



Bern, 31.10.2019, Karin Schwarz, Nicolas Müller, Rolf Mühlemann

Untersuchung SR40 Fahrzeug Rollout

COAT

CCS onboard application platform for trackside related functions

Disclaimer

Bei diesem Dokument wurden Werte verwendet, die sich in der laufenden Konzeptphase von smartrail 4.0 ändern können. Dies gilt insbesondere für die Menge der zu migrierenden Fahrzeuge. Das Dokument ist nicht vollständig verifiziert und wird nicht finalisiert. Das Dokument wird veröffentlicht, um eine offene Diskussion über die laufende Arbeit des smartrail 4.0 Programms zu ermöglichen.

Links und Verweise in diesem Dokument können sich auf andere Dokumente innerhalb des Programms smartrail 4.0 beziehen, die zum jetzigen Zeitpunkt möglicherweise nicht veröffentlicht werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Zielgruppe, Ziel und Struktur des Dokuments	2
1.2	Sprachwahl	2
1.3	Aufgabenstellung.....	2
1.4	Vorgehen	2
2	Parametrisierung	3
2.1	Planungsprämissen.....	3
2.2	Fahrzeug Mengengerüst.....	4
2.3	Prozesskette	6
2.4	Lernkurven Parameter.....	7
3	Modell	7
3.1	Einführung	7
3.2	Auswertung	7
4	Resultate	9
4.1	Generelle Beurteilung	9
4.2	Dimension Standplätze.....	9
4.3	Dimension Organisation	11
4.4	Dimension Durchlaufzeiten	15
4.5	Fahrzeug Aussetzung.....	18
4.6	Sensitivitätsanalyse	18
4.7	Weitere Erkenntnisse aus ETCS 2.Welle.....	21

Referenzen

Nachfolgende Referenzen werden in diesem Dokument verwendet:

- [1] 20191010_Staplabedarf_Rollout_SR40_V10_25-32.xlsx
- [2] 20191010_Staplabedarf_Rollout_SR40_V10_30-40.xlsx

1 Einführung

1.1 Zielgruppe, Ziel und Struktur des Dokuments

Die primäre Zielgruppe sind die internen Mitglieder von smartrail 4.0 und die Vertreter der Eisenbahnverkehrsunternehmen. Darüber hinaus werden die schweizerischen Behörden im Zusammenhang mit Informationen zum Rollout bedient. Für Branchenvertreter kann es eine Informationsquelle für zukünftige Rolloutplanung sein.

Nachfolgende Ziele werden durch die hierunter getätigten Rollout Untersuchung verfolgt:

- Planungssicherheit zu erlangen, insbesondere wie rasch eine Migration möglich ist
- Erfahrungswerte von analogen Vorhaben sammeln, insbesondere dem Vorhaben ETCS 2.Welle
- Identifikation von Standplatz Bedarf, Ausrüstung und Organisation
- Identifikation von Rahmenbedingungen wie Fahrzeugausstattung, Durchlaufzeiten, etc.

1.2 Sprachwahl

Das Dokument wird in deutscher Sprache erstellt, da sich die Mitglieder der Zielgruppen in der deutschsprachigen Schweiz befinden.

1.3 Aufgabenstellung

Das Programm COAT wurde damit beauftragt, die notwendigen Schritte zu untersuchen für die fahrzeugseitige Migration und damit den Umbau aller betroffenen Fahrzeuge. Ermittelt werden soll ein Szenario, wie diese Aufgabenstellung abgewickelt werden kann.

Ziel ist es, den Eisenbahnverkehrsunternehmen den Aufwand und die Auswirkungen darzulegen und so eine Diskussionsgrundlage für die Planung der Umsetzung zu generieren.

1.4 Vorgehen

Zunächst wurden die notwendigen Aufwände und Ressourcen pro Fahrzeug beziehungsweise pro Migrationsszenarium durch das Programm entworfen. Im zweiten Schritt wurden diese Annahmen mit den Erfahrungen vom letzten ETCS L2 Rollout vorhaben ergänzt und durch die damaligen Projektverantwortlichen hinterfragt.

Anschliessend erfolgt die Erstellung eines Berechnungsmodells durch die Fachspezialisten des Anlagenmanagements von SBB Personenverkehr.

In einer ersten Iteration wurden anhand aller SBB Flotten¹ der notwendige Bedarf an Fachpersonal sowie der Standplätze ermittelt in einem Anlageoptimierten Szenario in einem Zeitraum 2025-2032. Die daraus entstanden Resultate wurden zusammen mit einer punktuellen Visualisierung einer potenziellen Rolloutplanung einem grösseren Experten Challenging auch unter Berücksichtigung der Branche zugeführt.

In einer zweiten Iteration wurde die Betrachtung einerseits auf alle Fahrzeuge der gesamten Branche soweit bekannt ausgeweitet und andererseits die Rückmeldungen der Experten sowohl im Modell,

¹ Flotten von SBB Personenverkehr inkl. Tochterunternehmungen, SBB Cargo und Cargo International, sowie SBB Infrastruktur

wie auch in der Planung berücksichtigt. Zusätzlich wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, ein alternatives Szenario erstellt, diverse Perspektiven eingenommen, um die Resultate des Modells darzustellen.

Im letzten Schritt wurden alle Erkenntnisse in diesem Bericht zusammengeführt.

2 Parametrisierung

2.1 Planungsprämissen

Der Fokus dieser ersten Iteration lag bei einem 2-Schichtbetrieb, hierzu wird der Faktor 1.8 verwendet. Das bedeutet, dass bei 2 Schichten nicht von 16 Stunden Durchlauf (8 Stunden x 2), sondern von 14.4 Stunden (8 Stunden x 1.8) ausgegangen wurde.

Die notwendige Arbeitszeit ergibt sich aus der Durchlaufzeit in Verbindung mit dem Personalbedarf gemäss Kapitel 2.3 Prozesskette, siehe hierzu Kapitel 4.3 Dimension Organisation.

Die unterschiedlichen Aufwände der verschiedenen Migrationsszenarien wurden berücksichtigt. Folgende Migrationsszenarien wurden ermittelt:

- M3: für Fahrzeuge ohne ETCS
- M4: für Fahrzeuge mit ETCS BL2
- M5: für Fahrzeuge mit ETCS BL3

Für folgende Migrationsszenarien ist kein vollständiges Refitting erforderlich:

- M1: Ausrangierung ohne SR40
- M2: FRMCS Nachrüstung (ohne SR40)
- M6: SR40 als Bestandteil der Neubeschaffung

Arbeiten, die gemäss Abbildung 1 - Prozesskette Refitting SR40: M3-M5 für die Durchführung in der Halle vorgesehen sind, können auch auf dem Grubengleis durchgeführt werden. Nicht in der Kalkulation des Gleisbedarfs berücksichtigt werden die in der Abbildung unter Schritt 5 angegebene Testfahrt von 8 Stunden sowie die Reserve von 8 Stunden. Die Testfahrt erfolgt auf dem regulären Netz auf einem noch zu definierenden Abschnitt.

Die Priorisierung erfolgt nach Flottengrösse, die grösste Flotten wird somit zuerst migriert.

Längere Gleise können auch für Flotte kleinerer Cluster verwendet werden. Das bedeutet, dass beispielsweise auf dem 200 m Gleis 2 x Cluster der 75 m Flotte zeitgleich migriert werden können. Ausgenommen hiervon ist das Inbetriebsetzungsgleis, kurz IBS-Gleis. Hier darf jeweils nur 1 Fahrzeug bearbeitet werden. Der Aufwand pro Fahrzeug bleibt identisch, der Personalaufwand muss somit für diese Zeit um die Menge der zeitgleich zu bearbeitenden Fahrzeugen multipliziert werden. Eine nähere Erläuterung hierzu befindet sich im Kapitel 4.3 Dimension Organisation.

