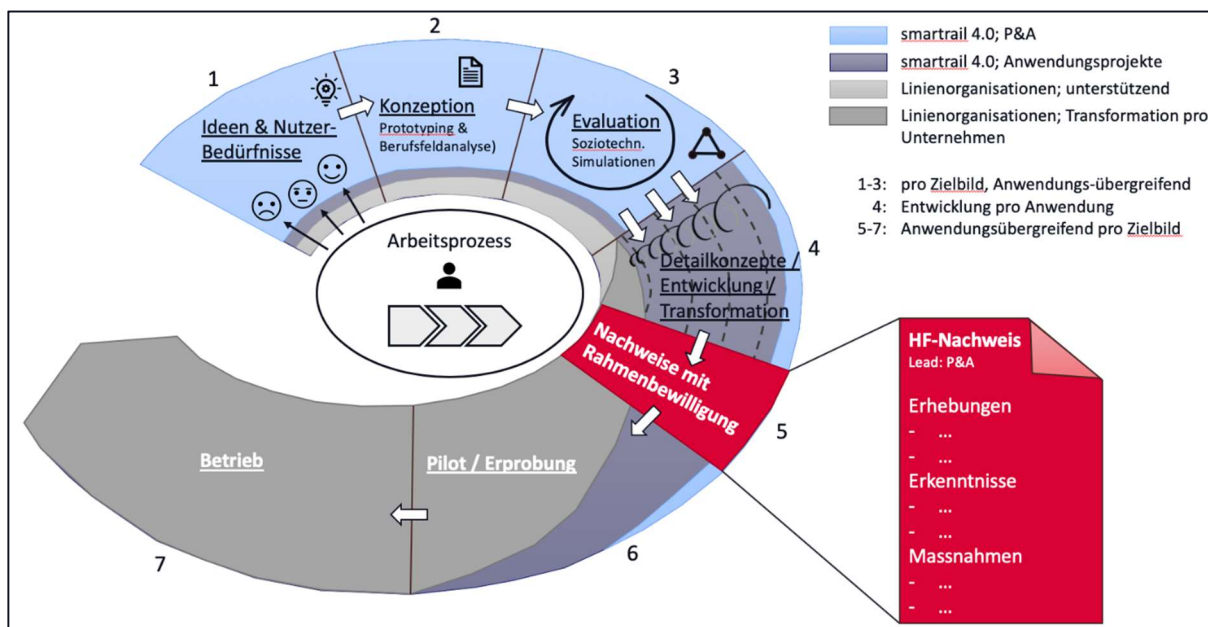


Abbildung 38: Prozess zur Human Factors Nachweisführung

In den Phasen 1-3 werden anwendungsübergreifend die Zielbilder definiert und geprüft. Die Phase 4 zeigt die anwendungsspezifische Entwicklung und die steigenden Transformationsarbeiten. Mit der Rahmenbewilligung an das BAV in der Phase 5 wird aufgezeigt, mit welchen Aktivitäten Human Factors adressiert wurden und damit die Gebrauchstauglichkeit des gesamten soziotechnischen Systems geprüft wurde, welche Erkenntnisse daraus gezogen wurden und mittels welcher Massnahmen diese adressiert worden sind.

8.3 Ausblick

Die bereits bekannten Auswirkungen auf die Unternehmen, Kunden und Dritte sind im Kapitel 9 ersichtlich. Im Jahr 2020 werden vertiefte Tätigkeits- und Kompetenzanalysen für die Berufsbilder des Infrastrukturbetriebs, der Zugführung und des Rangiers durchgeführt.

Das Konzept Human Factors wird zu Beginn 2020 im smartrail Process Model (SPM) dokumentiert und die Vorgehensweise und Lieferobjekte allen Projekten als verbindlich vorgegeben. Somit haben die anstehenden Ausschreibungen und die Erarbeitung des Zielbilds 2022 konkrete Vorgaben, um einen Nachweis aus Sicht Mensch-Technik-Organisation zu erbringen. Um den Human Factors im Programm noch mehr Gewicht zu verleihen und strukturierter vorgehen zu können wird Anfangs 2020 die entsprechende Programmorganisation weiterentwickelt.

Aktuell wurden priorisiert die Human Factors der Mitarbeitenden im System Eisenbahn analysiert. Die Human Factors der Kunden (d.h. Reisende und Verladende) müssen in der vertieften Arbeit in der nächsten Phase analysiert werden, da auch aus Sicht der Kunden die Gebrauchstauglichkeit der Bahnnutzung sichergestellt werden muss.

9 Auswirkung auf die Unternehmen und Mitarbeitenden

9.1 Wesentliche Veränderungen der Berufsbilder

Mit SR40 werden weitere Routinearbeiten und auch «Denkarbeiten» automatisiert. Die Anwender entwickeln sich zu «Systemkonfigurierer» und «Eingreifer». Aus diesem Grund müssen sie die Zusammenhänge im Bahnplanungs- und Produktionsprozess übergreifend verstehen. Diese Arbeitsbereicherung bringt höhere Anforderungen und Attraktivität der Berufsbilder mit sich, aber auch einen höheren Ausbildungsaufwand. Neben dem Umgang mit Abweichungen und Störungen müssen Routineabläufe trainiert werden, um diese Fertigkeiten nicht zu verlieren.

Die Entwicklungen sind für folgende Berufsgruppen zusammengefasst, die grösstenteils von neuen Systemen unterstützt werden:

- **Planung:** In der Planung werden alle Kapazitätsnutzungen (inkl. Rangierbewegungen) bestellt: Dies wirkt sich sowohl bei den EVU-Planern als auch bei den Intervallplanern aus. Die Aufgaben entwickeln sich vom «Zeichner» zu «systemunterstützte Planung – Lösungsvarianten beurteilen und verhandeln». Die Kapazitätsplaner werden vom «Zeichner» zum Optimierer des Systems Bahn und pflegen neue Bedürfnisse im Kapazitätsplan ein.
- **Operative Leitstellen:** Das System smartrail 4.0 wickelt die geplanten Leistungen vollautomatisch ab. Die Anwender in den Leitstellen werden zu Optimierer und «Systemkonfigurierer» und überwachen die Funktionstauglichkeit des Gesamtsystems. Treten Abweichungen im Produktionsablauf auf, welche das System nicht automatisch beheben kann, leiten die Anwender geeignete Massnahmen zur Störungsbehebung ein und greifen in die Systeme ein. Bei Bedarf lösen sie einen Produktionsstopp aus, führen die Lage und den Einsatz von Blaulichtorganisationen.
- **Fahrpersonal:** Das Fahrpersonal stellt die technische und kommerzielle Bereitschaft der Fahrzeuge auf den definierten Abfahrzeitpunkt her, inklusive allen nötigen Systemtests. Der Lokführer bewegt das Fahrzeug gemäss der erteilten Moving Authority (MA) und überwacht dabei den Fahrweg auf allfällige Gefahren im Gleisbereich. Bei Abweichungen greift der Lokführer in das System ein. Je nach Grad der Automatisierung (GoA1, GoA2) und in Abhängigkeit zum Sicherungssystem (gesichert / ungesichert) fährt der Lokführer den Zug manuell oder automatisch. Die Verantwortung über die sichere Zugführung bleibt beim Lokführer.
- **Mitarbeitende in der Fläche im Bereich Bau und Unterhalt:** Das Sichern, Sperren und Freigeben von Anlagen für Arbeiten im Gefahrenbereich der Gleise wird durch neue Systeme geplant und durchgeführt. Gewisse Bedienungen von Anlagen (z.B. Weichen umstellen) sollen vor Ort durchgeführt werden. Die Sicherung der Arbeitsbereich erfolgt durch automatische Warnanlagen, die Mitarbeitenden vor Ort können damit im Notfall auch einen Produktionsstopp einleiten.
- **Lifecyclemanagement, Projektierung, Bau und Unterhalt, Fahrzeug-Anlagenmanagement:** Die neuen Systeme, Hard- und Software werden bei Anlagen und Fahrzeugen zu Anpassungen in der Aus- und Weiterbildung führen. Dabei wird eine grosse Herausforderung sein, die bisherigen und

neuen Systeme bis 2040 zu beherrschen. Wobei weniger neue Kompetenzen gesucht sind, als vielmehr das Verständnis und Wissen über die neuen Technologien vermittelt oder rekrutiert werden muss. Die Bereiche der Sicherungsanlagen, Telecom und Informatik verweben sich stärker. Die industrialisierte Projektierung und das Life-Cycle-Management gleichen sich in den Anlagen-gattungen an.

9.2 Wesentliche Veränderungen auf das Business

9.2.1 Erkenntnisse aus der Konzeptphase

Die Veränderungen in den Rollen werden mit einer Berufsfeldanalyse bzw. Tätigkeits- und Kompetenzanalyse erarbeitet. Anhand der Rollen der Planer konnte die Methode erfolgreich erprobt werden. Die Ergebnisse der Analysen dienen als Basis für den Entwicklungsplan und Changemassnahmen für die Mitarbeitenden. Der Entwicklungsplan und die Changemassnahmen werden in der Verantwortung der Unternehmen erarbeitet.

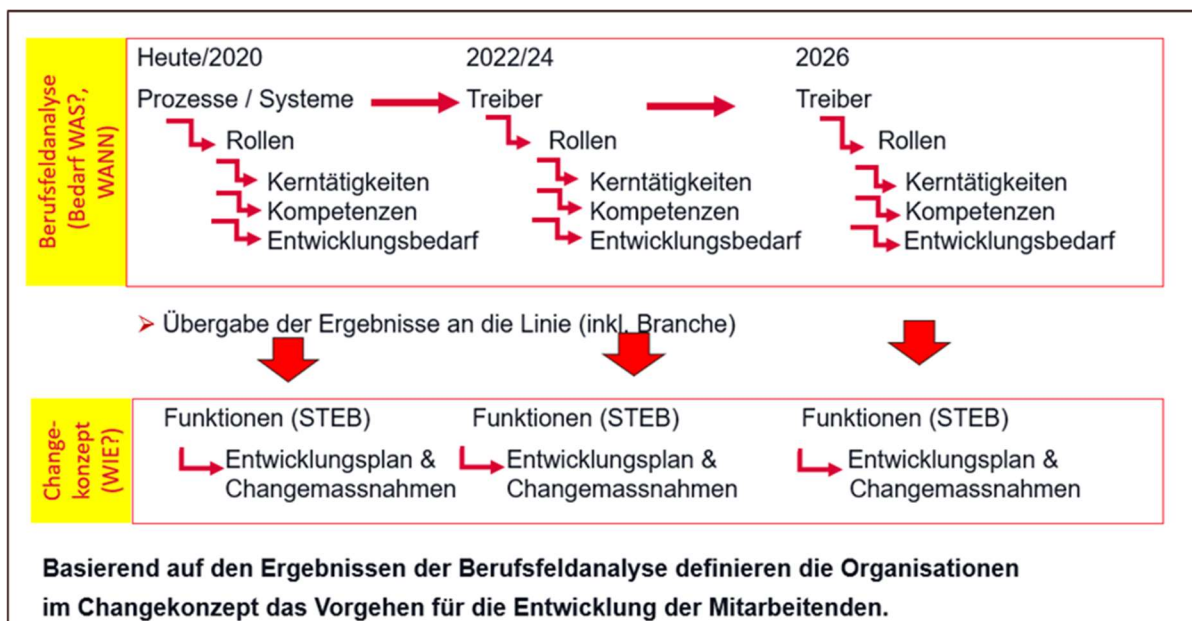


Abbildung 39: Abgrenzung der Aufgaben zwischen SR40 und Linie

Die Auswirkungen auf die Unternehmen werden jeweils in einer Übersicht zu den einzelnen Business Change Bereichen dargestellt. In aggregierter Form werden der Unternehmensnutzen, welche Aufpassfelder (im Sinne der Einführung und Veränderung) und welche Veränderungen aus Sicht der Verantwortung im Sicherheitsmanagement zu erwarten sind, zusammengefasst.

9.2.2 Übersicht im Bereich Planung

| | Änderung verst. Trassen (ÄvT) / Bestellportal I | Flux «One» | Flux «Core» / Bestellportal II | Bestellportal III | Erweiterungen TMS-PAS | Mittelfristplanung / Bestellportal IV | Langfristplanung Intervallplanung |
|-------------------|---|--|---|---|---|---|---|
| Rollout ab | 2020 | 2020 | 2022 | 2023 | 2024 | 2026 | 2028 |
| Was ändert sich? | Umleitung bereits verständiger Züge mit gleicher Zugnummer. Umsetzung Path Request. | Automatisierte Planung von Extrazügen. Effizientere Um- und Neuplanung im Zusammenhang mit Baustellen. | Automatisierte Kurzfristplanung. Generierung von Produktionsvorgaben. Übernahme Bestellung als Service-Intention. | Umsetzung TSI TAF/TAP und TTR. Ab 2024: Automatisierte Beantwortung v. Bestellanfragen der EVU. Bestellung Rangier- und Zusatzleistungen. | Vollständige Durchgängigkeit Planung – Produktion. Autom. Rangier- und Abstellplanung. Wegfall aufwändiger AVOR-Arbeiten. | Mittelfristplanung ausschliesslich über TMS. Erste Schritte Intervallplanung. | Langfristplanung über TMS. Intervallplanung als integraler Bestandteil von TMS. |
| Impact auf Rollen | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ ○ | ● ● ● ● ○ ○ | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ● ● |
| Nutzen | Erhöhung Wirtschaftlichkeit und bessere Kundeninformation | Erhöhung Wirtschaftlichkeit und Kapazitätssteigerung | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Kapazitätssteigerung und Pünktlichkeit | Erhöhung Wirtschaftlichkeit | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Kapazitätssteigerung und Pünktlichkeit | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Kapazitätssteigerung | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Kapazitätssteigerung und Pünktlichkeit |
| Risiken | | | Komplexität, Aufmerksamkeit und Akzeptanz | | Komplexität, Aufmerksamkeit und Akzeptanz | | Komplexität, Aufmerksamkeit und Akzeptanz |

Abbildung 40: Übersicht Planung

Die grössten Veränderungen werden in den Zielbildern 2022 Kurzfristplanung, 2024 durchgängige Planung inkl. Rangier und Abstellungen und 2028 Intervall und Strategische Planung erfolgen.

