



ON TRACK TO FRMCS

DIE ZUKUNFT DER BAHNKOMMUNIKATION GESTALTEN

Traditional. Innovative. SOLUTIONS.

funkwerk)))





Seit 1981 entwickelt und fertigt Funkwerk Zugfunksysteme für Eisenbahnunternehmen weltweit. Als Weltmarktführer bieten wir maßgeschneiderte Lösungen für die Sprach- und Datenkommunikation über analoge und digitale (GSM-R/4G/5G) Mobilfunknetze auf der Schiene.

Die Kommunikationssysteme von Funkwerk sind durch ihre Modularität auf zukünftige Herausforderungen vorbereitet. Wir berücksichtigen modernste Technologien und Standards und entwickeln maßgeschneiderte Lösungen.

DIE ZUKUNFT DER BAHNKOMMUNIKATION GESTALTEN

Durch die Integration wegweisender Technologien hat Funkwerk schon in der Vergangenheit den Wandel vom analogen hin zum digitalen Zugfunk maßgeblich mitgestaltet. Heute steht ein erneuter Technologiewandel an, mit der Einführung von FRMCS als europaweiten 5G-basierten Standard für die Bahnkommunikation der Zukunft.

Funkwerk ist stark in der Ausgestaltung des Standards involviert und stellt schon heute eine ganze Reihe von Modulen und Geräten her, um neue und bestehende Anlagen FRMCS-fähig zu machen.

Diese Broschüre gibt Ihnen einen Einblick in unsere Migrationsstrategie in Richtung FRMCS.

BAHNKOMMUNIKATION DER NÄCHSTEN GENERATION



Die Einführung von FRMCS ist die Grundlage für den digitalen Bahnbetrieb der Zukunft, der die Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit erhöhen soll. Basierend auf der 5G-Funktechnologie stellt der neue Standard die Weichen in Richtung einer IP-basierten Kommunikation, indem er Übertragungssystem und Applikation voneinander trennt. FRMCS ergänzt GSM-R und wird es später ersetzen, um die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur auf ein neues Niveau zu heben.

Wir entwickeln FRMCS-Komponenten zur Nachrüstung bestehender Zugfunksysteme sowie Komplettlösungen für Neufahrzeuge. Unser Ziel ist es, einen nahtlosen Übergang zu ermöglichen und individuelle Migrationspfade zu unterstützen. Damit schaffen wir **langfristige Investitionssicherheit** für Ihre bestehenden Systeme. Funkwerk begleitet Sie als Partner auf Ihrem Weg in die Zukunft der Bahnkommunikation.

Neben der Weiterentwicklung unserer zertifizierten Systeme stecken wir viel Leidenschaft und Motivation in die Entwicklung zukünftiger Lösungen, wie beispielsweise unsere kommenden **MESA all:nexo®**-Zugfunksysteme.

IHR WEG ZU FRMCS

Funkwerk ist maßgeblich am Standardisierungsprozess, der Entwicklung und den Tests für die Einführung von FRMCS beteiligt und in den europäischen Gremien aktiv. Die aktuellen Pläne der EU-Kommission sehen vor, bis 2028 den rechtlichen Rahmen für die Einführung und Zulassung von FRMCS zu schaffen und anschließend den Technologie-Rollout zu ermöglichen. Die Migrationsphase von GSM-R zu FRMCS wird in Europa schätzungsweise 10 bis 15 Jahre zusätzlich in Anspruch nehmen.

Funkwerk entwickelt bereits jetzt Migrationskonzepte und -lösungen. Die bestehende **MESA®-Produktfamilie** ist für den Einsatz von FRMCS aufrüstbar. Die zukunftssichere MESA®-Plattform ermöglicht durch ihre modulare Architektur eine sichere Migration auf Ihrem Weg zu FRMCS. Eine Aufrüstung ist ohne investitionsintensiven und zeitaufwendigen Austausch des gesamten Funksystems möglich.

Die zukünftigen **MESA all:nexo®**-Plattformen werden FRMCS nativ unterstützen und können über bereits verfügbare Module rückwärtskompatibel zu älteren Standards.

