

# Herausforderungen bei der Migration von GSM-R zu FRMCS

## Challenges in GSM-R to FRMCS migration

Bernd Potthoff | Silvio Döring | Martin Becka | Stefan Lossau

**F**uture Railway Mobile Communication System (FRMCS) ist der Arbeitstitel für die zweite Generation eines einheitlichen europäischen Digitalfunks für den Eisenbahnbetrieb. Dieser neue Standard wird in den 2020er und 2030er Jahren schrittweise den heutigen digitalen Betriebsfunk GSM-R (Global System for Mobile Communications – Rail) ablösen. Obwohl die Spezifikation des neuen Standards noch nicht abgeschlossen ist und die Inbetriebnahme von FRMCS in vielen Ländern erst in zehn oder mehr Jahren auf der Tagesordnung steht, sollten sich Eisenbahnen bereits heute strategische Gedanken darüber machen, wie eine Migration von GSM-R auf FRMCS erfolgen kann und vor welchen enormen betrieblichen, prozessualen und organisatorischen Herausforderungen sie stehen.

### 1 Rückblick auf die Einführung von GSM-R

Die Situation heute ist vergleichbar mit der Situation Anfang / Mitte der 1990er Jahre, als die Systementscheidung zugunsten von GSM-R getroffen und der Standard bei der UIC (Union internationale des chemins de fer) europaweit spezifiziert und 1996 eingeführt wurde.

Darauf basierend verpflichteten sich 1997 insgesamt 32 europäische Bahnen zur Einführung von GSM-R. Hierzu mussten die betroffenen Bahninfrastrukturbetreiber die gesamte interne Technologieinfrastruktur neu errichten und Aufbau- und Ablauforganisation als „Mobilfunkbetreiber“ für GSM-R schaffen. Dies umfasste alle internen und betrieblichen Systemkonfigurationen, Validierungen sowie GSM-R-System- und bahnbetrieblichen Tests mit den entsprechenden aufsichtsrechtlichen Freigaben und Zertifizierungen. In Deutschland benötigte dies knapp ein Jahrzehnt, bis das GSM-R-Netz der Deutschen Bahn u. a. mit Unterstützung der Experten von quattron auf ca. 24 000 km ausgerüstet und anschließend in Betrieb genommen, ca. 7000 technische Standorte realisiert, ca. 3000 km Glasfaserkabel zur Anbindung der Fahrdienstleiter verlegt, ca. 8300 Fahrzeuge umgerüstet, ca. 32 000 aufsichtsbehördliche Verwaltungsakte abgeschlossen und ca. 50 000 Mitarbeiter geschult waren.

Dabei war der Aufbau von GSM-R zunächst bestimmt von der Erreichung einer definierten Funkabdeckung parallel zur bestehenden Analogfunkabdeckung für Zug- und Rangierfunk. Schrittweise erfolgte dann die jeweilige Migration oder Neuimplementierung weiterer Dienste und Verfahren bis hin zur Nutzung des GSM-R-Netzes als Übertragungsebene für das ETCS (European Train Control System).

### 2 Zukunftstechnologie FRMCS

Wie Brant/Nänni in [5] zutreffend dargelegt haben, ist die GSM-R-Technologie für die künftigen, häufig digitalisierten und automa-

**T**he Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) is the working title for the second generation of a common European digital radio system for railway operations. This new standard will gradually replace today's digital GSM-R (Global System for Mobile Communications – Rail) train radio system in the 2020s and 2030s. Even though the specification of the new standard has not yet been completed and many countries will only start commissioning FRMCS in ten or more years, railroads should already be thinking strategically about how a migration from GSM-R to FRMCS can take place and which enormous operational, procedural and organisational challenges they will face.

### 1 A review of the introduction of GSM-R

The situation today is comparable to the situation in the early/mid-1990s, when the system decision in favour of GSM-R was made and the standard at the UIC (Union internationale des chemins de fer) was specified for Europe and introduced in 1996.

Based on this, a total of 32 European railways committed to the introduction of GSM-R in 1997. In order to achieve this, the affected rail infrastructure operators had to rebuild the entire internal technological infrastructure and to set up a structure and process organisation as a “mobile operator” for GSM-R. This included all the internal and operational system configurations and validations, as well as the GSM-R system and rail operations tests with the corresponding regulatory approvals and certification. In Germany, it took Deutsche Bahn almost a decade to bring the GSM-R network into operation on approximately 24,000 km of track, to implement approximately 7,000 technical sites, to lay approximately 3,000 km of fibre optic cable to connect the dispatchers, to convert approximately 8,300 vehicles and to complete approximately 32,000 regulatory administrative acts and to train approximately 50,000 employees, all with the support of quattron's experts.

The introduction of GSM-R was initially determined by the achievement of defined radio coverage in parallel with the existing analogue radio for train and shunting radio. The respective migration or new implementation of further services and procedures up to the use of the GSM-R network as a transmission level for the ETCS (European Train Control System) then took place incrementally.