9.2.3 Übersicht im Bereich Betrieb

| | EFA /ADAR / DispoOp | Störungsdauerprognose | RTO «One» / RTO CH | TMS als führendes System | Autom. Rangieren / Regelbetrieb | Flächenprozesse | Volle SR40 Funktionalität |
|-------------------|--|--|---|---|---|--|--|
| Rollout ab | 2020 | 2020 | 2020 | 2022 | 2024 | 2024 | 2026 |
| Was ändert sich? | Aufhebung von Medienbrüchen. Direkter Durchgriff ALEA – RCS – ILTIS. | Verbesserte Qualität bei der Angabe der Störungsdauer. | Automatische Dispositionen Reihenfolgen und Fahrwegänderung. (schrittweiser Rollout über mehrere Jahre) | TMS als führendes System. Verschmelzung Planungs- und Durchführungsebene. | Durchgängigkeit Planung – Produktion. Automatisierte Abstellbewirtschaftung. Automatisiertes Rangieren. | Vereinfachte Kommunikation Fläche – BZ. Digitalisierung Checklisten. | Neue Betriebsprozesse. Schrittweise aut. Abwicklung Störungsbetrieb <u>Ab 2027</u> : Volle SR40-Funktionalität. Automatisches Einlegen von Sperrern. |
| Impact auf Rollen | ● ● ● ● ○ ○ | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ ○ | ● ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ● ● |
| Nutzen | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, bessere Kundeninformation und Pünktlichkeit | bessere Kundeninformation | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Kapazität und Pünktlichkeit | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, und Pünktlichkeit | Erhöhung Wirtschaftlichkeit und Kapazität | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Pünktlichkeit | Erhöhung Wirtschaftlichkeit, Kapazität bessere Kundeninformation und Pünktlichkeit |
| Risiken | Komplexität, und Akzeptanz | | Akzeptanz | | Komplexität, Aufmerksamkeit und Akzeptanz | | Komplexität, Aufmerksamkeit und Akzeptanz |

Abbildung 41: Übersicht Betrieb

Aus betrieblicher Sicht sind 2024 die durchgängige Planung in der Durchführung inkl. Rangier und Abstellplanung und 2028 mit automatischem Störungsbetrieb und Start Rollout neue Stellwerktechnologie die grossen Schritte in der Veränderung.

9.2.4 Übersicht im Bereich Zugführung

| | ADL eco 2.0 | ADL 4.0 | Warnfunktion Rangieren | Hilfsmittel im Gleisfeld | GoA2 | ETCS Level 3 | MTC |
|----------------------------|---|---|---|---|---|--|---|
| Erprobung ab Rollout ab | 2018 2020 | 2020 2021 | 2020 2022 | 2020-2024 2024-2028 | 2025 (L1 SOB: 2021) 2027 (L1 SOB: 2024) | 2025 2027 | 2027 2027 |
| Was ändert sich? | Zusätzliche statische Informationen zu Zeiten und Geschwindigkeit werden angezeigt. | Zusätzliche dynamische Informationen zum optimalen Fahrprofil werden angezeigt. | Optische bzw. akustische Warnung bei Bewegung ohne Erlaubnis bzw. gegen Ende einer Fahrerlaubnis. | Neue Prozesse und Hilfsmittel zu Fahrtbestellung, Sichern von Gleisbereichen und zur Warnung des Personals. | Fahrt zwischen zwei Haltebahnhöfen wird durch Autopilot durchgeführt. | Führerstands-signalisierung mit dynamischen Blockabschnitten, weniger Aussensignale. | Vollüberwachung und Sicherung für Rangierfahrten. |
| Impact aufs Berufsbild | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ ○ | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ○ ○ ○ | ● ○ ○ ○ ○ ○ |
| Nutzen | Energieeinsparung | Energieeinsparung und Pünktlichkeit | Sicherheit | Sicherheit und Wirtschaftlichkeit | Energieeinsparung und Kapazität | Kapazität und Wirtschaftlichkeit | Sicherheit |
| Risiken | - | Komplexität und Akzeptanz | Akzeptanz | Akzeptanz | Aufmerksamkeit | Komplexität | - |

Abbildung 42: Übersicht Auswirkungen Zugführung

Ab 2025 wird mit der Einführung des Autopilot GoA2 der wesentliche Change im Bereich Zugführung beginnen. Mit der Einführung der Funktionalitäten Führerstands-signalisierung und Sicherung der Rangierfahrten wird sich das Rangieren ab 2027 verändern.

9.2.5 Übersicht im Lifecycle Management

| | Erprobung / Isolierte Einzelstrecke | Connectivity FRMCS | Industrialisierter Rollout (ETCS-Stellwerk) | DMMC Diagnose, Monitoring, Maintenance, Configuration | Topo 4 |
|------------------------|--|--|---|---|--|
| Rollout ab | 2025 | 2025 | 2030 | 2030 | 2030 |
| Was ändert sich? | Begleitung Erprobung neue Technologie-Plattformen, schrittweise Übernahme ins LCM-Portfolio. | Neue Technologie-Generation Bereitstellung Datennetz & zusätzliche Antennen-Standorte | Übernahme der Produkt und Betriebs-Verantwortung für alle Komponenten durch Linien-Organisation | Höhere Fertigungstiefe für Diagnose & Monitoring. Steigende Anforderungen im Bereich Configuration-Management an die Flächenmitarbeiter. | Sichere und stets aktuelle Anlagendaten ermöglichen ein optimiertes LCM der Anlagen und Plattformen. |
| Impact aufs Berufsbild | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ○ ○ ○ ○ ○ | ● ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ○ ○ |
| Nutzen | - | Kapazität | Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit | Kapazität und Wirtschaftlichkeit | Durchgängige Prozesse und Sicherheit |
| Risiken | Wirtschaft, Akzeptanz | Akzeptanz, intern und in der Öffentlichkeit | Komplexität, insbesondere in Verbindung mit den Legacy-Systemen | Komplexität, insbesondere in Verbindung mit den Legacy-Systemen | Verminderte Aufmerksamkeit |

Abbildung 43: Auswirkungsmatrix LCM Horizont 2030

Mit dem Rollout der Anlagen ab 2030 wird die Verantwortung der Produkte an die Geschäftsbereiche übergeben und damit erhalten diese Bereiche ein grösseres Portfolio.

9.2.6 Übersicht im Bereich Projektierung

| | EDP | TMS Shop | «Plug & Rail» | Lokalisierung GLAT | Langfristplanung Intervalle |
|------------------------|--|--------------------------|---|---|--|
| Rollout ab | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2028 |
| Was ändert sich? | | AVOR von Intervallen | APS, OC und DMMC ermöglichen eine einfachere und automatisierte Projektierung («Plug & Rail») | Reduktion Aussenanlage, Lokalisierung Objekte | Langfristplanung der Intervalle neu in TMS |
| Impact aufs Berufsbild | ●●●●● | ●○○○○ | ●●●○○ | ●○○○○ | ●○○○○ |
| Nutzen | Wirtschaftlichkeit und durchgängige Prozesse | Durchgängige Prozesse | Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit | Wirtschaftlichkeit | Durchgängige Prozesse |
| Risiken | Akzeptanz und Aufmerksamkeit | Akzeptanz | Komplexität und Aufmerksamkeit | - | - |

Abbildung 44: Auswirkungsmatrix Projektierung Horizont 2030

Ab 2025 beginnt der Hochlauf der Projektierung der neuen Stellwerktechnologie, gleichzeitig müssen auch noch «alte» Stellwerke projektiert werden. Ab 2027 werden die Tools zur Unterstützung der «industriellen» Projektierung zur Verfügung.

9.2.7 Übersicht im Bereich Bau und Unterhalt

| | Mobile Unterstützung Flächenprozesse | AWAP | TMS Shop | Selbstständige Arbeitssicherung | Konfigurations-Mgmt. & Monitoring | APS (ETCS-Stellwerk) | Lokalisierung (GLAT) |
|------------------------|---|-----------------------------------|----------------------|---|--|--|---|
| Rollout ab | 2024 | 2024 | 2026 | 2026 | 2027 | 2027 | 2027 |
| Was ändert sich? | Mobile Hilfsmittel für Tätigkeiten im Gleis | Automatisierung Warnung | AVOR von Intervallen | Einführen und Auflösen von Arbeitssicherung | Höhere Fertigungstiefe für Diagnose & Monitoring | Konzentration & Standardisierung | Reduktion Aussenanlage, Lokalisierung Objekte |
| Impact aufs Berufsbild | ●○○○○ | ●●●○○ | ●○○○○ | ●●●○○ | ●●●○○ | ●●●○○ | ●●○○○ |
| Nutzen | Durchgängige Prozess | Wirtschaftlichkeit und Sicherheit | Durchgängige Prozess | Sicherheit und Durchgängige Prozess | Durchgängige Prozess und Verfügbarkeit | Kapazität, Pünktlichkeit, Wirtschaftlichkeit | Wirtschaftlichkeit |
| Risiken | Akzeptanz und Komplexität | Akzeptanz | Akzeptanz | Aufmerksamkeit | Komplexität | Komplexität | |

Abbildung 45: Übersicht Auswirkungen Bau und Unterhalt

2024 steht die automatisierte Warnung im Fokus. 2026 werden die Prozesse für die Arbeitssicherungen technisch unterstützt. Mit dem Rollout der neuen Technologie werden sich die Berufsbilder in diesem Bereich stark verändern.

9.2.8 Übersicht im Bereich Ausrüstung der Fahrzeuge

| | Erprobungs- strecken | Beginn branchenweite Fahrzeug- Migration | Kontinuierliche Zunahme der Anzahl migrierter Fahrzeuge | Neufahrzeuge mit COAT- Ausrüstungen | Einbau zusätzlicher Funktionalitäten | Start Migration Kernnetz |
|---------------------------|--|--|--|---|--|---|
| Rollout ab | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2030 |
| Was ändert sich? | Erste Fahrzeug- Umbauten bei Turbo und SOB für den Einsatz Erprobungs- strecken. Einfluss auf Fahrzeugunterhalt | Start branchenweite Fahrzeug- Migration auf COAT-Architektur. Einfluss auf Fahrzeugunterhalt durch neue Funktionalitäten | Kontinuierliche Erhöhung des Einflusses auf Fahrzeugunterhalt infolge COAT- Architektur | Neufahrzeuge erhalten Erstausrüstung mit COAT- Architektur. Nachrüstung der ersten Serien von Neufahrzeugen. | Einbau zusätzlicher Funktionen wie «sicheres Rangieren MTC» und genaue Lokalisierung GLAT. | In migrierten Regionen fahren keine nicht umgebauten Fahrzeuge mehr |
| Impact aufs Berufsbild | ● ○ ○ ○ ○ | ● ● ● ● ● | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ● ○ ○ | ● ○ ○ ○ ○ |
| Nutzen | | Durchgängige Prozesse | Höhere Verfügbarkeit / Durchgängige Prozess | Höhere Verfügbarkeit / Durchgängige Prozess | Höhere Verfügbarkeit / Durchgängige Prozess | Höhere Verfügbarkeit |
| Risiken | | Komplexität | Komplexität | Komplexität | Komplexität | Komplexität |

Abbildung 46: Übersicht Fahrzeugausrüstung

Das Motto im Bereich Fahrzeugausrüstung lautet: *Zielbild 2025 - der grosse Umbau der Flotte beginnt.*

9.3 Befähigung

9.3.1 Vorgehen für die Befähigung

Der Bedarf an Befähigung wird durch die einzelnen Anwendungsprojekte erfasst und durch die Verantwortlichen des Business Change mit den Linienverantwortlichen abgestimmt. Entsprechend des Bedarfs an Befähigung werden die Kosten für die Befähigung in den Projekten erfasst und für die Budgetplanung in den Linienorganisationen hinterlegt.

9.3.2 Aufwände für die Befähigung

Die Kosten für die Mitarbeitenden der Schulungsinitialisierung (d.h. Aufbau der Fachinstruktoren, Entwicklung der Schulungen und Schulungsunterlagen, Bedienerhandbücher etc.) werden von den Entwicklungsprojekten (SR40; z.B. ADL 4.0) getragen. Die Kosten für die Durchführung der Schulungen (Ausbilder, Räumlichkeiten etc.) werden vom jeweiligen Rolloutprojekt (SR40) getragen. Der Personalaufwand der Schulungsteilnehmer ist in den Erfolgsrechnungen bzw. MUP der ISB/EVU zu planen (Anzahl Stunden/Tage je Teilnehmende). Obwohl beide Kostenelemente im Business Case SR40 berücksichtigt sind, müssen die Ressourcen rechtzeitig, das heisst mit genügend zeitlichem Vorlauf seitens der EVU und ISB bereitgestellt werden.