SYSTEMLÖSUNGEN VON FUNKWERK

Als Lieferant für Onboard-Kommunikationslösungen entwickeln und fertigen wir systemrelevante Komponenten für Bestands- und Neufahrzeuge sowie für die Migration bereits bestehender Zugfunktssysteme:

- | | |
|--|--|
| ▶ Zugfunkgeräte/-anlagen | Neben der FRMCS-Technologie bietet Funkwerk auch Dienstleistungen für die erfolgreiche Integration des Systems in das Fahrzeug an: |
| ▶ FRMCS-Gateways als Schnittstelle zu Bordanwendungen | |
| ▶ FRMCS MCX-Client-Anwendungen für Sprach- und Datenkommunikation | ▶ Zertifizierungsmanagement |
| ▶ Bedienteile/MMI (Anzeige- und Audiokomponenten) | ▶ Unterstützung bei der Fahrzeugzulassung |
| ▶ Innovative Antennensysteme für optimierte Kommunikation | ▶ Ingenieurdienstleistungen |

SICHERE MULTIMODE-KOMMUNIKATION ÜBER ALLE GRENZEN HINWEG

Seit der Einführung von GSM-R in den frühen 1990er Jahren entwickeln wir jedes Zugfunksystem für mehrere Betriebsarten, um den Betrieb in verschiedensten Regionen und Ländern über nationale Grenzen hinweg zu gewährleisten.

Durch den konsequent modularen Aufbau und die Trennung von Hard- und Software können wir jeden aktuellen und zukünftigen Funkstandard in einem System implementieren. Dies garantiert langfristige Unterstützung und Service für Ihre Investition.

Die MESA®-Produktfamilie kann mithilfe unserer verschiedenen Zusatzmodule für jede Art von Nutzung konfiguriert werden. Von der eigenständigen FRMCS-Sprachkommunikation bis hin zu vollständig integrierten Gateways implementieren wir Optionen, die auf Ihre spezifischen Bedürfnisse zugeschnitten sind.

Funkwerk-Zugfunksysteme sind als Multimode-Geräte konzipiert, um den Betrieb in verschiedenen Regionen und Ländern über nationale Grenzen hinweg zu gewährleisten.



” Mit der Einführung von FRMCS werden wir ein TSI-CCS-konformes FRMCS-Bordsystem bereitstellen, das modernste Technologie für Ihre Informationssicherheit und zum Schutz vor Cyberangriffen integriert.

DAS FUNKWERK GATEWAY

Im Gegensatz zu GSM-R basiert FRMCS vollständig auf IP-Technologie. Dies erhöht die Anforderungen an die Sicherheit der Komponenten (Cybersicherheit). Mit der Einführung von FRMCS werden wir ein **TSI-CCS-konformes FRMCS-Bordsystem** bereitstellen, das modernste Technologie für Ihre Informationssicherheit und zum Schutz vor Cyberangriffen integriert.

Das Funkwerk Gateway, seine interne Variante und die zukünftige Evolution hin zu einem Rack-based-System wird Schnittstellen bereitstellen, die der UIC-Definition und -Standardisierung umfassend entsprechen. Funkwerk ist kontinuierlich in den Standardisierungsprozess eingebunden, in dem wir unsere Systeme in verschiedenen Pilot- und Forschungsprojekten testen. Diese Tests bilden die Grundlage für die weiteren Entwicklungsschritte.



AUFRÜSTUNG IHRES VORHANDENEN MESA-ZUGFUNKSYSTEMS

SCHÜTZEN SIE IHRE BESTEHENDE INVESTITION

Die Migration zu FRMCS ist für alle MESA®-Zugfunksysteme möglich.

Wir bieten mehrere Lösungen für Ihre spezifischen Projektanforderungen.



Modulares Design für flexible Lösungen



Bewährt und zertifiziert nach neuesten Standards



Langfristiger **Investitionsschutz**



Mit dem **CRLT.50** hat Funkwerk ein 5G basiertes Cab Radio entwickelt. Das kompakte **Cab Radio** der nächsten Generation kommt in modernen Mobilfunk- und Bahnkommunikationssystemen (5G/FRMCS) zum Einsatz. Es ist in einem Standard-Doppel-DIN-Gehäuse untergebracht und bietet Telefonie- sowie Datendienste inkl. der Möglichkeit für den Betrieb von **MCX-Anwendungen**.

