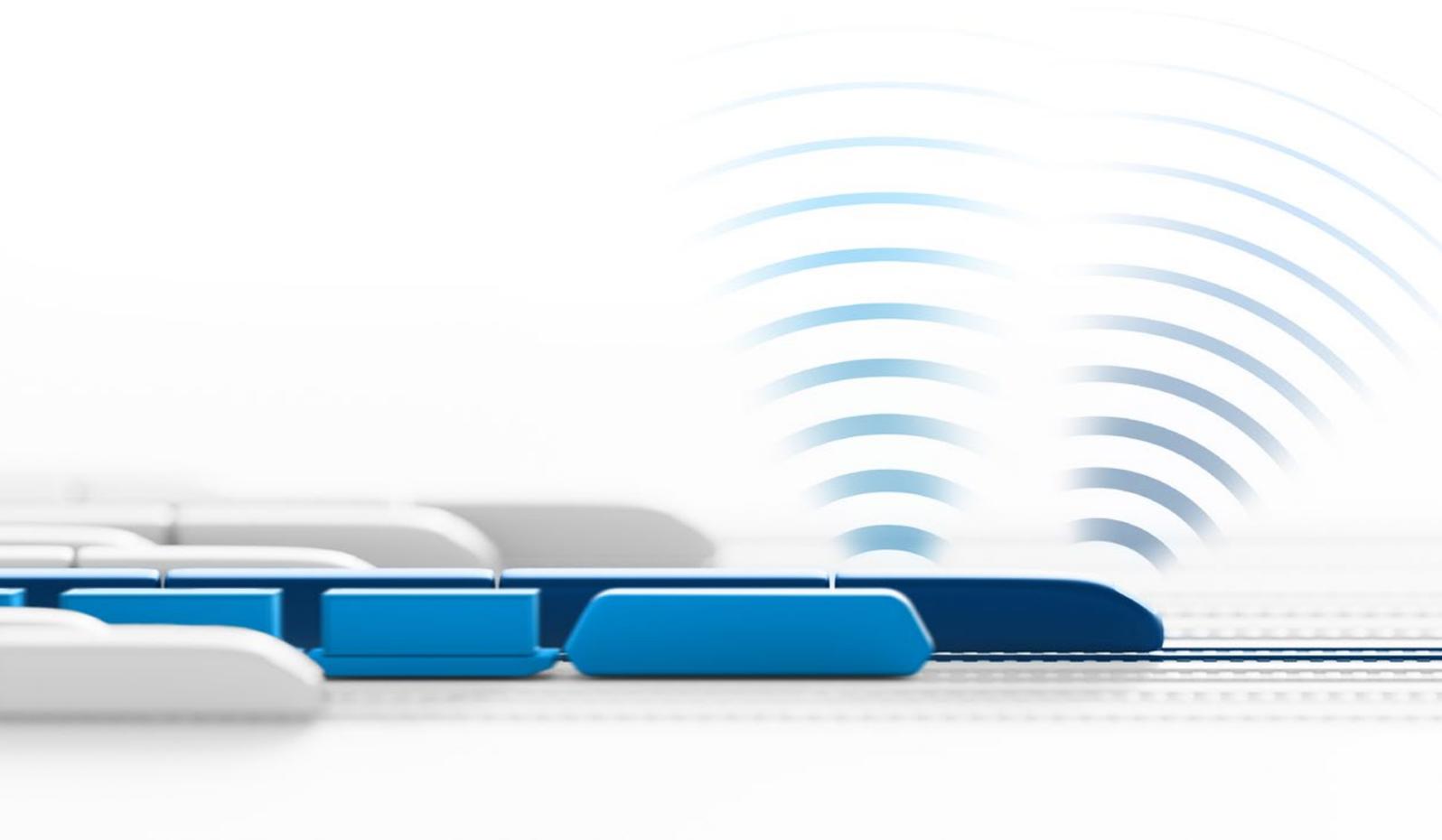


POSITIONSPAPIER DER SEKTORINITIATIVE FRMCS-FAHRZEUGMIGRATION

Handlungsempfehlungen des Sektors Schiene
für eine erfolgreiche Fahrzeugmigration des
Future Railway Mobile Communication Systems



IMPRESSUM

Herausgegeben von

Allianz pro Schiene e. V.
Bundesverband Schienen Nahverkehr e. V.
Deutsche Bahn AG
Deutsches Verkehrsforum e. V.
mofair e. V.
Netzwerk Europäischer Eisenbahnen e. V.
Überwachungsgemeinschaft Gleisbau e. V.
Verband der Bahnindustrie in Deutschland e. V.
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.

Gestaltung

not everybody's darling
75172 Pforzheim
www.noteverybodysdarling.com

Bildnachweise

Titelbild: not everybody's darling,
tostphoto – stock.adobe.com

Stand 11/2023

© Deutsche Bahn AG

www.frmcs-fahrzeuginitiative.de

INHALT

1	FRMCS als Grundlage für einen leistungsstarken Bahnverkehr	4	5.2	Förderrichtlinie des Bundes zur Finanzierung	28
1.1	FRMCS löst GSM-R bis 2035 ab	5	5.3	Erfolgsfaktoren und Risiken der Finanzierung	30
1.2	Eine sektorweite Initiative für eine erfolgreiche FRMCS-Fahrzeugmigration	7	6.	Operative Umsetzung der FRMCS-Fahrzeugmigration	31
2.	Fahrzeugtechnische Konfigurationen für die FRMCS-Fahrzeugmigration	10	6.1.	Europaweite Harmonisierung für 31 grenzüberschreitenden Verkehr	
2.1	Annahmen für die zukünftige FRMCS-Fahrzeugausrüstung	10	6.2	FRMCS-Einführung über ausgestattete Neufahrzeuge als optimale Option	31
2.2	Mögliche Konfigurationen der FRMCS-Umrüstung	12	6.3	Erfolgsfaktoren für eine effiziente FRMCS-Migration von Bestandsfahrzeugen	32
2.3	Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche FRMCS-Migration aus Techniksicht	17	7.	Handlungsempfehlungen zur Setzung notwendiger Rahmenbedingungen	35
3.	Genehmigungsrahmen für die FRMCS-Fahrzeugmigration	18	7.1	Mandatierung und Einrichtung einer koordinierenden Stelle durch den Bund	35
3.1	Herausforderungen des derzeitigen Genehmigungsrahmens	18	7.2	Sicherstellung der Chipset-Verfügbarkeit für die FRMCS-Fahrzeugmigration	38
3.2	Genehmigungsrechtliche Bewertung der Konfigurationen	20	7.3	Beschleunigung und Vereinfachung des Genehmigungsprozesses für die FRMCS-Fahrzeugumrüstung im Dialog mit ERA und EBA	39
3.3	Erfolgsfaktoren eines zukünftigen Genehmigungsrahmens für die FRMCS-Fahrzeugmigration	20	7.4	Entwicklung und Verabschiedung einer „Förderrichtlinie FRMCS-Fahrzeugausrüstung“ durch den Bund	42
4.	Abschätzung der Gesamtkosten der FRMCS-Fahrzeugmigration	22	8.	Ausblick	44
4.1	Mengengerüst	22	Anhang		45
4.2	Abschätzung der Material- und Einbaukosten je Triebfahrzeug	23	Liste aller Institutionen, die an der Sektorinitiative FRMCS-Fahrzeugmigration mitgewirkt haben		45
4.3	Abschätzung der Zertifizierungs- und Genehmigungskosten je Triebfahrzeug	24	Herausgeber des Positionspapiers		45
4.4	Abschätzung der Gesamtkosten	24	Literaturverzeichnis		46
5.	Finanzierungsrahmen und Fördermöglichkeiten der FRMCS-Fahrzeugmigration	26	Abbildungsverzeichnis		48
5.1	Notwendigkeit einer Finanzierung der FRMCS-Fahrzeugmigration	26	Tabellenverzeichnis		48
			Abkürzungsverzeichnis		49

1. FRMCS als Grundlage für einen leistungsstarken Bahnverkehr

Der Ausbau des Schienenverkehrs ist zentral für die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaabkommens. Vor diesem Hintergrund hat sich die Bundesregierung im Masterplan Schienenverkehr vorgenommen, gegenüber 2020 die **Zahl der Fahrgäste bis 2030 im Schienenpersonenverkehr zu verdoppeln** sowie den **Anteil des Güterverkehrs am Modal Split auf mindestens 25 Prozent bis 2030** zu steigern.¹

Zur Erreichung dieser ambitionierten Ziele ist die **Digitalisierung im Schienenverkehr eine notwendige Voraussetzung**. Die „Digitale Schiene Deutschland“ (DSD) – eine Sektorinitiative von Bund, Bahnindustrie und der Deutschen Bahn (DB) – geht sowohl die Modernisierung der Infrastruktur als auch die Digitalisierung des Bahnsystems an. Mit Einführung digitaler Stellwerke (DSTW) und dem Aufbau des Zugbeeinflussungssystems European Train Control System (ETCS) gibt es bereits einen Entwicklungsschub, der – neben der weiterhin erforderlichen Sanierung und dem notwendigen Ausbau der Infrastruktur – zur weiteren Steigerung der Kapazität der Infrastruktur beitragen soll. Zudem verspricht ein zunehmender Grad der Automatisierung (unter anderem Automatic Train Operation, ATO) mehr Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit sowie eine höhere Effizienz und damit ein besseres Angebot für Fahrgäste sowie Spediteure und Verlager.

Grundlage für diese neuen Technologien ist eine verlässliche Konnektivität. Der bestehende, auf einem Mobilfunksystem der 2ten Generation (2G) beruhende Bahnfunk GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway, in Deutschland im Wesentlichen auf dem Netz der DB Netz AG in Betrieb) wird den hohen Anforderungen der digitalen Anwendungen nicht mehr gerecht. In der Europäischen Union (EU) wird GSM-R bis mindestens 2030 als Standardsystem für die Bahnkommunikation weiterbetrieben, danach gelten individuelle Vereinbarungen zwischen den Netzausrüstern und den GSM-R-Netzbetreibern.² In Deutschland wird **GSM-R nach aktueller Planung im Jahr 2035 abgeschaltet**. Das heißt, dass GSM-R in Deutschland zwingend bis dahin durch den neuen 5G-basierten Bahnfunk FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) abgelöst werden muss, um den Bahnbetrieb aufrecht erhalten zu können.

Die FRMCS-Migration betrifft sowohl die Umrüstung der Fahrzeuge als auch die Ausrüstung der Eisenbahninfrastruktur. Die Ausrüstung der Eisenbahninfrastruktur mit FRMCS obliegt den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU). **Schwerpunkt des vorliegenden Papiers ist die Ausrüstung der Fahrzeuge mit FRMCS-Bordgeräten.** Diese Aufgabe liegt in der Verantwortung der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), Leasing-Unternehmen und Landesgesellschaften – nachfolgend als „Umrüstverantwortliche“ bezeichnet – im Zusammenspiel mit der für die Instandhaltung zuständigen Stelle (ECM). Bis spätestens 2035 müssen alle auf dem deutschen Netz verkehrenden Fahrzeuge auf FRMCS umgerüstet werden. Eine verspätete flächendeckende Umsetzung birgt die Gefahr, dass der Schienenverkehr in Deutschland technologisch gegenüber den europäischen Partnern zurückfällt, mit Auslaufen der Unterstützung von GSM-R an Leistungsfähigkeit verliert und sogar der Weiterbetrieb gefährdet wäre.

1 BMDV (2020): Masterplan Schienenverkehr.

2 UNITEL Committee (2021): GSM-R Long-term Support Statement.

Aus Sicht der Umrüstverantwortlichen der FRMCS-Fahrzeugmigration ist darauf zu achten, dass alle umgerüsteten Fahrzeuge auf allen Netzen, das heißt auf allen Haupt- und Nebennetzen, fahren können. Deshalb ist bei der Einführung von FRMCS in Deutschland von Anfang an zu beachten, dass ein **universelles Funksystem für das gesamte deutsche Eisenbahnnetz** – also auf bundeseigenen und nichtbundeseigenen Netzen – entsteht. Nur so kann langfristig eine Doppelausrüstung von Fahrzeugen vermieden werden, wie sie heute für GSM-R und Analog-Funk teilweise erforderlich ist. In der Konsequenz müssen alle Umrüstverantwortlichen frühzeitig informiert sein, auf welche Funkausrüstung der Infrastruktur sie sich einzustellen haben.

Um die langfristige Planung für die Fahrzeugmigration abzusichern, sind im Vorfeld der Fahrzeugumrüstplanung die Sicherung **aller relevanten Rahmenbedingungen von der baureihen-spezifischen technischen Entwicklung über Fahrzeuggenehmigung, Finanzierung und Materialbeschaffung** unabdingbar. Hierfür gibt das vorliegende Positionspapier Anregungen und Vorschläge.

1.1 FRMCS löst GSM-R bis 2035 ab

Der heute im Netz der DB Netz AG³ bestehende **Bahnfunk GSM-R** wurde in den 1990er Jahren speziell für den Eisenbahnbetrieb und **primär für eine zuverlässige Sprachkommunikation** entwickelt und wird in Europa, Afrika, Asien und Australien eingesetzt. GSM-R ermöglicht die Kommunikation zwischen Triebfahrzeugführer:innen, Fahrdienstleiter:innen und anderen betriebsführenden Stellen. GSM-R stellt auch die Übertragung von Sprache und Daten, wie zum Beispiel Zugpositionsdaten, Fahrplandaten sowie Notruf- und Störungsmeldungen sicher. Die Übertragung erfolgt mittels digitaler Signalverarbeitungstechniken und ist kryptografisch gesichert, um eine sichere Kommunikation zu gewährleisten. Jedoch führen, im Vergleich zum heutigen Bahnbetrieb, die **neuen digitalen Anwendungsfälle zu erheblich höheren Anforderungen an die Konnektivität**. Insbesondere gehen die Anforderungen von ATO GoA 3/4⁴ und RTO (Remote Train Operation) weit über die Bandbreitenkapazitäten und Latenzzeiten⁵ des GSM-R-Systems hinaus.

Im Gegensatz zu GSM-R **kann der neue Bahnfunkstandard FRMCS diese hohen Ansprüche an künftige Datenraten und Latenzzeiten erfüllen**. FRMCS wird vom Internationalen Eisenbahnverband (UIC) in Partnerschaft mit der Europäischen Union und anderen internationalen Organisationen entwickelt. Ziel ist, ein einziges, übergreifendes Kommunikationssystem für das gesamte europäische Schienennetz zu schaffen⁶, welches nicht nur die Sprach- und Datenkommunikation, sondern auch die digitale Zugsteuerung und sicherheitskritische Anwendungen unterstützt. FRMCS basiert aktuell auf der **5G-Technologie** und dem ebenfalls beim 3rd Generation Partnership Project (3GPP) standardisierten MCX (Mission-Critical Services) System, das auch für die Nutzung von anderen Betreibern von kritischer Infrastruktur entwickelt wird. Durch die Entkopplung von Applikation und Übertragungssystem ist es flexibel bezüglich zukünftiger Übertragungssysteme beziehungsweise Mobilfunkgenerationen.

3 Nur auf wenigen Bahnstrecken der DB Netz AG sind derzeit andere Funksysteme (Analogfunk) im Einsatz.

4 Für ATO werden verschiedene Automatisierungsgrade unterschieden (Grade of Automation – GoA). GoA2 steht dabei für einen hochautomatischen Zugbetrieb mit Fahrer:in und GoA4 für einen vollständig automatischen Zugbetrieb ohne Betriebspersonal an Bord.

5 Unter Latenz versteht man den Zeitraum, den ein Datenpaket vom Sender zum Empfänger (ohne Rückrichtung) benötigt. Gemessen wird die Latenz-Zeit (oder Ping-Zeit) in Millisekunden. Sie wirkt sich deutlich auf die „Trägheit“ des Zugangs aus.

6 Sowohl für EdB (Eisenbahn des Bundes) wie auch NE-Bahnen (Nichtbundeseigene Bahnen).

Für FRMCS hat die Europäische Kommission das **ungepaarte Frequenzband 1900 bis 1910 Megahertz (MHz) und die gepaarten Frequenzbänder 874,4-880,0 und 919,4-925,0 MHz**, die auch von GSM-R genutzt werden, harmonisiert und reserviert. Gemäß der aktuellen Planung der DB Netz AG umfasst die Anfangsphase das Testen und Pilotieren der FRMCS-Technologie⁷, gefolgt von einer mehrjährigen Phase des Parallelbetriebs von FRMCS und GSM-R. Damit wird eine schrittweise Migration der Netzseite gewährleistet. Die Anwendung von FRMCS bei weiteren, nichtbundeseigenen EIU ist noch zu klären. Auch für die Fahrzeugumrüstung stellt diese Strategie ein sinnvolles Vorgehen dar: Um größtmögliche zeitliche Flexibilität bei der Fahrzeugmigration zu ermöglichen, soll auf den Fahrzeugen **Multi-Mode-Technik** eingesetzt werden (GSM-R, FRMCS, gegebenenfalls Analogfunk). Damit können die **Fahrzeuge sowohl auf GSM-R-ausgerüsteten Strecken (und wenn notwendig Analogfunk) als auch auf Strecken mit FRMCS** genutzt werden.

Der **Zeitplan für die FRMCS-Fahrzeugmigration** ist eng verknüpft mit der Zeitplanung der Standardisierung und der Netzmigration (s. Abbildung 1). Ausgangspunkt sind drei Spezifikations-Versionen von FRMCS. Diese werden in der „Technischen Spezifikation für die Interoperabilität“ (TSI) zum Teilsystem „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ (ZZS) festgeschrieben. Die erste Version der FRMCS-Spezifikation (FRMCS-V1) – aufgenommen in die TSI ZZS von 2023 – ermöglicht noch keine verlässlichen Entwicklungen für die Fahrzeugausrüstung durch die Industrie. Frühestens mit Fertigstellung der FRMCS-V2 im Rahmen einer Technical Opinion der Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) sind Validierungsprojekte und erste konkrete Produktentwicklungen möglich. Die Erkenntnisse sollen in die Entwicklung einer FRMCS-V3 einfließen, sodass erst mit dieser dritten und finalen Version eine verbindliche Basis für die Produktentwicklung der Industrie gegeben ist. Die FRMCS-V3 soll nach jetzigem Stand Ende 2026 vorliegen und somit als Bestandteil der TSI ZZS 2027 veröffentlicht werden.

Aus EIU-Sicht beginnt mit dieser FRMCS-V3 die Frist von 5 Jahren, nach der frühestens die ersten Außerbetriebnahmen von GSM-R auf einzelnen Strecken erfolgen dürfen.⁸



Abbildung. 1: Möglicher Zeitplan der FRMCS-Fahrzeugmigration (aktuelle Entwurfsfassung)

7 Holfeld et al. (2022): Innovative Antennentechnologien für FRMCS.

8 Krantzik/Vrielink (2022): Zukunft des Bahnfunks – Migration von GSM-R auf FRMCS.

1.2 Eine sektorweite Initiative für eine erfolgreiche FRMCS-Fahrzeuqmigration

Es wird angenommen, dass Neufahrzeuge voraussichtlich ab 2032, also fünf Jahre nach der Veröffentlichung der verbindlichen Spezifikation von FRMCS (FRMCS-V3), standardmäßig mit FRMCS geliefert werden. Somit ergibt sich ersten Hochrechnungen zufolge eine zu migrierende Fahrzeuganzahl von etwa **16.000 bis 21.000 Bestandsfahrzeugen per 31.12.2031**.⁹ Neben den Fahrzeuggeräten sind ferner ca. 40.000 mobile GSM-R-Geräte (Handhelds) und etwa 3.500 stationäre GSM-R-Geräte durch FRMCS-Geräte zu ersetzen. Die Umrüstung obliegt einer **Vielzahl an Akteuren**: allein über 450 EVU in Deutschland, hinzu kommen Leasing-Unternehmen, Landesgesellschaften und auch internationale EVU, die Fahrzeuge in Deutschland betreiben. Aus diesem Grund ist eine sektorweite (zeitliche) Abstimmung unabdingbar. Im September 2022 wurde deshalb die Sektorinitiative FRMCS-Fahrzeuqmigration gestartet. Ziel der Initiative ist es, **einen aus Sicht des Schienensektors fundierten Rahmen für eine erfolgreiche FRMCS-Migration aller betroffenen Fahrzeuge verbindlich zu vereinbaren**. Beteiligt an der Initiative sind alle relevanten Akteure des Sektors Schiene. Dazu gehören die Verbände des Bahnsektors als Vertretungen der EVU, Fahrzeughalter, Fahrzeugeigentümer und Bahnindustrie, die Aufgabenträger des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) sowie Aufsichts- und Genehmigungsbehörden. Eine Übersicht aller Mitglieder der Initiative befindet sich im Anhang.