### 2 FRMCS – The technology of the future

As Brant/Nänni correctly described in [5], GSM-R technology is no longer sufficient for the coming, often digitised and automated requirements of rail operations. European and worldwide

tierten bahnbetrieblichen Anforderungen nicht mehr ausreichend. Die europäischen und weltweiten Bahnen brauchen daher für einen sicheren, modernen und hochgeschwindigkeits-tauglichen Betrieb eine zukunftsfähige digitale Kommunikationsplattform. Aus diesem Grund hat sich die UIC schon vor rund fünf Jahren entschieden, eine neue Bahnkommunikationsplattform FRMCS – erneut auf Basis einer standardisierten internationalen Telekommunikationsplattform – zu definieren.

Im Gegensatz zu GSM-R, bei dem die zugrunde liegende Mobilfunktechnologie GSM bereits entschieden war, lässt die aktuelle Bezeichnung FRMCS noch offen, welche Technologie GSM-R im Bahnbetrieb ablösen soll. Lange Zeit waren Bemühungen, vor allem aus Richtung der Industrie, zu erkennen, FRMCS auf Grundlage der 4. Mobilfunkgeneration LTE (Long Term Evolution / 4G) zu entwickeln. Inzwischen scheint sich 5G als Mobilfunktechnologie für FRMCS abzuzeichnen. Aus technischer Sicht wären die mit 4G erreichbaren Bandbreiten für die derzeit absehbaren bahnbetrieblichen Anwendungen wohl ausreichend, allerdings bietet 5G aufgrund der drastisch reduzierten Latenzzeiten im Bereich der Lokalisierung z. B. für ATO (Automatic Train Operation) deutliche Vorteile. Zudem befindet sich LTE in der Reifephase des Lebenszyklus, mit den entsprechend absehbaren Problemen im Bereich der Beschaffung sowie Instandhaltung/ Instandsetzung, sodass auch dieser Aspekt für 5G als technologische Basis für FRMCS spricht.

Ein weiterer Aspekt ist die gemeinsame Nutzung künftiger 5G-Infrastruktur kommerzieller Netzbetreiber für FRMCS. In vielen Ländern reift zunehmend die Erkenntnis, dass eine Verfügbarkeit von 5G für Bahnreisende künftig zu einem kritischen Erfolgskriterium der Bahn gegenüber anderen Verkehrsträgern wird, sodass über verschiedene Modelle geprüft wird, eine entsprechende Mast- und Breitbandinfrastruktur für eine unterbrechungsfreie Breitbandversorgung der Bahnreisenden zu realisieren. Durch eine intelligente Verknüpfung dieser Planungen mit den Planungen für FRMCS lassen sich erhebliche Synergien in der passiven Infrastruktur realisieren.

Im Rahmen der europäischen Gremienarbeit zur Spezifikation von FRMCS haben die künftigen Nutzer ihre allgemeinen Anforderungen und Erwartungen definiert. FRMCS soll

- auf marktgängigen Produkten aufbauen zur Kosteneffizienz, Komponenten sollen herstellerunabhängig miteinander kompatibel sein,
- eine langfristige Nutzung mit zukünftiger Weiterentwicklung, Modularität und Erweiterungsfähigkeit anbieten und langfristig garantieren,
- ermöglichen, effizient Dienste zu betreiben, einzurichten und zu ändern,
- eine flexible Zertifizierung für internationale oder nationale Interoperabilität zulassen,
- seine Dienste hochwertig und sicher zur Verfügung stellen, mit einer mindestens gleichwertigen Verfügbarkeit wie GSM-R. Hierfür ist auch eine Resistenz gegen Interferenzen und Angriffe von außen zu gewährleisten,
- robuste und langlebige Elemente haben und damit einen zuverlässigen, langfristigen Betrieb der Dienste gewährleisten,
- eine problemlose Migration der Sprach- und Datendienste sowie Verfahren (insbesondere ETCS) ermöglichen.

Zur Umsetzung dieser Anforderungen hat die UIC drei FRMCS-Arbeitsgruppen „Funktionen“, „Architektur & Technologie“ sowie „Spektrum“ eingerichtet:

Aus diesen Arbeitsgruppen sind bei der UIC verschiedene Nutzeranforderungen, Spezifikationen und Dienstbeschreibungen zur Kommentierung veröffentlicht worden. Das europäische Normie-

railways therefore need a future-proof digital communication platform for safe, modern and high-speed operations. For this reason, UIC decided to define the new FRMCS rail communication platform five years ago, once again based on a standardised international telecommunications platform.