Das 5G-basierte digitale Funkmodul MTC18 mit integriertem Modem bietet nicht nur die bereits vorhandene Unterstützung verschiedener Mobilfunksysteme und Frequenzbänder, sondern auch eine herausragende Zukunftsfähigkeit und Flexibilität, da es auch problemlos zertifizierte FRMCS-Modems integrieren kann.



- ▶ Unterstützung für eine Vielzahl von 3GPP 5G NR- und LTE-Frequenzbändern
- ▶ Unterstützung für FRMCS 900 und 1900 MHz (Band n100 und n101)
- ▶ Leistungsstarke Quad-Core Arm® Cortex® CPU
- ▶ GBit-Ethernet-Schnittstellen für OB_{APP} und OB_{RAD}
- ▶ GNSS
- ▶ integrierte eSIM sowie ein SIM-Karten-Steckplatz
- ▶ Weitbereichsnetzteil von 24 bis 110 VDC
- ▶ Standardkonform zu Bahnnormen



20.000+

focX®-Handgeräte von Funkwerk
sind weltweit im Einsatz

55.000+

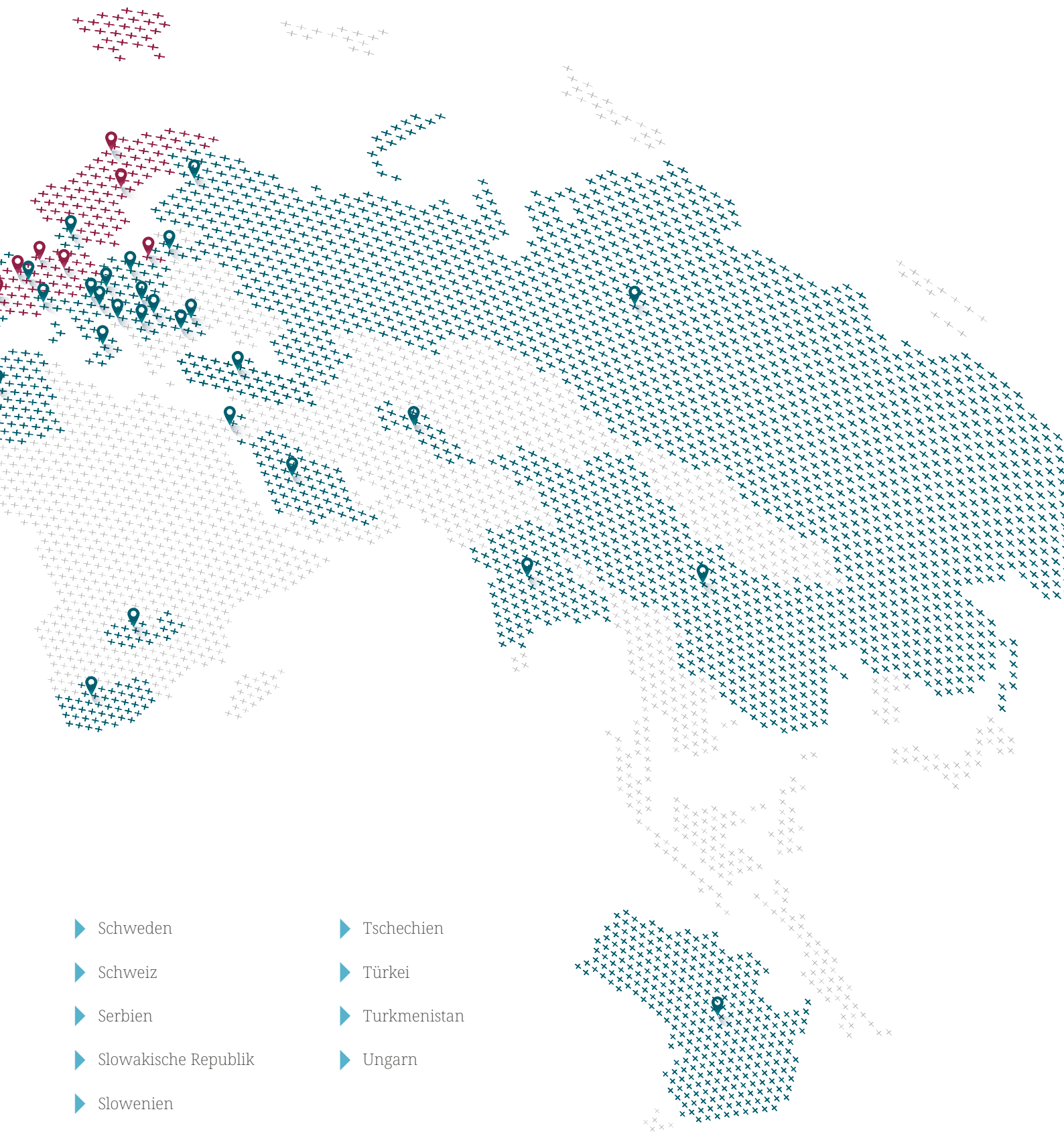
Zugführerstände weltweit sind mit
MESA®-Zugfunksystemen ausgestattet