9.3.3 Ausblick

Im Jahr 2020 werden die nächsten Berufsfeld- bzw. Tätigkeits- und Kompetenzanalysen für die Berufsgruppen der operativen Rollen im Betrieb, für die Rangierer und für die Lokführer erarbeitet.

Für die Befähigung sollen 2020 die strategischen Auswirkungen auf die Unternehmen, wie Personalveränderungen, Strukturveränderungen, andere strategische Abhängigkeiten und vertieft untersucht werden. Damit sollen den Unternehmen Hinweise für die strategische Geschäftsentwicklung gegeben werden.

10 Erprobung und Migration

10.1 Erprobungsphase

Die Erprobungsphase stellt den Abschluss der Systembereitstellungsphase dar. Die Ziele der Erprobung sind:

- a) Die Gesamtsystemintegration der SR40-Komponenten
- b) Nachweis Systemleistung
- c) Erprobung Prozesse und Werkzeuge für Rollout
- d) Erlangung von Typenzulassungen
- e) Nachweis der Wirtschaftlichkeit
- f) Tauglichkeit für den kommerziellen Betrieb

Die Betriebserprobung findet etappiert auf folgenden drei Strecken statt: Wil – Lichtensteig (SBB), Wattwil – Nesslau-Neu St. Johann (SOB) und Bern Fischermätteli – Schwarzenburg (BLS). Dank dieser Streckenwahl kann die Migration der wichtigsten Stellwerktechnologien erprobt werden und die nachfolgende Migration auf robusten Techniken und Prozessen aufbauen. Die Erprobung umfasst sowohl Relaisstellwerke wie auch elektronische Stellwerke und beinhaltet Anlagen mit und ohne gesicherte Rangierfahrstrassen. Mit diesem breit abgestützten Vorgehen der Erprobung können Prozesse, Regelwerke und Technologien branchen- und anlagenübergreifend überprüft und wo notwendig vor dem industrialisierten Rollout angepasst werden.

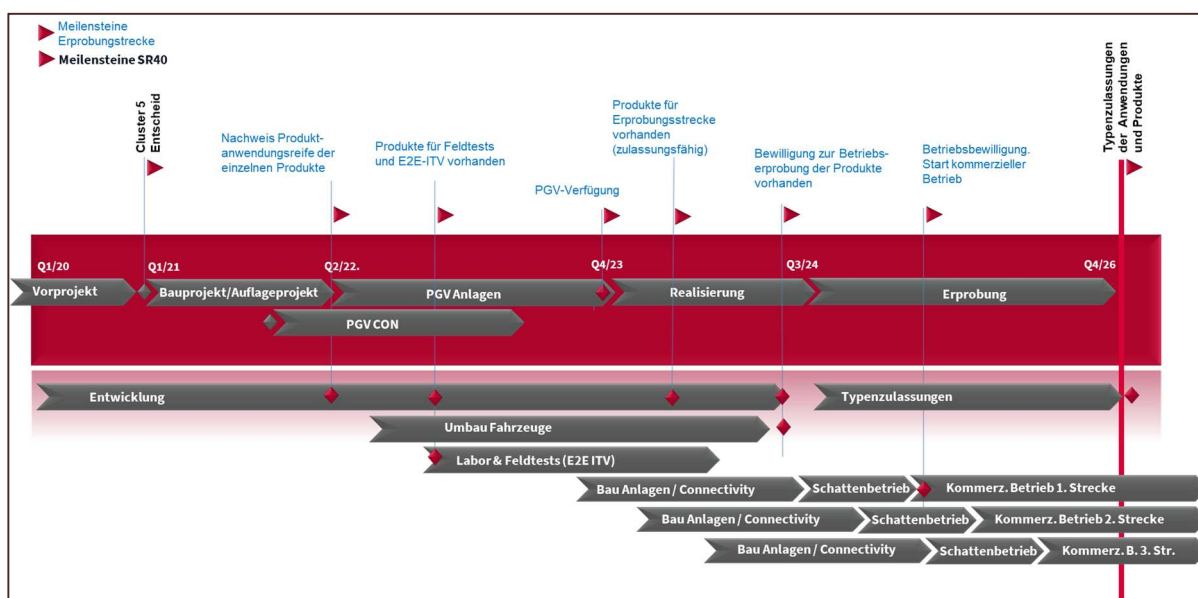


Abbildung 47: Meilensteine Erprobungsstrecken 2020-2026

Mit dem erfolgreichen Abschluss der Erprobungsphase, den notwendigen Nachweisen und Typenzulassungen kann die Migrationsphase starten.

Die folgende Abbildung zeigt die Kosten für die Erprobungsphase, aufgeteilt nach Mittelherkunft und Verwendung. Die Gesamtkosten für die Erprobung belaufen sich auf 73 Mio. CHF, darin eingeschlossen sind die Anpassungen an den Anlagen und den Erprobungsfahrzeugen. Der Grossteil der Kosten (51 MCHF) fällt in den Jahren 2021-24 an, wenn die Vorbereitungen zur Erprobung geplant sind (Umbau Anlagen, Aufbau Connectivity, Umbau Fahrzeuge).

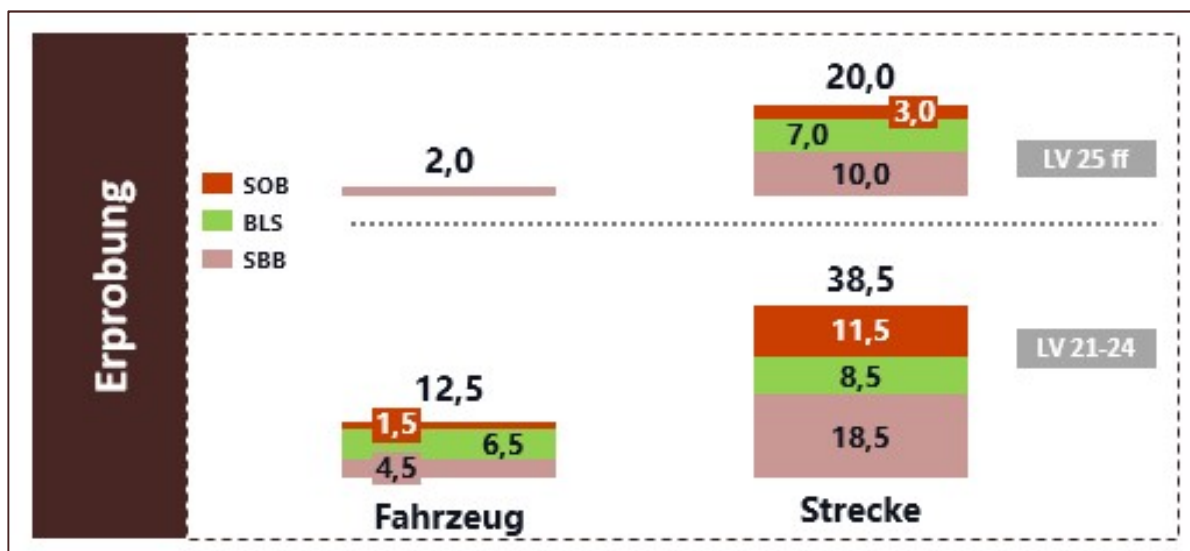


Abbildung 48: Kosten der Erprobungsphase (Mittelherkunft und Verwendung)

10.2 Migration

Die Einführung von smartrail 4.0 umfasst auf der technischen Seite die Migration der vier Aspekte Anlagen, Fahrzeuge, Connectivity und zentrale Systeme sowie der dazugehörigen Prozesse. Dies erlaubt in der gesamten Bahnproduktion Effizienz- und Kapazitätssteigerungen durch integrierte und optimierte Planung und Steuerung sowie signifikante Vereinfachungen an der Infrastruktur durch reduzierte Ausselementmengen. Der gesamte Ablauf erstreckt sich über den Zeitraum von 2020 (Einführung erster isolierter Funktionen) bis 2040 (Abschluss netzweiter Rollout auf allen Fahrzeugen und Anlagen).

10.2.1 Migration in drei Schritten

Die Migration ist in drei Schritte unterteilt (R1, R2, R3). In den Schritten R1 und R2 erfolgen noch keine Änderungen an Fahrzeugen und Anlagen, sondern sie fokussieren auf zentrale Prozesse und Funktionen. Im Schritt R1 von 2020 bis 2022 werden zunächst Unterstützungsfunktionen, erste Verbesserungen der bestehenden dispositiven und operativen Ebene und Grundlagen bereitgestellt. Darauf aufbauend wird im Schritt R2 im Zeitraum 2023-2024 der Flächenbetrieb automatisiert, d.h. Planung, Zuglenkung, Betriebsführung und auch Rangierwarnungen werden in neue zentrale SR40-Systeme überführt.

Schritt R3 stellt schliesslich die Migration der Fahrzeuge und Anlagen in die SR40-Welt dar. Der Ausrüstungsstand und das Einsatzgebiet der Fahrzeuge sind entscheidend für die Migration auf den Anlagen. Dieser Schritt ist weiter unterteilt in drei Etappen R3.1 bis R3.3.

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

10.2.2 Abhängigkeiten

Gleichzeitig werden im ganzen Netz durch diverse Programme Veränderungen vorgenommen. Diese müssen in der Rolloutplanung berücksichtigt werden. Es gilt dabei abzuwägen, ob diese vor (konventionelle Technik) oder nach der Migration (einfachere Anpassung, weniger Elemente) der Anlagen erfolgen sollen. Bezüglich dem STEP Ausbauschritt 2035 wird davon ausgegangen, dass dieser weitestgehend vor der Migration umgesetzt wird. Sollten sich die Randbedingungen verändern böten sich dabei Chancen, einzelne Projekte direkt unter SR40 umzusetzen und so Synergien zu nutzen.

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

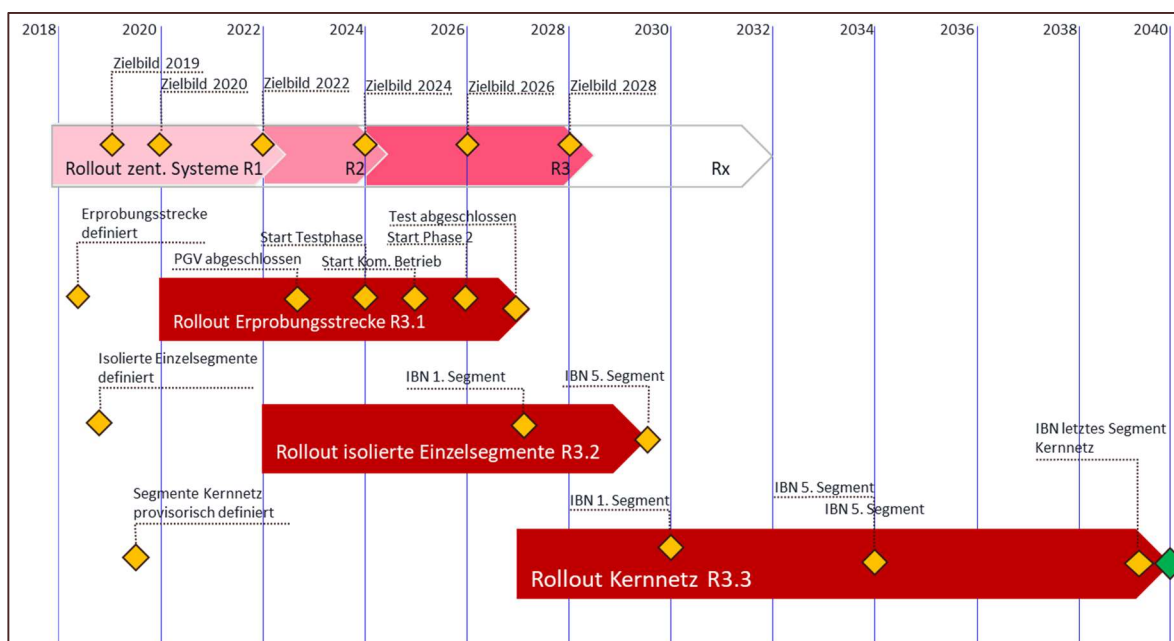


Abbildung 49: Abhängigkeiten zwischen den zentralen Systemen und dem Flächenrollout

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

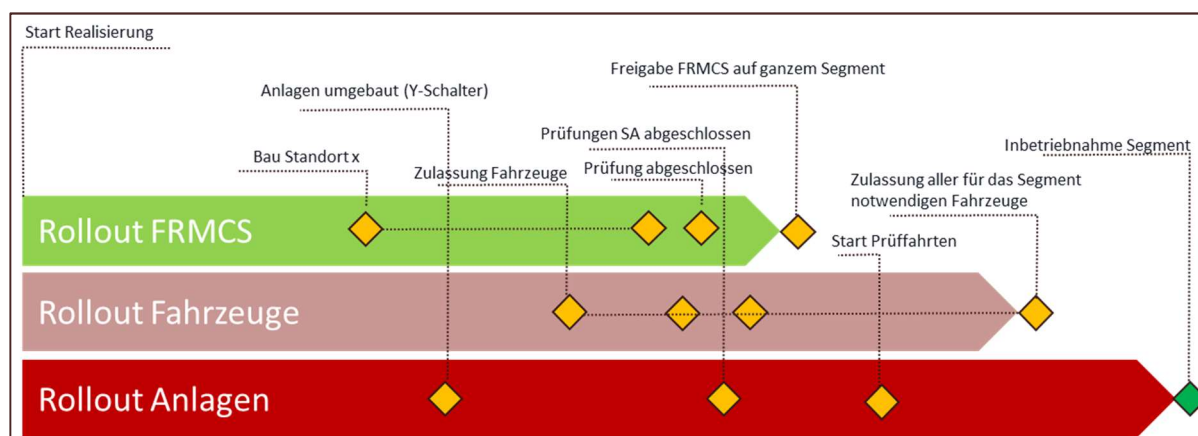


Abbildung 50: Abhängigkeiten des Rollouts innerhalb eines Segments

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

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

10.2.3 Randbedingung

Eine wichtige Randbedingung ist, dass die nötigen Zulassungen rechtzeitig vorliegen und Standards (z.B. TSI) bis 2022 von den zuständigen Gremien verabschiedet werden. Diese dienen als Basis für die Entwicklung der Fahrzeuggeräte, welche für den Fahrzeug-Rollout ab 2025 bereit sein müssen. Besonders im Hinblick auf Übergangsfristen ist der Zeitplan eng, da eine späte Einführung auch eine spätere Abschaltung der Altsysteme nach sich zieht. Damit können diese möglicherweise das technische oder wirtschaftliche Lebensende vorher erreichen. Eine Reinvestition in bald obsoletere Systeme ist auf alle Fälle zu vermeiden. Sollten Zwischenziele nicht erreicht werden, liegen Rückfallkonzepte und entsprechende Massnahmen vor, die die Verzögerung für das Gesamtprogramm minimieren.