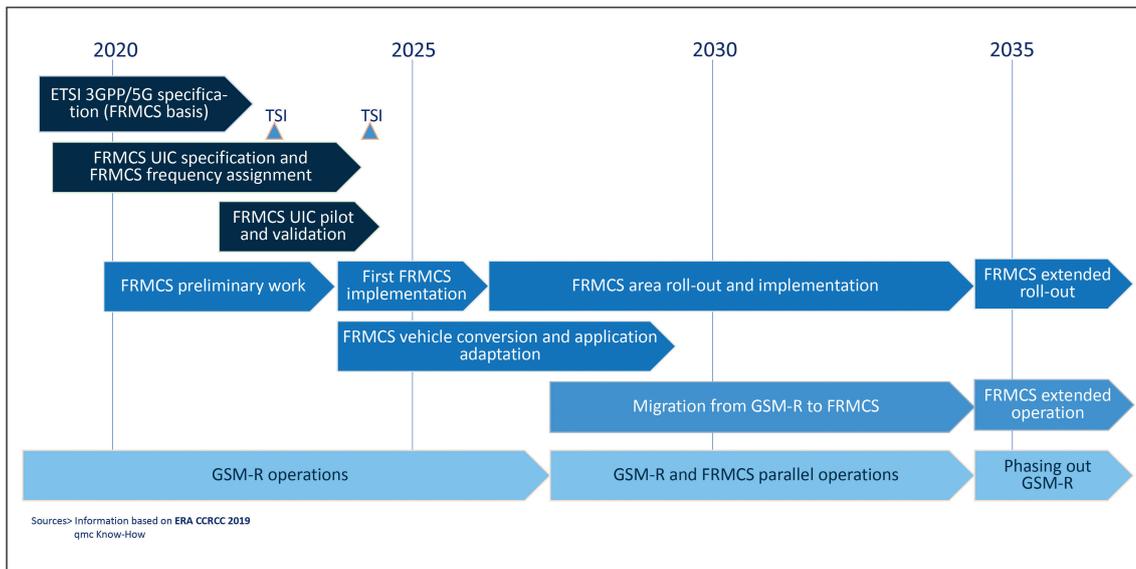
In contrast to GSM-R, where the underlying GSM mobile radio technology had already been decided on, the current FRMCS designation has left open which technology should replace GSM-R in rail operations. Efforts to develop FRMCS based on the 4<sup>th</sup> generation of mobile communications known as LTE (Long Term Evolution / 4G) have been evident for a long time, especially from the industrial sector. 5G now appears to be emerging as the cellular technology for FRMCS. From a technical point of view, the bandwidths which can be achieved with 4G would be sufficient for the currently foreseeable railway operations, but 5G offers significant advantages for ATO (Automatic Train Operation), i.e. due to the drastically reduced latency times in the area of localisation. Furthermore, LTE is in the maturity phase of its life cycle with the corresponding foreseeable problems in the areas of procurement and maintenance/repair, so that this aspect also speaks for 5G as the technological basis for FRMCS. Another aspect involves the sharing of the future 5G infrastructure of commercial network operators for FRMCS. In many countries, awareness is growing as to the fact that the availability of 5G for rail travellers will become a critical success criterion for rail traffic in future competition with other modes of transport, meaning that various models are being used to test whether a corresponding mast and broadband infrastructure can be used to provide uninterrupted broadband coverage for rail travellers. By linking these plans with the plans for FRMCS intelligently, considerable synergies can be realised in the passive infrastructure.

Future users have defined their general requirements and expectations as part of the European committee work on the FRMCS specifications. FRMCS should

- be built on marketable products for cost efficiency and on components which are compatible with each other regardless of the manufacturer.
- offer long-term use with future development, modularity and expandability and guarantee this in the long term.
- enable the efficient operation, set up and changing of services.
- allow flexible certification for international or national interoperability.
- offer services with a high quality and an availability at least equivalent to that of GSM-R. Resistance against interference and external attacks must also be guaranteed to this end.
- use robust and durable elements and thus ensure the reliable, long-term operations of the services.
- enable the trouble-free migration of voice and data services and procedures (in particular ETCS).

The UIC has set up three FRMCS working groups for “Applications”, “Architecture & Technology” and “Spectrum” in order to implement these requirements:

These working groups have published various user requirements, specifications and service descriptions for comment. The European standardisation institute, ETSI (European Telecommunications Standards Institute), has already provided usage scenarios, test descriptions/ test results and service specifications for FRMCS. A working group on frequency assignment for rail use is also working on both migration and continuous operations, as well as worldwide use under the CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télé-



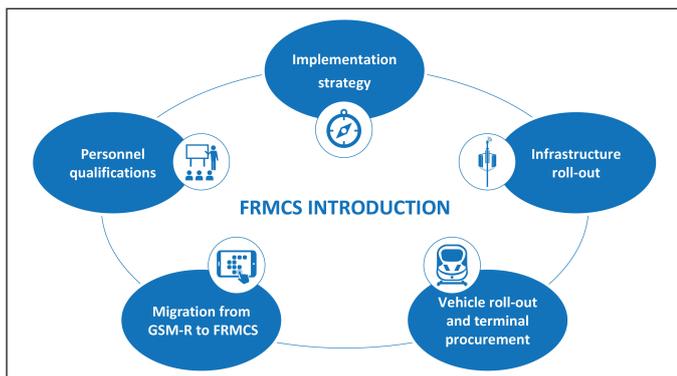
**Bild 1: Möglicher Migrationspfad von GSM-R zu FRMCS**  
 Fig. 1: Potential migration path from GSM-R to FRMCS Quelle / Source: ERA CCRC 2019; quattron

rungsinstitut ETSI (European Telecommunications Standards Institute) hat bereits Nutzungsszenarien, Testbeschreibungen / Testergebnisse und Dienste-Spezifikationen für die FRMCS bereitgestellt. Unter der CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications) als Dachorganisation der Regulierungsbehörden arbeitet zudem eine Arbeitsgruppe zur Frequenzzuweisung für die Bahnnutzung sowohl in der Migration wie auch im Dauerbetrieb sowie für die weltweite Nutzung. Der aktuelle Status der UIC-Projekt-Zeitplanung stellt sich folgendermaßen dar:

- Das FRMCS-Spezifikations- und Definierungsprojekt mit Feldtests und Validierung soll, gemäß UIC-Projektinformation, im Jahr 2024 abgeschlossen werden.
- 2022 soll hierzu die erste Erneuerung der TSI (Technische Spezifikationen für die Interoperabilität) erscheinen.
- Ende des Jahres 2024 soll die zweite TSI-Anpassung veröffentlicht werden und darauf die weitere Stufe folgen.
- Anschließend können die nationalen Bahnen ihre Erstinstallationen, Pilotierung und Validierung auf eigener Ebene starten.