● Funkwerk als Hauptlieferant für mobile GSM-R-Endgeräte

● Zugfunksysteme von Funkwerk

- | | | | |
|---------------|------------------|---------------|-----------------|
| ▶ Algerien | ▶ Finnland | ▶ Lettland | ▶ Österreich |
| ▶ Australien | ▶ Frankreich | ▶ Litauen | ▶ Polen |
| ▶ Belgien | ▶ Großbritannien | ▶ Luxemburg | ▶ Portugal |
| ▶ Bulgarien | ▶ Indien | ▶ Marokko | ▶ Rumänien |
| ▶ China | ▶ Israel | ▶ Mexico | ▶ Russland |
| ▶ Dänemark | ▶ Italien | ▶ Niederlande | ▶ Sambia |
| ▶ Deutschland | ▶ Kroatien | ▶ Norwegen | ▶ Saudi-Arabien |

ÜBER 75.000X WELTWEIT



- ▶ Schweden
- ▶ Schweiz
- ▶ Serbien
- ▶ Slowakische Republik
- ▶ Slowenien
- ▶ Spanien
- ▶ Südafrika
- ▶ Tschechien
- ▶ Türkei
- ▶ Turkmenistan
- ▶ Ungarn

LÖSUNGEN FÜR GSM-R UND FRMCS

focX[®]2 SMARTPHONE

Das robuste Smartphone verfügt über ein dediziertes GSM-R-Funkmodem und erfüllt die Anforderungen der EIRENE-Standards.

Zukünftige Generationen unserer focX[®]-Smartphones werden auch die **FRMCS-Anforderungen** unterstützen. Das focX[®]2 unterstützt neben GSM-R auch **MCX-Clients**.

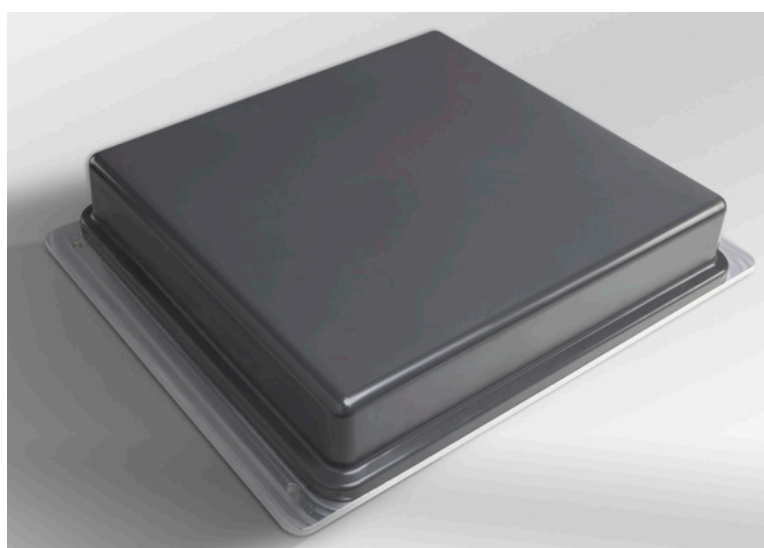


FOCX²
STÖRFEST UND EXTREM ROBUST

ANTENNE

Mit unserer innovativen Funkwerk-Antenne können zwei GSM-R-Funkmodule an einer einzigen Antenne ohne gegenseitige Beeinflussung betrieben werden, wodurch Platz für die Montage einer dedizierten FRMCS Antenne geschaffen wird, die für Ihre Migration zu FRMCS erforderlich ist.