11 Regulation

Smartrail 4.0 nutzt neue Kommunikationstechnologien und Optimierungsmethoden, um unter anderem mit der Anwendung von ETCS und ATO die Bahnproduktion der Zukunft neu aufzustellen. Die Änderungen führen auch zu einer grossen Anpassung an bestehenden Regulationen. Vor allem wird ein grosser Teil des heutigen menschlichen Handelns im Bahnbetrieb von Maschinen, Software und Algorithmen übernommen und optimiert. Das Zusammenspiel von Mensch und Technik verändert sich in einer automatisierten Welt und deshalb wird sich auch der Regulationsbedarf verändern.

Die heutigen einzelnen und separaten Vorschriften und Vorgaben werden auch durch die Systemintegration stärker voneinander abhängig oder miteinander verschmelzen. Darüber hinaus wird es Veränderungen im traditionellen Entwurfs- und Umsetzungsprozess von Regulationen geben, da internationale Vorschriften und Industriestandards zunehmend Einfluss nehmen. Im Rahmen dieser Änderungen wird es eine Vielzahl von regulatorischen Änderungsanforderungen auf nationaler und internationaler Ebene geben.

In der Übergangsphase versucht smartrail 4.0, die Richtung für die zukünftige technische Entwicklung der Eisenbahnindustrie mitzuprägen, indem es sich aktiv an der Arbeit der Gremien beteiligt und die Gestaltung zukünftiger Regelungen durch Verbesserung bzw. Änderung der bestehenden unterstützt. Gleichzeitig muss smartrail 4.0 sicherstellen, dass die Entwicklungen in SR40 allen heutigen bzw. zukünftigen Regulationen entsprechen.

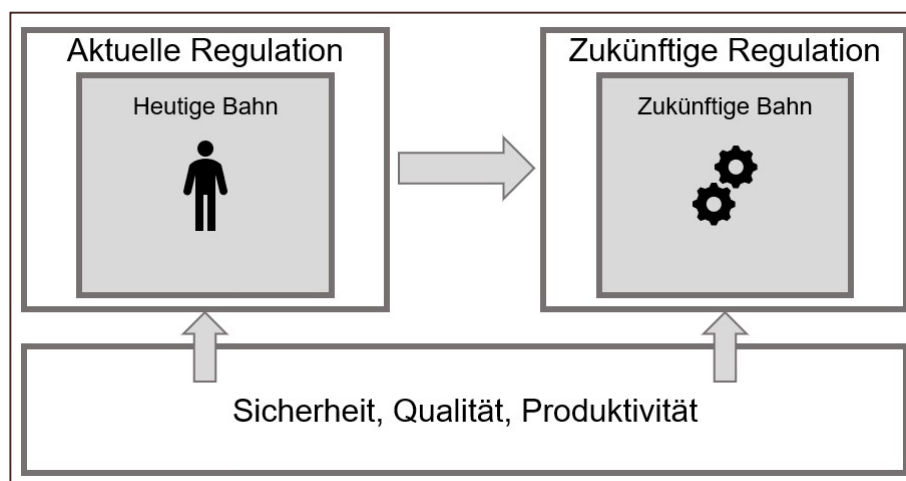


Abbildung 51: Aktuelle und zukünftige Regulationen

Im Zusammenhang mit diesen Aufgaben sind eine Reihe von Herausforderungen zu nennen, wie z.B. die langen Revisionszyklen der Verordnungen, das Zusammenspiel der verschiedenen Verordnungen, die grosse Anzahl von Interessengruppen und die möglichen Widersprüche zwischen ihnen. Auf der Ebene der täglichen Arbeit ist auch die Kommunikation über laufende Updates oder die Bereitstellung aller aktuellen Versionen von Rechtsdokumenten erforderlich, ebenso wie die Verfolgung und Archivierung von regulatorischen Änderungen aus smartrail 4.0.

Für diese Aufgaben bietet das Regulationsmanagement smartrail 4.0 eine Plattform an:

- Plattform für Verteilung und den Austausch wichtiger Informationen.
- Zugang zu den jeweils aktuell gültigen Version der geltenden Regulationen ermöglichen, damit diese eingehalten oder auf Änderungsbedarf überprüft werden können.
- Werkzeuge zur Unterstützung bei der Erstellung, Konsolidierung und Verfolgung regulatorischer Änderungsanträge.
- regelmässig Berichte über den Status der regulatorischen Änderungsanträge erstellen, so dass die Historie verfolgt und der Fortschritt überwacht werden können.

Auf diese Weise kann der Status zur Regulation jederzeit transparent überwacht werden. Dies dient zur Terminüberwachung und Risikofrüherkennung und trägt letztlich zum Erfolg des Programms bei. Dazu wurden Schlüsselrollen und -verantwortlichkeiten definiert, sowie Werkzeuge und Software zur Unterstützung wesentlicher Aufgaben implementiert. Deren Zusammenspiel stellt sicher, dass smartrail 4.0 nach Aussen zum Thema Regulation abgestimmt und mit einer Botschaft kommuniziert und dass intern Konflikte erkannt, ausgeräumt und abgestimmt werden. Klare Verantwortlichkeiten schaffen dabei Strukturen und transparent durchgängige Informationsflüsse.

12 Kooperationen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Kooperationstätigkeiten von smartrail 4.0 mit

- Bahnen, Institutionen und Gremien auf internationaler Ebene
- Forschungseinrichtungen (national und international).

Die Zusammenarbeit mit der Industrie ist im Kapitel 13 beschrieben.

12.1 Zusammenarbeit Bahnen, Institutionen, Gremien International

12.1.1 Ausgangslage und Relevanz

Wichtige Ziele von smartrail 4.0 benötigen eine internationale Kooperation. Die internationale Kooperation ist für smartrail 4.0 relevant, um die Entstehung einer «Schweizer Insellösung» zu vermeiden. Dies, um sicherzustellen, dass:

- in smartrail 4.0 benutzte Komponenten auch in anderen Ländern bestellt und benutzt werden können und damit Wettbewerb der Komponentenlieferanten, «economies-of-scale» und Austauschbarkeit der Komponenten gefördert werden;
- die Interoperabilitätsverpflichtungen weiterhin erfüllt werden und um bei Bedarf europäische Normen gemeinsam (weiter) zu entwickeln (siehe auch Sourcing Strategie).

Diese Zusammenarbeit international ist eng verflochten mit den Themen Stakeholdermanagement, Sourcing Strategie, Architektur und Umgang mit geistigem Eigentum.

12.1.2 Aktivitäten

Smartrail 4.0 ist auf vier Ebenen aktiv:

1. Breite Kommunikation. Aktive Kommunikation des Vorgehens in Publikationen, Bahngremien, Konferenzen und direkten Kontakten.
2. Bilateral. Bilaterale Zusammenarbeit mit zahlreichen internationalen Bahnen auf fokussierten Fachthemen wie Lokalisierung, FRMCS, etc. Hierzu wurden MoU (Memorandum of Understanding) zu spezifischen Zusammenarbeitsthemen mit ÖBB, SNCF und DB abgeschlossen.
3. Teilnahme in bestehenden Gremien und Arbeitsgruppen
4. Mit-Initiator von zwei Initiativen für die Harmonisierung von Anforderungen und der Gestaltung einer modularen Architektur:
 - Gründung und substanzielle Mitarbeit in der Initiative RCA (= reference CCS architecture). Diese Gruppe wurde durch die Bahn-Gremien EUG (ERTMS User Group) und EULYNX im Sommer 2018 mit einem Postulat für eine europaweit harmonisierte Architektur in Form eines Whitepapers gestartet. Dieses Whitepaper nimmt viele Ideen von smartrail 4.0 auf und bildet

die Basis für eine Zusammenarbeit unter den Bahnen. Zu EUG und EULYNX zählen insgesamt 14 europäische Bahnen.

- Gründung und substanzielle Mitarbeit in der Initiative OCORA (= open CCS on-board reference architecture). Während sich RCA auf Harmonisierung / Architektur der Infrastruktursysteme konzentriert, ist OCORA für eine Upgrade-fähige Architektur auf der Fahrzeugseite zuständig. Die Gründungsmitglieder von OCORA sind SBB, DB, NS, SNCF, ÖBB.

Die folgende Abbildung zeigt im Überblick die beiden Initiativen RCA, OCORA, welche die schon vorher gestartete Architektur von EULYNX nahtlos ergänzen.

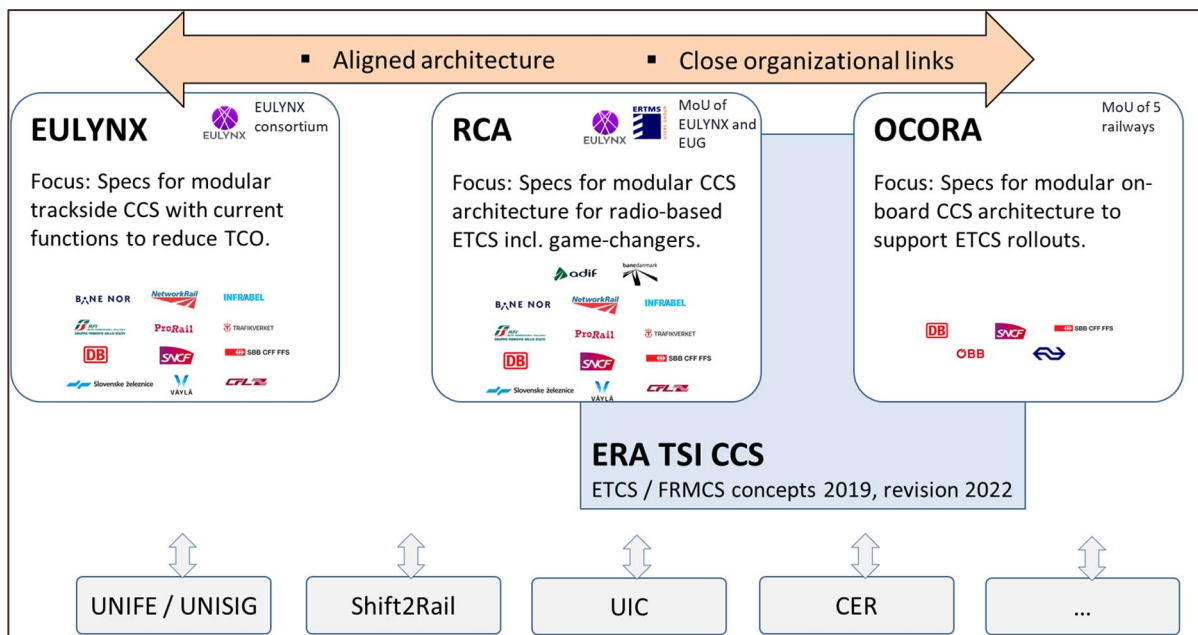


Abbildung 52: Die drei internationalen Initiativen EULYNX, RCA und OCORA

12.1.3 Stand

- Grosse Resonanz: Erfreulicherweise wird die Analyse zum Handlungsbedarf in Bezug auf den konventionellen ETCS Rollout in Europa von vielen Akteuren geteilt und mehrere grosse Bahnen (DB, NetworkRail, SNCF) haben substantielle Modernisierungsprogramme lanciert, in welchen neue Architekturen und Technologien zum Einsatz kommen sollen. Damit sind die Voraussetzungen für ein gemeinsames Vorgehen (in RCA und OCORA) sehr gut.
- Organisationen wie Shift2Rail, UIC, UNIFE interessiert sich sehr für RCA und wollen in die weitere Entwicklung integriert werden.
- RCA hat 2019 zwei Releases (Alpha, Beta) publiziert, welche breit mit Bahnen und der Industrie (Workshops in shift2rail, UNIFE) diskutiert wurden und kontinuierlich weiterentwickelt werden (RCA Gamma ist in Erarbeitung). Zu den interessanten Unterlagen gehören:
 - High-level Beschreibung der Absichten hinter RCA
 - Einführung in die Architektur von RCA
 - Wie RCA organisiert ist

- Die häufigsten Fragen, kurz zusammengefasst
- Beschreibung der Inhalte des Beta Release
- OCORA hat die Arbeit aufgenommen. Ein Kandidat für die Alpha-Version liegt vor und soll bis Ende 2019 publiziert werden.
- Wie von der ERA gefordert, haben RCA und OCORA die Liste der für die TSI 2022 benötigten TSI CR (change request) auf Ende 2019 vorbereitet.
- Smartrail 4.0 und RCA sowie OCORA sind weitestgehend synchronisiert d.h. smartrail 4.0 wird eine kompatible Implementierung von RCA resp. OCORA sein.
- Im Juni 2019 haben DB, NetworkRail und SBB in einer gemeinsam unterschriebenen Deklaration bekräftigt, Resultate aus den laufenden Programmen in RCA einzubringen und die Ausrichtung der Programme auf RCA zu committen.