Ausgangspunkt der Initiative sind die **Erfahrungen des Sektors mit der Fahrzeugumrüstung auf störfeste GSM-R-Geräte**. Im Rahmen einer sektorweiten Befragung zur GSM-R-Fahrzeugumrüstung mit über 100 Teilnehmenden im Sommer 2023 wurde deutlich, dass einige konkrete Rahmenbedingungen große Hebel für den Erfolg eines solchen Vorhabens darstellen:

- Eindeutig spezifizierte technische Konfigurationen, der frühzeitige Austausch mit Herstellern von Komponenten zur Sicherstellung der Lieferfähigkeit sowie rechtzeitig kommunizierte, rechtssichere und unter Beteiligung des Sektors abgestimmte Netzzugangsregelungen der EIU sichern einen verbindlichen Planungshorizont für die Umrüstverantwortlichen.
- Im Themenkreis Fahrzeuggenehmigung wurden transparente Genehmigungsverfahren, vor allem auch durch Harmonisierung der Prozesse zwischen ERA und EBA¹⁰ (insbesondere bei Mehrländerfahrzeugen) und die Reduzierung des Zulassungsvolumens durch Muster- und Serienzulassungen, betont. Auch die Notwendigkeit einer Verkürzung der Bearbeitungsdauer von Genehmigungsanträgen und das Erfordernis praxisorientierter Hilfestellungen für alle Prozessbeteiligten wurden unterstrichen.
- Für die Förderung sind eine ausreichende, wenn notwendig überjährige, Laufzeit sowie die frühzeitige und transparente Kommunikation zu den Fördermöglichkeiten erforderlich. Eine möglichst einfache Gestaltung der Förderanträge trägt deutlich zur Reduzierung des Aufwands der Antragsstellung bei.
- Darüber hinaus wird eine sektorweite Koordination zur Bündelung von Wissen, zum Erfahrungsaustausch und unter anderem auch für eine transparente Dokumentation des Umrüstfortschritts als Erfolgsfaktor gesehen.

⁹ Zur Herleitung der Anzahl umzurüstender Fahrzeuge s. Kapitel 4.1

¹⁰ Eisenbahn-Bundesamt (EBA)

Die Sektorinitiative konzentriert sich auf die **Identifikation der für die FRMCS-Fahrzeugmigration notwendigen Rahmenbedingungen**. Ziel ist eine fokussierte Betrachtung aller damit einhergehenden Bedarfe zur Erarbeitung politischer Empfehlungen zur Umsetzung dieser Rahmenbedingungen. Dazu hat die Sektorinitiative vier Handlungsfelder definiert: Fahrzeugtechnik (Kapitel 2), Genehmigung (Kapitel 3), Kosten und Finanzierung (Kapitel 4 und 5) sowie operative Umsetzung (Kapitel 6).

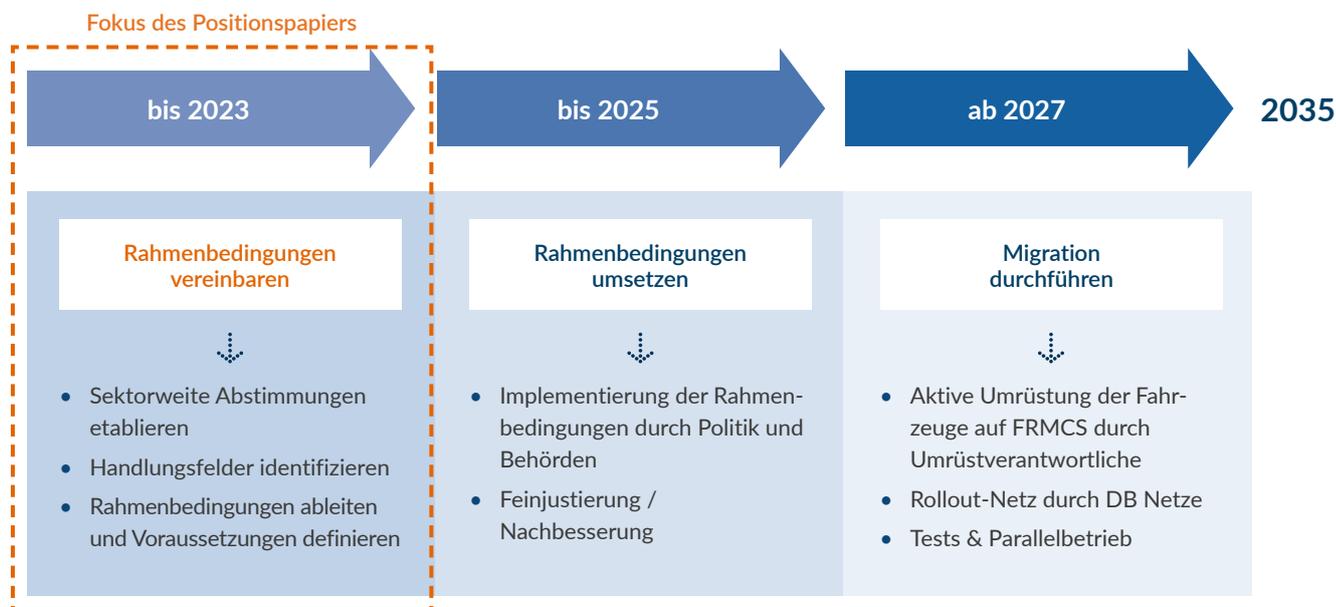


Abbildung 2: Fokus des Positionspapiers

Gleichwohl ist das **Zusammenspiel mit der ETCS-Migration ein wichtiger Einflussfaktor**, der perspektivisch betrachtet werden muss. Die Evaluierung¹¹ der modellhaften Förderung der DSD¹²-Fahrzeugausrüstung im Digitalen Knoten Stuttgart hat dazu eine Reihe wichtiger Erkenntnisse erbracht:

- Eine möglichst geringe Anzahl umfassender Eingriffe in ein Fahrzeug mindert unter anderem Ausfallzeiten und Beeinträchtigungen von Verkehrsleistungen.
- Durch eine koordinierte Umrüstung von Fahrzeugtypen beziehungsweise typgleichen Teilflotten lassen sich umfassende Synergien nutzen und ein hohes Maß an Planungssicherheit schaffen.
- Ein möglichst weitreichender Ausrüstungsstandard nach Umrüstung ermöglicht Positiv-Wirkungen im Gesamtsystem Bahn (zum Beispiel Kapazität).
- Integrierte Umrüstungen von zum Beispiel FRMCS und ETCS ermöglichen die effiziente Nutzung knapper Ressourcen – beispielsweise bei Werkstätten, Gutachtern oder Zulassungsbehörden.

11 Evaluierung der Förderrichtlinie des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr zur Förderung der Ausrüstung von Schienenfahrzeugen mit Komponenten des europäischen Zugbeeinflussungssystems ERTMS (European Rail Traffic Management System) und des automatisierten Bahnbetriebs (ATO) im Rahmen der infrastrukturseitigen Einführung von ERTMS im „Digitalen Knoten Stuttgart“ (<https://bit.ly/457iC61>).

12 Die DSD-Fahrzeugausrüstung umfasst neben ETCS und GSM-R/FRMCS auch weitere Elemente wie hochautomatisiertes Fahren (ATO GoA 2), Zugintegritätsüberwachung (TIMS) für Triebzüge sowie Fahrzeugzustandsdaten (TCR).

Entsprechend ist die Synchronisation der FRMCS- und ETCS-Migration für alle Umrüstverantwortlichen ein drängendes Thema, da eine getrennte FRMCS- und ETCS-Umrüstung die Ausfallzeiten der Fahrzeuge mehr als verdoppeln und somit die Wahrscheinlichkeit der Beeinträchtigung von Verkehrsleistungen sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr deutlich erhöhen würde. Die Rahmenbedingungen sollen dementsprechend so gestaltet werden, dass auch gleichzeitige Umrüstungen möglich werden, auch hinsichtlich Förder- und Anreizsystemen sowie der Verfügbarkeit personeller Ressourcen. Auch seitens der Bundesregierung sollten die Rahmenbedingungen für FRMCS und ETCS inhaltlich und organisatorisch stark verzahnt betrachtet und entsprechende Maßnahmen nicht getrennt behandelt werden.

Dennoch liegt der Fokus dieses Papiers auf der FRMCS-Fahrzeugmigration. Durch diese Konzentration wird die Komplexität in der Betrachtung zunächst reduziert, um eine geeignete Detailtiefe erreichen zu können. Zudem entsteht so die Möglichkeit, diese Ergebnisse zu FRMCS mit der Vorbereitung zur DSD- beziehungsweise ETCS-Fahrzeugausrüstung zusammenzuführen und gesamthafte Ableitungen treffen zu können.

2. Fahrzeugtechnische Konfigurationen für die FRMCS-Fahrzeugmigration

Grundlage für die sektorweite FRMCS-Fahrzeugmigration sind geeignete technische Konfigurationen. Dieses Kapitel geht der Frage nach, wie eine zukünftige fahrzeugseitige FRMCS-Ausrüstung aussehen müsste und welche Konfigurationen es für die Umrüstung gibt.

2.1 Annahmen für die zukünftige FRMCS-Fahrzeugausrüstung

FRMCS ist aktuell noch nicht vollständig spezifiziert. Eine Reihe von Fragestellungen, die eine Auswirkung auf die Fahrzeugausstattung haben, ist deshalb noch offen. Daher werden nachfolgend einige wichtige Annahmen getroffen. Dabei handelt es sich bei den Ausführungen um mögliche Konfigurationen basierend auf diesen Annahmen. Abhängig von der vollständigen FRMCS-Spezifikation sowie von Anforderungen durch ERTMS an FRMCS können sich Abweichungen ergeben. Folgende Annahmen wurden getroffen:

Annahme 1:

Funkmodul und Antenne werden von beiden Bahnfunkfrequenzbändern (900 und 1900 MHz) genutzt.

- Es sind keine separaten Funkmodule und Antennen für die beiden Bahnfunkfrequenzbänder erforderlich.

Annahme 2:

Es sind zwei FRMCS Onboard Gateways oder ein redundantes FRMCS Onboard Gateway auf einem Fahrzeug nötig, sobald ETCS unterstützt werden muss.

- Derzeit gibt es keine klare Anforderung an redundante FRMCS Onboard Gateways (zum Beispiel basierend auf ETCS-Anforderungen).
- Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass redundante FRMCS Onboard Gateways erforderlich sein werden. Aus diesem Grund wird im Folgenden vom aufwandsmäßigen „Worst Case“, das heißt von der Notwendigkeit zweier redundanter FRMCS Onboard Gateways im Falle der ETCS-Unterstützung, ausgegangen.

Annahme 3:

Es sind eventuell zwei Funkmodule pro Fahrzeug nötig, die parallel verwendbar sind, sobald ETCS unterstützt werden muss (zum Beispiel bei Grenzübertritt mit erforderlichem Systemwechsel).

- Für den Grenzübertritt mit FRMCS können derzeit für ETCS zwei Funkmodule, die die beiden Zugfunkfrequenzbänder (Railway Mobile Radio, RMR) der jeweiligen Länder unterstützen, nicht ausgeschlossen werden. Varianten mit einem einzigen Funkmodul sind zwar in Diskussion in der FRMCS-Standardisierung; deren Realisierbarkeit ist aber noch offen.¹³

¹³ In GSM-R (circuit switched) sind zwei Funkmodule für den RBC-Wechsel (Radio Block Centre; deutsch: ETCS-Streckenzentrale) erforderlich – sowohl im Inland als auch beim Grenzübertritt. Für FRMCS (packet switched) können RBC-Wechsel im gleichen Netz mit einem einzigen Funkmodul realisiert werden.

- Im Gegensatz zu GSM-R werden die FRMCS-Funkmodule nicht expliziten Applikationen zugeordnet, sondern stehen vielmehr für alle Applikationen, welche FRMCS nutzen, zur Verfügung (Entkopplung von Applikation und Übertragungssystem).

Annahme 4:

RMR-Funkmodule und -Antennen müssen neben den Bahnfunkfrequenzbänder (900 und 1900 MHz) auch öffentliche Frequenzbänder unterstützen.

- Die Nutzung von öffentlichen Mobilfunknetzen mittels National Roaming wird heute in GSM-R für Sprachfunk als auch Daten als Rückfallebene verwendet und soll für FRMCS fortgeführt werden.
- FRMCS soll die Funktion „Multipath“ unterstützen, wodurch eine parallele Nutzung mehrerer Funkmodule und Netzwerke realisiert werden kann (insbesondere RMR in Kombination mit öffentlichen Mobilfunknetzen). Hierdurch können sowohl die Resilienz erhöht als auch Kapazitätssteigerungen für spezifische Applikationen und Situationen realisiert werden. Aufgrund der Notwendigkeit von Videoübertragungen für GoA4 wird Multipath mit der parallelen Nutzung von öffentlichem Mobilfunk als notwendig angenommen, hat aber bereits für den Nicht-GoA4-Betrieb Vorteile (Umschalten/Parallelnutzung in Echtzeit für Rückfall, Kapazitäts- und Coverage-Ergänzung etc.).

Annahme 5:

Neben den RMR-Funkmodulen ist ein zusätzliches Funkmodul (inklusive Antennen und HF-Filter) nötig, sobald ATO (in GoA2-GoA4) über öffentlichen Mobilfunk verwendet wird.

- ATO in GoA2 kann je nach Streckenausrüstung entweder über FRMCS oder öffentlichen Mobilfunk genutzt werden (falls FRMCS nicht verfügbar ist). Da derzeit nicht ausgeschlossen werden kann, dass Züge im ATO GoA2-Betrieb in Bereichen ohne FRMCS verkehren, wird hier als Worst-Case-Betrachtung ein zusätzliches Funkmodul inklusive Antennen und Hochfrequenz(HF)-Filter für öffentliche Mobilfunknetze angenommen.
- Multipath von RMR und öffentlichem Mobilfunk für GoA4 wird als Softwarerealisierung im Onboard Gateway angenommen und hier nicht als Ausrüstungsvariante unterschieden. GoA4-Betrieb wird jedoch primär für Neufahrzeuge angenommen.

Annahme 6:

Für FRMCS, GSM-R und Analogfunk müssen separate Antennen verwendet werden.

- Für einen störungsfreien Betrieb mehrerer unterschiedlicher Kommunikationssysteme ist eine Entkopplung des Empfängers von den Aussendungen des jeweils anderen Systems notwendig.
- Diese Entkopplung kann durch eine räumliche Trennung der Sendeantenne von der Empfangsantenne erfolgen und zusätzlich durch die Verwendung von entsprechenden HF-Filtern unterstützt werden.

2.2 Mögliche Konfigurationen der FRMCS-Umrüstung

Mögliche Basis-Konfiguration

Abhängig von einer vollständigen FRMCS-Spezifikation und den konkreten Anwendungsfällen können sich unterschiedliche Fahrzeugausstattungen ergeben, beispielsweise bezüglich Anzahl der Funkmodule oder unterstützten Applikationen. Im Folgenden wird **eine auf den eingeführten Annahmen basierende Basis-Konfiguration** erläutert.

Im Zielzustand, also nach vollständiger Umstellung der Infrastruktur auf FRMCS, ersetzen verschiedene FRMCS-Funktionalitäten das Cab-Radio, EDOR (ETCS Data only Radio) und das ATO-Funkmodul. Unter der Annahme, dass Redundanz erforderlich ist, müssen alle FRMCS-Komponenten zweifach vorhanden sein. Bei den Funkmodulen wird davon ausgegangen, dass beide sowohl die Bahnfunkfrequenzbänder als auch öffentliche Frequenzen, beispielsweise für National Roaming, unterstützen. Abbildung 3 zeigt schematisch diese künftige Grundkonfiguration.

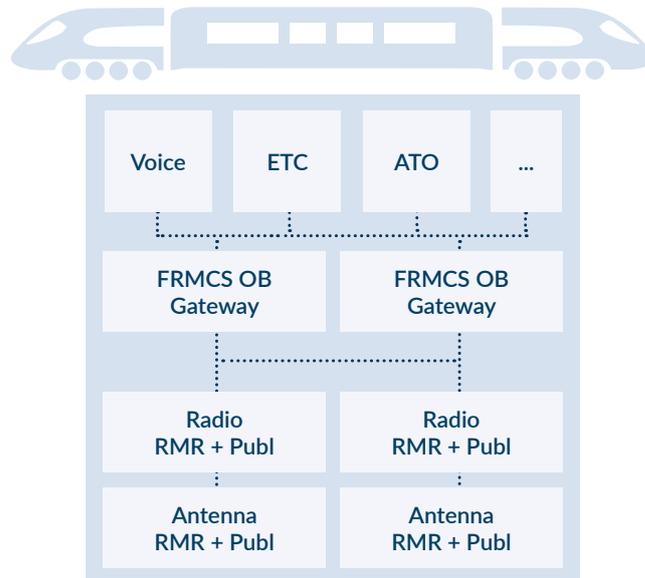


Abbildung 3: Basis-Zielkonfiguration (unter den im Text getroffenen Annahmen)

Erweiterung der Basis-Konfiguration in Abhängigkeit vom Anwendungsfall

Je nach Kombination der zu unterstützenden Applikationen werden verschiedene FRMCS-Konfigurationen nötig sein, die eine optionale Abwandlung beziehungsweise optionale Erweiterung der Basis-Konfiguration darstellen. Es lassen sich **drei generische Anwendungsfälle unterscheiden, die jeweils eine eigene FRMCS-Konfiguration erfordern:**

- 1) **Nur Sprachfunk** (und gegebenenfalls einfache Datenapplikationen, zum Beispiel Elektronischer Buchfahrplan)
 - a. auf Strecken ohne ETCS im Zugfahrtdienst
 - b. bei Fahrzeugen, die nur im Rangierdienst eingesetzt werden
- 2) **Sprachfunk und ETCS** (ATO mit Einschränkungen während Migration)
- 3) **Sprachfunk, ETCS und ATO** (GoA4 ready)

Zusätzlich sind Gattung und Länge eines Fahrzeugs relevant, da sich aus der Länge der üblicherweise im Betrieb nicht getrennten kleinsten Fahrzeugeinheit ergibt, ob die ERTMS-Ausstattung für ein oder zwei Führerstände genutzt werden kann. Folgende wesentliche Fahrzeugarten sind zu unterscheiden:

- a) Lokomotive oder Triebzug (mit zwei Führerständen) bis ca. 100 Metern Länge und jegliche Fahrzeuge mit nur einem Führerstand (zum Beispiel Steuerwagen oder Triebwagen wie BR 445)
- b) Triebzug (mit zwei Führerständen) länger als ca. 100 Meter

Für Fahrzeugart a) ist eine einfache FRMCS-Ausstattung ausreichend. Im Fall von Fahrzeugart b) ist bei einer Worst-Case-Betrachtung eine doppelte Ausstattung erforderlich. Insbesondere bei Neufahrzeugen ist jedoch eine Optimierung denkbar (im Sinne einer Reduzierung der Ausstattung), falls es ein Onboard-Netzwerk gibt, das eine Übertragungsqualität mit Quality-of-Service (QoS)-Funktion bietet (zum Beispiel in Bezug auf Durchsatz, Latenz, Stabilität – die Anforderungen sind noch nicht definiert). Die folgenden Ausführungen und Abbildungen beziehen sich auf Fahrzeugart b).

Die zu unterstützenden Applikationen können die Konfigurationen in der Notwendigkeit der Redundanz und erforderlichen Anzahl an Funkmodulen sowie entsprechenden Antennen beeinflussen.

Ist nur eine Anwendung für Sprache und einfache Daten erforderlich - im Weiteren als „Konfiguration 1“ bezeichnet - kann auf eine Doppelausstattung von FRMCS Gateway und RMR-Funkmodul (je Fahrtrichtung bei Triebzügen mit mindestens 100 Metern Länge) verzichtet werden, entsprechend der heutigen Cab-Radio-Ausrüstung in GSM-R (s. Abbildung 4). Ein Beispiel ist der elektronische Buchfahrplan. Die Konfiguration 1 umfasst also Fahrzeuge, für die keine ETCS-Ausstattung geplant ist, da sie innerhalb ihrer Lebenszeit nicht auf ETCS-Strecken betrieben werden. Es wird angenommen, dass dies auf den deutlich kleineren Teil aller umzurüstenden Fahrzeuge zutrifft. In diesem Fall muss das RMR-Funkmodul neben den Bahnfunkfrequenzbändern auch öffentlichen Mobilfunk unterstützen, um im Rückfall mittels National Roaming Sprachdienste gewährleisten zu können. Während der Migrationsphase müssen die Applikationen (zum Beispiel Sprache, Elektronischer Buchfahrplan) sowohl über GSM-R als auch FRMCS funktionieren, wobei die jeweils zum Einsatz kommende Kommunikationstechnologie transparent für die Triebfahrzeugführer:innen sein sollte.