Nach dem Abschluss des Migrationsprozesses zeigt die FANT-Antenne ihr volles Potenzial und unterstützt das gesamte regulierte europäische FRMCS-Spektrum.



TESTGERÄTE

Funkwerk bietet professionelle Testgeräte für die Inbetriebnahme und Wartung von Zugfunksystemen, darunter

- ▶ Antennen-Testgeräte
- ▶ GSM-R Netzwerksimulator NETSi.1
- ▶ Analogtester ARSIS.1
- ▶ Analoger Netzwerksimulator ETS
- ▶ HF-Leistungsmesser



Funkwerk bietet eine breite Palette von Produkten für den kompletten Betrieb von GSM-R und FRMCS

MEILENSTEIN ERREICHT FRMCS INTEROPERABILITÄT

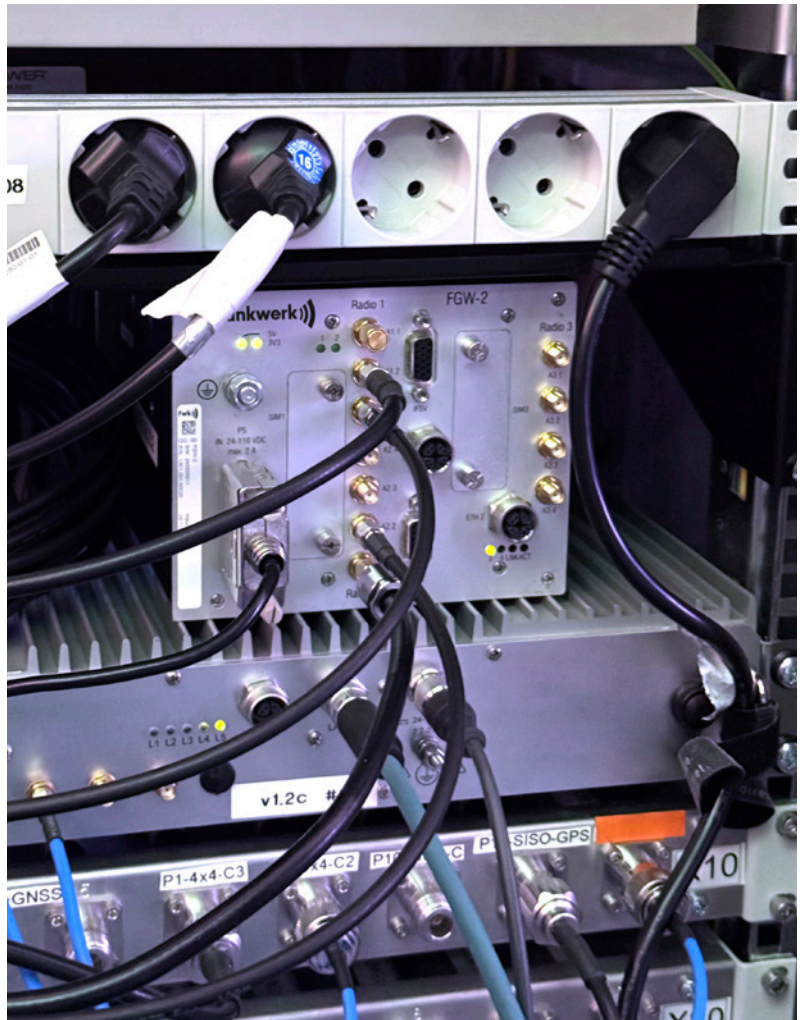
Im Sommer 2025 hat Funkwerk einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur standardkonformen Implementierung von FRMCS gezeigt. In umfangreichen Tests und Demonstrationen in Laborumgebungen sowie im echten Testfeld der Digitalen Schiene im Erzgebirge hat Funkwerk erfolgreich die IP-Multipath-Implementierung mit dem **TOBA-Gateway (FGW)** getestet.