Eine Vereinzelung der Fahrzeuge (Auftrennen von Treibzügen) ist für die Migration nicht vorgesehen.

Ergänzend wurden zusätzlich Rollkuren für 10% der Fahrzeuge aus jeder 2. Flotte vorgesehen, da Nacharbeiten kaum vollumfänglich eliminierbar sind. Hierfür wird 16 Stunden zur Überarbeitung am Hallengleis sowie 8 Stunden für Tests auf dem IBS-Gleis vorgesehen. Es wird davon ausgegangen, dass es sich hier um die ersten Flotten handelt, so dass die Rollkur innerhalb der 7 bzw. 10 Jahre durchgeführt werden kann.

Folgende Prämissen fanden auf Grund von Nichtplanbarkeit in der Berücksichtigung in der Berechnung:

- Zu-, Wegführung der Fahrzeuge (siehe Schritt 1 und 6 gem. Abbildung 1 - Prozesskette Refitting SR40: M3-M5)

- Fahrzeuge mit ein oder zwei Führerständen haben die gleiche Durchlaufzeit, bzw. Skalierung erfolgt auf der Ressourcenebene
- Pitstop, ready for Fittment, die Fahrzeuge werden vorbereitet bereit gestellt für den Einbau

2.2 Fahrzeug Mengengerüst

Die berücksichtigten Fahrzeuge, deren Flottengrösse, Längencluster und unterliegenden Migrations-szenarien sind im Anhang [1] und Anhang [2] aufgeführt. Die Zahlen beruhen auf dem aktuellen Kenntnisstand. Es ist davon auszugehen, dass es hier im weiteren Projektverlauf noch zu Änderungen kommen wird.

2.2.1 Szenario 2025-2032

Im Falle eines Rollouts und Rollkur im Zeitraum von 2025 bis 2032 sind insgesamt 1'983 Fahrzeugen betroffen:

Betreiber	Total	Unterteilt in Migrationsszenarien						Unterteilt in Längencluster Migrationsszenarien M3 – M5				
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	30	75	100	150	200
BLS C	117				82	35		117				
BLS I	28			19	9			28				
BLS P	152			100		52			113	39		
Captrain	4				4			4				
Crossrail	30				30			30				
DB C	117				117							
ELL	11				11			117				
MRCE	53				53			11				
ÖBB	46				46			53				
Railad-venture	2				2			46				
Railcare	7				7			2				
Railpool	34				34			7				
SBB C	278			57	171		50	34				
SBB CINT	45				35	10		228				
SBB I	258				45	107	106	45				
SBB P	1'776	558	58	186	160	514	300	152				
Siemens	26				26			278	334	33	69	146
SOB	63			26		37		26				
tpf	34	12		8			14	3	43		17	
Travys	6	6							8			
SUMME	3'087	576	58	396	832	755	470	1181	498	72	86	146
SUMME M3 bis M5				1'983				1'983				

2.2.2 Alternatives Szenario 2030-2040

Im Falle eines Rollouts und Rollkur im Zeitraum von 2030 bis 2040 sind insgesamt 1'835 Fahrzeugen betroffen:

Betreiber	Total	Unterteilt in Migrationsszenarien						Unterteilt in Längencluster Migrationsszenarien M3 – M5				
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	30	75	100	150	200
BLS C	117				82	35		117				
BLS I	24			15	9			24				
BLS P	116			64		52			77	39		
Captrain	4				4			4				
Crossrail	30				30			30				
DB C	117				117			117				
ELL	11				11			11				
MRCE	53				53			53				
ÖBB	46				46			46				
Railcare	7				7			7				
Railpool	34				34			34				
SBB C	113			22	41		50	63				
SBB CINT	45				35	10		45				
SBB I	233				21	106	106	127				
SBB P	1'612	492	26	151	139	654	150	278	368	33	69	196
Siemens	26				26			26				
SOB	63			26		37		3	43		17	
tpf	22			8			14		8			
SUMME	2'673	492	26	286	655	894	320	985	496	72	86	196
SUMME M3 bis M5				1'835				1'835				

2.3 Prozesskette

Im Rahmen der Analyse wurde der Bedarf an Infrastruktur und des Personals/Rollen ermittelt und den jeweiligen Schritten der Migration zugeordnet. In der Abbildung 1 - Prozesskette Refitting SR40: M3-M5 werden die Informationen graphisch in chronologischer Reihenfolge dargestellt.

Im Rahmen der Analyse wurde definiert, dass für das Hallengleis vorgesehenen Arbeiten (Schritt 2 und 4) auch im Grubengleis durchgeführt werden können. So wird einem Kapazitätsengpass beim Hallengleis entgegengewirkt und eine höhere Flexibilität erzeugt.

Die in der Schritt 5 angegebene 8 Stunden «Test mit Lf» findet auf einer noch zu definierenden Teststrecke statt, nicht auf dem ausgerüsteten Kalibrier-/Testgleis. Auch die hier angegebenen 8 Stunden Reserve finden keine Berücksichtigung in der Anlagenplanung.



Abbildung 1 - Prozesskette Refitting SR40: M3-M5

2.4 Lernkurven Parameter

Bei den Zeitabschätzungen handelt es sich um anzunehmende Werte im eingeschwungenen Zustand, also in der Serie, respektive Taktfertigung.

Diese erhöht sich wie in Abbildung 2 - Lernkurve Refitting SR40: M3-M5 abgebildet für:

- den Prototyp (1. Fahrzeug je Flotte) um den Faktor 5
- den First of Class (2. Fahrzeug je Flotte) um den Faktor 3 und
- die ersten 7 Fahrzeuge der Serie (3. bis 9. Fahrzeug) um den Faktor 2.

Die Erfahrungsperiode beläuft sich:

- nach den Prototypen auf 6 Monate,
- nach dem First of Class und den ersten 7 Fahrzeugen der Serie um jeweils 2 Monate.

Diese wird zum einen dazu verwendet, den Einbau im Betrieb zu testen und zum anderen, um die im Rahmen der Umsetzung gewonnenen Kenntnisse zu evaluieren und in den Prozess einfließen zu lassen. Mit dem Prototyp ist zusätzlich die Erlangung der Betriebsbewilligung in dieser Zeitspanne geplant.

Die Stunden pro Monat basieren gemäss Modell auf der Annahme, dass ein Jahr 250, ein Monat somit 20.83 Arbeitstage hat und ein Arbeitstag im 2-Schichtbetrieb 14.4 Stunden umfasst.