**3 Herausforderungen für Bahnen bei der Einführung von FRMCS**

Wie schon bei der Migration zu GSM-R, ist auch die Migration zu FRMCS zu komplex und umfasst zu viele Bereiche des Systems Bahn,



**Bild 2: Wesentliche Herausforderungen bei der Einführung von FRMCS**  
 Fig. 2: Main challenges when introducing FRMCS Quelle / Source: Quattron

communications) as the umbrella organisation of the regulatory authorities.

The current status of the UIC project schedule is as follows:

- According to the UIC, the FRMCS specifications and the definition project with field tests and validation should have been completed by 2024.
- The first renewal of the TSI (Technical Specifications for Interoperability) should appear in 2022.
- The second TSI adaptation is due to be published at the end of 2024 and the next stages will then follow.
- National railways can then start their initial installations, piloting and validation at their own level.

**3 The challenges for railways when introducing FRMCS**

As with the migration to GSM-R, the migration to FRMCS is too complex and includes too many areas of the rail system for this change to take place as a nationwide “big bang” at a certain date. Rather, the introduction of FRMCS is to be understood as an incremental process which requires the continuous existence of the GSM-R system until FRMCS has been fully implemented on the foreseen routes.

Mastering five key challenges is critical for the success of the FRMCS implementation.

**Challenge 1: The development of a suitable implementation strategy for FRMCS**

Before the planning basis for an FRMCS network infrastructure is laid, it is recommended that a strategy should be developed for the introduction of FRMCS for each railway. It is necessary to think “from the end forwards” and to determine the sequence in which the new system is to be brought into operation nationwide. Implementation can take place on the vehicle or trackside and by region, route type or any combination thereof. When developing these strategies, a comprehensive view is required, which not only includes the infrastructure, but also the rail transport companies with vehicles to be equipped, where FRMCS compatibility must be imposed as a network access criterion.

The implementation strategy for FRMCS also includes decisions on which infrastructure the network should be built on. Existing

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Quattron Management Consulting /  
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten  
 genehmigt von DVV Media Group GmbH 2020

als dass diese Umstellung landesweit als „big bang“ zu einem Termin vorstatten gehen könnte. Vielmehr ist die Einführung von FRMCS als schrittweiser Prozess zu begreifen, der einen parallelen Fortbestand des GSM-R-Systems bis zur vollständigen Einführung von FRMCS auf den dafür vorgesehenen Strecken voraussetzt.

Die Bewältigung von fünf wesentlichen Herausforderungen sind dabei für eine Einführung von FRMCS erfolgskritisch.

### Herausforderung 1: Entwicklung einer passenden Einführungsstrategie für FRMCS

Bevor die planerischen Grundlagen für eine FRMCS-Netzinfrastruktur gelegt werden, ist für jede Bahn die Entwicklung einer Strategie zur Einführung von FRMCS anzuraten. Hierbei sollte „vom Ende her“ gedacht und festgelegt werden, in welcher Sequenz das neue System landesweit in Betrieb genommen werden soll. Eine Einführung kann fahrzeug- oder streckenseitig und dort nach Regionen, Streckenarten oder Kombinationen daraus stattfinden. Bei der Entwicklung dieser Strategien ist bereits ein übergreifender Blick erforderlich, welcher nicht nur die Infrastruktur, sondern auch Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) mit umzurüstenden Fahrzeugen, denen FRMCS als Netzzugangskriterium auferlegt werden muss, umfasst.

Zur Einführungsstrategie für FRMCS gehört auch die Klärung der Frage, auf welcher Infrastruktur das Netz errichtet werden soll. Vorhandene GSM-R-Standorte mit geeigneter statischer Kapazität könnten mitgenutzt werden und eine Netzplanung für FRMCS die Nutzung der vorhandenen Standorte berücksichtigen. Neben eigener Infrastruktur kommt aber auch eine Nutzung von Infrastruktur kommerzieller Mobilfunkbetreiber in Betracht und sollte in die Funkplanung Eingang finden. Technisch denkbar – aber aus Sicherheitsaspekten von den Bahnen eher skeptisch gesehen – wäre auch eine (teilweise) Nutzung kommerzieller Netze über Verfahren wie das Network Slicing. Ein künftiges FRMCS-Netz benötigt nach seiner Errichtung und Inbetriebnahme auch eine entsprechende Betreiberorganisation. Diese umfasst sowohl das Management des Netzwerks wie auch die Instandhaltung der Standorte. Hierfür ist festzulegen, welche Aufgaben selbst oder durch Dritte wahrgenommen werden sollen.