Declaration of Intent

- Signed by DB, Network Rail and SBB; open to all IMs.
- Major on-going programs
 - NR «Target 190+»
 - DB «Digitale Schiene Deutschland»
 - SBB «smartrail 4.0»
- Main commitments to RCA
 - Contribution to the development of RCA
 - Application of RCA in future ERTMS rollouts
 - Follow an open and inclusive process for RCA

Commitment to RCA (reference CCS architecture) for future ERTMS rollout.

Joint declaration of DB, Network Rail and SBB
High Level European Rail Infrastructure Forum
13.6.2019, Bern, Switzerland

Abbildung 53: Absichtserklärung SBB, DB, Network Rail zu RCA

12.1.4 Ausblick

RCA und OCORA werden 2020 und darüber hinaus die jeweiligen Architekturen iterativ weiterentwickeln. Dabei wird schrittweise der Einbezug der Industrie verstärkt. Für RCA ist auf Ende 2020 mit einem Release der Spezifikation zu rechnen, der für kooperative Entwicklung der Industrie geeignet ist.

Ein wichtiger Meilenstein ist die Innotrans 2020, an welcher ein Demonstrator gezeigt werden soll, der Komponenten von RCA, OCORA und EULYNX End-to-End integriert. Der Kreis der zu RCA resp. OCORA committeten Bahnen soll schrittweise weiter vergrößert werden.

12.2 Zusammenarbeit Forschung

Für vertiefte Untersuchungen arbeitet smartrail 4.0 mit Forschungseinrichtungen im In- und Ausland zusammen. Dabei kann es sich um direkte Mandate, PhDs oder Studentenarbeiten handeln. Neben dem Hauptzweck, der Erreichung konkreter Ergebnisse, ist die Zusammenarbeit mit der Forschung auch ein Mittel, um Studierende auf die attraktiven Themen im Bahnbereich aufmerksam zu machen. Darum ist smartrail 4.0 auch an Konferenzen und Innovationsanlässen - insbesondere an ETHZ und EPFI - vertreten.

Der folgende Auszug gibt Einblick in einige der bislang adressierten Themen:

- Arbeitspsychologische Auswirkungen der Automatisierung (Auftragsforschung, FHNW)
- Traffic Management, **S**cheduling **M**ethods for **A**utomated **R**ailway **T**imetabling Improving the **E**fficiency of **S**martrail (SMARTIES, PhD, ETHZ)
- Forschungsarbeit Moving Block und Automated Train Operations (Prof. Corman, ETHZ)
- Kapazitätsplanung über alle Zeithorizonte (Auftragsforschung, ETHZ)
- Vision-based localization and mapping for high precision localization of trains with on-board sensing (PROMPT, PhD, ETHZ)
- Robustness eines Traffic Management Systems für die Bahn (Masterarbeit, RWTH Aachen)
- Zuglaufoptimierung innerhalb von Zeitbändern mittels ASP (Universität Potsdam)
- Gefährdungsanalyse mit STPA (Auftrag, ZHAW)
- Anwendung des Tools ROMA (Robust Optimization by Means of alternative Graphs) (Auftrag, Uni Roma 3)

13 Sourcing Strategie

Gegenüber klassischen Projekten gibt es bei smartrail 4.0 einige Besonderheiten:

- Einige Systeme/Komponenten, die SR40 benötigt, gibt es derzeit noch nicht als existierende Produkte (diese Situation ist auch in vielen IT-Projekten gegeben).
- Mit der Standardisierung von Schnittstellen und Funktionen, sowie der Forderung nach Austauschbarkeit und Weiterentwicklungsfähigkeit hat SR40 gegenüber den Lieferanten eine höhere «technische Eindringtiefe» als bisher.
- SR40 möchte den Wettbewerb fördern und versucht neue Marktteilnehmer zu interessieren.
- SR40 versucht (via Harmonisierung von Architekturen/Schnittstellen in Europa) Effekte über die Schweiz hinaus zu erreichen (Initiativen RCA und OCORA), damit für die Industrie grössere Serien entstehen.

Dies bedeutet, dass SR40 in vielen Fällen auch «marktgestaltend» agiert. Diese Markgestaltung ist von verschiedenen Rahmenbedingungen abhängig, welche im nächsten Abschnitt kurz dargestellt werden, bevor die eigentlichen Ziele und Leitplanken beschrieben werden.

13.1 Zweck und Umfang übergeordnete Grundsätze Sourcing

Generell muss die Sourcing Strategie die Erreichung des Business Case und somit der wirtschaftlichen Ziele, der Leistungsziele sowie der strategischen Ziele aller Partnerbahnen von SR40 unterstützen und durch internationale Standardisierung, Harmonisierung und Abstimmung einen internationalen Markt schaffen. Die Sourcing Strategie ist das Schlüsselwerkzeug, um alle notwendigen Beschaffungen im Rahmen von smartrail 4.0 koordiniert durchzuführen und dabei die Programmziele umzusetzen sowie die strategischen Ziele der teilnehmenden Bahnen im Programm zu berücksichtigen. Die Umsetzung der Sourcing Strategie muss damit den Rahmen für programmzielgerechte Beschaffungen in den einzelnen Projekten, Programmen und Programmphasen liefern.

Ziel der «übergeordneten» Sourcing Strategie smartrail 4.0 ist die Festlegung des verbindlichen Rahmens in welchem sich die aktuellen Projekte von smartrail 4.0 und die zukünftigen Projekte sowie Beschaffungen von smartrail 4.0 und der Partnerbahnen in Zusammenhang mit smartrail 4.0 bewegen. Das Zielpublikum der Sourcing Strategie sind der Lenkungsausschuss SR40, die Programm- und Projektleiter, die Experten des BAVs sowie die relevanten Anlagenmanager und relevante Querschnittsfunktionen.

Für die Festlegung einer gemeinsamen Sourcing- und Beschaffungsstrategie sollen die vereinbarten grundsätzlichen Prinzipien bezüglich unternehmerischer Eigenständigkeit und betrieblicher Entscheidungsflexibilität weiterhin gelten und durch das Programm SR40 nicht negativ beeinflusst werden.

Die Sourcing Strategie richtet sich dabei an folgenden wichtigen organisatorischen Rahmenbedingungen aus: smartrail 4.0 wird als Branchenprogramm unter der Führung der SBB mit den beteiligten Bahnen (SBB, BLS, SOB, RhB, tpf und VöV) geführt. Die Erarbeitung («Design und Entwicklung») des SR40-Baukastens erfolgt in der Systembereitstellungs-/Erprobungsphase gemeinsam im Programm SR40. Beschaffungen für Fertigung und Rollout des «Baukastens» SR40 erfolgt grundsätzlich individuell durch die einzelnen Programmpartner, ausser bei Bestand einer Vereinbarung zur weitergehenden Zusammenarbeit. Der Betrieb von zentralen/gemeinsamen SR40-Plattformen (Service Cluster) wird vertraglich geregelt. Kontinuierliche Systempflege und Weiterentwicklung koordiniert der SR40-Systemverantwortliche.

Um die strategischen Sourcing Grundsätze des Programms definieren zu können, startet die Betrachtung und Festlegung der strategischen Sourcing Grundsätze aus der Perspektive der Rollout bzw. Betriebsphase ab 2027. Dies ist notwendig, da in dieser Phase die eigentliche Beschaffung von SR40 Produkten und Dienstleistungen für die teilnehmenden Bahnen stattfindet. So wird verhindert, dass die Beschaffungen in der Systembereitstellungs- und Erprobungsphase zu Nachteilen im Rollout/Betrieb führen. Mögliche Beschaffungsansätze für die Entwicklung müssen sich somit immer an den formulierten strategischen Sourcing Grundsätzen messen lassen. Aus den strategischen Sourcing Grundsätzen der Rollout und Betriebsphase werden somit strategische Sourcing Grundsätze für die Systembereitstellungs- und Erprobungsphase abgeleitet.

Folgende zehn Grundsätze sind gültig:

- 1) Vermeidung von Schweiz-spezifischen Lösungen durch internationale Harmonisierung der Anforderungen und gemeinsame Architektur,
- 2) Monopolvermeidung,
- 3) Reduktion der Herstellerabhängigkeit durch definierte Schnittstellen,
- 4) Marktfähige Ausschreibung der Leistungsobjekte,
- 5) Betrachtung des Lebenszyklus für eine TCO-Betrachtung
- 6) Produktifizierung durch die Industrie oder mit mindestens einem strategischen Partner,
- 7) Eigenentwicklung nur bei hoher Spezifität,
- 8) Adaption vor Neuentwicklung
- 9) Wettbewerbsförderung durch internationale Standardisierung und Marktöffnung
- 10) Desaggregation so wenig wie möglich, so weit wie nötig.

Wegen der markanten Unterschiede der Cluster werden die strategischen Sourcing Grundsätze der Systembereitstellungs-/Erprobungsphase gemäss Clustern differenziert. D.h. für die Entscheidungsschritte werden die Beschaffungsgrundsätze und -ansätze projektspezifisch abgeleitet und beschrieben. Hierbei liegt der Fokus auf der innerhalb der Systembereitstellung primär beschaffenden Bahn.

13.2 Rahmenbedingungen und Ziele Sourcing

Auch für die Festlegung eines gemeinsamen Sourcing- und Beschaffungs-Vorgehens sollen die vereinbarten grundsätzlichen Prinzipien bezüglich unternehmerischer Eigenständigkeit und betrieblicher Entscheidungsflexibilität gelten und durch das Programm SR40 nicht negativ beeinflusst werden. Dabei gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Sicherstellen der unternehmerischen Eigenständigkeit und Vermeidung von weiteren unerwünschten Abhängigkeiten
- Sicherstellen der derzeitigen betrieblichen und unternehmerischen Entscheidungsfreiheit und Flexibilität

Mit den Sourcing Grundsätzen werden weiterhin folgende Ziele verfolgt:

- Erreichen der wirtschaftlichen Ziele gemäss Business Case sowie der weiteren Leistungs- und Effizienzziele.
- Möglichkeit zur Beschaffung von «Turn-Key-Solutions» bzw. integrierter Systeme statt einzelner Bauteile/Produkte von der Industrie ohne (übermässige) interne Integrationsleistung.
- Sicherstellen der Umsetzbarkeit von SR40 bei den Partnerbahnen.
- Es ist sicherzustellen, dass Produkte und Dienstleistungen gemäss Erwartungen Business Case (Preis/Leistung in TCO-Sicht) auf dem Markt bezogen werden können.
- Schaffen eines offenen, internationalen Marktes zur Beschaffung von SR40 Komponenten.
- Technisch und kommerziell die Weiterentwicklungs-/ Innovationsfähigkeit (Upgradeability) sicherstellen.
- Termingerechte Inbetriebnahme und stabilen Betrieb sicherstellen.
- Schädliche Einflüsse auf bestehende Anlagen/Leistungen vermeiden oder bewältigen.
- Entstehung eines modularen Baukastens mit klar definierten Schnittstellen, der durch die Partnerbahnen im Rahmen ihrer unternehmerischen Eigenständigkeit genutzt werden kann. Dies gilt auch für internationale Nutzung.
- Vermeiden von Lock-In Effekten.

13.3 Ausblick

Das geplante Vorgehen im Programm ES wird 2020 für klare Marktsignale sorgen. Das Programm smartrail 4.0 wird ab 2020 die Stelle Sourcing-Strategie vollamtlich besetzen, um die Kontaktfläche mit der Industrie zu erhöhen.

SR40 plant in RCA ab 2020 einen Einbezug von Industrievertretern im Architekturprozess zu erreichen. Für die Innotrans 2020 ist ein gemeinsamer RCA-Demonstrator geplant. In shift2rail wird ab 2020 im spezifisch dafür geschaffenen Projekt Linx4Rail (Vertreter von Bahnen und der Industrie) die Verknüpfung von RCA und OCORA mit den shift2rail Projekten angegangen.

Für die Cluster ist das geplante Vorgehen wie folgt:

Cluster 1: Verkauf, Planung und Steuerung Kapazität

- Für TMS werden keine ausschreibefähigen Spezifikationen erstellt.
- Für TMS wählt SR40 einen Single-Provider Ansatz: Das TMS wird ohne Ausschreibung von einem einzigen Lieferanten beschafft.
- Der Lieferant und Partner für TMS sind die SBB. Dies gilt für die ursprüngliche Erstellung des Programms wie auch für das Life Cycle Management.
- Der Clusterbeschrieb bzw. die Nutzungsvereinbarung dienen dazu Fragen der Governance, des Einflusses der Partner bzw. Nutzer auf Betrieb und Entwicklung sowie der Finanzierung zu klären.

Cluster 2: Führerstandsignalisierung industrialisiert

Da für die Lieferobjekte des Cluster 2 noch keine ausschreibungsfähigen Spezifikationen definiert werden können, geht der Sourcing Ansatz dahin, dass die Anforderungen und Spezifikationen basierend auf den klaren Schnittstellendefinitionen der RCA in Industrie-Partnerschaften erarbeitet werden.