Sind **sowohl Sprache als auch bereits ETCS** – im Weiteren „Konfiguration 2“ – vorhanden, ist die aktuelle Annahme, dass die FRMCS-Ausstattung in beiden Kopfwagen von Triebzügen mit mindestens 100 Metern Länge redundant ausgelegt werden muss (s. Abbildung 5). Dies bedeutet, dass für jeden Kopfwagen eines solchen Triebzugs zwei FRMCS-Gateways, zwei Funkmodule und zwei Antennen inklusive HF-Filter erforderlich sind. Genauso wie bei Konfiguration 1 sollten die Funkmodule neben den Bahnfunkfrequenzbändern auch öffentlichen Mobilfunk unterstützen.

Sind beide Funkmodule in Bahnfunkfrequenzbändern eingebucht, was gegebenenfalls für einen Grenzübergang mit Systemwechsel erforderlich ist, und reicht die Kapazität situationsabhängig nicht für **datenratenintensive Applikationen in GoA 4** aus, ist ein weiteres Funkmodul, das grundsätzlich öffentlichen Mobilfunk verwendet, erforderlich (s. Abbildung 6) – im Weiteren „Konfiguration 3“. Dieses zusätzliche Funkmodul kann eventuell eingespart werden, wenn die Funkmodule automatisch zwischen RMR und öffentlichem Netz wechseln können. In diesem Fall kann das zweite Funkmodul entweder Bahnfunkfrequenzbänder (für den Grenzübergang mit ETCS) oder öffentliches Netz (zur Kapazitätssteigerung für datenratenintensive Applikationen in GoA4) verwenden. Eine weitere Optimierung kann sich durch die Einführung eines Onboard-Netzwerkes ergeben, wodurch die beiden Fahrzeugenden miteinander verbunden sind und die entsprechenden Komponenten im Betrieb verwendet werden können (siehe nächstes Kapitel).

Für die beiden letztgenannten Fälle wird angenommen, dass sie sich auf den überwiegenden Teil aller umzurüstenden Fahrzeuge aufteilen. Eine genaue mengenmäßige Verteilung innerhalb dieses Segments kann heute noch nicht beschrieben werden.

Im umfangreichsten Fall (Unterstützung bis GoA 4, Ausstattung in zwei Kopfwagen und kein On-board-Netzwerk) würden also vier FRMCS-Gateways, sechs Funkmodule (2x RMR und 1x Public je Seite) und sechs Antennen (3x je Seite) erforderlich. Für die Antennen sind zudem zusätzliche HF-Filter erforderlich.

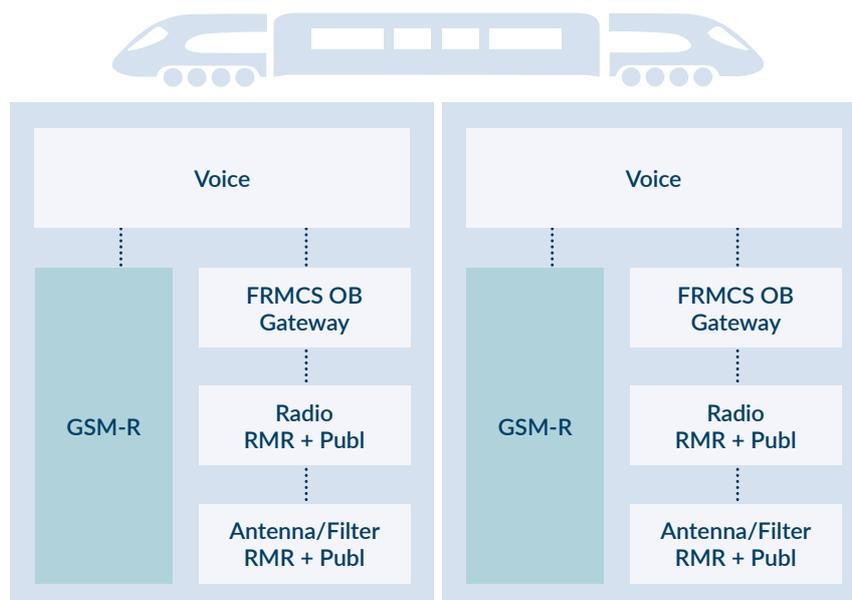


Abbildung 4: Konfiguration 1 – FRMCS für reinen Sprachfunk (und einfache Datenapplikationen)

- Unterstützt nur Sprachfunk und einfache Datenapplikationen
- Migration Cabradio (Funktionalität) zu FRMCS
- Keine Redundanz
- Nach Abschaltung GSM-R-Netz entfällt der GSM-R-Block
- ETCS-Nachrüstung nicht vorgesehen

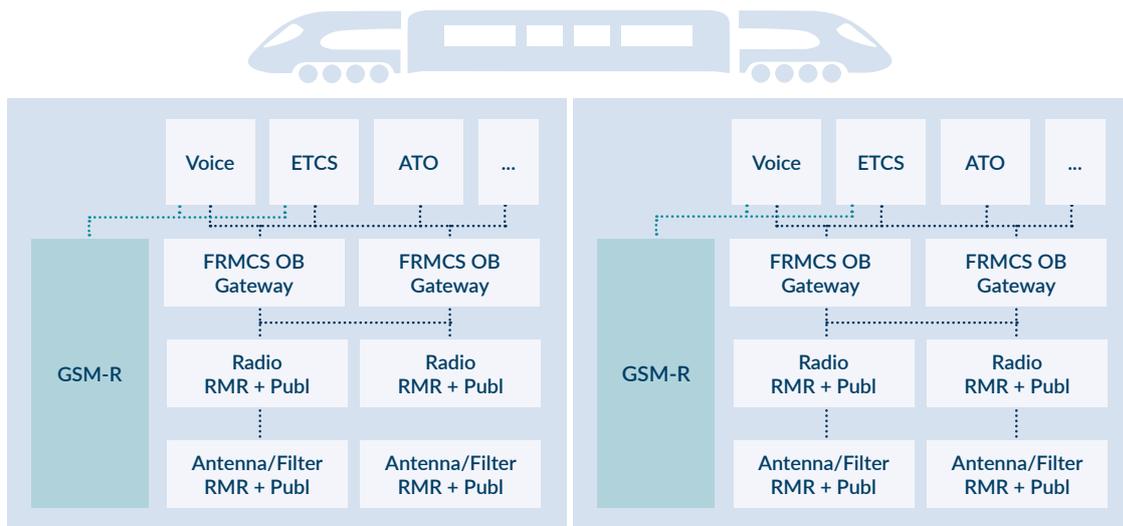


Abbildung 5: Konfiguration 2 – FRMCS für Sprachfunk und ETCS (ATO mit Einschränkungen)

- Unterstützt Applikationen bis GoA2 (während der Migration ist für Strecken ohne FRMCS die Nutzung von öffentlichem Mobilfunk erforderlich)
- Beschränkung durch die zur Verfügung stehende Kapazität, wenn beide Funkmodule RMR-Spektrum verwenden
- Redundanz durch zweifache Auslegung aller Komponenten (dadurch für ETCS geeignet)
- Ermöglicht Netzwechsel mit zwei RMR-Funkmodulen (für ETCS bei Grenzübertritt)
- Optimierung: Eines der Funkmodule könnte standardmäßig öffentlichen Mobilfunk verwenden, erfordert aber gegebenenfalls automatischen Wechsel zu RMR, falls für RBC-Wechsel bei Grenzübertritt 2 Funkmodule erforderlich sind

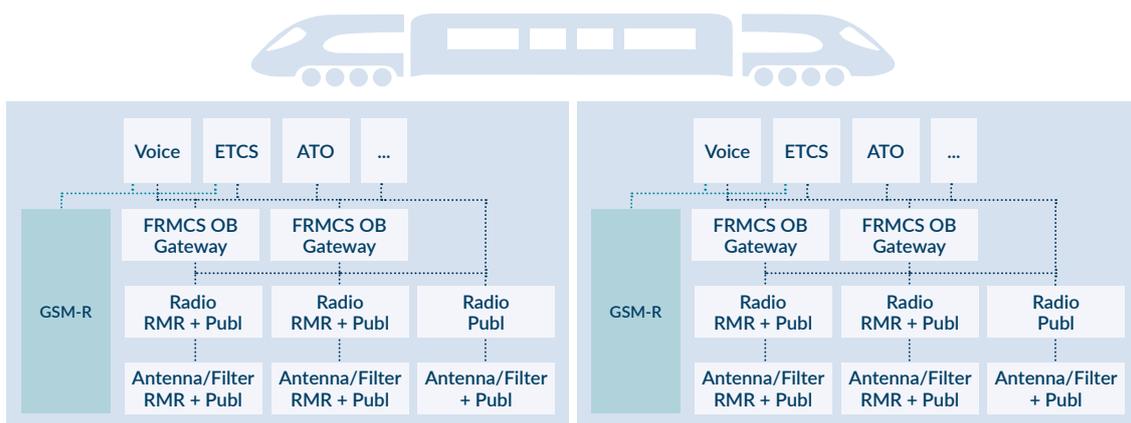


Abbildung 6: Konfiguration 3 – FRMCS für Sprachfunk, ETCS und ATO (GoA4 ready)

- Szenario für den Fall, dass Option 2 nicht realisiert werden kann
- Unterstützt betriebliche Applikationen inklusive GoA4
- Nutzung von öffentlichem Mobilfunk (gestrichelte Linie) wird derzeit für ATO nicht im Rahmen des TSI spezifiziert
- Erhöhung der Mobilfunk-Kapazität durch Einführung eines zusätzlichen Funkmoduls, das im öffentlichen Mobilfunk eingebucht ist

Beispiel – Ausstattung während Migrationsphase

Während der Migrationsphase kann insbesondere die erforderliche Anzahl an Antennen auf dem Zug eine Herausforderung sein, da zur Entkopplung ein Mindestabstand beziehungsweise Filter erforderlich sind. Abbildung 7 zeigt schematisch die erforderlichen Module und Antennen während des Parallelbetriebs. Neben der Antenne für das Cab-Radio und den beiden EDOR-Antennen sind zwei weitere Antennen für FRMCS und eine weitere Antenne für öffentliche Netze erforderlich. Dazu kommen zusätzliche Antennen für weitere Applikationen (zum Beispiel Fahrgastinformationen, Internetanbindung für Fahrgäste, Videoüberwachung). Die Anzahl an erforderlichen Komponenten inklusive Antennen kann gegebenenfalls reduziert werden, wenn es ein Onboard-Netzwerk gibt, das eine ausreichende Konnektivität zwischen den beiden Fahrzeugenden garantiert (s. Abbildung 8).

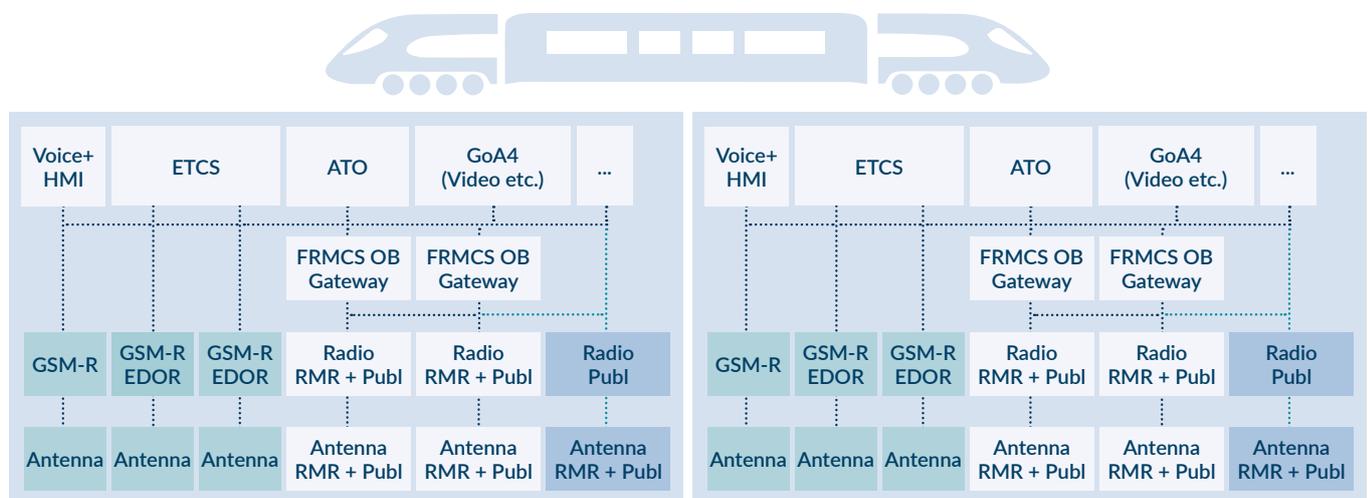


Abbildung 7: Parallelbetrieb von GSM-R und FRMCS

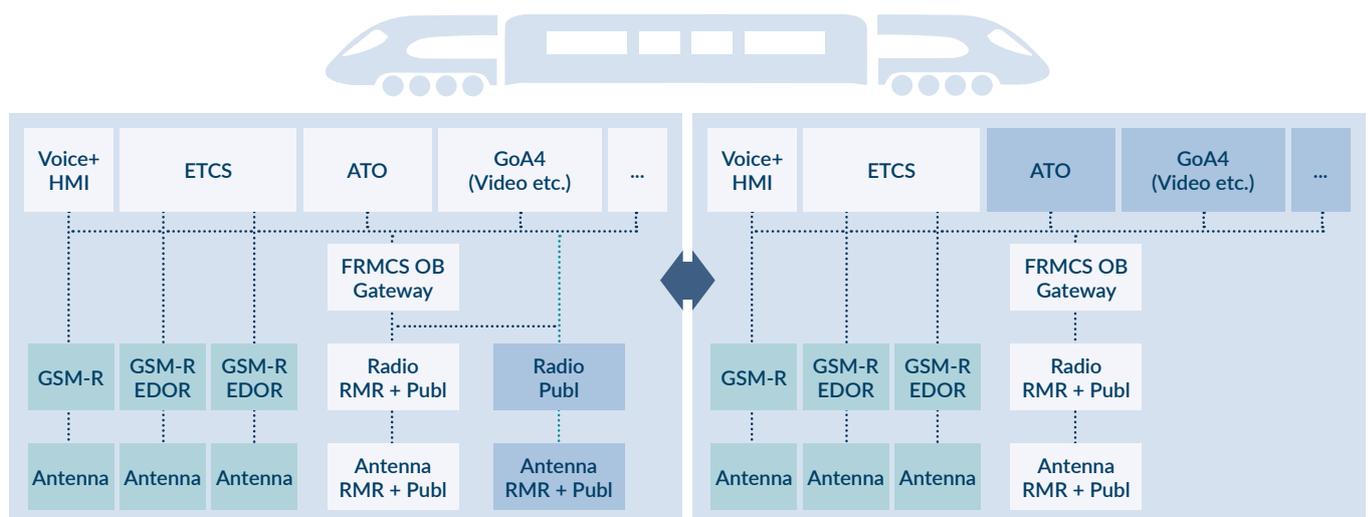


Abbildung 8: Parallelbetrieb von GSM-R und FRMCS (optimiert)

2.3 Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche FRMCS-Migration aus Techniksicht

Um die FRMCS-Fahrzeugumrüstung rechtzeitig durchführen zu können, sind aus Techniksicht drei Faktoren besonders erfolgsrelevant, die im Folgenden kurz beschrieben werden.

Transparente und verbindliche Planung der Spezifikationsprozesse

Sowohl für die Umrüstverantwortlichen als auch für die Lieferantenseite ist Planungssicherheit ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Ein zentraler Punkt stellt dabei der Spezifizierungsprozess dar, welcher inhaltlich und zeitlich verbindlich durchlaufen werden muss. Nur wenn FRMCS hinreichend spezifiziert ist und die im Kapitel 1 genannten Meilensteine (FRMCS-V1 bis -V3) eingehalten werden, können die Hersteller die nötigen Komponenten rechtzeitig entwickeln und produzieren, sodass die Umrüstung der Bestandsfahrzeuge sowie die Ausstattung der Neufahrzeuge mit FRMCS in möglichst hoher Synchronisation mit der Migration der Infrastrukturen erfolgen können. Nur durch ein Festhalten an diesem Zeitplan durch die einschlägigen Standardisierungsgremien, an denen sich der Bahnsektor maßgeblich beteiligt, kann die FRMCS-Fahrzeugmigration bis 2035 realisiert werden.

Frühzeitige Einbindung der Industrie

Ein weiterer Erfolgsfaktor für eine effiziente FRMCS-Fahrzeugumrüstung ist die frühe und umfassende Zusammenarbeit zwischen den Umrüstverantwortlichen und der Lieferantenseite (Funksystemanbieter, Fahrzeughersteller, Sublieferanten etc.). Diese Einbindung erfolgt seit Gründung der Sektorinitiative zur FRMCS-Fahrzeugmigration durch die aktive Teilnahme und Mitwirkung des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland (VDB). Darüber hinaus gilt es auch, auf europäischer Ebene die Bahnindustrie miteinzubeziehen, zum Beispiel durch die intensiven Vorbereitungen für das FRMCS-Validierungsprojekt „Morane 2“¹⁴. Dadurch wird zum einen gewährleistet, dass die Belange und Erfahrungen der Industrie bei der Planung der Fahrzeugmigration Gehör finden. Zum anderen können die Hersteller ihre Entwicklungs-, Beschaffungs- und Produktionsprozesse durch die frühzeitige Einbindung so planen, dass ihrerseits ausreichende Material- und Umrüstkapazitäten für eine reibungslose Migration gewährleistet sind und Komponenten gemäß den Anforderungen der Besteller entwickelt werden.

Verfügbarkeit von Chipsets¹⁵

Ein weiterer maßgeblicher Erfolgsfaktor für die Einführung von FRMCS stellt die Verfügbarkeit passender FRMCS-Chipsätze dar. Diese können erst dann entwickelt werden, wenn durch technische Spezifikationen der Funktionsumfang definiert ist. Es ist selbstredend, dass ohne die notwendigen technischen Komponenten keine Umrüstung erfolgen kann und darüber hinaus auch die Produktentwicklung gehemmt ist. Im Kapitel 7.2 wird daher ein Vorschlag unterbreitet, wie die Politik bei der Sicherstellung der erfolgskritischen Chipset-Verfügbarkeit für den systemrelevanten Bahnsektor unterstützen kann.

14 Der zweite Entwurf der FRMCS-Spezifikation (FRMCS-V2) wird durch das EU-Projekt „Morane 2“ über Feldtests auf konventionellen und Hochgeschwindigkeitsstrecken sowie unter grenzüberschreitenden Bedingungen umfassend validiert, um die Spezifikation zu einer finalen FRMCS-V3 zu führen. Die Feldtests werden in verschiedenen Ländern stattfinden. Für die finale FRMCS-V3 sind noch weitere Inputs außerhalb „Morane 2“ notwendig, zum Beispiel Aufnahme von Endgerätespezifikationen oder neue Erkenntnisse aus Weiterentwicklungen der Systemtechnik.

15 Mit Chipsets sind im Folgenden Halbleiter und die dazugehörige Treiber-Software gemeint.

3. Genehmigungsrahmen für die FRMCS-Fahrzeugmigration

Neben den Erfolgsfaktoren aus Techniksicht (s. Kapitel 2.3) sind ein verlässlicher und effizienter Genehmigungsrahmen sowie ein kostengünstiger und schneller Genehmigungsprozess weitere wesentliche Voraussetzungen für die erfolgreiche FRMCS-Fahrzeugmigration. So haben Erfahrungen aus anderen Projekten wie der Umrüstung auf störfesten GSM-R-Zugfunk gezeigt, dass **der Genehmigungsrahmen zu Beginn der Planung geklärt sein muss**. Zentral sind dabei sowohl die nationale Betrachtung als auch der europäische Rechtsrahmen. Grundlegend muss auch vor der Sicherstellung der Finanzierung geklärt sein, ob es sich bei den FRMCS-Fahrzeugumrüstungen um genehmigungspflichtige oder nicht genehmigungspflichtige Änderungen handelt.