All diese zuvor geschilderten Möglichkeiten sind im Rahmen der Einführungsstrategie zu untersuchen sowie bahnbetrieblich/technisch wie auch wirtschaftlich zu bewerten, um so eine geeignete Strategie festzulegen.

### Herausforderung 2: Infrastruktur-Rollout

Auf Grundlage der zuvor entwickelten Strategie kann der Aufbau des FRMCS-Netzes begonnen werden. Hierbei empfiehlt sich ein Vorgehen in zwei Phasen mit einer FRMCS-Erstimplementierung und einem folgenden Flächen-Rollout.

Bereits für die Erstimplementierung mit Tests und Validierungen sollte ein robustes FRMCS-Kernsystem installiert, konfiguriert und getestet werden. Nach diesen Tests werden an das Kernnetzwerk die weiteren Netzwerkeile angeschlossen, parametriert und integriert. Durch eine frühzeitige Einbeziehung der Zertifizierungs- und Zulassungsbehörden können problematische Themenbereiche frühzeitig erkannt und für den Flächen-Rollout mit Inbetriebnahme gelöst werden. Anschließend sind die entsprechenden Grundlagen und Prozesse für die Planung und bauliche Realisierung zu schaffen und in die entsprechenden Vergabeverfahren einfließen zu lassen.

Ein ganz wichtiger Aspekt des Rollouts ist die frühzeitige Etablierung von IT-gestützten Workflows zur Planung und Dokumentati-

GSM-R locations with suitable static capacity could also be used and network planning for FRMCS could take into account the use of existing locations. In addition to the railway infrastructure, the use of commercial mobile operators' infrastructure is also an option and should be reflected in the radio network planning. The (partial) use of commercial networks via technologies such as network slicing would also be technically conceivable, albeit somewhat doubtful from the point of view of railway safety. The upcoming FRMCS network also requires an appropriate operator organisation for the period after its construction and commissioning. This includes both the network management and the maintenance of the locations. It must be determined which tasks should be performed by the railway or by any third parties for this purpose.

All of the previously described options have to be examined as part of the implementation strategy and to be evaluated operationally, technically and economically in order to determine a suitable strategy.

### Challenge 2: The infrastructure rollout

The building of the FRMCS network can begin on the basis of the developed strategy. A two-phase procedure with the initial implementation of FRMCS and a subsequent field rollout is recommended.

A robust FRMCS core system should already have been installed, configured and tested for the initial implementation with tests and validations. After these tests, the other network parts can be connected to the core network, parameterised and

## Schnellster Schienenkontakt



**KAGO  
Klemme**  
Das Original  
seit 1980



KAGO AG – Schweiz  
Eisenbahntechnik  
info@kago.com



**kaufmann**  
www.kago.com

on, welche von Beginn an auf die Anforderungen der Zulassungsbehörden für die Inbetriebnahme abgestellt sind. Hierbei ist zu bedenken, dass die Vorbereitung der Inbetriebnahme eines solch komplexen Netzes mit dem ersten Tag der Planung beginnt und entsprechende Strukturen und Werkzeuge benötigt.

### Herausforderung 3: Fahrzeug-Rollout und Endgerätebeschaffung

Parallel zum Rollout der Infrastruktur bedarf die Umrüstung der Fahrzeuge der EVU, welche die Infrastruktur einer Bahn nutzen, der intensiven Vorbereitung.

Wiederum aufbauend auf der Einführungsstrategie sind hierfür Umrüstplanungen zu erstellen, welche die Einsatzgebiete der Fahrzeuge, Umrüstdauer und Kapazität der Werke beachten. Dabei ist festzulegen, ob es eigene Umrüstpausen für FRMCS geben soll oder diese in ohnehin geplante Instandhaltungsintervalle integriert werden können. Zudem sind dauerhafte oder temporäre Erweiterungen der Werkekazapazität zu untersuchen. Zielsetzung ist ein aufeinander abgestimmtes zeitliches Vorgehen der Strecken- und Fahrzeugumrüstung entsprechend der zeitlichen Überlegungen aus der Einführungsstrategie.

Ein ganz wesentlicher Aspekt für die Einführung von FRMCS und insbesondere für alle fahrzeugeitigen Umrüstplanungen ist die rechtzeitige Beschaffung von Endgeräten. Dabei ist beschaffungsstrategisch erheblich zu unterscheiden zwischen der Beschaffung von

- Endgeräten für den Fahrzeugeinbau, welche möglichst frühzeitig zur Verfügung stehen sollten, um die Einbauplanungen auf keinen Fall zu gefährden, und
- tragbaren Geräten insbesondere für das Zugpersonal, die zwar rechtzeitig, aber dennoch optimiert spät erfolgen sollte, um die rasanten Entwicklungen im Endgeräteumfeld auszunutzen und zur Inbetriebnahme von FRMCS tatsächlich moderne (und nicht etwa bereits veraltete) Mobilgeräte zur Verfügung zu stellen.