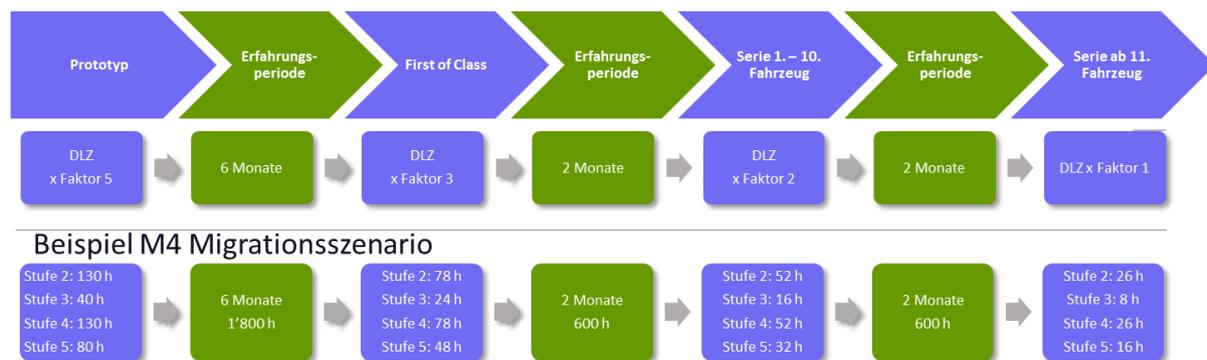


Abbildung 2 - Lernkurve Refitting SR40: M3-M5

3 Modell

3.1 Einführung

Anhand der Modellrechnung wurde zunächst der durchschnittliche Standplatzbedarf pro Jahr unter Berücksichtigung der Planungsprämissen und des Schichtmodells ermittelt.

Hierfür wurde den jeweiligen Flotten der Typ des Upgrades (M3 – M5) zugewiesen und anhand der Fahrzeugtypen in Längencluster eingeteilt. Anhand dieser Werte wurden die Flotten und die Infrastrukturen den Durchlaufzeiten und der Erfahrungsperioden zugeordnet.

3.2 Auswertung

Anhand des unter 2.3 Prozesskette dargestellten Prinzips wurden die Durchlaufzeit aller Flotten in sämtlichen Schritten berechnet. Des Weiteren wurde die Nutzung des Grubengleises zur Ausführung von Arbeiten des Hallengleises als auch die Nutzung von längeren Gleisen für Flotten kürzerer Cluster berücksichtigt.

Hier wurde die Nutzung des Hallengleistes um den Faktor verringert, der auf dem Grubengleis bis zu einer Auslastung von 100% noch zur Verfügung steht. Ergänzend wurde auf allen Gleisen ein Risikofaktor von 20 % pro Gleis berücksichtigt, um zum Beispiel dem Zeitverlust bei Zugwechsel am Gleis gerecht zu werden.

Ausserdem ging man im Modell davon aus, dass Züge aus den Clustern 75 m und 100 m die 200 m Gleise nur zu 50 % belasten, da hier jeweils 2 Züge gleichzeitig bearbeitet werden können. Ausgeschlossen davon sind die Fahrzeuge auf dem 30 m Cluster, da hier von einer erheblich grösseren Verfügbarkeit von Standplätzen ausgegangen wurde.

Die hier zu Grunde gelegten Aufwände berücksichtigen keine Überführung der Fahrzeuge zwischen unterschiedlichen Standorten. Daher ist es wichtig, dass sich alle Gleise in unmittelbarer Nähe zueinander befinden.

Anhand dieser Berechnung ergibt sich im 2-Schichtbetrieb folgender kalkulatorischer Bedarf an Infrastruktur für die Durchführung des Rollouts und der Rollkur:

Im vorgegebenen Zeitraum, also von 7 Jahren / 2025 bis 2032:

Gleislänge Gleistyp	Anzahl der notwendigen Gleise		Auslastung der Gleise	
	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter
Hallengleis	5	2	98%	74%
Grubengleis	1	1	100%	100%
IBS-Gleis	2	2	81%	52%
Total	8	5		

Tabelle 1 – Gleisbedarf Modellrechnung Szenario 2025 - 2032

Die detaillierte Kalkulation befindet sich im Anhang [1]: 20191010_Staplbedarf_Rollout_SR40_V10_25-32.xlsx.

Im alternativen Szenario, also 10 Jahre / 2030 bis 2040

Gleislänge Gleistyp	Anzahl der notwendigen Gleise		Auslastung der Gleise	
	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter
Hallengleis	3	1	77%	77%
Grubengleis	1	1	100%	100%
IBS-Gleis	1	1	90%	73%
Total	5	3		

Tabelle 2 - Gleisbedarf Modellrechnung Szenario 2030 - 2040

Die detaillierte Kalkulation befindet sich im Anhang [2]: 20191010_Staplbedarf_Rollout_SR40_V10_30-40.xlsx.

4 Resultate

4.1 Generelle Beurteilung

Insgesamt kommen die Experten der Branche zum Schluss, dass die verwendeten Input-Parameter und Planungsprämissen korrekt sind. Den zeitlichen Komponenten wird eine gewisse Anspannung oder Ambition attestiert. Die Gleisreserven im Modell soll neben den eingeplanten Rollkuren bei 20% je Gleistyp eingestellt sein. Die Synergie zwischen den Gleistypen soll genutzt werden, wie auch die Nutzung der hochwertigeren Grubengleise für Hallenarbeiten.

Das verwendete Modell wird durch die Experten der Branche soweit beurteilbar als korrekt und stimmig beurteilt. Es gibt einen ersten Überblick in mehreren Dimensionen des branchenweiten SR40 Fahrzeug Rollouts.

Die Visualisierung der effektiven Planung wurde von den Experten verstanden und als sinnvoll beurteilt.

Die Experten kommen zum Schluss, dass Bedarf auch ohne smartrail 4.0 in ähnlicher Form bei einem ETCS Baseline 3 Upgrade und FRMCS Refitting entsteht.

Der ausgewiesene Standplatzbedarf lässt sich bis 2025 zeitlich nur schwerlich mit einem Neubauprojekt realisieren. Aus technischer Sicht wäre dies zu realisieren, jedoch wird die praktische Umsetzung durch folgende Punkte erschwert:

- Suche und Sicherung eines geeigneten Areals mit Gleisanschluss und guter bahnbetrieblicher Erreichbarkeit
- baubehördlich beschränkte Nutzungsdauer bei Temporärbauten typischerweise 3-5 Jahre, ob eine Nutzung von 7+ Jahren bewilligt wird ist unklar
- wesentliche Kosten für die Anbindung des Temporärbaus an die Bahnanlagen sowie für die Terrainvorbereitung und Fundamente

Zu bevorzugen wäre demnach die Suche nach einer Lösung innerhalb eines bereits bestehenden Projekts oder einer bereits bestehenden Anlage. Die Anlagespezialisten bestätigen, dass dies gleichermaßen für temporäre, wie auch für dauerhafte Bauweise gilt.

Diese Situation wird als Risiko bei smartrail 4.0 ausgeflaggt, da die nötigen Vorbereitungen kaum gestartet werden, solange die Produktreife der neuen on-board Lösung noch nicht erreicht ist, deren Finanzierungsfrage, wie auch die Verantwortlichkeiten dazu nicht abschliessen geklärt sind.

4.2 Dimension Standplätze

Bei der Dimensionierung der Standplätze ist die Berechnungsgrundlage (Bottom Up) leicht abweichend vom Modell (Top Down). Zusätzlich zu den in der Modellrechnung angegebenen Prämissen gemäss 2.1 Planungsprämissen wird davon ausgegangen, dass pro Tag kein Fahrzeugwechsel je Gleis stattfindet. Somit wird das Gleis pro Tag nicht zu 100 % ausgelastet. Beispielsweise Bedarf es für die Arbeiten im Grubengleis pro Fahrzeug nur 8 Stunden, ausgegangen wird aber von 1 Tag. Daher kann in dieser Betrachtung auf den Risikofaktor vom Modell verzichtet werden.

Es ist zu beachten, dass es sich bei dieser Analyse vor allem um eine übergeordnete Mengenbetrachtung handelt. Planungs- und Organisationsaspekte wurden nur in einem geringen Masse betrachtet.