Dieses Kapitel fokussiert die **Genehmigungsrelevanz für die Fahrzeugumrüstung ausschließlich mit FRMCS** (und nicht die Zulassung der FRMCS-Fahrzeugkomponenten) und geht der Frage nach, was die Herausforderungen des aktuellen Genehmigungsrahmens sind. Weiterhin zeigt es Lösungsoptionen auf, wie der Genehmigungsaufwand für alle beteiligten Akteure reduziert werden kann. Innerhalb des Genehmigungsrahmens werden Nachweisführung, Konformitätsbewertung und die Genehmigung selbst gefasst.

3.1 Herausforderungen des derzeitigen Genehmigungsrahmens

Für den derzeitigen Genehmigungsrahmen gibt es eine Reihe an Herausforderungen, die im Folgenden kurz beschrieben werden.

Heterogenität der Bestandsflotten

Eine Grundlage zur Bemessung des Genehmigungsaufwandes der Fahrzeugumrüstung mit FRMCS ist die Heterogenität der Bestandsflotten in Deutschland – und diese ist sehr groß. Die umzurüstenden 16.000 bis 21.000 Fahrzeuge umfassen zahlreiche Baureihen und Fahrzeugtypen. Dazu kommen bedarfs-, baureihen- und verwendungsspezifische Lösungen. Dies führt zu einer **großen Anzahl von Baumustern (First-of-Class, FoC¹⁶) und einem hohen potenziellen Genehmigungsaufwand** für Erstgenehmigung sowie anschließender Einzelgenehmigung auf Konformitätsbasis (Conformity-to-Type, CTT). Ein weiterer Multiplikator des Genehmigungsaufwandes ist die Vielzahl der beteiligten Umrüstverantwortlichen, wie zum Beispiel über 450 EVU in Deutschland, Leasing-Unternehmen und Landesgesellschaften. Das daraus resultierende Genehmigungsvolumen ist immens – sowohl für die sogenannten Änderungsverwaltungsstellen der Umrüstverantwortlichen als auch für die Genehmigungsbehörden. Eine Heterogenität ergibt sich auch aus den unterschiedlichen Umfängen nationaler Anforderungen in den einzelnen Mitgliedstaaten, zum Beispiel bei der Überprüfung der Einhaltung der notifizierten nationalen technischen Vorschriften (NNTV).

16 Die Ausrüstung der einzelnen Baureihen der Bestandsflotte folgt dem Prinzip der First-of-Class (FoC)-Ausrüstung und Typgenehmigung. Das heißt nach aktueller Lesart, dass für das erste Referenzfahrzeug einer Baureihe beziehungsweise einer Variante exemplarisch das Engineering, die Installation, die Tests und die Zulassung durchgeführt werden. Die Dokumentation des FoC-Fahrzeuges dient als Grundlage für die Serienumrüstung der jeweiligen Baureihe/Variante. Perspektivisch sollte FoC so definiert sein, dass Fahrzeuge mehrerer Baureihen aufgrund gleicher technischer Anforderungen und gleicher Umbaumaßnahmen baureihen- und variantenübergreifend zusammengefasst werden sollten.

Anzahl der Fahrzeugtypgenehmigungen im Bestand bestimmt Anzahl der Genehmigungsverfahren

Fahrzeuge aus derselben Baureihe können sich gemäß ihren technischen Eigenschaften in unterschiedliche Typen aufteilen. Nach Maßgabe des 4. Eisenbahnpaketes werden Veränderungen an einem Fahrzeug, zum Beispiel Umbauten oder Umrüstungen, als Änderungen gegenüber dem genehmigten Zustand des Fahrzeugs bewertet. Ist diese Änderung genehmigungspflichtig, so entsteht durch sie ein neuer oder erstmaliger Fahrzeugtyp, für den eine entsprechende Fahrzeugtypgenehmigung beantragt und erteilt werden muss. Für alle im Ausgangszustand baugleichen Fahrzeuge eines Halters, die konform zu diesem Fahrzeugtypen umgerüstet werden, muss ebenfalls eine neue Genehmigung beantragt und erteilt werden (Genehmigung für das Inverkehrbringen von Eisenbahnfahrzeugen, GIF).

Angesichts der **Vielzahl von Typen im Bestand** ergibt sich durch die Änderungen bei der FRMCS-Fahrzeugmigration eine **Vielzahl von Genehmigungsbedarfen**.

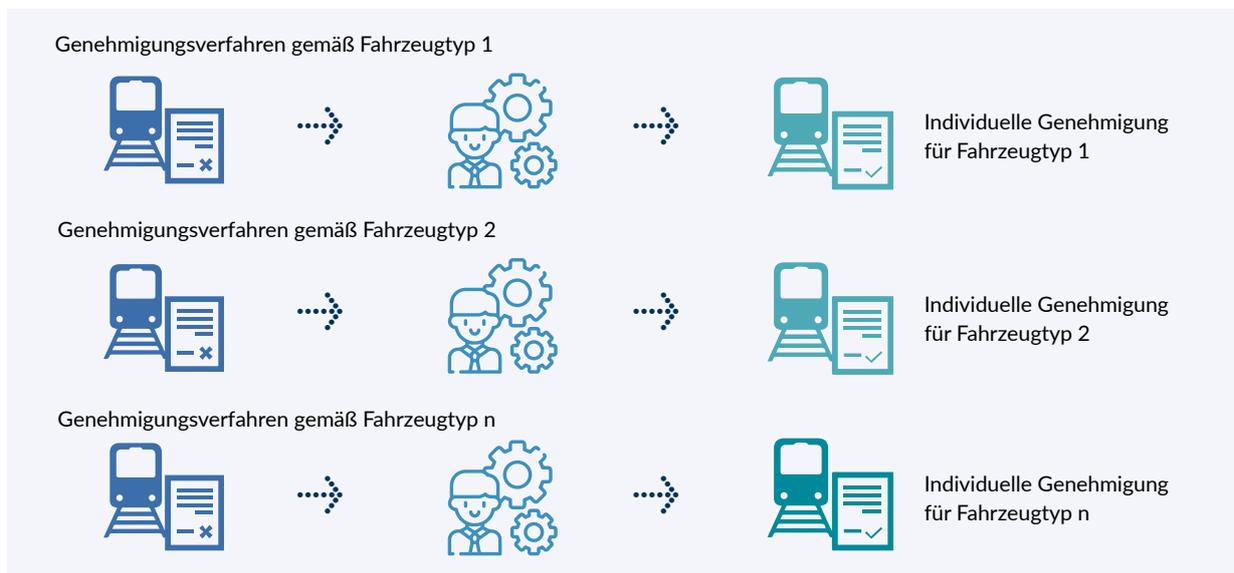


Abbildung 9: Pro Fahrzeugtyp ist derzeit ein individuelles Genehmigungsverfahren notwendig

Begrenzte personelle Ressourcen

Für die Vorbereitung und Durchführung der Genehmigungsverfahren stehen auf verschiedenen Ebenen nur **begrenzte personelle Ressourcen zur Verfügung**. Beispiele hierfür sind: der Engineering-Bereich für die Konstruktion der Umrüstung (Zeichnungen, Planungen, Arbeitsanweisungen, Materiallisten), die Bewertungsstellen¹⁷, die Umrüstverantwortlichen für die Rolle der Änderungsverwaltungsstelle und die Genehmigungsbehörden (ERA, EBA) und gegebenenfalls National Safety Authorities (NSA) anderer EU-Mitgliedstaaten für Mehrländergenehmigungen). Zudem gibt es für eine solch umfassende Fahrzeugmigration nur begrenzte Kapazitäten für Labortests zur Nachweisführung oder Strecken für Tests der Funk-Systemkompatibilität (Radio System Compatibility, RSC). Diese Ressourcenknappheit wird durch den sich verstärkenden generellen Fachkräftemangel zukünftig weiter zunehmen.

17 Europäische Zulassungsanforderungen (Notified Body, NoBo), Nationale Zulassungsanforderungen (Designated Body, DeBo), Sicherheitsrelevante und signifikante Änderungen (Assessment Body, AsBo).

3.2 Genehmigungsrechtliche Bewertung der Konfigurationen

Wesentlich für den künftigen Rechtsrahmen ist die ausstehende Revision der TSI ZZS. Mit der geplanten Revision der TSI ZZS 2023 wird FRMCS in einer ersten Version (FRMCS-V1) eingeführt (siehe Zeitplan im Kapitel 1.1). ERTMS besteht damit aus ETCS, Zugfunk (GSM-R und FRMCS) und ATO. Klasse-A-Systeme¹⁸ sind somit nicht mehr nur GSM-R-basiert, sondern alternativ auch FRMCS-basiert (zeitgleich im Betrieb oder beide separat).

Die **Ausrüstung von Fahrzeugen mit FRMCS-Technologie bedeutet** nach derzeitiger Lesart des regulatorischen Rahmens **eine Funktionserweiterung**. Für diese Funktionserweiterung ist erfahrungsgemäß **eine Genehmigungspflicht zu erwarten**. Denn basierend auf dem derzeitigen Rechtsrahmen zeigt sich, dass der Genehmigungsaufwand der drei im Kapitel 2.2 aufgeführten möglichen technischen Konfigurationen zwar variiert, aber **in allen drei Fällen** entsprechend der gewonnenen Erfahrungen im Projekt zur Umrüstung auf „GSM-R störfest“ **von einer genehmigungspflichtigen Änderung auszugehen ist**. Diese Bewertung ergibt sich insbesondere aus der Forderung, dass die erstmalige Installation oder Betriebsaufnahme von EDOR und/oder Cab-Radio genehmigungspflichtig ist.¹⁹ Siehe hierzu TSI ZZS 2023 im Zusammenhang mit der Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 der Kommission²⁰ (Artikel 15 und 16) sowie der Richtlinie (EU) 2016/797 (Artikel 21)²¹.

Angesichts des angenommenen Mengengerüsts wäre der resultierende Genehmigungsaufwand sowohl für die Umrüstverantwortlichen als auch für die verantwortlichen Genehmigungsbehörden sehr groß.

3.3 Erfolgsfaktoren eines zukünftigen Genehmigungsrahmens für die FRMCS-Fahrzeugmigration

Um den oben aufgeführten derzeitigen Herausforderungen mit einem effizienten, kostengünstigen und abgestimmten Genehmigungsrahmen zur FRMCS-Fahrzeugumrüstung zu begegnen, braucht es sowohl seitens der Antragstellung als auch der Antragsbearbeitung ein **Verständnis für die Bedeutung der FRMCS-Fahrzeugumrüstung**. Die Relevanz des neuen Standards für Zugfunk als auch die Konsequenzen stockender Genehmigungsprozesse sollten offen kommuniziert werden und allen Beteiligten bewusst sein.

18 Beim Klasse-A-System handelt es sich um europäische Zugsicherungssysteme, wie zum Beispiel ETCS. Im Vergleich sind Klasse-B-Systeme nationale Zugsicherungssysteme. In Deutschland ist das zum Beispiel PZG (Punktförmige Zugbeeinflussung) und LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung).

19 Europäische Kommission (2023): Commission Implementing Regulation on the technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystems of the rail system in the European Union and repealing Regulation (EU) 2016/919, Annex I.

20 Europäische Kommission (2018): Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 der Kommission vom 4. April 2018 über die praktischen Modalitäten für die Genehmigung für das Inverkehrbringen von Schienenfahrzeugen und die Genehmigung von Schienenfahrzeugtypen.

21 Europäische Kommission (2016): Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung).

Durch das Auslaufen des derzeitigen Zugfunks GSM-R spätestens 2035 ist ein ambitionierter zeitlicher Rahmen gesetzt. Umso wichtiger sind schnelle Genehmigungsprozesse ohne mehrfache Abstimmungsschleifen. Daher werden **kurze Durchlaufzeiten** für diese Prozesse benötigt. Die gemäß aktuell geltendem Rechtsrahmen bestehenden behördlichen Fristen für die Bewertung der Genehmigungen betragen pro FoC bis zu 5 Monate und für jedes Typenkonformitätsverfahren pro Einzelfahrzeug bis zu vier Wochen. Hinzu kommen noch Fristen für die Registrierung der neuen Genehmigungen in den Registern ERATV, NVR und EVR²². Zur Vermeidung resultierender Beeinträchtigungen der Verkehrsleistung oder kostenintensiver Bereitstellung von Ersatzfahrzeugen müssen solche Wartezeiten vermieden werden.

Auch wenn die Umrüstungen und Genehmigungsprozesse aller Wahrscheinlichkeit nach teilweise zeitparallel durchgeführt werden können und die bisherigen Erfahrungen zum CTT-Prozess zeigen, dass in **Einzelfällen mit intensiver Projektbetreuung** CTT-Vorgänge gegebenenfalls nur ein bis zwei Tage erfordern (möglicherweise auch, weil die Genehmigungen ohne weitere Prüfungen erteilt werden dürfen), können sich durch das Warten auf die Genehmigung in Summe erhebliche Ausfallzeiten in Tagen im sechsstelligen Bereich ergeben.

Weiterhin sind **hohe Zusammenfassungsquoten** für die Fahrzeugflotten notwendig. Je mehr Genehmigungsverfahren standardisiert und zusammengefasst werden können, desto effizienter kann der Prozess der FRMCS-Fahrzeugumrüstung gestaltet werden. Im Kern wird dies durch Anwendung generischer Lösungen für die Fahrzeuggenehmigung möglich. Dabei soll die Art der Änderung an den Fahrzeugen baureihenunabhängig maßgeblich sein und nicht wie bisher die Eigenschaften oder Typzulassung des Fahrzeugs. Im Kapitel 7.3 wird ausgeführt, wie die Sicherstellung von solchen generischen Lösungen für den Genehmigungsprozess gestaltet werden kann.

22 ERATV: European Register of Authorised Types of Vehicles; NVR: National Vehicle Register; EVR: European Vehicle Register.

4. Abschätzung der Gesamtkosten der FRMCS-Fahrzeugmigration

Um die Gesamtkosten der FRMCS-Fahrzeugmigration herleiten zu können, müssen verschiedene Elemente geschätzt werden: das Mengengerüst (Kapitel 4.1), die Material- und Einbaukosten (Kapitel 4.2), die Zertifizierungs- und Genehmigungskosten (Kapitel 4.3) sowie sonstige Kosten (Kapitel 4.4).

4.1 Mengengerüst

Es wird angenommen, dass Neufahrzeuge voraussichtlich ab 2032, also fünf Jahre nach der Veröffentlichung der verbindlichen Spezifikation von FRMCS (FRMCS-V3), standardmäßig mit FRMCS ausgeliefert werden. Somit ergibt sich ersten Hochrechnungen zufolge eine zu migrierende Fahrzeuganzahl von etwa **16.000 bis 21.000 Bestandsfahrzeugen**. Die Hochrechnung basiert auf einem Ist-Bestand von 14.300 Triebfahrzeugen (Lokomotiven, Triebwagen, Triebzügen und Steuerwagen, Nebenfahrzeugen wie Gleisbau- oder Gleisbearbeitungsfahrzeugen und 2-Wege-Fahrzeugen, soweit sie als kleinste Einheit verkehren können) per Dezember 2021 gemäß der „Marktuntersuchung Eisenbahn 2021“ der Bundesnetzagentur (BNetzA)²³. Hinzu kommen Annahmen zu einem jährlichen Zuwachs von drei beziehungsweise fünf Prozent sowie jährlichen Ausmusterungen von ein beziehungsweise zwei Prozent – bezogen auf den kumulierten Fahrzeugbestand pro Jahr. Neben den Fahrzeuggeräten sind ferner ca. 40.000 mobile GSM-R-Geräte und etwa 3.500 stationäre GSM-R-Geräte durch FRMCS-Geräte zu ersetzen.

Tabelle 1 verdeutlicht dieses Mengengerüst. Die moderat geschätzte niedrigere Anzahl von 16.000 Fahrzeugen ist nachfolgend das Mengengerüst für das Szenario A. Bei diesem moderaten Szenario A wird bei einzelnen Mengen- oder Kostenannahmen stets der untere Wert einer Bandbreite herangezogen, sodass sich am Ende eine Schätzung für die Untergrenze der Gesamtkosten ergibt. Die höher geschätzte Anzahl von 21.000 Fahrzeugen ist nachfolgend das Mengengerüst für das Szenario B. Bei diesem Szenario B verhält es sich umgekehrt, sodass man hier von einer Obergrenzenschätzung sprechen kann.

Auf Basis der heutigen Bestandsflotten beziehungsweise Schätzungen von Fahrzeughaltern wird angenommen, dass etwa zehn Prozent der umzurüstenden Triebfahrzeuge mit einer reinen Sprachfunk-Lösung über FRMCS (Konfiguration 1) hinreichend ausgestattet werden können, da sie zum Beispiel aufgrund ihres Alters oder ihres Einsatzgebietes keine darüberhinausgehenden Funktionalitäten unterstützen müssen. Das bedeutet, dass 90 Prozent der Bestandsfahrzeuge entweder auf die Konfiguration 2 (Sprachfunk und ETCS) oder 3 (GoA4 ready) umgerüstet werden müssen, wobei derzeit nicht seriös abgeschätzt werden kann, wie viel davon vollautomatisch betrieben werden sollen und somit unter die Konfiguration 3 fallen würden.

23 BNetzA (2022): Marktuntersuchung Eisenbahn 2021.

Der Anteil der Fahrzeuge, die als Prototyp eine FoC-Umrüstung und -Genehmigung durchlaufen müssen, wird auf Basis der Evaluierung des Digitalen Knotens Stuttgart (DKS) durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)²⁴ auf zwei bis drei Prozent geschätzt. Dabei wird zunächst vereinfachend davon ausgegangen, dass sich dieser Anteil nicht nach den verschiedenen Konfigurationen unterscheidet. Dieser Anteil dürfte jedoch auch davon abhängen, inwieweit Baureihen mit wenigen Fahrzeugen (zum Beispiel Rangier-, Gleisbau-, Sonder- und Museumsfahrzeuge) mit umzurüsten sind. Unter Berücksichtigung dieser Fahrzeuge würde sich eine höhere FoC-Quote als beim DKS ergeben.

	Szenario A	Szenario B
Mengengerüst Fahrzeuge per 31.12.2031	~16.000	~21.000
davon reiner Sprachfunk (Konfig. 1)	10 %	
davon Sprachfunk und ETCS (Konfig. 2) und GoA4 ready (Konfig. 3)	90 %	
Anteil FoC-Fahrzeuge	2 %	3 %

Tabelle 1: Schätzungen Fahrzeug-Mengengerüst

4.2 Abschätzung der Material- und Einbaukosten je Triebfahrzeug

Die geschätzten Material- und Einbaukosten je Triebfahrzeug stellen nur eine **grobe Indikation der Kosten** je umzurüstendem Fahrzeug dar, da nur die wichtigsten Parameter berücksichtigt wurden und zahlreiche Faktoren (insbesondere die finale FRMCS-Spezifizierung) noch nicht feststehen. In Tabelle 2 werden die geschätzten Kosten nach den vorgestellten Konfigurationen unterschieden. Dabei wird angenommen, dass aus Kostensicht die Konfigurationen 2 und 3 gemeinsam betrachtet werden, da sich die auf FRMCS bezogenen Umrüstkosten vermutlich nur marginal unterscheiden werden.

	Szenario A	Szenario B
Material- und Einbaukosten je Triebfahrzeug (FoC und Serie) per 2023		
Reiner Sprachfunk (Konfig. 1)	10.000 €	15.000 €
Sprachfunk und ETCS (Konfig. 2) und GoA4 ready (Konfig. 3)	25.000 €	40.000 €

Tabelle 2: Schätzungen Material- und Einbaukosten je Triebfahrzeug

Für das moderate Szenario A orientieren sich die Annahmen zu den Umrüstkosten näherungsweise an der Förderung für den Modultausch aus dem GSM-R-Förderprogramm sowie an den Schätzungen verschiedener in der Sektorinitiative repräsentierter Expertinnen und Experten. Für Szenario B wurden diese Kosten ca. 40 Prozent höher angesetzt, um etwa der deutlich höheren Leistungsfähigkeit von FRMCS gegenüber GSM-R sowie den durchweg zu beobachtenden teils drastischen Preissteigerungen der letzten Jahre Rechnung zu tragen. Außerdem werden für beide Szenarien jährliche Kostenzuwächse von fünf Prozent angenommen.