### Herausforderung 4: Dienstemigration von GSM-R zu FRMCS

Der Einsatz von FRMCS als künftiger bahnbetrieblicher Kommunikationsplattform zieht eine Änderung der Kommunikationsarten von Wählverbindungen über definierte Leitungen auf Breitbandverbindungen mit Paketvermittlung nach sich. Dies bedeutet für die Bahnen, dass an allen Applikationsschnittstellen sowie häufig auch in den Anwendungen erhebliche Anpassungen und neue Zertifizierungen notwendig werden. Verfahren wie ETCS / ATO benötigen entsprechende Anpassungen, bevor sie von GSM-R auf FRMCS als Übertragungsplattform migriert werden können. Weitere Bahndienste wie z. B. unterschiedliche Typen von Notrufen, Gruppenrufen, Sammelrufen und weitere betriebliche Rufe müssen nach prinzipieller Zertifizierung lediglich hinsichtlich ihrer örtlichen Konfiguration geprüft werden. Zur gleichen Zeit können auf die neue FRMCS-Plattform auch weitere Dienste wie z. B. Instandhaltungsverbindungen, Diagnostikverbindungen oder Videoüberwachungen migriert werden.

Hierfür sind für jeden Dienst und jedes betroffene Verfahren frühzeitig die entsprechenden Schritte zu planen und umzusetzen, welche eine Migration von GSM-R auf FRMCS bzw. eine erstmalige Etablierung von neuen Diensten über FRMCS ermöglichen.

### Herausforderung 5: Personalqualifizierung

Qualifizierte Mitarbeiter zu finden, aufzubauen und zu halten ist für das technische und digitale Umfeld einer Kommunikationsplattform wie FRMCS essenziell. Aufgrund der unabdingbaren parallelen Zeitläufe zur Einführung von FRMCS und des Weiterbetriebs von GSM-R entsteht zudem die Gefahr einer „Kannibalisierung“

integrated. By involving the certification and approval authorities at an early stage, demanding issues can be identified early on and resolved for the wider rollout and commissioning. The relevant basics and processes for planning and construction can be subsequently created and incorporated into the corresponding tender procedures.

A very important aspect of the rollout involves the early establishment of IT-based workflows for planning and documentation, which focus on meeting the regulatory authorities' commissioning requirements from the very outset. It should be borne in mind here that the preparation for the commissioning of such a complex network begins on the first day of planning and requires the appropriate structures and tools.

### Challenge 3: Vehicle rollout and device procurement

The retrofitting of the rail transport company vehicles which use the rail infrastructure requires intensive preparation in parallel with the rollout of the trackside infrastructure.

On the other hand, retrofitting plans must be drawn up on the basis of the implementation strategy so that they take into account the application areas of the vehicles, the retrofitting times and the workshop capacity. It has to be determined whether dedicated breaks should be used for the conversion to FRMCS or whether they can be integrated into the maintenance intervals which have already been planned. In addition, the permanent or temporary expansion of the plant capacity must be examined. The objective is the coordinated timing of the route and vehicle retrofitting according to the time considerations from the implementation strategy.

The timely procurement of terminals is a very important aspect for the introduction of FRMCS and especially for all train-side conversion planning. In terms of procurement strategy, it is important to differentiate between the procurement of

- terminals for vehicle installation, which should be available as soon as possible so that the installation planning is not endangered under any circumstances and
- portable terminals, especially for train staff, which should be delivered in a timely manner, but nevertheless optimised late in order to take advantage of the rapid developments in the terminal equipment environment and to actually provide modern (and not outdated) mobile devices for the commissioning of FRMCS.

### Challenge 4: The service migration from GSM-R to FRMCS

The use of FRMCS as a future rail communication platform entails a change in the communication types from circuit switched connections via defined lines to broadband connections with packet switching. For the railways, this means that considerable adjustments and new certifications are necessary at all application interfaces and often also within the applications. Applications such as ETCS / ATO require corresponding adjustments before they can be migrated from GSM-R to the FRMCS transmission platform. Other railway services such as different types of emergency calls, group calls, location dependent addressing and other operational calls only have to be checked with regard to their local configuration after the receipt of a type approval. At the same time, other services such as maintenance connections, diagnostic connections or video surveillance can also be migrated.

To this end, the corresponding steps for each service and each affected process must be planned and implemented early, so as to enable the migration from GSM-R to FRMCS or a first-time installation of new services via FRMCS.

rung“ der für GSM-R benötigten Ressourcen, da Mitarbeiter möglicherweise präferieren, frühzeitig zur zukunftssichernden Technologie FRMCS zu wechseln. Daher muss die Einführung von FRMCS mit entsprechenden personellen Qualifizierungsmaßnahmen und attraktiven Berufsbildern einhergehen.

Neben diesen fünf großen Herausforderungen bei der Einführung von FRMCS gibt es noch zahlreiche weitere, wesentliche Fragestellungen. Exemplarisch seien hierfür genannt

- die unter Aspekten von Ökologie und Nachhaltigkeit wichtige Planung des Rückbaus und der Entsorgung von GSM-R-Technik oder
- die rechtzeitige Etablierung entsprechender Organisationseinheiten zur Weiterentwicklung von FRMCS in der Regelorganisation, da digitale Mobilfunknetze stets „lebende“ Netze sind, deren Entwicklung bis zur Außerbetriebnahme kontinuierlich voranschreitet und fachlich qualifiziert betreut werden muss.