Cluster 3: Mobilfunk (Connectivity)

- Einkauf von Commercial Off-The-Shelf (COTS) Produkten: SR40 beschafft bestehende Produkte und setzt diese unverändert ein.
- Einkauf von Service Provider Leistungen eines 5G Mobilfunkproviders.
- Offen und mit dem Clusterbeschrieb bzw. der Nutzungsvereinbarung zu klären sind: In wie weit können bei einer gemeinsamen Realisierung (FRMCS seitens der Bahnen, 5G der öffentlichen Mobilfunkanbieter) allfällige Synergien genutzt werden (alternativ oder zusätzlich zum Einkauf von Providerleistungen)?

Cluster 4: Modularisierte CCS Fahrzeugarchitektur (COAT)

Eigenentwicklung mit Sharing Ansatz: SR40 entwickelt selbst einen Demonstrator (mit oder ohne verlängerter Werkbank). Dabei wird ein COAT Lastenheft und Proof of Concept (Hardware und Software) erstellt. Es wird angestrebt, dass entstehende Resultate mit anderen Bahnen und der Industrie (außerhalb SR40) geteilt werden. Anschliessend erfolgt die Produktentwicklung durch die Industrie.

Cluster 5a «Lokalisierung»

- Entwicklung GLAT Onboard / Vehicle Locator, Entwicklung GLAT Tag und Mobile Object Transactor / zentrale Applikationen für GLAT Onboard / Vehicle: Erarbeitung der Spezifikationen mit der Industrie. Anschliessend Produktentwicklung durch die Industrie.
- Entwicklung AWAP+ Software, Entwicklung AWAP+ Endgeräte: Auftragsentwicklung mit Produktifizierungsauftrag: SR40 gibt einen Auftrag zur Entwicklung einer Komponente, stellt aber sicher, dass der Anbieter diese Entwicklung in einem Produktstatus führen kann und will.

Cluster 5b «Autopilot»

- Auftragsentwicklung mit Produktifizierungsauftrag: SR40 gibt einen Auftrag zur Entwicklung einer Komponente, stellt aber gleichzeitig sicher, dass der Anbieter diese Entwicklung in einem Produktstatus führen kann und will.

Cluster 5c «Erprobungsvorbereitung»

Zurzeit sind noch keine Grundsätze definiert.

14 Chancen & Risiken

Das Chancen- und Risikomanagement verfolgt das Ziel, im Sinne eines Frühwarnsystems potenzielle Abweichungen zu den geplanten Zielen vorausschauend zu erkennen, Auswirkungen auf den Programmerfolg zu bewerten und angemessen darauf zu reagieren. Es liefert eine unverzichtbare Informationsgrundlage für Entscheidungs- und Kontrollgremien auf allen Programmebenen.

Im zweiten Halbjahr 2019 wurden das Chancen- und Risikoinventar aller Projekte nach detaillierten zentralen Vorgaben qualitativ und quantitativ strukturiert überarbeitet. Eine Challenging-Runde der Chancen- und Risikoinformationen durch externe Spezialisten mit Branchen-Knowhow hat zu einer Qualitätssteigerung in folgenden Dimensionen beigetragen:

- präzisere Beschreibung und Abgrenzung der Chancen und Risiken zum besseren fachlichen Verständnis,
- umfassendere Analyse der potenziellen Auswirkungen auf den Projekterfolg,
- fundiertere Herleitung der monetären Auswirkungen je Chance und Risiko,
- einheitliche Verwendung der Bewertungsmassstäbe zur erhöhten Durchgängigkeit der Chancen- und Risikoinformationen und
- Festlegung einer Bewältigungsstrategie je Einzelrisiko.

Das detaillierte Chancen- und Risikoinventar von smartrail 4.0 enthält derzeit auf allen Berichtsstufen 47 Chancen und 212 Risiken nebst bereits eingeleiteten oder geplanten Massnahmen. Diese derzeit 259 Chancen und Risiken wurden über ein mehrstufiges Auswahlverfahren verdichtet.

Als Weiterentwicklung zum BAV Zwischenbericht ist die eindeutige Zuordnung jedes Einzelrisikos und jeder Einzelchance zu einem durch die Programmleitung modellierten Szenario SR40 und zur durch den LA freigegebenen Risikolandschaft möglich. Dadurch können fundiert die Chancen und Risiken aggregiert und zu den Grosschancen und Grossrisiken verdichtet werden (siehe nachfolgende Abbildung).

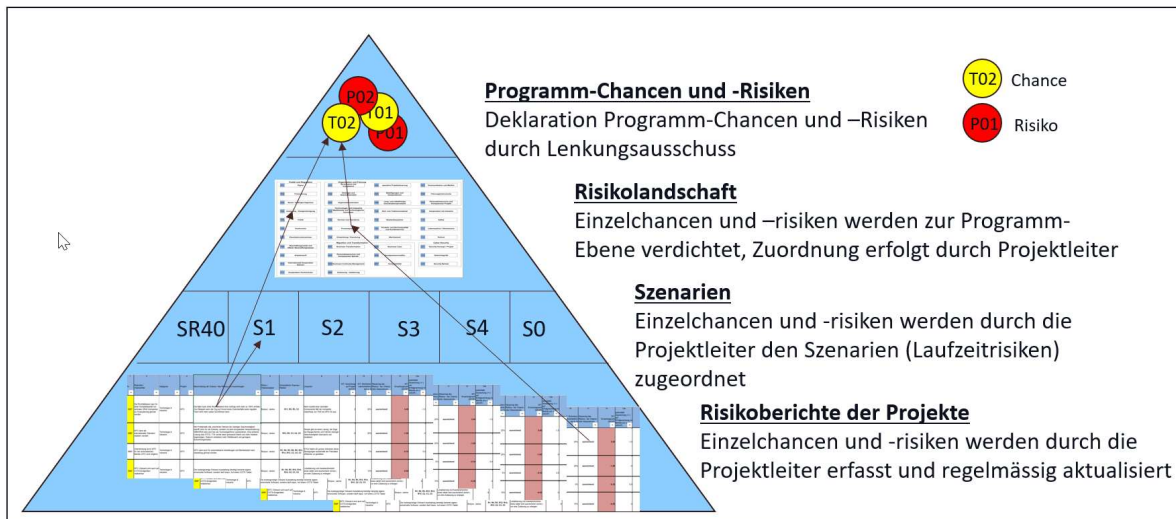


Abbildung 54: Chancen / Risiken Potenzial

Je Einzelchancen und -risiken wurden steuerungsrelevante Informationen für potenzielle Auswirkungen auf das geplante Budget, auf deren zeitliche Komponente (Programmverzögerung) sowie auf die Auswirkungen auf die geplanten Nutzenpotenziale des Business Cases, als wiederkehrender Nutzen erhoben. Die monetäre Bewertung und Modellierung der Laufzeitriskiken erfolgt übergeordnet durch die Programmleitung und die Spezialisten für den Business Case.

Die engere Vernetzung zwischen Risikomanagement und Business Case schafft die Grundlage zur besseren Anwendung der risikobasierten Szenariotechnik und zur frühzeitigen Erkennung von Unsicherheiten für Budget und Payback.

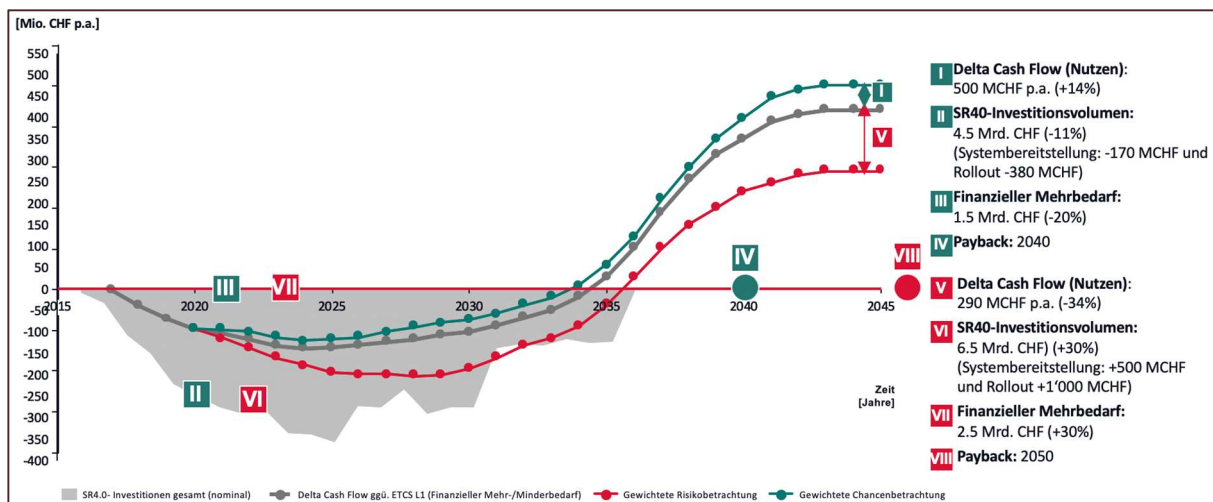


Abbildung 55: gewichtetes Chancen / Risiken Potenzial

14.1 Risikolandschaft mit Risikokategorien per 31.12.19

Die Risikolandschaft besteht aus 5 Kategorien mit zusammen 42 Unterkategorien, die in den Interviewrunden mit den Projekt- und Programmleitern bestätigt wurden und den Programm Chancen und Risiken zugeordnet wurden.

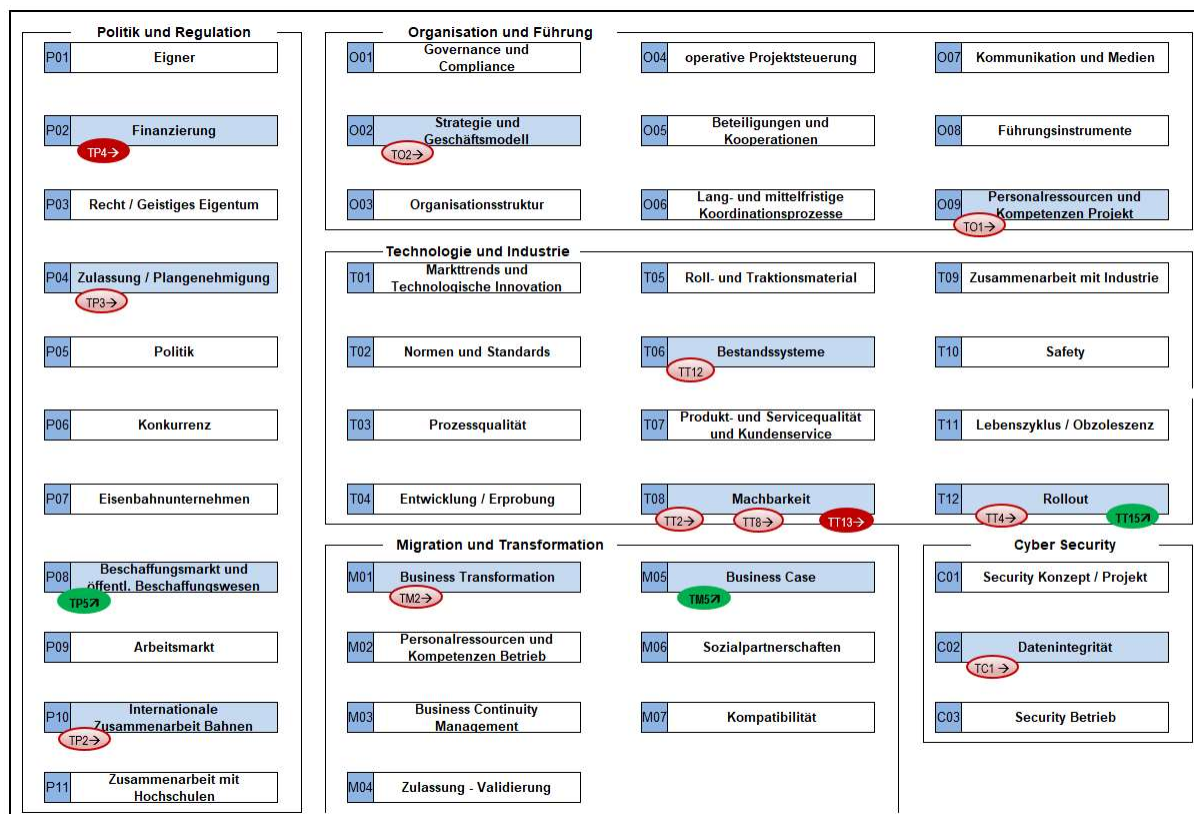


Abbildung 56: SR40 Programm - Chancen und Risiken je Unterkategorie

Zusammenfassend enthält das Portfolio für den Lenkungsausschuss SR40 per 31.12.2019 12 Risiken und 3 Chancen, die in der Risikolandschaft auf die 5 Kategorien Politik und Regulation, Organisation und Führung, Technologie und Industrie, Migration und Transformation sowie Cyber Security verteilt sind.