24 Digitaler Knoten Stuttgart (2022): Evaluierung der Förderrichtlinie, S. 44.

4.3 Abschätzung der Zertifizierungs- und Genehmigungskosten je Triebfahrzeug

Auf Basis des aktuell geltenden Rechtsrahmens für die Umrüstung auf FRMCS sind die in Tabelle 3 gezeigten Zertifizierungs- und Genehmigungskosten²⁵ je Triebfahrzeug zu erwarten. Wie auch bei den Material- und Einbaukosten (s. Tabelle 2) wird differenziert zwischen einem moderaten Szenario A sowie einem mengen- und kostenmäßig höheren Szenario B. Die Zertifizierungs- und Genehmigungskosten müssen ferner unterschieden werden nach FoC-Kosten einerseits und Serien-Kosten andererseits, jeweils je umzurüstendes Fahrzeug. Denn: **Der Umfang des Genehmigungsverfahrens eines FoC-Fahrzeugs ist erheblich größer, da die entsprechende Typgenehmigung zum ersten Mal** und daher mit umfangreicherem Prüf- und Zertifizierungsaufwand durchgeführt werden muss.

	Szenario A	Szenario B
Zertifizierungs- und Genehmigungskosten je FoC-Fahrzeug		
Reiner Sprachfunk (Konfig. 1), Sprachfunk und ETCS (Konfig. 2) und GoA4 ready (Konfig. 3)	250.000 €	350.000 €
CTT- und Genehmigungskosten je Serien-Fahrzeug		
Reiner Sprachfunk (Konfig. 1), Sprachfunk und ETCS (Konfig. 2) und GoA4 ready (Konfig. 3)	8.000 €	

Tabelle 3: Schätzung der Zertifizierungs- und Genehmigungskosten je Fahrzeug

Für die Serienfahrzeuge entfallen die Zertifizierungskosten; dafür kommen CTT-Kosten hinzu. Die Annahmen für die Zertifizierungs- und Genehmigungskosten orientieren sich an den Kosten der Umrüstung mit störfesten GSM-R-Funkmodulen.

4.4 Abschätzung der Gesamtkosten

Die Berechnung der Gesamtkosten für die FRMCS-Fahrzeugmigration ergibt sich aus dem Mengengerüst, den Material- und Einbaukosten, den Zertifizierungs- und Genehmigungskosten je Fahrzeug sowie den sonstigen Kosten. Tabelle 4 stellt alle Kostenschätzungen komprimiert dar.

Die sonstigen Kosten umfassen zum Beispiel die Kosten für mobile Endgeräte und für die Miete von Ersatzfahrzeugen. Es wird angenommen, dass 80 Prozent aller umzurüstenden Fahrzeuge generell für die Miete eines Ersatzfahrzeuges während ihrer Umrüstung in Frage kommen. Ferner wird angenommen, dass hiervon nur 20 bis 30 Prozent tatsächlich ein gemietetes Ersatzfahrzeug erfordern. Für die Mietkosten während der Dauer des Werkstattaufenthalts werden durchschnittlich 40.000 Euro angesetzt.

²⁵ Zertifizierung durch NoBo, DeBo und AsBo sowie Genehmigung durch ERA oder EBA.

In Mio. Euro	Szenario A	Szenario B
Umrüstkosten		
FoC-Umrüstung	11,6	37,2
Serien-Umrüstung	568,9	1.204,1
Summe	580,5	1.241,3
Zertifizierungs- und Genehmigungskosten		
FoC-Umrüstung	124,0	348,6
Serien-Umrüstung	218,2	290,2
Summe	342,2	638,9
Sonstige Kosten		
Miete Ersatzfahrzeuge	158,1	317,8
Mobile Endgeräte	93,8	156,4
Summe	251,9	474,2
Gesamtkosten	1.174,6	2.354,4

Tabelle 4: Schätzung der Gesamtkosten der FRCMS-Fahrzeugumrüstung

Die **Gesamtkosten belaufen sich auf eine Summe von gerundet 1,2 bis 2,4 Milliarden Euro**. Nicht berücksichtigt sind zum einen Investitionen für weitere anwendungsbezogene Fahrzeugausrüstungen, wie beispielsweise ETCS, sowie Mehraufwand für die Instandhaltung zusätzlicher Funksysteme auf Fahrzeugen während des Parallelbetriebs von GSM-R und FRMCS.

Damit betragen die Zertifizierungs- und Genehmigungskosten allein rund **342 beziehungsweise 639 Millionen Euro** und somit **nahezu 30 Prozent der Gesamtkosten**. Dies verdeutlicht den zwingenden Bedarf, den Genehmigungsprozess durch Entbürokratisierung erheblich zu vereinfachen. Zudem sind in diesen Genehmigungskosten allein ca. **25 bis 34 Millionen Euro für die Pauschalen** enthalten, die **für die Nutzung des One Stop Shop (OSS)** bei der ERA für die Anträge der Einzelgenehmigungen der Serienfahrzeuge (CTT) anfallen. Hier stellt sich die Frage, inwieweit im Falle der sektorweiten Umrüstung die Kosten für diesen digitalisierten Prozess, der zudem „... ohne weitere Prüfung ...“²⁶ erfolgen darf, gerechtfertigt sind.

26 Europäische Kommission (2016): Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung), Artikel 25 Absatz (1).

5. Finanzierungsrahmen und Fördermöglichkeiten der FRMCS-Fahrzeugmigration

Voraussetzung für eine erfolgreiche FRMCS-Migration ist eine ausreichende und termingerecht abgesicherte Finanzierung der Umrüstung aller relevanten, in Deutschland zum Einsatz kommenden Fahrzeuge. Dieses Kapitel geht den Fragen nach, was die Herausforderungen einer Finanzierung sind, wie hoch der Gesamtfinanzierungsbedarf ist und wie eine geeignete Finanzierung aussehen könnte.

Während die Finanzierung der staatlichen Eisenbahninfrastruktur gemäß Artikel 87e Absatz 4 Grundgesetz und Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSWAG) in der Verantwortung des Bundes liegt, fällt die **Finanzierung der Fahrzeugausstattung weder unter den Infrastrukturgewährleistungsauftrag des Bundes noch in den Anwendungsbereich des BSWAG**. Die fahrzeugseitige Umrüstung auf FRMCS müssten Umrüstverantwortliche entsprechend mit eigenen Mitteln und/oder aus öffentlichen Quellen finanzieren. Folglich droht, im Falle eines Fehlens finanzieller Anreize für die Umrüstverantwortlichen, der fahrzeugseitige Rollout aufgrund drohenden wirtschaftlichen Schadens zu scheitern. Dann bestünde die imminente Gefahr, dass Verkehre nicht mehr durchgeführt und der Verkehrsträger Schiene im intermodalen Wettbewerb geschwächt würden – die notwendige Verkehrswende würde hierdurch zu scheitern drohen. Eine Umrüstung auf das zukünftige Bahnfunksystem sollte so ausgestaltet werden, dass die Unternehmen nicht finanziell belastet werden, weil der **Nutzenzuwachs des neuen 5G-basierten Bahnfunks volkswirtschaftlich betrachtet im gesamten Eisenbahnsystem** inkl. der Eisenbahninfrastrukturen entsteht.

Für den einzelnen **Umrüstverantwortlichen lohnt sich der frühzeitige Umrüstprozess betriebswirtschaftlich nicht. Längere Migrationsszenarien können für Flottenverantwortliche sogar günstiger sein**, weil sie natürliche Lebenszyklen der Fahrzeuge und der auszutauschenden Geräte sowie – im SPNV – mögliche bestehende Verkehrsverträge berücksichtigen. Um Ausfallzeiten zu minimieren, kann es aus Sicht der Umrüstverantwortlichen sinnvoll sein, die FRMCS-Umrüstmaßnahmen an Fahrzeugen mit ohnehin nötigen Werkstattaufenthalten für Wartungen, Reparaturen und anderen Umrüstmaßnahmen zusammenzulegen.

Damit zeigt sich, dass aus unternehmensindividueller Sicht kein Anreiz besteht, in die frühzeitige Entwicklung und Umrüstung zu investieren und die Entwicklungskosten und Risiken für eine FoC-Umrüstung einer Baureihe zu tragen. In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie ein Finanzierungskonzept verlässlich und auskömmlich gestaltet werden kann, um so einem drohenden Auseinanderlaufen des Rollouts von Infrastrukturen und Fahrzeugen zu begegnen.

5.1 Notwendigkeit einer Finanzierung der FRMCS-Fahrzeugmigration

Die einzelnen Fahrzeugflottenverantwortlichen befinden sich in einem **unsicheren Investitions-umfeld** und sind aktuell mit zahlreichen wirtschaftlichen Herausforderungen konfrontiert. Gleichzeitig ist ihre Leistung, sei es im Schienenpersonen- oder Schienengüterverkehr, systemrelevant – und das nicht erst seit der COVID19-Pandemie. Generell schultern die EVU bereits die **Trassenpreise** nach Vollkostenprinzip und die europaweit höchste **Stromsteuer** für den Schienenverkehr. Aktuelle Mehrbelastungen entstehen den EVU durch die gestiegenen **Energiepreise**, die **hohe Inflation**, die sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette negativ auswirkt, und den akuten

Personalmangel, welcher zu einem guten Teil durch ein stärkeres finanzielles Engagement abgefangen werden muss. Hinzu kommen für alle Umrüstverantwortlichen die kumulierten **Ausrüstungsbedarfe mit ETCS und das hoch- beziehungsweise vollautomatisierte Fahren**, die ebenfalls in den kommenden Jahren notwendig werden. Diese erforderlichen Investitionen fallen zudem mit **steigenden Zinsen** zusammen, was die Belastung der Umrüstverantwortlichen noch einmal zusätzlich erhöht.

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen breitet sich folgendes **Spannungsverhältnis** aus: Einerseits besteht **derzeit noch keine Verpflichtung zur Umrüstung der Fahrzeuge** auf FRMCS, andererseits muss jedoch bereits heute ein überjähriger Finanzierungsrahmen vorbereitet werden. Dieser wird mit Blick auf die zukünftige Notwendigkeit zur technischen Umrüstung erforderlich sein.

Eine national oder europarechtlich verpflichtende Ausrüstung mit FRMCS besteht heute nicht. Aus der Verordnung Nr. 2016/919 der Kommission über die TSI ZZS²⁷ (zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2020/420 der Kommission²⁸) lässt sich keine Pflicht zur Ausrüstung der jeweiligen Bestandsflotte mit FRMCS ableiten. Der europäische Rechtsrahmen schreibt also keine Nachrüstplicht für Bestandsfahrzeuge vor. Auch bei Neufahrzeugen ist FRMCS (anders als ETCS) heute noch nicht verpflichtend vorgesehen, soll aber zukünftig bei Neubeschaffung verbindlich gefordert werden.

Genehmigte Fahrzeuge genießen vielmehr Bestandsschutz. Dies ergibt sich auf nationaler Ebene aus Paragraph 4 Absatz 5 und 6 der Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung (EIGV), wonach neue TSIs und notifizierte technische Vorschriften erst im Fall von Aufrüstungen und Erneuerungen anzuwenden sind. Auf EU-Ebene ergibt sich der Bestandsschutz aus Artikel 4 Absatz 2 (bei vor dem Jahr 2016 zugelassenen Fahrzeugen in Verbindung mit Artikel 54) der Richtlinie (EU) 2016/797²⁹ sowie aus den maßgeblichen TSIs. Praktische Relevanz erfuhren solche Bestandsschutzaspekte unter anderem im Zusammenhang mit der Störfestigkeit von GSM-R-Funkmodulen. Die Entscheidung der BNetzA zur Verschiebung der Umrüstungsfrist wurde im Spannungsfeld zwischen der Verbesserung der Mobilfunkversorgung entlang der Schiene und Bestandsschutzaspekten getroffen. Folglich müssen rechtssichere Zugangsbeschränkungen über Änderungen der Nutzungsbedingungen Netz (NBN) aktuelle Bestandsschutzinteressen in jedem Fall mitberücksichtigen. Unter allen Abwägungen bleibt jedoch entscheidend, ob Verpflichtungen über die NBN grundsätzlich angemessen und zumutbar sind. Ob eine zugangsbeschränkende Regelung der NBN angemessen ist, unterliegt der Prüfung durch die BNetzA und gegebenenfalls die Zivilgerichte, wenn Zugangsberechtigte gegen die Bedingungen oder gegen die Entscheidung der BNetzA Klage einreichen.

27 Europäische Kommission (2016): Verordnung (EU) 2016/919 der Kommission vom 27. Mai 2016 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union.

28 Europäische Kommission (2020): Durchführungsverordnung (EU) 2020/420 der Kommission vom 16. März 2020 zur Berichtigung der deutschen Fassung der Verordnung (EU) 2016/919.

29 Europäische Kommission (2016): Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung).

Ohne Unterstützung durch die öffentliche Hand werden die Umrüstverantwortlichen nicht umrüsten, da dies weder zumutbar noch angemessen ist. Eine **Fahrzeugförderung ist ein entscheidendes Instrument, um diese Zumutbarkeit und Angemessenheit, und somit Rechtssicherheit, herzustellen.** Das wurde auch bei der GSM-R-Umrüstung sowie bei der „Flüsterbremse“ festgestellt und umgesetzt. Besteht also keine Grundlage – hinsichtlich Angemessenheit und Zumutbarkeit aus Sicht der Flottenverantwortlichen – für eine rechtliche Verpflichtung durch die vollständige Finanzierung, ist die Migration mehr als fraglich. Das ist auch das Ergebnis einer Studie im Auftrag der ERA, in der untersucht wurde, wie sich unterschiedliche FRMCS-Migrationsstrategien vor allem kostenseitig auf EVU und EIU auswirken und welche Empfehlungen sich daraus ableiten lassen.³⁰ Laut Studie würden sich durch diese verzögerte fahrzeugseitige Migration die Kosten des gesamten Sektors in Summe vergrößern, da die Kosten der EIU die Einsparungen der EVU bei weitem übersteigen. Eine vollständige Finanzierung auch der Fahrzeugumrüstungen ist daher zwingende Voraussetzung einer mit den Zielen des Netzrollouts übereinstimmenden fahrzeugseitigen Migration. Der Nutzen entsteht nicht beim einzelnen Umrüstverantwortlichen, sondern im System. Der Bund hat somit ein erhebliches Interesse an einer (frühzeitigen) Migration.³¹

5.2 Förderrichtlinie des Bundes zur Finanzierung

Die FRMCS-Migration ist ein jahrzehnteübergreifendes Großprojekt, bei dem der Sektor nicht alleine gelassen werden kann und darf. Der Rollout muss entsprechend rechtzeitig auf einer überjährigen, verlässlichen und gesicherten Rechts- und Finanzierungsgrundlage stehen. Da die fahrzeugseitige Migration aus den oben beschriebenen Gründen aus den Eigenmitteln der Flottenverantwortlichen nicht zu erwarten ist, da für diese betriebswirtschaftlich kein Anreiz für eine Migration besteht, muss die Umrüstung der gesamten in Deutschland zum Einsatz kommenden relevanten Fahrzeugflotte über **eine ausreichende und überjährige Bundesfinanzierung** abgesichert werden.

Voraussetzungen

Um die Herausforderungen bei diesem den gesamten Eisenbahnsektor umfassenden Projekt zu meistern, sind eine Reihe von Maßnahmen umzusetzen.

So ist von **Beginn an ein ausreichendes Förderregime** zur Verfügung zu stellen. Dies beinhaltet zuvorderst einen für die Zielerreichung ausreichenden Fördersatz, der den Flottenverantwortlichen hinreichenden Anreiz und finanzielle Sicherheit sowie Verlässlichkeit für die Umrüstung gibt. Wechselnde Förderhöchstsätze gilt es zu vermeiden, zudem muss eine **Überjährigkeit der Finanzmittel** sichergestellt werden. Nicht zuletzt sind Werkstattkapazitäten ein stark limitierender Faktor bei der Umrüstung – gibt es zu einem fiktiven Zeitpunkt freie Kapazitäten, jedoch keine Finanzmittel, wäre dies äußerst kontraproduktiv. Auch gilt es, bei in Verkehrsverträgen gebundenen SPNV-Flottenverbänden oder Lokomotiven für den Schienengüterverkehr eine unterbrechungsfreie Umrüstung sicherzustellen. Hierfür ist ebenfalls finanzielle Verlässlichkeit in zeitlicher Hinsicht entscheidend. Schließlich ist die **finanzielle Verlässlichkeit** für den Aufwuchs an Umrüstkapazität entscheidend. Auch die Bahnindustrie wird lediglich personelle Ressourcen und Umrüstkapazität in technischer Hinsicht aufwachsen lassen können, wenn diese Entwicklung mit entsprechenden Finanzmitteln in langfristiger Sicht – insbesondere durch Verpflichtungsermächtigungen – hinterlegt ist.

30 ERA (2015): Study on migration of Railway radio communication system from GSM-R to other solutions.

31 Ebd., vgl. S. 14 und 96: „Financial compensation to the RUs would seem to be the most natural way to address this concern“.

Gleichermaßen sind im Förderregime die **Kosten zu berücksichtigen, die mit den Genehmigungsverfahren** (insbesondere auch für FoC-Fahrzeuge) einhergehen. **Ausreichende Mittel für die Serienumrüstung** allein sind nicht hinreichend, da der Serienumrüstung für 90 Prozent der Fahrzeuge eine zeit- und kostenintensive FoC-Umrüstung vorausgehen wird.

Förderkonzept

Der Bund sollte eine „**Förderrichtlinie FRMCS-Fahrzeugausrüstung**“ aufsetzen. Auf Basis des aktuellen Rechtsrahmens kann Folgendes angenommen werden: Beihilferechtliche Grundlage für eine Bundesförderung ist Artikel 93 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union in Verbindung mit Randziffer 106 und 107 der von der Europäischen Kommission beschlossenen Gemeinschaftlichen Leitlinien für staatliche Beihilfen an Eisenbahnunternehmen (kurz „Eisenbahnleitlinien“)³². Hiernach ist eine Förderung mit einer **Förderquote von bis zu 50 Prozent nach Genehmigung durch die EU-Kommission** grundsätzlich möglich. Höhere Förderquoten sind möglich, wenn deren Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit nachgewiesen wird (siehe Randziffer 108 Eisenbahnleitlinien) – wie es vorliegend der Fall sein dürfte. Hierfür kann angeführt werden, dass die EVU kein originäres Eigeninteresse an einer FRMCS-Ausrüstung haben und hohe Investitionskosten bestehen. In ähnlichen Fällen hat die Europäische Kommission bereits höhere Förderquoten genehmigt. Beispielsweise hat die Europäische Kommission eine Förderquote von 85 Prozent für die Ausstattung mit ETCS Onboard Units in Tschechien³³, eine Förderquote von 90 Prozent für die ERTMS-Prototypentwicklung im Güterverkehr in den Niederlanden³⁴ und eine Förderquote von bis zu 100 Prozent für die Modernisierung des Rollmaterials mit ETCS in Slowenien³⁵ genehmigt. Nach Fußnote 8 zu Randziffer 108 der Eisenbahnleitlinien³⁶ sind höhere Förderquoten insbesondere bei Maßnahmen zur Förderung der Interoperabilität des transeuropäischen Verkehrsnetzes (worunter auch FRMCS-Ausrüstung zu fassen ist) möglich. Auch nationales Recht steht einer Förderung nicht entgegen. Eine Fahrzeugförderung unterliegt zwar nicht unmittelbar dem verfassungsrechtlichen Gewährleistungsauftrag aus Artikel 87e Absatz 4 Grundgesetz, ist aus rechtlicher Sicht jedoch ebenso wenig ausgeschlossen. Entscheidend ist, dass die Voraussetzungen für eine Zuwendung nach Paragraph 23, 44 Bundeshaushaltsordnung (BHO) vorliegen. Der Bund muss also an dem Vorhaben ein erhebliches Interesse haben, das ohne die Zuwendung nicht oder nicht im notwendigen Umfang befriedigt werden kann. Dies findet sich zum Beispiel in der Förderrichtlinie für die „Umrüstung auf GSM-R störfest“ bestätigt.

Vorgeschlagen wird im Kern ein **zweigestuftes Förderinstrument**, das zum einen durch Überwindung der Vorlaufkosten ein **ausreichend großes Investment in die FoC-Entwicklung** absichert und zum zweiten die sich **anschließende Serienumrüstung** auf nachhaltig verlässliche Finanzierungsbeine stellt. Dieser Vorschlag orientiert sich am Förderinstrument zur DSD-Ausrüstung im DKS (s. Kapitel 7.4 für die konkrete Ausgestaltung des Finanzierungsvorschlags).