#### 4 Frühzeitige Etablierung einer Programmstruktur zur Einführung von FRMCS

Die Vielfältigkeit der Herausforderungen bei der Einführung von FRMCS zeigt, dass sich diese nicht in einer einfachen Projektstruktur oder gar „nebenbei“ in der Regelorganisation umsetzen lassen, sondern ein den Systemverbund Rad/Schiene übergreifendes Programm mit entsprechenden Teilprogrammen erfordern. Solche Teilprogramme (TP) können z. B. sein:

- Vorprojekt: Strategieentwicklung
- TP Netzaufbau
- TP Festnetzanbindung
- TP Fahrzeugumrüstung
- TP Endgerätebeschaffung
- TP Inbetriebnahmevorbereitung und Dokumentation
- TP Dienstmigration
- TP Personalqualifizierung

Dementsprechend sollten Eisenbahnen bereits bei der Strategieentwicklung eine entsprechende (später aufwachsende) Programmstruktur etablieren und insbesondere die Fahrzeugbetreiber des eigenen Unternehmens mit operativer Verantwortung ins Programm integrieren.

Erfolgskritisch für ein solches Programm ist die Einrichtung eines entscheidungsfähigen Lenkungsorgans aus den Vorständen/Bereichsleitern für Infrastruktur, Bahnbetrieb, Telekommunikation, Fahrzeuge, Werke, Beschaffung und Personal, um die erfahrungsgemäß zahlreichen Abstimmungsbedarfe und Konfliktpotenziale durch stets zeitnahe Entscheidungen zu lösen. Idealerweise wird dies flankiert durch eine Etablierung von Zielen der FRMCS-Einführung in den Zielvereinbarungen der Mitglieder des Lenkungsausschusses und ihrer Organisationseinheiten.

Neben dem bahninternen Lenkungsausschuss sollte noch ein projektbegleitender Ausschuss eingerichtet werden, welcher Vertreter der Zertifizierungs- und Zulassungsbehörden, des zuständigen Ministeriums und der das Netz nutzenden EVU umfasst, um alle Stakeholder rechtzeitig und transparent zu informieren und bei der Einführung von FRMCS „mitzunehmen“.

Mit einer solchen Programmstruktur, welche zeitnah aufgesetzt werden sollte, sind europäische Bahnen für die Herausforderungen der Einführung von FRMCS sehr gut gerüstet.

#### 5 Fazit

Eine Ablösung von GSM-R durch die nächste Generation des digitalen Bahnfunks FRMCS ist für eine Digitalisierung und Automatisierung des Bahnbetriebs mittelfristig unabdingbar. Die europäi-

#### Challenge 5: personnel qualifications

Finding, developing and retaining qualified employees is essential for the technical and digital environment of a communication platform like FRMCS. Due to the inevitable parallel timing for the introduction of FRMCS and the continued operation of GSM-R, there is also the risk of the “cannibalisation” of the resources required for GSM-R, since employees may prefer to switch to the future-proof FRMCS technology at an early stage. Therefore, the introduction of FRMCS must go hand in hand with appropriate personnel qualification measures and attractive job profiles.

In addition to these five major challenges, there are numerous other important questions when introducing FRMCS. Some examples of these include:

- planning the dismantling and disposal of the GSM-R technology, which is important in terms of ecology and sustainability
- the timely establishment of appropriate organisational units for the further development of FRMCS, since digital mobile radio networks are always “living” networks, where the development progresses continuously until decommissioning and which must be subject to professional and qualified assessment.

#### 4 The early establishment of a program structure for the introduction of FRMCS

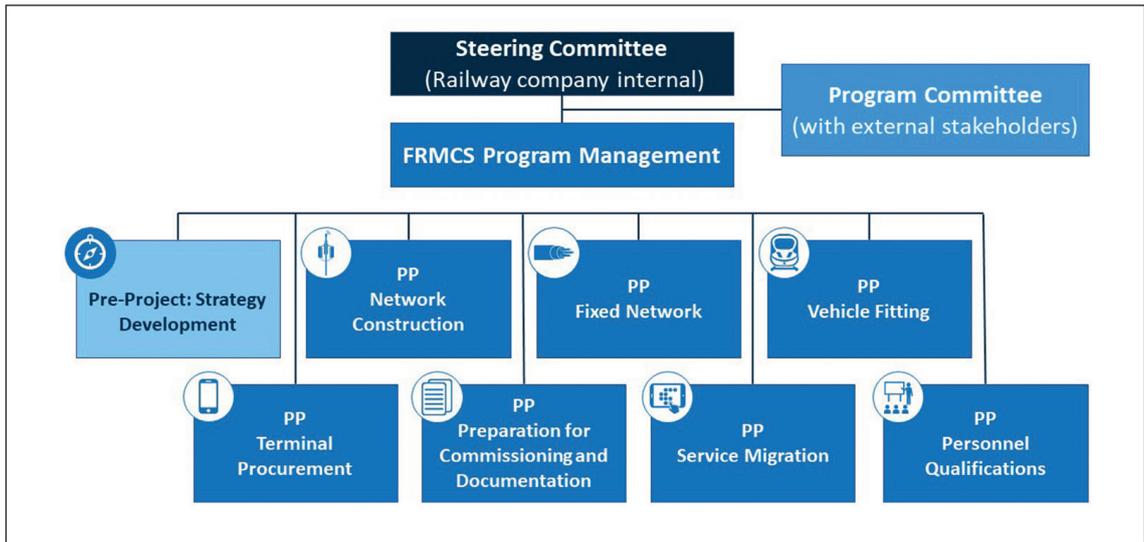
The diversity of the challenges in the introduction of FRMCS shows that they cannot be implemented in a simple project structure or even “incidentally” by a standard organisation, but rather require a program with corresponding sub-programs which spans the wheel/rail system. Such partial programs (PP) can involve:

- Pre-Project: Strategy Development
- PP Network Construction
- PP Fixed Network
- PP Vehicle Equipment
- PP Terminal Procurement
- PP Preparation for Commissioning and Documentation
- PP Services Migration
- PP Personnel Qualification

Accordingly, railways should already be establishing a corresponding (subsequently growing) program structure during strategy development and in particular be integrating the vehicle operators from their company into the program with operational responsibilities.

The establishment of a steering committee which is capable of decision-making and consists of board members/the department heads for infrastructure, rail operations, telecommunications, vehicles, factories, procurement and personnel is critical for the success of such a program in order to solve the numerous experience-based coordination needs and potential conflicts by always making prompt decisions. Ideally, this should be flanked by the establishment of FRMCS introduction goals in the target agreements of the members of the steering committee and their organisational units.

In addition to the internal steering committee, a project committee should be set up, which includes representatives of the certification and licensing authorities, the responsible ministry and the railway companies using the network in order to provide all the stakeholders with timely and transparent information and to “take them along” when FRMCS is introduced.



**Bild 3: Exemplarische Programmstruktur (oberste Ebene)**  
 Fig. 3: Exemplary program structure (high level) Quelle / Source: Quattron

schen Bahnen stehen daher heute bereits an dem Punkt, an dem sie die Vorbereitungen für die Einführung von FRMCS intensivieren sollten. Um den damit verbundenen Herausforderungen bei der Migration von GSM-R zu FRMCS angemessen zu begegnen, empfiehlt es sich für Bahnen bereits heute, eine den Systemverbund Rad/Schiene übergreifende und auch externe Stakeholder beteiligende Programmstruktur zu etablieren, welche mit der Strategieentwicklung als Vorprojekt startet und mit den schrittweise hinzu kommenden Aufgaben anwachsen wird. ■

If the European railways set up such a program structure in a timely manner, they will be very well equipped for the challenges surrounding the introduction of FRMCS.

**5 Conclusion**

Replacing GSM-R with the next generation of FRMCS digital railway radio is essential for the digitisation and automation of rail operations in the medium term. European railways are therefore already at the point where they should be intensifying their preparations for the introduction of FRMCS. In order to adequately address the associated challenges in the migration from GSM-R to FRMCS, it is advisable for railways to have already established a program structure which spans the wheel/rail system network, involves external stakeholders and commences the strategic development as a preliminary project and grows with the incremental tasks. ■

**LITERATUR | LITERATURE**

- [1] UIC FRMCS-Projekt, Webseiten, <https://uic.org/rail-system/frmcs/>
- [2] UIC FRMCS-Konferenz, Präsentationen, <https://uicfrmcs.org/presentation2019-UIC-57?lang=en>
- [3] #CCRCC2019 – The ERTMS Conference, Präsentationen, [https://www.era.europa.eu/content/ccrcc2019-ertms-conference-presentations\\_en](https://www.era.europa.eu/content/ccrcc2019-ertms-conference-presentations_en)
- [4] Konzeptstudie Cluster Bahntechnik der Bayerischen Staatsregierung (Hrsg.) von quattron management consulting 2018 zu „Smart Mobility - Chancen und Herausforderungen der 5G Technologie für den Schienenpersonenverkehr“, <https://www.quattron.com/download-konzeptpapier/>
- [5] Brand, A. E.; Nänni, Ch.: Bahn- und Fahrgastkommunikation: von 2G/ GSM-R zu 5G/FRMCS aus SBB-Perspektive, SIGNAL+DRAHT 08/2019
- [6] [https://smartrail40.ch/index.asp?inc=downloads\\_search.asp](https://smartrail40.ch/index.asp?inc=downloads_search.asp)

**AUTOREN | AUTHORS**

**Dipl.-Kfm. Bernd Potthoff**  
 Senior Project Manager GSM-R and FRMCS  
 E-Mail: [bernd.potthoff@quattron.com](mailto:bernd.potthoff@quattron.com)

**Dr. Silvio Döring**  
 Managing Partner  
 E-Mail: [silvio.doering@quattron.com](mailto:silvio.doering@quattron.com)

**Dipl.-Ing. Martin Becka**  
 Senior Manager Telecommunication  
 E-Mail: [martin.becka@quattron.com](mailto:martin.becka@quattron.com)

**Dipl.-Wirt-Ing. Stefan Lossau**  
 Managing Partner  
 E-Mail: [stefan.lossau@quattron.com](mailto:stefan.lossau@quattron.com)

Alle Autoren | all authors:  
 Quattron Management Consulting  
 Anschrift / Address: Schaumainkai 87, D-60596 Frankfurt/Main