4.2.1 Szenario 2025-2032

Unter Berücksichtigung der veränderten Prämissen gem. Kapitel 4.2 Dimension Standplätze erhöht sich der Gleisbedarf im 2-Schicht Betrieb im Vergleich zu der Darstellung aus Kapitel 3.2 Auswertung wie folgt, Abweichungen sind Rot:

Gleislänge Gleistyp	Anzahl der notwendigen Gleise gem. Kapitel 3.1.2 Auswertung		Anzahl der notwendigen Gleise		Auslastung der Gleise	
	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter
Hallengleis	5	2	5	2	85%	83%
Grubengleis	1	1	2	1	100%	100%
IBS-Gleis	2	2	3	3	72%	71%
Total	8	5	10	6		

Tabelle 3 - Gleisbedarf Definition Standplätze Szenario 2025 – 2032

Die detaillierte Kalkulation befindet sich im Anhang [1]: 20191010_Staplbedarf_Rollout_SR40_V10_25-32.xlsx.

4.2.2 Alternativ Szenario 2030-2040

Unter Berücksichtigung der veränderten Prämissen gem. Kapitel 4.2 Dimension Standplätze erhöht sich der Gleisbedarf im 2-Schicht Betrieb im Vergleich zu der Darstellung aus Kapitel 3.2 Auswertung wie folgt, Abweichungen sind Rot:

Gleislänge Gleistyp	Anzahl der notwendigen Gleise gem. Kapitel 3.1.2 Auswertung		Anzahl der notwendigen Gleise		Auslastung der Gleise	
	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter
Hallengleis	3	1	3	1	86%	93%
Grubengleis	1	1	1	1	100%	100%
IBS-Gleis	1	1	2	2	64%	52%
Total	8	5	6	4		

Tabelle 4 - Gleisbedarf Definition Standplätze Szenario 2030 - 2040

Die detaillierte Kalkulation befindet sich im Anhang [2]: 20191010_Staplbedarf_Rollout_SR40_V10_30-40.xlsx.

4.3 Dimension Organisation

Nachfolgende Organisation ist dimensioniert bei Vollaustattung, also wenn auf den 200m Gleisen parallel an zwei <100m Fahrzeugen gearbeitet wird.

- Ressourcenbedarf pro Tag der Fittment Teams (2 Schichten)
- Annahme:
 - keinen Fahrzeugwechsel pro Tag
 - Team der Stufe 3 (Dach- & Unterflurarbeiten) kann die Arbeiten der Stufe 2 (mechanische Arbeiten) und 4 (elektrische Arbeiten) auch ausführen
 - Auf dem 200 m Hallen- und Grubengleise kann die Migration an bis zu 2 Fahrzeuge kleinerer Längencluster gleichzeitig durchgeführt werden
 - Grundlage der Darstellung: Szenario M4
 - Nicht berücksichtigt wurde die Anzahl der Führerstände

Für die IBS Engineers und die Triebfahrzeugführer wird von einem Einschichtbetrieb ausgegangen.

Hieraus ergibt sich ein maximaler Gesamtbedarf von 152 FTE:

- 1 Rolloutmanager
- 200m Anlagen
 - 2 Schichten à 2 Teams Mechanik
 - 2 Schichten à 2 Teams für Dach- & Unterflurarbeiten
 - 2 Schichten à 2 Teams Elektrik
 - 3 IBS Engineers
 - 2 Triebfahrzeugführer
- 30m Anlagen
 - 2 Schichten à 3 Teams Mechanik
 - 2 Schichten à 2 Teams für Dach- & Unterflurarbeiten
 - 2 Schichten à 3 Teams Elektrik
 - 3 IBS Engineers
 - 3 Triebfahrzeugführer

Dieser gestaltete sich im Detail wie folgt.

Der Bedarfsermittlung liegt folgende Herleitung zu Grunde:

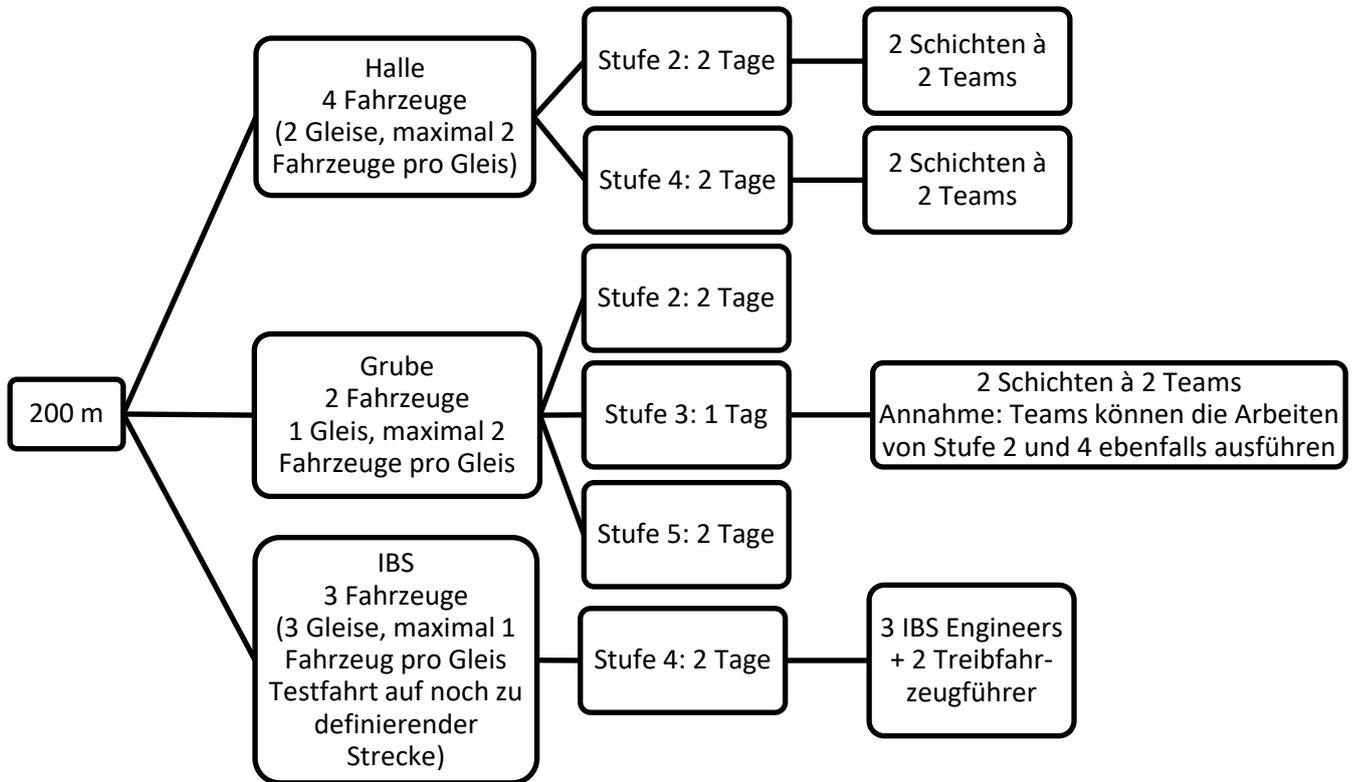


Abbildung 3 - Team Ableitung 200m

Für die Arbeiten auf den 200 m Gleisen ergibt sich ein kalkulatorischer Personalbedarf von maximal 65 FTE bei maximaler Auslastung mit zwei Fahrzeugen je Gleis der 200m Anlage im Zweischichtbetrieb:

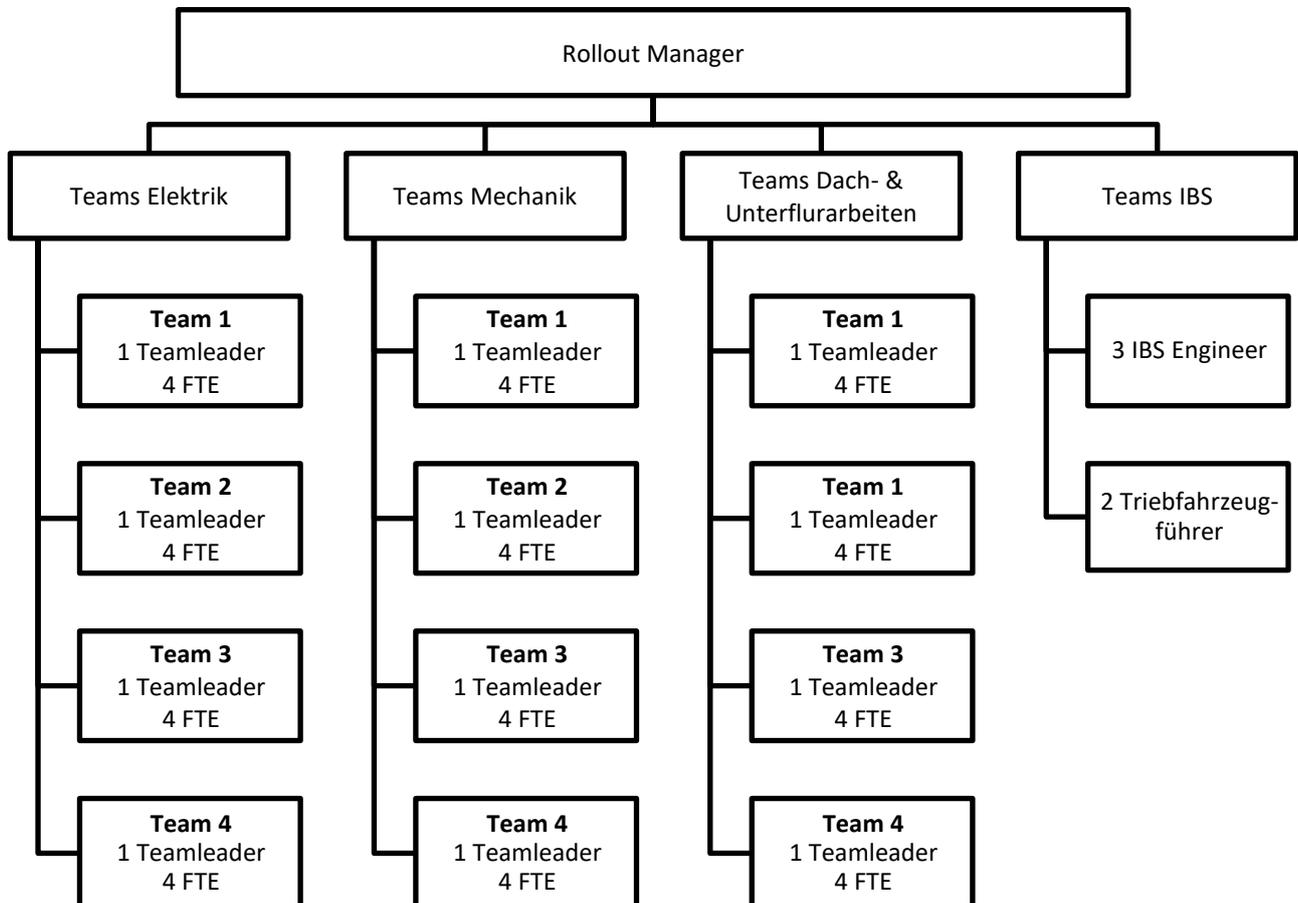


Abbildung 4 -Organisation bei maximaler Auslastung mit zwei Fahrzeugen je Gleis der 200m Anlage im Zweischichtbetrieb

Für die Arbeiten auf den 30m Gleisen sind keine Mehrfachnutzungen mit kürzeren Fahrzeugen möglich. Die Kalkulation aus dem 200m Längencluster kann vereinfacht angewendet werden. Die Organisation kann analog aufgebaut werden:

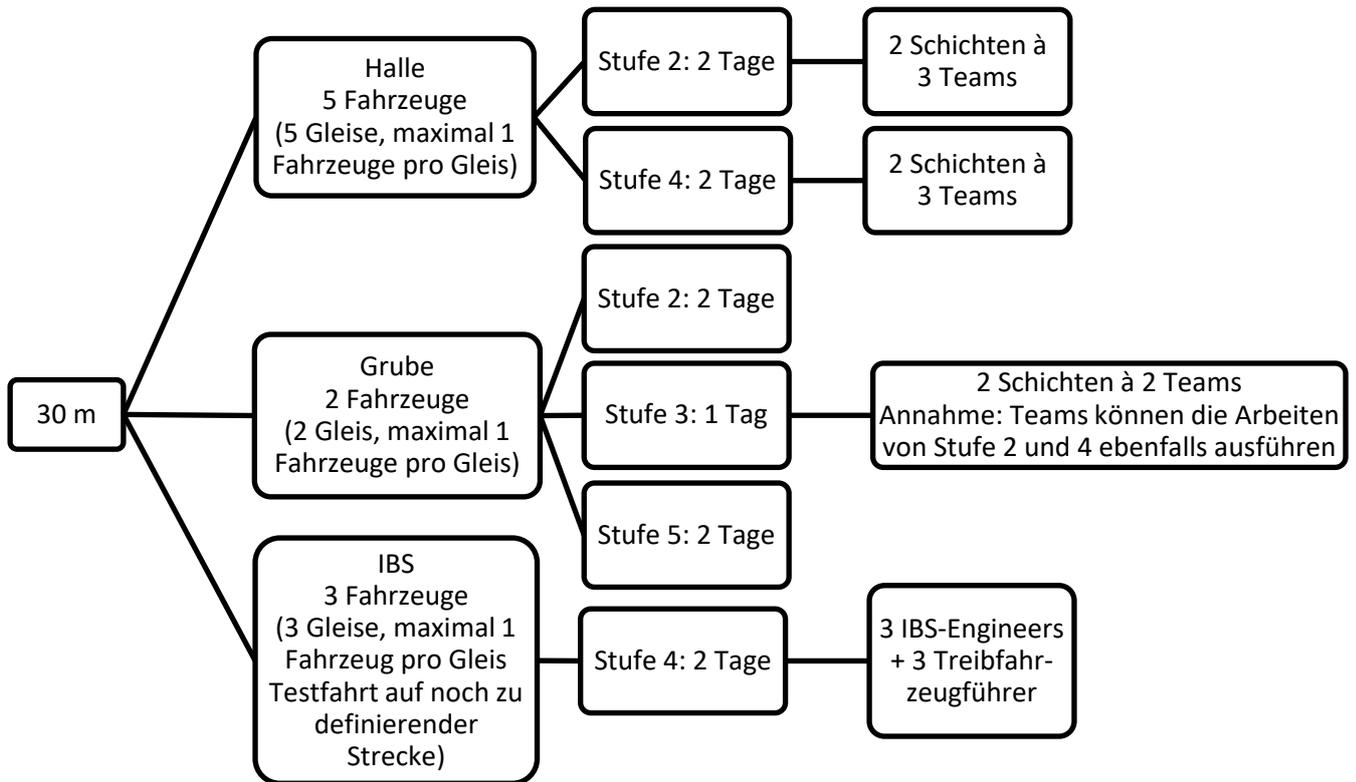


Abbildung 5- Team Ableitung 30m

Für die Arbeiten auf den 30m Gleisen ergibt sich ein kalkulatorischer Personalbedarf von maximal 86 FTE bei maximaler Auslastung der 30m Anlage im Zweischichtbetrieb.