Der Fokus bei den Tests im Echetrieb lag dabei auf der Interoperabilität unserer Anwendung mit mehreren Trackside-Servern. Besonders eindrucksvoll gelang die **unterbrechungsfreie Umschaltung** der Datenströme zwischen dem DB FRMCS Netz und dem öffentlichen 5G-Netz von Vodafone.

Ein weiterer Schritt, um die Digitale Schiene Deutschland zukunftssicher zu gestalten.

Für die virtuelle Kopplung von Güterzügen hat Funkwerk im Labor ebenfalls auf Basis des Gateways zeigen können, dass die gesicherte Übertragung der Steuerdaten zwischen mehreren Fahrzeugen in Multi-Traktion funktioniert.

Hier hat Funkwerk die **Zulassung** für den erweiterten Testbetrieb erhalten. Während dieser Entwicklung wurden auch die Anforderungen an die Cyber Security der Produkte geschärft. Die Zulassung beinhaltet den Nachweis der Einhaltung dieser Anforderungen. Damit ist Funkwerk auf dem Weg, die Vorgaben aus dem **europäischen Cyber Resilience Act (CRA)** umzusetzen.





Auch mit der zukünftigen Einführung von FRMCS und der damit einhergehenden Ablösung bestehender Standards werden GSM-R und der analoge Zugfunk aus betrieblichen Gründen auch nach 2035 weiter bestehen.

Als weltweit führender Hersteller und Lieferant von bahnbetrieblichen Kommunikationslösungen sind wir uns unserer Verantwortung bewusst, kontinuierlich GSM-R Produkte und Systeme zu liefern.

Wir haben strategisch investiert, um die langfristige Verfügbarkeit der gesamten **MESA®-Produktfamilie** und ihrer Komponenten zu sichern.

”

Welche Kommunikations-
technologie Sie auch benötigen,
Funkwerk ist Ihr Partner
und unterstützt Sie mit einer
langfristigen Verfügbarkeit.

CYBERSECURITY UND ZERTIFIZIERTE PROZESSE

Die Funkwerk-Zugfunksysteme erfüllen die Anforderungen an die Cybersicherheit über den gesamten Produktlebenszyklus, der mehrere Jahrzehnte dauern kann. Dazu gehören auch Stilllegungsprozesse und die damit verbundene Datenvernichtung. Bereits in der **Entwicklungsphase** setzen wir auf **integrierte Sicherheit**. Wir priorisieren sie bereits in der Entwicklungsphase, härten Systeme kontinuierlich und bieten Nachrüstlösungen für bestehende Systeme an. Auch für Altsysteme bieten wir maßgeschneiderte Cybersicherheitslösungen an.

Aufgrund unserer umfangreichen Erfahrung im Bereich kritischer Infrastrukturen bieten wir ein breites Spektrum an Cyber-Security-Know-how und Serviceleistungen. Wir führen Mitarbeiterschulungen durch, erstellen ausführliche Dokumentationen zur Sensibilisierung für Themen aus der Cybersicherheit und helfen bei der Durchführung komplexer Bedrohungs- und Risikoanalysen an der Schnittstelle zum Fahrzeug sowie der Funk-schnittstelle.



Um sicherzustellen, dass unsere Produkte den neuesten IT-Sicherheitsstandards entsprechen, unterzieht Funkwerk seine Prozesse und Produkte konsequent einer Auditierung und **Zertifizierung nach ISO 27001**.

Zusätzlich hat Funkwerk ein Audit für Zug- und Datenfunkkomponenten nach **IEC 62443** erfolgreich absolviert. Dieser Industriestandard für Cybersicherheit ist in unseren Entwicklungsprozess integriert, wobei jedem Entwicklungsprojekt ein IT-Sicherheitsbeauftragter zugeordnet ist.

PRODUKTENTWICKLUNG GEMÄSS IEC 62443

Wir wenden das Anforderungsmanagementsystem konsequent an, um sicherzustellen, dass unsere Produkte die **IEC 62443-Normen** erfüllen. Nach einer umfassenden Sicherheitsanalyse definieren und implementieren wir bereits während des Entwicklungsprozesses geeignete Maßnahmen, um das angestrebte Sicherheitsniveau zu erreichen.