14.2 Matrix der grössten Chancen und Risiken per 31.12.2019

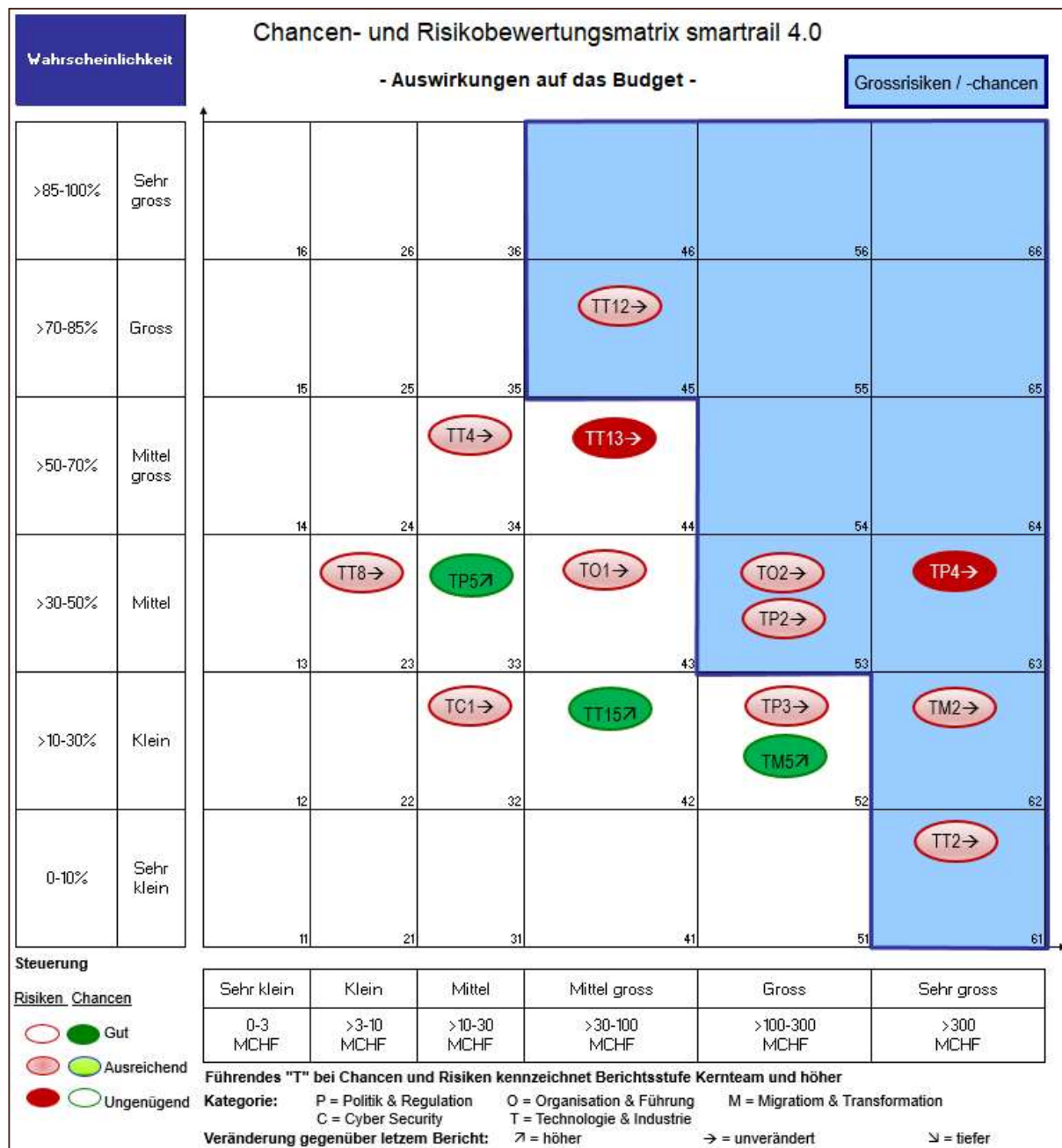


Abbildung 57: Chancen- und Risikomatrix SR40

Politik und Regulation

- TP2: Risiko, dass die internationale Abstimmung der SR40-Lösungen zu einem Industriestandard nicht gelingt.
- TP3: Risiko, dass sich Teile von SR40 als nicht zulassungsfähig erweisen oder notwendige Nachweise nicht erbracht werden können.
- TP4: Risiko, dass die Finanzierung von SR40 mittel- und langfristig nicht gesichert ist.
- TP5: Chance, dass sich durch internationale Standardisierung und Bündelungseffekte in der Beschaffung die Kosten reduzieren lassen.

Organisation und Führung

- TO1: Risiko, dass sich durch Mangel an ausreichend qualifizierten Fachressourcen (intern und extern) Engpässe ergeben und sich die Kosten erhöhen.
- TO2: Risiko, dass die Strategie der modularen Fahrzeugausrüstung (COAT) scheitert.

Technologie und Industrie

- TT2: Risiko, dass sich Nutzenpotentiale in Wirtschaftlichkeit und/oder Leistungsfähigkeit als technisch nicht oder nur verzögert realisierbar oder implementierbar herausstellen.
- TT4: Risiko, dass Einsparungen gegen FRMCS den Rollout verzögern.
- TT8: Risiko, dass für die Lokalisierung keine, keine ökonomisch darstellbare oder zulassbare Technische / Betriebliche Machbarkeit realisiert werden kann.
- TT12: Risiko, dass durch die Sanierung von Altlasten der Bestandssysteme der Programmerfolg gefährdet ist.
- TT13: Risiko, dass die Data Governance nicht wie geplant umsetzbar ist.
- TT15: Chance, dass die Optimierung der Bremskurven (ETCS Baseline 3) zu einer höheren Kapazität führen.

Migration und Transformation

- TM2: Risiko, dass die Business Transformation sowie die Weiterqualifizierung des Personals nicht mit den technologischen Umbrüchen durch SR40 mithalten kann.
- TM5: Chance, dass sich im Bereich Connectivity bei der Verdichtung von Antennenstandorten und Kooperationsmodellen mit Public Providern die Kosten deutlich senken lassen.

Cyber Security

- TC1: Risiko, dass Schadsoftware eine Fremdkontrolle der produktiven Systeme ermöglicht

14.3 Ausblick

Die verbesserten Grundlagen auf Ebene Projektrisiken haben Einfluss auf die übergeordneten Programmrisiken, die in der kommenden Aktualisierungsrunde zu Präzisierungen der Risikobewertungen führen werden. Die zugeordnete Bewältigungsstrategie ist nun noch konsequenter mit weiteren Massnahmen zu unterlegen. Die erfolgte Vernetzung von Risikomanagement und Business Case bietet erweiterte Möglichkeiten zur verbesserten Steuerung der Chancen und Risiken, die schrittweise definiert und umgesetzt werden

Der bereits begonnenen Prozesse über die verschiedenen Programmebenen soll künftig in ein kontinuierliches Risikomanagement als fortlaufenden Prozess für SR40 etabliert werden.

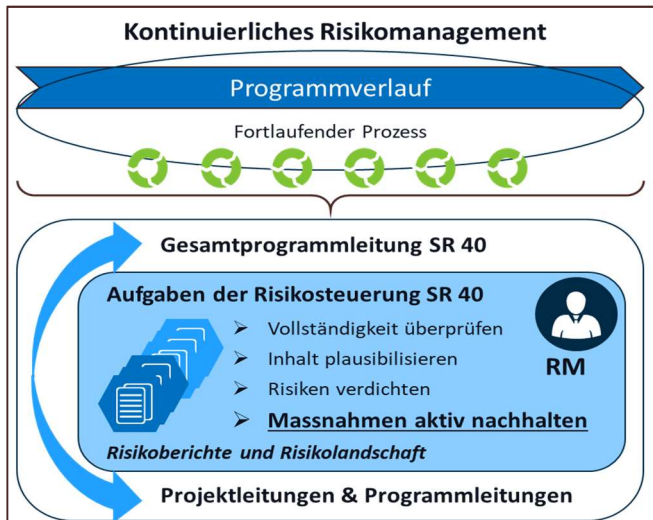


Abbildung 58: Kontinuierliches Risikomanagement

Beim Prozess wird besonderer Wert auf klar definierte Anforderungen an die einzelnen Berichtsebenen gelegt, welche durch das künftige Risikomanagement kaskadierend betreut werden sollen.

Zu diesen Anforderungen gehören auch mit der Gesamtprojektleitung eindeutig definierte Kriterien, welche Risiken auf die jeweils höhere Berichtsebene tragen.

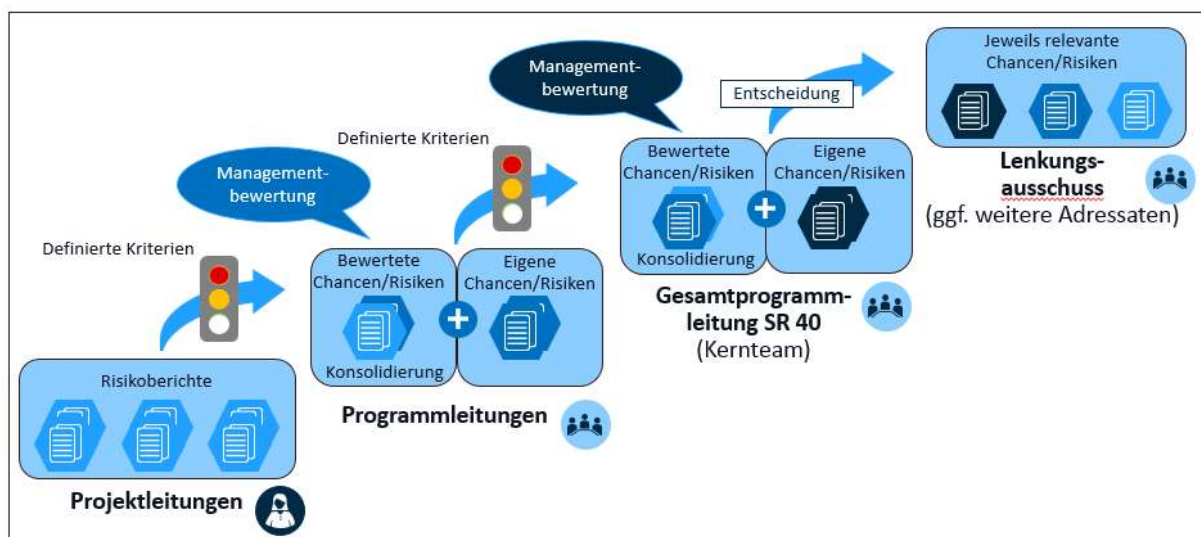


Abbildung 59: Kaskade des Risikomanagements

Neben dem Prozess des Risikomanagements entwickelt das Team in Abstimmung mit Programm- und Projektleitern eine Erweiterung der Inhalte der Risikoberichte insbesondere auch im Hinblick auf die Massnahmen zur Gegensteuerung sowie die Bewertung der Risiken nach diesen Massnahmen.

15 Glossar

| Abkürzung | Beschreibung |
|---------------|---|
| 5G | Nachfolgesystem vom Mobilfunksystem LTE (4G), welches heute der Standard ist. Es ist davon auszugehen, dass ab 2020 der neue Standard 5G in der Schweiz ausgerollt werden kann. |
| APS | Advanced protection System (RCA Begriff). Die Software der Zentralen Sicherheitslogik (analog zur «Innenanlage» des Stellwerkwerks). |
| ATO | Automatic Train Operation. Der automatisierte Zugbetrieb besteht aus 5 Automatisierungsstufen (GoA 0 - GoA 4). |
| AWAP | Automatisierung Warnprozesse – über mobile Warnanlagen sollen Bauarbeiter automatisiert über einen herannahenden Zug gewarnt werden. Dadurch kann Personal eingespart und die Sicherheit erhöht werden. |
| Balise | Technische Einrichtung im Gleisbett zur Übertragung von Daten auf das Triebfahrzeug, welche zur Sicherung der Züge auf der Strecke gegen Folge- oder Gegenfahrten von Zügen dient. |
| BCM | Betriebskontinuitätsmanagement (BKM; Englisch: business continuity management (BCM)) bezeichnet in der Betriebswirtschaftslehre die Entwicklung von Strategien, Plänen und Handlungen, um Tätigkeiten oder Prozesse – deren Unterbrechung der Organisation ernsthafte Schäden oder vernichtende Verluste zufügen würden (etwa Betriebsstörungen) – zu schützen bzw. alternative Abläufe zu ermöglichen. |
| BIA | Mit einer Business-Impact-Analyse (BIA) kann im Rahmen von BCM die Auswirkungen bei Ausfällen und die Kritikalität jedes Prozesses für den Gesamtkonzern und die benötigte Wiederanlaufzeit aufgedeckt werden. |
| CCS | Control Command Signalling: System, das in der Lage ist, ein Movable Object (bewegliches Objekt) zu führen und zu leiten. |
| COAT | CCS onboard application platform for trackside related functions. COAT 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. |
| COTS | Als commercial off-the-shelf oder auch components-off-the-shelf (englisch für Kommerzielle Produkte aus dem Regal), kurz COTS, werden seriengefertigte Produkte aus dem Elektronik- oder Softwaresektor bezeichnet, die in großer Stückzahl völlig gleichartig (ugs. „von der Stange“) aufgebaut und verkauft werden. |
| DACH | Internationaler Austausch zu fachlichen und strategischen Themen zwischen Deutschland (D), Österreich (A) und Schweiz (CH). |
| ERTMS | European Railway Traffic Management System. Das Europäische Eisenbahnverkehrsleitsystem (ERTMS) ist das System von Normen für das Management und die Zusammenarbeit von Signalanlagen für Eisenbahnen durch die Europäische Union (EU). Es wird von der Agentur der Europäischen Union für Eisenbahnen (ERA) geleitet und ist das organisatorische Dach für die separat verwalteten Teile von <ul style="list-style-type: none"> • GSM-R (Kommunikation), • Europäisches Zugsicherungssystem (ETCS, Signaltechnik), • European Train Management Layer (ETML, Nutzlastmanagement) |