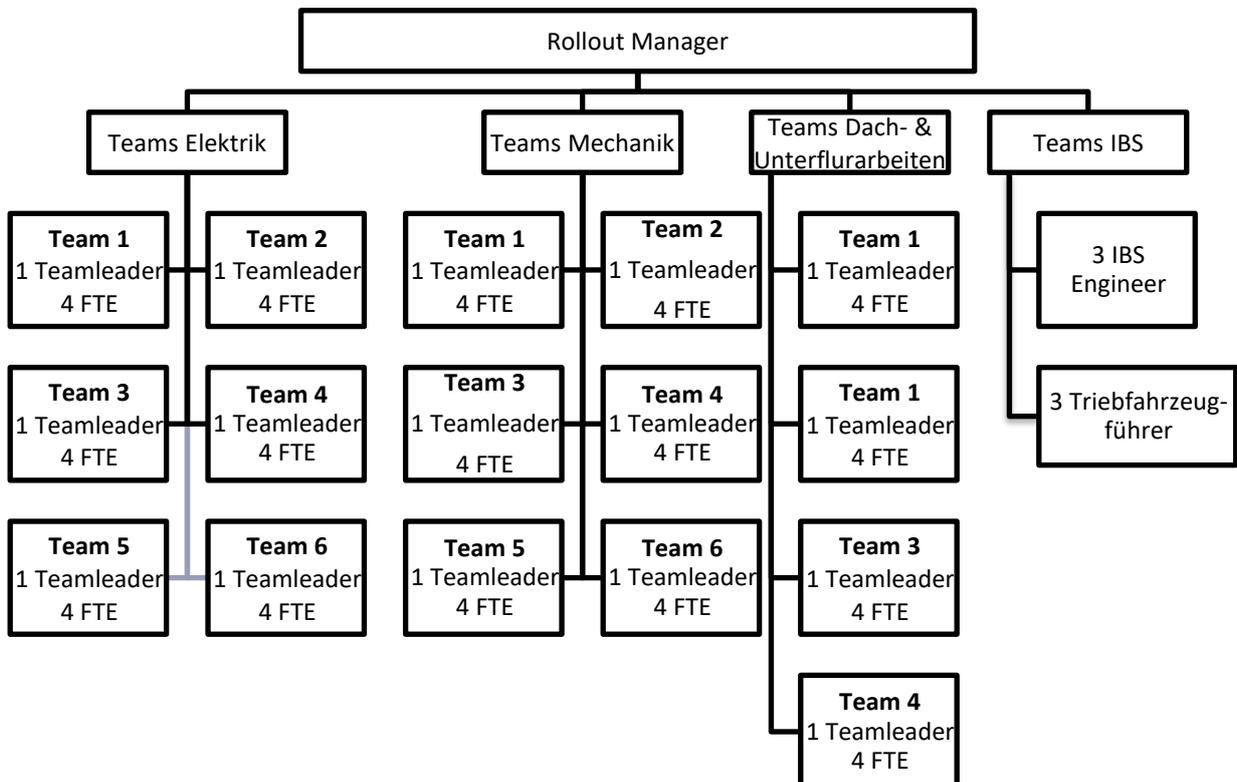


Abbildung 6 - Organisation bei maximaler Auslastung mit zwei Fahrzeugen je Gleis der 30m Anlage im Zweischichtbetrieb

4.4 Dimension Durchlaufzeiten

4.4.1 Je Flotte

Folgende theoretische Durchlaufzeiten wurden für die jeweils 3 grössten Flotten der einzelnen Längengruppen ermittelt. Sie beinhalten sowohl die Lernkurve als auch die Erfahrungsperioden:

30 m Cluster	Menge Fz	DLZ in Tagen (in Jahren)	75 m Cluster	Menge Fz	DLZ in Ta- gen (in Jahren
Re 460	119	1139 (4.6)	BEST (Nachfolger Flirt)	100	968 (3.9)
Bt EW IV (IC-Bt)	90	878 (3.5)	Flirt (6 Zug, 12 Zent- ralschweiz, 18 Basel, 12 Wiesenthal, 9 Seehaas, 13 Region Olten)	70	771 (3.1)
BR 193 Vectron	60	611 (2.4)	"GTW Thurbo	50	571 (2.3)
100 m Cluster	Menge Fz	DLZ in Tagen (in Jahren)	150 m Cluster	Menge Fz	DLZ in Ta- gen (in Jahren
BLS RABe 515 Mutz	31	381 (1.5)	RABe 511 Regio- Dosto 6-teilig 150m (Regio ohne ETCS)	37	441 (1.8)
RABe 511 IR-Dosto 4-teilig 100m	24	287.00 (1.1)	RABe 511 Regio- Dosto 6-teilig 150m	19	242 (1.0)
"RABe 502 (FV Dosto)	9	152 (0.6)	"GTW Thurbo	13	188 (0.8)
200 m Cluster	Menge Fz	DLZ in Tagen (in Jahren)			
RABe 502 (FV Dosto)	53	548 (2.2)			
RABDe 500 (ICN) 189m	44	464 (1.9)			
RABe 501 (Giruno) 202m	29	329 (1.3)			

Tabelle 5 - Flottendurchlaufzeiten

Die Kalkulation der DLZ je Flotte beruht auf folgenden Prämissen:

- Stundenaufwand gemäss 2.3 Prozesskette
- pro Tag nur ein Fahrzeug aufs Gleis
- pro Fahrzeug je 1 Tag für die Überführung und Übergabe zum bzw. die Übernahme vom Dienstleister

4.4.2 Je Fahrzeug

Eine Forderung der EVU's ist, die Durchlaufzeit der einzelnen Fahrzeuge so gering möglich zu halten. Dies wiederum steht im Widerspruch mit einer Auslastung der Grube von 100 %. Dies wird in folgender Beispielrechnung für 8 Fahrzeuge aus dem Migrationsszenario M3 ersichtlich. Hier wurden mehrere Durchlauf-Varianten dargestellt.

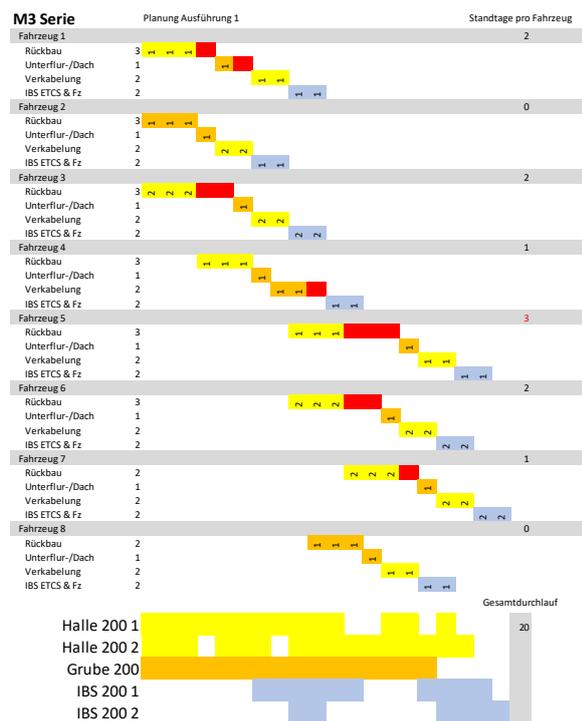
Erläuterung der Grafiken:

Die Farbe stellt das jeweilige Gleis dar:

- Gelb: Hallengleis
- Orange: Grubengleis
- Blau: IBS-Gleis
- Rot: Kritische Punkte

Bei mehreren Gleisen gibt die darin enthaltene Zahl an, welches Gleis belegt wird. In diesem Beispiel gehen wir von den Kapazitäten des 200 m Gleises aus

- 2 Hallengleise
- 1 Grubengleis
- 2 IBS-Gleise



Im Falle einer Planung mit dem Focus auf einer Auslastung des Grubengleises von 100 % kommt es bei Fahrzeugen bis zu 3 Standtagen Tagen (rot).