Für jedes System erstellen wir eine detaillierte IT-Sicherheitsdokumentation, die die Einhaltung der relevanten Normen bestätigt und genaue Vorgaben für die sichere und regelkonforme Nutzung des Systems gemäß den IT-Sicherheitsvorschriften enthält.

” Wir konzentrieren uns auf integrierte Sicherheit bereits in der Entwicklungsphase und sind zertifiziert nach **ISO 27001** und **IEC 62443**.



DAKKS-ZERTIFIZIERTES TESTLABOR

Für alle Produkte und Lösungen, die für einen Einsatz in kritischen Infrastrukturen wie dem Schienenverkehr bestimmt sind, gelten besondere Anforderungen. Messungen, Tests und Prüfungen sind besonders wichtig. Um allen damit verbundenen Herausforderungen gerecht zu werden, messen, testen und prüfen wir ausgiebig in unserem hauseigenen **DAkKS-zertifizierten** und hochmodernen Prüflabor.

Wir können mit unserem gesamten Fachwissen, unserer technischen Kompetenz und unseren optimalen Laborbedingungen Entwicklungen prüfen und ein breites Spektrum an Zulassungen nach europäischen und internationalen Bahnnormen anbieten.

Darüber hinaus öffnen wir unsere Türen für Ihre individuellen Testszenarien. Dabei begleiten wir Sie von der Testspezifikation über entwicklungsbegleitende Tests bis hin zur zertifizierten Zulassungsprüfung.

Alle Prüfdokumente und Berichte werden nach internationalen Standards erstellt und zur Verfügung gestellt.

AKKREDITIERUNG UND GELTUNGSBEREICH

EUROPÄISCHE EISENBAHNNORMEN

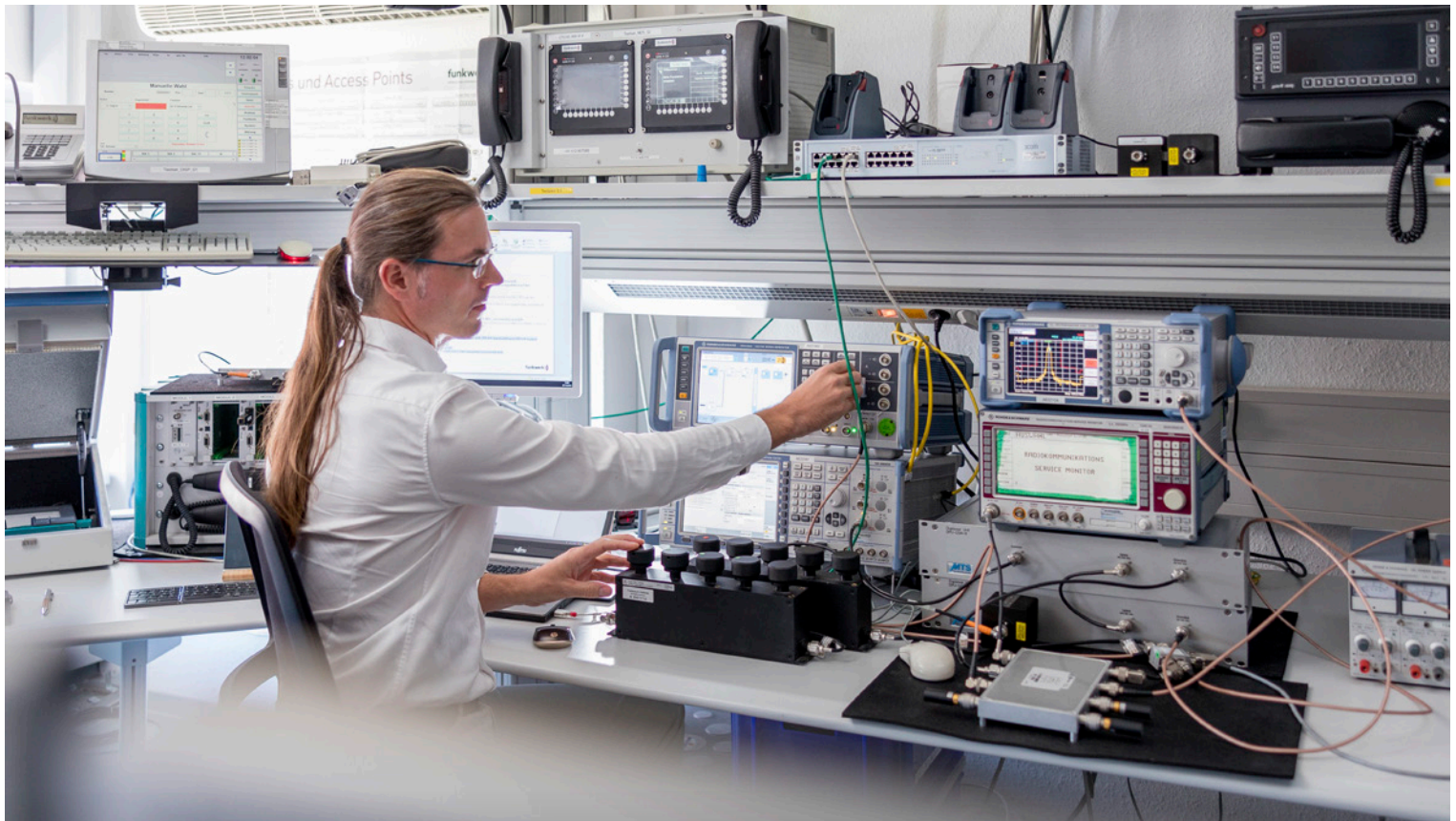
- ▶ EIRENE FRS/SRS
- ▶ UNISIG Subset-093 Radio Transmission FFFIS for Euroradio
- ▶ UIC Code 751-3 Analogue Train Radio