32 Europäische Kommission (2008): Gemeinschaftliche Leitlinien für staatliche Beihilfen an Eisenbahnunternehmen.

33 Europäische Kommission (2017): Kommissionsentscheidung SA.44621 (2016/N).

34 Europäische Kommission (2019): Kommissionsentscheidung SA.55451 (2019/N).

35 Europäische Kommission (2022): Kommissionsentscheidung SA.100432 (2021/N).

36 Europäische Kommission (2008): Gemeinschaftliche Leitlinien für staatliche Beihilfen an Eisenbahnunternehmen.

5.3 Erfolgsfaktoren und Risiken der Finanzierung

Es steht zu befürchten, dass bei einer verschleppten Umrüstung das Gesamtsystem Schiene leidet und die Verkehrswende somit in weitere Ferne rückt. Angesichts des Klimawandels muss die Politik eine solche Entwicklung durch Förderung unterbinden. Aus unserer Sicht braucht es daher eine **rechtliche Absicherung der Fahrzeugförderung**, die solchen Risiken entgegenzuwirken vermag. Dazu gehört eine **auskömmliche und rechtzeitig kommunizierte Förderkulisse** als zentrale Voraussetzung für die rechtssichere Anwendung des Netzzugangsrechts („Lehren aus der Förderung der GSM-R-Störfestigkeit“). Grundsätzlich bedarf es der Festlegung und Definition **eindeutiger und klarer Fördertatbestände und -voraussetzungen**, die auch die Auswirkungen unterschiedlicher Fördergeldauszahlungszeitpunkte auf die jeweiligen Zuwendungsempfänger berücksichtigen. Auch die rechtzeitige Anmeldung der konkreten Mittelbedarfe für das Eckwertverfahren zur **Absicherung eines eigenen Haushaltstitels** muss sichergestellt werden. Um die erforderliche Überjährigkeit abzusichern, müssen im Haushaltsplan auch Verpflichtungsermächtigungen veranschlagt werden. Die dafür notwendige Rechtsgrundlage gilt es zu schaffen, um die Verpflichtungsermächtigungen zur Leistung von Ausgaben in künftigen Haushaltsjahren rechtssicher binden zu können. Damit einher geht auch eine entsprechend früh- und rechtzeitige **Notifizierung der geplanten beihilferelevanten Fördermaßnahmen** bei der Europäischen Kommission, sodass – unnötige – Verzögerungen vermieden werden.

Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist zudem die **Koordination und transparente Kommunikation des Förderregimes** durch eine zentrale Stelle. Zusammen mit der Bundesförderung verspricht dies die Möglichkeit, den Umrüstprozess über den Eisenbahnsektor hinweg steuern und koordinieren zu können. Eine vollumfängliche Förderung ermöglicht dem Bund als Eigentümer des größten beteiligten Infrastrukturunternehmens, gegebenenfalls in Abstimmung mit den Bundesländern, das Timing, die Organisation und den Umfang der Umrüstung durch eine Koordinierungsstelle konditionell zu untermauern.

Aber nicht nur auf politischer, sondern vielmehr ebenso auf operativer Ebene gibt es in Bezug auf Europa diverse Aspekte zu berücksichtigen. Hierbei sei etwa an Fahrzeuge gedacht, die in grenzüberschreitenden Verkehren fahren und somit zwar einheitlich dem Europarecht, aber dennoch nationalstaatlichen Prozessen unterliegen können. Somit sei erneut darauf hingewiesen, dass alle in Deutschland zum Einsatz kommenden Fahrzeuge, auch diejenigen ausländischer Halter oder Eigentümer, eine entsprechende Förderung erhalten müssen.

6. Operative Umsetzung der FRMCS-Fahrzeugmigration

Während des mehrjährigen FRMCS-Migrationsprozesses der bis zu 21.000 Bestandsfahrzeuge müssen deren Zugfunkanlagen je nach Ausgangszustand sowohl mit den bestehenden GSM-R- und Analog-Funksystemen als auch mit FRMCS kompatibel sein. Die resultierende Mehrfachausrüstung sichert die Beibehaltung der Einsatzflexibilität der Fahrzeuge. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den damit verbundenen **operativen Herausforderungen für die einzelnen EVU** und zeigt Lösungsvorschläge auf, um negative Einflüsse durch die Umrüstung auf FRMCS und den Parallelbetrieb von GSM-R, FRMCS und gegebenenfalls Analogfunk möglichst gering zu halten.

6.1 Europaweite Harmonisierung für grenzüberschreitenden Verkehr

Der Parallelbetrieb von GSM-R, FRMCS und Analogfunk ist schon deshalb erforderlich, da es die **ERA den einzelnen Mitgliedstaaten überlässt, eine Entscheidung zur zeitlichen Einführung von FRMCS zu treffen**. Somit sollte zusätzlich die Interoperabilität innerhalb Europas während der Übergangsphase von GSM-R auf FRMCS im Fokus stehen und Abstimmungen mit dem benachbarten Ausland herbeigeführt werden, insbesondere dort, wo es grenzüberschreitende Verkehre gibt. Um zu vermeiden, dass Verkehre an der Grenze gebrochen werden müssen, sollte **bei der Umrüstung eine grenzüberschreitende Korridorbetrachtung erfolgen**, sodass es bei grenzüberschreitendem Verkehr im Idealfall nur ein Zugfunksystem gibt. In jedem Fall sollte das Ziel eine Reduktion der Dauer des Parallelbetriebs von GSM-R, FRMCS und Analogfunk sein.

6.2 FRMCS-Einführung über ausgestattete Neufahrzeuge als optimale Option

FRMCS lässt sich am einfachsten und kostengünstigsten implementieren, wenn **es bei der Neubeschaffung von Schienenfahrzeugen verbindlich gefordert wird**. Insbesondere aus Sicht der Aufgabenträger beziehungsweise Verkehrsverbünde setzt dies aber voraus, dass FRMCS **eindeutig technisch spezifiziert** ist und sich diese technische Spezifikation **in den NBN der jeweiligen Infrastrukturbetreiber wiederfindet**. Neben der rein technischen Seite ist also auch der formaljuristische Aspekt zu beachten. Schon leichte Unschärfen in dieser Anforderung könnten dazu führen, dass potenzielle Bieter in Verkehrsausschreibungen ein nicht kalkulierbares Wagnis im Vergabeverfahren geltend machen.

Die Forderung nach FRMCS im Rahmen von Fahrzeugneubeschaffungen bedarf zudem eines nicht unerheblichen **zeitlichen Vorlaufs von ca. 5 Jahren**, bei Fahrzeugneukonstruktionen bis zu 6 Jahren, der sich aus den im Folgenden näher skizzierten einzelnen Komponenten zusammensetzt:



Abbildung 10: Typischer Neufahrzeugbeschaffungsprozess

Sofern bei Veröffentlichung der Ausschreibung die technische Spezifikation für FRMCS noch nicht hinreichend konkret und verabschiedet ist, könnte in **Ausschreibungen für Neufahrzeuge eine „Zukunftsklausel Zugfunk“ aufgenommen** werden. Diese Zukunftsklausel würde festlegen, dass die Fahrzeuge zum Zeitpunkt der vorgesehenen Inbetriebnahme entsprechend der dann gültigen Spezifikation mit FRMCS ausgestattet sein müssen. Hierzu sind die Klärung der vergabeberechtigten Möglichkeiten und eine rechtlich unangreifbare Formulierung erforderlich, damit Bieter die bestehenden Kalkulations- und Kostenrisiken verbindlich berücksichtigen können.

6.3 Erfolgsfaktoren für eine effiziente FRMCS-Migration von Bestandsfahrzeugen

Der Löwenanteil der FRMCS-Einführung erfolgt über die Umrüstung der Bestandsfahrzeuge. Für eine effiziente Umrüstung der Bestandsflotte müssen drei wesentliche Optimierungsmaßnahmen umgesetzt werden.

Logistische Optimierung der Umrüstung

Die logistische Optimierung der FRMCS-Umrüstung mit dem Ziel der **Minimierung von Stillstandszeiten** der einzelnen betroffenen Fahrzeuge sowie der **Reduktion der Umrüstkosten** obliegt den einzelnen Umrüstverantwortlichen. Ansatzpunkte sind etwa die Bündelung der Ausrüstung gleicher und ähnlicher Baureihen (Flottenbildung für Umrüstung) oder die Integration

der FRMCS-Umrüstung in ohnehin geplante Instandhaltungsintervalle. Darüber hinaus sollte zur **Nutzung von technischen und wirtschaftlichen Synergieeffekten** die Fahrzeugumrüstung so geplant werden, dass verschiedene DSD-Techniken und Fahrzeugapplikationen (wie ETCS, ATO GoA 2, TIMS³⁷/Zugintegritätsüberwachung und FRMCS) gesamthaft in die Fahrzeuge eingebaut werden. Jedoch ist angesichts der verschiedenen Reifegrade der technischen Entwicklung, der Standardisierungsprozesse sowie der rechtlichen und finanzierungsseitigen Rahmenbedingungen eine zeitliche Harmonisierung zum jetzigen Zeitpunkt zumindest fraglich.

Generische Dokumentation

Insbesondere zu Beginn der FRMCS-Fahrzeugmigration kann es sein, dass sowohl bei den Umrüstverantwortlichen als auch bei den ausführenden Werkstätten noch Detailfragen zu einzelnen Prozessschritten der Migration bestehen. Aus diesem Grund ist es wichtig, bis zum Beginn der FRMCS-Migration für Prozessschritte wie zum Beispiel Beschaffung, Fahrzeugumbau, Genehmigung und Instandhaltung eine generische Dokumentation in Form von Checklisten für den Dokumentationsumfang und Musterdokumentationen bereitzustellen, die so weit vorentwickelt sind, dass nur noch die „umbauclusterunabhängigen“ Angaben von den Umrüstverantwortlichen vorzusehen sind.

Vermeidung von Verzögerungen der FRMCS-Migration

Schließlich gibt es eine Reihe weiterer Erfolgsfaktoren, die für den planmäßigen Start und die reibungslose Durchführung der FRMCS-Migration aus Sicht der Umrüstverantwortlichen wichtig sind:

Seitens des Bundes und der Behörden

- Zusicherung einer umfänglichen Förderung zum Zeitpunkt des Beginns der Beschaffungsaktivitäten (Ausschreibungen, Bestellungen) unter Berücksichtigung der Lieferzeiten und Bedarfsmengen von Material, Werkzeugen und Testeinrichtungen aller beteiligten Unternehmen (s. Kapitel 5.2)
- Sicherstellung der Förderung über den gesamten Migrationszeitraum hinweg (s. Kapitel 5.2)
- Benennung der erforderlichen Qualifikationsanforderungen an das Triebfahrzeugführer- und Werkstattpersonal für Umbau, Prüfung und Instandhaltung sowie Bereitstellung der erforderlichen Schulungsunterlagen
- Begrenzung von Schulungsaufwand für die Triebfahrzeugführer:innen durch bedienerneutrale Handhabung mittels einer technischen Lösung, bei der sämtliche Funktionen des Ursprungssystems erhalten bleiben und der jeweilige Wechsel zwischen Ursprungssystem und FRMCS automatisch erfolgt
- Einrichtung einer koordinierenden Stelle, um die Umrüstverantwortlichen bei den komplexen Herausforderungen der FRMCS-Umrüstung ihrer Flotten zu unterstützen und zum Monitoring der Umrüstung

37 Train Integrity Monitoring System (Gerät zur Zugvollständigkeitskontrolle).

Seitens der EVU

- Ausreichende Werkstattkapazitäten für die Serienausstattung der Fahrzeuge (inklusive rechtzeitige Rekrutierung und Ausbildung der erforderlichen Personale)
- Bereitstellung einer ausreichenden Zahl von Ersatzfahrzeugen für die gesamte Umrüstdauer
- Umfangreiche Tests und betriebliche Erprobung der neuen beziehungsweise erweiterten Systeme, sodass Rückrufaktionen zur Korrektur technischer Mängel ausgeschlossen werden können (Zuverlässigkeitsnachweise)

Seitens der EIU

- Erstellung und Kommunikation eines belastbaren, verbindlichen FRMCS-Rolloutplanes für die Netzseite, um die FRMCS-Fahrzeugmigration darauf abzustimmen

Seitens der Industrie

- Sicherstellung der bedarfsgerechten Materialversorgung entsprechend den EVU-spezifischen Umrüstungsanforderungen
- Aufrechterhaltung der Ersatzteilversorgung für die ursprünglichen Funksysteme mindestens bis zum Abschluss der Migrationsphase

7. Handlungsempfehlungen zur Setzung notwendiger Rahmenbedingungen

Basierend auf der Analyse der Handlungsfelder und den jeweiligen Herausforderungen und Lösungsansätzen ergibt sich eine politische Handlungsnotwendigkeit, um eine sektorweite FRMCS Fahrzeugmigration bis 2035 sicherstellen zu können. Im Folgenden werden vier politische Handlungsempfehlungen als zentrales Ergebnis dieses Positionspapiers ausgeführt.

7.1 Mandatierung und Einrichtung einer koordinierenden Stelle durch den Bund

Bei sektorweiten Fahrzeugumrüstungen (GSM-R, ETCS und FRCMS) wird der technische Mehrwert erst dann wirksam, wenn alle aktiven Fahrzeuge die neue technische Ausstattung besitzen und diese aktiv gesetzt ist. Der Nutzen entsteht im System, nicht beim einzelnen Fahrzeug und auch nicht beim einzelnen EVU. Ein „First Mover“-Vorteil gegenüber dem Wettbewerb besteht nicht. Das bedeutet zum einen, dass die technischen Komponenten öffentlich gefördert werden sollten, da andernfalls wegen mangelndem (unternehmens-)individuellen Nutzen kein Unternehmen in die Beschaffung und Umrüstung einsteigen wird. Es bedeutet aber auch, dass **eine übergreifende Koordination dieses systemischen Rollouts notwendig** ist. Um einen geeigneten Handlungsrahmen für die Eisenbahnunternehmen bei den komplexen Herausforderungen der FRMCS-Umrüstung ihrer Flotten zu gestalten und den berechtigten und sinnvollen sektorweiten Monitoringbedarf darzustellen, sollte eine koordinierende Stelle eingerichtet werden. Hauptaufgabe der koordinierenden Stelle ist die Komplexitätsreduktion und systemische Vereinfachung des FRMCS-Fahrzeugrollouts – im Detail:

- i) die Koordination mit dem Bund im Hinblick auf Finanzierung
- ii) Vereinbarungen mit den Behörden zu Genehmigungsverfahren und Monitoring
- iii) die Synchronisation der Rahmenbedingungen zu den verschiedenen, aber eng miteinander verzahnten Projekten (ETCS und DSD) sowie Clearing
- iv) Unterstützung bei der Beschaffung der technischen Komponenten

Eine klare Abgrenzung ist bei der verantwortlichen Durchführung der Flottenmigration zu ziehen. Die koordinierende Stelle sollte **keine Verantwortung für die eigentliche Aufgabe der Umrüstung** erhalten. Diese bleibt bei den umrüstenden Eisenbahnunternehmen.

Koordination mit dem Bund im Hinblick auf Finanzierung

Die koordinierende Stelle erfasst den gesamten **Finanzierungsbedarf für eine umfassende und zügige Umrüstung**, meldet diesen gegenüber dem BMDV und dem Bundesfinanzministerium (BMF) für den Bundeshaushalt an, unterstützt das BMDV bei Verhandlungen mit dem BMF, Parlamentarier:innen und gegebenenfalls der Europäischen Kommission und leistet Unterstützung bei der **Erstellung der Förderrichtlinie**. Auch etwaige notwendige Anpassungen der Finanzierung begleitet die koordinierende Stelle. Sie unterstützt ferner die Förderempfänger bei der **Antragstellung und Nachweisführung**.

Vereinbarungen mit den Behörden zu Genehmigungsverfahren und Monitoring

Als wesentliche Herausforderung bei Fahrzeug- und Flottenmodernisierung haben sich in den vergangenen Jahren immer wieder Zulassungsfragen herausgestellt. Deutlich mehr Änderungen als zunächst vermutet wurden von den zuständigen Behörden als genehmigungspflichtig eingestuft und zogen eine vollständige neue Zulassungsprüfung des gesamten Fahrzeugs nach sich. Auch die Frage, inwiefern ein Fahrzeug als FoC eingeordnet wird oder als Teil einer Serie, dessen erstes Fahrzeug bereits zugelassen worden ist, ist immer wieder neu umstritten. Hier drängt es sich auf, dass nicht jeder einzelne Umrüstverantwortliche solche Fragen individuell mit der Genehmigungsstelle klären muss, sondern die koordinierende Stelle **mit dem Bund** die Voraussetzungen zur Realisierung der im Kapitel 3 geforderten Umbaustergenehmigungen und Serienzulassungen gegebenenfalls auch auf europäischer Ebene schafft.

Auch die Beschaffung und Vorhaltung der **generischen Dokumentation und Bereitstellung notwendiger Informationen** zur Umsetzung der Fahrzeuggenehmigungen durch die EVU ist dabei ein relevanter Aufgabenteil. Zudem lässt sich der Komplexitätsgrad reduzieren, wenn sich die koordinierende Stelle mit der **Bildung von halterübergreifenden Fahrzeugflotten einschließlich der resultierenden Umbaustergenehmigungen und geeigneteren Rahmenbedingungen für deren Genehmigung befasst**. Auch muss die koordinierende Stelle zentrale technische Fragestellungen begleiten, etwa, indem sie bei der Entwicklung eines Lösungsrahmens zur Kompatibilitätsfragestellung von FRMCS mit den einzelnen ETCS-Baselines mitwirkt.

Des Weiteren unterstützt die koordinierende Stelle bei der Schaffung von Transparenz über den sektorweiten Umrüstfortschritt. Diesen zu erheben und regelmäßig fortzuschreiben, ist Aufgabe der koordinierenden Stelle. In regelmäßigen Intervallen – zum Beispiel quartalsweise – sollte es einen Monitoringbericht geben. Um dieses Monitoring gewährleisten zu können, sollte die koordinierende Stelle einen Eskalationsmechanismus in Richtung der verantwortlichen Behörden entwickeln, welche die Einhaltung des Zeitplans sicherstellen. Zur Ermittlung des Umrüstungsfortschritts muss nach erfolgter Umrüstung für das jeweilige Fahrzeug im europäischen Fahrzeugregister (EVR) ein entsprechender Eintrag für das Ausrüstungsmerkmal „FRMCS“ vorgenommen werden können und die koordinierende Stelle eine entsprechende merkmalsbezogene Auswertemöglichkeit für das EVR erhalten. Der Bund muss die erforderliche Erweiterung der sog. „list of coded restrictions“ hinsichtlich FRMCS als Ausrüstungsmerkmal im Fahrzeugregister und die Auswertemöglichkeit für die koordinierende Stelle mit der zuständigen Registerverwaltungsbehörde vereinbaren.

Synchronisation der Rahmenbedingungen zu den verschiedenen, miteinander verzahnten Projekten sowie Clearing

Auch wenn der FRMCS-Standard aus technischer Sicht zu einem gewissen Zeitpunkt „fertig“ definiert sein wird, werden sich im Rahmen der Beschaffung und Implementierung Interpretationsspielräume, offene Fragen etc. ergeben. Hier ist es wichtig, dass die Praktiker der Hersteller, der EIU und der EVU eine **gemeinsame Kommunikations- und Austauschplattform** zusammen mit den standardisierenden Stellen und den Zulassungsbehörden haben. Dazu gehört auch die Frage, wann genau FRMCS „scharfgeschaltet“ werden kann oder wie Übergangsszenarien beziehungsweise ein Parallelbetrieb machbar sind. Zur regelmäßigen Adressierung dieser und weiterer Fragestellungen sollte die koordinierende Stelle **geeignete Austauschformate entwickeln und anbieten**.

Insbesondere die mögliche Parallelität in der Umrüstung der Flotten auf FRMCS und ETCS erfordert eine enge Synchronisation der jeweiligen Rahmenbedingungen hinsichtlich Finanzierung, Genehmigung oder auch Beschaffung. Hierzu erarbeitet die koordinierende Stelle Vorschläge, die die Umrüstverantwortlichen im Rahmen ihrer Migrationsprojekte berücksichtigen können. Zudem tritt die koordinierende Stelle in einer Clearing-Rolle (i. S. v. Schlichtung) auf, sollten Konflikte zwischen einzelnen Akteuren auftreten.