| | |
|--------------|---|
| | Das Hauptziel von ERTMS ist die Förderung der Interoperabilität von Zügen in der EU. Ziel ist es, die Sicherheit deutlich zu erhöhen, die Effizienz des Eisenbahnverkehrs zu steigern und die grenzüberschreitende Interoperabilität des Schienenverkehrs in Europa zu verbessern. Dies geschieht durch den Ersatz früherer nationaler Signalanlagen und Betriebsverfahren durch eine einzige neue europaweite Norm für Zugsteuerungs- und Führungssysteme. |
| ETCS | Das Europäische Zugsicherungssystem (ETCS) ist die Signal- und Steuerungskomponente des Europäischen Eisenbahnverkehrsleitsystems (ERTMS). Es ist ein Ersatz für alte Zugsicherungssysteme und soll die vielen inkompatiblen Sicherheitssysteme ersetzen, die derzeit von den europäischen Eisenbahnen eingesetzt werden. Die Norm wurde auch ausserhalb Europas übernommen und ist eine Option für den weltweiten Einsatz. |
| EVU | Eisenbahn Verkehrs Unternehmen. Gesellschaft, welche eine Zulassung zum Güter- oder Personentransport auf der Schiene mit eigenem Fahrzeug (FZ), und eigenem Personal, internes (Personal, internes) hat. Innerhalb des Wagenverwaltungssystems (WVS) existiert eine EVU und ein Frachtführer. Die EVU hat einen oder mehrere Debitorcode, die der Abrechnung der Infrastrukturbetreiberin dienen. |
| FDV | Die Fahrdienstvorschriften (FDV) sind die Vorschriften, welche für alle schweizerischen Eisenbahnen sowie für alle Bahnen, die schweizerische Eisenbahninfrastrukturen nutzen, gültig sind. Sie umfassen die sicherheitsrelevanten Regeln für alle Fahrten auf Schienen. Das Bundesamt für Verkehr erlässt gestützt auf Art. 11a der Eisenbahnverordnung vom 23. November 1983 EBV (742.141.1) die Schweizerischen Fahrdienstvorschriften FDV. Die Eisenbahnverkehrsunternehmung und Infrastrukturbetreiberin können zusätzlich zu den FDV verschärfte bzw. präzisierende Ausführungsbestimmungen erlassen. |
| FLUX | Eine Softwarekomponente in der TMS Software KapaPlan zur Optimierung des Fahrplans. Die Bezeichnung wurde in Anleihe zu einem bekannten Film gewählt und stellt keine Abkürzung dar. |
| FRMCS | Future Railway Mobile Communication System. Künftiges GSM-R Nachfolgesystem. Die UIC hat die Anforderungsspezifikation abgeschlossen und an die Mobilfunk-Standardisierungsorganisation (3rd Generation Partnership Project 3GPP) zur technischen Spezifizierung übergeben. |
| GFM | Gleisfreimeldeeinrichtungen |
| GNSS | Global Navigation Satellite Systems. Die Positionen der Objekte auf dem Eisenbahnnetz sind durch den Einsatz von globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS) zu lokalisieren. Als Systeme sind GPS und Galileo zu verwenden, die eine Positionsgenauigkeit von 1 m aufweisen müssen. |
| GOA | <p>«Grade of Automation» bezeichnet den Grad der Automatisierung beim automatisierte Fahrbetrieb. Die Liste der automatisierbaren Tätigkeiten des Lokführers wird in 5 Kategorien unterteilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GoA 0: Keine Automatisierung, alles liegt in den Händen des Lokführers. • GoA 1: Der Lokführer wird an unsicheren Handlungen gehindert (z.B. das Überfahren eines Signals). Dies ist der heutige Automatisierungsgrad bei der SBB und anderen Bahnen. • GoA 2: Der Lokführer ist zwar anwesend, während der Fahrt übernimmt aber ein System die Geschwindigkeitssteuerung oder am Bahnhof die Türsteuerung (Autopilot). • GoA 3: Im Führerstand ist keine Person mehr anwesend, die meisten Prozesse sind automatisiert. In schwierig zu automatisierenden Situationen |

| | |
|--------------|--|
| | <p>(z.B. Fahrt auf Sicht bei Störungen) erfolgt eine manuelle Fernsteuerung z.B. durch den Zugbegleiter oder durch die Betriebszentrale.</p> <ul style="list-style-type: none"> • GoA 4: Alle Prozesse der Zugsteuerung sind automatisiert. Nur noch bei Lokstörungen oder Evakuationen greifen Interventionsgruppen vor Ort ein. |
| GSM-R | Global System for Mobile Communications Railway - digitales Mobilfunknetz der Bahn. Dient der Bahn neben der Sprachübermittlung auch als Datenübertragungsmedium für ETCS ab Level 2. |
| IAM | Das Identity- and Access Management (IAM) sorgt in Unternehmen für eine zentrale Verwaltung von Identitäten und Zugriffsrechten auf unterschiedliche Systeme und Applikationen. Authentifizierung und Autorisierung der User sind zentrale Funktionen des IAM. |
| ISB | Infrastrukturbetreiberin und in der Regel Besitzerin von Infrastrukturanlagen für den Eisenbahnverkehr (öffentliches Eisenbahnnetz). |
| ILTIS | Steuerungssystem entwickelt von der Siemens, um die Stellwerke fernsteuern zu können aus den vier Betriebszentralen der SBB. |
| ITV | Integrations- und Testverbund für das ganzheitliche Testen des SR40 Gesamtprogramms. |
| KIS | Die Kommission Infrastruktur (KIS) bildet eine Plattform für die Infrastrukturunternehmen der Schweizerischen Eisenbahnen. Sie unterstützt einen systematischen, die Infrastruktur-Unternehmen übergreifenden Know-how-Austausch zu strategischen, politischen und finanziellen Fragen im Bereich der Entwicklung, des Neubaus und Erneuerung, des Betriebs und des Unterhalts der Bahninfrastrukturen. |
| MWA | Mobile Warnanlage. GLAT Gerät, dass zum Sperren von Topologiebereichen und zur Ausgabe von Warnungen (Lautsprecher, Blinklicht) dient. |
| MTC | Manoeuvre Train Control System. Ein MTC ist ein System, das sichere Bewegungen über mobile Endgeräte steuert, die lokalisierbar sind (Tablets, Tags, portable Systeme). Seine Kernfunktionalität ist die Bewegungsautorisierung und -trennung (Serverfunktion) und zeigt auf dem mobilen Endgerät das MMI für Bewegungsanforderungen, Berechtigungsinformationen, Informationen über den Bewegungszustand, Warnungen und allgemeine Informationen/Ortbezogene Dienste. |
| MTTF | Ist die durchschnittliche Zeit bis zum nächsten erwarteten Fehlerauftritt (Mean Time To Failure - MTTF). |
| MTTR | Die durchschnittliche Reparaturzeit (Mean Time To Restoration - MTTR) ist ein grundlegendes Maß für die Wartbarkeit von reparierbaren Teilen. Sie stellt die durchschnittliche Zeit dar, die benötigt wird, um eine defekte Komponente oder ein defektes Gerät zu reparieren. Sie beinhaltet im Allgemeinen keine Vorlaufzeit für nicht leicht verfügbare Teile oder andere administrative oder logistische Ausfallzeiten. |
| MTO | Mensch-Technik-Organisation |
| NeTS | Fahrplansystem, welches von der SBB entwickelt wurde, um die Jahresfahrpläne erstellen zu können. |
| NISV | Nicht ionisierende Strahlenschutz Verordnung. Verordnung, welche festschreibt, mit welcher Stärke Mobilfunksysteme abstrahlen dürfen, respektive welche Strahlung von Hochspannungsmasten zulässig ist. |

| | |
|-----------------|--|
| OBU | Onboard Unit. Der Teil der ETCS Fahrzeugausrüstung, der die sichere ETCS-konforme Steuerung des Fahrzeugs übernimmt. |
| OCORA | Open CCS On-Board CCS Reference Architecture - Europäische Abstimmung zur Definition, Validierung und Förderung eines User Standards bei Architektur und Schnittstellen der Zugbeeinflussungssysteme auf der Fahrzeugseite. |
| Openy | Eine Schnittstelle erfüllt die offenen Sicherheitsanforderungen, wenn sie so aufgebaut ist, dass sie die Kommunikationspartner separat zulassen kann, ohne sich gegenseitig zu kennen. In der Regel bedeutet dies ein "kleines Protokoll" und eine minimierte Anzahl von Statuskombinationen sowie die Anforderung einer "vollen Testbarkeit" (Testvektor, Referenzsysteme, isolierte Zertifizierung) der Komponente gegenüber der Schnittstellenspezifikation. |
| PKI | Mit Public-Key-Infrastruktur (PKI) , englisch <i>public key infrastructure</i> bezeichnet man in der Kryptologie ein System, das digitale Zertifikate ausstellen, verteilen und prüfen kann. Die innerhalb einer PKI ausgestellten Zertifikate werden zur Absicherung rechnergestützter Kommunikation verwendet. |
| PGV | Plangenehmigungsverfahren. Plangenehmigung vom Bundesamt für Verkehr (BAV). Baubewilligung für Bauten und Anlagen im Bereich Eisenbahn, Tram, Trolleybus, Seilbahn und Schifffahrt. |
| PoC | Im Projektmanagement ist ein Proof of Concept , auch als Proof of Principle bezeichnet, ein Meilenstein, an dem die prinzipielle Durchführbarkeit eines Vorhabens belegt ist. Vielfach ist der positive oder negative Machbarkeitsnachweis das Ergebnis einer Machbarkeitsstudie. In der Regel ist mit dem Proof of Concept meist die Entwicklung eines Prototyps verbunden, der die benötigte Kernfunktionalität aufweist. |
| PP | Public Provider |
| Polarion | Ist die Bezeichnung für das im smartrail 4.0 Kontext eingesetzte Tool für das Application Lifecycle Management (ALM). |
| RAMS(S) | Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit, Sicherheit, Schutz. RAMS(S) ist nach der Definition von EN 50126 ein Prozess oder eine Methodik, die mithilfe soll, Fehler schon in der Planungsphase von Projekten zu verhindern. RAMS(S) kann angewendet werden bei der Entwicklung und Einführung von neuen Produkten, aber auch bei der Planung und Realisierung von neuen Anlagen. Ein RAMS(S)-Management stellt sicher, dass Systeme definiert, Risikoanalysen durchgeführt, Gefährdungsraten ermittelt, detaillierte Prüfungen gemacht und Sicherheitsnachweise erstellt werden. |
| RBC | Radio Block Centre |
| RCA | Reference CCS Architecture |
| RCS | Rail Control System. Dispositionssystem, entwickelt von der SBB, welches mittlerweile erfolgreich in Europa vertrieben und von anderen Bahnen genutzt wird für die Disposition. |
| RTE | Regelwerk Technik Eisenbahn |
| RVMin | Reisenden-Verspätungsminuten. Die Verspätungsminuten jedes unpünktlichen Zuges (3 Minuten und mehr) wird mit den ankommenden Aussteigern multipliziert. Anschliessend wird über die unpünktlichen Züge summiert. |
| STPA | Systems Theoretic Process Analysis. Eine Gefahrenanalyse-Technik, die auf der Steuerungs- und Systemtheorie und nicht auf der Zuverlässigkeitstheorie basiert, die den meisten bestehenden Gefahrenanalyse-Techniken zugrunde |

| | |
|----------------|---|
| | liegt, mit den gleichen Zielen wie jede Gefahrenanalyse-Technik, d.h. Informationen darüber zu sammeln, wie Gefahren auftreten können. |
| TIMS | Train Integrity Monitoring Systems |
| TSI CCS | Steht für „Technische Spezifikation für Interoperabilität“ von „Control command and signaling“. Damit ist die technische Standardisierung des Stellwerks gemeint. |
| TMS | Traffic Management System. Mit dem TMS werden die Fahrpläne und die Disposition automatisiert. Es erfolgt eine optimale und durchgängige Planung über alle Zeithorizonte des Fahrplans. Das TMS steuert Control Command Signaling (CCS)- und Automatic Train Operation (ATO) Systeme. |
| WiRe | Wirtschaftlichkeitsrechnung |
| ZUB | Zugbeeinflussungssystem. System der Zugbeeinflussung; überwacht die Geschwindigkeit des Zuges auf der Strecke und leitet bei zu hoher Geschwindigkeit rechtzeitig eine Schnellbremsung vor dem eigentlichen Gefahrenpunkt ein. Auf dem Netz der SBB sind heute 2250 Abschnitte mit dem Zugbeeinflussungssystem ZUB abgesichert. Um den stetig wachsenden Zugverkehr noch sicherer abwickeln zu können, rüstet die SBB zwischen 2006 und 2010 zusätzliche 500 SIGNUM-Zug-beeinflussungspunkte mit EuroZUB auf. EuroZUB überwacht analog zu ZUB die Geschwindigkeit und ermöglicht den rechtzeitigen Halt vor einem geschlossenen Signal oder Gefahrenpunkt. EuroZUB entspricht im Gegensatz zu ZUB jedoch einem europaweitem Standard und ermöglicht damit Interoperabilität mit anderen europäischen Bahnen |
| ZBMS | Zugbeeinflussung Meterspurbahn |
| ZVMin | Zug-Verspätungsminuten. Die Verspätungsminuten jedes unpünktlichen Zuges (3 Minuten und mehr). |