Abbildung 7 - Planungsausschnitt M3 Serie mit ungenutzter Standzeit

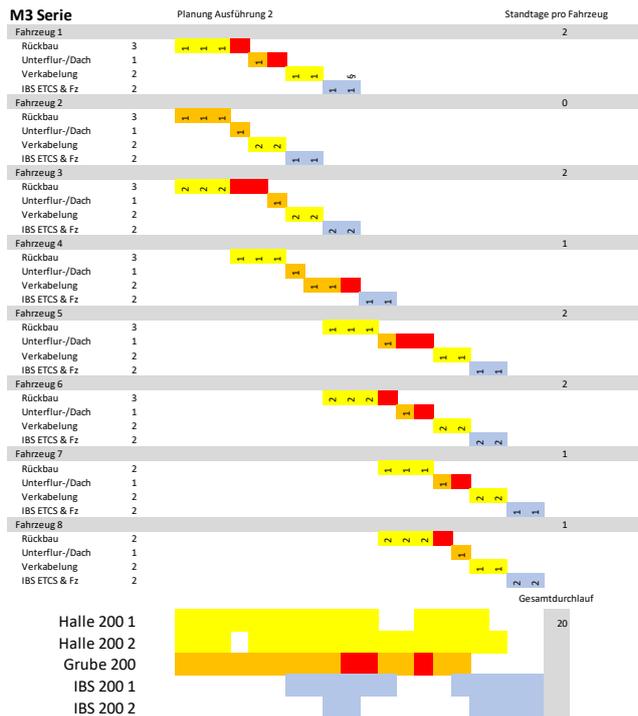


Abbildung 8 - Planungsausschnitt M3 Serie optimale Anlagenauslastung

Im Falle einer Planung mit dem Focus auf minimale Durchlaufzeit pro Fahrzeug und die optimale Auslastung des Grubengleises kommen wir auf eine

Maximale Standzeit pro Fahrzeug von 2 Tage

Auslastung Grubengleis von ca. 80 %

Gesamtdurchlaufzeit bei 8 Fahrzeugen von 20 Tagen

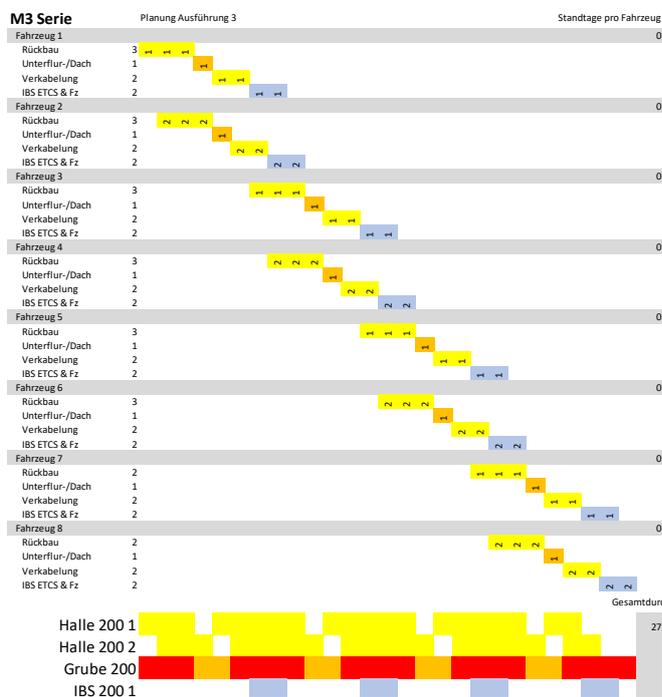


Abbildung 9 - Planungsausschnitt M3 Serie kürzeste Durchlaufzeit

Im Falle einer Planung mit dem Focus auf minimale Durchlaufzeit pro Fahrzeug kann auf Grund der Dauer der Arbeiten in am Hal- und IBS-Gleis das Grubengleis tatsächlich nur für die Unterbau- und Dacharbeiten verwendet werden. Die Gesamtdauer erhöht sich erheblich. Wir kommen so auf eine maximale Standzeit pro Fahrzeug von 0 Tagen.

Auslastung des Grubengleis von 40 %

Gesamtdurchlaufzeit bei 8 Fahrzeugen von 27 Tagen

Fazit: Beim aufwendigsten Migrationsszenario, M3 ergibt sich eine Durchlaufzeit je Fahrzeug von 8 Tagen im Zweischichtbetrieb ohne die Prozessschritte «1. Fahrzeug Übergabe» und «6. Fahrzeug Übernahme».

4.5 Fahrzeug Aussetzung

Neben der im Kapitel 4.4 Dimension Durchlaufzeiten dargestellten kalkulatorischen Durchlaufzeiten gilt es zu beachten, dass die Prozessschritte «1. Fahrzeug Übergabe» und «6. Fahrzeug Übernahme» veranschlagt mit jeweils 4 Stunden auf einem Dispositionsgleis / Aussengleis zusätzlich zu berücksichtigen sind.

Des Weiteren haben die Erfahrungen aus analogen Projekten gezeigt, dass Fahrzeuge nicht direkt aus dem kommerziellen Betrieb zugeführt werden können, sondern gezielt vorbereitet werden müssen. Dies betrifft einerseits die Prüfung und ggf. Behebung von bestehenden Fehlermeldungen, wie auch die gezielte Vorbereitung des Einbaus. Das kann beispielsweise eine Prüfung von Zugänglichkeiten (eingerostete Schrauben, Baureihen Unterschiede, etc.) beinhalten, welche eine Taktfertigung beeinträchtigen oder gar verunmöglichen würde.

4.6 Sensitivitätsanalyse

Für die Modellrechnung aus Kapitel 3 wurden Stresssituationen simuliert. Dazu wurde untersucht, wie gross die Änderungen an den Eingaben sein müssen, um eine Erhöhung bzw. Reduktion des Gleisbedarfs zur Folge haben.

Anpassung des Risiko-Faktors:

Aktuell 20 % - Gleisbedarf im 2 Schicht-Betrieb:

	Gleisbedarf		Auslastung	
	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter
Gleislänge				
Gleistyp				
Hallengleis	5	2	98%	74%
Grubengleis	1	1	100%	100%
IBS - Gleis	2	2	81%	52%

Tabelle 6 - Gleisbedarf im Szenario 2025 - 2032

Ergebnisse der Analyse, ermittelt anhand von Versuchen mit absoluten Zahlen im Modell:

	Erhöhung Gleisbedarf bei Risikofaktor		Reduzierung Gleisbedarf bei Risikofaktor	
	30 Meter	200 Meter	30 Meter	200 Meter
Gleislänge				
Gleistyp				
Hallengleis	22 %	49 %	-2 %	- 7 %
Grubengleis ¹	32 %	32 %		
IBS – Gleis	49 %	49 %	-26 %	-26 %

Tabelle 7 - mögliche Abweichungen Risikofaktor

Fazit:

Bei einer Reduzierung des Risikofaktors ist das Modell meist stabil. Beim 30 m Hallengleis bewirkt bereits eine Erhöhung von 2% eine Veränderung des Gleisbedarfs, bei allen anderen erst ab 32%. Eine Reduzierung des Gleisbedarfs wäre nicht einmal dann möglich, wenn auf den Risikofaktor verzichtet wird. Die negativen Werte in der Tabelle geben an, dass sich hierfür der geplante Aufwand reduzieren müsste, siehe hierzu den nächsten Absatz.