Unterstützung bei der Beschaffung der technischen Komponenten

Angesichts der zu beschaffenden Menge an technischen Komponenten für die bis zu 21.000 Triebfahrzeuge auf dem deutschen Netz sollte eine koordinierende Stelle einen **geeigneten Rahmen für die Beschaffung vorschlagen**. Zu diesem Rahmen gehören unter anderem:

- Initiierung des Austausches zu technischen Themen, auf dessen Basis die umrüstenden Eisenbahnunternehmen eigenverantwortlich Ausschreibungen und Beschaffungsprozesse durchführen
- Vorschläge zur Vermittlung geeigneter Lieferanten sowie Angebot des Austausches zum rechtlichen Rahmen für gegebenenfalls mögliche gemeinsame Beschaffung durch Gruppen von Umrüstverantwortlichen (Dabei sollten durch die beschaffenden Unternehmen zum Heben von Skaleneffekten möglichst große Stückzahlen möglichst weniger unterschiedlicher Gerätetypen einerseits und mit stabilem technischen Serienbetrieb andererseits vorgesehen werden. Erfahrungen aus dem DKS lassen vermuten, dass hier massive Einspareffekte möglich sind.)
- Abschätzung von Mengen-Clustern der benötigten technischen Komponenten, wenn möglich differenziert nach Umbauclustern oder Fahrzeugbaureihen und -plattformen sowie gegebenenfalls verschiedenen Modellreihen als Orientierungspunkte für die Technikhersteller
- Vorschlag von technischen Leitlinien und Mustervergabeunterlagen, zum Beispiel anhand eines Showcase-Fahrzeuges/einer Showcase-Flotte, die die beschaffenden Unternehmen auf ihre technischen Anforderungen und Mengengerüste adaptieren können

Mandatierung und Besetzung der koordinierenden Stelle

Angesichts der Fülle der Aufgaben und der notwendigen Geschwindigkeit der Projektumsetzung ist eine professionelle Stelle unabdingbar. Sie muss zudem neutral gegenüber den verschiedenen Akteuren agieren, die oftmals unterschiedliche Interessen haben und zueinander im Wettbewerb stehen. Aus diesem Grund wird eine **Mandatierung der koordinierenden Stelle durch den Bund** als notwendig erachtet. Grundlage für die Arbeit der koordinierenden Stelle muss insbesondere auch zur Sicherung der Neutralität eine im Eisenbahnsektor abgestimmte Geschäftsordnung einschließlich Kontrollgremium und Schlichtungsgremium sein.

Für die konkrete Umsetzung existieren mehrere Varianten, die in einem nächsten Schritt innerhalb des Sektors Schiene in Abstimmung mit dem BMDV geprüft werden müssen. Dazu gehören unter anderem eine Projektgruppe im BMDV oder auch die Gründung einer eigenen Gesellschaft innerhalb des Sektors Schiene. Im Rahmen der Mandatierung der koordinierenden Stelle und je nach Variante ist der Finanzierungsbedarf der koordinierenden Stelle zu ermitteln und zu sichern.

7.2 Sicherstellung der Chipset-Verfügbarkeit für die FRMCS-Fahrzeugmigration

Wie im Kapitel 2.3 aufgeführt, benötigt die FRMCS-Hardware passende Chipsätze in entsprechender Anzahl und zu tragbaren Beschaffungspreisen. Vor dem Hintergrund einer drohenden **unzureichenden Verfügbarkeit passender FRMCS-Chipsätze** läuft der Bahnsektor Gefahr, dass die FRMCS-Fahrzeugmigration nicht rechtzeitig bis 2035 umgesetzt werden kann.

Um diese Verfügbarkeit sicherzustellen, sind jedoch **vier grundlegende Herausforderungen** zu beachten:

- *Andauernde Halbleiterkrise:* Der weltweite Halbleiter-Markt ist sehr angespannt und zeigt extreme Abhängigkeiten der Halbleiter-Wertschöpfungskette in einem komplexen geopolitischen Umfeld.
- *Ausstehende technische Spezifikation:* Damit Halbleiter-Hersteller mit der Entwicklung und Produktion von geeigneten Chipsätzen beginnen können, bedarf es ausgereifter technischer Spezifikationen, die eine stabile und belastbare Anforderungsbasis darstellen. Laut Aussage namhafter Halbleiter-Hersteller könne die Entwicklung solcher Chipsätze erst dann beginnen, wenn die Mobilfunkstandards im 3GPP in einer stabilen und veröffentlichten Version vorliegen.³⁸
- *Kostenintensive Entwicklung:* Speziell nach eisenbahnspezifischen Spezifikationen zugeschnittene Chipsätze würden verglichen mit Chipsätzen für die in den öffentlichen 5G-Mobilfunknetzen nutzbaren Endgeräte deutlich geringere Stückzahlen aufweisen. Die Entwicklung solcher spezifischer Chipsets wäre im Vergleich zu Standard-Chips enorm kostenintensiv.
- *Chipset-Architektur:* Noch offen ist, ob für die FRMCS-Hardware nach eisenbahnspezifischen Spezifikationen zugeschnittene Chipsätze oder für den öffentlichen Mobilfunk gebräuchliche Standard-Chipsets genutzt werden. Je nachdem ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen auf Verfügbarkeit und Kosten.

Insbesondere die offene Frage der Chipset-Architektur muss dringend in einem Expertengremium evaluiert werden. Neben Akteuren des Bahnsektors und der Zulieferindustrie sollten Vertretungen des Bundes und relevanter Behörden teilnehmen, um gemeinsam die Verwendbarkeit gebräuchlicher Chipsets für die FRMCS-Fahrzeugmigration zu eruieren. Mit dieser zeitnahen Lösung kann der Sektor gegenüber der Halbleiterindustrie Bedarfe kommunizieren und die Relevanz geeigneter und verfügbarer Chipsätze gegenüber der Politik darlegen.

Ein darauf aufbauender Anknüpfungspunkt ist das europäische Chip-Gesetz, mit dem die Europäische Kommission beeinflussen möchte, dass durch verschiedene Maßnahmen der Anteil der EU an der weltweiten Chip-Produktion von derzeit 10 auf 20 Prozent bis 2030 angehoben wird.

³⁸ Aktuell geht man davon aus, dass dies mit 3GPP Release 18 gegeben sei und die Arbeiten für Release 18 im ersten Quartal 2024 abgeschlossen seien. Sollten sich einige bahnspezifische Features nach 3GPP Release 19 verschieben, so sei mit einer Fertigstellung nicht vor Ende des dritten Quartals 2025 zu rechnen.

Um dieses Ziel zu erreichen, sollen unter anderem neuartige Produktionskapazitäten in Form offener EU-Fertigungsbetriebe gefördert werden. Dadurch soll die Durchführung bestimmter Chip-Projekte anhand definierter Kriterien erleichtert und somit die Halbleiter-Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Daneben möchte die Europäische Kommission mit privaten Akteuren zusammenarbeiten, um sektorspezifische Anforderungen an Chips zu ermitteln. **Konkret soll im Zuge des europäischen Chip-Gesetzes ein europäisches Halbleiter-Gremium eingerichtet werden.** Dessen Aufgabe ist unter anderem: „Erörterung und Vorbereitung der Festlegung bestimmter Sektoren und Technologien mit potenziell hoher sozialer Wirkung und entsprechender Bedeutung für die Sicherheit, für die eine Zertifizierung vertrauenswürdiger Produkte nötig ist.“ Das Gremium soll aus Vertretungen der Mitgliedstaaten und der Europäischen Kommission zusammengesetzt werden. **Die Vertretung des Bundes sollte in diesem Gremium FRMCS als elementaren Bestandteil für die Digitalisierung der Eisenbahn und als europäisches Vorhaben hervorheben.** Der Bund sollte betonen, dass die FRMCS-Fahrzeugmigration essenziell für den Eisenbahnbetrieb ab 2035 ist – und somit hochrelevant für die Schiene, die ihrerseits Teil der kritischen Infrastruktur (KRITIS) ist.

7.3 Beschleunigung und Vereinfachung des Genehmigungsprozesses für die FRMCS-Fahrzeugumrüstung im Dialog mit ERA und EBA

Generische Lösungen für den Genehmigungsprozess der FRMCS-Fahrzeugumrüstung ermöglichen

Um einen effizienten, kostengünstigen und abgestimmten Genehmigungsrahmen zu erreichen und den Genehmigungsaufwand zur Umrüstung der Bestandsflotte mit FRMCS möglichst schlank zu halten, müssen **generische Lösungen für den Genehmigungsprozess** entwickelt werden. Derzeit erfolgt, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, für jede Fahrzeugtypgenehmigung ein separates Genehmigungsverfahren. Jedoch muss das Ziel sein, dass die FRMCS-Fahrzeugmigration mit den **verfügbaren Ressourcen aller Prozessbeteiligten** termin- und kostengerecht abgewickelt wird. Den Umrüstverantwortlichen muss rechtlich abgesichert die Möglichkeit gegeben werden, Umbacluster zu bilden, die unterschiedliche oder mehrere Fahrzeuge, Fahrzeugtypen, -versionen oder -varianten umfassen. Je Umbacluster ist dann nur noch eine FoC-Umrüstung notwendig. Dadurch entsteht für die Serienumrüstung eine deutliche Reduktion des Genehmigungsaufwandes. Die übrigen Fahrzeuge des jeweiligen Clusters müssen im Rahmen einer rechtlich untersetzten Serienzulassung auf Basis einer Konformitätserklärung einschließlich eines Antrags auf Eintrag in das Fahrzeugregister ohne weitere Genehmigung unmittelbar nach erfolgtem Umbau weiterbetrieben werden dürfen. Es ist zudem zu regeln, dass auf die Begleitdokumente des genehmigten Umbaclusters referenziert werden kann und damit der Konformitätserklärung zur Vermeidung unnötigen administrativen Aufwands keine weiteren Begleitdokumente hinzugefügt werden müssen.

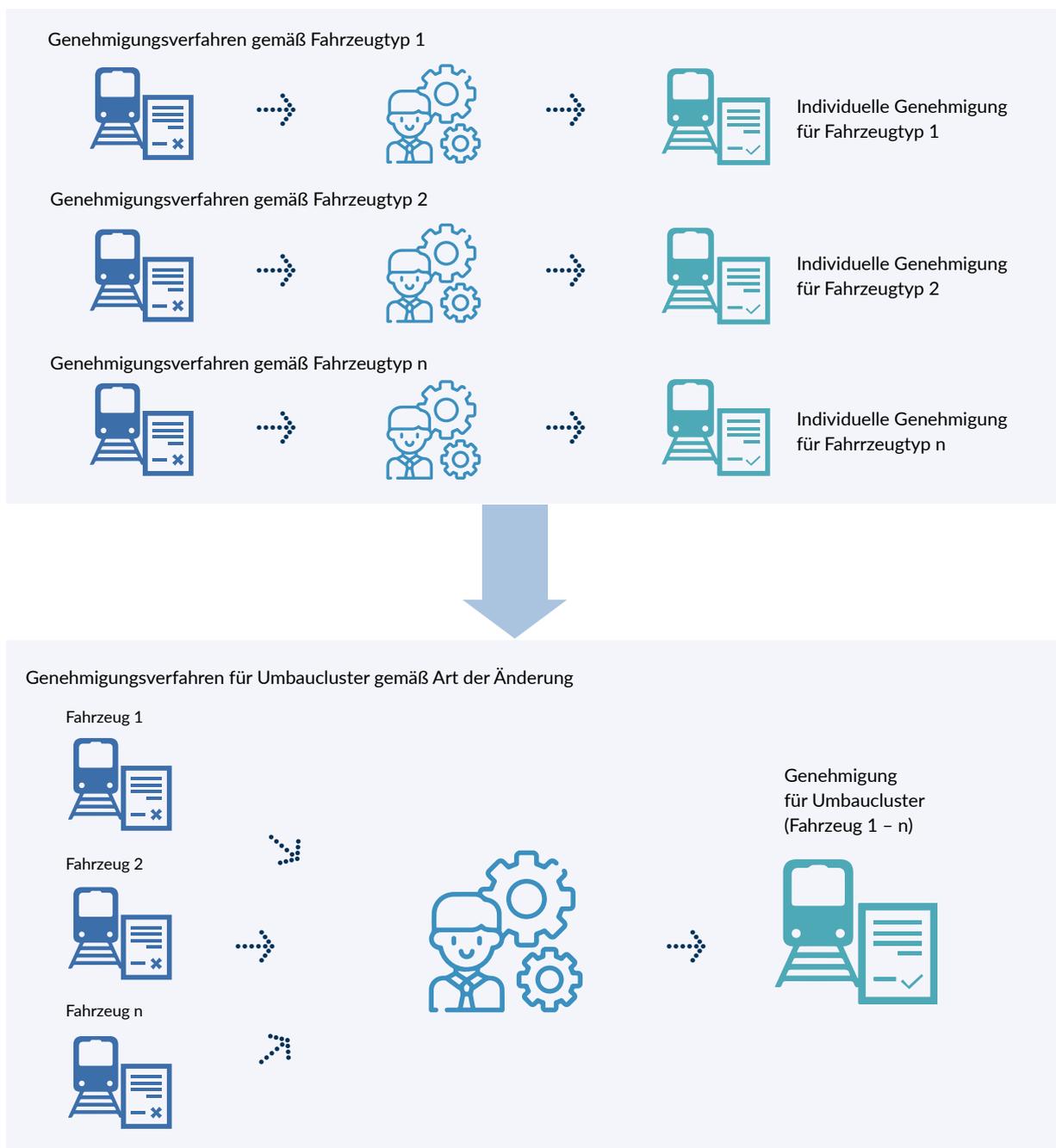


Abbildung 11: Zielbild – pro Umbaucluster gibt es ein Genehmigungsverfahren

Ferner muss im Dialog mit der ERA erreicht werden, dass der Gesamtaufwand für die Fahrzeuggenehmigung ausschließlich für die FRMCS-Umrüstung auch bei **Mehrländer-Fahrzeugen** reduziert wird. Ziel: Einmal in einem EU-Land erteilte Typgenehmigungen für die FRMCS-Ausrüstung werden für die Erweiterung des Verwendungsgebietes in allen EU-Mitgliedstaaten automatisch für gültig erklärt.

Fahrzeuge, die bereits mit ETCS ausgerüstet sind, müssen ohne zusätzliche ETCS-Aufrüstung oder neue Inbetriebnahmegenehmigung mit FRMCS ausgerüstet werden können. Dazu muss die FRMCS-Spezifikation Schnittstellen vorsehen, die die Kompatibilität zu bestehender ETCS-Ausrüstung der Fahrzeuge sicherstellen.

Zur Schaffung des vorgeschlagenen generischen Genehmigungsprozesses müssen unter der Leitung der koordinierenden Stelle eine **Checkliste** für alle notwendigen Genehmigungsschritte sowie entsprechende Musterdokumentationen für die Umbaucluster erstellt werden. Beispiele hierfür sind:

Beispiel Checklisten

- Genehmigungsvorgang Umbauclustergenehmigung
- Serienzulassung Fahrzeuge (GIF)
- Eintrag im Fahrzeugregister
- Gegebenenfalls weitere erforderliche Registereinträge

Beispiel Musterdokumentationen

- Beschreibungen für die technischen Änderungen einschl. der Prüfanweisungen
- Ergebnisdokument zur Erfassung der Anforderungen (Requirement Capture)
- Ergebnisdokument zur Ermittlung der Fahrzeuggenehmigungsrelevanz (insbesondere die Prüfung der Kriterien für die Genehmigungspflicht von Änderungen gemäß Artikel 21 Absatz (12) a) bis c) der Richtlinie (EU) 2016/797³⁹⁾
- Dokumente für die Nachweiserstellung, insbesondere der Risikobewertungsbericht und die Konformitätsbewertungen (NoBo, DeBo, AsBo)
- EG-Prüferklärungen
- Konformitätserklärung einschl. Antrag auf Fahrzeugregistereintrag

Diese Musterdokumentationen müssen im Sinne eines möglichst einfachen Projektablaufes unter Berücksichtigung der im Kapitel 2.2 beschriebenen Umbauvarianten für die jeweiligen Umbaucluster und zugehörigen Serienzulassungen erstellt werden. Die dafür erforderliche Koordination hinsichtlich Ressourcen und Erstellung erfolgt frühzeitig durch die koordinierende Stelle unter Einbindung technischer Expertengremien des Sektors Schiene.

Genehmigungsprozess der FRMCS-Fahrzeugumrüstung durch intensive Zusammenarbeit optimieren

Trotz einer solchen Vorbereitung können auf Seite der Änderungsverwaltungsstellen Fragen hinsichtlich von Einzelfallproblemen entstehen. Ein durch die koordinierende Stelle organisierter, regelmäßiger **sektorweiter Erfahrungsaustausch** aller Projektbeteiligten schafft die Basis zur Entwicklung von Lösungsansätzen für spezifische Problemfälle. Dabei kann auch von den Erfahrungen und Lösungsoptionen anderer Antragssteller profitiert werden. Sektorweite Informationsveranstaltungen beziehungsweise **Schulungen unterstützen dabei**, alle Beteiligten über Vorgehen und Verantwortlichkeiten zu informieren.

Um derartige Maßnahmen durchführen zu können, bedarf es einer engen **Abstimmung zwischen allen Sektor-Akteuren einschließlich den zuständigen Behörden**, wie dem EBA und der ERA. Die Politik muss diesen Abstimmungsprozess engagiert unterstützen.

³⁹⁾ Europäische Kommission (2016): Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung).

Eine zusätzliche Maßnahme für die reibungslose Durchführung der Genehmigungsprozesse für die „Umbaustypgenehmigung“ ist eine abgestimmte **Vorplanung** zwischen den Umrüstverantwortlichen, der koordinierenden Stelle und den Genehmigungsbehörden. Im Rahmen der GSM-R-Umrüstung konnte so beispielsweise der CTT-Prozess für einige Teilflotten von vier Wochen auf wenige Tage verkürzt werden. Mit einer solchen Vorgehensweise wird das Risiko von Personalengpässen und resultierenden langen Bearbeitungszeiten erheblich reduziert. Und auf Basis dieser Vorplanung können auch die Genehmigungskosten pro „Umbaustyp“ gedeckelt werden.

Zur weiteren finanziellen Entlastung der Umrüstverantwortlichen sollte die Erstattung der Genehmigungskosten direkt durch den Bund an die Genehmigungsbehörden erfolgen, da es sich bei der behördenseitigen Bearbeitung der Genehmigungsanträge um eine hoheitliche Aufgabe handelt. Gleiches gilt auch für die Registrierungen im Fahrzeugregister.

Die oben beschriebenen Ansätze sind ein erster wesentlicher Beitrag Deutschlands im Rahmen der Weiterentwicklung der eisenbahnrechtlichen Gesetzgebung der EU im Sinne einer dringend erforderlichen Entbürokratisierung zur Schaffung eines „**genehmigungsfreien Raumes**“ zumindest bei sektorweiten Innovationsprojekten für Bestandsfahrzeuge. Ferner werden sich die Genehmigungskosten erheblich reduzieren, wenn die geforderten Änderungen am Genehmigungsprozess realisiert werden.

7.4 Entwicklung und Verabschiedung einer „Förderrichtlinie FRMCS-Fahrzeugausrüstung“ durch den Bund

Wie in Kapitel 5 dargelegt, besteht aus unternehmensindividueller Sicht kein Anreiz, in die (frühzeitige) Entwicklung und Umrüstung hin zu FRMCS zu investieren und die Kosten und Risiken der Umrüstung einer Baureihe oder auch einzelner Fahrzeuge zu tragen. Zudem ist die Investition aus den Eigenmitteln der Flottenverantwortlichen insbesondere auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) kaum möglich. Daher wird für eine ausreichende und langfristig abgesicherte Finanzierung für die zu migrierende gesamte in Deutschland zum Einsatz kommende Fahrzeugflotte vorgeschlagen, dass der Bund eine „Förderrichtlinie FRMCS-Fahrzeugausrüstung“ entlang der nachfolgend skizzierten Eckpunkte aufsetzt und bei der Europäischen Kommission notifizieren lässt. Der Förderumfang würde alle 16.000 bis 21.000 Fahrzeuge umfassen, für die die FRMCS-Umrüstung notwendig ist. Wie eine entsprechende Förderrichtlinie ausgestaltet sein könnte, wird nachfolgend ausgeführt.