INTERNATIONALE BAHNNORMEN

- ▶ Temperatur DIN-EN-60068-2
- ▶ RED Radio Equipment Directive 2014/53/EU
- ▶ RF-Messungen, Antennen, Sperrung und Intermodulation

AUFGABEN UND VERANTWORTLICHKEITEN

- ▶ entwicklungsbegleitende Messungen
- ▶ Funktionsvalidierung
- ▶ Qualitätssicherung und Validierung von Testergebnissen
- ▶ Studien und Analysen
- ▶ Vorbereitung und Unterstützung von Zulassungstests



”

Unser Labor verfügt über eine breite Palette von Akkreditierungen nach europäischen und internationalen Eisenbahnstandards

KNOWHOW. QUALITÄT. MADE IN GERMANY.

Funkwerk ist der führende Anbieter von analogen und digitalen Zugfunkgeräten, die in mehr als 40 Ländern weltweit eingesetzt werden.

Wir sind bestrebt, die technischen Grenzen weiter zu verschieben und haben in der Vergangenheit die Migration von analoger Kommunikation zu digitalen Systemen vorangetrieben und werden dies auch weiterhin tun, indem wir Lösungen für die effiziente Migration von GSM-R zu FRMCS entwickeln.

Mit unseren zukünftigen **MESA all:nexo®**-Zugfunksystemen gehen wir den nächsten Schritt in Richtung FRMCS und unterstützen dabei weiterhin die bisherigen Standards.

Funkwerk arbeitet voll integriert. Wir entwickeln und fertigen unsere Produkte eigenständig in Deutschland an unserem Firmensitz in Kölleda (Thüringen). Unsere gut ausgebildeten und erfahrenen Mitarbeiter gewährleisten eine gleichbleibend hohe Produktverfügbarkeit und -qualität, die höchsten Fertigungs- und Sicherheitsstandards entspricht.

Das Team unserer internationalen Vertriebs- und Serviceorganisation garantiert eine individuelle Kundenbetreuung – über den gesamten Produktlebenszyklus und darüber hinaus.

Unsere hauseigene Abteilung für Homologation & Zulassung von On-Board-Systemen zertifiziert Lösungen nach den neuesten Standards und dem aktuell gültigen Regelwerk TSI CCS.





© Funkwerk. Änderungen vorbehalten. 251005

Funkwerk Systems GmbH

Im Funkwerk 5 · 99625 Kölleda

funkwerk.com