¹ Für das Grubengleis wurde keine Prüfung durchgeführt da hier grundsätzlich nur 1 Gleis pro Länge geplant ist

Anpassung des Stundenbedarfs pro Arbeitsschritt

Aktuell:

Arbeitsschritt	2	3	4	5
Beschrieb	Rückbau & mech. Einbau	Unterflur- & Dacharbeiten	Verkabelung & elek. Arbeiten	IBS ETCS
Typ Gleis	Hallengleis	Grubengleis	Hallengleis	IBS-Gleis
M3	30	8	26	16
M4	26	8	26	16
M5	22	8	26	16

Tabelle 8 - geplante Durchlaufzeiten je Bearbeitungsstufe in Stunden

Zur Ermittlung wurde das Modell anhand absoluter Zahlen der für den jeweiligen Arbeitsschritt benötigten Stundenaufwand gem. Abbildung 1 - Prozesskette Refitting SR40: M3-M5 verändert. Geändert wurde jeweils nur der einzelne Wert, die anderen blieben in der Betrachtung gleich. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit wurden die Ergebnisse jedoch in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt:

Ergebnisse der Analyse zur Erhöhung des Gleisbedarfs:

Arbeitsschritt	2	3	4	5
Beschrieb	Rückbau & mech. Einbau	Unterflur- & Dacharbeiten	Verkabelung & elek. Arbeiten	IBS ETCS
Typ Gleis	Hallengleis	Grubengleis	Hallengleis	IBS-Gleis
M3	39	17	35	53
M4	27	10	28	23
M5	26	12	30	30

Tabelle 9 - notwendige Durchlaufzeiten je Bearbeitungsstufe zur Erhöhung des Gleisbedarfs

Ergebnisse der Analyse zur Reduzierung des Gleisbedarfs:

Arbeitsschritt	2	3	4	5
Beschrieb	Rückbau & mech. Einbau	Unterflur- & Dacharbeiten	Verkabelung & elek. Arbeiten	IBS ETCS
Typ Gleis	Hallengleis	Grubengleis	Hallengleis	IBS-Gleis
M3	-9	-19	-13	-42
M4	10	-6	10	5
M5	-11	-10	0	-6

Tabelle 10 - notwendige Durchlaufzeiten je Bearbeitungsstufe zur Reduzierung des Gleisbedarfs

Fazit:

Die Stabilität ist nicht gleichmässig. Beispielsweise bedarf es zur Erhöhung des Gleisbedarfs bei Schritt 2, 3 und 4 im Szenario M4 nur eine Anpassung von 1 – 2 Stunden, bei Schritt 2 bis 5 in Szenario M5 bereits 4 Stunden und bei Schritt 2 – 4 im Szenario M3 bereits 9 Stunden.

Im Falle einer Reduzierung des Gleisbedarf zeigt sich das Modell als sehr stabil. Die negativen Werte in der Tabelle verdeutlichen, dass selbst wenn der Aufwand komplett entfallen würde, der Gleisbedarf konstant bliebe.

Anpassung der Fahrzeugmengen

Gesamtmenge Fahrzeuge: 3'087

Unterteilt in Längencluster Fahrzeuge				
30m	75m	100m	150m	200m
1'906	716	133	86	246
Unterteilt in Längencluster Gleise				
30m	200m			
1'906	1'181			

Tabelle 11 - Menge geplanter Flotten im Szenario 2025 - 2032

Veränderung der Fahrzeugmenge im M5¹ (Migrationsszenario mit kleinster Durchlaufzeit):

Erhöhung des Gleisbedarfs bei Erhöhung der Fahrzeuge je Längencluster um				Reduzierung des Gleisbedarfs bei Reduzierung der Fahrzeuge je Längencluster um			
30m	75m	150m	200m	30m	75m	150m	200m
28 (1.5%)	343 (29%)	172 (14.6%)	172 (14.6%)	> 500	> 500	> 500	> 500

Tabelle 12 - notwendige Erhöhung oder Reduzierung der Flotten zur Beeinträchtigung des Gleisbedarfs

Fazit:

Beim 30 m Gleis reicht schon eine geringfügige Erhöhung der Fahrzeuge zur Erhöhung des Gleisbedarfs. Da diese Anlagen jedoch in grösserer Anzahl zur Verfügung stehen wird dies nicht als kritisch betrachtet. Beim 200 m Gleis ist eine Erhöhung von min. 14.6% erforderlich. Das Modell hat sich somit als stabil erwiesen.

¹ keine 100 m Fahrzeuge im M5 Szenario vorgesehen

4.7 Weitere Erkenntnisse aus ETCS 2.Welle

Nachfolgende Erkenntnisse bezüglich Fahrzeug Rollout hat das Projekt ETCS 2.Welle generiert, die in dieser Untersuchung nicht weiter vertieft wurden:

- Zwischen Vertragsabschluss und Start der Arbeiten am ersten Prototyp vergingen 6 Monate für die Vorbereitung
- Grösstes Risiko und Abhängigkeit dürfte das Einbau Engineering / Integration sein: Mechanisch/Elektrisch /Leittechnik/Antennen, unbedingt Mithilfe vom Fahrzeughersteller / TCMS-Lieferant sicherstellen. Sofern der Fahrzeughersteller nicht verfügbar ist, sind unabhängige Engineering Dienstleister einsetzen
- Nachweisführung und Papierarbeit dürfte bei dieser Flottengrösse, die Projektorganisation, aber auch die peripheren Organisationen (Netzzugang, BAV, Gutachter, etc.) vor eine grosse Herausforderung stellen.
- Vergleich mit E2W Durchlauf 230 Fz – 5 Jahre (2013-2017) gegenüber SR40 ca. 2'000 Fz – 7 Jahre (2025-2032) scheint erstmal unrealistisch
- E2W hat sehr stark auf dem zweistufigen Verfahren aufgebaut und dadurch Risiken und organisationsbedingte Engpässe umgangen: Volle Ausrüstung, jedoch dann Betrieb nur unter ETCS L1LS bis Nachweisführung für L2 abgeschlossen war.
- Erfahrene Schlüsselrollen in der Projektorganisation sind Planung, Abstimmung DL, Abstimmung Flottenmgmt technisch, Abstimmung operative Flottenbetreuung (Wissen Fz), Abstimmung FLM ECM3.
- Bei Nutzung von bestehenden Anlagen sind die Verschiebungen zwischen Standplätzen teilweise schwierig in die Taktung einzubinden und daher nicht zu vernachlässigen. Zusätzlich ist die Taktfertigung auf die Anlage anzupassen.
- Die generelle Verfügbarkeit der Fahrzeuge für das Refitting muss abgesichert sein. Bspw. In der aktuellen Situation (Verplanungsgrad) bei SBB-P wäre ein Rollout von mehreren Fahrzeugen parallel ohne Interimsflotte undenkbar.