Vorschlag zum Fördergegenstand:

- 1) Zu fördern sind alle personellen und materiellen Aufwände inklusive Kompensationskosten (wie Schienenersatzverkehr oder Mietfahrzeuge). Gefördert würde die FRMCS-Umrüstung von Triebwagen und Triebzügen, Steuerwagen, Lokomotiven, Instandhaltungsfahrzeugen und Nebenfahrzeugen einschließlich 2-Wege-Fahrzeugen im Bestand, die auch auf dem deutschen Streckennetz verkehren. Neben den Fahrzeuggeräten wäre ferner der Austausch der stationären und mobilen GSM-R-Endgeräte gegen FRMCS-fähige Geräte zu fördern.

Voraussetzung der Förderung wäre unter anderem, dass der Wettbewerb durch die Förderung nicht verzerrt wird. Eine Förderunterstützung für die FRMCS-Ausrüstung von Neufahrzeugen – etwa für Zusatzkosten für die Doppelausrüstung mit GSM-R und FRMCS während der Migrationsphase – könnte ebenfalls angelegt werden.

- 2) Die Förderung könnte wie folgt aufgeteilt werden:
- a. FoC-Projektierung und -Ausrüstung des ersten Fahrzeugs innerhalb einer Baureihe oder eines Typs beziehungsweise eines Umbaclusters, die auch die für die FoC-Projektierung erforderlichen Tests und Genehmigungen/Zulassungen einschließt
 - b. Serienausrüstung von Fahrzeugen innerhalb einer Baureihe oder eines Typs beziehungsweise eines Umbaclusters

Vorschlag Zuwendungsempfänger:

Zuwendungsempfänger wären natürliche oder juristische Personen, die als Eigentümer, als Halter oder als Betreiber im EVR im Sinne von Artikel 33 der Richtlinie 2008/57/EG⁴⁰ beziehungsweise im Sinne von Artikel 47 der Richtlinie (EU) 2016/797⁴¹ eingetragen sind und deren Schienenfahrzeug auch auf dem deutschen Streckennetz eingesetzt wird.

Vorschlag zur Förderhöhe:

Die Höhe der Zuwendung kann vom Gegenstand der Förderung abhängig gemacht werden: Sowohl für (a) FoC-Förderung (Umbacluster) als auch (b) Serienförderung sollte die Höhe der Zuwendung auf 100 Prozent der förderfähigen Kosten angesetzt werden einschließlich eventuell erforderlicher Faktoren für Preisgleitungen und möglichen Mehraufwands für zusätzliche Instandhaltung durch Doppelausrüstung von Fahrzeugen.

Vorschlag zum Förderzeitraum:

Die Fördermittel sollten zur Verfügung stehen, bis alle Fahrzeuge umgerüstet sind, längstens jedoch bis zum 31.12.2035 beziehungsweise bis zum Abschluss des Jahres, in dem die ausschließliche Nutzung von FRMCS im deutschen Schienennetz möglich sein wird. Die Priorisierung der Förderung sollte sich nach der Rolloutreihenfolge der Netzumrüstung richten. Damit der abgestimmte Rollout in Netzen und Fahrzeugen ab 2027 gelingt, sollte die Förderrichtlinie spätestens zum Frühjahr 2025 ausgearbeitet sein. So wird genügend Vorlauf für die EU-Notifizierung, die Bewilligung des entsprechenden Haushaltstitels und die Organisation der Förderabwicklung sichergestellt.

Um die erforderliche Förderrichtlinie nach Möglichkeit ergänzen zu können, wird dem Fördermittelgeber nachfolgende Prüfbitte mitgegeben: Prüfbitte, ob die Förderung der **FRMCS-Ausrüstung mit anderen Förderungen verknüpft** werden kann, etwa mit einer etwaigen On-board-Unit-Förderung der DSD-Ausrüstung. Hierdurch können insbesondere vermeidbare wiederholte Werkstattaufenthalte reduziert werden. Synergien könnten dadurch gehoben werden, dass die bereits für ETCS notwendigen, tiefgehenden Eingriffe in die Fahrzeuge mit den Umrüstprozessen auf FRMCS kombiniert werden. Nicht zuletzt stiege mittels eines einzigen Förderregimes und damit einhergehend eines Förder- und Umrüstkonzeptes die Akzeptanz für die Maßnahme bei den Umrüstverantwortlichen, welche für das Gelingen des Gesamtkonzeptes maßgeblich ist. Selbiges gilt für die Aufgabenträger, die ebenso ein Interesse daran haben, die in Verkehrsverträgen gebundenen Fahrzeugflotten lediglich für möglichst kurze Zeit in Werkstätten zur Umrüstung zu geben.

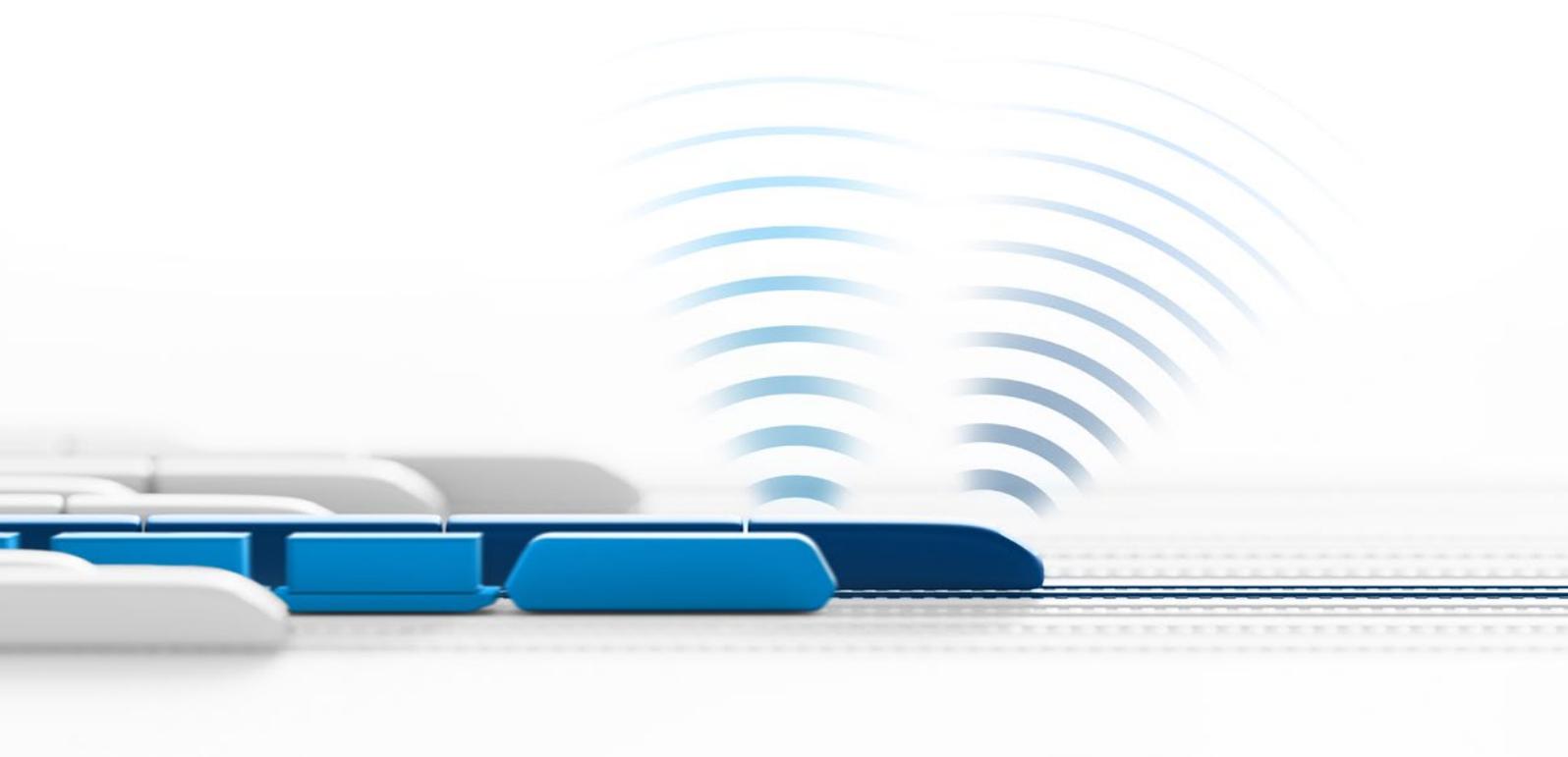
⁴⁰ Europäisches Parlament/Rat der Europäischen Union (2008): Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft (Neufassung).

⁴¹ Europäische Kommission (2016): Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung).

8. Ausblick

Die Sektorinitiative hat im Rahmen dieses Positionspapiers die notwendigen Rahmenbedingungen und Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche FRMCS-Fahrzeugmigration identifiziert. Zur Umsetzung dieser Handlungsempfehlungen ist der Sektor bereit, gemeinsam mit der Politik und den zuständigen Behörden die aufgeführten Empfehlungen auszugestalten.

Im Dialog zwischen Umrüstverantwortlichen, Politik und Behörden kann die Herausforderung angegangen werden, bis 2035 die 16.000 bis 21.000 Fahrzeuge auf FRMCS zu migrieren. Nehmen wir diese Herausforderung an – für einen zukünftigen Bahnfunk, der einen wesentlichen Beitrag zur Digitalisierung der Schiene liefern wird.



ANHANG

Liste aller Institutionen, die an der Sektorinitiative FRMCS-Fahrzeugmigration mitgewirkt haben

- Allianz pro Schiene e. V.
- Alstom S.A.
- Bayerische Eisenbahngesellschaft mbH
- Bundesverband SchienenNahverkehr e. V.
- Deutsche Bahn AG
- DB Cargo AG
- DB Fernverkehr AG
- DB Netz AG
- DB Regio AG
- Deutsches Verkehrsforum e. V.
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
- Funkwerk Systems GmbH
- Kontron Transportation Deutschland GmbH
- mofair e. V.
- Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH
- Netzwerk Europäischer Eisenbahnen e. V.
- Nokia AG
- Siemens AG
- Thales Deutschland GmbH
- Überwachungsgemeinschaft Gleisbau e. V.
- Verband der Bahnindustrie in Deutschland e. V.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
- Verkehrsverbund Mittelsachsen GmbH
- Zürcher Bau GmbH

Herausgeber des Positionspapiers

- Allianz pro Schiene e. V.
- Bundesverband SchienenNahverkehr e. V.
- Deutsche Bahn AG
- Deutsches Verkehrsforum e. V.
- mofair e. V.
- Netzwerk Europäischer Eisenbahnen e. V.
- Überwachungsgemeinschaft Gleisbau e. V.
- Verband der Bahnindustrie in Deutschland e. V.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.

Literaturverzeichnis

- **Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BDMV) (2020):** Masterplan Schienenverkehr. URL: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/masterplan-schienenverkehr.pdf?__blob=publicationFile [Stand 11.07.2023].
- **Bundesnetzagentur (BNetzA) (2022):** Marktuntersuchung Eisenbahn 2021. URL: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Veroeffentlichungen/Marktuntersuchungen/MarktuntersuchungEisenbahnen/MarktuntersuchungEisenbahn2021.pdf?__blob=publicationFile&v=9 [Stand 03.05.2023].
- **Digitaler Knoten Stuttgart (DKS) (2022):** Evaluierung der Förderrichtlinie des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr zur Förderung der Ausrüstung von Schienenfahrzeugen mit Komponenten des europäischen Zugbeeinflussungssystems ERTMS (European Rail Traffic Management System) und des automatisierten Bahnbetriebs (ATO) im Rahmen der infrastrukturseitigen Einführung von ERTMS im „Digitalen Knoten Stuttgart“. URL: <https://digitale-schiene-deutschland.de/Projekte/Ergebnisse%20Evaluierung%20DSD-Fahrzeugaus-r%C3%BCstung%20DKS/20221230%20Evaluierung%20DKS-F%C3%B6rderung%20final%20%C3%B6ffentlich.pdf> [Stand 03.05.2023].
- **Europäische Kommission (2008):** Gemeinschaftliche Leitlinien für staatliche Beihilfen an Eisenbahnerunternehmen (2008/C 184/07). URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2008:184:0013:0031:DE:PDF> [Stand 19.07.2023].
- **Europäische Kommission (2016):** Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0797&from=DE> [Stand 03.05.2023].
- **Europäische Kommission (2016):** Verordnung (EU) 2016/919 der Kommission vom 27. Mai 2016 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0919> [Stand 19.07.2023].
- **Europäische Kommission (2017):** Kommissionsentscheidung SA.44621 (2016/N) vom 07.04.2017. Czech Republic – Individual subprograms for ensuring interoperability in railway transport. Randziffer 17 und 60 ff.
- **Europäische Kommission (2018):** Durchführungsbeschluss (EU) 2018/1538 der Kommission vom 11. Oktober 2018 zur Harmonisierung der Frequenznutzung durch Geräte mit geringer Reichweite in den Frequenzbändern 874 – 876 MHz und 915 – 921 MHz (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen C(2018) 6535) (Text von Bedeutung für den EWR. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018D1538> [Stand 19.07.2023].
- **Europäische Kommission (2018):** Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 der Kommission vom 4. April 2018 über die praktischen Modalitäten für die Genehmigung für das Inverkehrbringen von Schienenfahrzeugen und die Genehmigung von Schienenfahrzeugtypen gemäß der Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0545&from=CS> [Stand 03.05.2023].
- **Europäische Kommission (2019):** Kommissionsentscheidung SA.55451 (2019/N) vom 05.11.2019. The Netherlands – Support for ERTMS upgrade. Randziffer 19 und 37 ff.
- **Europäische Kommission (2020):** Durchführungsverordnung (EU) 2020/420 der Kommission vom 16. März 2020 zur Berichtigung der deutschen Fassung der Verordnung (EU) 2016/919 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0420&from=LV> [Stand 19.07.2023].

- **Europäische Kommission (2022):** Durchführungsbeschluss (EU) 2022/172 der Kommission vom 7. Februar 2022 zur Änderung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2018/1538 der Kommission zur Harmonisierung der Frequenznutzung durch Geräte mit geringer Reichweite in den Frequenzbändern 874–876 MHz und 915–921 MHz (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen C(2022) 608) (Text von Bedeutung für den EWR). URL:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32022D0172> [Stand 19.07.2023].
- **Europäische Kommission (2022):** Kommissionsentscheidung SA.100432 (2021/N) vom 02.06.2022. RRF Slovenia – Support for the installation of ETCS equipment in rolling stock. Randziffer 26 und 56 ff.
- **Europäische Kommission (2023):** Commission Implementing Regulation on the technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystems of the rail system in the European Union and repealing Regulation (EU) 2016/919. URL:
<https://ec.europa.eu/transparency/comitology-register/screen/documents/087574/3/consult?lang=en> [Stand 12.07.2023].
- **Europäisches Parlament/Rat der Europäischen Union (2008):** Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft (Neufassung). URL:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0057&qid=1689839141473> [Stand 20.07.2023].
- **European Railway Agency (ERA) (2015):** Study on migration of Railway radio communication system from GSM-R to other solutions. URL:
<https://www.era.europa.eu/system/files/2022-11/Study%20on%20migration%20of%20railway%20radio%20communication%20from%20GSM-R%20to%20other%20solutions%20by%20Systra%20%281%29.pdf> [Stand 03.05.2023].
- **Holfeld, B./Biemond, S./Garcia, L./Mehira, S. (2022):** Innovative Antennentechnologien für FRMCS – Feldstudie bei 1,9 GHz. Signal + Draht 11/2022. URL:
https://digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/06_15_Holfeld_etal_D.pdf [Stand 11.07.2023].
- **Krantzik, A./Vrielink A. (2022):** Zukunft des Bahnfunks – Migration von GSM-R auf FRMCS. Signal + Draht 4/2022.
- **UNITEL Committee (2021):** GSM-R Long-term Support Statement. Statement from the members of the UNITEL Committee on the railway telecommunications supply industry's long-term support of GSM-R. URL:
https://www.unife.org/wp-content/uploads/2021/07/UNITEL-Committee_GSM-R-Long-term-Support-Statement_v28072021Final.pdf [Stand 11.07.2023].

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1:</i>	Möglicher Zeitplan der FRMCS-Fahrzeugmigration (aktuelle Entwurfsfassung)	6
<i>Abbildung 2:</i>	Fokus des Positionspapiers	8
<i>Abbildung 3:</i>	Basis-Konfiguration (unter den im Text getroffenen Annahmen)	12
<i>Abbildung 4:</i>	Konfiguration 1 – FRMCS für reinen Sprachfunk (und einfache Datenapplikationen)	14
<i>Abbildung 5:</i>	Konfiguration 2 – FRMCS für Sprachfunk und ETCS (ATO mit Einschränkungen)	15
<i>Abbildung 6:</i>	Konfiguration 3 – FRMCS für Sprachfunk, ETCS und ATO (GoA4 ready)	15
<i>Abbildung 7:</i>	Parallelbetrieb von GSM-R und FRMCS	16
<i>Abbildung 8:</i>	Parallelbetrieb von GSM-R und FRMCS (optimiert)	16
<i>Abbildung 9:</i>	Pro Fahrzeugtyp ist derzeit ein individuelles Genehmigungsverfahren notwendig	19
<i>Abbildung 10:</i>	Typischer Neufahrzeugbeschaffungsprozess	32
<i>Abbildung 11:</i>	Zielbild – pro Umbaucluster gibt es ein Genehmigungsverfahren	40

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	Schätzungen Fahrzeug-Mengengerüst	23
<i>Tabelle 2:</i>	Schätzungen Material- und Einbaukosten je Triebfahrzeug	23
<i>Tabelle 3:</i>	Schätzung der Zertifizierungs- und Genehmigungskosten je Fahrzeug	24
<i>Tabelle 4:</i>	Schätzung der Gesamtkosten der FRCMS-Fahrzeugumrüstung	25

Abkürzungsverzeichnis

2G	Zweite Mobilfunkgeneration (auch GSM genannt)
3GPP	3rd Generation Partnership Project
5G	Fünfte Mobilfunkgeneration
AsBo	Assessment Body
ATO	Automatic Train Operation
BHO	Bundshaushaltsordnung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMF	Bundesfinanzministerium
BNetzA	Bundesnetzagentur
BSWAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz
CTT	Conformity-to-Type
DeBo	Designed Body
DB	Deutsche Bahn beziehungsweise Deutsche Bahn AG
DKS	Digitaler Knoten Stuttgart
DSD	Digitale Schiene Deutschland
DSTW	Digitales Stellwerk
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
ECM	Entity in Charge of Maintenance (deutsch: für die Instandhaltung zuständige Stelle)
EdB	Eisenbahn(-en) des Bundes
EDOR	ETCS Data only Radio
EIGV	Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	European Union Agency for Railways (deutsch: Eisenbahnagentur der Europäischen Union)
ERATV	European Register of Authorised Types of Vehicles
ERTMS	European Rail Traffic Management System (deutsch: europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem)
ETCS	European Train Control System
EU	Europäische Union
EVR	European Vehicle Register (deutsch: Europäisches Fahrzeugregister)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FoC	First-of-Class
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
GIF	Genehmigung für das Inverkehrbringen von Eisenbahnfahrzeugen
GoA	Grade of Automation

GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
HF-Filter	Hochfrequenz-Filter (das heißt frequenzselektive Schaltungen, die bestimmte Frequenzen durchlassen, andere hingegen sperren)
KRITIS	Kritische Infrastruktur
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung
MCX	Mission-Critical Service
MHz	Megahertz
NBN	Nutzungsbedingungen Netz
NE-Bahnen	Nichtbundeseigene Eisenbahnen
NoBo	Notified Body
NSA	National Safety Authorities
NNTR	Notifizierte nationale technische Regeln
NVR	National Vehicle Register
OB Gateway	Onboard-Netzwerk
OSS	One Stop Shop
QoS	Quality-of-Service (deutsch: Dienstgüte)
PZG	Punkt förmige Zugbeeinflussung
RBC	Radio Block Center (deutsch: ETCS-Streckenzentrale)
RMR	Railway Mobile Radio (deutsch: Zugfunkfrequenzbänder)
RSC	Radio System Compatibility
RTO	Remote Train Operation
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
TIMS	Train Integrity Management System (deutsch: Gerät zur Zugvollständigkeitskontrolle)
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität
UIC	Union Internationale des Chemins de Fer (deutsch: Internationaler Eisenbahnverband)
UNITEL	UNITEL vereint die wichtigsten Anbieter von Bahntelekommunikationsprodukten und Unternehmen, die über umfangreiche Erfahrung mit aktuellen GSM-R- und zukünftigen Bahnsystemen verfügen. Das UNITEL Committee konzentriert sich auf die Entwicklung und Implementierung des zukünftigen interoperablen Eisenbahnkommunikationssystems FRMCS.
ZZS	Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung